

Universitetet i Agder Falkullet for teknologi Avdeling for Fornybar Energi	HOVEDPROSJEKT Vår 2011	
Tittel: Energieffektivisering ved GE Healthcare		
Oppdragsgiver: GE Healthcare Lindesnes	For studentene: Dat Cao Tran Gard Bechen Joachim Morland	
Veileder : Magne Våge	Innleverings frist: 16. Juni 2009 Tilgjengelighet: Åpen	
Emneord: Energieffektivisering, varmepumpe, ventilasjon, lønnsomhetsanalyse		

Sammendrag: <p>GE Healthcare Lindesnes brukte ca 7 millioner kr til oppvarming av ventilasjonsluft i 2010. En +80 °C hettvanskrets brukes til å varme tilluften. Hettvannskretsen blir oppvarmet av en dampkjel. Bedriften har store +15°C kjølevannsreservoar som utveksler overskuddsvarmen mot sjøvann hele året. Dette er potensielle kilder til varmegjenvinning som fremdeles ligger ubrukt.</p> <p>Kravet til tilluftstemperatur i ventilasjonsanleggene er ca +17 °C. Oppgaven fokuserer derfor på å senke temperaturen på hettvannet maksimalt, for å oppnå en optimal COP med en eventuell varmepumpe. Forslagene som presenteres i denne bacheloroppgaven baserer seg derfor på en senkning av turtemperaturen fra 80 °C til 40 °C, samt utskiftning til lavtemperaturbatterier i ventilasjonen.</p> <p>Det mest lønnsomme prosjektet ble å kjøre et av de eksisterende kuldeanleggene ved bedriften som varmepumpe og levere varmen til ventilasjonen. Det ble beregnet en årlig energibesparelse på 0,77 GWh og innsparingstid på 1,6 år på denne ombygningen.</p> <p>Ved installering av ny NH₃ varmepumpe som både produserer isvann ved +3 °C og +40°C vann til oppvarming av ventilasjon, ble årlig energibesparelse beregnet til 1,94 GWh. Inntjeningstiden ble 2,1 år.</p>		
<i>Telefon: +47 37253000</i>	Jon Lilletuns vei 9 N-4879 Grimstad	<i>Telefax: +47 37253001</i>

Forord

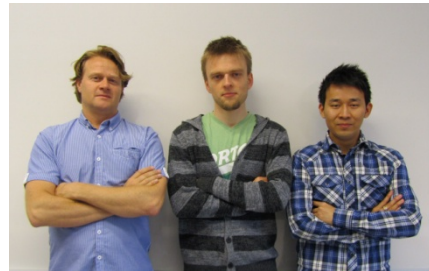
Prosjekt nr 11- Energieffektivisering ved GE Healthcare.

Opgaven er skrevet av tre studenter på linje fornybar energi, ved Universitet i Agder våren 2011.

Bakgrunnen for prosjektet er at GE Healthcare Lindesnes (heretter kalt bedriften) i 2004 startet et program kalt ECOMAGINATION, som blant annet har som målsetning å redusere energiforbruk pr. produsert enhet med 30 % innen 2012, i forhold til nivået i 2004. Dette er senere blitt revidert til 50 % reduksjon innen 2015 i forhold til i 2004. Bedriftens energibruk i 2010 var 131 GWh.

Opgavestiller er bedriften selv, som ønsket at en gruppe studenter kunne gå gjennom fabrikken og kartlegge kommersielle løsninger for energieffektivisering. Videre skulle det vurderes fordeler og ulemper, samt kostnader og inntjeningsstid ved aktuelle løsninger. Kontaktpersoner ved bedriften var ingeniørene Arne Øvsthus, Arnfinn Moe, Tore Husby og Eivind Jortveit. Det ble foretatt 4 bedriftsbesøk. Resten av prosjektarbeidet ble gjort ved universitet eller hjemmefra. Mye av arbeidet gikk ut på innhenting av nødvendig data fra bedriften og leverandører av relevant teknologi. Vurdering av løsninger og litteraturstudie var også tidkrevende. Økte strømpriser og økt fokus på miljø har gjort strømsparingsprosjekter i industrien til et aktuelt tema i vår samtid. Ny teknologi gir nye muligheter for gjenvinning av varme som tidligere har gått tapt som spillvarme. Prosjektet kan derfor gi oss relevant erfaring i videre jobbsammenheng. Samtidig var tema varmepumper og ventilasjon en mulighet for å bruke kunnskaper fra tidligere yrkeserfaring.

Vi retter en stor takk til vår studieveileder universitetslektor Magne Mikael Våge for veiledning underveis og ingeniør Arne Øvsthus for velvillig hjelp til innsamling av dokumentasjon og nødvendige data i forbindelse med oppgaven.



Figur 1: Gruppe bilde.

Grimstad 30.05.2011

Joachim Morland

Dat Cao Tran

Gard Bechen

Innhold

Forord	1
Innhold	2
Oppgavetekst	5
1. Innledning	6
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Problemdefinisjon	8
1.3 Litteraturstudie	9
1.4 Problemløsning.....	10
1.5 Rapportstruktur.....	11
2. Ordforklaring	12
3. Kartlegging	14
3.1 Introduksjon av GE Healthcare Lindesnes.....	15
3.2 Introduksjon Celle 15	16
3.3 Potensielle varmekilder	17
3.3.1 Kjølevannsreservoar	18
3.3.2 Isvannsreservoar	18
3.4 Potensiell mottaker av varme	19
3.5 Ventilasjonssystem.....	20
3.6 Oppvarming av ventilasjonsluft med +80 °C hettvann	21
4. Teoridel	22
4.1 Teoretisk bakgrunn for varmepumper.....	22
4.2 Dimensjonering av varmepumper	24

4.3 Valg av kuldemedium	25
4.3.1 HFK R134a	26
4.3.2 Ammoniakk R717	27
4.3.3 Karbondioksid R744	28
4.3.4 Sammendrag – valg av kuldemedium.....	28
4.4 Metode for lønnsomhetsberegning.....	29
4.5 Eksempel på kuldeteknisk beregning i varmepumpeprosessen.....	30
5. Evaluering av muligheter for energieffektivisering	31
5.1 Utskiftning til lavtemperaturbatterier i ventilasjonsanleggene	31
5.2 Varmepumper.....	34
5.2.1 Varmepumpe som henter varme fra kjølevannsreservoar	
og leverer til hettvannskrets ved +80 °C.....	34
5.2.2 Varmepumpe som henter varme fra kjølevannsreservoar	
og leverer til hettvannskrets ved +40 °C	35
5.2.3 Varmepumpe som henter varme fra isvannsreservoar.....	
og leverer til hettvannskrets ved +40 °C	35
5.2.4 Varmepumpe lokalt i hvert ventilasjonsanlegg.....	36
5.2.5 Varmepumpe som kaskadeanlegg.....	37
5.3 Bruke eksisterende isvannsmaskiner til oppvarming av hettvann	37
5.3.1 Isvannsmaskin i Celle 15	38
5.3.2 Isvannsmaskin i Celle 14	38
5.4 Solfangere.....	39
5.5 Frikjøling fra sjø.....	40
5.6 Utskiftning av gjenvinnerbatteri i ventilasjonsaggregat.....	41

6. Løsning	45
6.1 Krav	45
6.2 Designspesifikasjoner	46
6.3 Forslag til energieffektivisering med lønnsomhetsberegning	47
6.3.1 Eksisterende Daikin- isvannsanlegg i Celle 14 som varmepumpe #1	48
6.3.2 Lønnsomhetsvurdering #1	50
6.3.3 Varmepumpe fra FrioNordica AS #2	52
6.3.4 Lønnsomhetsvurdering #2	54
6.3.5 Varmepumpe fra Norsk Kulde AS #3	56
6.3.6 Lønnsomhetsvurdering#3	60
6.3.7 Varmepumpe fra Norsk Kulde AS #4	62
6.3.8 Lønnsomhetsvurdering #4	64
6.4 Sammenligning av lønnsomhet for de ulike prosjektene	66
6.5 Validering og testing	67
7. Konklusjon	68
8. Referanser/kilder	70
9. Symbol liste	71
10. Tabell liste	73
11. Figur liste	74
12. Vedlegg liste	76

Oppgavetekst

Bruke energien flere ganger – varmepumpe:

Gjennomgå hele fabrikk. Er det noen steder hvor vi kan installere varmepumper?
Hva finnes på marked i dag – fordeler og ulemper. Kostnader ved innkjøp/installasjon – inntjeningstid?

Oppgaven har sammen med bedrift blitt revidert [1.2].

Oppgavestiller: GE Healthcare

1 Innledning

Hovedmålet med oppgaven er å finne kostandseffektive metoder for gjenvinning av spillvarme for en prosessbedrift på sørlandet.

I dette kapitlet blir det vist til dagens status, og forskning på feltet. Våre målsetninger og avgrensninger for oppgaven blir definert, samt metode for oppgaveløsningen. Det henvises til hvilken hovedlitteratur som er brukt som kildemateriale, og det gis en ordforklaring for viktige ord og uttrykk som blir brukt i rapporten. Det blir også forklart hvordan rapporten er bygd opp.

1.1 Bakgrunn

Gjenvinning av spillvarme fra industri er et felt som det trengs bedre løsninger og teknologi for industrien på. Problemet er ofte å finne anvendelsesområder for varmen, samt det å få løftet den høyt nok til at den kan utnyttes. En løsning som anvendes i noen tilfeller er å tilknytte seg andre bedrifter lokalt som kan nyttiggjøre seg varmen direkte, for eksempel til tørking av trelast eller flis. Å sende varmen i rør som fjernvarme til bygningsoppvarming eller til andre store forbrukere er en annen mulighet.

Ved GE Healthcare Lindesnes blir store mengder varmeenergi varmevekslet ut til sjø ved +15 °C [Vedlegg 12]. Men siden bedriften ligger såpass langt fra eventuelle forbrukere av denne varmeenergien, ble det mest naturlig å se om det var mulig å gjenvinne den til bruk innen egen bedrift.

Vårt forslag til energieffektivisering går ut på å hente varme i +15 °C kjølevannsreservoar eller fra isvannsproduskjon med varmepumpe, og heve den til et nivå der det kan utnyttes til isvannsproduskjon av ventilasjonsluften ved bedriften,

Dr. ing. Jørn Stene ved Sintef har tidligere forsket rundt varmepumper til industriformål og vi har hentet relevant stoff fra hans arbeid angående valg av varmepumpe til formålet.



”En av barrierene for å iverksette energi reduserende tiltak innen industrien er manglende kunnskap om tilgjengelig teknologi og løsninger ” [Kilde 8].

Figur 2: Bård Baardsen
daglig leder i Novap , [Kilde 8].

1.2 Problemdefinisjon

Hovedmål:

Målsetningen for prosjektet er å finne aktuelle områder i prosessen hvor det er kostnadmessig gunstig å iverksette energieffektiviseringstiltak.

Bedriften har flere store vannreservoarer som blir brukt til kjøling av prosessene[Figur 10]. Reservoarene utveksler overskuddsvarmen direkte til sjøen og temperaturen holdes nede på ca + 15°C. Vårt hovedfokus ble å finne kostnadseffektive løsninger for gjenvinning av denne spillvarmen.

Delmål:

- Foreta en grundig kartlegging over temperatur, energi og effekt for de aktuelle prosessene.
- Med bakgrunn i energikartleggingen, foreslå effektiviseringstiltak.
- Finne ut av hvilken teknologi som kan være aktuell å benytte, og hvordan denne kunne implementeres bedriften.
- Hvilke fordeler og ulemper har de forskjellige løsningene?
- Kostnader ved innkjøp/installasjon.
- Inntjeningstid på prosjektene.
- Vurdering av driftskostnader

Forutsetninger og avgrensninger:

Om varmepumpe kan være aktuelt avhenger av temperatur og driftsforhold ved de forskjellige prosessene. Oppgaven ble avgrenset til å se nærmere på et av byggene, kalt Celle 15. Her er det ikke blitt arbeidet mye med energieffektiviseringstiltak enda.

Ventilasjonen, hettvannskretsen og isvannsanlegget ble hovedfokus i Celle 15.

1.3 Litteraturstudie

Kilde lønnsomhetsanalyse: Boken ”Enøk i bygninger”. Sintef

Dagens status vedrørende industrielle varmepumper: tidsskriften ”Kulde og varmepumper”.

Valg av kuldemedier i varmepumper: Sintef rapport av dr. ing Jørn Stene *Varmepumper - Undervisningsmaterieell og presentasjoner NTNU-SINTE*, kapittel 1 og kapittel 2.

Klimadata : Byggforskningens håndbok nr 33. VVS- Tekniske Klimadata for Norge.

Varmepumper: Masteroppgaven ”Analyse av varmepumpeanlegg i nærvarmesystem” av Eskil Selvåg fra NTNU, Institutt for energi og prosesseteknikk.

Dimensjonering av varmepumpeanlegg: ”Varmepumper - Bygningsoppvarming” fra NTH-SINTEF.

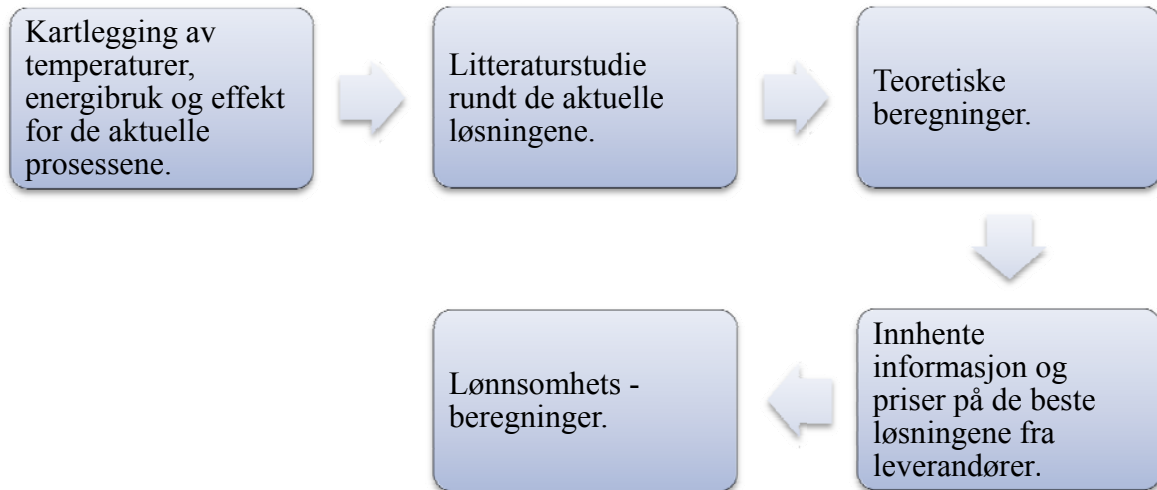


Figur 3: Bilde av boken Enøk i bygninger, [Kilde 2].

1.4 Problemløsning

I Celle 15 på GE Healthcare Lindesnes sin fabrikk har det blitt arbeidet lite med energieffektivisering. Store mengder spillvarme blir ikke gjenbrukt. Bedriften er interessert i å få en oversikt over kostnadseffektive løsninger som finnes på markedet i dag.

Løsningsstrategien for å løse dette problemet blir da:



Kravet GE Healthcare har ovenfor konsernet GE er fra 2-3 års inntjenings tid ved investeringer av energieffektiviseringstiltak.

1.5 Rapport struktur

Rapporten innledes av et kartleggingskapittel som inneholder nødvendig informasjon om de forskjellige systemene som omhandles i rapporten. Det gis en kort introduksjon av bedriften [3.1]. Energibruken for Celle 15 kartlegges, [3.1] Potensielle varmekilder blir vurdert[3.3], samt potensielle mottakere av varme [3.4]. Det gis også en informasjon om ventilasjonssystemet ved bedriften[3.5].

Kapittel 4 inneholder nødvendig teori for valg av riktig varmepumpeløsning. Det er listet formler og forklaring rundt COP og Carnot-virkningsgrad i kapittel [4.1], samt formler for utregning av lønnsomhetsvurdering [4.4]. Kapittel 4 inneholder også informasjon rundt dimensjonering av varmepumpe [4.2], og valg av kuldemedium for varmepumper [4.3]. Det er tatt med et eksempel på beregning av kulde- og varmeytelse for en varmepumpe som vurderes i rapporten [4.5].

Kapittel 5 er en vurdering av ulike muligheter for energieffektivisering. Første underkapittel inneholder et forslag til senkning av turtemperaturen på hettvannskretsen og utskiftning av varmebatteriene som leverer varme til ventilasjonen. Dette blir senere brukt som utgangspunkt for valg av løsninger [5.1]. Det er blitt vurdert 5 forskjellige varmepumpeløsninger [5.2]. Det å bruke eksisterende isvannsanlegg til å produsere hettvann blir også vurdert [5.3]. Solfangere[5.4], frikjøling fra sjø [5.5] og utskiftning av gjenvinnerbatteri i ventilasjonsaggregatene [5.6] avslutter kapitlet.

Kapittel 6 omhandler 4 forslag for energieffektivisering med lønnsomhetsvurderinger. Dette er de løsningene som virket mest lønnsomme, og alle er forskjellige varmepumpeløsninger. Det første er en ombygning av en eksisterende isvannsmaskin ved bedriften. De 3 neste er tilbud fra 2 ulike leverandører av varmepumper med ulike driftsforhold, ytelser og implementering i bedriften. Nøkkeltall med sammenligning av de forskjellige prosjektene blir samlet i en tabell [6.4]. Kapitlet avslutter med en evaluering av om forslagene som beskrives løser oppgaven, [6.5].

Opgaven avsluttes med en konklusjon, der vi vurderer resultatene og hvordan vi kom fram til disse. Vi vurderer hvor godt oppgaven løser problemet, og hva vi har lært i prosjektet.

2 Forklaring av ord og uttrykk

I dette kapittel forklares en del av de mest sentrale uttrykk og begreper som brukes i prosjektet.

Kompressor

Kompressoren suger inn kald gass fra fordamper, komprimerer den og pumper den ut mot kondensatoren, med økt trykk og temperatur.

Kondensator

I kondensatoren kondenseres gassen til væske. Her avgir kondensatoren varme til omgivelsene ved konstant trykk og temperatur.

Fordamper

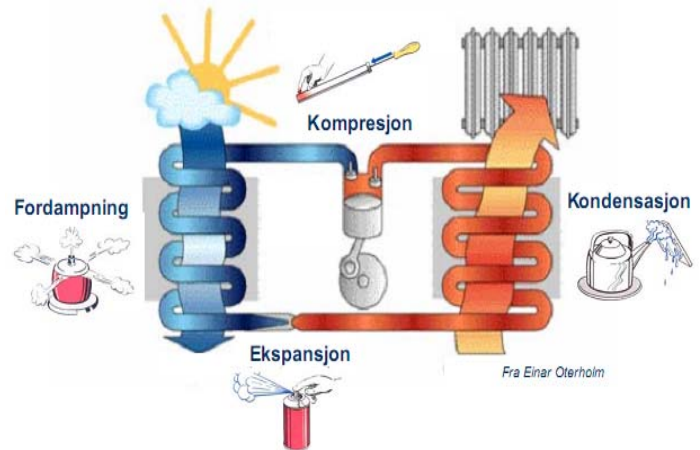
Etter ekspansjonsventil fordampes kuldemediet ved konstant trykk og temperatur i fordamper, og henter varme fra omgivelsene.

Varmepumpe virkningsgrad (COP)

$$\text{COP} = \frac{Q}{W}$$

Q = Avgitt effekt (W)

W = Tilført effekt (W)



Figur 4: Varmepumpe prosess, [Kilde 1, kap 1 – s 1].

Varmepumpe

En varmpumpe henter varmeenergi ved lav temperatur og leverer den ved en høyere temperatur.

Varmeveksler/ Varmebatterier

Gass eller væske som strømmer på hver sin side i varmevekslere ved forskjellige temperaturer vil overføre varme fra varm til kald side.

Varmegjenvinner

Typer varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg:

- Plateveksler/kryssveksler:
- Roterende varmeveksler
- Væsk koblet varmeveksler:

Mer info varmevekslere: [Vedlegg 6].



Figur 5: Væsk koblet varmeveksler, [Vedlegg 6].

Isvannsanlegg

Et isvannsanlegg kjøler vann eller en blanding av frostvæske og vann, som pumpes rundt til forskjellige forbrukere av kulde. Det fins både luftkjølte og vannkjølte isvannsanlegg.

Ventilasjon

Ventilasjonens hovedoppgave er som oftest luftfornyelse og temperaturregulering i bygg.

Ventilasjonsanlegg kan også regulere fuktighetsgrad og forurensningsgrad med mer.

3 Kartlegging

For å kunne foreslå energieffektiviseringstiltak var gjennomgang av energibruken i fabrikken viktig. Kartleggingen i dette kapitlet brukes senere i rapporten til å vurdere mulighetene for energieffektivisering og lønnsomhetsberegningene.

GE Healthcare har siden 2004 fokusert på å senke energiforbruket pr. produsert enhet ($MWh/tonn$). Store endringer er blitt gjort i prosess med gode resultater, men det er fortsatt områder det er muligheter for forbedring. Store mengder spillvarme blir ikke utnyttet til tross for at det er stort behov for hettvann til oppvarming av ventilasjonsluft [3.1].

De forskjellige byggene på fabrikken har tilnærmet like ventilasjons- og kjølesystemer. Det ble derfor valgt å se nærmere på Celle 15. En god løsning her kan også tilpasses og benyttes i de andre byggene [3.2]. Dette bygget har 2 potensielle varmekilder [3.3] og en hettvannskrets [3.4] som leverer varme til ventilasjonsanlegget, tappevannstank og radiatorer [3.5].

3.1 Introduksjon av GE Healthcare Lindesnes

GE Healthcare Lindesnes produserer kjemisk basissubstans som blir brukt til å fremstille kontrastmidler for røntgen og magnetisk resonans. Fremstillingen av produktene 'Omnipaque™ og Visipaque™' er en lang og energikrevende prosess. I tillegg til energien som brukes direkte i de forskjellige prosessene krever fabrikken store mengder energi til oppvarming av ventilasjon, produksjon av isvann samt kjøling. Ved disse områdene er det ikke blitt arbeidet mye med energieffektivisering.



Figur 6: Oversiktsbilde av GE Healthcare Lindesnes, [Kilde 4, s 3].

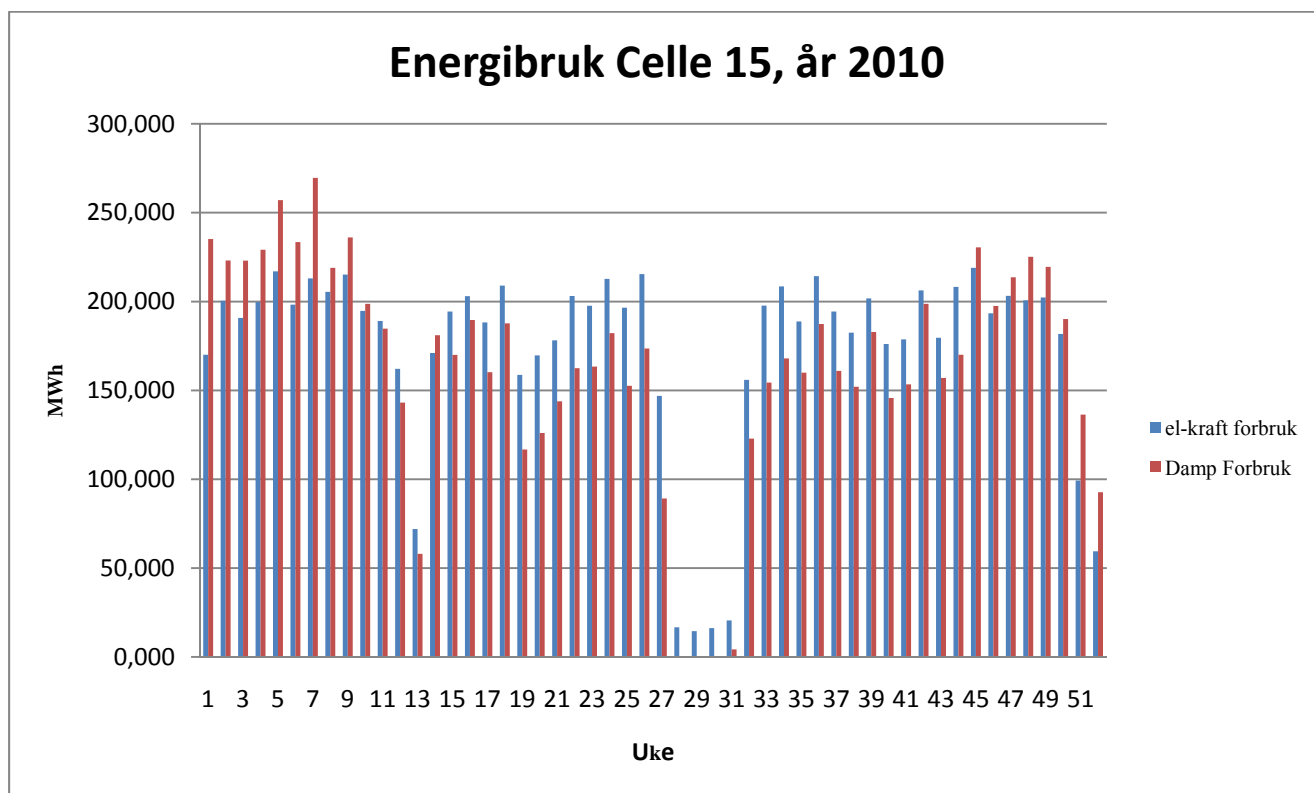
Bedriften benytter både elektrisk kraft og damp. Dampen produseres i fyrhus og transporteres i lukket krets til de forskjellige byggene [Figur 6]. Det fyres med olje, el.kraft og løsemidler fra prosess.

3.2 Introduksjon av Celle 15

Celle 15 er fabrikkens nyeste bygning. Den stod ferdig i 2004. Hovedsaklig er dette et prosessbygg, men det har også noen kontorfløyer/kontrollrom. I 2010 var det totale energibruket i denne bygningen 17,5 GWh. Damp forbruket var 9 GWh, hvorav 2,1 GWh ble brukt til oppvarming av ventilasjonsluft, varmt tappevann og radiatorer. Strømforbruket var på 8,5 GWh [Vedlegg 5].



Figur 7: Celle 15.

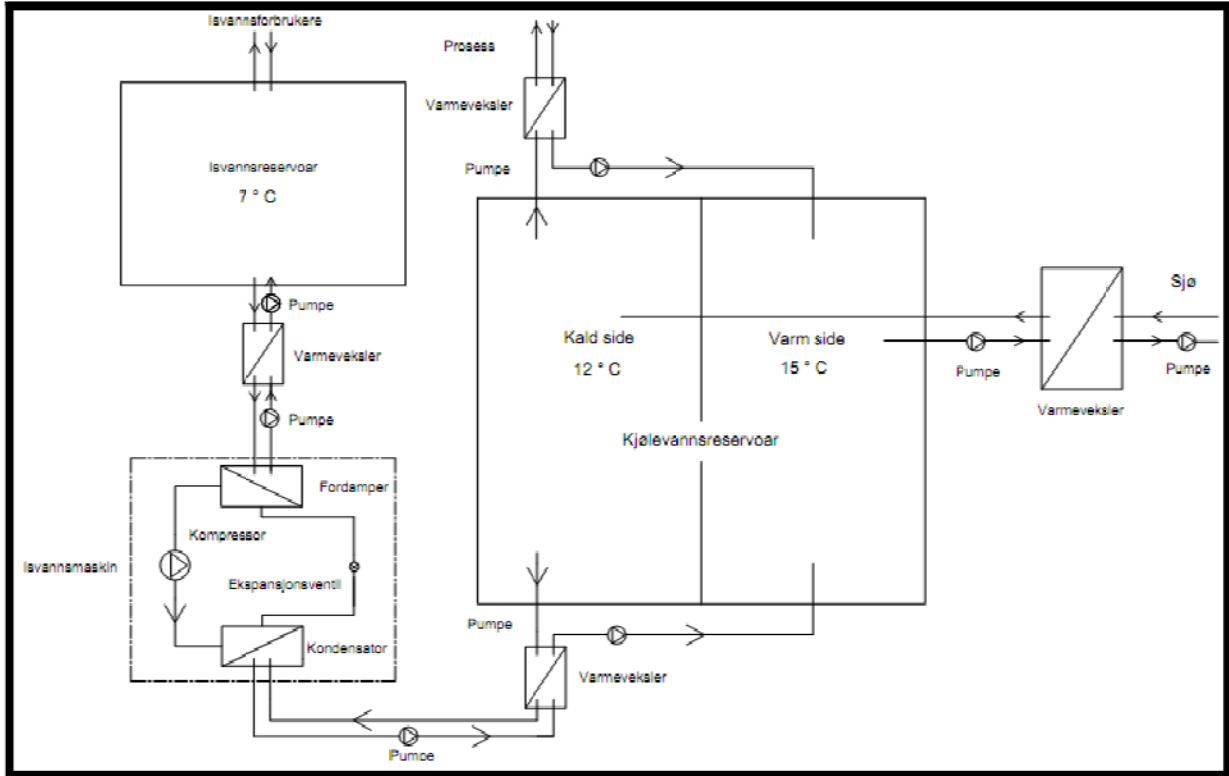


Figur 8: Variasjon i damp/elkraftbruk i år 2010.

Selv om bygget er relativt nytt, er det flere muligheter for reduksjon av energibruken også her.

3.3 Potensielle varmekilder

I dette kapitlet er temperaturer på varmekilder og kjølebehovet for isvannskretsen blitt kartlagt. Celle 15 har 2 mulige varmekilder å hente fra. Et kjølevannreservoar på ca 15°C og et isvannsreservoar på ca 7°C.



Figur 9: Skisse av isvannsanlegg og kjølevannreservoar.

Isvannsanlegget henter varme fra isvannsreservoaret ved +7°C og leverer varme til kjølevannsreservoaret ved +15°C. Kjølevannsreservoaret mottar i tillegg spillvarme fra prosess. For å holde temperaturen nede på +15 grader utveksles overskuddsvarmen mot sjø.

3.3.1 Kjølevannsreservoar

Reservoaret er på 550 m³. Det har en kald og en varm side som er adskilt av en vegg med en bløderåpning. Temperaturen på kald side er 12 °C og den varme siden har en temperatur på ca + 15 °C. Ved bruk av varmpumpe kan varmen fra isvannsanlegget brukes til oppvarming av ventilasjonsluft i stedet for å bli sendt til kjølevannsreservoar.

3.3.2 Isvannsreservoar

Isvannsmaskinen kjøler et isvannsreservoar [Figur 9] på 350 m³, ved + 7 °C. Isvannet distribueres til forbrukere, før det returneres til tanken. Anlegget går døgkontinuerlig. Siden det ikke var noen logging av effektbehovet for isvann, ble det momentane effektbruket til isvannsmaskinen avlest over 4 dager.

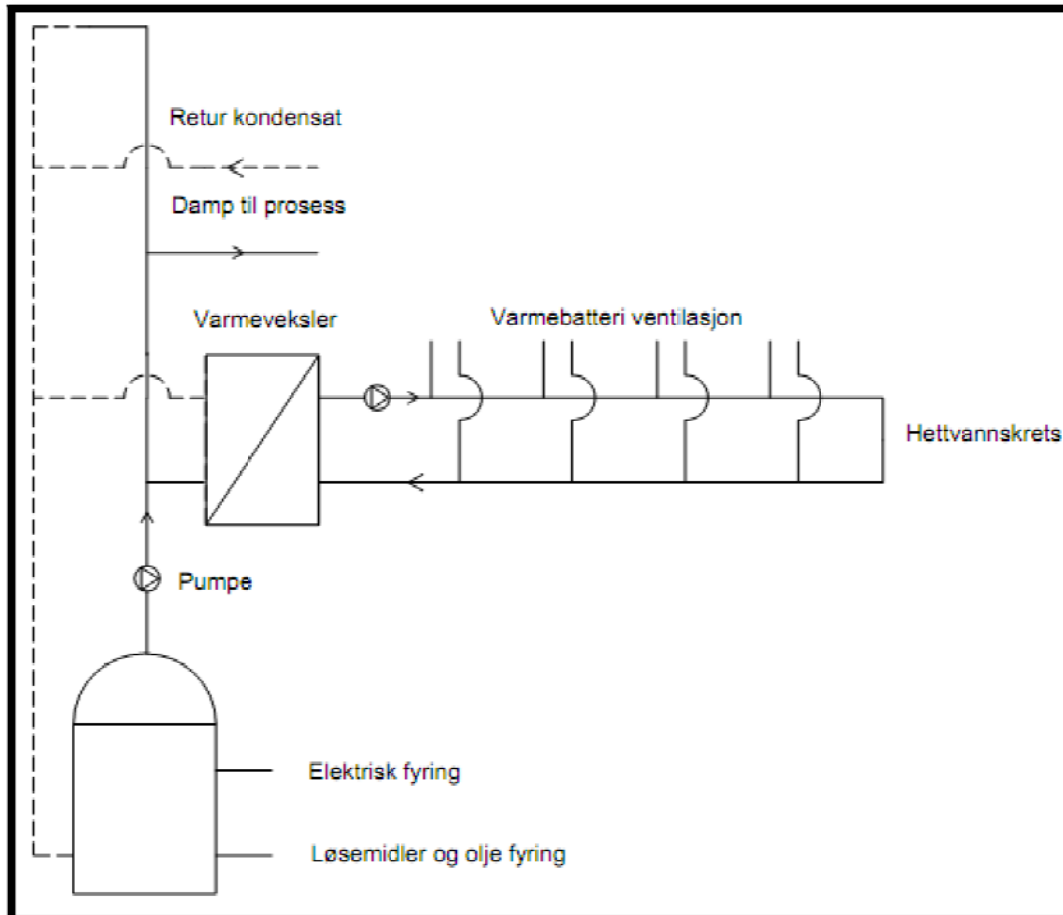
Tabell 1: Avlest av Rune Nilssen, GE Healthcare Lindesnes, [Vedlegg 8].

Dato avlest	08.02.11	09.02.11	10.02.11	11.02.11	
					<i>Gjennomsnitt</i>
Momentant effektforbruk, kW	65	86	82	46	69,75

Ut fra ytelsestabell for dellast for isvannsmaskinen [Vedlegg 22] kan man se at ved et momentant effektbruk på 83 kW er den nominelle kjølekapasiteten 625 kW. Dette brukes videre som dimensjonerende kuldeytelse i prosjektet.

3.4 Potensiell mottaker av varme

Hettvannskretsen er den mest aktuelle kilden å levere varme til. Dette er en lukket rørkrets, som mottar varmeenergi fra en dampveksler på 1800 kW [Vedlegg 10]. Tur-temperaturen på vannet som sirkulerer er +80 °C. Denne kretsen dekker varme til ventilasjonstilluft, oppvarming av tappevann samt radiatorer. Over 90 % av totalt tilført effekt brukes til oppvarming av ventilasjonstilluften.



Figur 10: Fyrkjelen.

Fyrkjelen produserer damp som distribueres til de forskjellige byggene på fabrikk. Damp brukes direkte i prosess og til oppvarming av hettvannskrets.

3.5 Ventilasjonssystem

Ventilasjonsanleggene er produsert og levert av Flakt Woods AS i 2004.

Det er totalt 15 forskjellige ventilasjonsanlegg i Celle 15. Innblåst luftmengde ligger mellom 20.000m³/t og 25.000m³/t på 13 av aggregatene. Varmebatteriene er dimensjonert for en tilluftstemperatur på +17° Celsius. Driftstidene varierer fra anlegg til anlegg.

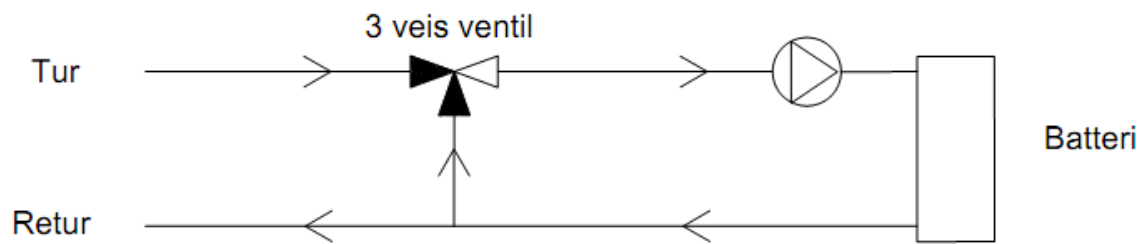
På grunn av eksplosjonsfare i enkelte rom i Celle 15 har ventilasjonsanleggene væskegjenvinnerbatterier som holder tilluft og avtrekksluft separert. Dette er gunstig ved en eventuell brann, siden ventilasjonsanlegget raskt kan kvitte seg med brannfarlige stoffer i rommet, uten at noe blir sendt tilbake med tillufta. Alle ventilasjonsanleggene i Celle 15 er utstyrt med væskegjenvinnerbatteri, selv om det kun er 2 anlegg som er innenfor eksplosjonsfarlig område.



Figur 11: Flakt Woods aggregat EU-42, [Kilde 3].

3.6 Oppvarming av ventilasjonsluft med +80 °C hettvann

Ventilasjonsluften ved GE Healthcare blir i dag først forvarmet av en batteriveksler som henter varme fra avkastluften. Deretter går luften gjennom et varmebatteri med +80 °C hettvann. Denne kretsen er temperaturregulert. Det vil si at hvert varmebatteri har en tilhørende 3-veis ventil og en sirkulasjonspumpe. Ved varmebehov åpner 3-veis ventilen for +80 °C vann inn på batteriet. Når det ikke er varmebehov stenger ventilen tilførselen og kjører hettvannet i by-pass. Bedriften bruker denne typen regulering på alle ventilasjonsanleggene.



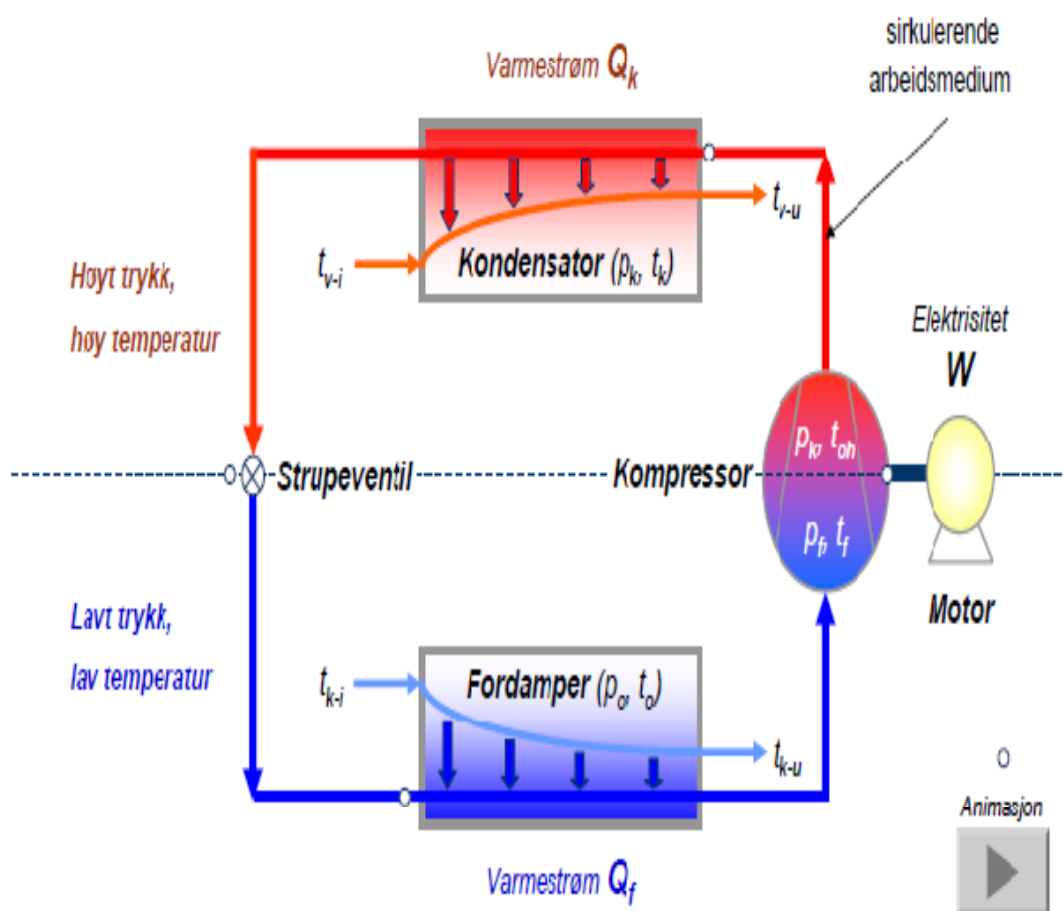
Figur 12: Skisse av temperaturregulering i ventilasjonsanleggene.

4 Teoridel

Dette kapitlet inneholder teori som er nødvendig for å kunne løse oppgaven. Formler og forklaring rundt COP på varmepumpe og Carnot-virkningsgrad ved ulike temperaturløft [4.1]. Hvordan en varmepumpe skal dimensjoneres [4.2] og hvilket kuldemedium som skal velges i varmepumpe [4.3] er viktige punkter for å få en optimal varmepumpeløsning. Metoden som er brukt for lønnsomhetsberegning blir forklart [4.4]. Det er også tatt med et eksempel på beregning av en varmepumpeprosess [4.5].

4.1 Teoretisk bakgrunn for varmepumper

En varmepumpe transporterer varme fra et temperaturnivå t_0 opp til et høyere temperaturnivå t_k ved tilførsel av energi.



Figur 13: Viser varmepumpens virkemåte, [Kilde 1, kap 1 – s 33].

Den reelle effektfaktoren COP for en varmepumpe er forholdet mellom avgitt effekt og tilført effekt:

$$COP_{VP} = \frac{Q_h}{W}$$

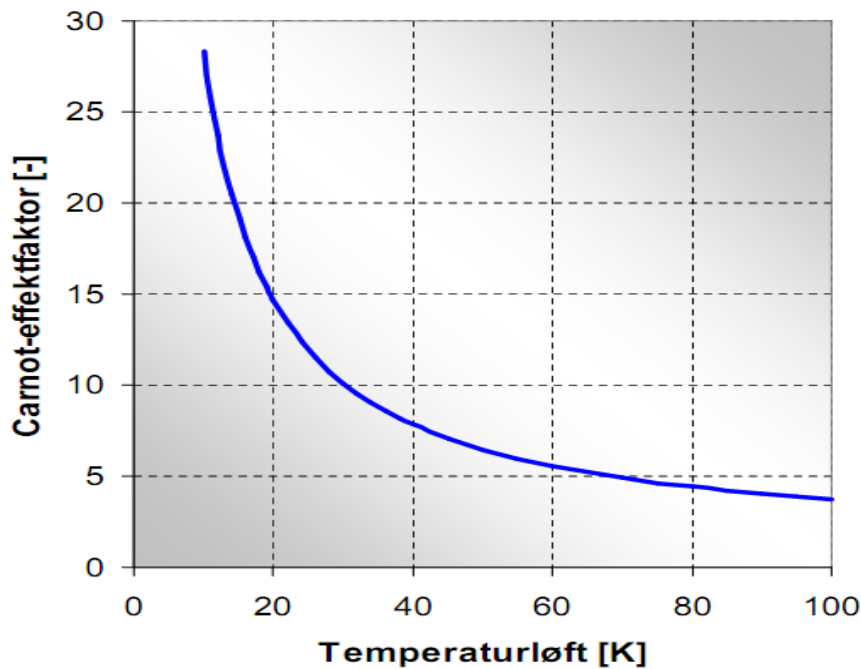
For en kjølemaskin gjelder:

$$COP_{KJ} = \frac{Q_k}{W}$$

For å oppnå en høy COP er det viktig at temperaturløftet $T_K - T_0$ ikke blir for høyt.

Formel nedenfor blir brukt til å finne Carnot-effektfaktoren som er den teoretisk høyeste COP:

$$\varepsilon_c = \frac{T_k}{(T_k - T_0)}$$

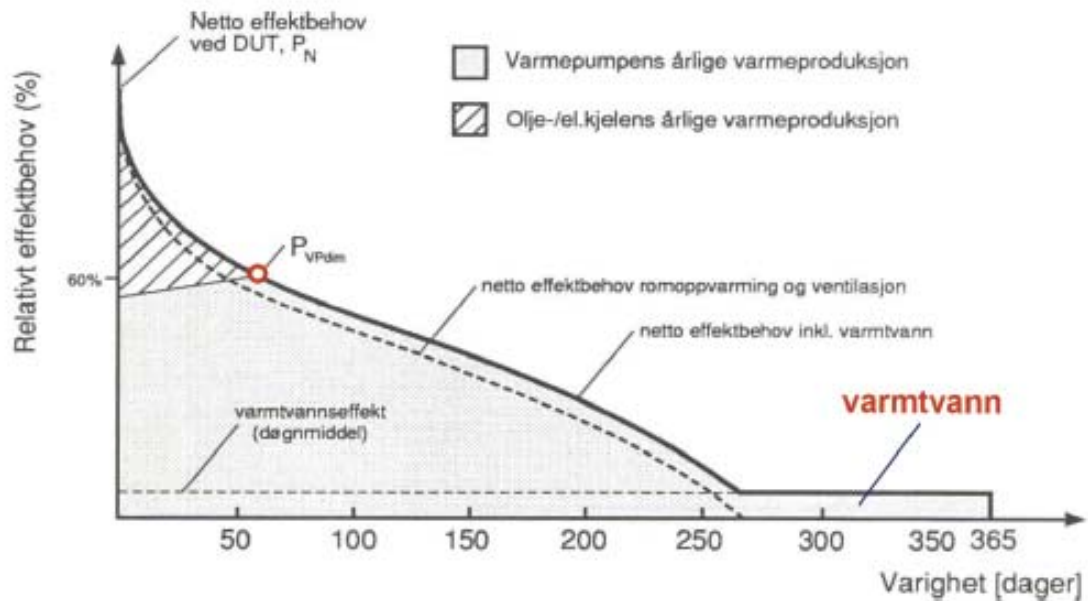


Figur 14: Effektfaktoren for en ideell varmepumpeprosess, [Kilde 1, kap 1 – s 21].

Høyt temperaturløft gir høyt trykk og krever trykkforsterket varmepumpe. Dette vil fordyre en varmepumpe.

4.2 Dimensjonering av varmepumper

Med høy spesifikk investeringskostnad (kr/kW) bør ikke en varmepumpe dimensjoneres for å dekke effektbehovet på de kaldeste dagene. ”Hvis varmepumpen dimensjoneres for å dekke 40-70 % av netto effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur vil den kunne dekke 80-95% av det årlige energibehovet, avhengig av forløpet på effektvarighetskurven”, [Kilde 9, kap 2, side 4].



Figur 15: Prinsipiell effektvarighetskurve for oppvarming, [Kilde 9, kap 2 – s 4]

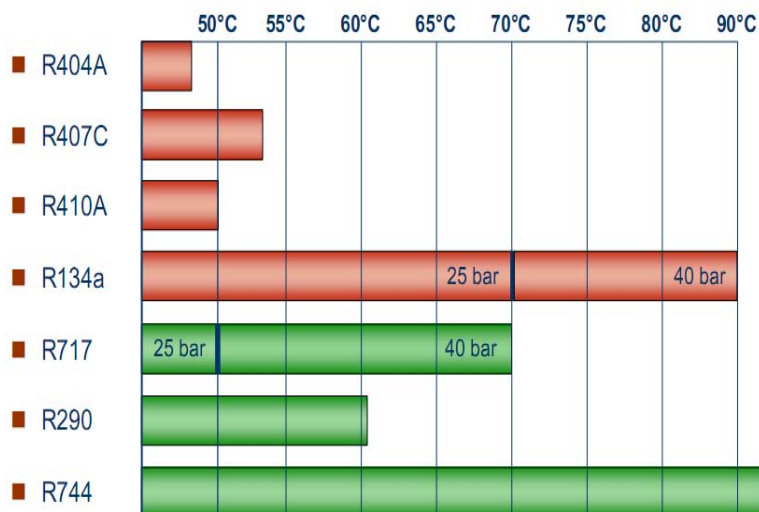
4.3 Valg av kuldemedium

Ved valg av kuldemedium for varmepumpe er det 4 punkter det må tas spesielt hensyn til. Hvilken temperaturbegrensning (t_{maks}) kulde mediet har, volumetrisk varmeytelse (VHC), energieffektivitet (COP) og den globale miljøvennligheten.

- **Temperaturbegrensning (t_{maks})**
 - $t_{maks} < \text{ca. } 70^{\circ}\text{C}$ R134a (90°C, 40 bar), R717 (40 bar), R744 (maks. 95°C)
 - $t_{maks} < \text{ca. } 60^{\circ}\text{C}$ R290 + hydrokarbonblandinger + mediene ovenfor
 - $t_{maks} < \text{ca. } 45\text{-}55^{\circ}\text{C}$ R404A, R407C, R410A, R717 + mediene ovenfor
- **Volumetrisk varmeytelse (VHC) → kompressorvolum**
 - Lav VHC R134a
 - Moderat VHC R404A, R407C, R290, R717
 - Høy VHC R410A, R744 (svært høy VHC)
- **Energieffektivitet (COP) → energibruk**
 - Høy COP Svært prosessavhengig – R134a, R410A, R290, R717, CO₂
 - Moderat COP R404A, R407C
- **Global miljøvennlighet – sikkerhetsaspekter**
 - HFK-mediene har høy GWP-verdi – regulert av Kyoto-protokollen (CO₂-avgift)
 - R717 er giftig, R290 er brennbar/eksplosivt, R744 har høyt driftstrykk – GWP=0/3

Figur 16: Valg av arbeidsmedium, [Kilde 1, kap 2 – s 67].

Utgående vanntemperaturen ved den eksisterende hettvannskretsen er +80 °C. Ut ifra forskning dr. ingeniør Jørn Stene ved Sintef har gjort vedrørende industrielle varmepumper, er det kun 3 kuldemedier som kan levere vann ved denne temperaturen. I spesielle tilfeller kan NH₃ med skruekompressor og oljekjøler heve kondenseringstemperaturen opp mot 100 °C. [Vedlegg 1]



Figur 17: Viser maksimum utgående vanntemperatur som påvirker anvendelsesområdet for varmepumpesystemet, [Kilde 1, kap 2 – s 33].

4.3.1 HFK R134a

Et trykk på 25 Bar anses som normalt arbeidstrykk for kompressordrift med HFK og Ammoniakk som kuldemedium. Ved høyere trykk kreves forsterkede kompressorer, noe som fordyrer anlegget betraktelig. [Kilde/referanse Kjetil Finne, Norsk Kulde AS]

Tabell 2-2: Fordeler og ulemper med R134a som arbeidsmedium i varmepumper.

R134a	
Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Gir høy COP • Ikke brennbar eller giftig • Ingen ozonødeleggende effekt • Underkjøling gir stor gevinst i spesifikk varmeytelse • Meget godt egnet for turbokompressorer • Gode varmeovergangsegenskaper • Lav trykkgasstemperatur gir mulighet for kompresjon i ett trinn selv ved relativt høye trykkloft 	<ul style="list-style-type: none"> • Høy GWP-verdi (1410) (Clodic, 2005) • Lav spesifikk varmeytelse gir relativt store kompressorer • Strenge regler for kontroll med anlegg med HFK- gasser (F-gass direktivet) • Tyngre enn luft. Detektorer må monteres på gulv • Høy pris

Figur 18: HFK R134a, [Kilde 9, kap 2 – s 14].

4.3.2 Ammoniakk R717

Ved +80 °C utgående vanntemperaturene blir det høye trykk i kompressor. Som ved HFK vil varmepumpedrift ved disse temperaturene fordyre anlegget. Skruekompressorer med oljeinnsprøyting i kompresjonen, gjør at trykkrørstemperaturen senkes. Oljen brukes også til smøring og tetting for skruene. Den varme oljen kan varmeveksles mot vann i en oljekjøler, som gjør at man heve varmen på levert hettvannet helt opp til eller over kondenseringstemperatur. [Kilde/referanse Kjetil Finne, Norsk Kulde AS]

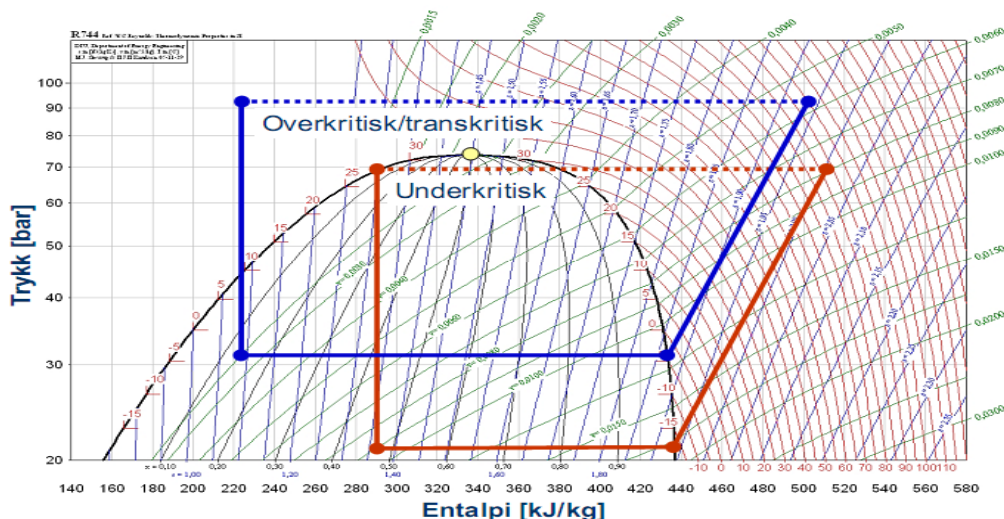
Tabell 2-1: Fordeler og ulemper ved NH₃ som arbeidsmedium i varmepumper

Ammoniakk (NH ₃ , R717)	
Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Gir meget høy COP (teoretisk prosess) • Meget høy spesifikk varmeytelse gir relativt små kompressorer • Svært gode varmeovergangsegenskaper og lavt trykkfall i rør. • Naturlig medium med ODP og GWP lik 0 • Lettere enn luft. Detektorer og nødventilasjon kan monteres i taket 	<ul style="list-style-type: none"> • Giftig og moderat brennbart. Krever sikkerhetstiltak. • Tærer på kobber. Rør, koblinger og varmevekslere må bygges i rustfritt stål • Får svært høy trykkrørstemperatur • Egner seg dårlig for turbokompressorer • Begrensning i utgående vanntemperatur på 68 °C og 50 °C ved hhv. 40 og 25 bar.

Figur 19: Ammoniakk R717, [Kilde 9, kap 2 – s 13].

4.3.3 Karbondioksid R744

Karbondioksid har et kritisk punkt på 31,5 °C. Det gjør at ved varmepumpedrift til produksjon av +80 °C vann vil prosessen foregå over det kritiske punkt [Figur 20]. Gassen kan ikke kondenseres, men det vil være mulig å kjøle den. Optimal varmepumpedrift med CO₂ som kuldemedium krever en stor temperaturglide Δt , over gasskjøler. Hettvannskretsen er et lukket system som ikke har den temperaturgliden som kreves for optimal drift med CO₂ varmepumpe.



Figur 20: Varmepumpecyklus med underkritisk varmeavgivelse (rød) og transkritisk varmeavgivelse (blå) i log PH diagram, [Kilde 1, kap 2 – s 19].

Det ble ikke funnet noe passende anvendelsesområde for CO₂ varmepumpe ved bedriften.

4.3.4 Sammendrag - valg av kuldemedium

”På grunn av sine negative klimaegenskaper, er R-134A sin fremtid som arbeidsmedium i varmepumper usikker.” [Kilde 9, kap 2 – s 14].

R-134a har en GWP verdi på 1300. Ammoniakk R-717 er et naturlig kuldemedium med GWP-verdi 0 [Vedlegg 11]. Begge leverandørene som ble forespurt om pris vedrørende i varmepumper ønsket å tilby varmepumper med ammoniakk som kuldemedium.

Varmepumper i denne størrelsesorden karakteriseres som industrielle varmepumper, og industrien bruker i stor grad ammoniakk. Siden Ammoniakk er et velprøvd kuldemedium med mange fordeler, og R134a sin fremtid som kuldemedium er usikker, valgte vi å sammenligne ulike varmepumper basert på Ammoniakk.

Siden glykol/vann brukes som sekundærmedium ved bedriften kan et eventuelt ammoniakkanlegg plasseres et sted hvor eventuelle lekkasjer ikke vil innebære risiko for verken ansatte eller produksjon.

4.4 Metode for lønnsomhetsberegning

Nåverdimetoden er en metode for lønnsomhetsanalyse av investeringer. Den tar utgangspunkt i at alle innbetalinger og utbetalinger blir tilbakeført til et gitt tidspunkt. Metoden er uavhengig av hvilket tidspunkt som velges, men ofte benyttes investerings eller beregningstidspunktet som grunnlag [Kilde 2].

Formel for nåverdi:

$$NV = (E \cdot e_e) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N}}{r} + S \cdot (1 + r)^{-N} - I$$

Enhet for nåverdi:

Beregnet årlige energibesparelser	E (kWh/år)
Energipris	e_e (øre/kWh)
Økonomisk levetid	N(år)
Kalkulasjonsrente	r(%)
Restverdi	S (kr)

$NV > 0$ Hvis nåverdien er positiv, er investeringen økonomisk lønnsom.

Tilbakebetalingstid, TB

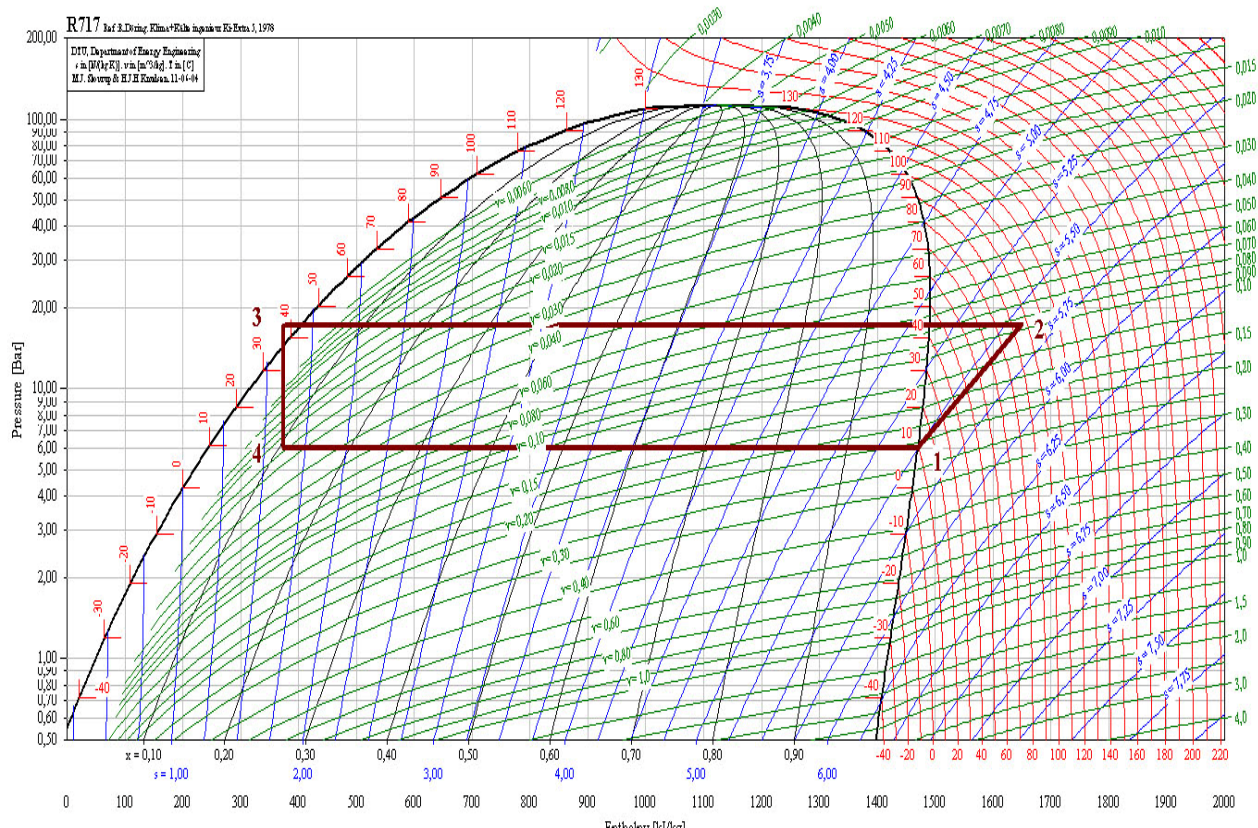
$$TB = I_0 / B$$

Tilbakebetalingstid (pay-back)	(år)
I_0 = Mer investering	(kr)
B = Årlig netto innsparing	(kr/år)

4.5 Eksempel på kuldeteknisk beregning i varmepumpeprosessen

Eksempel: Varmepumpe i forslag #3 med 1500kW varmeytelse. [6.3]

Enthalprier hentet fra Coolpack [Vedlegg 24] ut fra oppgitte kompressordata [Vedlegg 21]:



Figur 21: Varmepumpeprosessen for forslag #3 i log – ph diagram, tegnet i Coolpack.

Formler [Kilde 1, kap 1 – s 51]:

$$\text{Varmeytelse: } \dot{Q}_H = \dot{m}_r \cdot (h_2 - h_3)$$

$$\dot{m}_r = \frac{Q_k}{(h_2 - h_3)} = \frac{1500}{1650,419 - 376,862} = 1,178 \text{ kg/s}$$

$$\text{Kuldeytelse } \dot{Q}_k = \dot{m}_r \cdot (h_1 - h_4) = 1,178 \cdot (1470,525 - 376,862) = 1288 \text{ kW}$$

$$\text{Kompressorarbeid } W = \dot{m}_r \cdot (h_2 - h_1) = 1,178 \cdot (1650,419 - 1470,525) = 212 \text{ kW}$$

5 Evaluering av muligheter for energieffektivisering

Uten et direkte gjenbruksområde for spillvarmen, måtte andre løsninger vurderes.

Varmepumpe var det første som ble vurdert[5.2], men med et temperaturløft på 75 °C var det nødvendig å se på muligheten for å redusere turtemperaturen for hettvannskretsen [5.1]. Det er blitt vurdert 5 mulige løsninger for varmpumpe[5.2.1 til 5.2.5].

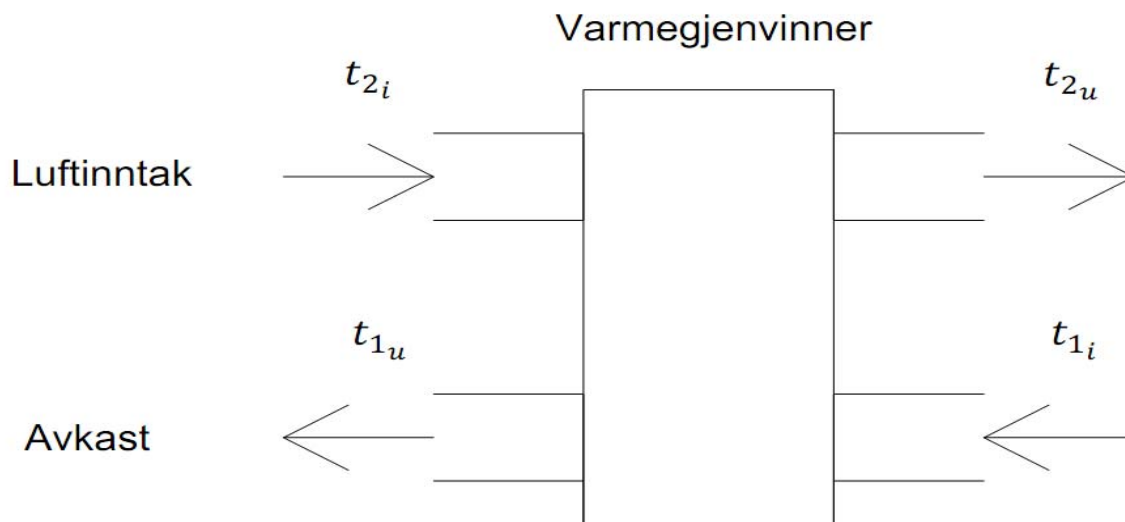
Ved utskiftning til lavtemperaturbatterier i ventilasjonen og senkning av turtemperaturen på hettvannskretsen ble det aktuelt å undersøke om eksisterende isvannsmaskiner i både Celle 15 og Celle 14 kunne brukes som varmpumper [5.3].

I tillegg ble solceller [5.4], utskiftning av gjenvinnerbatteri[5.6] og frikjøling fra sjø [5.5], vurdert som mulige metoder for energieffektivisering.

5.1 Utskiftning til lavtemperaturbatterier i ventilasjonsanleggene

Den høye utgående vanntemperatur på hettvannskretsen (+ 80 °C) begrenser mulighetene for energieffektivisering med varmpumper. Det ble derfor vurdert å senke temperaturen på hettvannskretsen, ved utskiftning til lavtemperaturbatteri i ventilasjonsaggregatene.

For å dimensjonere nytt varmebatteri må temperatur på tilluft etter varmegjenvinner beregnes:



Figur 22: Varmegjenvinner.

Beregning av tilluftstemperatur etter gjenvinnerbatteriet, ut fra dimensjonerende utetemperatur $t_{2_i} = -18$ °C og innblåst lufttemperatur $t_{1_i} = +17$ °C.

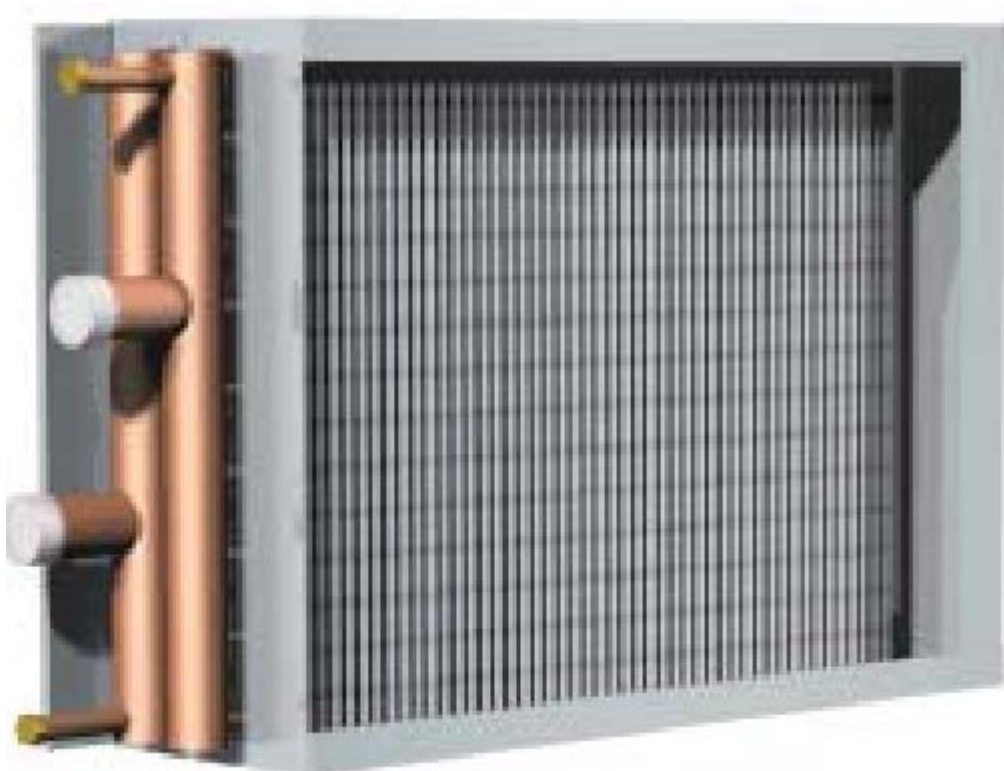
Beregnet tilluftstemperatur etter væskegjenvinner:

$$\epsilon = \frac{t_{2u} - t_{2i}}{t_{1i} - t_{2i}}$$

$$t_{2u} = \epsilon(t_{1i} - t_{2i}) + t_{2i} = 0,5(17 - (-18)) - 18 = -0,5 \text{ °C}$$

Tilluftstemperatur - 0,5 °C blir brukt til å dimensjonere nytt varmebatteri.

Med utgangspunkt i et EU-42 aggregat med maksimal innblåst luftmengde på 26 000 m³/h og en tilluftstemperatur på +17 °C, dimensjonerte Fläkt Woods AS et batteri med dimensjonerende tur/returtemperatur på +40/+25 °C [Vedlegg 4]. Det nye varmebatteriet passer inn i den opprinnelige kassetten og går med samme sirkulert vannmengde, vannpumpe og shuntventil som det eksisterende anlegget.



Figur 23: Fläkt Woods varmebatteri, [Kilde 3].

Prisoverslag for utskifting til lavtemperaturbatterier i Celle 15:

$3 \cdot 7,5t \cdot 500 \text{ kr/t} = 11\,250 \text{ kr}$

Pris pr batteri fra Fläckt Woods: 12 800 kr

Pris utskifting pr batteri: 24 050 kr

Det er 15 ventilasjonsanlegg i Celle 15. Det gir:

Prisoverslag utskifting av 15 batterier: $15 \cdot 24\,050 \text{ kr} = \underline{360\,750 \text{ kr}}$

Pris pr. batteri vil variere ettersom størrelsen på aggregatene er forskjellige.

[Kilde/referanse: VVS ingeniør Eivind Jortveit ved GE Healthcare Lindesnes]

Beregninger rundt varmpumper som leverer til hettvannskrets [5.2.2], eksisterende isvannsmaskiner til oppvarming av hettvann [5.3] og solfangere [5.4] er gjort med den nye +40 °C turtemperaturen på hettvannskretsen.

En senking av hettvannstemperaturen vil medføre at man må seksjonere ut oppvarming av tappevann, samt skifte ut en del radiatorer.

5.2 Varmepumper

Det ble vurdert 5 forskjellige varmepumpeløsninger.

5.2.1 Varmepumpe som henter varme fra kjølevannsreservoar og leverer til hettvannskrets ved +80 °C.

Regner ut den teoretisk høyeste COP for temperaturløftet.

Varmekilden har en temperatur på +15 °C.

Varmemottaker har en temperatur på +80 °C.

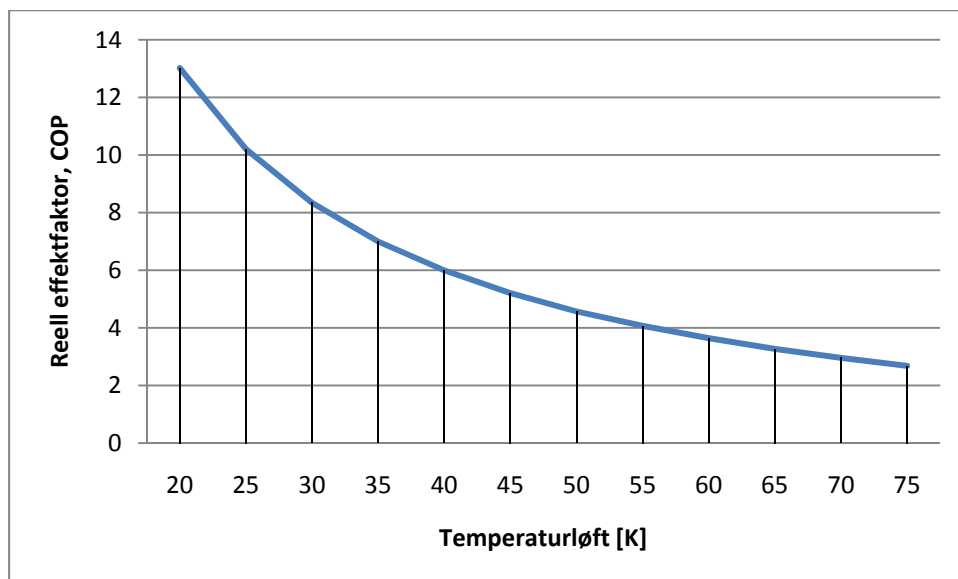
Fordampningstemperaturen T_0 settes til 10 °C (283 K).

Kondenseringstemperaturen T_k settes til 85 °C (358 K).

Beregner Carnot-effektfaktor:

$$\varepsilon_c = \frac{T_k}{(T_k - T_0)} = \frac{358}{(358 - 283)} = 4,77$$

Med et energibruk på ca 2,1 GWh i 2010 for Celle 15 [Vedlegg 5] er en høy COP viktig for fremtidige energibesparelser. Dvs COP > 4,77. Et temperaturløft på 75K ville gitt langt dyrere varmepumpeløsninger.



Figur 24: Viser COP i forhold til temperaturløft for en NH3 varmepumpe med 1500 kW varmelytelse testet i Coolpack med isentropisk virkningsgrad 1,00. [Vedlegg 1]

5.2.2 Varmepumpe som henter varme fra kjølevannsreservoar og leverer til hettvannskrets ved + 40 °C.

Regner ut den teoretisk høyeste COP for temperaturløftet.

Varmekilden har en temperatur på + 15 °C.

Varmemottaker har en temperatur på + 40 °C.

Fordampningstemperaturen T_0 settes til 10 °C (283 K).

Kondenseringstemperaturen T_k settes til 43 °C (316 K).

Beregner Carnot-effektfaktor:

$$\varepsilon_c = \frac{T_k}{(T_k - T_0)} = \frac{316}{(316 - 283)} = 9,57$$

En senkning av maksimal utgående vanntemperatur fra + 80 °C til + 40 °C hever Carnot-effektfaktor fra 4,77 [5.1.1] til 9,57.

Utgift ved utskiftning til lavtemperaturbatterier ble i Celle 15 anslått til 360 750 kr, men varmpumpen blir til gjengjeld billigere, og vil få en høyere virkningsgrad siden temperaturløftet ikke blir så høyt.

5.2.3 Varmepumpe som henter varme fra isvannsreservoar og leverer til hettvannskrets ved +40 °C.

Ved denne løsningen får man bruk for både kulde- og varmeytelsen til varmpumpen. Forslag #2 [6.2] og #4 [6.4] baserer seg på denne løsningen.

5.2.4 Varmepumpe lokalt i hvert ventilasjonsanlegg

En annen mulig løsning er å installere en varmpumpe i hvert enkelt ventilasjonsanlegg. Det vil bety en utskiftning av varmegjenvinningsbatteriet. Fordamperen plasseres da i avkastlufta og kondensatoren plasseres i luftinntaket.

Fläkt Woods kan levere en ferdig varmpumpekassett som monteres direkte inn i et EU42-aggregat. Denne har en veiledende pris på ca 300 000 kr + mva. I tillegg kommer frakt-, montasje-, elektriker- og rørleggerkostnader.

Overslag over inntjeningstid:

Tar utgangspunkt i anlegg 36.77 i Celle 15 og energibruk til oppvarming i 2010 [Vedlegg 5].

$$128\,421 \text{ kWh} \cdot 0.5 \text{ kr/kWh} = 64\,210 \text{ kr}$$

Beregningseksempel med $\text{COP}_{\text{vp}} = 6$:

$$128\,421 \text{ kWh} / 6 = 21\,403 \text{ kWh} \cdot 0,5 \text{ kr/kWh} = 10\,701 \text{ kr}$$

$$\text{Potensiell innsparing: } 64\,210 \text{ kr} - 10\,701 \text{ kr} = \underline{53\,509 \text{ kr/år}}$$

Innsparingstid:

$$300\,000 / 53\,509 \text{ kr} = \underline{5,6 \text{ år}}$$

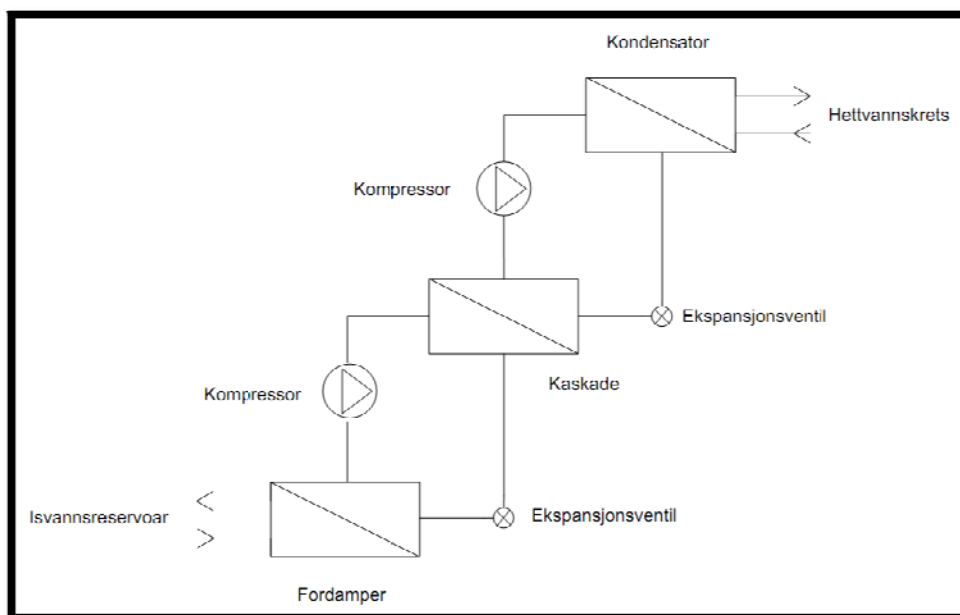
Det vil si at et anlegg hvor monteringskostnadene ikke er tatt med i beregningen ikke vil klare kravet til 2-3års inntjeningstid selv med høy COP_{vp} .

5.2.5 Varmepumpe som kaskadeanlegg

Muligheten for å hente varme direkte fra kondensatoren til isvannsmaskinen i Celle 15 ble også vurdert. Kondenseringstemperaturen kan økes fra dagens nivå på +19 °C til +26 °C. [Vedlegg 7]

I et kaskadeanlegg veksler det kondenserende kuldemediet til det nederste anlegget mot fordampende kuldemedium i det øverste [Figur 25].

Denne løsningen er komplisert og innebærer en del risiko. Den ble derfor forkastet.



Figur 25: Prinsippkisse kaskadeanlegg.

5.3 Bruke eksisterende isvannsmaskiner til oppvarming av hettvann

Endring av turtemperaturen på hettvanskretsen åpnet muligheten for å vurdere bruk av eksisterende isvannsmaskiner som varmekilde. I forslag #1 [6.3.1] er denne løsningen vurdert.

5.3.1 Isvannsmaskin i Celle 15

Det ble undersøkt om isvannsmaskinen i Celle 15 kan levere varme til + 40 °C hettvannskretsen. Denne maskinen er ikke designet for varmegjenvinning, og kan ikke kjøres med høyere kondenseringstemperatur enn +26 °C [Vedlegg 7].

5.3.2 Isvannsmaskin i Celle 14

Undersøkelser viste at isvannsmaskinen i Celle 14 kan levere vann helt opp til +50 °C. [Vedlegg 3]

Prisoverslag for utskifting til lavtemperaturbatterier i Celle 14:

$$3 \cdot 7,5t \cdot 500 \text{ kr/t} = 11\,250 \text{ kr}$$

Pris pr batteri fra Fläckt Woods: 12 800 kr

Pris utskifting pr batteri: 24 050 kr

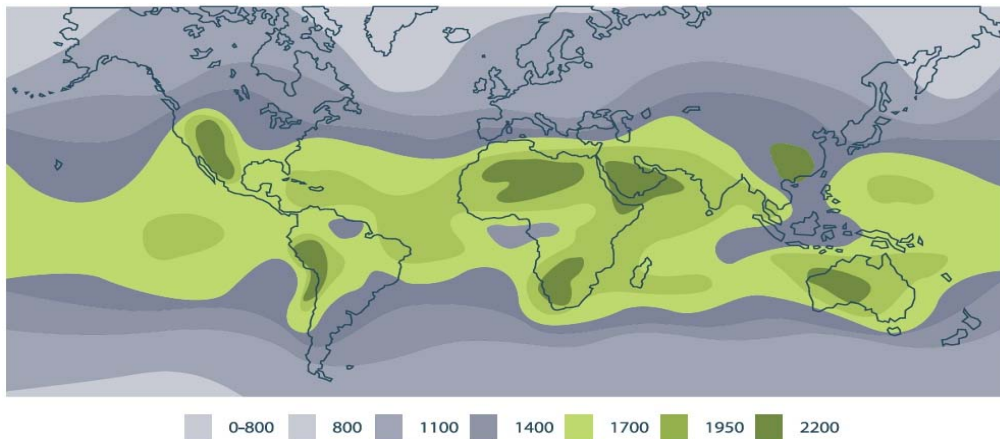
Det er 6 ventilasjonsanlegg i Celle 14. Det gir:

$$\text{Pris utskifting av 6 batterier: } 6 \cdot 24\,050 \text{ kr} = \underline{\underline{144\,300 \text{ kr}}}$$

[Kilde/referanse VVS ingeniør Eivind Jortveit ved GE Healthcare Lindesnes]

5.4 Solfangere

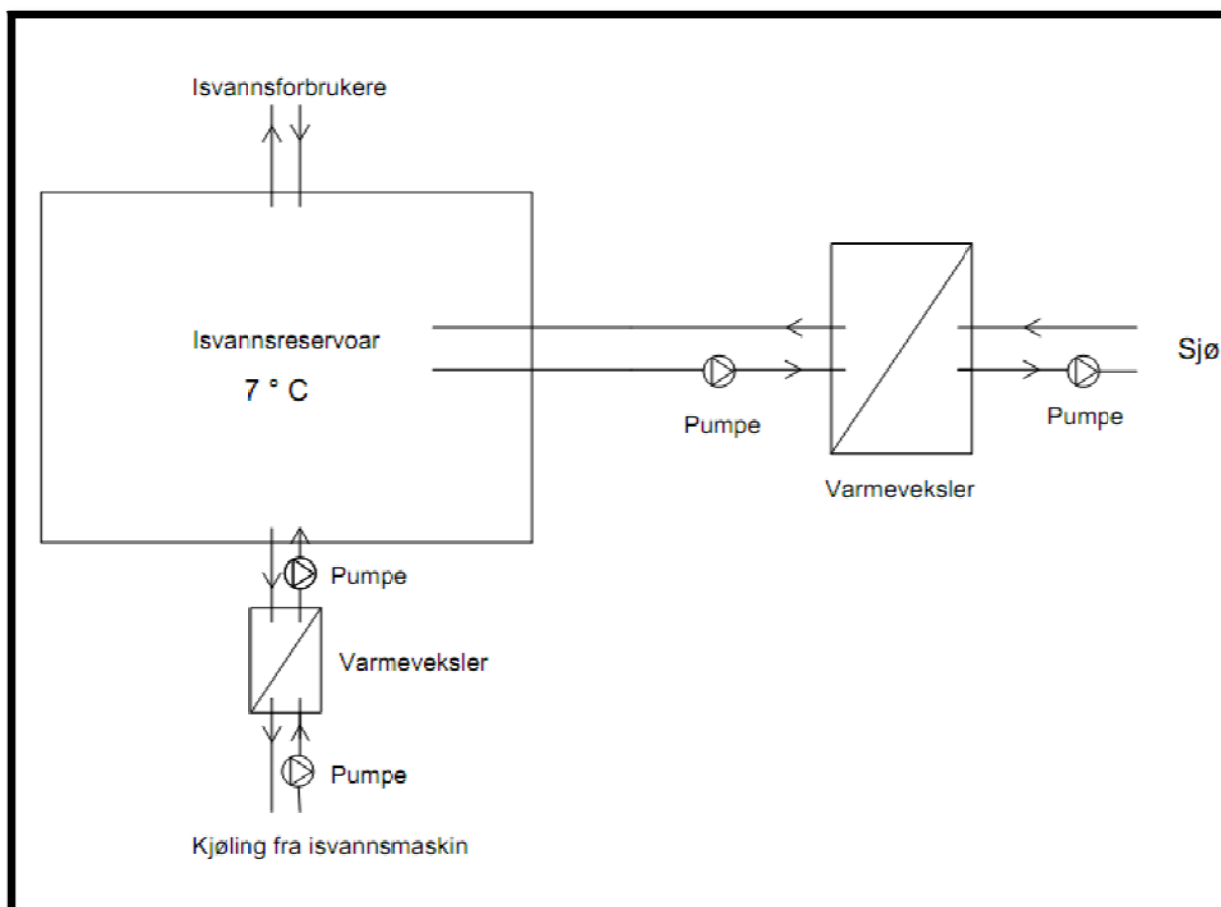
Figur 26 viser at den årlig gjennomsnittlige solinnstrålingen i Norge ligger rundt 800 [kWh/m²] per år. Siden Lindenes kommune ligger så langt sør antar vi at den årlige solinnstråling kan komme helt opp til 1100 [kWh/m²], men det er bare 40-60 % av denne effekten som kan hentes ut av en solfanger. Solfangeranlegg egner seg best til lagring av varme siden solinnstrålingen varierer med vær og årstid



Figur 26: Gjennomsnittlig årlig solinnstråling i enhet kWh/m² i verden, [Kilde 7, s 11].

5.5 Frikjøling fra sjø

Denne løsningen har blitt vurdert av bedriften tidligere. Planen var å finne en kostnadseffektiv erstatning til isvannsmaskinen som kjøler vann til +7 °C. Det dypeste punktet i fjorden er på ca 40 meter. Her varierer temperaturen selv i vintermånedene fra +2 °C til +13 °C. For å kunne hente vann ved større dyp må det strekkes rør ca 1,5 km ut fra fastlandet. Bedriften har i tillegg vært i kontakt med Flødevigen havforskningsinstitutt i Arendal angående temperaturer på 600 meters dyp. Her kan det heller ikke her garanteres +4 °C vann eller kaldere. Prosjektet ble derfor ikke forfulgt videre.

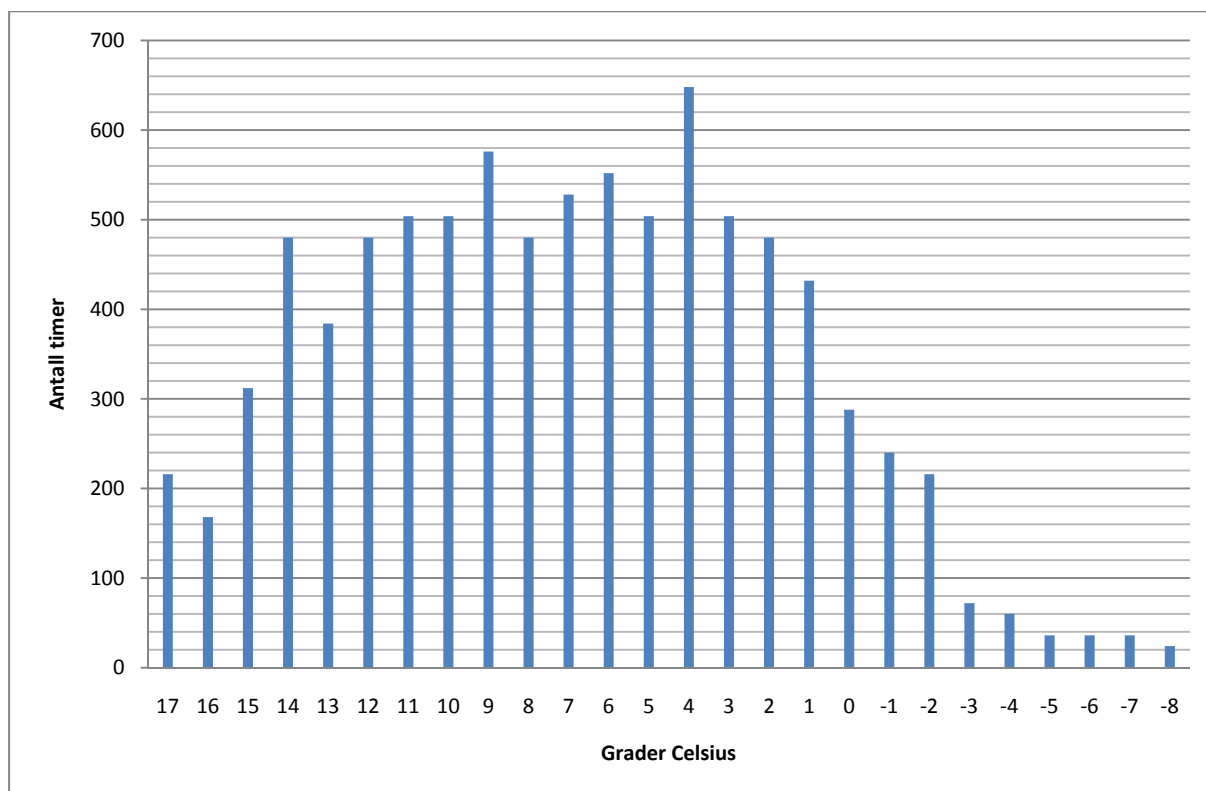


Figur 27: Prinsippkisse frikjøling.

5.6 Utskiftning av gjenvinnerbatteri i ventilasjonsaggregat

Det er inninstallert væskegjenvinner i alle ventilasjonsaggregatene til tross for at det kun er 2 rom som er innenfor eksplosjonsfarlig område i Celle 15 [3.5]. Et væskekoblet gjenvinnerbatteri fra Fläkt Woods har en temperaturvirkningsgrad mellom 50-65 %. Fläkt leverer også roterende gjenvinnere som har en temperaturvirkningsgrad på 75-85 % [Vedlegg 6]. En væskegjenvinner består av to separate varmebatterier som ikke trenger å stå rett ovenfor hverandre [Vedlegg 6]. Siden dette er tilfellet for en del anlegg, vil det kreve ekstra ombygning for å få plass til en roterende gjenvinner [Vedlegg 6]. Installasjonskostnadene kan bli høye, også for rom hvor en roterende gjenvinner kan settes rett inn, pga størrelsen på selve gjenvinneren.

Lindesnes er ikke tilgjengelig i tabellene med klimadata [Vedlegg 14, Figur 28]. Velger derfor Lista som har en tilsvarende DUT på $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ut fra tabellen har Lista en årsmiddeltemperatur $t_m = 7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ og tilhører klimasone B.



Figur 28: Antall timer pr. grad for et normalår, [Vedlegg 18].

Lønnsomhetsberegning for utskifting til roterende gjenvinner i ventilasjonsanlegg 36.85:

Anlegget har:

- setpunkt på + 23 °C på tilluft [Vedlegg 5]
- innblåst luftmengde 25 875 m³/h [Vedlegg 5].
- driftstid fra 05.00 – 22.00 hver dag [Vedlegg 23]

For å sammenligne væskegjenvinneren med en roterende gjenvinner brukes gjenvinnergrad ϵ for:

Væskegjenvinner $\epsilon = 0,6$

Roterende gjenvinner $\epsilon = 0,8$

Temperatur t_{2u} på inntakslufta etter den har vært gjennom varmeveksleren:

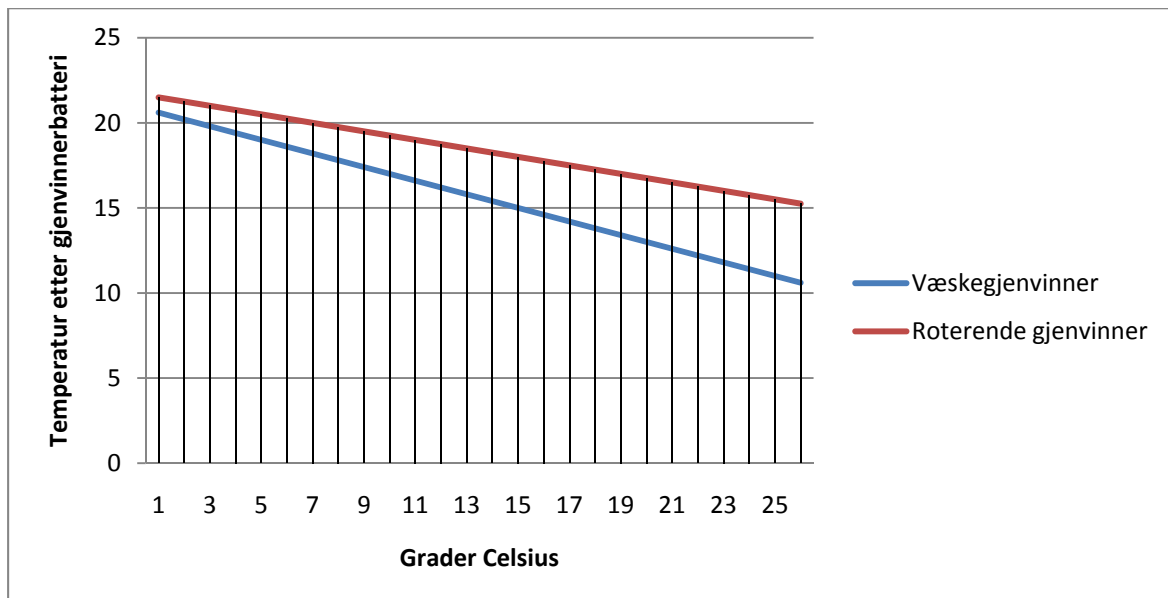
$$\epsilon = \frac{t_{2u} - t_{2i}}{t_{1i} - t_{2i}}$$

$$t_{2u} = \epsilon(t_{1i} - t_{2i}) + t_{2i}$$

Utluft ved 5 °C blir brukt som regneeksempel.

Inntakstemperatur etter væskegjenvinner: $t_{2u} = 0,5(23 - 5) + 5 = 15,8 \text{ °C}$

Inntakstemperatur etter roterende gjenvinner: $t_{2u} = 0,75(23 - 5) + 5 = 18,5 \text{ °C}$



Figur 29: Diagrammet viser temperaturen på inntakslufta etter væskegjenvinner og roterende gjenvinner ut fra utetemperaturen.

Formelen $\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_v \cdot \Delta t$ blir brukt for å bestemme hvor mye ekstra effekt varmebatteriet må tilføre for å løfte temperaturen til +23 °C.

Velger luftmengden til anlegg 36.85 [Vedlegg 23]: $25\,875 \text{ m}^3/\text{h} = 7,19 \text{ m}^3/\text{s}$

Massetetthet for luft: $1,2928 \text{ kg}/\text{m}^3$

Beregner:

$$\dot{m} = 1,2928 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 7,19 \text{ m}^3/\text{s} = 9,30 \text{ kg}/\text{s}$$

Spesifikk varmekapasitet luft $c_L = 1005 \text{ J}/\text{kg K}$

Effekt som må tilføres etter væskegjenvinner:

$$\dot{Q} = 9,30 \text{ kg}/\text{s} \cdot 1005 \text{ J}/\text{kg K} \cdot \Delta(23 - 15,8)\text{K} = 67,3 \text{ kW}$$

Effekt som må tilføres med roterende gjenvinner:

$$\dot{Q} = 9,30 \text{ kg}/\text{s} \cdot 1005 \text{ J}/\text{kg K} \cdot \Delta(23 - 18,5)\text{K} = 42,0 \text{ kW}$$

Det er 504 timer i et normal år med 5 °C utetemperatur. [Vedlegg 18].

Årlig effektbruk oppvarming med væskegjenvinner for 5 °C:

$$\text{kWh}/\text{år} = 67,3 \text{ kW} \cdot 504 \text{ h} = 33\,919 \text{ kWh}$$

Årlig effektbruk oppvarming med roterende gjenvinner for 5 °C:

$$\text{kWh}/\text{år} = 42,0 \text{ kW} \cdot 504 \text{ h} = 21\,168 \text{ kWh}$$

Totalt årlig energibruk med væskegjenvinner [Vedlegg 18]: 519 695 kWh

Totalt årlig energibruk med roterende gjenvinner [Vedlegg 18]: 324 809 kWh

Anlegget er i bruk ca 6188 timer i året:

$$\frac{6188h}{8760h} \cdot 100 \% = 70 \%$$

Totalt årlig energibruk med væskegjenvinner for anlegg 85:

$$519\,695 \text{ kWh} \cdot 0,7 = 367\,108 \text{ kWh}$$

Totalt årlig energibruk med roterende gjenvinner for anlegg 36.85:

$$324\,809 \text{ kWh} \cdot 0,7 = 229\,443 \text{ kWh}$$

Beregnet årlige energibesparelser:

$$367\,108 \text{ kWh} - 229\,443 \text{ kWh} = \underline{137\,666 \text{ kWh/år}}$$

Innsparing pr år:

$$137\,666 \cdot 0,5 \text{ kr/kWh} = \underline{68\,832 \text{ kr/år}}$$

Energibruk for et normalår stemmer godt overens med hva forbruket var for anlegg 85 i 2010 [Vedlegg 5]

Det er en del usikkerhetsmomenter tilknyttet utregningene. Anlegget er blant annet avslått om natten og i sommermånedene.

6 Løsning

I dette kapitlet kommer 4 forslag for energieffektivisering med lønnsomhetsvurderinger. Dette er de løsningene som virket mest lønnsomme, og alle er forskjellige varmepumpeløsninger. Det første er en ombygning av en eksisterende isvannsmaskin ved bedriften.

De 3 neste er tilbud fra 2 ulike leverandører av varmepumper med ulike driftsforhold, ytelser og implementering i bedriften.

6.1 Krav

Bedriften har ikke satt andre krav til løsninger enn at inntjeningstiden på prosjektet må være 2-3 år. Det er selvsagt også viktig at prosessen ikke på noen måte blir hindret ved eventuelle installasjoner, og at anleggene klarer å yte den varmeytelsen eller kuldeytelsen som behøves. York isvannsmaskinene i Celle 15 er 2 like anlegg som kan driftes uavhengige av hverandre. Den ene står kun som en reserve. Det er derfor viktig at en slik sikkerhet også blir ivaretatt ved de forskjellige løsningene. Det er derfor valgt å ikke fjerne noen installasjoner, men å sette inn varmepumper i tillegg, i parallell, slik at hvis et anlegg har teknisk stans, er det alltid en løsning i reserve. Dampveksler blir stående, med lavere setpunkt, slik at varmebehovet alltid kan ivaretas selv med driftstans på en varmepumpe. York- isvannsanlegg blir stående og blir også brukt sommerstid siden den har meget høy COP_{kj} . Den blir også en reserve ved driftstans til varmepumpene i forslag #2, #3 og #4.

6.2 Designspesifikasjoner

Designspesifikasjonene for våre løsningsforslag varierte siden de var svært ulike. Det viktigste kriteriet ble at en eventuell varmepumpe måtte kunne løfte temperaturen på hettvannet fra +25 °C til +40 °C grader Celsius.

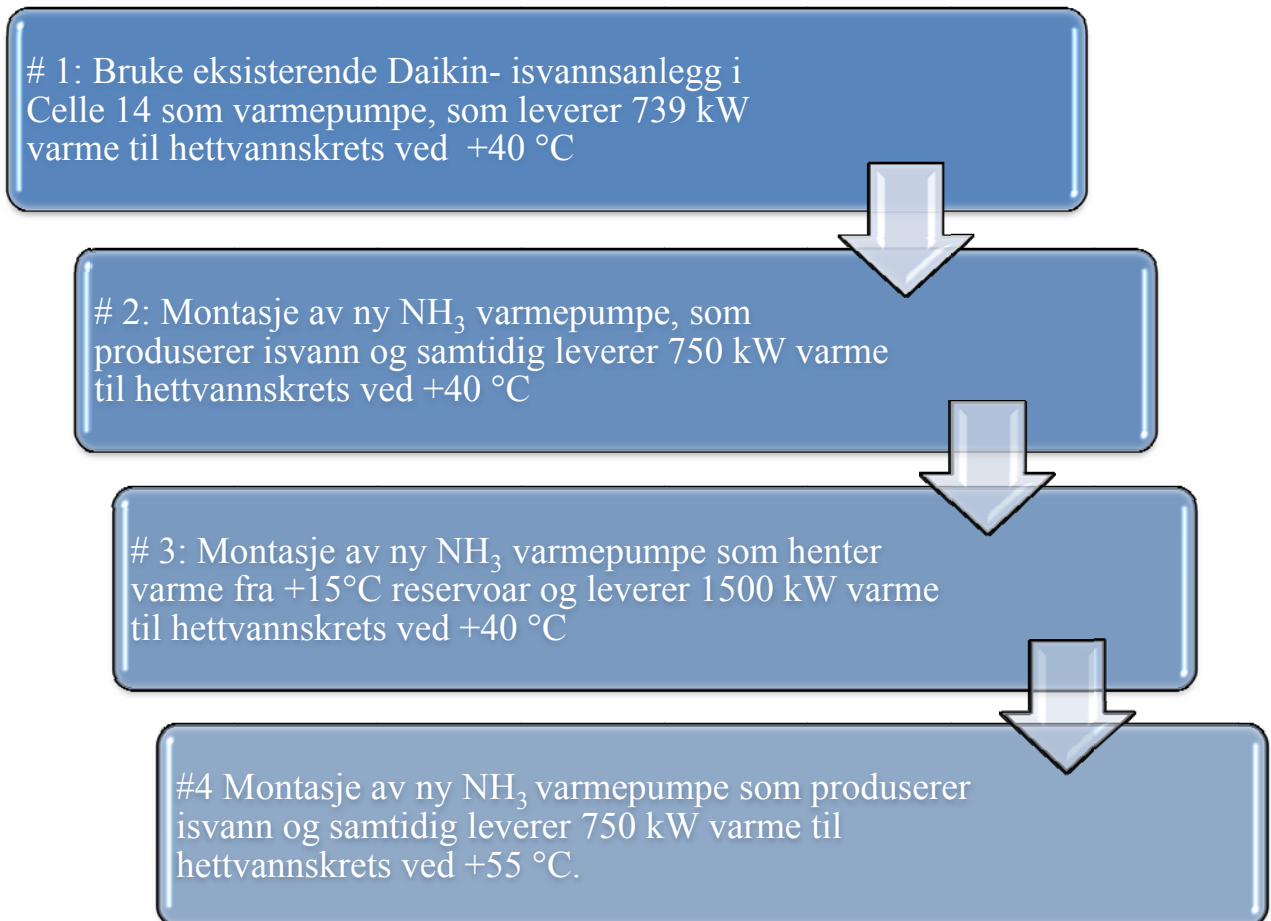
Tabell 2: Designspesifikasjoner.

	#1 Daikin	#2 FrioNordica	#3 Norsk Kulde	#4 Norsk Kulde
Fordamping t_0 °C	1	Ikke oppgitt	10	1
Vann inn fordamper °C	14	7	15	7
Vann ut fordamper °C	9	3	12	3
Kondensering t_k °C	50	Ikke oppgitt	43	56
Vann inn kondensator °C	25	25	25	45
Vann ut kondensator °C	40	40	40	55
Varmeytelse kW	739	750	1500	750

For bedriften var det mindre viktig om løsningen kunne implementeres direkte i Celle 15 eller andre steder. Oppgaven var ment for å finne generelle løsninger for fremtidige valg av tiltak for energieffektivisering.

6.3 Forslag til energieffektivisering med lønnsomhetsberegning

Flere ulike ideer for varmegjenvinning er blitt vurdert i dette prosjektet. De forslagene som viste seg best ut fra lønnsomhetsvurdering ble:



6.3.1 Eksisterende Daikin- isvannsanlegg i Celle 14 som varmepumpe #1

Dette forslaget går ut på å bruke eksisterende Daikin- isvannsanlegg i Celle 14 som varmepumpe, som leverer 739 kW varme til hettvannskrets ved +40 °C. Undersøkelser rundt isvannsanlegget i Celle 14, en Daikin EUW 200 MAXY, viste at dette anlegget kan brukes som varmepumpe. Det kan brukes til oppvarming av vann helt opp til +50 °C [Vedlegg 3]. Anlegget kan dermed brukes til oppvarming av hettvannskretsen hvis dagens vannbatterier blir skiftet ut til lavtemperaturbatterier.



Figur 30 : Daikin EUW 200 MAXY, [Kilde 3].

Ved varmepumpedrift og heving av vanntemperatur ut fra kondensator fra 20 til 40 vil kuldeytelsen synke fra 689 kW til 575 kW [Vedlegg 3]. Ifølge ingeniør Arnfinn Moe ved bedriften vil ikke en reduksjon i kapasitet på 10 -15 være noe problem hvis det ordnes opp i noe reguleringsproblematikk ved anlegget. På sikt er det også planer om å senke forbruket av isvann ved bedriften. Ved en senere utskifting, ny installasjon av tilsvarende anlegg, eller seksjonering vil man også kunne tilpasse dette. Isvannskretsen i Celle 14 har turtemperatur på +9 °C.

Sirkulert vannmengde i hettvannskretsen er 48m³/h. Det gjør at kondensatoren i Daikinanlegget må skiftes ut siden den krever minimum 62,4 m³/h [Vedlegg 3].

Kuldebehovet for Celle 14 er tilnærmet konstant. Det gjør at oppvarming av hettvannskretsen med Daikinmaskinen som varmepumpe vil kunne bli et meget lønnsomt prosjekt, siden det her kun er snakk om en ombygning av et eksisterende anlegg, ikke en nyinstallasjon. (Tiden tillot ikke innhenting av priser på ombygning av denne, det ble derfor foretatt et ca overslag over denne kostnaden) En kondenseringstemperatur på 40 °C gir også god COP både på varm og kald side.

Ytelser, effektforbruk og COP [Vedlegg 3]

➤ Dimensjonerende varmeytelse:	739 kW
➤ Dimensjonerende kuldeytelse	575 kW
➤ Effektbruk	164 kW
➤ Levert vanntemperatur ut av kondensator	+40 °C
➤ Levert vanntemperatur ut av fordampner	+10 °C

Her blir både kuldeytelse og varmeytelse utnyttet. Det gir følgende energieffektivitet:

Virkningsgrad varm side:

$$COP_{vp} = \frac{Q_h}{W} \rightarrow \frac{739}{164} = 4,5$$

Virkningsgrad kald side:

$$COP_{kj} = \frac{Q_k}{W} \rightarrow \frac{575}{164} = 3,5$$



Figur 31: Celle 14.

Dette er beregnet under optimale forhold vinterstid. Ved sommertid vil det kun være bruk for kuldeytelsen, og man ville være avhengig av å kunne veksle over til en tilsvarende kondensatorløsning som dagens anlegg har, med varmeavgivelse til reservoar og sjø. Varmepumpen brukes som primær varmekilde for hettvann, mens man fremdeles kan bruke dagens dampveksler som sekundær varmekilde for spisslasten på de kaldeste dagene i året.

6.3.2 Lønnsomhetsvurdering #1

(Alle priser er ekskl. mva.)

Investering:

Overslag investering utskifting til lavtemperaturbatterier i Celle 14 [6.1]	144 300 kr
Overslag utskifting av kondensator, ombygning [6.1]	455 600 kr
<u>Sum investering:</u>	<u>I = 600 000 kr</u>

Dimensjonering av varmepumpe

Dimensjonerende effektbehov ventilasjon er oppgitt til 790 kW i C14 av vvs-ingeniør Eivind Jortveit ved GE-Healthcare.

”Hvis varmepumpen dimensjoneres for å dekke 40-70 % av netto effektbehov ved dimensjonerende (DUT), vil den kunne dekke typisk 80-95 % av det årlige energibehovet.”
[Vedlegg 13]

Varmeytelse /dimensjonerende effektbehov = $739\text{kW} / 790\text{kW} = 0,98$

Anslår at varmepumpen dekker 90 % av årlig varmebehov

Beregnet årlige energibesparelser:

Totalt energiforbruk til oppvarming av ventilasjon i Celle 14 [Vedlegg 15]	1 100 000 kWh/år
<u>Energibehov ikke dekket av varmepumpe</u>	<u>0,1 · 1 100 000 kWh - 110 000 kWh/år</u>
<u>Avgitt varmeenergi varmepumpe</u>	<u>990 000 kWh/år</u>

Avgitt varmeenergi varmepumpe	990 000 kWh/år
<u>Energiforbruk med COP på 4,5 [6.3.1] varmepumpe</u>	<u>990 000/4,5 = - 220 000 kWh/år</u>
<u>Beregnet årlige energibesparelser</u>	<u>E = 770 000 kWh/år</u>

Energipris (oppgitt av GE Healthcare) $e_e = 50$ øre/kWh

Økonomisk levetid anslag, Varmepumpen er fra 2006. Regner 15 års levetid. Resterende levetid blir da: $N = 10$ år

Kalkulasjonsrente $r = 0,07$

Restverdi $S = 0$ kr

Nåverdi metode: [4.4]

$$NV = (E \cdot e) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N}}{r} + S \cdot (1 + r)^{-N} - I$$

$$NV = (770\,000 \cdot 0,50) \cdot \frac{1 - (1 + 0,07)^{-10}}{0,07} + 0 \cdot (1 + 0,07)^{-10} - 600\,000$$

$$NV = 2704078 + 0 - 600\,000 = 2\,104\,078 \text{ kr} \approx \underline{\underline{2,1 \text{ mill. kroner}}}$$

$$\text{Innsparing per år: } 770\,000 \text{ kWh/år} \cdot 50 \text{ øre/kWh} = \underline{\underline{385\,000 \text{kr}}}$$

$NV > 0$, Siden nåverdien er positiv, er investeringen økonomisk lønnsom.

$$\text{Tilbakebetalingstid (Pay-back) } TB : 600\,000 \text{ kr} / 385\,000 \text{ kr} = \underline{\underline{1,6 \text{ år}}}$$

6.3.3 Varmepumpe fra FrioNordica #2

Med denne løsningen installeres en ny NH₃ varmpumpe, som produserer isvann i stedet for York isvannsanlegget i C15. Samtidig leverer den 750 kW varme til hettvannskretsen ved +40 °C. Ved sommerdrift stopper man varmpumpen og starter det opprinnelige isvannsanlegget. Varmepumpen ble dimensjonert til å dekke kuldebehovet i C15 som er anslått til ca 625 kW[3.3.2]. Vi fikk oversendt et tilbud på en varmpumpe fra FrioNordica ut fra driftsbetingelser under.

Nøkkeltall [Vedlegg 16]:

Dimensjonerende betingelser:

- | | |
|----------------------------------------------------|-----------------|
| ➤ Dimensjonerende varmeytelse [Q _h] | 750 kW |
| ➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur hettvann: | +40 °C / +25 °C |
| ➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur isvann: | +3 °C / +7 °C |



Figur 32: Tilsvarende Aquaterm anlegg med skruekompressor, [Vedlegg 16].

Ytelser, effektbruk og COP:

1-trinns varmepumpe med kapasitet 750 KW Budsjett pris ekskl. mva Kr 1 335 000,-

Ved denne løsningen er det kuldebehovet som blir det man må dimensjonere ut fra, siden man ikke kan kjøle isvannskretsen mer enn det som er behovet. Kuldebehovet ble beregnet til kontinuerlig 625 kW [3.3.2]. Varmepumpen har da en varmeytelse på 750kW, ved disse forhold vil kompressorens effektbruk ligge på 131 kW. [Vedlegg 16]

Her blir både kuldeytelse og varmeytelse utnyttet. Det gir følgende energieffektivitet for varmepumpen:

Virkningsgrad varm side:

$$\text{COP}_{VP} = \frac{\dot{Q}_h}{W} = \frac{750}{131} = 5,72$$

Virkningsgrad kald side:

$$\text{COP}_{kj} = \frac{\dot{Q}_k}{W} = \frac{625}{131} = 4,77$$

Isvannsanlegget har et tilhørende isvannsreservoar. Reservoaret virker som en buffer, og gir stabil jevn drift. Det kunne også vært gunstig å lage et reservoar for +40 °C hettvannskretsen for å gi stabil drift også på varm side. Om natten når ventilasjonsanleggene trinnes ned vil man kunne lagre varmeenergi til bruk på dagtid. Eventuell overskuddsvarme må i utgangspunktet sendes til reservoar og sjø.

6.3.4 Lønnsomhetsvurdering #2

(Alle priser er ekskl. Mva.)

Investering:

1-trinns varmepumpe med kapasitet 750 kW Budsjettpris [Vedlegg 16]	1 335 000 kr
Overslag elektriker- og rørleggerkostnad ved tilkobling:	+ 339 250 kr
<u>Overslag investering utskifting til lavtemperaturbatterier [5.1]</u>	<u>+ 360 750 kr</u>
<u>Sum investering:</u>	<u>I = 2 035 000 kr</u>

Overslag over prosentvis dekning av varmebehov med varmepumpe:

Dimensjonerende effektbehov ventilasjon i C15 er oppgitt til 1800 kW av vvs-ingeniør Eivind Jortveit ved bedriften.

”Hvis varmepumpen dimensjoneres for å dekke 40-70 % av netto effektbehov ved dimensjonerende (DUT), vil den kunne dekke typisk 80-95 % av det årlige energibehovet.”
[Vedlegg 13]

- På grunn av den sydlige beliggenheten til bedriften på Lindesnes er det få virkelig kalde dager vinterstid. Dette argumenterer for en høy prosentvis dekning av årlig energibehov.
- Varmeytelse ved gitte driftsbetingelser kan justeres til 800 kW siden vanntemperatur til fra fordampner ligger litt høyere enn dimensjonert. [Vedlegg 20] Dette argumenterer også for en høy prosentvis dekning av årlig energibehov.

Varmeytelse /dimensjonerende effektbehov ventilasjon C15 = 750 kW/ 1800 kW = 0,42

Anslår at varmepumpen dekker 80 % av årlig varmebehov

Beregnet årlige energibesparelser:

Totalt energiforbruk til oppvarming av ventilasjon i Celle 15 [Vedlegg 5]	2 100 MWh/år
Anslår at varmpumpen dekker 80 % av årlig varmebehov	
<u>Energibehov ikke dekket av varmpumpe $0,2 \cdot 2\,100\text{ MWh}$</u>	<u>- 420 MWh/år</u>
<u>Avgitt varmeeffekt varmpumpe</u>	<u>1680 MWh/år</u>

Årlig effektbruk York isvannsanlegg ved kontinuerlig drift:

11 mnd · 720h/mnd · 69,75 kW [3.3.2] - 554,4 MWh/år

Avgitt varmeeffekt varmpumpe	1 680 MWh/år
Spart effektforbruk isvannsanlegg	+ 554,5 MWh/år
<u>Energiforbruk varmpumpe/$COP_{vp} = 1680/5,72 =$</u>	<u>- 293,7 MWh/år</u>
<u>Beregnet årlige energibesparelser</u>	<u>$E = 1\,941\,000\text{ kWh/år}$</u>

Energipris (oppgitt fra GE Healthcare) $e_e = 50\text{ øre/kWh}$

Økonomisk levetid anslag [Vedlegg 1] $N = 20\text{ år}$

Kalkulasjonsrente $r = 0,07$

Restverdi $S = 0\text{ kr}$

Nåverdi metode: [4.4]

$$NV = (E \cdot e_e) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N}}{r} + S \cdot (1 + r)^{-N} - I$$

$$NV = (1\,941\,000 \cdot 0,50) \cdot \frac{1 - (1 + 0,07)^{-20}}{0,07} + 0 \cdot (1 + 0,07)^{-20} - 2\,035\,000$$

$$NV = 10281491 + 0 - 2\,050\,000 = 8\,246\,491 \approx \underline{\underline{8,25\text{ millioner kr}}}$$

$NV > 0$. Siden nåverdien er positiv, er investeringen økonomisk lønnsom.

Innsparing pr/år : $(1\,941\,000\text{ kWh/år} \cdot 0,5\text{ kr/kWh}) = \underline{\underline{970\,200\text{kr/år}}}$

Tilbakebetalingstid (Pay-back) $TB: 2\,050\,000\text{ kr} / 970\,200\text{ kr/år} = \underline{\underline{2,1\text{ år}}}$

6.3.5 Varmepumpe fra Norsk Kulde #3

Dette forslaget går ut på installasjon av ny NH₃ varmpumpe som henter varme fra +15 °C kjølevannsreservoar og leverer 1500 kW varme til hettvannskrets ved +40 °C. Varmepumpen har en varmeytelse på 1500 kW og kan dekke varmebehovet i Celle 15 store deler av året.

-En fordel ved denne løsningen er at siden den henter varme fra reservoaret, og ikke fra isvannskretsen, kan den operere som et helt frittstående anlegg og levere maksimalt med varme selv når det ikke er kuldebehov.

-Den kan også kapasitetsreguleres til å gå på dellast når det er mindre varmebehov, noe som er mer økonomisk enn de andre løsningene, der varmeytelsen må kastes til +15 °C kjølevannsreservoar ved mindre varmebehov.

-En ulempe blir at man ikke får bruk for kuldeytelsen som de to foregående forslagene.

Nøkkeltall fra tilbud [Vedlegg 1]:

Dimensjonerende betingelser:

- | | |
|------------------------------------------------------------|-----------------|
| ➤ Dimensjonerende varmeytelse [Q _h] | 1500 kW |
| ➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur hettvann: | +40 °C / +25 °C |
| ➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur +15 °C reservoar: | +12 °C / +15 °C |

Leveranse er eksklusiv:

- Levering av pumper og tilkoblinger på vannsiden.
- Levering og tilkobling av elektriske kabler og materiell.



Figur 33: Vilter VSM501 skruekompressor, [Vedlegg 1].

Ytelser og effektforbruk

1-trinns varmepumpe med varmeytelse 1500 KW. Budsjettpris ekskl. mva 1 250 590 kr

Kompressoren avgir ved designbetingelser 1500 kW varme, ved disse forhold vil kompressorens effektforbruk ligge på 215kW. Dette gir en kompressor COP på 6.97

$$\text{COP} = \frac{Q_h}{W} \rightarrow \frac{1500}{215} = 6,97$$

Vedlegg 17 viser et tilbud på tilsvarende varmepumpe på 1 595 000 kr. Vi har ikke foretatt lønnsomhetsberegning på denne pumpen.

Denne varmepumpen er ikke dimensjonert ut fra kuldeytelsen slik som forslag #2 og #4, siden den ikke brukes til kjøling av isvann. Dimensjoneringende effektbehov i Celle 15 er 1800 kW. Varmeytelsen på varmepumpen ved full drift er 1500 kW.

$1500\text{kW}/1800\text{kW} = 0,83$. I følge kapittel [4.2] er varmepumpen i overkant stor for formålet siden varmepumpen skal dekke mellom 40-70% av totalt effektbehov.

Beregning av UA-verdi for kondensator ved dimensjonerende forhold med LMTD metoden:

Kondenseringstemperatur: 43 °C

Vann inn kondensator 25 °C

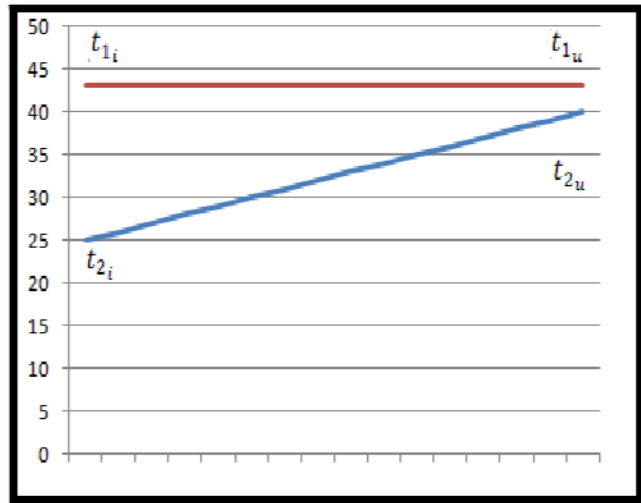
Vann ut kondensator 40 °C

Varmeytelse [Vedlegg 1]: $\dot{Q}_h = 1500 \text{ kW}$

$$\Delta t_1 = (t_{1i} - t_{2u}) = 43 - 40 = 3 \text{ K}$$

$$\Delta t_2 = (t_{1u} - t_{2i}) = 43 - 25 = 18 \text{ K}$$

$$\Delta t_{1-2} = (\Delta t_2 - \Delta t_1) = 18 - 3 = 15 \text{ K}$$

**Figur 34:** Temperaturer inn og ut for kondensator.

LMTD metoden:

$$\Delta t_m = \text{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} = \frac{3 - 18}{\ln\left(\frac{3}{18}\right)} = 8,37 \text{ K}$$

UA-verdi for kondensator:

$$\dot{Q}_h = A \cdot U \cdot \Delta t_m$$

$$UA = \frac{\dot{Q}_h}{\Delta t_m} = \frac{1500 \text{ kW}}{8,37 \text{ K}} = 179211 \text{ W/K}$$

Beregning av sirkulert mengde i kondensator ved dimensjonerende forhold:

$$\dot{Q}_h = \dot{m}_v \cdot c_v \cdot \Delta t_{1-2}$$

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}_h}{c_v \cdot \Delta t_{1-2}} = \frac{1500 \text{ kW}}{4180 \text{ J/kgK} \cdot 15 \text{ K}} = 23,92 \text{ kg/s} = 23,92 \text{ l/s}$$

Beregning av UA-verdi for fordampere ved dimensjonerende forhold med LMTD metoden:

Fordampingstemperatur +10 °C

Vann inn fordampere +15 °C

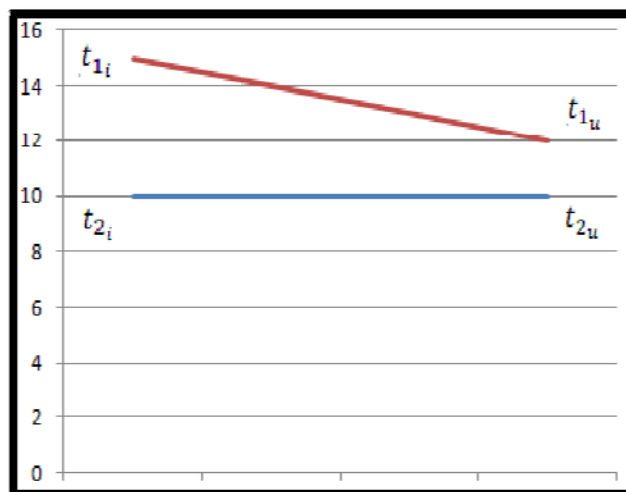
Vann ut fordampere +12 °C

Kuldeytelse [Vedlegg 21]: $\dot{Q}_k = 1300 \text{ kW}$

$$\Delta t_1 = (t_{1i} - t_{2u}) = 15 - 10 = 5 \text{ K}$$

$$\Delta t_2 = (t_{1u} - t_{2i}) = 12 - 10 = 2 \text{ K}$$

$$\Delta t_{1-2} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) = 5 - 2 = 3 \text{ K}$$

**Figur 35:** Temperaturer inn og ut for fordampere.

LMTD metoden:

$$\Delta t_m = \text{LMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} = \frac{5 - 2}{\ln\left(\frac{5}{2}\right)} = 3,27 \text{ K}$$

UA-verdi for fordampere:

$$\dot{Q}_k = A \cdot U \cdot \Delta t_m$$

$$UA = \frac{\dot{Q}_k}{\Delta t_m} = \frac{1300 \text{ kW}}{3,27 \text{ K}} = 397553 \text{ W/K}$$

Beregning av sirkulert mengde i fordampere ved dimensjonerende forhold:

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_v \cdot c_v \cdot \Delta t_{1-2}$$

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}_k}{c_v \cdot \Delta t_{1-2}} = \frac{1300 \text{ kW}}{4180 \text{ J/kgK} \cdot 3 \text{ K}} = 103,6 \text{ kg/s} = 103,6 \text{ l/s}$$

6.3.6 Lønnsomhetsvurdering #3

(Alle priser er ekskl. mva.)

Investering:

1-trinns varmepumpe med kapasitet 1500 kW Budsjettpris [Vedlegg 1]	1 250 590 kr
Overslag elektriker- og rørleggerkostnad ved tilkobling:	+ 338 660 kr
<u>Overslag investering utskifting til lavtemperaturbatterier (s 15,5)</u>	<u>+ 360 750 kr</u>
<u>Sum investering:</u>	<u>I = Kr 1 950 000 kr</u>

Dimensjonering av varmepumpe

Dimensjonerende effektbehov ventilasjon er oppgitt til 1800 kW i C15 av vvs-ingeniør Eivind Jortveit ved GE-Healthcare. Anslår at varmepumpen dekker 90 % av årlig varmebehov [Vedlegg 13]

Overslag over prosentvis dekning av varmebehov med varmepumpe:

Dimensjonerende effektbehov ventilasjon i C15 er oppgitt til 1800 kW av vvs-ingeniør Eivind Jortveit ved GE-Healthcare. ”Hvis varmepumpen dimensjoneres for å dekke 40-70 % av netto effektbehov ved dimensjonerende (DUT), vil den kunne dekke typisk 80-95 % av det årlige energibehovet.” [Vedlegg 13]

- På grunn av den sydlige beliggenheten til bedriften på Lindesnes er det få virkelig kalde dager vinterstid. Dette argumenterer for en høy prosentvis dekning av årlig energibehov. Varmeytelse /dimensjonerende effektbehov ventilasjon C15 = 1500 kW/ 1800 kW = 0,83

Anslår at varmepumpen dekker 95 % av årlig varmebehov

Beregnet årlige energibesparelser:

Totalt energiforbruk til oppvarming av ventilasjon i Celle 15 [Vedlegg 5]	2 100 MWh/år
<u>Energibehov ikke dekket av varmepumpe $0,05 \cdot 2\,100$ kWh</u>	<u>- 105 MWh/år</u>
<u>Avgitt varmeeffekt varmepumpe</u>	<u>1 995 MWh/år</u>

COP_{vp} er 6,97 [Vedlegg 1]:

Avgitt varmeeffekt varmepumpe	1 995 MWh/år
<u>Energiforbruk med COP på 6,97 på varmepumpe $1995 \text{ kWh} / 6,97$</u>	<u>- 286 MWh/år</u>
<u>Beregnet årlige energibesparelser</u>	<u>$E = 1\,708$ MWh/år</u>

Energipris (oppgitt fra GE Healthcare) $e_e = 50$ øre/kWh

Økonomisk levetid anslag [Vedlegg 1] $N = 20$ år

Kalkulasjonsrente $r = 0,07$

Restverdi $S = 0$ kr

Nåverdi metode: [4.4]

$$NV = (E \cdot e_e) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N}}{r} + S \cdot (1 + r)^{-N} - I$$

$$NV = (1\,708\,000 \cdot 0,50) \cdot \frac{1 - (1 + 0,07)^{-20}}{0,07} + 0 \cdot (1 + 0,07)^{-20} - 1\,950\,000$$

$$NV = 9\,047\,288 + 0 - 1\,950\,000 = 7\,097\,288 \text{ kr} \approx \underline{\underline{7,1 \text{ millioner kr}}}$$

$NV > 0$, Siden nåverdien er positiv, er investeringen økonomisk lønnsom.

Vi ser bort fra kostnader ved service på anlegget da dette er en alternativ måte å varme ventilasjonsluften i forhold til damp. Dampkjelen har også årlige vedlikeholdskostnader.

Innsparing pr. år: $(1\,708\,000 \text{ kWh/år} \cdot 0,5 \text{ kr/kWh}) = \underline{\underline{854\,000 \text{ kr/år}}}$

Tilbakebetalingstid (Pay-back) $TB: 1\,950\,000 \text{ kr} / 854\,000 \text{ kr/år} = \underline{\underline{2,3 \text{ år}}}$

6.3.7 Varmepumpe fra Norsk Kulde #4

Med denne løsningen installeres ny NH₃ varmpumpe som produserer isvann i stedet for dagens York isvannsanlegg i C15, og samtidig leverer 750 kW varme til hettvannskretsen ved 55 °C. Varmepumpen ble dimensjonert til å dekke kuldebehovet i C15 som er anslått til ca 625 kW [3.3.2].

Ved sommerdrift stopper man varmpumpen og starter det opprinnelige isvannsanlegget. Vedlegg 2 viser et tilbud fra Norsk Kulde på en varmpumpe som tidligere har blitt montert ved en annen bedrift. Tilbudet er tatt med for å tydeliggjøre den innvirkningen kondenseringstemperatur har på COP og lønnsomhet. Her er $t_k/t_0 + 56 \text{ °C}/0 \text{ °C}$, noe som resulterer i en COP_{vp} på 4,05. Varmepumpen i #2 hadde ved $t_k/t_0 + 43 \text{ °C}/0 \text{ °C}$ en COP_{vp} på 6,97.

Nøkkeltall fra tilbud [vedlegg 2]:

Dimensjonerende betingelser for våre beregninger:

- | | |
|----------------------------------------------------|-----------------|
| ➤ Dimensjonerende varmelytelse [Q _h] | 750 kW |
| ➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur hettvann: | +55 °C / +45 °C |
| ➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur isvann: | +3 °C / +7 °C |



Figur 36: NH₃ spray fordamer for 5 MW varmepumpe, [Vedlegg 2].

Ytelser og effektforbruk

1-trinns varmepumpe med kapasitet 750 kW Budsjett pris ekskl. mva Kr 1 700 000,-

Kompressoren avgir ved designbetingelser 750 kW varmeeffekt og 565 kW kuldeeffekt, ved disse forhold vil kompressorens effektforbruk ligge på 185 kW. Dette gir en COP på 4.05 Her blir både kuldeytelse og varmeytelse utnyttet. Det gir følgende energieffektivitet for varmepumpen:

Virkningsgrad varm side:

$$\text{COP}_{\text{vp}} = \frac{Q_{\text{H}}}{W} \rightarrow \frac{750}{185} = 4,05$$

Virkningsgrad kald side:

$$\text{COP}_{\text{kj}} = \frac{Q_{\text{f}}}{W} \rightarrow \frac{565}{185} = 3,05$$

6.3.8 Lønnsomhetsvurdering #4

(Alle priser er ekskl. Mva.)

Investering:

1-trinns varmepumpe med kapasitet 750 kW Budsjettpris [vedlegg 3]	1 700 000,-
Øverslag elektriker- og rørleggerkostnad ved tilkobling:	339 250,-
<u>Øverslag investering utskifting til lavtemperaturbatterier (se s 15,5)</u>	<u>+ 360 750,-</u>
<u>Sum investering:</u>	<u>I = Kr 2 400 000,-</u>

Varmeytelse ved gitte driftsbetingelser er 750kW, effektforbruk -185 kW [Vedlegg 2].

Øverslag over prosentvis dekning av varmebehov med varmepumpe:

Dimensjonerende effektbehov ventilasjon i C15 er oppgitt til 1800 kW av vvs-ingeniør Eivind Jortveit ved GE-Healthcare. ”Hvis varmepumpen dimensjoneres for å dekke 40-70 % av netto effektbehov ved dimensjonerende (DUT), vil den kunne dekke typisk 80-95 % av det årlige energibehovet.” [Vedlegg 13]

- På grunn av den sydlige beliggenheten til bedriften på Lindesnes er det få virkelig kalde dager vinterstid. Dette argumenterer for en høy prosentvis dekning av årlig energibehov.

- Varmeytelse ved gitte driftsbetingelser kan justeres høyere siden vanntemperatur til fra fordampner ligger litt høyere enn dimensjonert. [Vedlegg 20] Dette argumenterer også for en høy prosentvis dekning av årlig energibehov.

Varmeytelse /dimensjonerende effektbehov ventilasjon C15 = 750 kW/ 1800 kW = 0,42

Anslår at varmepumpen dekker 80 % av årlig varmebehov.

Beregnet årlige energibesparelser:

Totalt energiforbruk til oppvarming av ventilasjon i Celle 15 [Vedlegg 5]	2 100 MWh/år
Anslår at varmpumpen dekker 80 % av årlig varmebehov [Vedlegg 13]	
<u>Energibehov ikke dekket av varmpumpe $0,2 \cdot 2\,100\,000$ kWh</u>	<u>- 420 MWh/år</u>
<u>Avgitt varmeeffekt varmpumpe</u>	<u>1 680 MWh/år</u>

Årlig effektbruk York isvannsanlegg ved kontinuerlig drift:

<u>$11 \text{ mnd} \cdot 720\text{h/mnd} \cdot 69,75 \text{ kW}$</u>	<u>- 554,4 MWh/år</u>
---------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Avgitt varmeeffekt varmpumpe	1 680 MWh/år
Spart effektforbruk isvannsanlegg	+ 554,5 MWh/år
<u>Energiforbruk varmpumpe/$\text{COP}_{vp} = 1680/4,05 =$</u>	<u>- 414,8 MWh/år</u>
<u>Beregnet årlige energibesparelser</u>	<u>$E = 1\,819,7 \text{ MWh/år}$</u>

Energipris (oppgitt fra GE Healthcare) $e_e = 50 \text{ øre/kWh}$

Økonomisk levetid anslag [Vedlegg 1] $N = 20 \text{ år}$

Kalkulasjonsrente $r = 0,07$

Restverdi $S = 0 \text{ kr}$

Nåverdi metode: [4.4]

$$NV = (E \cdot e_e) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N}}{r} + S \cdot (1 + r)^{-N} - I$$

$$NV = (1\,819\,700 \cdot 0,50) \cdot \frac{1 - (1 + 0,07)^{-20}}{0,07} + 0 \cdot (1 + 0,07)^{-20} - 2\,400\,000$$

$$NV = 9\,638\,964 + 0 - 2\,400\,000 = \approx \underline{\underline{7,2 \text{ millioner kr}}}$$

$NV > 0$, Siden nåverdien er positiv, er investeringen økonomisk lønnsom.

Innsparing pr år : $(1\,819\,700 \text{ kWh/år} \cdot 0,5 \text{ kr/kWh}) = \underline{\underline{909\,850 \text{ kr/år}}}$

Tilbakebetalingstid (Pay-back) $TB: 2\,400\,000 \text{ kr} / 909\,850 \text{ kr/år} = \underline{\underline{2,6 \text{ år}}}$

6.4 Sammenligning av lønnsomhet for de ulike prosjektene

Tabell 3: Sammenligning av lønnsomhet.

Prosjekt	#1 Daikin	#2 FrioNordica	#3 Norsk Kulde	#4 Norsk Kulde
Investering I	600 000 kr	2 035 000 kr	1 950 000 kr	2 400 000 kr
Årlige energibesparelser E	770 MWh/år	1 941 MWh/år	1 708 MWh/år	1819 MWh/år
Restverdi S	0 kr	0 kr	0 kr	0 år
Energipris e_e	50 øre/kWh	50 øre/kWh	50 øre/kWh	50 øre/kWh
Økonomisk levetid N	10 år	20 år	20 år	20 år
Kalkulasjonsrenter	0,07	0,07	0,07	0,07
COP_{vp}	4,5	5,72	6,97	4,05
COP_{kj}	3,5	4,77	Ikke isvannsproduksjon	3,05
Beregnet nåverdi NV	2,1 millioner kr	8,25 millioner kr	7,1 millioner kr	7,2 millioner kr
Inntjening pr år $I\dot{A}$	385 000kr	970 200 kr/år	854 000 kr/år	909 850 kr/år
Inntjeningstid i	1,6 år	2,1 år	2,3 år	2,6

6.5 Validering og testing

Målet med oppgaven var å finne tiltak for energieffektivisering som kunne implementeres ved bedriften. Å finne måter å gjenvinne varmeenergi som nå går tapt som spillvarme til sjøen. Kravet fra bedriften var 2-3 års inntjeningstid ved investeringer for energieffektivisering. De fire forslagene som er evaluert i våre beregninger [6.4], gir 4 alternativer som alle har inntjeningstid under 3 år.

Løsninger for alle byggene ved GE Healthcare Lindesnes er ikke blitt evaluert, siden bedriften var ute etter en generell vurdering rundt lønnsomhet ved forskjellige metoder for energieffektivisering.

Celle 15 har et årlig energibruk på 2,1 GW til oppvarming av ventilasjonsluft [Vedlegg 5], og et energibruk til isvannsmaskiner på ca 0,55 GWh [6.2.1]. Totalt 2,65 GWh. Årlig energibesparelser er 1,94 GWh [6.4] med forslag #2.

$1,94 \text{ GWh} / 2,65 \text{ GWh} = 0,73$, det vil si en besparelse på 73 prosent.

Celle 14 har et årlig energibruk på 1,1 GWh [Vedlegg 15] til oppvarming av ventilasjonsluft. Bruk av Daikin-isvannsanlegg som varmepumpe i forslag #2 gir en årlig energibesparelse på 0,77 GWh.

$0,77 \text{ GWh} / 1,1 \text{ GWh} = 0,7$

Bedriften har årlig utgifter til oppvarming av ventilasjonsluft på 7 millioner. Hvis implementering av tilsvarende løsninger er mulig for de andre byggene, med samme besparelse i prosent vil bedriften kunne spare $7 \times 0,7 = 4,9$ millioner kr i året ved gjenvinning av spillvarme med varmepumper, eller å bruke isvannsmaskinene som varmepumper.

7 Konklusjon

Denne rapporten viser at GE Healthcare Lindesnes kan gjøre store energibesparelser ved å installere industrielle varmepumper ved de forskjellige byggene ved bedriften. Forslag #2 har en energibesparelse på 1941 MWh/år i Celle 15, av dagens forbruk på 2 654,5 MWh/år. Dette gir et forholdstall på $1941/2654,5 = 0,73$. Hvis tilsvarende løsninger kan brukes ved alle byggene ved bedriften kan bedriftens forbruk til oppvarming av ventilasjon senkes med 73 %. Årlig besparelse ville da blitt $0,73 \times 7$ millioner = 5,1 millioner kroner.

De store energibesparelsene slik de framkommer i kapittel 6.4 er ikke overraskende siden forholdene lå veldig godt til rette for installasjon av varmepumper ved bedriften:

- Varmepumper er en velkjent og moden teknologi for energisparing.
- Bedriften har høyverdige varmekilder med rent vann som er lett å utnytte.
- Bedriftens beliggenhet i Sør- Norge gir milde vintre.
- I tillegg har bedriften en lett tilgjengelig potensiell mottaker av varme, ventilasjonsanlegg med krav til tilluftstemperatur på ca + 17 °C. Dette muliggjorde en radikal senkning av temperatur på sirkulert hettvann som brukes til oppvarming av ventilasjonsluft fra +80 °C til +40 °C. Senkningen av temperatur på sirkulert hettvann gav varmepumpene i oppgaven gode arbeidskriterier, som viste seg som god COP_{vp} ved de forskjellige løsningene. Det at kuldeytelsen i tillegg kunne nyttiggjøres ved flere av løsningene, gjorde også løsningene energieffektive og lønnsomme.

Lønnsomhetsberegningene er gjort ut fra prisoverslag, energibruk for 2010 og mange andre varierende faktorer. Forandringer over året i vær, produksjon i fabrikk, turtallsregulering av vifter/ pumper etter behov har også gjort at de fleste tallene til bruk i utregninger har måttet tolkes og vurderes. Dette har krevd en gjennomgående forståelse av dynamikken i energibruken ved bedriften. At veldig få parametre til bruk i beregninger har vært stabile, har vært en av utfordringene ved prosjektet. Kartlegging av energibruken ved bedriften var en egen bacheloroppgave og meget omfattende, derfor har vi gjort mye bruk av tall fra 2010, noe som også sannsynligvis gir mer korrekte tall enn en teoretisk kartlegging ville gjort.

Innstallasjon av industrielle varmepumper viste seg å være gode tiltak for energieffektivisering som kunne klare kravene til inntjeningstid. Utskiftning av varmegjenvinnerbatteri i ventilasjonen kunne også vise seg økonomisk lønnsomt i gitte tilfeller.

Mange tiltak for energieffektivisering var allerede gjort i prosess. Frikjøling fra sjø var blitt vurdert av bedriften som ulønnsom. Solfangere, kaskadeanlegg og varmepumpe lokalt i et ventilasjonsaggregat ble vurdert i rapporten, men klarte ikke kravene til inntjeningstid.

Vi mener at de endelige løsningsforslagene gitt i rapporten er gode og tilfredsstillende kravene fra oppgavestiller.

Skulle vi gjort oppgaven på nytt ville vi valgt en mindre varmepumpe i forslag #3. Denne har blitt litt overdimensjonert.

Oppgaven har gitt oss verdifull erfaring rundt tiltak for energieffektivisering for prosessbedrifter.

8 Referanser/kilder

- Kilde 1 Stene, J. (2008, juni 19) *Varmepumper - Undervisningsmaterieell og presentasjoner NTNU-SINTEF, fra Kapittel 1 og Kapittel 2*. [Elektronisk utgave]. Hentet 08.mars 2011 fra: <http://www.energy.sintef.no/prosjekt/annex32/>
- Kilde 2 NTNU. (2007) *Enøk i bygninger* (3.utg). Trondheim: NTNU. (s. 75-76)
- Kilde 3 Flakt Woods. (u.d) *Ventilasjon*. [Online]. Hentet 09.mai 2011 fra: <http://www.flaktwoods.no/ventilasjon/>
- Kilde 4 Øvsthus, A. (2009, juni 5) *GE Healthcare Medical Diagnostics Lindesnes Fabrikker* [Elektronisk utgave]. Hentet 04.april 2011 fra: <http://www.eydenettverket.no/files/090424%20Presentasjon%20GE.pdf>
- Kilde 5 GE-Healthcare. (2009, juni 5) *GE Healthcare AS – Lindesnes*. [Online]. Hentet 04.april 2011 fra: http://www.gehealthcare.com/nono/highlight/gehealthcareas_lindesnes.html
- Kilde 6 Thermea. (u.d) *Thermeco₂ høy temperatur varmpumper* [Online]. Hentet 07.ferbruar 2011 fra: <http://www.thermea.de/waermepumpen>
- Kilde 7 Knudsen, OK. (2011, ferbruar 15) *Er det mulig med solanlegg i Norge?* [Elektronisk utgave]. Hentet 16. ferbruar 2011 fra: <http://www.vvs-foreningen.no/portal/pls/portal/docs/1/770042.PDF>
- Kilde 8 Røstad, H.(2010, ferbruar 28) *Kulde og varmpumper* (1.utg). Oslo: Marielundsveien 5. (s. 50)
- Kilde 9 Selvåg, E.(2007, våren) *Analyse av varmpumpeanleg i nærvarmesystem* [Elektronisk utgave]. Hentet 16.mai 2011 fra: <http://ntnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:350499/FULLTEXT01>

9 Symbol liste

Symbol	Forklaring	SI-Enhet
\dot{m}_v	Massestrøm for vann	kg/s
COP_{vp}	Varmefaktor for varmepumpe	-
COP_{kj}	Reell kjøle effektfaktor	-
T_0	Fordampingstemperatur	$^{\circ}C$
GWP	Global Warming Potential	-
DUT	Dimensjonerende utetemperatur	$^{\circ}C$
LMTD	Logaritmisk midlere temperaturdifferansen	$^{\circ}C$
c_v	Spesifikk varmekapasitet for vann	J/kgK
ΔT	Temperaturdifferanse	$^{\circ}C$
T_k	Kondenseringstemperatur	$^{\circ}C$
π	Årsenergifaktor varmepumpe	W
\dot{Q}_k	Kuldeytelse	W
\dot{Q}_h	Varmeytelse	W
W_{el}	Effekt tilført fra nett	W

UA	UA-verdien	W/k
ϵ	Gjenvinningsgrad	-
\dot{m}_r	Sirkulert kuldemediumstrøm	kg/s

10 Tabell liste

Tabell 1: Avlest av Rune Nilssen, GE Healthcare Lindesnes, [Vedlegg 8].....	18
Tabell 2: Designspesifikasjoner	46
Tabell 3: Sammenligning av lønnsomhet.....	66

11 Figur liste

Figur 1: Gruppe bilde	1
Figur 2: Bård Baardsen daglig leder i Novap [Kilde 8]	7
Figur 3: Bilde av boken Enøk i bygninger [Kilde 2].....	9
Figur 4: Varmepumpe prosess [Kilde 1]	12
Figur 5: Væskekoblet varmeveksler [Vedlegg 6]	13
Figur 6: Oversiktsbilde av GE Healthcare Lindesnes [Kilde 4].....	15
Figur 7: Celle 15.....	16
Figur 8: Variasjon i damp/elkraftbruk i år 2010	16
Figur 9: Skisse av isvannsanlegg og kjølevannsreservoar	17
Figur 10: Fyrkjelen.....	19
Figur 11: Flåkt Woods aggregat EU-42 [Kilde 3].....	20
Figur 12: Skisse av temperaturregulering i ventilasjonsanleggene	21
Figur 13: Viser varmpumpens virkemåte [Kilde 1]	22
Figur 14: Effektfaktoren for en ideell varmpumpeprosess [Kilde 1]	23
Figur 15: Prinsipiell effektvarighetskurve for oppvarming [Kilde 9].....	24
Figur 16: Valg av arbeidsmedium [Kilde 1]	25
Figur 17: Viser maksimum utgående vanntemperatur som påvirker anvendelsesområdet for varmpumpesystemet [Kilde 1]	26
Figur 18: HFK R134a [Kilde 9]	26
Figur 19: Ammoniakk R717 [Kilde 9].....	27
Figur 20: Varmepumpesyklus med underkritisk varmeavgivelse og transkritisk varmeavgivelse i log PH diagram [Kilde 1].....	28
Figur 21: Varmepumpeprosessen for forslag #3 i log – ph diagram	30
Figur 22: Varmegjenvinner	31
Figur 23: Flåkt Woods varmebatteri [Kilde 3].....	32
Figur 24: Viser COP i forhold til temperaturløft for en NH3 varmpumpe med 1500 kW varmeytelse testet i Coolpack med isentropisk virkningsgrad 1,00 [Vedlegg 1].....	34
Figur 25: Prinsippskisse kaskadeanlegg.....	37
Figur 26: Gjennomsnittlig årlig solinnstråling i enhet kWh/m ² i verden [Kilde 7]	39

Figur 27: Prinsippskisse frikjøling	40
Figur 28: Antall timer pr. grad for et normalår [Vedlegg 18]	41
Figur 29: Diagrammet viser temperaturen på inntaksluften etter væskegjenvinner og roterende gjenvinner ut fra utetemperaturen	42
Figur 30: Daikin EUW 200 MAXY [Kilde 3]	48
Figur 31: Celle 14.....	49
Figur 32: Tilsvarende Aquaterm anlegg med skruekompressor [Vedlegg 16]	52
Figur 33: Vilter VSM501 skruekompressor [Vedlegg 1].....	56
Figur 34: Temperaturer inn og ut for kondensator	58
Figur 35: Temperaturer inn og ut for fordamper.....	59
Figur 36: NH3 spray fordamper for 5 MW varmepumpe [Vedlegg 2]	62

12 Vedlegg liste

Vedlegg 1: Varmepumpe – 1500 kW fra Norsk Kulde AS.....	77
Vedlegg 2: Varmepumpe – 750 kW Varme pumpe – 750 kW	82
Vedlegg 3: Varme pumpe – Daikin EUN – 200	94
Vedlegg 4: Varmebatterie	97
Vedlegg 5: Totalt energi bruk i ventilasjon celle 15	99
Vedlegg 6: Varmegjenvinning	100
Vedlegg 7: Mail fra York.....	101
Vedlegg 8: Isvannsmaskin i Celle 15	102
Vedlegg 9: Ventilasjonssystem 36.84	104
Vedlegg 10: Teknisk data hettvannskrets.....	105
Vedlegg 11: Status om bruk av kuldemedier i 2011	106
Vedlegg 12: Shankey Diagram	107
Vedlegg 13: Dimensjonering av Varmepumpe.....	108
Vedlegg 14: Klimadata for Norge - DUT og graddagkurver	109
Vedlegg 15: Energibehovet for oppvarming av Celle 14.....	111
Vedlegg 16: Varmepumpe – 750kW fra FrioNordica.....	112
Vedlegg 17: Varmepumpe – 1500kW fra FrioNordica.....	116
Vedlegg 18: Utregninger rundt utskiftning av varmegjenvinner	119
Vedlegg 19: Kompressor for VP 750kW fra FrioNordica	121
Vedlegg 20: Mail fra FrioNordica.....	122
Vedlegg 21: Vilter ScrewPro Single Scew Compressor	123
Vedlegg 22: Tilbud fra Amersham.....	124
Vedlegg 23: Driftstider ventilasjon	131
Vedlegg 24: Prosessutskrift fra Coolpack forslag #3	132

VEDLEGG 1

Ge Healthcare

Att: Gard Bechen

Deres ref.: Ge Healthcare varmepumpe

Vår ref.: KF

**NORSK
KULDE**

Org. nr.: 992 317 337 MVA
Postadr.: Postboks 85
9305 FINNSNES
Telefon: 90 17 77 00
Faks: 77 85 27 71
E-Post: post@norskulde.com
Kontonr.: 9741 10 83776

02/04/2011

Varmepumpe 1500 KW

Takker for forespørsel, og har herved gleden av å sende tilbud på varmepumpe for energisentral til Ge Healthcare

Forord:

Norsk Kulde er en av Norges ledende kulde- og varmepumpeentreprenører med historie tilbake til 1976. Selskapet har utviklet seg spesielt innenfor industrielle applikasjoner med leveranser både på land og om bord på båter. Firmaets har mange gode referanser etter vellykkede oppdrag med anlegg for næringsmiddelindustrien i Norge og utlandet, samt generelle kuldeanlegg for fiskeforedlingsanlegg og fiskeflåten. Vi vil fremheve vår kompetanse på kulde anlegg som arbeider med sjøvann, sprit, flytende CO₂, og glykol som arbeidsmedier. Erfaring fra fiskeindustri, is-baner, store terminal bygg, osv blir brukt i vår videre produktutvikling.

Norsk Kulde er landsdekkende med kontorer og service fasiliteter i Alta, Tromsø, Finnsnes, Harstad, Svolvær, Ålesund, Bergen og Oslo.

Norsk Kulde AS en langsiktig samarbeidsavtale med Star Refrigeration Ltd som er vår partner for prosjektering og levering av industrielle CO₂ anlegg og industriell varmepumper i Norge. Star Refrigeration Ltd er en av Europas ledene kuldeentreprenører og har vært banebrytende innen nyskaping og utvikling av systemløsninger og effektive driftsløsninger for kuldeanlegg med naturlige arbeidsmedier.

Prosjektering, utførelsesressurs, og prosjektgjennomføring:

Prosjektering / gjennomføring:

Norsk Kulde AS vil være ansvarlig for prosjektering i sin helhet fra et av våre kontorer. Våre prosjektledere innehar ingeniørkompetanse innen kuldeteknikk.

Utførelsesressurs:

Norsk Kulde AS har bred erfaring fra utførelse på byggeplass og byggeledelse av slike anlegg. Anleggene bygges iht til PED, som medfører kvalitetskontroll i alle ledd, fra varemottak, håndtering av sertifikater, utførelse, byggemøter, etc.

Godkjenninger:

Norsk Kulde er en Mesterbedrift og innehar godkjenningsbevis i høyeste tiltaksklasse iht til plan og bygningsloven.



- det er tryggere å velge en mester



NORSK KULDE

Verdens største høytemperatur ammoniakk varmepumpe!!

Norsk Kulde har i januar tegnet kontrakt med Drammen Fjernvarme for levering av en 14,3mW ammoniakk 90 °C varmepumpe for en ny varmesentral på Brakerøya. Varmepumpen skal hente varme fra sjøvann, og vil være utstyrt med Spray rørkjel fordampere med innmat i helsveiset titan konstruksjon. Varmepumpen bygges opp med høytrykkskompressorer som lenge har vært brukt i gass prosess industri ved tilsvarende forhold. Disse kompressorene har flyttet grensene for varmepumper med naturlige kuldemedier, og kjennetegnes i tillegg av lange serviceintervaller og dertil svært rimelige vedlikeholdskostnader. Dette gjør at Norsk Kulde nå tilbyr miljøvennlige varmepumpe løsninger som kan levere vanntemperaturer opp mot 100 °C med fortsatt høy virkningsgrad. Dette er løsningen for fremtiden og setter den nye standarden for industrielle varmepumpe installasjoner

Varmepumpe 1500 KW forslag til systemløsning

Formålet er å levere en systemløsning med lang levetid og høy effektivitet ved varierende driftstilstander. Vi vil for dette anlegget levere en industriell ammoniakk varmepumpe som blir skreddersydd til anlegget.

Vi har valgt en løsning med fordampere i plateveksler konstruksjon. (se mer om fordampere i spesifikasjon). Veksleren blir designet for maksimalt varmeopptak til varmepumpens kjølemediekrets, med minimal ammoniakk fyllingsmengde.

Videre leveres varmepumpen med en stk Vilter kompressor som frekvens styres fra 1100 til 3900rpm, og i tillegg sleide ned til 40 % posisjon.

Vilters singel-skruekompressorer gir svært høy driftsikkerhet, ekstremt lave vedlikeholds utgifter, og svært god ytelse ved del last.

Denne løsningen vil gi høy fleksibilitet, og sikre god virkningsgrad selv ved lavt varmebehov.

Kompressorene yter 1500Kw varmeytelse ved 10C / 43C.

Varmepumpen inneholder videre en oljekjeler, en oljeutskiller, og en kondensator. Anlegget tilsvarer i konstruksjon våre ett trinns ammoniakk varmepumper utviklet for å forsyne vann temperaturer opp til 70 °C.



Merk: Illustrasjon er kun for å angi ca størrelse, form, og design på en 1 trinns varmepumpe med sjøvannsvexler.



NORSK KULDE

Fordelen med varmepumper fra Norsk Kulde:

- Lavt strømforbruk. Følgende fører til ett ekstremt lavt strømforbruk.
 - Vi leverer varmepumpen med permanent magnet motorer. Disse motorene er svært effektive over ett stort turtallsregister.
 - Varmepumpen designes til formålet.
 - Direkte veksling i fordampere mot varmekilde gir maksimalt varmeopptak.
 - Svært energieffektive kompressorer.
 - Kondensator, og høytrykkside designes for å gi lavest mulig kondensatortrykk
 - Kompressoren utstyres med oljepumpe for å kunne operere med lavest mulig kondensatortrykk = lavt strømforbruk
- Varmepumpen kan designes for avgj varmt vann til byggoppvarming osv. Dvs at en kan ta ut vann på 60-80 °C fra oljekjøler, og overhettingsveksler med svært høy virkningsgrad.
- Lave vedlikeholdsutgifter. Kompressorer med markedets lengste vedlikeholdintervaller.
- Markedets lengste garanti. Vi kan tilby opptil 5 års garanti på kompressorer. (forutsetter serviceavtale)
- Modulær løsning. Dvs. at varmepumpen kan senere utvides, eller bygges om til å avgj høyere temperaturer. Det vil sågar være mulig å bygge på ett andre trinn for å avgj store mengder varmt vann til byggoppvarming.
- Miljøvennlig profil. Ammoniakk kuldemedium er miljøvennlig, og er det klart mest effektive kuldemedium for denne typen applikasjon. Varmepumpen har svært lang levetid.
- Svært lav fyllingsmengde av kuldemedium.
- Under er en del last tabell som viser laveste avgitte ytelse fra anlegget.

Dimensjonerende betingelser for våre beregninger

- Dimensjonerende kapasitet : 1500 kW
- Dimensjonerende Tur / Retur temperatur varm side : +40 °C / +25 °C
- Dimensjonerende Tur / Retur temperatur kilde : 12 °C / 15 °C

Ytelser og effektforbruk

Kompressoren avgir ved designbetingelser 1500Kw varme @ 3900o/min, ved disse forhold vil kompressoren effektforbruk ligge på 215Kw. Dette gir en kompressor COP på 6.97
Ved forhold der ute kompensering krever lavere settpunkt så vil virkningsgraden øke.

Leveransebeskrivelse

1 stk varmepumpeaggregat montert på skid.

- 1stk Vilter VSM501 skruekompressor inkludert følgende
 - 230 kW permanentmagnet elektromotor - 400 V.
 - Frekvensomformer for trinnløs kapasitetsregulering med høyest mulig COP.
 - Automatikk og startertavle.
 - Høyeffektiv oljeutskiller
 - Oljefilter og oljepumper
- Varvekslere
 - Oljekjøler
 - Fordamper
 - Kondensator





Budsjettpris totalt alle poster

Vår budsjettpris for design, fabrikkasjon, levering, installasjon og idriftsetting av utstyr som beskrevet i dette tilbudet og forespørsel er:

1-trinns varmpumpe med kapasitet 1500 KW Budsjettpris ekskl. mva Kr 1 250 590,-

Følgende er inkludert i vår leveranse

- Varmepumpe som spesifisert.
- Forsikringer, sikkerhetsstillelser, og dokumentasjon.
- Frakt til byggested i Norge
- Sikkerhetsventil blåseledning til friluft utført i henhold til kuldenorm.
- Igangkjøring / testing og innregulering av anlegget samt opplæring av lokal operatør.
- Første fylling av kuldemedium ammoniakk (R717) og kompressorolje.
- Reise, diett og oppholdskostnader for kuldeteknikere. Fraktkostnader.
- Gassvarslingsanlegg, og skap for gassvernustyr
- Instruksjonsbøker med nødvendige tegninger etc.
- Anlegget leveres iht. den Europeiske Unions Trykk og Utstyrs Direktiv (PED) – 97 / 23 EC, som gjelder for alle trykksystemer over 0,5 barg. for CE merking av kuldeanlegg.

Leveranse er eksklusive:

- Hovedtavle, hovedtilførsel, levering og tilkobling av elektriske kabler og materiell. Eventuelt arbeid med byggets SD anlegg.
- Hovedstrømkabel mellom frekvensomformer og kompressor.
- Nødventilasjon anlegg for maskinrom.
- Oppvarming av maskinrom for å opprettholde 10 - 35 °C
- Levering av pumper og tilkoblinger på vannside
- Fastmontert sikkerhetsutstyr som øyevask, etc.
- Utstyr utover spesifisering/beskrivelse.

Betalingsbetingelser:

30 % ved ordre.

60 % ved levering av hovedkomponenter.

5 % etter godkjent ferdigbefaring.

5 % når anlegget er overlevert.

Kjøper stiller garanti iht. til NS 8405.

Etter forfall beregnes rente iht. til statens satser.

Leveringsbetingelser:

Etter avtale

CE-merket iht. gjeldene krav.

Garantitid:

- I henhold til NS 8405. Forutsetter serviceavtale der alle NK servicrutiner blir overholdt
- Ved eventuell garanti dekkes arbeidstid på plassen samt defekte deler/reparasjon av feil. Reisekostnader, kost og overnatting samt reisetid for personell dekkes ikke ved garantiarbeid og faktureres etter regning.





Leveringstid for utstyr:

Varmepumpeaggregat: 12 uker

Gyldighet:

Tilbud er gyldig til 31.7.2011.

Vi håper tilbudet er etter ønske og ser frem til videre samarbeid.


Med vennlig hilsen
Norsk Kulde AS

Kjetil Finne
Salgsingeniør

e-post: kjetil.finne@norskulde.com
mobil: 971 82 604



VEDLEGG 2

Healthcare		
Att: Gard Beschen	Org. nr.: 992 317 337 MVA Postadr.: Postboks 65 8305 FINNSNES Telefon: 90 17 77 00 Faks: 77 85 27 71 E-Post: post@norskulde.com Kontonr.: 9741 10 83776	
Deres ref.: Varmepumpe 750Kw	Vår ref.: KF	22/02/2011

Varmepumpe 750 KW


Takker for forespørsel, og har herved gleden av å sende budsjettpris på varmpumpe for varme energisentral for Healtcare


Forord:
Norsk Kulde er en av Norges ledende kulde- og varmpumpeentreprenører med historie tilbake til 1976. Selskapet har utviklet seg spesielt innenfor industrielle applikasjoner med leveranser både på land og om bord på båter. Firmaets har mange gode referanser etter vellykkede oppdrag med anlegg for næringsmiddelindustrien i Norge og utlandet, samt generelle kuldeanlegg for fiskeforedlingsanlegg og fiskeflåten. Vi vil fremheve vår kompetanse på kulde anlegg som arbeier med sjøvann, sprit, flytende co2, og glykol som arbeidsmedier. Erfaring fra fiskeindustri, is-baner, store terminal bygg, osv blir brukt i vår videre produktutvikling.

Norsk Kulde er landsdekkende med kontorer og service fasiliteter i Alta, Tromsø, Finnsnes, Harstad, Svolvær, Alesund, Bergen og Oslo.

Norsk Kulde AS en langsiktig samarbeidsavtale med Star Refrigeration Ltd som er vår partner for prosjektering og levering av industrielle CO2 anlegg og industriell varmpumper i Norge. Star Refrigeration Ltd er en av Europas ledene kuldeentreprenører og har vært banebrytende innen nyskaping og utvikling av systemløsninger og effektive driftsløsninger for kuldeanlegg med naturlige arbeidsmedier.

Prosjektering, utførelsesressurs, og prosjektgjennomføring:
Prosjektering / gjennomføring:
Norsk Kulde AS vil være ansvarlig for prosjektering i sin helhet fra et av våre kontorer. Våre prosjektledere innehar ingeniørkompetanse innen kuldeteknikk.
Utførelsesressurs:
Norsk Kulde AS har bred erfaring fra utførelse på byggeplass og byggeledelse av slike anlegg. Anleggene bygges iht til PED, som medfører kvalitetskontroll i alle ledd, fra varemottak, håndtering av sertifikater, utførelse, byggemøter, etc.
Godkjenninger:
Norsk Kulde er en Mesterbedrift og innehar godkjenningsbevis i høyeste tiltaksklasse iht til plan og bygningsloven.



 - det er tryggere å velge en mester

NORSKK KULDE

Verdens største høytemperatur ammoniakk varmepumpe!!

Norsk Kulde har i januar tegnet kontrakt med Drammen Fjernvarme for levering av en 14,3mW ammoniakk 90 °C varmepumpe for en ny varmesentral på Brakerøya. Varmepumpen skal hente varme fra sjøvann, og vil være utstyrt med Spray rørkjel fordampere med innmat i helsveiset titan konstruksjon. Varmepumpen bygges opp med høytrykkskompressorer som lenge har vært brukt i gass prosess industri ved tilsvarende forhold. Disse kompressorene har flyttet grensene for varmepumper med naturlige kuldemedier, og kjennetegnes i tillegg av lange serviceintervaller og dertil svært rimelige vedlikeholdskostnader. Dette gjør at Norsk Kulde nå tilbyr miljøvennlige varmepumpeløsninger som kan levere vanntemperaturer opp mot 100 °C med fortsatt høy virkningsgrad. Dette er løsningen for fremtiden og setter den nye standarden for industrielle varmepumpe installasjoner

Varmepumpe 750 KW forslag til systemløsning

Formålet er å levere en systemløsning med lang levetid og høy effektivitet ved varierende driftstilstander. Vi vil for dette anlegget levere en industriell ammoniakk varmepumpe som blir skreddersydd til anlegget.

Vi har valgt en løsning med en titan spray fordampere i rørkjel konstruksjon. (se mer om fordampere i spesifikasjon). Veksleren blir designet for maksimalt varmeopptak til varmepumpens kjølemediekrets, med minimal ammoniakk fyllingsmengde.

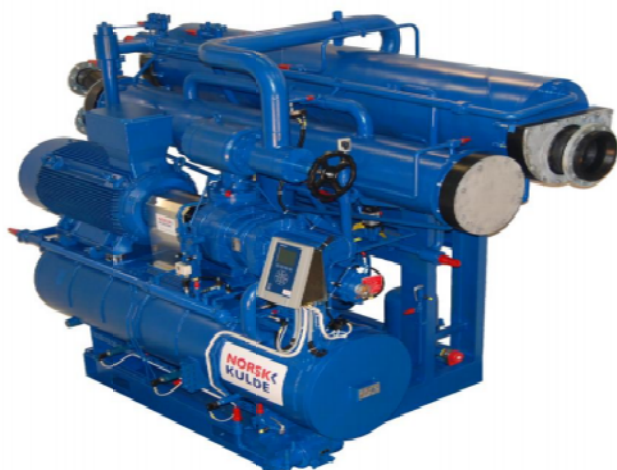
Videre leveres varmepumpen med en stk Vilter kompressor som frekvens styres fra 1100 til 3600rpm, og i tillegg sleide ned til 40 % posisjon.

Vilters singel-skruekompressorer gir svært høy driftsikkerhet, ekstremt lave vedlikeholds utgifter, og svært god ytelse ved del last.

Denne løsningen vil gi høy fleksibilitet, og sikre god virkningsgrad selv ved lavt varmebehov.

Kompressorene yter 750Kw varmeytelse ved 1C / 56C.

Varmepumpen inneholder videre en oljekjeler, en oljeutskiller, overhettingsveksler, og en kondensator. Anlegget tilsvarer i konstruksjon våre ett trinns ammoniakk varmepumper utviklet for å forsyne vann temperaturer opp til 70 °C.



Merk: Illustrasjon er kun for å angi ca størrelse, form, og design på en 1 trinns varmepumpe med sjøvannsvexler.



NORSKK KULDE

Fordelen med varmepumper fra Norsk Kulde:

- Lavt strømforbruk. Følgende fører til ett ekstremt lavt strømforbruk.
 - Vi leverer varmepumpen med permanent magnet motorer. Disse motorene er svært effektive over ett stort turtallsregister.
 - Varmepumpen designes til formålet.
 - Direkte veksling i spray kjøler mot vann gir maksimalt varmeopptak.
 - Svært energieffektive kompressorer.
 - Kondensator, og høytrykksside designes for å gi lavest mulig kondensatortrykk
 - Kompressoren utstyres med oljepumpe for å kunne operere med lavest mulig kondensatortrykk = lavt strømforbruk
- Varmepumpen kan designes for avgi varmt vann til byggoppvarming osv. Dvs at en kan ta ut vann på 60-80 °C fra oljekjøler, og overhettingsveksler med svært høy virkningsgrad.
- Lave vedlikeholdsutgifter. Vekslere med selvrensende egenskaper, og kompressorer med markedets lengste vedlikeholdsintervaller.
- Markedets lengste garanti. Vi kan tilby opptil 5 års garanti på kompressorer, og 10 års garanti på fordampere. (forutsetter serviceavtale)
- Modulær løsning. Dvs. at varmepumpen kan senere utvides, eller bygges om til å avgi høyere temperaturer. Det vil sågar være mulig å bygge på ett andre trinn for å avgi store mengder varmt vann til byggoppvarming.
- Miljøvennlig profil. Ammoniakk kuldemedium er miljøvennlig, og er det klart mest effektive kuldemedium for denne typen applikasjon. Varmepumpen har svært lang levetid.
- Spray fordampere fører til en svært lav fyllingsmengde av kuldemedium.
- Ekstremt liten fare for frostsprenging av fordampere da rørene ikke er utsatt for flytende kuldemedium.
- Under er en del last tabell som viser laveste avgitte ytelse fra anlegget.

Del last ytelse for Vilter VSM 401 v/1200rpm

Fordampningstemperatur -1C	Kondensering 56C		Underkjøling 5				
	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %
Sleide posisjon	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %
Percent Capacity (%)	100	90,3	79,6	69,9	62,3	54,6	46,8
Compressor Capacity (kW)	196,56	177,58	156,45	137,37	122,45	107,39	92
Required Power (kw)	77,08	73,64	67,69	60,74	56,45	52,18	48,02
Condenser Heat Rejection (kw)	217,6	195,8	171,7	150,1	133,2	116,2	98,8
Speed (RPM)	1 200,0	1 200,0	1 200,0	1 200,0	1 200,0	1 200,0	1 200,0
Torque (ft-lb)	452,4	432,2	397,3	356,5	331,3	306,3	281,9
VE (%)	82,7	82,1	81,3	80,3	79,3	77,9	75,9
IE (%)	64,1	60,6	58,1	56,8	54,5	51,7	48,1
Mass Flow (kgm / hour)	684,5	618,4	544,8	478,3	426,4	374	320,4
Volume Flow (m ³ /hour)	192,3	173,7	153	134,4	119,8	105	90
Discharge Temperature (°C)	86,8	86,6	85,7	84,3	83,5	82,8	82,1
Oil Heat Rejection (kw)	55,4	54,9	52	47,6	45,3	43	40,9
Power/Capacity Ratio	0,392	0,415	0,433	0,442	0,461	0,486	0,522
Coeff of Performance (COP)	2,55	2,411	2,311	2,261	2,169	2,058	1,916
Totalt avgitt varme del last	273	250,7	223,7	197,7	178,5	159,2	139,7
Varme COP / EER	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	2,9



NORSK KULDE

Dimensjonerende betingelser for våre beregninger

➤ Dimensjonerende kapasitet	:	750 kW
➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur varm side	:	+55 °C / +45 °C
➤ Dimensjonerende Tur / Retur temperatur sjøvann	:	3 °C / 7 °C

Ytelser og effektforbruk

Kompressoren avgir ved designbetingelser 750Kw varme @ 3400o/min, ved disse forhold vil kompressoren effektforbruk ligge på 185Kw. Dette gir en COP på 4.05

Ved forhold der ute kompensering krever lavere settpunkt så vil virkningsgraden øke.

Leveransebeskrivelse

1 stk varmpumpeaggregat montert på skid.

- 1stk Vilter VSM401 skruekompressor inkludert følgende
 - o 200 kW permanentmagnet elektromotor - 400 V.
 - o Frekvensomformer for trinnløs kapasitetsregulering med høyest mulig COP.
 - o Automatikk og startertavle.
 - o Høyeffektiv oljeutskiller
 - o Oljefilter og oljepumper
- Varvevekslere
 - o Oljekjøler
 - o Fordamper
 - o Kondensator

Tilbudspris totalt alle poster

Vår budsjettpris for design, fabrikkasjon, levering, installasjon og idriftsetting av utstyr som beskrevet i dette tilbudet og forespørsel er:

1-trinns varmpumpe med kapasitet 750 KW Budsjett pris ekskl. mva Kr 1 700 000,-

Følgende er inkludert i vår leveranse

- Poster som spesifisert i eget vedlegg.
- Sikkerhetsventil blåseledning til friluft utført i henhold til kuldenorm.
- Igangkjøring / testing og innregulering av anlegget samt opplæring av lokal operatør.
- Første fylling av kuldemedium ammoniakk (R717) og kompressorolje.
- Reise, diett og oppholdskostnader for kuldeteknikere. Fraktkostnader.
- Gassvarslingsanlegg, og skap for gassvernustyr
- Instruksjonsbøker med nødvendige tegninger etc.
- Anlegget leveres ihht. den Europeiske Unions Trykk og Utstyrs Direktiv (PED) – 97 / 23 EC, som gjelder for alle trykksystemer over 0,5 barg. for CE merking av kuldeanlegg.



NORSKK KULDE

Leveranse er eksklusive:

- Hovedtavle, hovedtilførsel, levering og tilkobling av elektriske kabler og materiell. Eventuelt arbeid med byggets SD anlegg.
- Hovedstrømkabel mellom frekvensomformer og kompressor.
- Nødventilasjon anlegg for maskinrom.
- Oppvarming av maskinrom for å opprettholde 10 - 35 °C
- Levering av pumper og tilkoblinger på vannside
- Fastmontert sikkerhetsutstyr som øyevask, etc.
- Utstyr utover spesifikasjon/beskrivelse.

Betalingsbetingelser:

30 % ved ordre.

60 % ved levering av hovedkomponenter.

5 % etter godkjent ferdigbefaring.

5 % når anlegget er overlevert.

Kjøper stiller garanti iht. til NS 8405.

Etter forfall beregnes rente iht. til statens satser.

Leveringsbetingelser:

NS 8405.

CE-merket iht. gjeldene krav.

Garantitid:

- I henhold til NS 8405. Forutsetter serviceavtale der alle NK service rutiner blir overholdt
- Ved eventuell garanti dekkes arbeidstid på plassen samt defekte deler/reparasjon av feil. Reisekostnader, kost og overnatting samt reisetid for personell dekkes ikke ved garantiarbeid og faktureres etter regning.

Leveringstid for utstyr:

Varmepumpeaggregat: 16 uker

Gyldighet:

Tilbud er gyldig til 31.7.2010.

Vi håper tilbudet er etter ønske og ser frem til videre samarbeid.

Med vennlig hilsen

Norsk Kulde AS

Kjetil Finne
Salgsingeniør

e-post: kjetil.finne@norskulde.com

mobil: 971 82 604



NORSK KULDE

Beskrivelse

Konstruksjon

Våre kuldeanlegg / varmepumper konstrueres etter industriell standard med høye krav til materialkvalitet og levetid. Konstruksjon tilfredsstiller PED direktivet, og Norsk Kuldenorm. Varmepumpene blir enten produsert ved våre fabrikker i Norge, eller ved Star Refrigerations fabrikk i Glasgow. Våre aggregater produseres med vekt på: sikkerhet, høy virkningsgrad, lang levelid, og lave drift / vedlikeholdsutgifter.

Alle våre kuldeanlegg / varmepumper fra 300-4000kw blir levert ferdig montert på ramme / skid, og er standard utstyrt med følgende:

- Ramme / skid i stålkonstruksjon. Overflatebehandlet med ett lag grunning, og to dekkstrøk.
- Komponenter plasseres med hensyn på enkel, og sikker tilgang for service og vedlikehold.
- Rør, vekslere, ventiler, osv dimensjoneres i dataprogrammer med høy sikkerhetsmargin, og med målsetning om høyest mulig virkningsgrad for varmepumpe.
- Rør på kuldemedieside i overflatebehandlet svart stål, eller syrefast kvalitet.
- VP utstyres med avstengningsventiler for nedpumping av anlegg, og for seksjonering ved service.
- Alle komponenter der en kan påregne nevneverdig varmetap eller kondensering, er isolert.

Vilter skruekompressorer

Vi har valgt å benytte Vilters mono skru kompressor i våre varmepumper.



Vilters erfaring med skruekompressor i høy trykks gassanlegg gjør at kompressorene er utviklet, og testet over en årrekke for tilsvarende forhold som i en høy-temperatur varmepumpe.

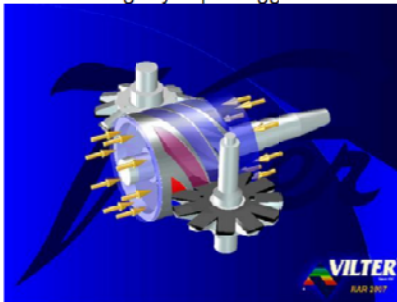
Kompressorene leveres med tre forskjellige kompressor hus, tilpasset anleggets design trykk.

Mono skru kompressorer kjennetegnes av lavt vibrasjonsnivå.

Vilters kompressorer har også pga av sin unike konstruksjon svært god virkningsgrad på del last ytelser.

Dette gjør at Vilter maskiner passer svært godt i varmepumper der behovet varierer mye på årsbasis.

Vilters kompressorer er bygd opp på en unik måte som gjør at alle krefter på rotor blir balansert. Der en torotor skruekompressor (twinscrew) må kompensere aksiale krefter fra økte trykkforhold med ekstra lagerpakker, interne balansestempler, osv, så er Vilters kompressor rotor balansert aksialt ved at en har sugetrykk på begge ender av rotoren.



Dette gjelder også radiale krefter, der single skru kompressorer har to sugeporter, og to trykkporter som ligger plassert 180 grader fra hverandre i kompressor huset. Dvs at der rotoren utsettes for trykkgasspåkjenning på den ene siden av rotoren, så utsettes den for de nøyaktig samme kreftene på motsatt side (M.a.o. så blir resultatant lik 0).

Den eneste belastningen på skruens hovedlager er gravitasjonskrefter. De lave lager belastningene resulterer i en ekstremt lang kompressor levelid og høy pålitelighet.

Vilter er derfor også verdens eneste kompressor produsent som gir 15 års garanti på kompressorens hovedlager og 5

års garanti på lager for stjerne hjul.



NORSK KULDE

Andre fordeler som kan nevnes med denne kompressoren er at det i ikke er kontakt mellom roterende deler i stål. Stjerne hjulene som tetter mellom høy og lavtrykk side på hver side av hovedrotoren er laget i komposittmateriale.

Overnevnte gjør at hovedservice på kompressor utføres på 75000 timers intervall forutsatt at betingelser i service, og vedlikeholdsmanualen overholdes.

Valg av Vilter av kompressorer gjør at varmpumpene har ekstremt lave vedlikeholds-utgifter. Til sammenligning må de fleste stempelkompressorer overhales ved 10 000timers intervall, og med langt høyere pris på deler / omfang av jobb. En 75000timers service på Vilters monoskrue er rimeligere enn en 10000 timers service på en 8 sylindret stempel kompressor!!

Anbefaler disse videoene på youtube:

Vilter part 1 video: <http://www.youtube.com/watch?v=igUciRKh9gY>

Vilter part 2 video: <http://www.youtube.com/watch?v=igUciRKh9gY>

Dyneo LSRPM elektromotorer og omformere

Varmepumpen blir levert med elektromotorer designet for maksimal energieffektivitet over ett stort turtallsregister. Dette gjør at hver kompressor har ett svært stort kapasitetsområde og en kan drifte varmpumpen med høy COP selv ved del-last.

DYNEO LSRPM er en serie synkronmotorer med permanente magneter som inngår i den patenterte teknologien fra Leroy Somer. Det innovative designet til magnetrotoren øker effektiviteten med nesten 10 prosent til nivåer nær 98 prosent.



Størrelsen er redusert med 50 prosent for applikasjoner med kontinuerlig høyt strømforbruk.

Dette betyr at i mange tilfeller vil investeringskostnaden tjenes inn igjen på under ett år ved å bytte ut asynkrone motorer med LSRPM-motorer.

Siden motorer står for mer enn 70 prosent av strømforbruket i industrien, vil den nye LSRPM produktlinjen også bidra til den essensielle målsettingen om å redusere CO2-utslippene.

Sammenlikning med konvensjonelle motorer avhenger av applikasjonen. I et spesifikt tilfelle med en skruekompressor, opprinnelig styrt med variabel hastighetskontrollsystem basert på en 2-polet asynkron motor

med IP23 beskyttelse, akselhøyde 315 mm og effekt 280 kW, er effekten med variabel hastighetskontroll 92,7 prosent. DYNEO-løsningen med en 260 kW (uten derating) LSRPM 280 MD synkronmotor med permanent magnet oppnår en effekt på 97,6 prosent i et hastighetsområde fra 0 til 3000 min⁻¹.



NORSK KULDE

Varmevekslere

Varmevekslere leveres tilpasset varmepumpens arbeidstrykk, og arbeidsmedier.

Det blir lagt særlig vekt på følgende faktorer:

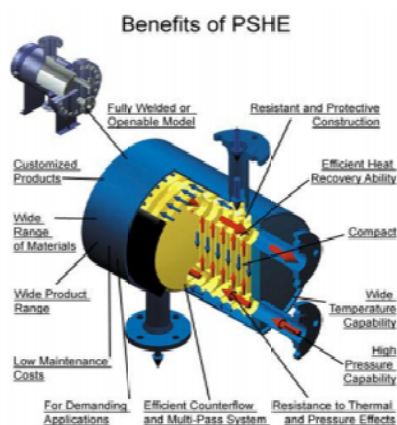
- Høye varmeovergangsfaktorer (lave termiske tap mellom primær, og sekundær side i vekslerer).
- Høy sikkerhetsfaktor mot lekkasjer, og lang levetid.
- Enkel service.

Overhettingsvekslere, kondensatorer, og underkjølere leveres i følgende utførelser:

- 60 bars systemer: Pga av trykk klasse brukes det her i stor grad rørkjelvekslere med syrefaste rør.
- 50 bars systemer: Rørkjelvekslere, og "plate and shell" vekslerer(PSHE)
- 40> bars systemer: Som over, og i tillegg semisveiste platevekslerer.

Plate and shell veksler

Rørkjel kondensator med helsveiset syrefast mantell



Kommentar til bilde:

Rørkjel vekslerer utpreger seg med en svært robust konstruksjon, og enkel service. Det liten fare for lekkasje da det er ingen pakninger på kuldemedieside.

Kloakk og sjøvannsfordampere / vekslerer

Kloakk, og sjøvannsvexlerer leveres i rørkjel utførelse der alle grenseskiller mellom sekundær / primærside utføres i helsveiset titan konstruksjon. Dvs. at titan rørene sveises mot titan endeplater. Andre vannberørte deler som endelokk, flenser osv leveres enten i kompositt belagt stål eller i PE utførelse. Bruken av denne typen veksler har svært mange fordeler sammenlignet med varmepumper med ett sekundær system og platevekslerer.

- Svært lang levetid. Innenfor designede forhold har disse vekslerer gjerne en levetid på mer en 30 år. Titan utmerker seg med sin bestandighet mot korrosjon, kavitering, og termiske påkjenninger.
- Lave trykkfall. På tross av høy vannhastighet i rørmantell så har disse vekslerer som regel langt lavere trykkfall enn en plateveksler.
- Rørkjelen operer med vannhastigheter som gjør at den er selvrensende.
- Servicevennlig: Dersom vekslerer likevel må renses så er dette en jobb som kan utføres på ett par timer. Å renses en stor plateveksler kan to opptil flere dager og en risikerer å måtte bytte pakninger ved service. Rensing av platevekslerer medfører mye griseri som er vanskelig å fange opp. Rørkjelen står gjerne inntil 2 meter over maskinromsgulv så her er det mulig å fange opp sølet.



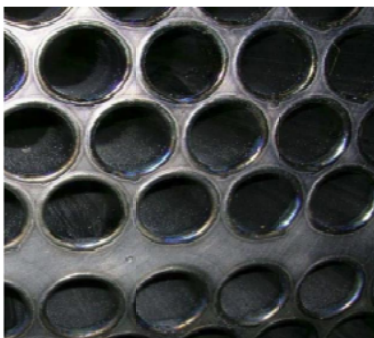
NORSK KULDE

Våre tynnfilm spray fordampere utmerker seg i tillegg til overnevnte med følgende:

- Ekstremt lave fyllingsmengder av kuldemedie.
- Svært god overgangsfaktor på tross av titanrør.
- Enkel konstruksjon der væskeutskiller, og veksler er integrert i en enhet.
- Minimal fare for frysing selv ved svært lave temperaturer.
- Opptil 10 års garanti på veksler.



Bilde over: NH3 spray fordampere for 5mW varmepumpe. Nedunder bilde av rørplate.



Titan rørene er som bildet viser helsveiset mot endeplate i samme material. Dette gir en konstruksjon som er svært motstandsdyktig mot alle typer påkjenninger. Titan er svært motstandsdyktig mot saltvann, syrer, forurensninger, og har ekstrem holdbarhet mot kavitasjon. Dette gjør at en kan kjøre så høy vannhastighet i veksleren at den er selvrensende. Den helsviste endeplaten gir i tillegg en slett overflate som hjelper ytterligere mot fastgroing. Dersom en operer med svært skittent vann eller kloakk så er fordamperen svært enkel å rense dersom den først er blitt begrodd.



NORSK KULDE

Tavle og Kontrollsystem

Saia PLS kontrol system med trykkfølsom skjerm



Alle våre varmepumper leveres med skreddersydd PLS system og tilhørende automatikk.

Våre tavler blir designet etter følgende spesifikasjon:

- IP 54 tavleskap i pulverlakkert stålkonstruksjon, eller rustfrie skap på forespørsel.
- Anerkjent materiell fra leverandør som Siemens, Telemecanique eller tilsvarende.
- PLS enhet fra Saia eller Mitsubishi.
- Tavlen blir som regel ferdig montert på Skid eller gulv montert i maskinrom.
- Tavle leveres med anti kondens varmer, lampe, og stikk kontakt for serviceinstrumenter.
- Tavle må forsynes fra strømforsyning utenfor maskinrom. Denne strømforsyningen skal kunne trippes av gassalarm.

Elektrisk forsyning

Kompressormotorer: 400V 3ph 50Hz (230V-11kv på forespørsel)

Lavspenning auto.: 230V 1ph 50Hz

kontrol krets / pls: 24V 1ph 50Hz / 24v DC

Kontroll System

Standard tavler leveres med Saia og Mitsubishi PLC og E300 HMI for hver av varmepumpe enhetene, og ved store leveranser monteres det i tillegg en Mitsubishi E1151 HMI touch diplay som overvåkningsenhet. E1151 er laget etter høyeste industri standard, og har en høyopløsnings fargeskjerm med. Enheten har RJ45 plugg for tilknytning av bredbånd for fjern-overvåkning av anlegg. En standard pc kan tilknyttes pls via Ethernet kommunikasjon for visning av skjermbilder, og for å generere utskrifter av viste bilder.

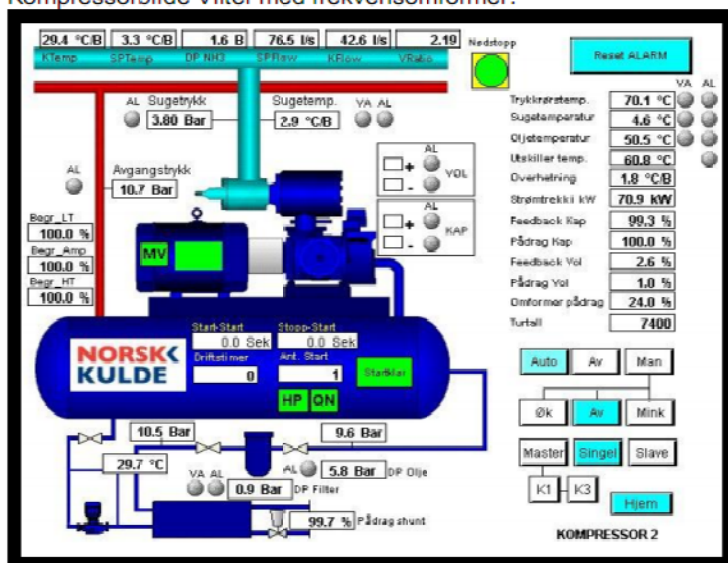


NORSKK KULDE

Oppsummering av funksjoner:

- Informasjon om anlegget tilgjengelig i skjermbilder inkluderer, Driftsstatus, prosess verdier, temperatur, trykk, og andre analoge inngangsverdier.
- Visning av dato, klokkeslett, og hendelser.
- Setpunkter og alarmverdier for varmpumpe.
- Kalibreringsmeny for sensorer og transmittere.
- Timere for start / stopp, alarmer, osv.
- Meny for oppsett av passord, og bruker kontoer.
- Full loggefunksjon i fargeoppsett for alle innganger.
- Trykk følsom skjerm (1024x768 pixels, 65,000 colours), grafisk visning.

Kompressorbilde Vilter med frekvensomformer:



Hvert PLS system består av følgende:

- Din skinne montert hovedmodul
- 24VDC strøm forsyning (PSU)
- Prosessor (CPU)
- Nødvendig antall digital inngangskort.
- Nødvendig antall digitale utgangskort.
- Nødvendig antall analoge inngangskort.
- Nettverks switch hvis to eller flere PLS'er skal kommunisere i ett (peer to peer) nettverk, eller hvis PLS'er skal koples opp mot SCADA system.

Bredbånds tilknytning gjør det mulig for service personell å operere varmpumpen fra ekstern plassering.

Denne tilknytningen kan også koples opp mot en 24/7 service avtale med døgnovervåking, eller en full drifts avtale der en av våre kontorer har fullt ansvar for daglig drift av anlegget.



NORSK KULDE

Servicekostnader

Service kostnader for denne varmepumpen vil være lavere enn for alle alternativ grunnet bruk av Vilters singelskrue-kompressorer, og valg av titan rørkjel vekslers mot sjøvann.

Ved full volumstrøm på vannside er spraykjølerne våre beregnet til å være selvrensende. Ved inspeksjon etter så my som 10 års drift kan veksleren være helt ren innvendig.

Vi kan etter ønske beskrive anslåtte service kostnader for de nest 10-15 år fra leveringsdato.

Levetid og livs syklus kostnader

Levetid vil selvsagt komme an på brukstid pr år og en del andre faktorer. Det er viktig at servicrutiner blir fulgt og eventuelle overhalinge utføres på riktige intervaller.

Generelt snakker vi om en type anleggskonstruksjon / installasjon som kan ha en levetid på nærmere 40 år. Dette er basert på erfaringer med skruekompressorer, rørkjel vekslere, osv fra industriapplikasjoner med tilsvarende konstruksjon. Det er ikke dermed sagt at det ikke kan lønne seg å bytte komponenter for å holde anlegget i live til og med utover dette.

Forventet levetid på hovedkomponenter:

Komponenter der en kan forvente kortest levetid er en del elektrisk komponenter. Noe av dette vil være kvalifisert gjetning, mens andre tall er basert på erfaringer:

- Frekvensomformere har en forventet levetid på ca 10år.
- Elektromekanisk materiell som kontaktorer, osv har en forventet levetid på ca 10-20år.
- Elektromotorer kan vare alt fra 15-50 år avhengig av kvalitet på produkt, miljø, nett, belastning, osv.
- Vannpumper. 5-10år? Kommer blant annet an på sugedyde
- Sprayfordamper av helsveiset titan utførelse blir levert med 10års antikorrosjonsgaranti på rørmantell / endeplater. Forventet levetid under design forhold kan estimeres fra 15-20 år.
- Kondensatorer, overhettingsveksler, underkjølingsveksler. Minst 20år.
- Kompressorer. Mer enn 30 år med riktige betingelser, og service.

Når jeg innledende sier 40 år så er det fordi det på denne typen anlegg vil lønne seg å foreta utbyttinger av komponenter som nevnt ovenfor.

Det er først når anlegget er utgått på dato og kanskje behovet har forandret seg i tillegg til at en nærmer seg større overhalinge at en normalt sett skifter ut komplette anlegg av denne type.



VEDLEGG 3

DAIKIN • Chillers • R-134a • EUW-MAXY

3 Specifications

3-1 TECHNICAL SPECIFICATIONS			EUW40MAX	EUW60MAX	EUW80MAX	EUW100MAX	EUW120MAX	EUW140MAX	EUW160MAX	EUW180MAX	EUW200MAX	
Normal Capacity	Cooling	kW	123.0	183.00	249.00	273.00	366.00	432.00	498.00	522.00	546.00	
	Heating	kW	148.0	217.00	292.00	329.00	434.00	509.00	583.00	621.00	659.00	
Capacity Steps		%	100-74-48	100-74-48	100-74-48	100-74-48-36	100-87-74-61-50-37-24	100-87-74-61-50-37-24	100-87-74-61-50-37-24	100-87-74-69-61-55-50-42-37-24-18	100-87-74-69-61-55-42-37-24-18	
Nominal Input	Cooling	kW	29.6	47.00	64.00	71.60	94.00	111.00	128.00	136.00	143.00	
	Heating	kW	35.2	55.30	74.50	85.30	111.00	130.00	149.00	160.00	171.00	
EER & COP	EER		4.16	3.89	3.89	3.81	3.89	3.89	3.89	3.84	3.82	
	COP		4.20	3.92	3.92	3.86	3.91	3.92	3.91	3.88	3.85	
Casing	Colour		Ivory white									
	Material		Polyester coated galvanised steel plate									
Dimensions	Unit	Height	mm	1014	1014	1014	1014	2000	2000	2000	2000	
		Width	mm	2672	2672	2672	2672	2672	2672	2672	2672	
		Depth	mm	898	898	898	898	898	898	898	898	
Weight	Machine Weight	kg	999	1263	1515	1613	2526	2780	3034	3130	3326	
	Operating Weight	kg	1025	1308	1578	1683	2616	2886	3156	3261	3465	
Water Heat Exchanger	Type		Brazed plate, one per circuit									
	Minimum water volume in the system	l	1450	2150	2850	2450	2150	2850	2850	2850	2450	
	Water flow rate	Min	l/min	175	265	350	400	525	625	700	750	800
		Max	l/min	700	1070	1400	1600	2100	2500	2800	3000	3200
	Nominal water pressure drop	Cooling	kPa	21	25	26	22	25	25	26	26	22
		Heating	kPa					25	26	26	22	22
	Insulation material		Polyethylene foam									
	Model	Quantity		1	1	1	1	2	1	2	1	2
		Model		AC12080-NP156	AC2500-NP96	AC2500-NP128	AC2500-NP162	AC2500-NP96	AC2500-NP96	AC2500-NP128	AC2500-NP128	AC2500-NP162
	Type		Shell and tube									
Water flow rate	Min	l/min	217	336	450	520	670	790	900	970	1040	
	Max	l/min	800	1050	1230	1370	2100	2280	2470	2600	2730	
Model	Quantity		1	1	1	1	2	1	2	1	2	
	Model		CDEW215	CDEW260	CDEW400	CDEW450	CDEW260	CDEW400	CDEW400	CDEW400	CDEW450	
	Model						CDEW400		CDEW400			
Compressor	Type		Semi-hermetic single screw compressor									
	Refrigerant oil type		Daphne PVC680									
	Refrigerant oil charge	l	75	100	100	140	100	100	100	100	140	
		l					100	100	100	140	140	
	Model	Quantity		1	1	1	1	2	1	2	1	2
		Model		ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E	ZHA7MSGY-E
		Speed	rpm	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880
		Discharge Heater	W	150	150	150	150	150	150	150	150	150
		Quantity						1		1		
		Model						ZHA7MSGY-E		ZHA7MSGY-E		
Speed		rpm					2880		2880			
Discharge Heater		W					150		150			
Sound Level	Sound Power	dBA	91	95	96	96	98	99	99	99	99	

3

DAIKIN • Applied Systems • Chillers

9

6 Capacity tables

6-2 Cooling/Heating capacity tables

LEAVING WATER CONDENSER		20			25			30			35		
LWE	MODEL	CC	HC	PI	CC	HC	PI	CC	HC	PI	CC	HC	PI
4	40	122	145	23.0	117	142	24.3	113	139	26.1	109	137	28.3
	60	187	224	36.5	179	219	39.3	172	214	42.0	164	209	45.0
	80	249	300	51.1	240	294	54.3	231	289	57.5	222	283	60.7
	100	279	335	56.7	267	328	60.7	255	320	64.8	243	312	68.8
	120	374	447	73.0	359	437	78.7	343	427	84.0	328	418	90.0
	140	435	524	87.6	419	513	93.6	403	502	99.5	386	492	106
	160	498	600	102	480	589	109	462	577	115	444	565	121
	180	528	636	108	507	622	115	486	608	122	465	595	130
	200	558	671	113	534	655	121	510	640	130	486	624	138
7	40	138	163	24.3	133	159	25.6	128	155	27.4	123	152	29.6
	60	202	240	38.1	196	237	41.1	190	234	44.0	183	230	47.0
	80	274	328	54.3	266	323	57.5	258	319	60.8	249	313	64.0
	100	312	372	59.9	299	363	63.8	286	353	67.1	273	345	71.6
	120	404	480	76.2	392	474	82.1	380	468	88.1	366	460	94.0
	140	476	568	92.4	462	560	98.6	448	553	105	432	543	111
	160	548	657	109	531	646	115	516	638	122	498	626	128
	180	586	700	114	565	686	121	544	672	128	522	658	136
	200	624	744	120	598	726	128	572	706	134	546	689	143
10	40	155	181	25.8	149	176	27.0	143	172	28.7	137	168	30.9
	60	208	247	38.9	205	247	42.2	201	247	45.6	198	247	48.9
	80	301	360	58.7	291	353	61.9	280	346	65.2	270	339	68.5
	100	344	408	63.4	331	398	67.3	317	388	71.6	303	379	75.7
	120	416	494	77.9	409	494	84.5	403	494	91.1	395	494	97.8
	140	509	607	97.6	495	600	104	482	592	111	468	585	117
	160	602	719	117	581	705	124	561	691	130	540	677	137
	180	685	767	122	621	751	129	597	734	137	573	717	144
	200	683	815	127	661	796	135	634	777	143	606	757	151
16	40	188	217	28.9	181	211	30.1	173	205	31.7	166	199	33.7
	60	230	271	40.7	229	274	44.6	229	277	48.4	228	280	52.3
	80	360	429	68.9	347	419	71.9	334	409	75.0	321	399	78.0
	100	409	480	70.7	394	458	74.8	378	457	78.9	363	445	83.0
	120	460	541	81.4	459	548	89.1	457	554	96.9	456	561	105
	140	590	700	110	576	693	117	563	686	123	549	679	130
	160	720	858	138	694	838	144	688	818	150	642	798	156
	180	769	909	140	741	887	147	712	866	154	684	845	161
	200	818	959	141	787	937	150	757	914	158	726	892	166

3TW55342-1

SYMBOLS

CC	: Cooling capacity(kW)
HC	: Heat Rejected at condenser (kW)
PI	: Power input (kW)
LWE	: Leaving Water Evaporator (°C)

NOTES

- Cooling capacity (CC)**
Capacity is according to Eurovent rating standard 6/C/003-96 and valid for chilled water range $\Delta t = 3 - 8^{\circ}\text{C}$.
- Power Input (PI)**
Power input is total input according to Eurovent rating standard 6/C/003-96: Compressor + fans + control circuit + pumps.

6 Capacity tables

6 - 2 Cooling/Heating capacity tables

6

LEAVING WATER CONDENSER		40			45			50		
LWE	MODEL	CC	HC	PI	CC	HC	PI	CC	HC	PI
4	40	104	135	309	100	134	34.0	95.6	133	37.5
	60	154	203	493	144	198	53.6	134	192	57.9
	80	209	275	661	195	266	71.0	182	259	77.0
	100	229	305	757	216	298	80.5	202	292	89.4
	120	308	407	98.6	288	395	107	268	384	116
	140	393	478	115	399	464	126	316	451	135
	160	417	550	132	391	533	142	364	518	154
	200	498	580	142	411	565	154	384	551	166
7	40	118	150	322	113	148	35.2	107	145	38.7
	60	172	224	512	162	217	55.3	151	211	59.5
	80	235	304	690	217	292	74.5	201	281	79.8
	100	259	337	78.5	244	329	85.3	230	322	92.2
	120	345	447	102	323	434	111	302	421	119
	140	407	528	120	379	509	130	352	491	139
	160	470	608	138	434	583	149	402	562	160
	200	494	641	147	461	621	160	431	603	172
10	40	131	165	33.5	125	162	36.5	119	159	39.9
	60	189	242	53.1	179	237	57.4	170	231	61.6
	80	255	328	73.0	239	317	78.0	224	306	82.8
	100	287	370	82.2	272	361	88.8	256	352	95.3
	120	377	483	106	358	473	115	340	463	123
	140	443	569	126	418	554	136	393	538	144
	160	509	655	146	478	634	156	447	613	166
	200	542	697	155	511	678	167	480	658	178
16	40	158	194	36.2	151	190	39.2	143	186	42.5
	60	222	279	57.0	216	278	51.7	210	276	66.4
	80	302	384	81.9	284	369	85.7	265	355	89.6
	100	345	435	89.3	328	424	95.7	311	413	102
	120	444	538	114	432	535	123	420	533	133
	140	524	663	139	500	647	147	475	631	156
	160	605	768	164	567	739	171	530	709	179
	200	648	819	171	612	793	181	576	768	192
200	891	870	179	657	848	191	622	826	204	

3TW55342-1

SYMBOLS

CC	: Cooling capacity (kW)
HC	: Heat Rejected at condenser (kW)
PI	: Power input (kW)
LWE	: Leaving Water Evaporator (°C)

NOTES

- Cooling capacity (CC)**
Capacity is according to Eurovent rating standard 6/C/003-96 and valid for chilled water range $\Delta t = 5 - 8^\circ\text{C}$.
Capacity is for chilled water range $\Delta t = 2 - 5^\circ\text{C}$
- Power input (PI)**
Power input is total input according to Eurovent rating standard 6/C/003-96: Compressor + fans + control circuit + pumps.

VEDLEGG 4

26.04.2011

Luvata Söderköping AB | SE-614 81 Söderköping, Sweden | Phone +46 121 191 00 | Fax +46 121 101 01 | Web www.luvata.com/coiltech

Deres ref.

Prosjekt/ref.nr.
Vår kontaktperson

Coiltech batteri fra Luvata Söderköping

Id		
Luft	Effekt	178 kW
	Mengde	26000 m ³ /h
	Temperatur inn	0.0 °C
	Luftfuktighet inn	50 %
	Temperatur ut	20.3 °C
	Luftfuktighet ut	13 %
	Trykkfall	117 Pa
	Hastighet	3.4 m/s
Væske	Vann	
	Mengde	3.00 l/s
	Temperatur inn	40.0 °C
	Temperatur ut	25.8 °C
	Trykkfall	30 kPa
	Hastighet	1.4 m/s
Dimensjoner	Bredde	1700 mm
	Høyde	1200 mm
	Antall rørrader	3
	Lamelledeling	2.5 mm
	Antall væskeveier	6
	Røranslutning nr	DN 50
	Lysåpning	2.04 m ²
	Vekt / Volum	92 / 30 kg / l
Materiale	Rørmateriale	Kobber
	Lamellmateriale	Aluminium
	Samlestokkmateriale	Stål
	Rammemateriale	Galvanisert stål
Bestillingskode	EUEE-42-5-01-1-4-F-G-X X=6VANNVEIER	

R 13.4.0 nofnv

1

LUVATA

Luvata Söderköping AB SE-614 81 Söderköping, Sweden ITel +46 121 191 00 IFax +46 121 148 50 I
 VAT No: SE59608627701 | Registered office: Söderköping, Sweden

QUOTATION

2011-04-26

Our contact: Leif Hedkrok

Our ref. No: **LH-11.0434**

*At correspondence and order, please
 always refer to our reference number.*

To: **Fläkt Woods AS**Your ref: **Gunleiv Hadland**

Project:

Ref:	Product code:	Q'ty:	Price each, Sek:	Total, Sek:
	BUEE-42-5-1-1-4-1-G-X	1	9 850	9 850
	X=6 vattenvägar			
	G=Anslutningssida, anges på ordern			

Total price, Sek: 9 850

Delivery time: 15-20 working days, from our factory after confirmed written order.

Prices are net in currency Sek.

Terms of deliver: According to agreement

This quotation is valid 30 days from the date above.

Terms of payment: According to agreement

General conditions according to NL09

Luvata Söderköping AB



Ventilation Sales

Leif Hedkrok

E-mail: leif.hedkrok@luvata.com

Phone: 0046 121 191 63

Fax: 0046 121 148 50

Anmerkning: Dette er en pris fra Luvata til Flackt Woods. Pris ut fra Flackt Woods etter påslag er 11 250 kr.

VEDLEGG 5

Vurdering av energibehovet for oppvarming av celle 15		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Sum
Alle verdier i kWh														
Energi pris kr	0,5													
Anleggs n Bygg	Betjener													
75	Celle 15 "540" 151A7/B7 og 152A7/B7	700	726	825	541	352	248	0	97	253	326	502	776	5344
76	Celle 15 "540" 151A5/B5 og 152A5/B5 (Tommelhall)	9328	9680	11000	7216	4693	3300	0	1291	3373	4341	6688	10340	71251
77	Celle 15 "540" reaktorhall 1. Etg	17483	18187	20533	13259	8213	5133	0	1408	5280	7509	12203	19213	128421
78	Celle 15 "540" Reaktorhall 2. Etg	17483	18187	20533	13259	8213	5133	0	1408	5280	7509	12203	19213	128421
79	Celle 15 "541" 151C7/D7 og 152C7/D7	8980	9341	10547	6810	4219	2637	0	723	2712	3857	6268	9869	65962
80	Celle 15 "541" 151C5/D5 og reaktorhall 1. etg	38382	39928	45080	29109	18032	11270	0	3091	11592	16486	26790	42182	281943
81	Celle 15 "541" 152C5/D5 og reaktorhall 2. etg	40051	41664	47040	30374	18816	11760	0	3226	12096	17203	27955	44016	294202
82	Celle 15 ABA og bisulfitt 1. Etg.(mølleområdet)	27166	28028	32340	21991	15811	13475	0	7474	13655	14948	20698	30723	226308
83	Celle 15 ABA og bisulfitt 2. etg	13768	14322	16170	10441	6468	4043	0	1109	4158	5914	9610	15131	101132
84	Celle 15 ICL 1 og 2. Etg	39884	41490	46844	30248	18738	11711	0	3212	12046	17132	27839	43833	292976
85	Celle 15 Driftsentral celle 15	41376	42510	49595	34575	26451	24798	0	15493	25034	25317	32874	47470	365492
	Celle 15 Radiator kretser i driftsentralen	20000	20000	20000	20000	10000	0	0	0	10000	20000	20000	20000	160000
														0
	Sum i kWh	274600	284063	320507	217823	140006	93507	0	38531	105478	140543	203629	302764	2121451
	Sum i kr.	137300	142032	160254	108911	70003	46753	0	19266	52739	70271	101814	151382	1060726

VEDLEGG 6

Varmegjenvinning



Flåkt Woods er verdensledende innen varmegjenvinningsystemer til luftbehandlingsaggregat. Vi har produsert og utviklet disse systemene i mer enn 30 år og utviklingen forsetter stadig. Hvilket system som passer best avhenger av forutsetningene i det enkelte prosjektet. I tillegg til de velkjente systemene, Regoterm®, Turboterm®, Recuterm® og Ecoterm®, har vi nå utvidet vårt sortiment med et annet system, Econet®.

Recuterm®

Platevarmeveksler

- Temperaturvirkningsgrad: 50-60%
- Liten risiko for lukt og bakterieoverføring.
- Enkel, ikke behov for pumper
- Passer til EU og EC.



Ecoterm®

Væskekoblet varmeveksler

- Ingen risiko for lekkasje
- Til- og fraluftsenehetene kan separeres fra hverandre
- Temperaturvirkningsgrad: 50-65%
- Passer til EU.



Regoterm®, Turboterm®

Roterende varmeveksler

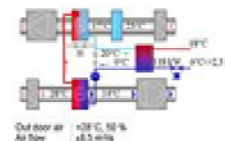
- Temperaturvirkningsgrad: 75-85%
- Krever lite plass
- Kan gjenvinne fukt
- Kan gjenvinne kjøling
- Leveres med turtallsregulering
- Passer til EU, EC og Sting.



Econet®

Væskekoblet varmeveksler med alle energifunksjoner, varmegjenvinning, kjøling og oppvarming integrert i en samlet krets.

- Ingen risiko for lukt og bakterieoverføring
- Til- og fraluftsenehetene kan separeres fra hverandre
- Temperaturvirkningsgrad: 60-75%
- Konstant optimert energigjenvinning, lav LCC kostnad
- Kan gjenvinne kjøling
- Kan utnytte returvann som en energikilde
- Passer til EU.



VEDLEGG 7

Kopi av mail av 5. april, 2011

Dear Sir

After reviewing the original selection 75937 YKCHCFP55CE, It's impossible to run higher than a temp 26°C theoretical entering in the condenser . These machines haven't been designed for heating recovery.

The compressor selection, the motor capacity, the condenser don't correspond at all to your request.

A centrifugal compressor technology cannot accept important change of temperature range (suction/discharge).

Kind Regards
Christian Marsollier
Team Leader / Responsable Service Export
Refrigeration Industrielle

Building Efficiency
14 rue de Bel Air
Carquefou Cedex
44473, France

Building Efficiency
Tel: 33.240.30.63.21
Mob: 33.675.09.42.97
Fax: 33.240.30.22.66
E-Mail: Christian.Marsollier@jci.com

Internet: <http://www.johnsoncontrols.fr/> Johnson Controls

VEDLEGG 8

Isvannsmaskin i Celle 15

Kompressorene er levert av Johnson Control AS (tidligere York Kulde AS). Den ene er kun installert som en reserve, og er derfor aldri i bruk. I 2005 mottok York "Climate Protection Award" av U.S Environmental protection Agency for deres utvikling av variable-speed-drive og energisparings teknologi i forbindelse med kjøleanlegg. Turbokompressoren (sentrifugal kompressoren) som anlegget er utstyrt med er bygd for maksimal effektivitet både for dimensjonert og ikke-dimensjonert drift.



Bilde viser en YK centrifugal chiller (Isvannsmaskin).

Spesifikasjoner:

Leverandør	Johnson Controls AS (tidligere YORK Kulde AS)
Modell	Turbokompressor (Sentrifugal kompressor)
Kuldemedium	R-134A, mengde: ca 1500 kg
Motor, input power (kW)	154 kW
Motor, max motor load (kW)	158 kW
Nominell kjølekapasitet	1250 kW
Spenning, Hz	400/690 V, 50hz
Full last (COP)	8,117

Tilleggsinformasjon:

- 2 stk platefordampere (1 pr. maskin), hver med ytelse 78,5 kW
Væsketemperatur inn/ut: -10/-15 °C (etylenglykol)
Sirkulert mengde: 4,65 kg/sek
Trykkfall: 21 kPa
- 2 stk platekondensatorer (1 pr. maskin), hver med ytelse 115 kW
Væsketemperatur inn/ut: 25/32 °C (vann)
Sirkulert mengde: 3,93 kg/sek
Trykkfall: 25 kPa

Vi fikk avlest disse parametrene direkte fra isvannsmaskinen:

Isvannskompressor 1

Dato avlest	08.02.11	09.02.11	10.02.11	11.02.11	
Klokkeslett avlest	08:15	08:12	08:35	09:19	
					<i>Gjennomsnitt</i>
Momentant effektforbruk, kW	65	86	82	46	69,75
Akkumulert effektforbruk, kWh	291676	293375	295102	296665	
Pådrag (% full load amps)	41	56	53	36	46,5
Metnings temperatur <i>fordamper</i> (°C)	4,3	4	4,3	4,1	4,18
Kuldemedium temperatur <i>fordamper</i> (°C)	4,7	4	4,2	5,2	4,53
Væske temperatur <i>kondensator, tur</i> (°C)	18,3	21,3	19	16,8	18,85
Væske temperatur <i>kondensator, retur</i> (°C)	16,4	18,1	15,6	15,6	16,43
<i>Avkjølt væske temperatur, tur</i> (°C)	4,7	4,7	5	4,8	4,8
<i>Avkjølt væske temperatur, retur</i> (°C)	5,7	6,2	6,6	5,5	6
<i>Kjølevannstemperatur, inn (DeltaV)</i> (°C)	16,7	18,4	15,9	15,9	16,73
<i>Kjølevannstemperatur, ut(DeltaV)</i> (°C)	18,6	21,5	19,8	17,4	19,33

(Temperaturer på isvannsmaskin avlest av GE Healthcare, Rune Nilssen)

Isvannsanlegget har 2 separate anlegg, hvor den ene kun fungerer som en reserve. Isvannsmaskinen kjøler ned et magasin på 350 m³ med tilhørende isvannskrets. Anlegget er døgnkontinuerlig. Maksimalt kjølebehov oppstår kun korte perioder i døgnet (ca 3 timer).

VEDLEGG 9

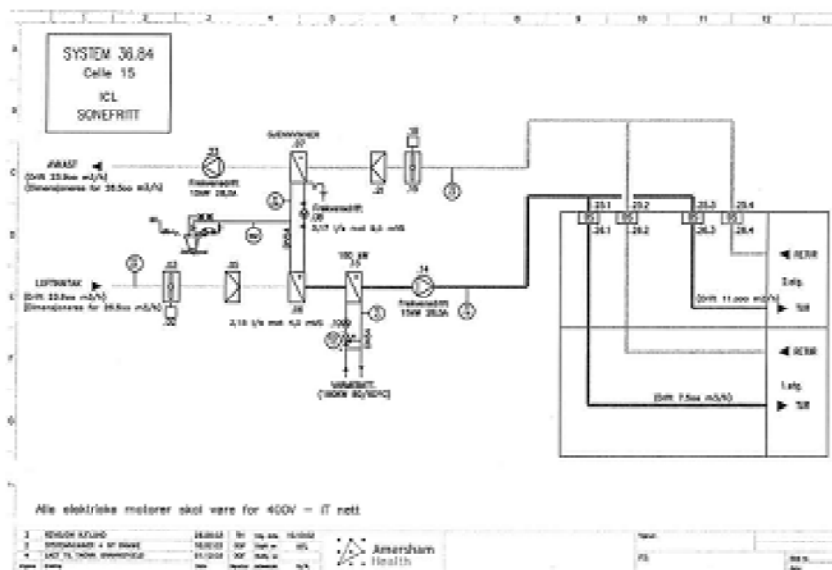
Ventilasjonsystem 36.84

Vi valgte oss ut et av de 15 anleggene i Celle 15 og så nærmere på det. Anlegget er et EU 42 fra Flæckt Woods og har døgkontinuerlig drift.

Tilluftstemperatur	17°C
Luftmengde, dimensjonerende	26.500 m ³ /h
Luftmengde, drift	23.900 m ³ /h
Varmebatteri	180 KW (80/60°C)
Gjenvinnerbatteri, vannvarmeveksler	3,17 l/s mot 0.95 Pa
Gjenvinnerbatteri, virkningsgrad η	0.4-0.5

Diagram x: Spesifikasjoner for anlegg 36.84

Ventilasjonsanlegg 36.84



VEDLEGG 10

Rørkrets nr.	VVX-Hotwater
KW	1800
l/h dt=20°C	77400
l/min	1290
l/sek (dekker også radiatorer)	21,5
Diameter (mm)	107,1
V m/s	2,39
Støttap (Pa)	2826
Rørlengde (m)	60
R Pa/m	454,9
R x l (Pa)	27296
Sum eng motstand	5,9
Z (Pa)	16328
Z' (Pa)	56600
R*1 + Z + Z'	100223
m VS	10,02

VEDLEGG 11

2.1 Status om bruk av kuldemedier i 2011

Siden det er stor forskjell på de driftsmessige parametrene ved varmepumpedrift med forskjellig kuldemedium, valgte vi å fokusere en del på hva som kunne passe best til bedriften, og se på fordeler og muligheter ved de forskjellige mediene. KFK (Klorfluorkarbon) og HKFK (Hydroklorfluorkarbon) kuldemedier har i mange år blitt brukt i kjøleanlegg. Freongass har en svært negativ miljøpåvirkning siden den bryter ned ozonlaget og bidrar til økt drivhuseffekt. KFK har vært forbudt i EU siden 1995, mens HKFK er på vei ut. I Danmark skal HKFK ha blitt helt utfaset i 2010. I de senere år har ozon nedbrytende kuldemedier i stor grad blitt erstattet av ikke-ozon nedbrytende kuldemedier. HKFK og til dels hydrokarboner har tatt over markedet, men disse to er også langt fra ideelle.

Derfor har det blitt jobbet mye med utviklingen av alternative kuldemedier. CO₂ som er et naturlig kuldemedium bryter ikke ned ozonlaget og har langt mindre GWP-verdi som det fremgår av tabellen nedenfor.

Store lekkasjer av ikke-naturlig kuldemedier HKFK kan gi direkte konsekvenser for det globale miljøet. Myndighetene har i de siste årene innført en rekke tiltak for å begrense skade fra ikke-naturlige kuldemedier. Siden 01.01.10 er det nå forbud mot bruk av ny HKFK, og kun lov til å etterfylle resirkulert eller regenerert HKFK. Det er også forbud mot etterfylling fra 01.01.15 jf. produktforskriften § 6-16.

Ufasing av H(KFK) gass har pågått siden 2002. De naturlige kuldemediene CO₂ og NH₃ kan vise seg å bli gode erstatninger med mange fordeler.

Tabellen nedenfor viser Global Warming Potential for de viktigste kuldemediene som er aktuelle for vår oppgave.

Arbeidsmedier for varmepumper

Innvirkning på globalt miljø (ODP, GWP)

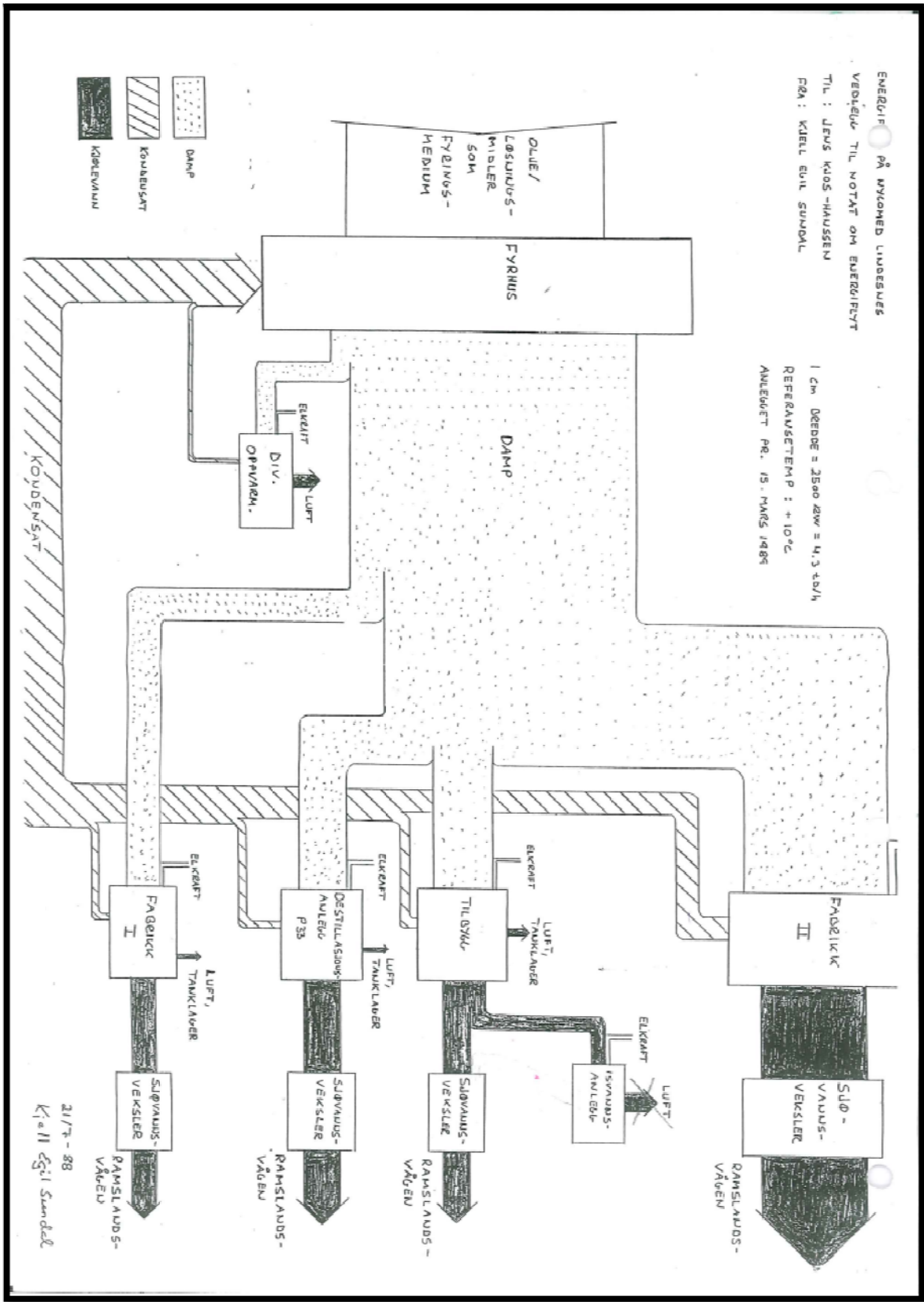
- Ozone Depletion Potential (ODP) – nedbryting av stratosfærisk ozon
 - ODP_{R11} = 1.0 (referanse) – KFK er forbudt i hht. Montreal Protokollen
 - ODP = 0 for alle arbeidsmedier i varmepumper som installeres i Norge
- Global Warming Potential (GWP) – bidrag til drivhuseffekten

■ GWP _{CO2}	1.0 (referanse) – ved utslipp fra forbrenningsprosesser
■ GWP _{R134a}	1300
■ GWP _{R404A}	3800
■ GWP _{R407C}	1700
■ GWP _{R410A}	2000
■ GWP _{R717}	0
■ GWP _{R290}	3
■ GWP _{R744}	0*



*Det dannes ingen ny CO₂ når mediet benyttes som arbeidsmedium, derfor er GWP_{CO2}=0

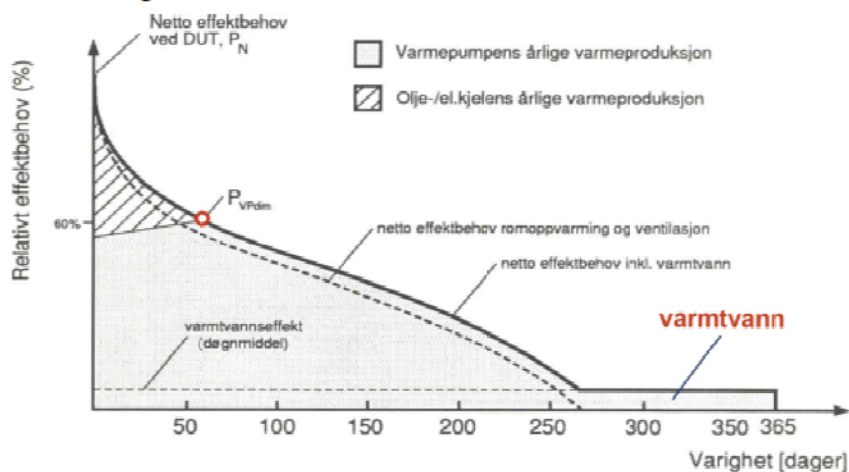
VEDLEGG 12



VEDLEGG 13

2.2 Energi- og effektbehov

Hvis den leverte effekten til oppvarming og varmt tappevann stilles opp med de kaldeste dagene lengst mot venstre, vil en få et diagram for effektvarighet som vist i Figur 2.2-1. Kurven er sterkt avhengig av klima, bygningstype og bruksmønster. Arealet under kurven utgjør det totale årlige varmebehovet.



Figur 2.2-1: Prinsipiell effektvarighetskurve for oppvarming og varmt tappevann (Stene, 2007, Lysarkserie 6).

Størrelsen på varmepumpen må tilpasses det den er satt til å varme opp. Ettersom varmepumper har relativt høy spesifikk investeringskostnad (kr/kW), vil det være økonomisk riktig å la en spisslastkilde som olje- eller gasskjel hjelpe til å dekke effektbehovet på de kaldeste dagene. Hvis varmepumpen dimensjoneres for å dekke 40-70 % av netto *effekt*behov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT), vil den kunne dekke typisk 80-95 % av det årlige *energi*behovet, avhengig av forløpet på effektvarighetskurven (Stene, 2001, kap.3). I figuren over er varmepumpen dimensjonert for ca. 60 % av det maksimale effektbehovet, men dekker allikevel over 90 % av energibehovet.

Å finne den økonomisk optimale størrelsen på varmepumpen blir en optimalisering der en ønsker å minimere de årlige kostnadene. Disse består av kapitalkostnader tilknyttet investeringen og driftsutgifter inkludert energikostnader. Denne optimaliseringen er avhengig av en rekke parametere som forløpet på effektvarighetskurven, investeringskostnader, kalkulasjonsrente, energipriser og varmepumpens årsvarmefaktor og energidekning. I tillegg til dette vil varmepumpens maksimale ytelse variere sterkt med endringer i driftsforholdene.

Spisslasten pleier normalt uansett å dimensjoneres for 100 % effektdekning for å oppnå høy leveringssikkerhet (Stene, 2001). Dette er også gjort på Tomasjord. Et viktig poeng er å bruke *netto* effektvarighetskurve når varmepumpens optimale effekt skal regnes ut. Ved utregning av dimensjonerende størrelse på spisslast og ledningsnett brukes *brutto* verdier som ikke tar hensyn til internlast eller solbelastning og derfor har høyere verdi. Lang fyringssesong og relativt moderat DUT gjør at optimal relativ installert effekt vil være høyere i Tromsø enn mange andre steder i Norge, for eksempel Oslo (Stene, 2001).

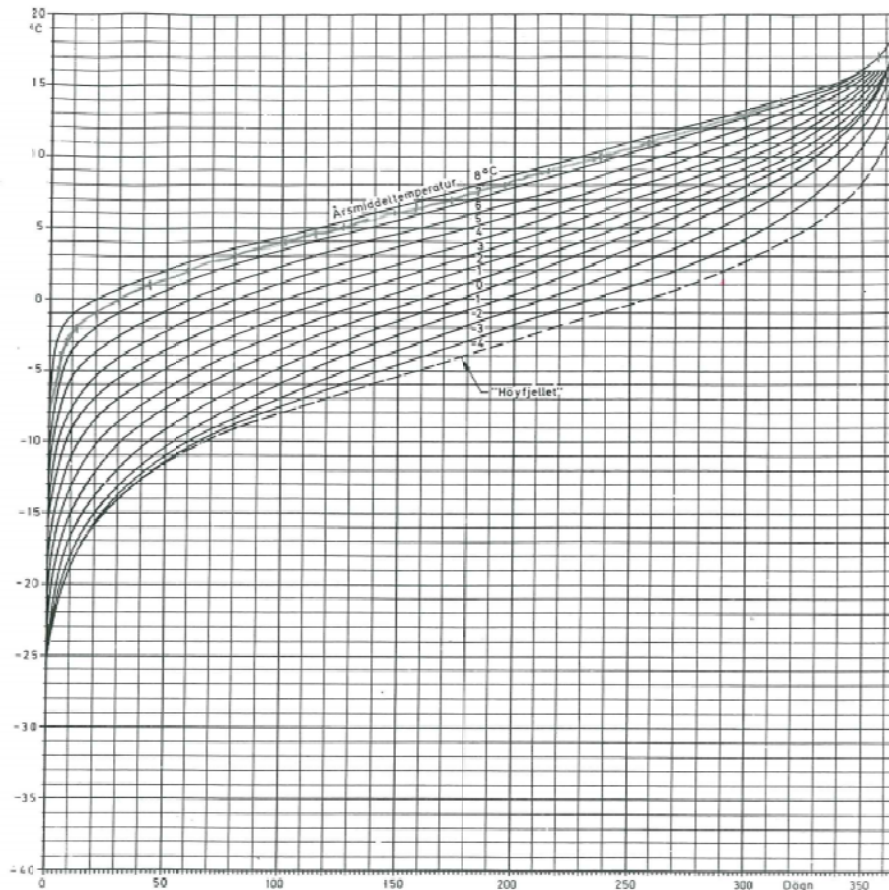
VEDLEGG 14

Kapittel 2: Vedlegg C

STED	FYLKE	DUT	t _m	KLIMASONE
Ferder Fyr	VESTFOLD	-17°C	7,5°C	A
Horten		-18°C	6,5°C	A
Larvik		-17°C	6,5°C	A
Sandefjord		-17°C	6,5°C	A
Stavern		-18°C	7,0°C	A
Stokke		-22°C	5,6°C	A
Torp		-18°C	5,9°C	A
Dalen	TELEMÅRK	-21°C	5,3°C	A
Gvarv		-27°C	5,2°C	A
Jomfruland		-19°C	7,2°C	A
Notodden		-26°C	4,5°C	A
Porsgrunn		-20°C	6,0°C	A
Seljord		-26°C	3,5°C	A
Skien		-21°C	5,0°C	A
Tveitsund		-22°C	5,2°C	A
Vefall i Drengedal		-25°C	5,8°C	A
Arendal		AUST-AGDER	-18°C	7,0°C
Byglandsfjord	-21°C		5,7°C	A
Bykle	-23°C		4,0°C	C
Grimstad	-18°C		7,4°C	A
Lillesand	-18°C		7,0°C	A
Lyngør	-18°C		7,5°C	A
Risør	-18°C		6,5°C	A
Torungen Fyr	-18°C		7,4°C	A
Flekkefjord	VEST-AGDER	-18°C	8,0°C	A
Kjevik		-21°C	6,9°C	A
Konsmo		-14°C	5,4°C	C
Kristiansand S		-20°C	7,2°C	A
Lista		-18°C	7,6°C	B
Mandal		-19°C	7,5°C	C
Oksøy		-17°C	7,6°C	A
Sirdal	-20°C	4,5°C	C	
Tonstad	-18°C	6,4°C	C	
Eigersund	ROGALAND	-17°C	6,6°C	B
Haugesund		-12°C	7,5°C	B
Klepp		-15°C	7,4°C	B
Obrestad		-17°C	7,2°C	B

2-26

Varighetskurve for uteluftens døgnmiddeltemperatur gitt av normal årsmiddeltemperatur t_m og klimasone. **SONE B.**



Tabell 2B
Tabellerte graddagkurver for klimasone B. Årsmiddeltemperatur fra -3°C til 8°C .

Dager	-3,0	-2,0	-1,0	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
0	-25,0	-25,0	-25,0	-24,0	-22,0	-20,0	-18,0	-15,0	-14,0	-12,0	-10,0	-7,0
5	-21,5	-21,5	-20,5	-19,5	-17,5	-15,5	-13,5	-11,5	-9,5	-7,5	-5,5	-2,2
10	-19,8	-18,8	-18,0	-16,8	-15,0	-13,1	-11,0	-9,0	-7,7	-5,5	-3,6	-1,1
15	-17,0	-17,0	-16,2	-15,0	-13,5	-11,5	-9,6	-8,0	-6,5	-4,5	-2,8	-0,5
20	-15,9	-15,7	-15,0	-13,8	-12,0	-10,2	-8,4	-6,9	-5,3	-3,8	-2,0	0,0
30	-14,1	-13,6	-13,1	-11,9	-10,2	-8,6	-7,0	-5,5	-4,1	-2,6	-1,0	0,8
40	-12,6	-12,2	-11,6	-10,3	-8,8	-7,5	-5,9	-4,5	-3,1	-1,8	-0,1	1,4
50	-11,5	-11,0	-10,4	-9,2	-7,7	-6,4	-4,9	-3,6	-2,2	-0,8	0,7	2,0
60	-10,4	-10,0	-9,3	-8,2	-6,8	-5,5	-4,0	-2,8	-1,5	0,0	1,2	2,6
80	-8,9	-8,5	-7,5	-6,3	-5,0	-3,8	-2,7	-1,4	0,0	1,2	2,4	3,5
100	-7,6	-7,0	-6,0	-4,8	-3,6	-2,5	-1,3	-0,1	1,0	2,2	3,4	4,3
150	-4,6	-3,7	-2,5	-1,6	-0,5	0,5	1,4	2,4	3,7	4,8	5,5	6,5
200	-1,9	-0,8	0,3	1,4	2,3	3,2	4,0	5,0	6,0	6,9	7,9	8,8
250	0,9	2,2	3,5	4,6	5,3	6,1	7,0	7,8	8,5	9,3	10,2	11,0
300	4,2	6,0	7,2	8,0	8,6	9,2	9,9	10,6	11,4	12,1	12,8	13,3
320	6,1	8,0	8,9	9,6	10,1	10,8	11,4	12,0	12,8	13,4	13,9	14,3
340	8,8	10,2	11,3	11,8	12,3	13,0	13,5	13,9	14,5	14,8	15,1	15,2
350	10,7	12,0	13,0	13,3	13,8	14,4	14,8	15,2	15,5	15,8	16,2	16,2
365	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0

VEDLEGG 16



GE Healthcare

Date :27. mai 2011

Your ref. :

Our ref. :Jarle Nedal

QUOTATION NO.: 3378

3378 Tilbud varmepumpe 750 kW

1. Aquaterm varmepumper MK 5

Generasjon MK 5 kjennetegnes ved:

10 års korrosjonsgaranti på fordampere som har rør og rørplater i titan og endeløkk i plast. Disse materialene er fullstendig immun mot korrosjon, og vi gir derfor 10 års korrosjonsgaranti for bruk i sjøvann. Dessuten er rørene ekspandert og sveist i rørplatene. Denne forbindelsen er 100 % lekkasjesikker.

Høyeffektiv spraykjøler. Anleggene leveres med høyeffektive spraykjølere med lav kuldemediefylling og god sikkerhet mot frysing og lekkasjer.

50 000 timer før kompressor overhaling: Skruekompressor av type Hall monoskrue har lange service intervall og lite servicebehov, og hovedservice med lagerskift er ikke nødvendig før ved 50 000 timers drift. Takket være enkel konstruksjon har denne kompressoren få slitedeler og derfor lave servicekostnader.

Kompressoren har lavt kraftforbruk.

Ny PLS styring: Dette er en ny skjermbasert styring utviklet av FrioNordica. Betjening skjer fra en 8" LCD skjerm, hvor drift, kapasitet, strømforbruk, nivå, temperaturer og trykk vises direkte i et rørskjema. Pumper og kompressor startes ved å trykke på symbol på skjermen, som blir grønt ved drift og rødt ved alarm. Parallell skjerm på bro kan tilknyttes via bus.

Programblokker med tilleggsfunksjoner leveres i bokser som tilknyttes med bus og integreres i styringen.

Address:
FrioNordica AS
Grandfjæra 28
6415 MOLDE
Norway

Telephone:
+47 71 20 68 00
Telefax:
+47 71 20 68 01

E-mail:
frionordica@frionordica.com
Internett:
www.frionordica.com

Enterprise:
F.reg. NO 962 369 804 MVA

2. Leveringsomfang og tilbud

1 stk Varmepumpe anlegg med ytelse 750 kW ved 40°C leveringstemperatur i henhold til spesifikasjon under pkt.3. Utførelse og leveringsomfang er som følger:

- Skruekompressor type Hall HSO 4222
- PLS styring med skjerm i tavlefront
- Anlegget sandblåst og fagmessig sprøytelakkert med 2 komponent malingsystem (Grip Maling i Kr.sund)
- Isolert fordampere
- Oppstart, prøvekjøring og opplæring av driftspersonell.
- Dobbel sett med gassmaske og hansker.

Anlegget leveres ferdig kuldeteknisk koblet på ramme.

Følgende er ikke inkludert:

- Montering av rør og ventiler for vannsiden.
- Blåserør fra sikkerhetsventiler til friluft.
- Vannpumper.
- Elektrisk montasje

Pris eks. mva ex works Molde:

NOK 1 335 000,-

Leveringsbetingelser: NLM 02
Normal leveringstid: 12 uker etter bestilling.
Betaling: 30% ved bestilling.
60% ved levering fra fabrikk
10% etter oppstart, dog senest 60 dager etter levering.
Tilbudets gyldighet: 30 dager fra d.d.

Med vennlig hilsen
Frionordica AS

Jarle Nedal

Spesifikasjon Aquaterm varmepumpe 750 kW**Ytelser**

Kapasitet ved oppvarming av vann fra 25 til 40 °C og kjøling av sjøvann fra 7 til 3 °C på kald side:	750 kW
Kompressor motor:	160 kW
Kuldemediepumpe:	6 kW
Effektforbruk ved full ytelse:	131kW
Sirkulert mengde kjøler:	150 m ³ /h – 25 kPa
Rørdimensjon:	DN 125
Kjølevannsmengde Kondensator:	45 m ³ /time
Rørdimensjon:	DN 100
Totalvekt tomt anlegg:	5 700 kg
Ammoniakk fylling:	70 kg

Beskrivelse

RSW anlegget inneholder følgende hovedkomponenter

Kompressor Hall HSO 4222 ved 2970 rpm.

Elektrisk motor Metz 160 kW, IP54, 2 polt, med temperatur thermistor

Elektronisk kompressor styring, type Friologica

Oljeutskiller type Aquaterm OSF 20, 3 trinns separering, med demister og coalesher filter, for finutskilling under 5 ppm. Enkelt oljefilter.

Shell and tube desuperheater type Aquaterm HROK 8-30/1, kapasitet på 85 kW ved 50 °C gass temperatur og 40 °C vanntemperatur.

Kondensator Aquaterm RK 14-40/4 med rustfrie rør og rørplater. Plast vannhoder.

Kjøler Aquaterm spraykjøler HSET 24-30/2 pass med titan rør og rørplater. Plast vannhoder.

Kuldemediepumpe type Hermetic

Elektronisk ekspansjonsventil type Danfoss ICM.

Startterskap med stjerne/trekantstart for kompressor.

Første fylling med ammoniakk og olje.



Bilde av tilsvarende anlegg med skruekompressor.

Kind regards
FrioNordica AS

Jarle Nedal

VEDLEGG 17



GE Healthcare

Date :27. mai 2011

Your ref. :

Our ref. :Jarle Nedal

QUOTATION NO.: 3377

3377 Tilbud varmepumpe 1500 kW

1. Aquaterm varmepumper MK 5

Generasjon MK 5 kjennetegnes ved:

10 års korrosjonsgaranti på fordampere som har rør og rørplater i titan og endelokk i plast. Disse materialene er fullstendig immun mot korrosjon, og vi gir derfor 10 års korrosjonsgaranti for bruk i sjøvann. Rørene er ekspandert og sveist i rørplatene. Denne forbindelsen er 100 % lekkasjesikker.

Høyeffektiv spraykjøler. Anleggene leveres med høyeffektive spraykjølere med lav kuldemediefylling og god sikkerhet mot frysing og lekkasjer.

50 000 timer før kompressor overhaling: Skruekompressor av type Hall monoskrue har lange service intervall og lite servicebehov, og hovedservice med lagerskift er ikke nødvendig før ved 50 000 timers drift. Takket være enkel konstruksjon har denne kompressoren få slitedeler og derfor lave servicekostnader.

Kompressoren har lavt kraftforbruk.

Ny PLS styring: Dette er en ny skjermbasert styring utviklet av FrioNordica. Betjening skjer fra en 8" LCD skjerm, hvor drift, kapasitet, strømforbruk, nivå, temperaturer og trykk vises direkte i et rørskjema. Pumper og kompressor startes ved å trykke på symbol på skjermen, som blir grønt ved drift og rødt ved alarm. Parallell skjerm på bro kan tilknyttes via bus.

Programblokker med tilleggsfunksjoner leveres i bokser som tilknyttes med bus og integreres i styringen.

Address:
FrioNordica AS
Grandfjæra 28
6415 MOLDE
Norway

Telephone:
+47 71 20 68 00
Telefax:
+47 71 20 68 01

E-mail:
frionordica@frionordica.com
Internett:
www.frionordica.com

Enterprise:
F.reg. NO 962 369 804 MVA

2. Leveringsomfang og tilbud

1 stk Varmepumpe anlegg med ytelse 1500 kW ved 40°C leveringstemperatur i henhold til spesifikasjon under pkt.3. Utførelse og leveringsomfang er som følger:

- Skruekompressor type Hall HSO 2024
- PLS styring med skjerm i tavlefront
- Frekvensomformer for kompressor motor
- Anlegget sandblåst og fagmessig sprøytelakkert med 2 komponent malingsystem (Grip Maling i Kr.sund)
- Isolert fordampere
- Oppstart, prøvekjøring og opplæring av driftspersonell.
- Dobbelt sett med gassmaske og hansker.

Anlegget leveres ferdig kuldeteknisk koblet på ramme.

Følgende er ikke inkludert:

- Montering av rør og ventiler for vannsiden.
- Blåserør fra sikkerhetsventiler til friluft.
- Vannpumper.
- Elektrisk montasje

Pris eks. mva ex works Molde:

NOK 1 595 000,-

Leveringsbetingelser: NLM 02
Normal leveringstid: 12 uker etter bestilling.
Betaling: 30% ved bestilling.
60% ved levering fra fabrikk
10% etter oppstart, dog senest 60 dager etter levering.
Tilbudets gyldighet: 30 dager fra d.d.

Med vennlig hilsen
Frionordica AS

Jarle Nedal

Spesifikasjon Aquaterm varmepumpe 1500 kW**Ytelser**

Kapasitet ved oppvarming av vann fra 25 til 40 °C og
kjøling fra 15 til 12 °C på kald side: 1 500 kW

Kompressor motor: 250 kW
Kuldemediepumpe: 6 kW

Effektforbruk ved full ytelse: 198 kW

Sirkulert mengde kjøler: 370 m³/h – 45 kPa
Rørdimensjon: DN 250
Kjølevannsmengde Kondensator: 85 m³/time
Rørdimensjon: DN 125
Totalvekt tomt anlegg: 4 700 kg
Ammoniakk fylling: 70 kg

Beskrivelse

RSW anlegget inneholder følgende hovedkomponenter

Kompressor Hall HSO 2024 ved 3250 rpm.

Elektrisk motor Metz 250 kW, IP54, 2 polt, med temperatur thermistor

Elektronisk kompressor styring, type Friologica

Oljeutskiller type Aquaterm OSF 24, 3 trinns separering, med demister og coalesher filter, for finutskilling under 5 ppm. Enkelt oljefilter.

Shell and tube desuperheater type Aquaterm HROK 8-30/1, kapasitet på 170 kW ved 50 °C gass temperatur og 40 °C vanntemperatur.

Kondensator Aquaterm RK 18-40/4 med rustfrie rør og rørplater. Plast vannhoder.

Kjøler Aquaterm spraykjøler HSER 32-30/2 pass med rustfrie rør og rørplater. Plast vannhoder.

Kuldemediepumpe type Hermetic

Elektronisk ekspansjonsventil type Danfoss ICM20B + AKS 41.


Startterskap med omformer for kompressor.

Første fylling med ammoniakk og olje.

VEDLEGG 18

Temperatur °C	Dager	Timer
17	9	216
16	7	168
15	13	312
14	20	480
13	16	384
12	20	480
11	21	504
10	21	504
9	24	576
8	20	480
7	22	528
6	23	552
5	21	504
4	27	648
3	21	504
2	20	480
1	18	432
0	12	288
-1	10	240
-2	9	216
-3	3	72
-4	2,5	60
-5	1,5	36
-6	1,5	36
-7	1,5	36
-8	1	24
	365	8760

VEDLEGG 19

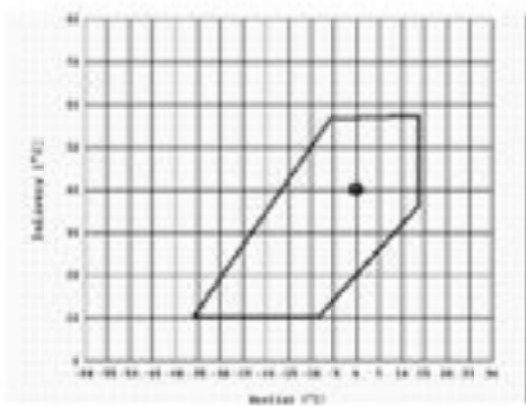


J&E Hall
International
HallScrew Selection Program

Release 1.03

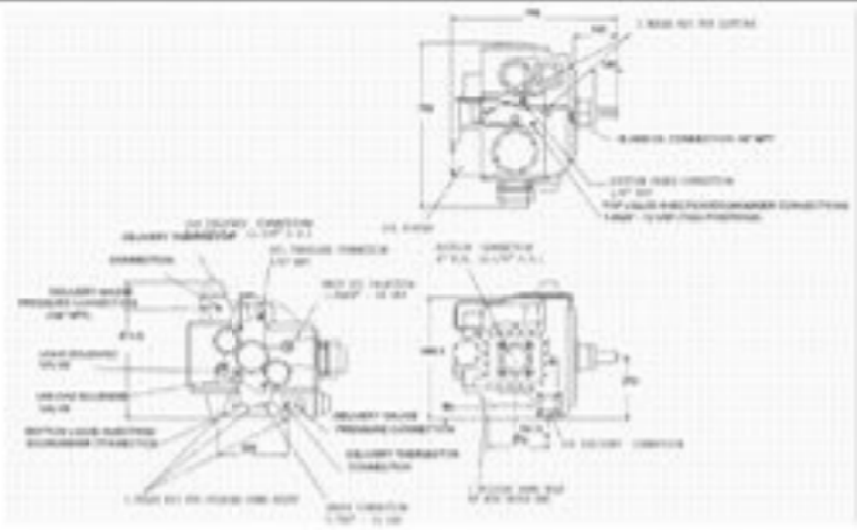
Compressor size: HSO 4222
Refrigerant: R717 (NH3)
Compressor cooling: external oil cooling
Not economised

Suction	0,0 [°C]
Delivery	40,0 [°C]
Useful suction superheat	1,0 [K]
Total suction superheat	3,00 [K]
Liquid subcooling	10,0 [K]
Volume ratio	2,2
Capacity	625,1 [kW]
Power input	120,5 [kW]
COP	4,94
Suction mass flow rate	0,56 [kg/s]
Delivery temperature	74,9 [°C]
Load	100 [%]



Oil injection

Cooling load	53,47 [kW]	Oil injection flow rate	3,52 [m³/h]
Inlet oil temperature	50,00 [°C]		



VEDLEGG 20

Fra: Jarle Nedal <jn@frionordica.com>
Dato: 1. juni 2011 13:19
Emne: SV: GE Healthcare
Til: Gard Bechen <gardbechen@gmail.com>

Heil
Ca 800 kW og 130 kW kraftforbruk.

Mvh
Jarle

Fra: Gard Bechen [mailto:gardbechen@gmail.com]
Sendt: 1. juni 2011 11:04
Til: Jarle Nedal
Emne: GE Healthcare

Hei
Takker. Det er flere bygninger ved bedriften med forskjellig temperaturer på isvannskretsene. Så varmpumpen på 750kW kan kanskje brukes flere steder.
Har du også varmeytelse hvis vanntemperatur inn/ut på fordampner forandres til +8/+5 grader?

Mvh
Gard

VEDLEGG 21

VILTER
Since 1867

Vilter ScrewPro
Single Screw Compressor Report

Customer	Ge	Date / Time	04.04.2011
Project Name	Ge Healthcare	Refrigerant	R717 (Ammonia)
Program Version	9.32	Registered To	Kjetil Finne
Description	Varmepumpe 1500Kw		

Evaporating Temperature	10,0 °C	Condensing Temperature	43,0 °C
Evaporating Pressure	6,3 kg / cm ²	Condensing Pressure	17,2 kg / cm ²
Suction Line Pressure Loss	0,0352 kg / cm ²	Discharge Line Press Loss	0,1406 kg / cm ²
Suction Pressure	6,2 kg / cm ²	Discharge Pressure	17,4 kg / cm ²
Suction Superheat	0,0 °C	Subcooling	6,0 °C

VSM-501@ 100,0% Capacity - 3900 rpm

Capacity	1289,5 kWR	Compression Ratio	2,8
Power	214,8 kw	Volume Ratio	2,2
Heat Rejection	1451,3 kw	Volumetric Efficiency	93,6 %
Torque	526 N-m	Isentropic Efficiency	80,2 %
Speed	3900 RPM	Power/Capacity Ratio	0,167

	Temperature	Mass Flow	Volume Flow
Suction	10,0 °C	4250,2 kgm / hour	876,8 m ³ /hour
Discharge	89,6 °C	4250,2 kgm / hour	401,7 m ³ /hour

Oil Cooling Data	Full Time Oil Pump Required		
Oil Cooling Type	Water Cooled	Oil Type	717
Oil Flow Rate	1,3 l/s	Oil Cooling Load	49,8 kWR 169,9 MBH
Oil Injection Temperature	71,0 °C		

Sizing Data	Price Addition Required for Separator		
Oil Separator Diameter	30 in. @ 75° Cond.		
Suction Line - Std	4 in. 0,1684 kg / cm ²	Discharge Line	4 in.
Suction Line - Optional	5 in. 0,0520 kg / cm ²	Discharge Check	4 in.
Suction Line - Optional	6 in. 0,0200 kg / cm ²		

Note: The information contained in this program is subject to change without notice. Vilter reserves the right to final performance verification. The minimum full load driver power should be 110% of the program predicted power.


EMERSON
Climate Technologies

VEDLEGG 22

Amersham Health AS

Lindesnes Fabrikker

N- 4521 Spangereid
Att: Jan Tellefsen
FAX : 38 25 97 50

27.september 2002
POT
T085- 02 /Rev.02

Tilbud på væskekjøle aggregater Revisjon 02

Vi viser til besøk hos dem 20 september og har fornøyelsen av å sende dem et korrigeret tilbud. Det ble på møtet diskutert konsekvenser for driftsstopp av kjøleaggregatene, og hvilket service nivå man har behov for å tilpasse anleggene til.

Vi har notert oss etterfølgende argumenter som vi har lagt til grunn.

For + 7°C behovet gjelder:

- Max kjølebehov oppstår bare korte perioder i løpet av dagen. (3 timer)
- Det er dimensjonert en magasineringstank på 350m³
- Det er døgkontinuerlig drift.
- Stopp under produksjon bør ikke overstige 2 timer.
- Maskinrommet ligger slik til at lyd kan forplante seg i bygget.
- Vann temperatur på kjølevann er min 20°C max 25°C.
- Det har store økonomiske konsekvenser å få en driftstopp utover 2-3 timer i kjølemaskineriet.
- Unitene leveres og settes på plass i maskinrom. Oppstart vil ikke skje før ca 1 år senere. Justere tilbudet til dette.
- Spenningen på anlegget er 690/400 volt. Dette må det taes hensyn til.

For -15 °C behovet gjelder:

- Ikke så kritisk som for +7 °C systemet, men ønske om 2 helt avskilte kretser.
- Ta med vannregulerventiler for kondensator trykk styring.
- Det er dimensjonert en magasineringstank på 25m³
- Det er døgkontinuerlig drift.
- Spenningen på anlegget er 690/400 volt. Dette må det taes hensyn til.
- Unitene leveres og settes på plass i maskinrom. Oppstart vil ikke skje før ca 1 år senere. Justere tilbudet til dette.
- Maskinrommet ligger slik til at lyd kan forplante seg i bygget.
- Vann temperatur på kjølevann er min 20°C max 25°C.

Generelt:

- Tilby separate priser for levering av aggregatene, og separat pris for oppstart senere. Antydte tidsforbruk ønskes.
- Alle betalings avtaler er pr. 30 dager

YORK Kulde AS

Ringeriksveien 169, Postboks 53, 1313 Vøyenenga

Tlf: +47 67 17 11 00, Fax: +47 67 17 11 01, e-mail: york@yorkref.no

Hovedkontor: Vøyenenga, avd.kontorer: Oslo, Ålesund, Trondheim, Vesterålen, Tromsø

Foretaksregisteret NO 940 729 092 MVA

- Tilby serviceavtale.
- Tilby service kurs for Amerhams egne folk.
- Det skal laves overtagelses protokoll i forbindelse med overlevering
- Definere grensesnittene for vår leveranse.
- Tilby reservedeler i henhold til anbefaling og leveringstider.
- Oppgi leveringstider eksakt på både deler og unitene.

Begrunnelse:

Av mange grunner vil man selv med de nødvendige komponenter på eget lager, og egen servicemann i huset, ikke vil være i stand til å feilsøke og utføre en reparasjon innen den beskrevne tids ramme. Dette forhold gjelder uansett hva slags unit / anleggstype som velges. Siden dere har en stor magasineringstank og at maks kuldebehov bare oppstår i en liten periode i løpet av dagen vil vi foreslå at man ordner rør opplegget slik at man kan magasinere en reserve i tanken. Denne reserven kan bygges opp i de tider hvor det finnes en overkapasitet i maskinene.

Siden maskinrommet slik vi har oppfattet det synes å bli liggende inne i bygget vil lyd kunne bli et problem. Spesielt forplantning av lyd og vibrasjoner fra maskinrommet og ut i bygget. Dette er et meget komplisert forhold som mange har feilet på. Vi kan referere til andre bygg som har erfaring med dette og hvor sentrifugalkompressorene skiller seg meget positivt ut. Konf.

Maskinisten på HIA i Kristiansand.

Uansett anbefaler vi at det benyttes konsulent hjelp til lydisolasjonen av maskinrommet, for å unngå støyforplantninger ut i bygningkroppen.

Vi vil påpeke den svært gode virkningsgrad som sentrifugal unitene har. Denne vil vær uovertruffen noen annen løsning og gi betydelige besparelser i kraftforbruket i løpet av et års drift. Oppdelingen i 2 enheter forbedrer dette ytterligere

Vedlikeholdsmessig er disse maskinene noe av det mest pålitelige som finnes, og fabrikken er derfor noe uforberedt på vårt spørsmål om detaljer rundt de enkelte deler. Vi kommer tilbake med informasjon om dette og eventuelt service/betjeningskurs så snart som mulig.

Oppdelingen på 2 enheter vil etter vår vurdering, medføre følgende fordeler:

- Lavere strømtopper ved oppstart på grunn av mindre motorer.
- Trygghet for driften
- Tid til å få en servicemann tilstede hvis noe skulle skje.
- Vesentlig bedret COP på anleggsbelastning under 1100 kW, medfører store strømbesparelser, siden driften mesteparten av dagen trenger mindre enn 50% av den store uniten som ble tilbudt tidligere. (COP er gunstig ned til 50% ytelse for så å falle hurtig) For skruekompressorer er COP ved dellast betydelig dårligere.
- Mindre risiko for å tape kuldemediefyllingen. (Fordelt på 2 avskilte maskiner)
- Mindre behov for reservedeler på eget lager.

Når det gjelder preservering for 1 års lagring innendørs i bygget, er dette ikke noe problem: Unitene leveres fylt med nitrogen og vil derfor innvendig ha et overtrykk som hindrer fuktighet å trenge inn.

Vi vil levere motorene frakoblet, da disse må turnes jevnlig for smøring. (Gjelder kun de store unitene) En gang pr. måned må motorene turnes manuelt 15 ganger for å smøre alle lagre. Utover dette ber vi om at unitene dekkes til med presenning slik at søl fra andre entreprenører unngås.

T-085-02 rev 2 Aggregater med fluorblandede kuldemedier.

2200kW +7 °C (Oppdelt i 2 units hver på 1250kW)

2stk Sentrifugalkompressor aggregat type YK CH CF P5 5CE E med kuldedia 134a. i henhold til nedenstående spesifikasjon og vedlagte tekniske underlag.

MODEL	YK CH CF P5 5CE E		
REFRIGERANT	134A	GEAR CODE	WW(calc)
RATED CAPACITY (KW)	1250	SPECIFIED CAPACITY (KW)	1250
INPUT POWER (KW)	154	MAX MOTOR LOAD (KW)	158
VOLTAGE / HZ	400 /690/ 50		
ORIFICE (VARY)	VALVE:2	DIFFUSER	Standard
FLA	254	LRA	1726
FULL LOAD (COP)	8.117	NPLV	8.668

STARTER TYPE Reduced voltage Solid State Starter factory mounted.

	Evaporator	Condenser
FLUID	WATER*	WATER*
% BY WEIGHT	0.0*	0.0*
TUBE MTI NO.	181*	260*
PASSES	2*	2*
FOUL FACTOR	0.01761*	0.04403*
FLUID ENT TEMP (C)	11.46	25.00*
FLUID LEV TEMP (C)	7.00*	28,71
FLUID FLOW (L/S)	67.0*	90.0*
FLUID PRDROP (KPA)	22.1	42.8

(*) Designates Specified Input

PART LOAD PERFORMANCE:

Pct Load	CAP (KW)	Pct Power	Inp Pwr (KW)	EEFT (C)	CEFT (C)	CLFT (C)	COP
100	1250	100	154	11,5	25,0	28,7	8.117
90	1125	89	137	11,0	25,0	28,3	8.212
80	1000	77,9	120	10,6	25,0	28,0	8.333
70	875	69,5	107	10,1	25,0	27,6	8.178
60	750	61	94	9,7	25,0	27,2	7.979

27 september 2002
POT
T085-02 /Rev.02

Side 3

50	625	53,9	83	9,2	25,0	26,9	7.530
40	500	46,8	72	8,8	25,0	26,5	6.944
30	375	39,6	61	8,3	25,0	26,1	6.148
20	250	33,1	51	7,9	25,0	25,8	4.902
10	199,5	30,5	47	7,7	25,0	25,6	4.245

Rating certified in accordance with ARI STD. 550/590.

Water-chilling packages using the vapor compression cycle certification program.

Mål og vekt:

Ytre mål (LxBxH): ca. 4,3 x 1,9 x 2,4 m
Vekt: (drift) ca. 10 330 kg

150kW -15 °C

1 stk direkte ekspansjons enhet bestående av følgende komponenter på felles bunnramme:

Aggregatet er delt opp som 2 helt separate enheter.

- 2 stk. Bitzer semihermetiske skruekompressorer type HSN 6461-50, regulerer i 2 trinn pr. kompressor.
 - Fordampningstemperatur : -22 °C
 - Kondenseringstemperatur : 40 °C
 - Kjølekapasitet : 157kW
 - Kraftforbruk på kompr. Aksel : 72,6 kW
- 2 stk. Platefordampere Type TAU M25-20LGX hver med ytelse 78,5kW
 - Væsketemperatur inn/ut : -10/-15 °C (etylenglykol)
 - Sirkulert mengde : 4,65 kg/sek
 - Trykkfall : 21 kPa
- 2 stk. Platekondensator Type TAU M100-100LG. hver med ytelse 115 kW
 - vann inn/ut : 25/32 °C
 - Sirkulert mengde : 3,93 kg/sek
 - Trykkfall : 25 kPa
- 1 stk. Economizer for optimering av driften.
- Første fylling med R507 kuldemedie
- 1 stk væsketank med sikkerhets- og avstengningsventiler
- 1 stk. Starterskap for el. Motor
- Oljeutskiller med automatisk oljeretursystem.

Ytre mål (LxBxH): ca. 2400 x 1200 x 1910 mm

Priser T-085-02 HFK - Kuldemedie R 507 på det minste uniten og R 134a på den store sentrifugal uniten

1 stk eget bygget aggregat med 2 separate kretser for 150kW

-15°C utgående Glykol: **Kr 450 000,- eks.MVA**

2 stk Centrifugal unit a 1250 kW + 7 °C utgående vann **Kr 1 660 500,- eks.MVA**

Pris DDP Amersham Lindesnes (Incoterms 2000), ekskl. mva **Kr.2 110 500,- eks.MVA**

Aggregatene leveres ferdig på ramme med rørarbeider, el.tavle, automatikk, isolasjon, ferdig internt kablet inkl. dokumentasjon.

Tilbudet er komplett med elektrisk tavle og kabling mellom aggregatenes komponenter og eltavle. Eltavle er utstyrt med skillebryter og av/på-bryter for hver krets. Vårt grensesnitt på elektrosiden er ved tilkobling av strøm til skillebryter. På vannsiden ligger vårt grensesnitt ved kondensatorenes og fordampenes tilkoblinger for vann/glykol.

Vi har ikke inkludert lydisolasjon av hver enhet da dette vil vanskeliggjøre adkomst ved betjening, service og vedlikehold. Det er derfor vår oppfatning at man bør isolere hele maskinrommet isteden. For å garantere lydforhold må man kjenne alle detaljer i bygget samt bruke konsulenthjelp. Alle lyddata er for eksempel oppgitt ved såkalte frie flater. Hvilket betyr at i alle situasjoner hvor det finnes reflekterende omgivelser vil lyd dataene være feil. Vi stiller selvfølgelig egne lyddata til veie i forbindelse med lydisolering av rommet. Generelt kan vi likevel opplyse at De små skruene har et lydtrykk på maks 85 db(A) pr. kompressor på 1 m avstand. For sentrifugalmaskinene er lyddata svært gunstig i forhold til tilsvarende størrelse skruekompressorer.

Frakter:

Følgene fraktpriser kan trekkes ut hvis Amersham ønsker å arrangere dette selv:
2 stk YK CH CP P5 5CE E fra Frankrike: **kr. 22 000,- eks.mva**
1 stk Egen bygget -15° aggregat. Fra Oslo **kr. 8300,- eks.mva**
Aggregatene må lastes / losses med kran. Dette er inkludert fra sende stedet men ikke på mottaksiden hos dem.

Oppstart:

Etter klargjøring av bygget, dog begrenset til 16 måneder etter levering av aggregatene: prøvekjøring, oppfylling med kuldemedier, kobling av El.motorer til aggregatene, oppretting innregulering samt opplæring av driftspersonell faktureres etter oppstart, og prisen for dette er: Beregnet medgått tid ca 2 uker

Kr 295.000.- eks mva.

Ventiler

for innmontering på – 15 °C aggregatets trykkside (består av 2 stk trykkstyrte vannventiler type VA46 AS-9301 samt 2 stk spjeldventiler DN50(lug)).
Strømningsvakter for kald side (2 stk F61TB).
Samlet pris:

Kr 20.000.- eks mva.

Anbefalte reservedeler er:

+7°C aggregatene
80 l olje, tørrestoff for filter, maling for rep av skader, syretest for olje, Inhibitor for kjølekretsen til starterne. O-ringer og oljefilter element. **Kr 21950,- eks mva.**
Øvrige reservedeler som måtte være ønskelig, holder vi på å undersøke, men på grunn av at det ikke har vært behov for disse delene tidligere og ferieavvikling på fabrikken har vi hatt problemer med å få dette frem i tide. Vi kommer tilbake til dette i begynnelsen av neste uke.
- 15°C aggregatet

40 l olje, 2 sett væskefilter, 1 stk magnetventilspole, 1 stk INT 389 samt 1 stk termodel.
Samlet pris:

Kr 15.150.- eks mva

Service:

Generelt vil York Kulde sannsynligvis være i stand til å tilby service og oppfølging av de fleste systemene som finnes hos dem. Vi vil derfor foreslå at dette koordineres før en slik avtale inngås.

På grunn av at aggregatene inngår i en produksjons prosess, vil vi foreslå at vi besøker fabrikkene 2 ganger pr. år. En service avtale basert på de her tilbudte aggregater, kan vi da tilby for.: **Kr 24000,- eks mva pr år**

Ved inngåelse av en slik avtale vil vi i tillegg gi en rabatt på ordinære timepriser for våre servicemontører på **10%**

Prisen inkluderer arbeidstid, reisetid, diett, reisekostnader og losji samt oljeanalyser for hver kompressor.

Se vedlagte sjekkliste.

Forutsetninger for tilbudet er endret/presisert i forhold til Alminnelige

Innkjøpsbetingelser for Amersham Health AS på følgende punkter: (Må taes med i avtaledokumentet)

York Kuldes egne betingelser er vedlagt og korrigeret, for i størst mulig grad å tilpasse disse til Alminnelige Innkjøpsbetingelser for Amersham Health AS og NS 3430, men med noen endringer som her presiseres.

- Reklamasjonstid utvidet fra 12 til 24 måneder fra levering, medfører krav om skriftlig inngått servicekontrakt i tillegg.

- York Kulde dekker ikke følgeskader som driftstap, kuldemedium, eller annet tap/følgeskade.

- Betalingsbetingelser:

Kun levering av aggregatene:

30% ved bestilling mot bankgaranti fra York Kulde AS.

70% når utstyret er ankommet anleggsplassen, eller melding om at utstyret er rettidig klart til avsendelse.

Oppstart, fylling og instruksjon

Netto pr 30 dager etter godkjent overtagelses protokoll. (enten anlegget er tatt i bruk, eller ikke.) .

Morarente ved forskuddsnota og slutfaktura er 1% per måned.

Sikkerhet for York Kuldes kontraktforpliktelser stilles som bankgaranti på 10 %, men endres i henhold til NS 3430 etter overtagelse til 3% første året og 2 % det andre i reklamasjonsperioden.

- Det skal avholdes en overtagelsesforretning med protokoll hvor vesentlige feil og mangler påpekes og med frister for utbedring.

27 september 2002
POT
T085-02 /Rev.02

Side 6

Leveringstiden:

Aggregatene er tilvirkningskjøp, og leveringstid oppgitt er pr. dato, og er ved bestilling i uke 40
Vurdert til uke 7. 2003. (Ex work uke 6)

Vi beklager at vi ikke har fått justert reservedelslister og priser og vil komme tilbake til dette så
fort vi får svar fra fabrikken. (Nye typer og ferie har forsinket fremdriften på dette)

Vi håper vårt tilbud er som ønsket, og imøteser Deres tilbakemelding.

Med vennlig hilsen
YORK Kulde AS

Per Otto Thorkildsen

Vedlegg:

Sjekk liste for service.

Målskisse Centrifugal unit:

Skjema skrue unit.

Katalog for Centrifugal unit.

Reviderte Salgs og leveringsbetingelser.

27 september 2002
POT
T085-02 /Rev.02

Side 7

VEDLEGG 23

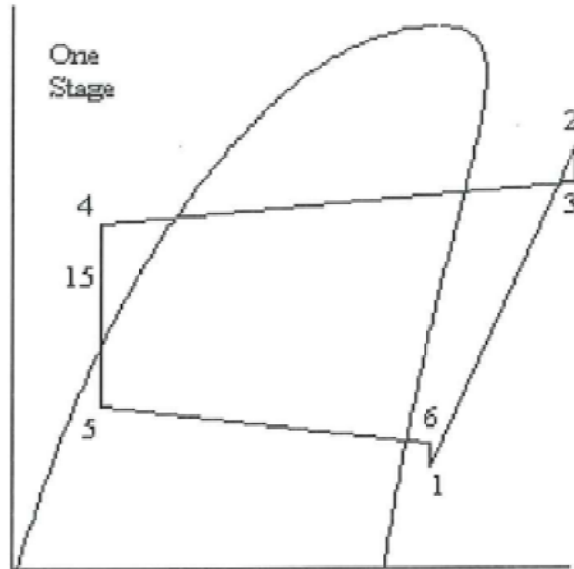
Nr	Bygg	Kategori	Beliggenhet	Lum nr	Lum nr	Lubek	Fervert	Nakrse	Naktditt	Kierem tillid	Pr til kvv	Pr at kvv	Sel. Punkt	varmeko	Se.punkt	varme EN/Dif.	ve dager	Drt	hølg	Kommentar	l sty+g	
10	Cd/e 15	V2	Service bygge	P02			NA	NA		XPZ 592												
75	Cd/e 15	15 3 V24	Prosess sonett	"540" 151A737 og 152A787	22000	22000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15									A-egget går i sty+g	
76	Cd/e 15	15 3 V24	Prosess sonett	"540" 151A595 og "52A5186" Tommelh.	22000	22000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 18Min	15								
77	Cd/e 15	15 3 V23	Prosess sonett	"540" reaktorhall 1. Ekg	22000	22000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 18Min	15								
78	Cd/e 15	15 3 V23	Prosess sonett	"540" Reaktorhall 2. Ekg	22000	22000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 17Min	15								
79	Cd/e 15	15 3 V26	Prosess sone	"541" "5 CT07 og 152CT07	22800	22800	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 18Min	15								
80	Cd/e 15	15 3 V22	Prosess sone	"541" 151CS05 og reaktorhall 1. ekg	23000	23000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 20Min	20								
81	Cd/e 15	15 3 V22	Prosess sone	"541" "52CS05 og reaktorhall 2. ekg	24000	24000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 18Min	15								
82	Cd/e 15	15 3 V25	Prosess sonett	ABA og b sulitt 1. Ekg(mekrområde)	22000	22000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 20Min	17								
83	Cd/e 15	15 3 V25	Prosess sonett	ABA og b sulitt 2. ekg	22000	22000	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 18Min	15								
84	Cd/e 15	15 3 V27	Prosess sonett	ICL 1 og 2. Ekg	23800	23900	Ja	Ja		DIREKTE	15	15	Varmeset: 18Min	15								
85	Cd/e 15	15 S6 V21	Service bygge	Differential celle 15	23575	26680	Ja	NA		DIREKTE	15	15	Varmeset: 23Min	20								
86	Cd/e 15	15 S1 verkst	Service bygge	Teknik rom under driftsentral	7000		NA	NA		DIREKTE	2,6											
87	Cd/e 15	15 1M V20	Service bygge	Teknikrom 15 L 125 under prosessbygge	35000		NA	NA		DIREKTE	7,5											
88	Cd/e 15	Ukjent	Service bygge	Teknik rom ICL	22000		NA	NA		DIREKTE	5,5											

VEDLEGG 24

 ***** Coordinates *****

Refrigerant: R717

Values at points 1-6,15 for the selected one stage cycle



Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	9,871	6,110	0,206691	1470,525	5,4919
2	96,128	16,883	0,098219	1650,419	5,5911
3	96,128	16,883	0,098219	1650,419	5,5911
4	38,000	16,883	N/A	376,862	N/A
5	10,000	6,150	N/A	376,862	N/A
6	10,000	6,150	0,205335	1470,525	5,4890
15	N/A	16,743	N/A	376,862	N/A

Copyright © 1999 Dep. of Energy Engineering, DTU
 M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen 11-06-04

Refrigerant: R717

Data:

Te [°C]	=	10,00
Tc [°C]	=	43,00
DT subcooling [K]	=	5,00
DT superheat [K]	=	0,00
Dp condenser [Bar]	=	0,00
Dp liquid line [Bar]	=	0,14
Dp evaporator [Bar]	=	0,00
Dp suction line [Bar]	=	0,04
Dp discharge line [Bar]	=	0,00
Isentropic efficiency	=	0,80

Calculated:

Qe [kJ/kg]	=	1093,662
Qc [kJ/kg]	=	1273,557
W [kJ/kg]	=	179,895
COP [-]	=	6,08
Pressure ratio [-]	=	2,763

Dimensioning:

Qe [kW]	=	1288,119
Qc [kW]	=	1500,000
m [kg/s]	=	1,17780378
V [m ³ /h]	=	876,3898
Volumetric efficiency	=	0,00
Displacement [m ³ /h]	=	0
W [kW]	=	211,881
Q loss [kW]	=	0,000

