

Nordby Mårup Varmeværk

Evaluering af målinger

Forord

Denne rapport afslutter projektet "Måleprogram for Nordby-Mårup Fjernvarmeværk", journal nr. 51181/01-0025 finansieret via Energistyrelsens Udviklingsprogram for vedvarende energi m.m.

Deltagere i projektet:

Per Alex Sørensen, Planenergi

Leif Holm Tambjerg, Planenergi

Henrik Gylling, Nordby Mårup varmeværk

Søren Østergaard Jensen, SolEnergiCentret, Teknologisk Institut

Nordby Mårup Varmeværk – Evaluering af målinger

1. udgave, 1. oplag, 2004

© Teknologisk Institut

Energidivisionen

ISBN: 87-7756-722-6

ISSN: 1600-3780

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Summary | 3 |
| 1. Indledning | 4 |
| 1.1. Nordby Mårup varmeværk | 4 |
| 1.1.1. Styring af varmeværket | 7 |
| 2. Målinger | 9 |
| 2.1. Målesystem | 9 |
| 3. Hjemmeside | 11 |
| 4. Vurdering af måledata og ydelse | 17 |
| 4.1. Kvalitetscheck af måledata | 17 |
| 4.2. Årlig ydelse for solvarmeanlægget | 22 |
| 4.3. Undersøgelse af anlæggets funktion ved hjælp af timeværdier | 24 |
| 4.3.1. 26. juni – 2. juli 2003 | 24 |
| 4.3.2. 29. oktober – 4. november 2002 | 27 |
| 4.4. Volumenstrøm i solfangerkredsen | 30 |
| 5. Sammenligning med beregninger | 33 |
| 5.1. Fjernvarme | 33 |
| 5.2. Solvarme | 34 |
| 6. Driftserfaringer | 36 |
| 7. Økonomi | 37 |
| 8. Konklusion | 38 |
| 9. Referencer | 39 |
| Bilag A Datablad for den anvendte solfanger | 40 |

Summary

The district heating system at Nordby Mårup situated on the small island Samsø was put into operation in November 2001 and has been running without major problems since then. The plant consists of a 2.500 m² solar collector array with at 800 m³ storage tank, a wood chip boiler and a oil fired boiler as backup. The oil-fired boiler only delivers about 4 % of the demand of the district heating.

The engineer reports that the solar heating system is very easy to operate. The engineer also takes care of a straw fired boiler at the district heating plant at Tranebjerg. During the harvest season when the engineer is fully occupied harvesting straw he doesn't need to worry about the plant in Nordby Mårup where the sun is ensuring the heat delivery.

The solar collector array performs almost as expected (maybe with a bit smaller yield than foreseen). The yield for the year May 2002-April 2003 was 434 kWh/m², which is high for this type of system with a high degree of coverage by the solar heating system. The degree of coverage was for the year May 2002-April 2003 21 % while the expected degree of coverage was 25 %. The lower realized degree of coverage is due to a 21 % higher district heat demand than anticipated during the design of the system.

Energy production and temperatures in the system are directly available via the homepage of the district heating plant – www.nordby-maarup.dk. The yields and temperatures from the home pages should, however, be utilized with care as lacking measuring data sometimes leads to a wrong picture of the performance of the plant. Corrections have been made for this in the present report but not in the home page. There has further been problems with the heat meter of the district heating circuit – the home page doesn't show the same values as the heat meter itself.

The price for the solar heat has been calculated to be 0,29 DKK/kWh without subsidies. Including subsidies (49 % of the cost of the solar heating system) the price of the solar heat is reduced to 0,15 DKK/kWh which is profitable for the plant.

1. Indledning

Samsø blev af Energiministeriet i 1997 udnævnt til Danmarks Vedvarende Energi Ø. Målsætning var, at Samsø på sigt skulle blive selvforsynende med vedvarende energi – for yderligere informationer se www.veo.dk.

Som et led planen om at omdanne Samsø til en vedvarende energi ø blev der i 2001 etableret et kombineret biomasse- og solvarme-fjernvarmeværk i det lille landsbysamfund Nordby Mårup beliggende på den nordlige del af Samsø.

Anlægget består af et solvarmeanlæg på 2.500 m² med en lagertank på 800 m³, en biomassekedel samt en oliefyret kedel som back-up.

Der er tilsluttet 110 husstande med ca. 250 beboere til fjernvarmenettet.

Anlægget er projektet til at have en dækningsgrad med solvarme på 25%. Da det på daværende tidspunkt var den højeste dækningsgrad med sol i et fjernvarmesystem, bevilgede Energi styrelsen midler til måle på anlægget for at kunne verificere, om den forventede ydelse opnås. Da det samtidigt var intentionen, at denne anlægstype gerne skulle danne model for andre danske biomassefyrede fjernvarmecentraler, skulle måleresultaterne løbende gøres tilgængelig via en hjemmeside.

Nærværende rapport fokuserer primært på solvarmeanlægget og dets ydelse.

1.1. Nordby Mårup varmeværk

Figur 1.1 viser en principskitse af varmeværket. Varmeværket består som nævnt af et solfangereareal på 2.500 m², en lagertank på 800 m³, et biomassefyrt på 0,9 MW samt back-up i form af en oliefyret kedel på 1,4 MW.

Varmeværket og solfangerfeltet ligger på en mark mellem landsbyerne Nordby og Mårup. Figur 1.2 viser placeringen af solfangerfelt, lagerbeholder og kedelcentral.

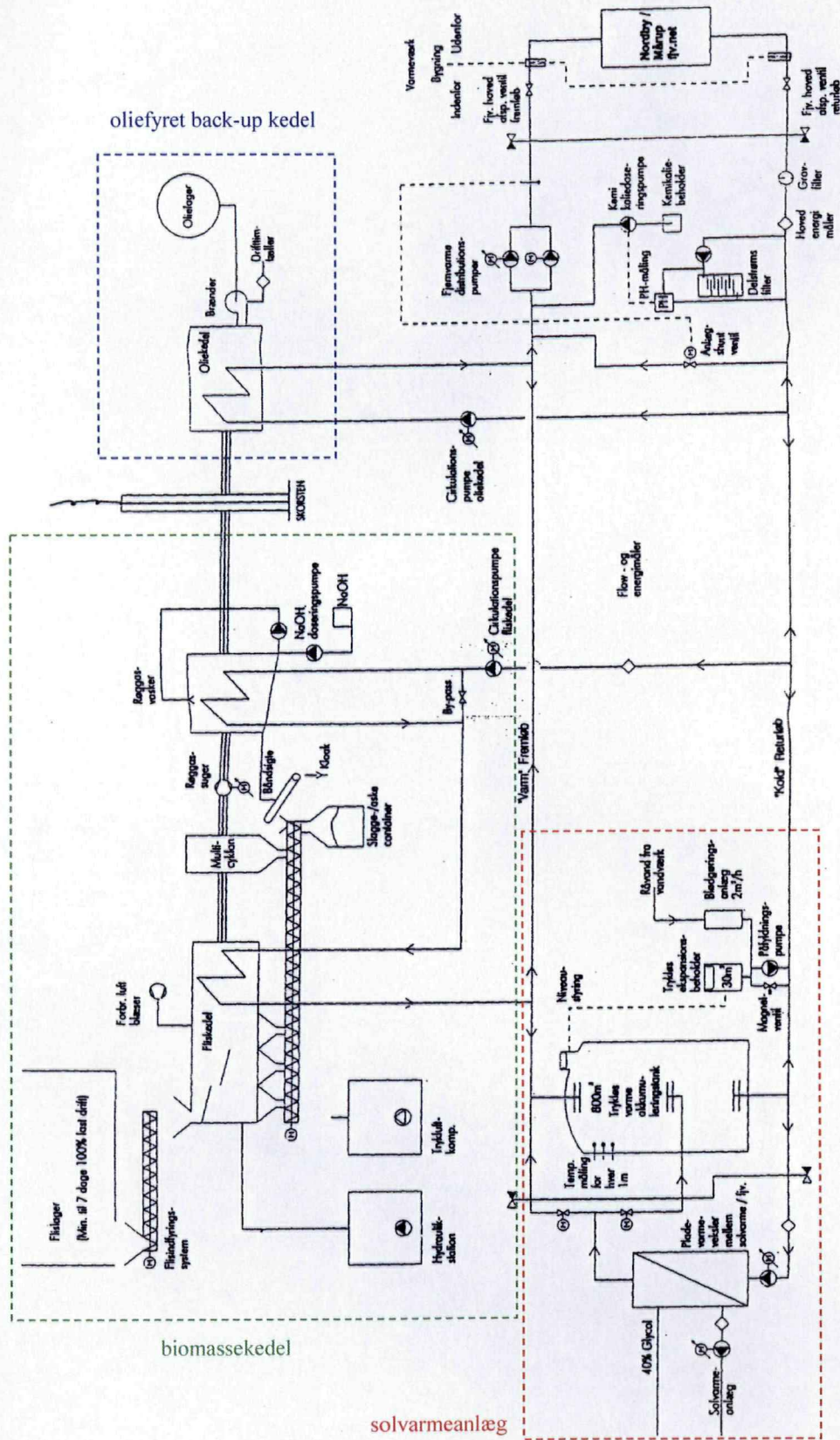
Solfangerfeltet består af 200 af Arcon Solvarme's HT-NA solfangere på 12,5 m². Et datablad for denne type solfanger findes i bilag A. Solfangere er placeret i 20 rækker med 10 solfangere i hver række. Solfangerene er monteret på betonblokke placeret direkte på jorden. Afstanden mellem rækkerne er 4,5 m. Solfangerne er sydvendte med en lille drejning på 13° mod øst. Hældningen er 40°.

Rørføringen af udført i præisolerede fjernvarmerør til en varmeveksler i kedelcentralen. De 10 solfangere i hver række er koblet i serie, mens de 20 rækker er koblet parallelt som vist i figur 1.3.

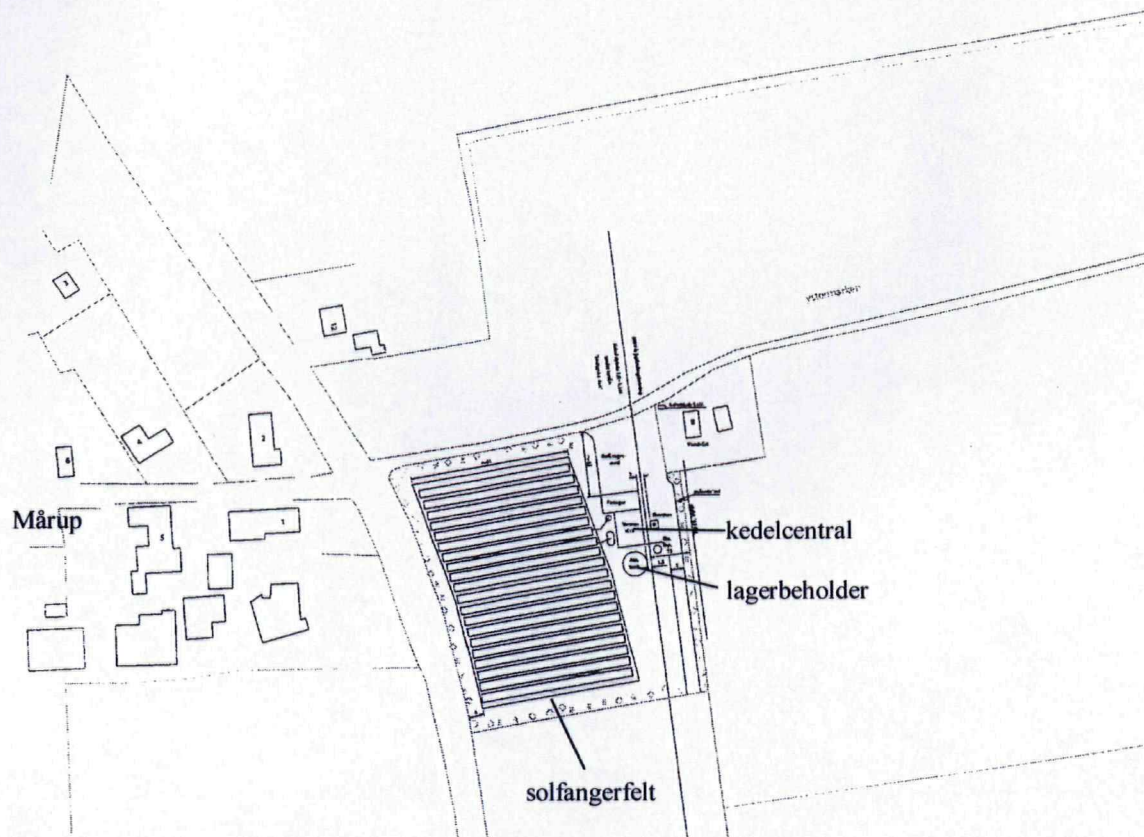
Lagerbeholderen på 800 m³ er opbygget på stedet. Lagerbeholderen har en diameter på 8,5 m og er isoleret med 300 mm mineraluld.

Figur 1.4 viser et billede af solfangerfelt med lagerbeholder og kedelcentral i baggrunden

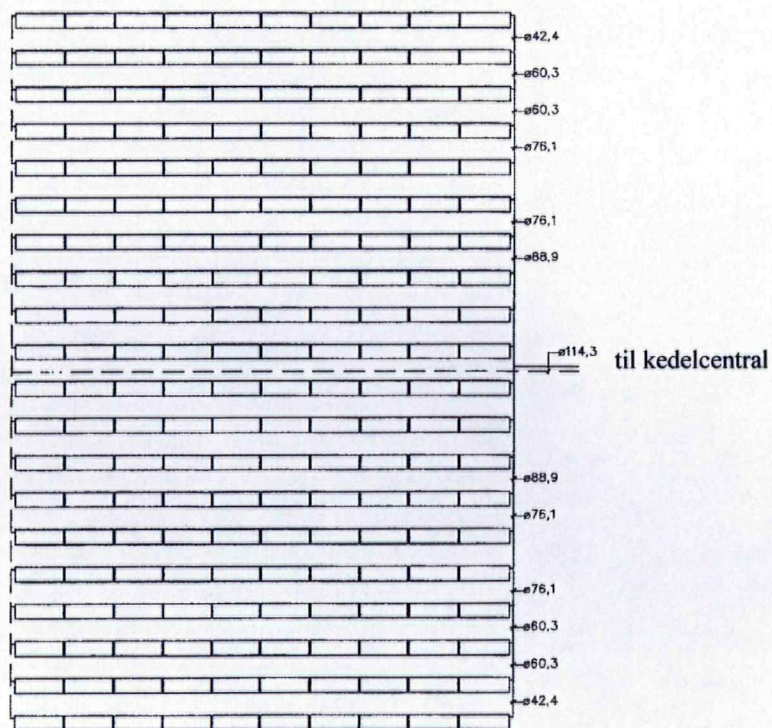
Varmeværket blev sat i drift i november 2001.



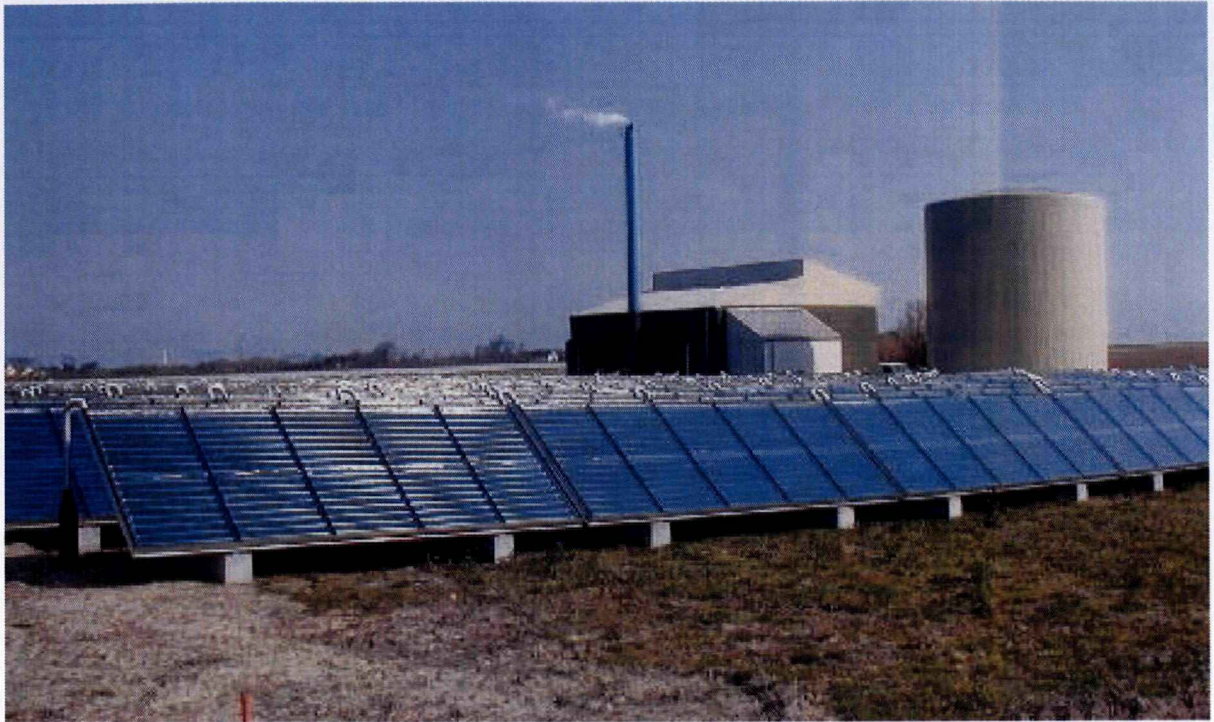
Figur 1.1. Principskitse af Nordby Mårup varmeværk



Figur 1.2. Placering af solfangerfelt, lagerbeholder og kedelcentral



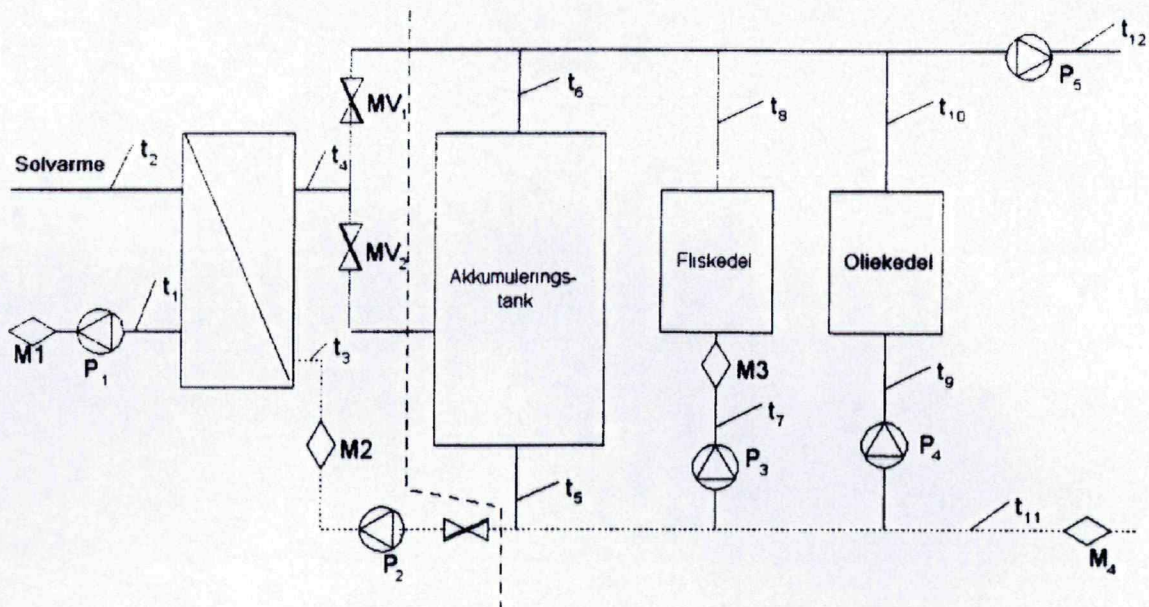
Figur 1.3. Rørføringen i forbindelse med solfangerfeltet



Figur 1.4. Solfangerfelt med lagerbeholder og kedelcentral i baggrunden

1.1.1. Styring af varmeværket

Figur 1.5 viser et simplificeret systemdiagram for opbygningen af kedelcentralen inkl. lagerbeholder. Systemdiagrammet anvendes i det følgende til at forklare styringen af systemet.



Figur 1.5. Systemdiagram for kedelcentral inkl. lagerbeholder.

Solvarmeanlæg

Solvarmepumpen P_1 starter, når udelufttemperaturen og solindstrålinger er tilstrækkelig til, at der teoretisk set er noget at hente i forhold til temperaturen i bunden af lagertanken. Dette gøres ved at anvende effektivitetsudtrykket for solfangerne. P_1 stopper når t_2 er mindre end 1 K over t_3 .

Pumpen på sekundærsiden P_2 starter, når temperaturen fra solfangerne t_2 overstiger temperaturen i bunden af lagertanken med f.eks. 2 K og stopper igen, når t_4 bliver mindre end 1 K over t_3 .

P_1 og P_2 reguleres mellem 15 og 100% af max. volumenstrøm for at opnå et valgt fast sætpunkt for t_2 f.eks. 75°C. Uden for sommerperioden sættes sætpunktet lavere, og det nederste indkøb i lagertanken anvendes.

Akkumuleringstanken kan både opvarmes fra toppen eller fra den nederste tredjedel som vist i figur 1.1. Ventilen MV_1 er åben, når t_4 er over det valgte sætpunkt, mens MV_2 er åben, når t_4 er under det valgte sætpunkt.

Fliskedel

Fliskedlen starter, når fremløbstemperaturen ikke kan opretholdes ved hjælp af solvarme og varme fra akkumuleringstanken.

Temperaturerne $t_{12}-t_{11}$ og flowet M_4 bestemmer, hvilken effekt fliskedlen skal levere.

Ved opladning af akkumuleringstanken leveres fuld ydelse og en delstrøm oplader akkumuleringstanken fra oven.

Alle pumper er med variabelt flow.

Oliekedel

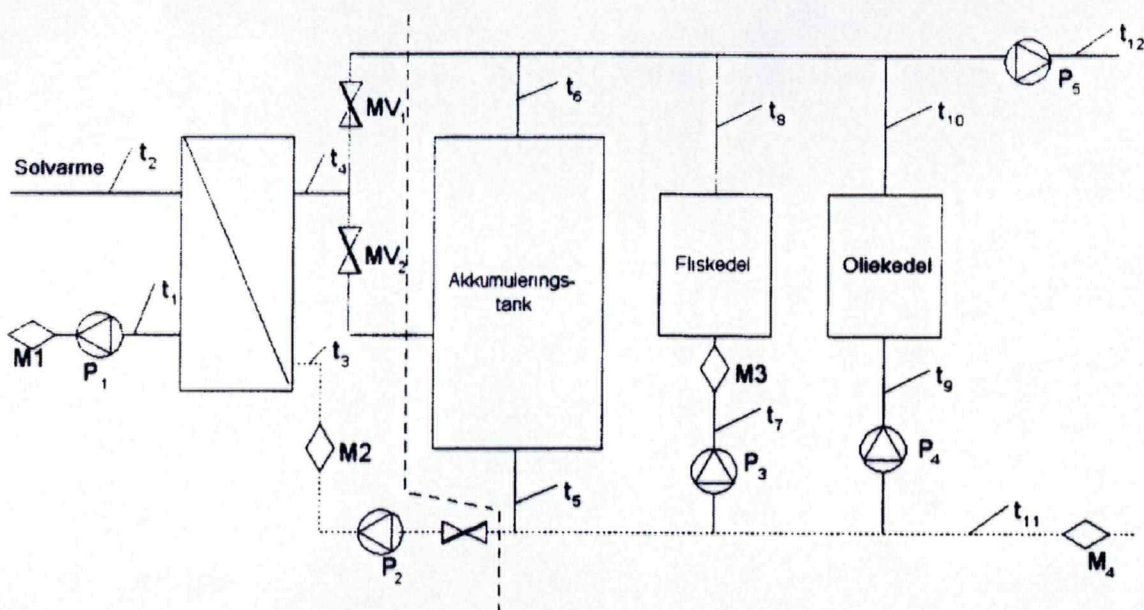
Styres som fliskedlen.

2. Målinger

Formålet med projektet var at fastlægge ydelsen for specielt solvarmeanlægget ved Nordby Mårup varmeværk samt løbende at gøre måledataene tilgængelige via en hjemmeside, så interesserede kan følge med i anlæggets produktion.

2.1. Målesystem

Figur 2.1 viser placeringen af de fleste af sensorerne i målesystemet.



Figur 2.1. De fleste af målesystemets sensorer.

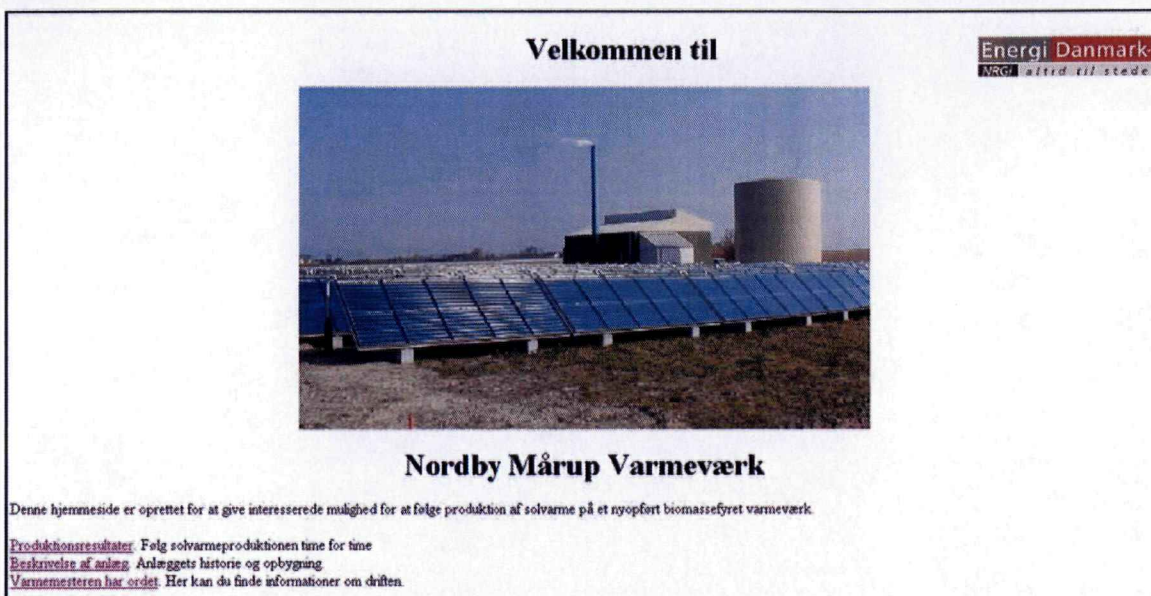
| | |
|--------------------|---|
| Vejrforhold: | Solarimeter i samme plan som solfangerne (ikke vist på figur 2.1) Udelufttemperatur (ikke vist på figur 2.1) |
| Solfangerkreds: | M1: energimåler i solfangerkredsen t1: fremløbstemperaturen til solfangerne t2: returtemperaturen fra solfangerne t3: fremtemperaturen til solvekseren t4: returtemperaturen fra solvekseren |
| Akkumuleringstank: | M2: energimåler i sekundærkredsen t5: bundtemperaturen i akkumuleringstanken t6: toptemperaturen i akkumuleringstanken desuden 9 temperaturfølere mere i akkumuleringstanken (ikke vist i figur 2.1) |
| Fliskedel: | M3: energimåler for fliskedel t7: fremløbstemperaturen til fliskedelen t8: returtemperaturen fra fliskedelen |

- Oliekedel: der er ingen energimåler for oliekedel – i stedet er der installeret en timetæller (ikke vist i figur 2.1), hvor der desværre ikke er modtaget signaler fra, selv om der har været et mindre olieforbrug
- t₉: fremløbstemperaturen til oliekedlen
 - t₁₀: returtemperaturen fra oliekedelen
- Fjernvarmekreds: M₄: energimåler i fjernvarmekredsen
- t₁₂: fremløbstemperaturen til fjernvarmekredsen
 - t₁₁: returtemperaturen fra fjernvarmekredsen

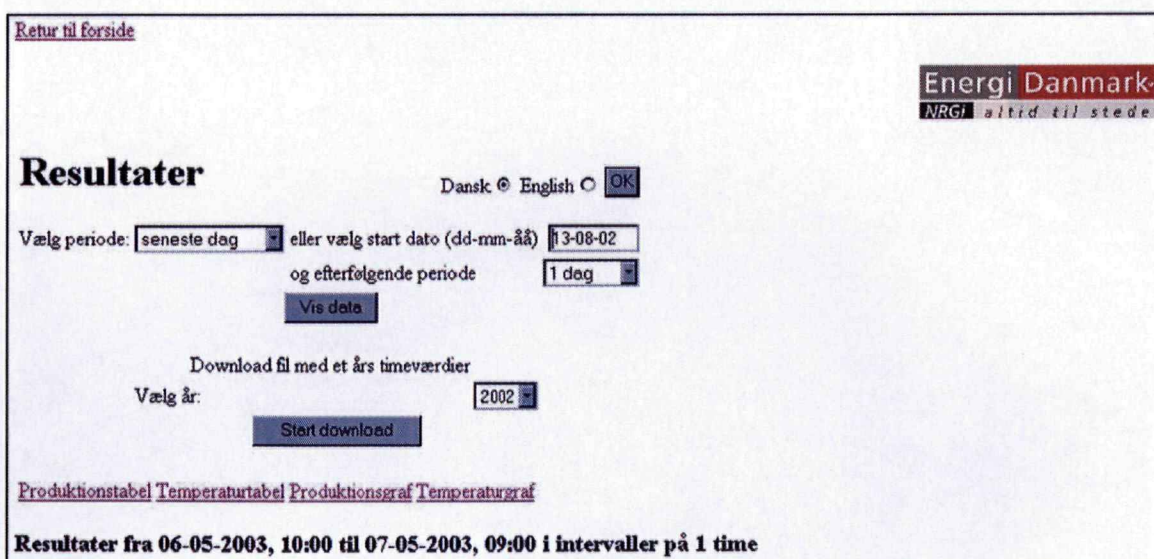
3. Hjemmeside

De målte værdier offentliggøres løbende på Nordby Mårup varmeværks hjemmeside: www.Nordby-Maarup.dk udviklet af Planenergi.

Måledataene vises dels i tabelform dels i form af kurver. Brugeren kan selv vælge hvilken startdag, der skal vises fra, om visningen skal være 1 dag, 1 uge, 1 måned, 1 kvartal eller 1 år. Figur 3.1 viser hjemmesidens forside, mens figur 3.2 viser toppen af resultatsiden, hvor de ønskede data kan specificeres.



Figur 3.1. Startside for Nordby Mårup Varmeværks hjemmeside



Figur 3.2. Menu på hjemmeside til visning af måleresultater

I det følgende vises eksempler på visningen af resultater på hjemmesiden – figur 3.3-6. Interesserede henvises til selv at udforske hjemmesiden. Figur 3.3-4 viser energiproduktionen time for time som henholdsvis tabel og graf, mens figur 3.5-3.6 viser forskellige temperaturer time for time.

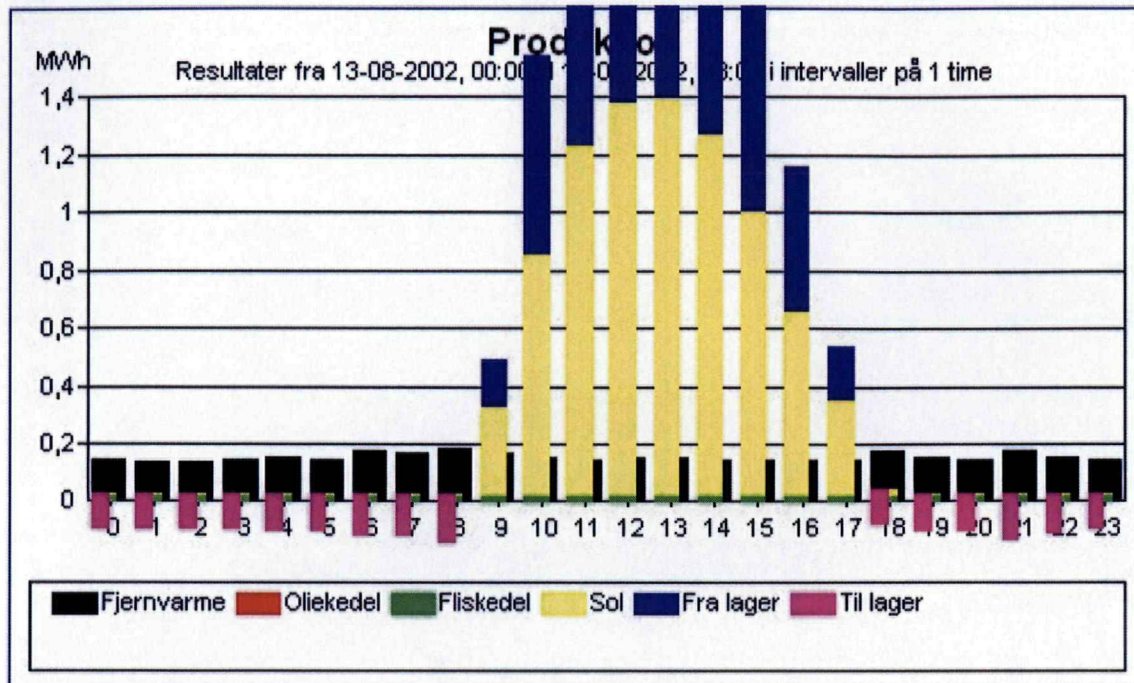
| Produktion | | | | | | |
|-------------------|-------------|------|------------|-----------|-----------|------------|
| Dato og time | Indstråling | Sol | Flis kedel | Oliekedel | Til lagar | Fjernvarme |
| start på periode | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh |
| 13-08-2002, 00:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,12 | 0,15 |
| 13-08-2002, 01:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,12 | 0,14 |
| 13-08-2002, 02:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,12 | 0,14 |
| 13-08-2002, 03:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,12 | 0,15 |
| 13-08-2002, 04:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,16 |
| 13-08-2002, 05:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,15 |
| 13-08-2002, 06:00 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,15 | 0,18 |
| 13-08-2002, 07:00 | 0,18 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,15 | 0,17 |
| 13-08-2002, 08:00 | 0,32 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,17 | 0,19 |
| 13-08-2002, 09:00 | 1,21 | 0,31 | 0,02 | 0,00 | -0,16 | 0,17 |
| 13-08-2002, 10:00 | 1,73 | 0,83 | 0,02 | 0,00 | -0,69 | 0,16 |
| 13-08-2002, 11:00 | 2,02 | 1,21 | 0,02 | 0,00 | -1,07 | 0,15 |
| 13-08-2002, 12:00 | 2,17 | 1,36 | 0,02 | 0,00 | -1,22 | 0,16 |
| 13-08-2002, 13:00 | 2,17 | 1,37 | 0,02 | 0,00 | -1,23 | 0,16 |
| 13-08-2002, 14:00 | 2,03 | 1,25 | 0,02 | 0,00 | -1,11 | 0,15 |
| 13-08-2002, 15:00 | 1,74 | 0,98 | 0,02 | 0,00 | -0,85 | 0,15 |
| 13-08-2002, 16:00 | 1,34 | 0,64 | 0,02 | 0,00 | -0,50 | 0,15 |
| 13-08-2002, 17:00 | 0,84 | 0,33 | 0,02 | 0,00 | -0,19 | 0,15 |
| 13-08-2002, 18:00 | 0,29 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,18 |
| 13-08-2002, 19:00 | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,16 |
| 13-08-2002, 20:00 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,15 |
| 13-08-2002, 21:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,16 | 0,18 |
| 13-08-2002, 22:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,14 | 0,16 |
| 13-08-2002, 23:00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,12 | 0,15 |
| Sum | 16,20 | 8,45 | 0,48 | 0,00 | -5,00 | 3,81 |

Figur 3.3. Energistrømme i anlægget d. 13. maj 2002.

Det er desuden muligt at downloadet samtlige data som timeværdier for et år som en ASCII-fil, så brugeren selv har mulighed for at lege med måledataene.

Figur 3.3 viser et problem med målingerne. Ydelsen for solfangeren er altid mindst 0,01 MWh pr. time – selv om natten, og ydelsen for flis kedlen er altid mindst 0,02 MWh pr. time. Det antages, at det er et systematisk off-set, som der i den senere behandling af måledataene i denne rapport korrigeres for.

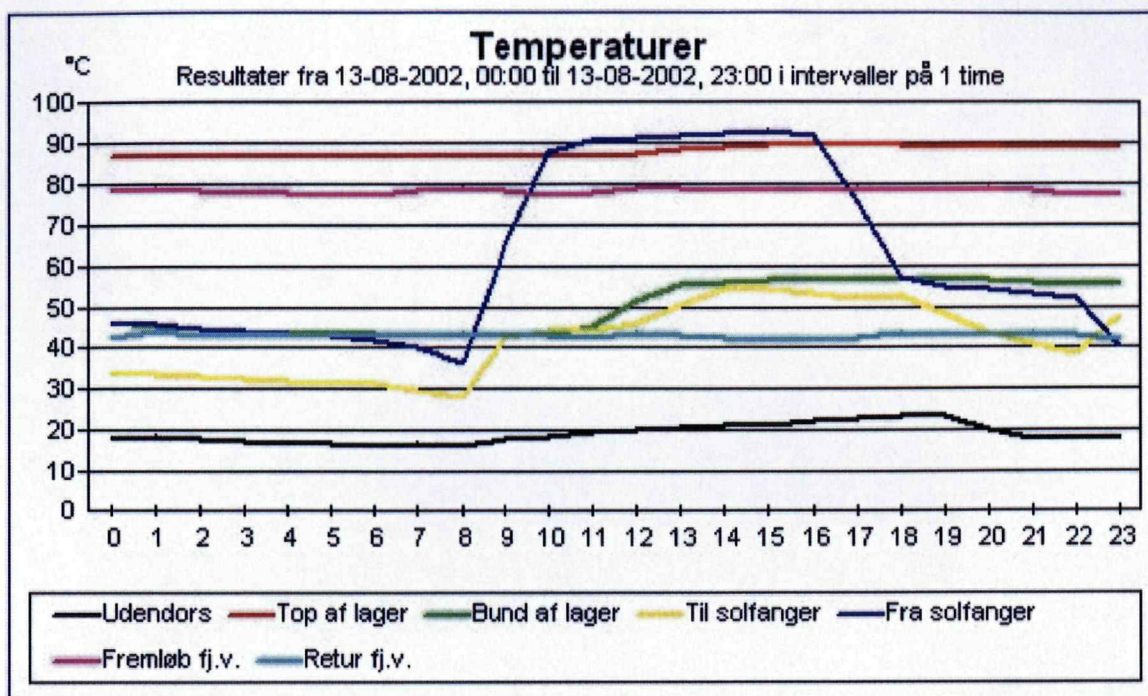
De viste data på hjemmesiden udtrækkes automatisk fra måledataene. Der sker ikke et kontrolcheck af dataene. Derfor skal man være lidt forsigtig med at anvende dataene fra hjemmesiden. Dels på grund af den ovennævnte off-set fejl, dels fordi der forekommer perioder med manglende data, som man måske ikke opdager, hvis der udelukkende kikkeres på måneds- eller årsmiddelværdier. Figur 3.7 viser middelmånedstemperaturer for perioden april 2002-marts 2003. Temperaturerne er lave i april, fordi målingerne blev først startet op sidst i april 2002. For december 2002 ses et kraftigt dyk i temperaturniveauerne, hvilket som figur 3.8 viser skyldes måleudfald for 11 dage i denne måned.



Figur 3.4. Energistrømme i anlægget d. 13. maj 2002.

| Temperaturer | | | | | | | |
|-------------------|----------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| Dato og time | Udendørs | Top af lager | Bund af lager | Til solfanger | Fra solfanger | Fremløb fj.v. | Retur fj.v. |
| start på periode | Celcius | Celcius | Celcius | Celcius | Celcius | Celcius | Celcius |
| 13-08-2002, 00:00 | 18,02 | 86,69 | 46,48 | 33,98 | 46,52 | 78,35 | 42,29 |
| 13-08-2002, 01:00 | 18,37 | 86,65 | 45,41 | 33,40 | 45,70 | 78,66 | 43,88 |
| 13-08-2002, 02:00 | 17,94 | 86,67 | 44,70 | 32,85 | 44,90 | 78,15 | 43,17 |
| 13-08-2002, 03:00 | 17,53 | 86,62 | 44,11 | 32,42 | 44,23 | 77,68 | 43,19 |
| 13-08-2002, 04:00 | 16,92 | 86,65 | 43,74 | 31,95 | 43,46 | 77,85 | 43,25 |
| 13-08-2002, 05:00 | 16,65 | 86,64 | 43,51 | 31,51 | 42,78 | 77,18 | 43,63 |
| 13-08-2002, 06:00 | 16,38 | 86,63 | 43,35 | 31,10 | 42,09 | 76,99 | 43,24 |
| 13-08-2002, 07:00 | 16,57 | 86,62 | 43,24 | 29,83 | 40,28 | 78,01 | 43,27 |
| 13-08-2002, 08:00 | 16,39 | 86,60 | 43,15 | 28,19 | 36,35 | 78,83 | 43,84 |
| 13-08-2002, 09:00 | 17,70 | 86,50 | 43,14 | 42,45 | 64,73 | 77,95 | 43,15 |
| 13-08-2002, 10:00 | 18,54 | 86,44 | 43,29 | 44,33 | 87,78 | 77,37 | 43,28 |
| 13-08-2002, 11:00 | 19,46 | 86,63 | 45,37 | 44,40 | 90,25 | 77,65 | 42,68 |
| 13-08-2002, 12:00 | 19,91 | 87,38 | 51,64 | 45,69 | 90,94 | 78,58 | 43,40 |
| 13-08-2002, 13:00 | 20,68 | 88,29 | 55,47 | 50,51 | 91,54 | 78,59 | 42,83 |
| 13-08-2002, 14:00 | 21,17 | 88,95 | 56,02 | 54,28 | 92,01 | 78,21 | 42,49 |
| 13-08-2002, 15:00 | 21,50 | 89,46 | 56,19 | 54,30 | 92,55 | 78,49 | 41,95 |
| 13-08-2002, 16:00 | 22,14 | 89,79 | 56,23 | 52,96 | 91,38 | 78,25 | 42,08 |
| 13-08-2002, 17:00 | 22,65 | 89,34 | 56,28 | 51,89 | 75,15 | 79,00 | 42,28 |
| 13-08-2002, 18:00 | 23,23 | 89,12 | 56,35 | 52,33 | 57,17 | 78,02 | 43,45 |
| 13-08-2002, 19:00 | 23,24 | 89,05 | 56,31 | 47,92 | 54,96 | 77,98 | 42,75 |
| 13-08-2002, 20:00 | 20,07 | 88,93 | 56,23 | 43,58 | 54,13 | 78,54 | 42,82 |
| 13-08-2002, 21:00 | 18,01 | 88,85 | 56,02 | 40,72 | 53,11 | 78,25 | 43,81 |
| 13-08-2002, 22:00 | 17,76 | 88,80 | 55,56 | 38,79 | 52,08 | 77,26 | 42,95 |
| 13-08-2002, 23:00 | 17,83 | 88,72 | 56,00 | 47,55 | 40,49 | 77,35 | 42,09 |

Figur 3.5. Temperaturforhold i anlægget d. 13. maj 2002.

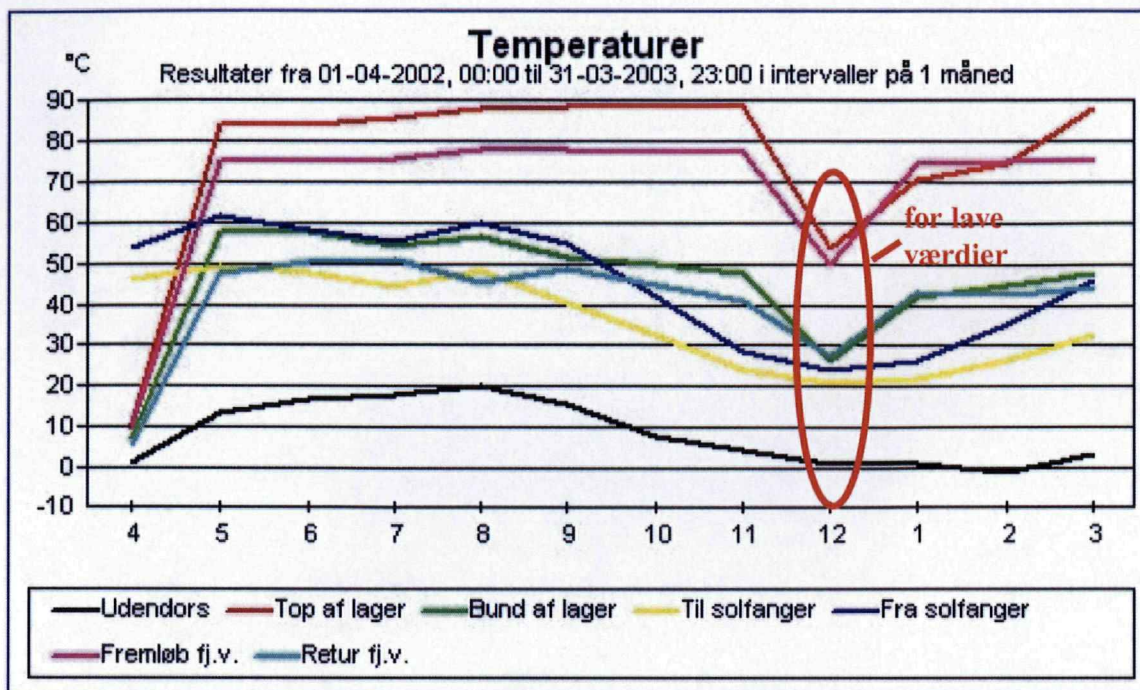


Figur 3.6. Temperaturforhold i anlægget d. 13. maj 2002.

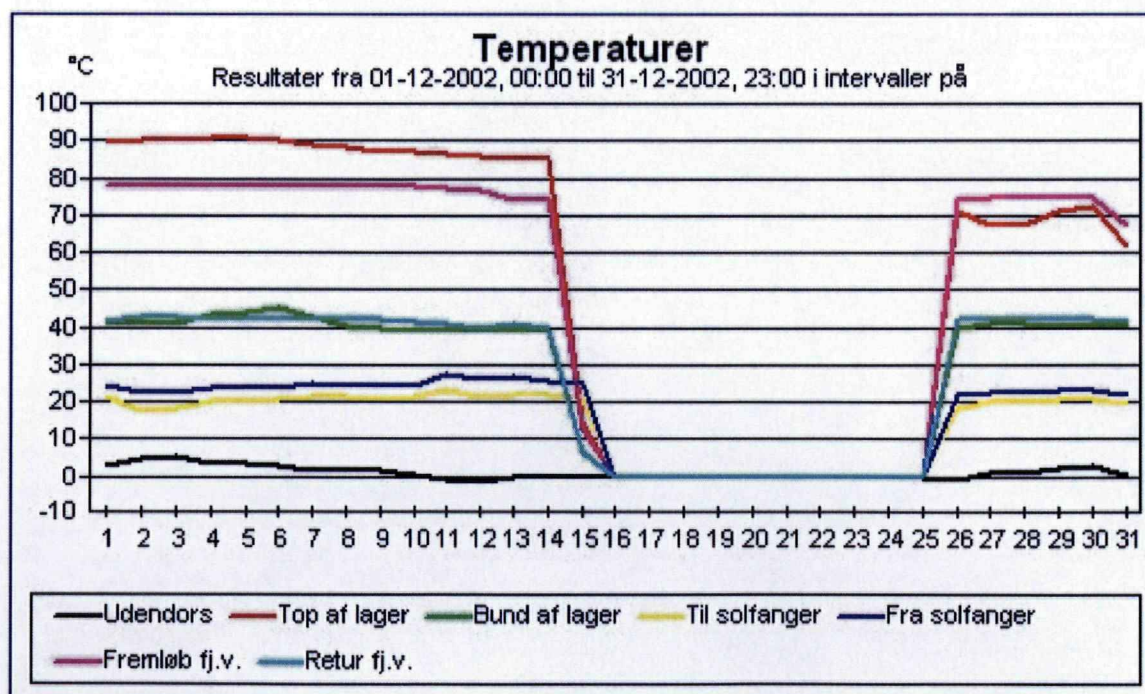
Større måleudfald – flere dage – forekommer også i oktober 2003 og december 2003. Desuden er de viste måledata for november 2003 ved en fejl identiske med måledataene for oktober 2003

Men også mindre måleudfald, der er sværere at detektere, forekommer som vist i figur 3.9-10, der viser daglige middeltemperaturer for september 2002 og middeltemperaturer for hver time d. 21. september.

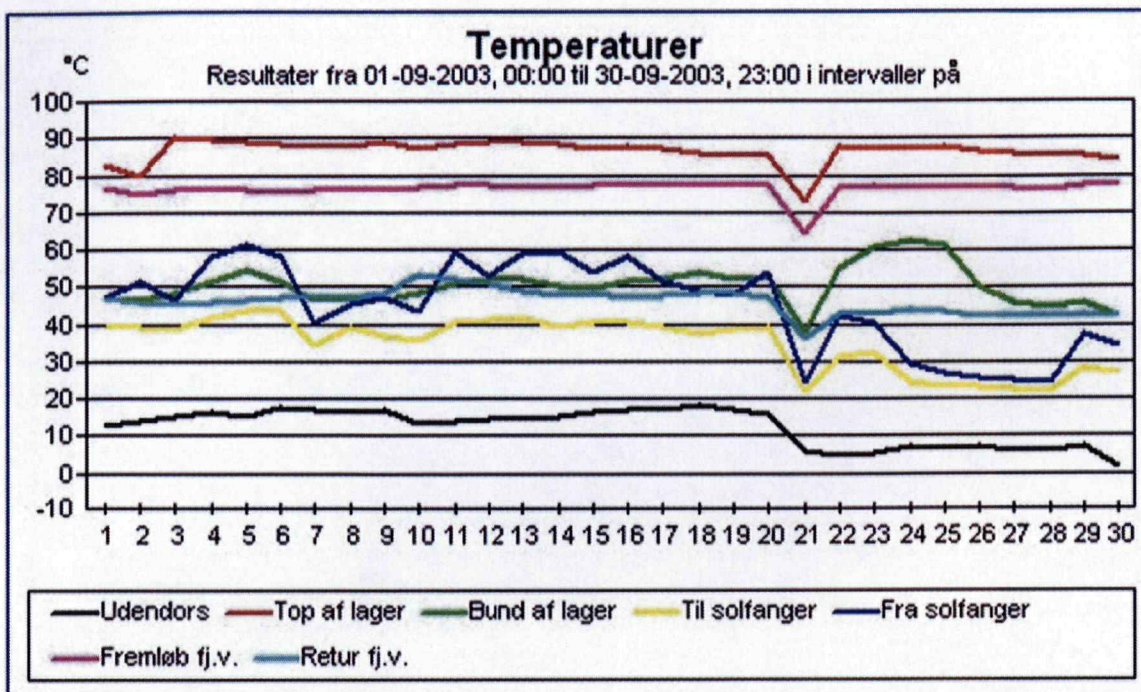
Måleudfald er en naturlig risiko i et hvert målesystem, hvilket brugeren af måledataene skal tage højde for ved anvendelse af måledataene. Det tilrådes derfor at gennemføre et kvalitetscheck, før måledataene fra Nordby Mårup fjernvarmeværks hjemmeside anvendes til at konkludere vedr. anlæggets funktion. Dette er gjort for en del af måledataene i næste kapitel.



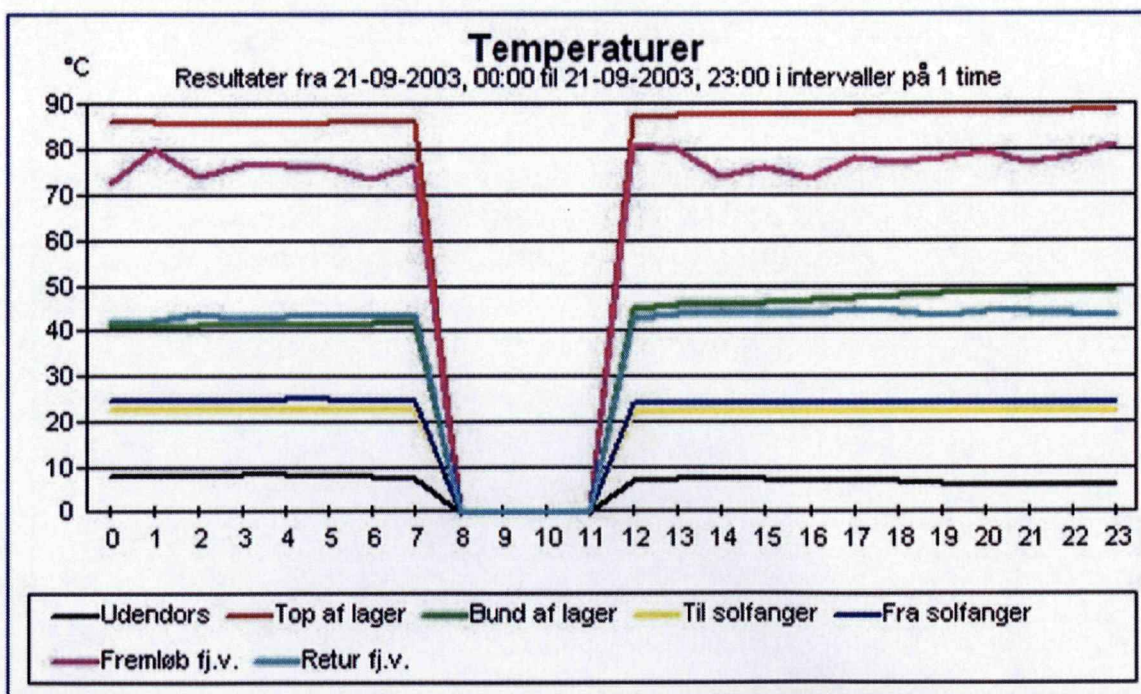
Figur 3.7. Månedlige middeltemperaturer for april 2002-marts 2003.



Figur 3.8. Daglige middeltemperaturer for december 2002.



Figur 3.9. Daglige middeltemperaturer for september 2002.



Figur 3.10. Middeltemperaturer time for time d. 21. september.

4. Vurdering af måledata og ydelse

I de følgende to afsnit fokuseres der på måledata fra perioden (året) maj 2002-april 2003.

4.1. Kvalitetscheck af måledata

På et tidspunkt i løbet af måleperioden (11/5-02) begyndte energimåleren på solkredsen at vise 0,01 MWh pr. time også om natten, og (senere) energimåleren på flisfyret 0,02 MWh pr. time, hvor der ikke burde være produktion.

Alle 0,01 fra solmålingerne og alle 0,02 fra målingerne på flisfyret er blevet erstatter med 0. Det betyder måske, at nogle rigtige 0,01 og 0,02'er er blevet fjernet, hvilket dog vurderes ikke at have indflydelse på de følgende resultater. Der er ikke trukket 0,01 og 0,02 fra værdierne, når disse er over henholdsvis 0,01 og 0,02, da NB-automatic, der har installeret styringen, vurderer, at off-sættet på 0,01 og 0,02 kun sker, når der ikke er produktion

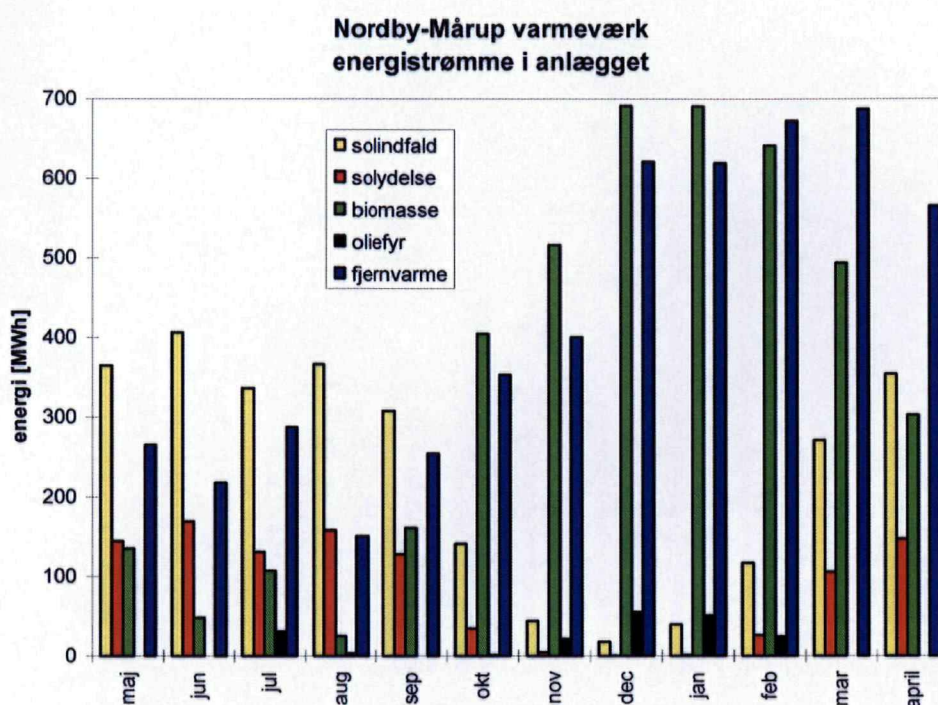
Tabellen nedenfor (tabel 4.1) viser de månedlige produktions- og forbrugstal.

Der er kompenseret for de manglende 11 dage i december 2002, ved at antage, at de resterende 20 dage er repræsentative for hele december. De målte værdier er derfor ganget med en faktor 1.55.

For oliekedlen er benyttet de månedlige anvendte liter olie rapporteret i varmemesterens månedsrapporter, da timetælleren ikke fungerer. Det antages, at hver månedsrapport præcist dækker en måned, at der er 10 kWh i hver liter olie, samt at oliekedlens effektivitet er 90%. Dette betyder ikke så meget, da olieforbruget kun udgør 3,5% af den samlede energimængde. Tallene fra tabel 4.1 er vist grafisk i figur 4.2.

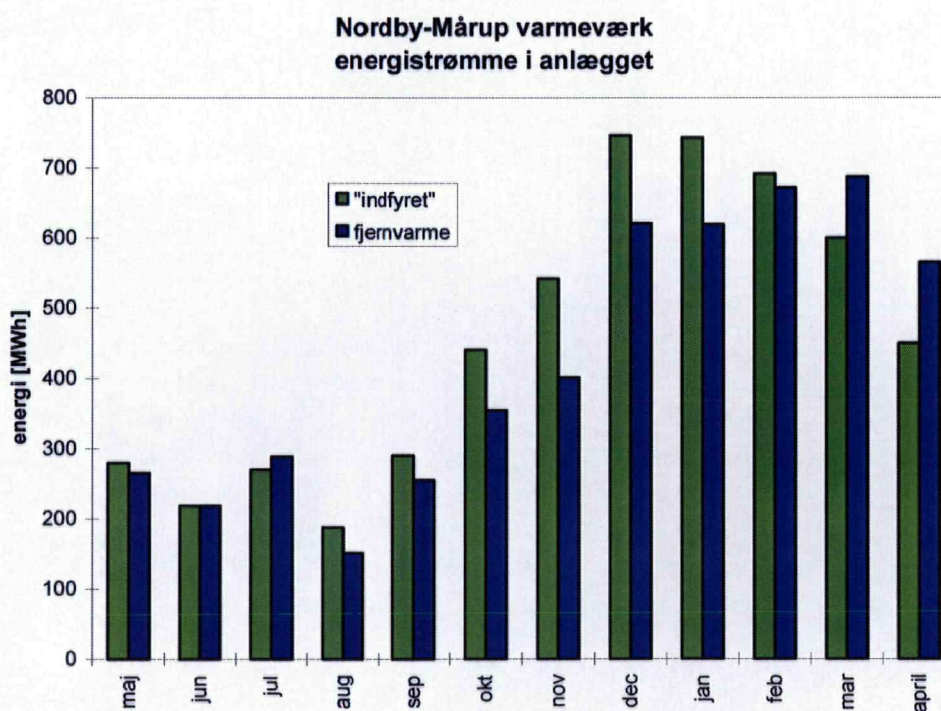
| år | måned | solind-fald | sol | flis | olie | fjern-varme |
|------|-------|-------------|---------|---------|---------|-------------|
| | | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh |
| 2002 | maj | 365.06 | 144.63 | 135.39 | 0 | 265.43 |
| | jun | 406.45 | 169.76 | 48.46 | 0 | 218.31 |
| | jul | 336.59 | 131.29 | 107.6 | 30.933 | 288.29 |
| | aug | 366.81 | 158.99 | 25.35 | 3.537 | 151.28 |
| | sep | 308.53 | 128.64 | 161.39 | 0 | 255.03 |
| | okt | 141.62 | 34.47 | 404.8 | 1.179 | 353.93 |
| | nov | 44.21 | 4.74 | 516.24 | 21.339 | 400.79 |
| | dec | 18 | 0.4 | 691 | 55.197 | 621 |
| 2003 | jan | 39.65 | 1.34 | 690.9 | 50.976 | 619.55 |
| | feb | 116.9 | 26.06 | 641.4 | 24.57 | 672.21 |
| | mar | 271.3 | 105.69 | 494.65 | 0 | 687.52 |
| | april | 354.66 | 147.18 | 302.83 | 0 | 565.72 |
| | året | 2769.78 | 1053.19 | 4220.01 | 187.731 | 5099.06 |

Tabel 4.1. Energitilførsel og energiforbrug for maj 2002-april 2003.



Figur 4.1. Målt energiproduktion og energiforbrug for maj 2002-april 2003.

Figur 4.2 viser den samlede energiproduktion (label produktion) og energiforbruget til fjernvarme (label fjernvarme).

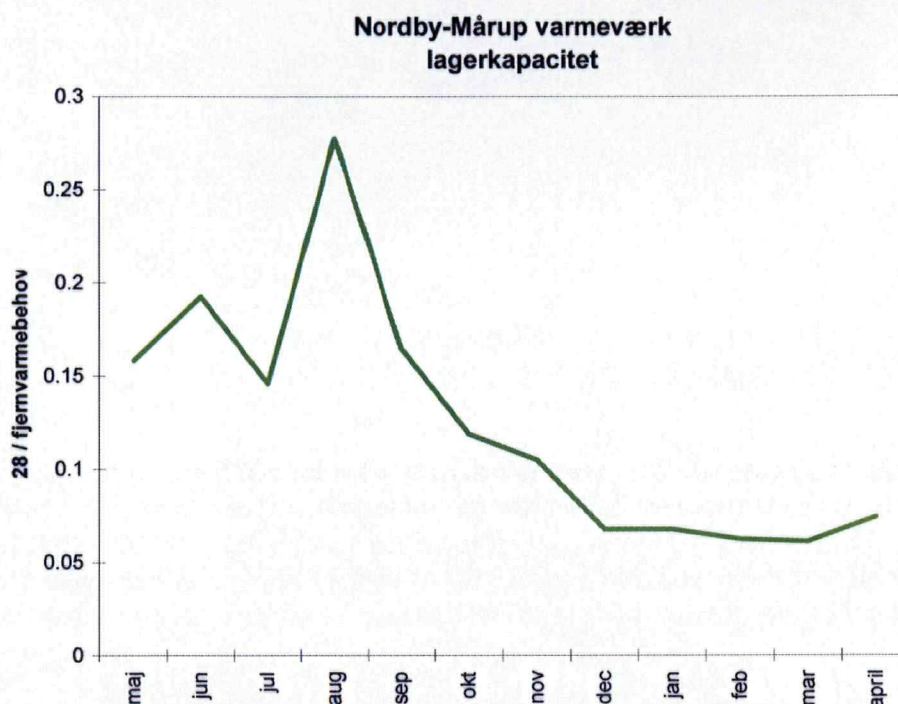


Figur 4.2. Samlet energiproduktion (varme fra sol, flis og olie) og fjernvarmebehov.

Figur 4.2 viser, at der de fleste måneder produceres mere, end der bruges, hvilket er korrekt, idet der altid vil være et vist tab. Men marts og april 2003 ser mærkelige ud. Her bruges der mere, end der produceres. Det kunne selvfølgelig være, at der her blev tæret på varmeindholdet i lageret, men så stort er lageret ikke. Lageret er på 800 m³ og top- og bundtemperaturen i lageret er i snit over året ca. 95 og 50°C. Det betyder, at indeholdet af varme i lageret max er:

$$800 \cdot 1000 \cdot 4180 \cdot 45 = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ J} = 28 \text{ MWh}$$

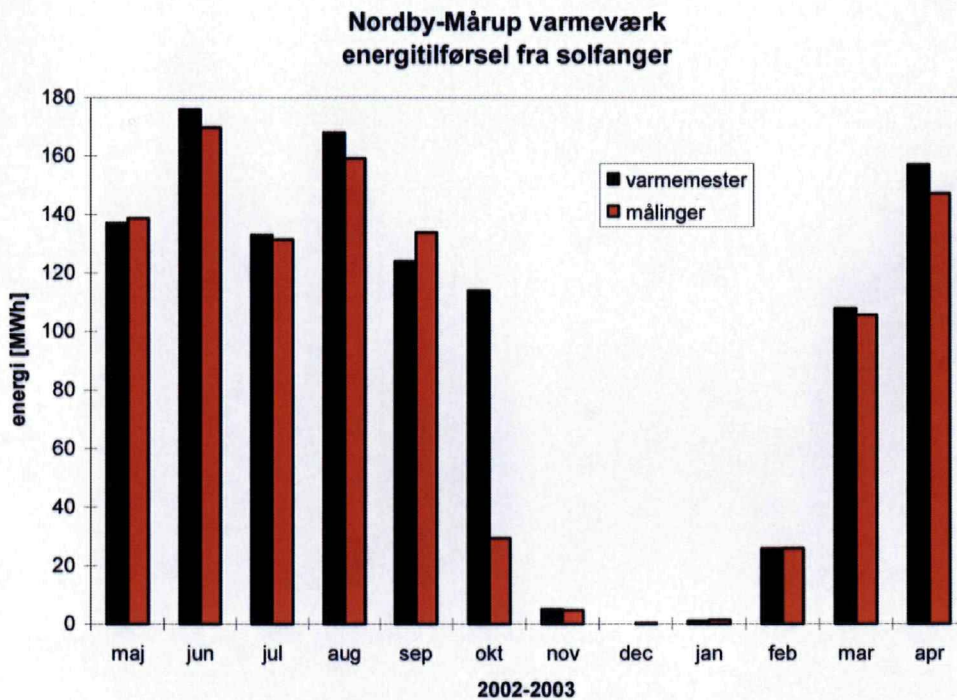
Hvor stor en del, det udgør af det månedlige varmebehov, er vist i figur 4.3. I marts-april 2003 udgør lagerkapaciteten 6-7% af varmebehovet, så lageret kan ikke forklarer, hvorfor der bruges mere end der produceret i disse to måneder, men kan måske forklare juli 2002.



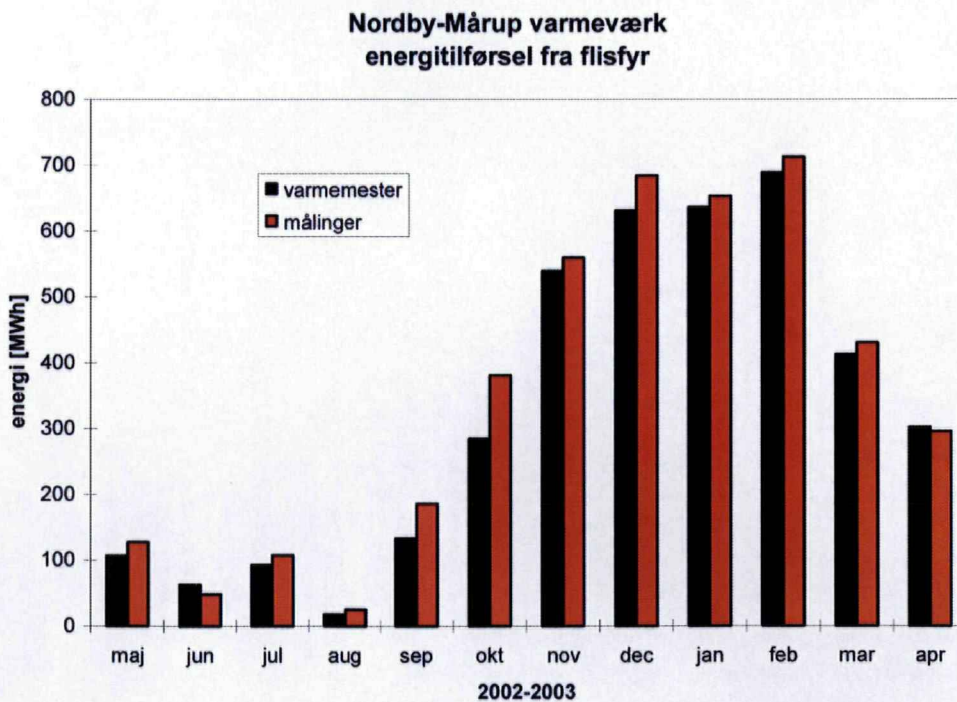
Figur 4.3. Max. lagerkapacitet divideret med månedlig varmebehov.

Der er generelt nogen usikkerhed, om måleresultaterne stemmer overens med virkeligheden, som nedenstående grafer viser. I disse grafer er energistrømmene fra figur 4.1 sammenlignet med varmemesterens manuelle aflæsninger. Varmemesterens manuelle aflæsninger er foretaget på selve måleren, hvor det er muligt, ellers på SRO-anlægget.

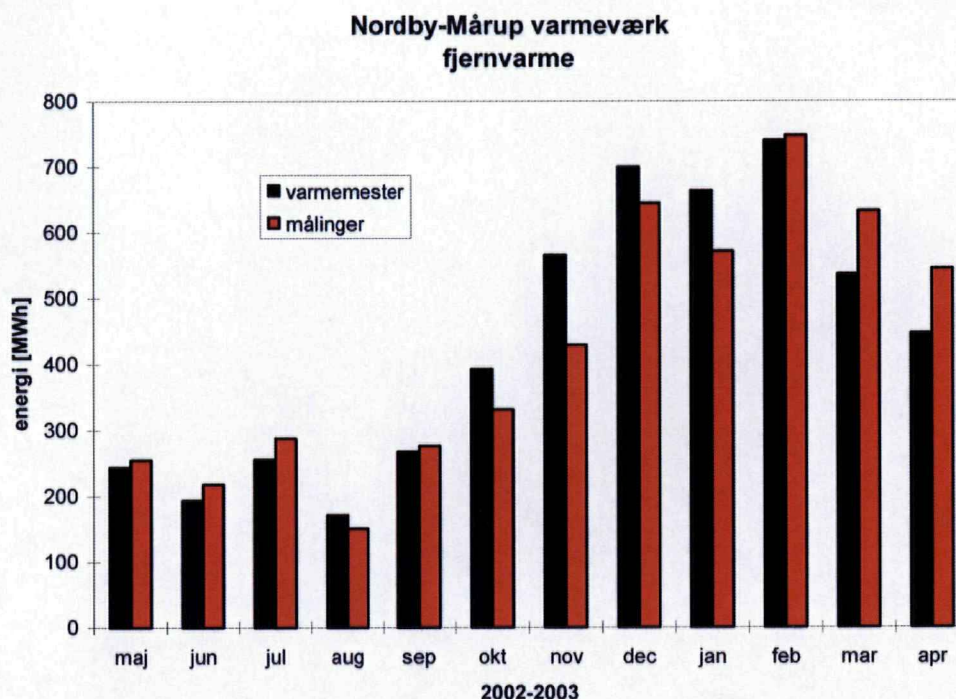
Med undtagelse af oktober 2002 for varmetilførslen fra solfangeren er der en rimelig overensstemmelse mellem varmemesterens aflæsninger og målesystemets logninger for varmetilførslen fra solfanger og flis. Den manuelt aflæste produktion for solfangeren for oktober er meget højt. Det målte solindfald var 142 MWh, sammenlignet med den aflæste produktion på 114 MWh giver det en virkningsgrad på 80 %. Effektiviteten for henholdsvis september og november 2002 var 40 og 27 %. Effektiviteten for oktober burde derfor være et sted mellem 40 og 27 %. Ved middelværdien af disse to effektiviteter på 33,5 % burde den manuelt aflæste ydelse for solfangeren være 48 MWh, hvilket stemmer bedre overens med ydelsen målt med målesystemet.



Figur 4.4. Sammenligning mellem varmemesterens aflæsninger og målesystemets logninger for varmetilførslen fra solfangeren.



Figur 4.5. Sammenligning mellem varmemesterens aflæsninger og målesystemets logninger for varmetilførslen fra flisfyret.



Figur 4.6. Sammenligning mellem varmemesterens aflæsninger og målesystemets logninger for varmetilførslen til fjernvarmenettet.

Fjernvarmemålingerne i figur 4.6 udviser større forskelle. Der har gennem en meget stor del af tiden været problemer med fjernvarmemåleren, som er blevet udskiftet og tjekket. Varmemesteren er stadig usikker på om den måler korrekt. Dertil kommer, at der er stor forskel på, hvad måleren viser, og hvad der vises på skærmen. I 2002 blev der efter varmemesterens mening målt for lidt på computeren, mens der efter januar 2003, hvor måleren blev udskiftet, bliver registreret for meget på computeren. Ved sammenligning af figur 4.2 og 4.6 ses det, at de store forskelle mellem produceret varme og fjernvarmebehov i figur 4.2 sandsynligvis skyldes, at målesystemet værdier for fjernvarmebehovet ikke er rigtig.

På et givet tidspunkt aflæste varmemesteren følgende data (hvor der skal tages højde for tiden det tager at gå mellem computer og måler) – tabel 4.2.

Efterberegnes effekten med flow og temperaturer i tabel 4.2, fås en effekt fra målesystemet på ca. 330 kW og fra måleren ca. 470 kW. Dvs. at målerens effektberegning er korrekt (når der tages højde for div. afrundinger), mens computerens effektberegning er upålideligt.

| | Effekt [kW] | Flow [m ³ /h] | Frem-løbtemp. [°C] | Returløbtemp. [°C] |
|------------|-------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Målesystem | 610 | 13 | 74 | 52 |
| Måler | 439 | 17 | 77 | 53 |

Tabel 4.2. Måler aflæsninger.

Dette kan forklare hvorfor måledataene for marts-april 2003 ser ud, som de gør.

Tabel 4.3 viser de summerede årlige energimængder.

| Energistrøm | aflæst [MWh] | målt [MWh] | forskel [%] |
|------------------------------|-----------------|---------------|----------------|
| Fra solfanger ¹ | 1.083 | 1.053 | -2,8 |
| Fra flisfyr | 3.908 | 4.220 | 8,0 |
| Fra oliekedel ² | 188 | 188 | - |
| Produceret | 5.179 | 5.461 | 5,5 |
| Til fjernvarme | 5.181 | 5.099 | -1,5 |
| Soldækningsgrad ³ | 20,9 % | 20,7 % | 1,0 |

Tabel 4.3. Årlige summerede energimængder – målt og beregnet.

¹ Den aflæste energimængde for oktober 2002 er ændret fra 114 til 48 MWh som beskrevet ovenfor.

² Som målt værdi anvendes her den aflæste værdi, da timetælleren svigtede.

³ Energi fra solfanger divideret med energi til fjernvarme.

Tabel 4.3 viser, at aflæste og målte årssummer passer rimelig godt. Der arbejdes derfor hovedsagelig videre med måledataene fra målesystemet – specielt i de senere analyser af timeværdier.

4.2. Årlig ydelse for solvarmeanlægget

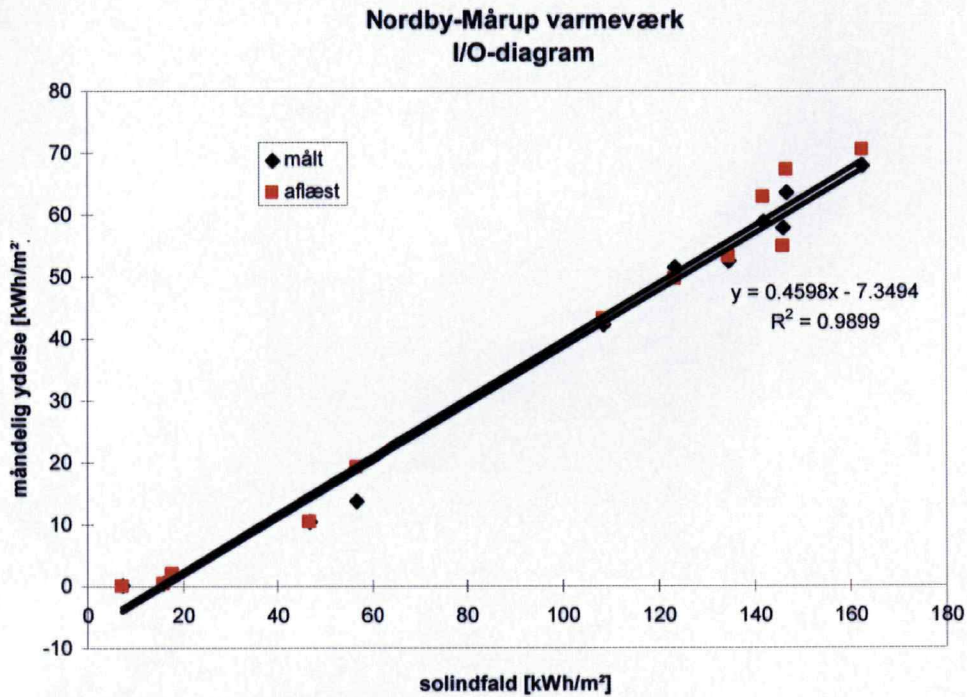
Tabel 4.3 viser at den årlige ydelse fra solfangeren til varmekædet er 1.053 MWh eller 419 kWh/m² solfanger. Det er i samme størrelsesorden som er målt for andre store solfangerfelter koblet til fjernvarmenet (Nielsen og Honoré, 2000 og Jensen, 2003). Her beskrives en metode til at sammenligne ydelsen for forskellige solvarmeanlæg, selv om orienteringen af solfangeren og vejret er forskellig. Her bruges Input/Output-diagrammer (I/O-diagrammer), hvor de månedlige ydelser plottes som funktion af solindfaldet på solfangerfeltet. Disse værdier vil typisk ligge omkring en ret linie, der karakteriserer ydelsen for anlægget og er uafhængig af orientering af solfanger og solindfald.

I figur 4.7 er de månedlige ydelser (både aflæst og målt) plottet som funktion af de månedlige solindfald på solfangerfeltet. Som det ses af figuren er, de to regressionslinier for aflæst og målt næsten identiske. Det er derfor i dette tilfælde underordnet, om der anvendes aflæste eller målte ydelser til at karakterisere ydelsen for solfangerfeltet.

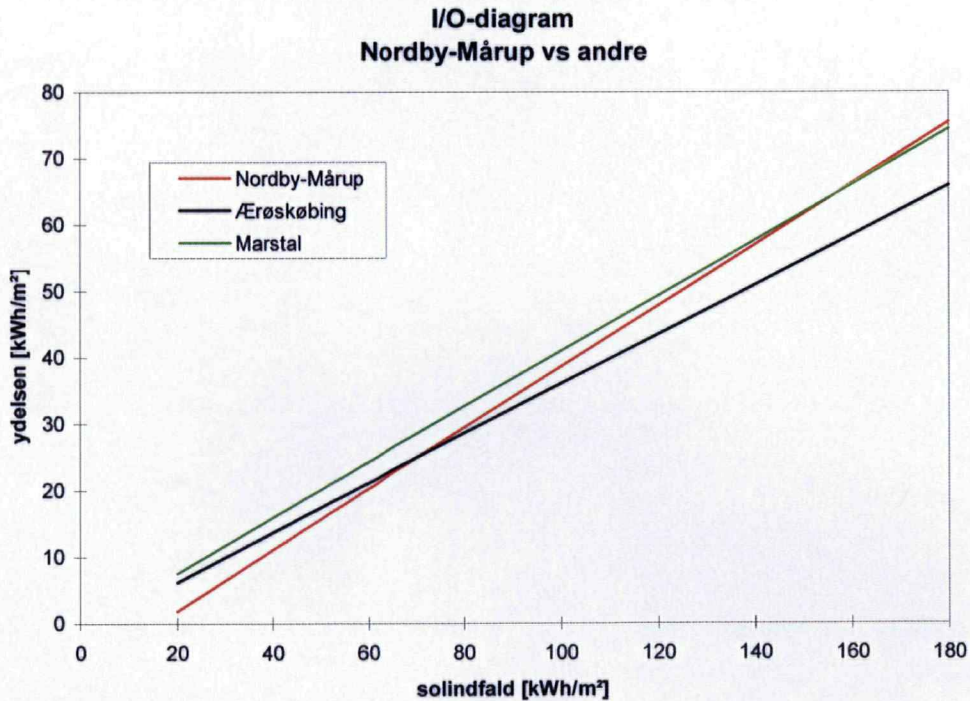
I figur 4.8 er I/O-kurven fra Nordby Mårup sammenlignet med tilsvarende I/O-kurver for de store solvarmeanlæg i Marstel (9.043 m²) og Ærøskøbing (2.040 m²), hvor der også anvendes solfangere fra Arcon type HT, dog ikke som i Nordby Mårup med antirefleksbehandlet dæklag. I/O-kurven for de to anlæg på Ærø er fra 2002 (Jensen, 2003).

Figur 4.8 viser, at den månedlige ydelse for Nordby Mårup er meget lig ydelsen for de to anlæg på Ærø, selv om dækningsgraden er højere for Nordby Mårup – 21 % (se senere) mod de

to andre værkers dækningsgrad på omkring 15 %. Højere dækningsgrad fører normalt til lavere ydelse.



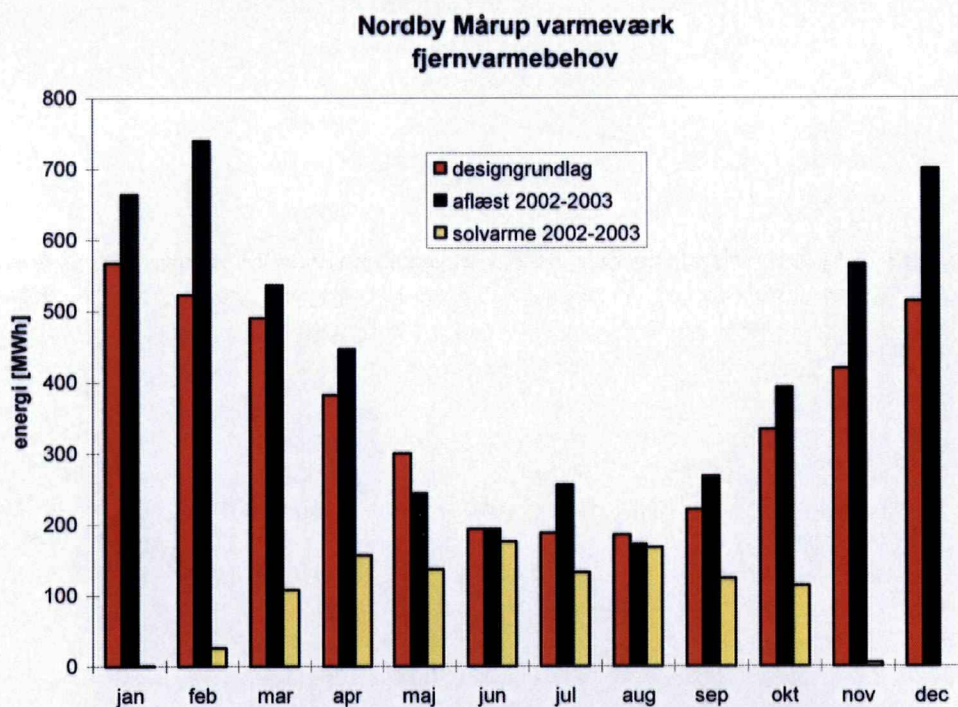
Figur 4.7. I/O-diagram med både aflæste og målte værdier.



Figur 4.8. Sammenligning af I/O-kurven for Nordby Mårup varmeværk med I/O-kurven for andre solvarmeanlæg.

Kurven i 4.8 karakteriserer solvarmeanlæggets ydelse. Det er således muligt at beregne ydelsen for andre vejrforhold end det aktuelle under målingerne. Det er derfor muligt at sammenligne ydelsen for anlægget med den forventede ydelse som blev beregnet med TRNSYS på designtidspunktet.

Den årlige ydelse for anlægget blev med vejrdata fra det danske Test Reference Year (TRY) (SBI, 1982) beregnet til 1.085 MWh eller 434 kWh/m². Ved at anvende solindfaldet på den aktuelle orientering af solfangerfeltet hos Nordby Mårup varmeværk fra ovenstående beregninger og kurven i figur 4.8 fås en årlig ydelse på 1.054 MWh eller 422 kWh/m². Dvs. en faktisk ydelse, der er 2,8 % lavere end i designgrundlaget. 2,8 % er indenfor usikkerheden på målinger og beregning, men fjernvarmebehovet var designgrundlaget 4.300 MWh/år mod det målte på 5.200 MWh/år. Dvs. det aktuelle fjernvarmebehov var 21 % højere end i designgrundlaget. Det burde have ført til en lidt højere ydelse i det aktuelle tilfælde, men som det ses af figur 4.9, optræder det større fjernvarmebehov i perioder med lille solvarmeproduktion. Det øgede fjernvarmebehov bør derfor kun føre til en beskedne forøgelse i solvarmeproduktionen. Sammen med den ovenfor nævnte lidt lavere ydelse på 2,8 % vurderes det derfor, at solvarmeanlæggets ydelse kun er lidt mindre en forventet



Figur 4.9. Sammenligning mellem målt fjernvarmebehov og fjernvarmebehovet fra designgrundlaget.

Dækningsgraden med solvarme er for det undersøgte år 21 % (tabel 4.3) mod designgrundlagets 25 %. Den lavere dækningsgrad skyldes primært det højere fjernvarmebehov.

4.3. Undersøgelse af anlæggets funktion ved hjælp af timeværdier

I det følgende undersøges anlæggets funktion ved hjælp af timeværdier for udvalgte dage. Der anvendes derfor udelukkende måledata fra målesystemet, selv om de som nævnt er fejlbehæftet. Det skal tages i betragtning i de følgende undersøgelser.

4.3.1. 26. juni – 2. juli 2003

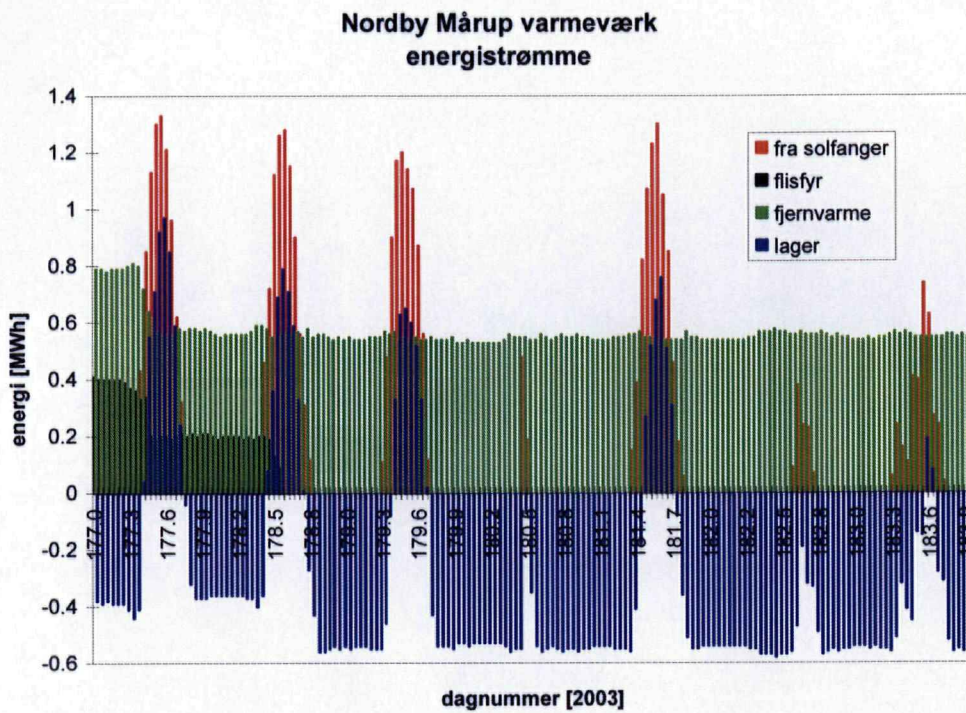
7 dags perioden fra d. 26. juni til d. 2. juli, 2003 (begge dage inkl.) er valgt, fordi solindfaldet i denne periode varierer fra skyfri himmel til næsten overskyet. Det er derfor muligt at se samspillet mellem solfanger, flisfyre, fjernvarmenet og lager. Det antages, at oliekedlen ikke har været i gang i perioden.

Figur 4.10 viser energistrømmene i ovennævnte periode (dagnummer 177-183). Fra solfanger, flisfyre og fjernvarme er de målte værdier, mens lager er solfanger + flisfyre minus fjernvarme. Lager er således en kombination af energistrømmen til/fra lageret plus tab i anlægget, men primært energistrømmen til/fra lageret. Flisfyret har kun været i gang i de to første dage i den viste periode. Positive værdier for lager betyder, at lageret oplades, mens negative værdier viser, at lageret aflades. Virkningen af dette ses i figur 4.11, der viser temperaturerne i lageret. Der er 11 temperaturfølere i lageret, hvor nummereringen starter fra bunden. Figur 4.12 viser ændringen i energihold i de 800 m³ vand i lageret beregnet ved hjælp af temperaturerne i figur 4.11. Det antages, at hver føler repræsenterer 800/11 m³ lager. Figur 4.10 og figur 4.12 viser samme størrelsesorden, men ikke samme forløb af kurverne. Fjernvarmenettet virker udjævrende i figur 4.10. De to figurer kan i virkeligheden ikke sammenlignes direkte. Desuden er det målte fjernvarmeforbrug for lave – se kapitel 6. Man bør derfor ikke begynde at lave en varmebalance på figur 4.10, men udelukkende se på tendenserne.

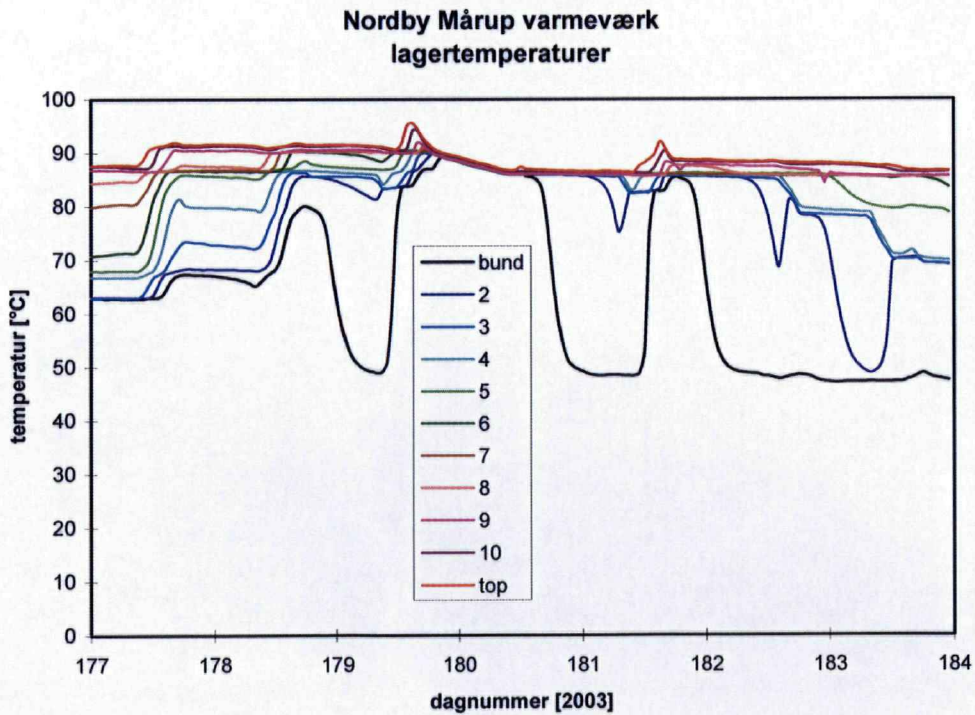
Figur 4.13 viser væsketemperaturerne i anlægget samt udelufttemperaturen. Figur 4.13 viser et meget stabilt temperaturniveau i fjernvarmenettet. Væsketemperaturen ud af solfangeren når de fleste dage op på mellem 90 og 105°C. Selv på dage med lille solindfald når denne temperatur op på over 70°C – dag 181, 183 og 184. Dette skyldes den variable volumenstrøm i solfangerkredsen. Figur 4.14 viser volumenstrømmen i solfangerkredsen beregnet på baggrund af den målte solvarmeproduktion og de målte temperaturer til og fra solfangeren. Figur 4.14 viser som forventet, at volumenstrømmen i solfangerkredsen er stærkt afhængig af solindfaldet.

Ingen af figurer viser solindfaldet, da måleværdierne for dette ikke er korrekte for denne periode.

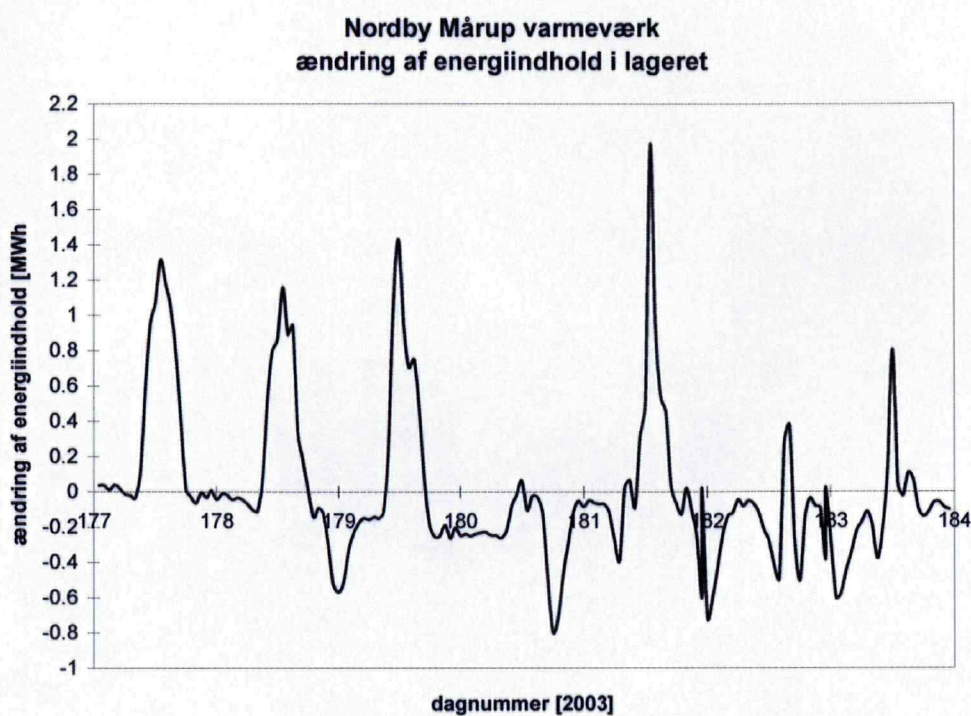
I ovenstående periode var solvarmeanlægget med undtagelse af de to første dage i stand til at dække fjernvarmebehovet. At det var nødvendigt at have flisfyret i gang i de to første dage skyldes sandsynligvis som beskrevet i kapitel 6 behov hos en storkunde.



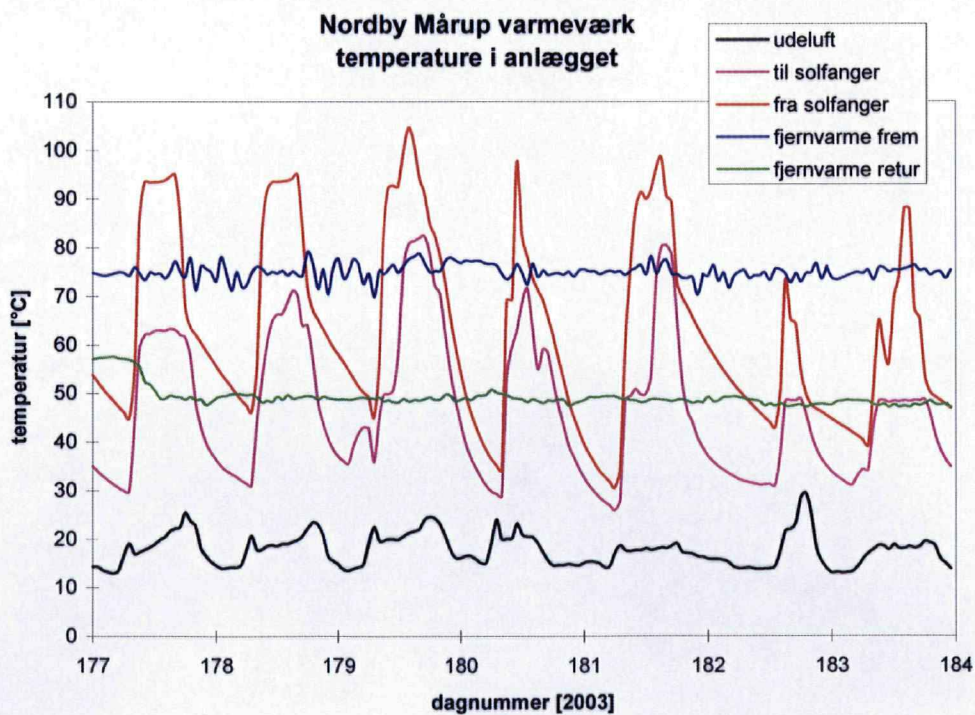
Figur 4.10. Energistrømme i Nordby Mårup varmeværk i perioden 26. juni – 2. juli, 2003.



Figur 4.11. Lagertemperaturer i Nordby Mårup varmeværk i perioden 26. juni – 2. juli, 2003.

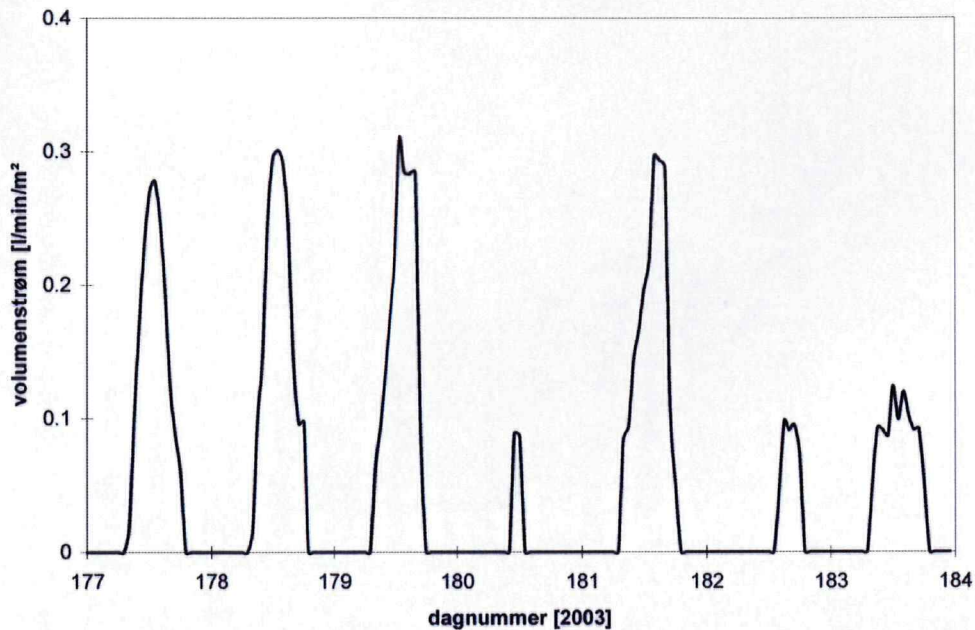


Figur 4.12. Ændring i energiindholdet i lageret i perioden 26. juni – 2. juli, 2003.



Figur 4.13. Væsketemperaturer i anlægget i perioden 26. juni – 2. juli, 2003.

**Nordby Mårup varmeværk
volumenstrøm i solfanger**



Figur 4.14. Beregnet volumenstrøm i solfangerkredsen i perioden 26. juni – 2. juli, 2003.

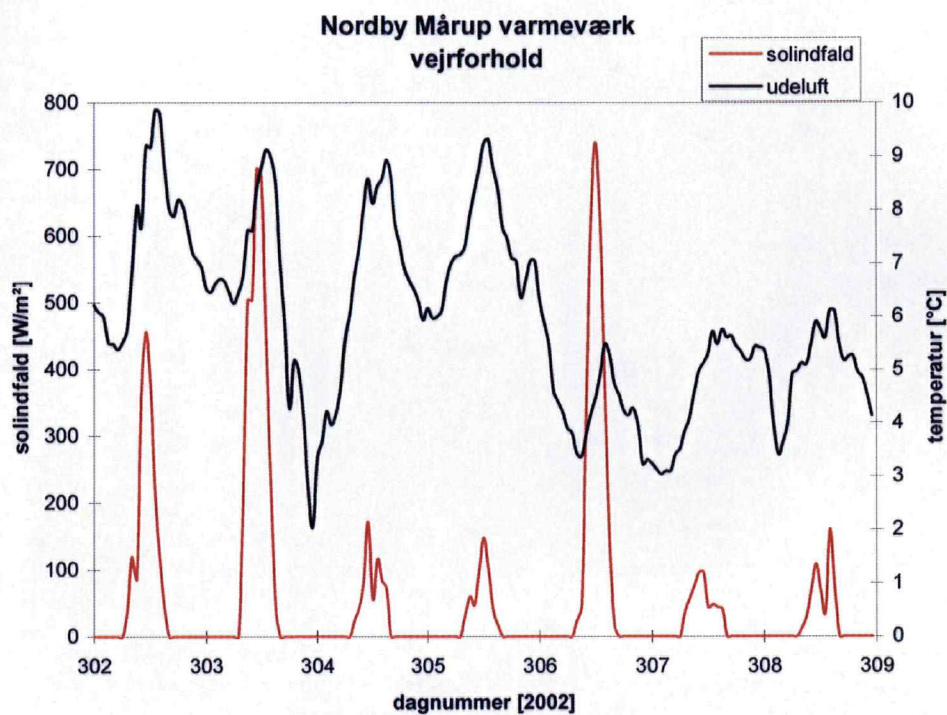
4.3.2. 29. oktober – 4. november 2002

7 dags perioden fra d. 29. oktober til d. 4. november (begge dage inkl.) er valgt, fordi samspillet mellem specielt flisfyret og lager kan vises. Figur 4.15 viser solindfald og udelufttemperatur for denne uge, mens figur 4.16 viser energistrømmene.

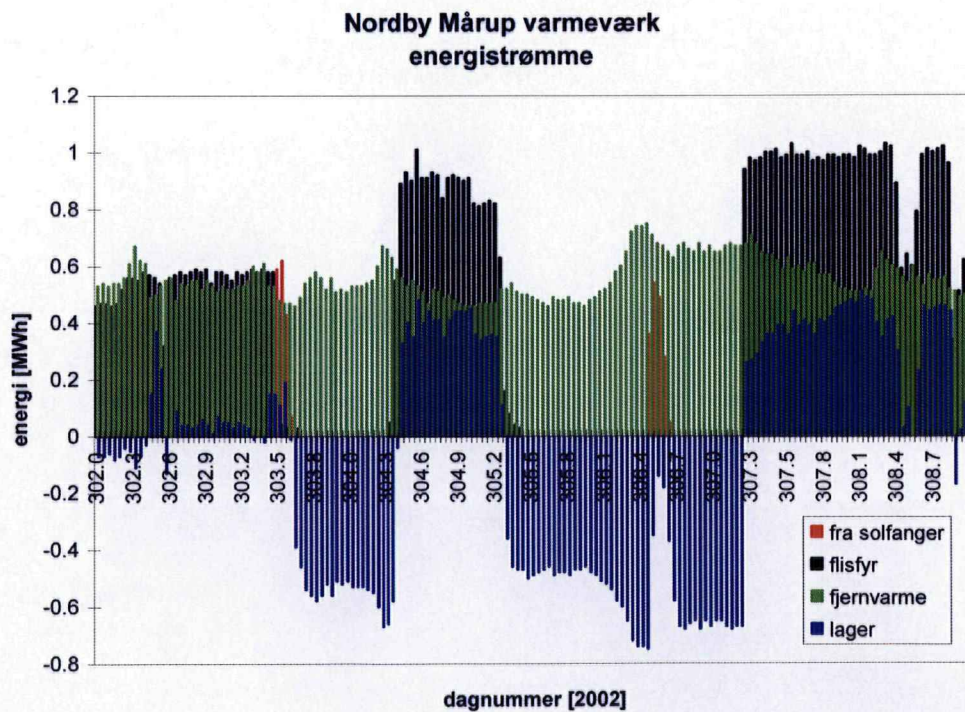
Figur 4.16 viser, at på trods af et rimeligt solindfald i 2-3 dage, er tilførslen af solvarme til anlægget på grund af lave udelufttemperatur beskednen. Figur 4.16 viser desuden, at flisfyret var slukket i to perioder af henholdsvis en og to dage. Figur 4.17-18 viser henholdsvis Top- og bundtemperaturen i lageret (logning af de andre lagertemperaturer startede først i april 2003) og væsketemperaturer i anlægget. Som det ses af figur 4.17, reagerer lagertemperaturene ikke på det slukkede flisfyret i den første periode – oliekedlen kan her have trådt til – det vides ikke. Men lagertemperaturen og fremløbstemperaturen til fjernvarmenettet reagerer på den anden periode med slukket flisfyret. Her tæres der helt klart på lageret – så meget at fremløbstemperaturen til fjernvarmenettet falder ca. 10 K.

Hakkene i kurverne i specielt figur 4.18 kan ikke umiddelbart forklares, men kan skyldes tab af en eller flere målte femminuts værdier, som danner de viste timeværdier.

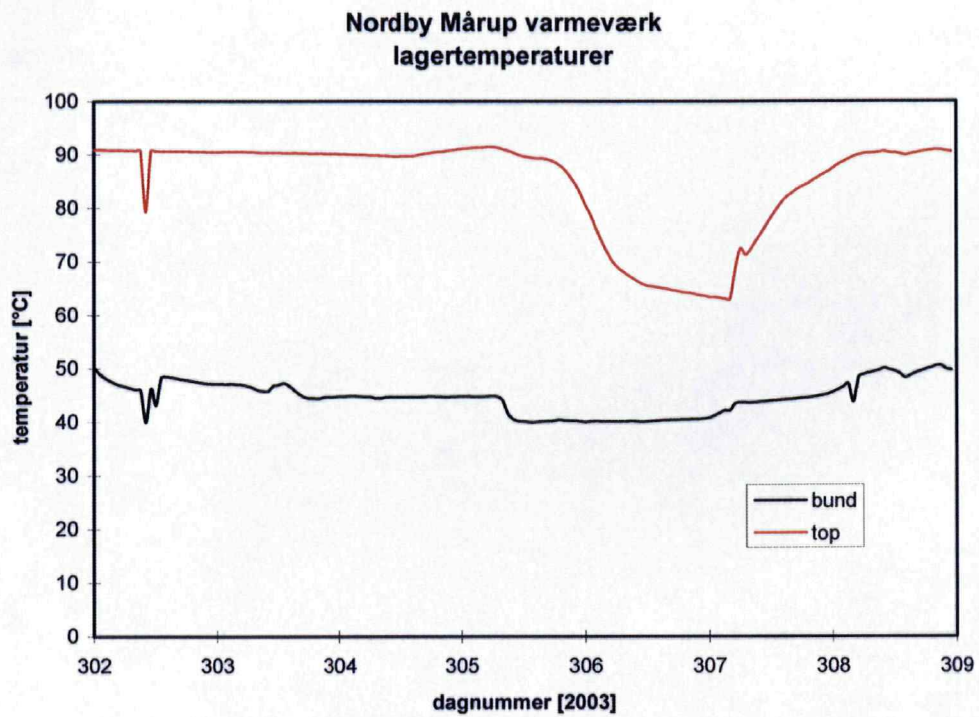
Figur 4.16-18 viser, at lageret ikke blot er fordelagtig i forbindelse med solfangeren (figur 4.10-13), det kan også udjævne fluktuationer i varmeproduktionen fra flisfyret.



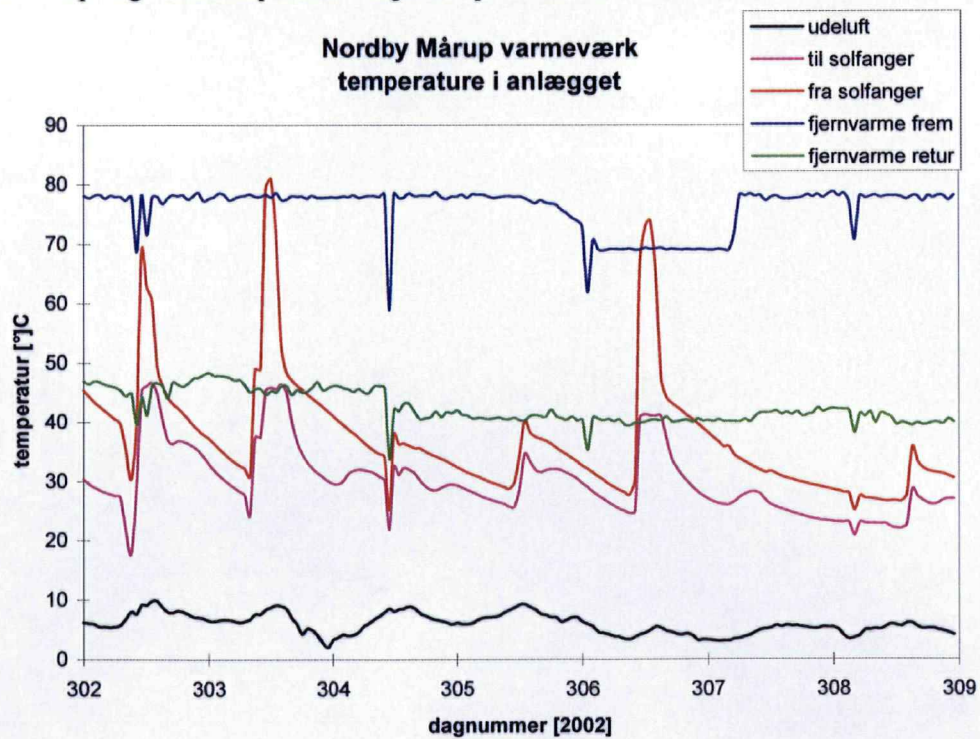
Figur 4.15. Vejrforhold i perioden 29. oktober – 4. november.



Figur 4.16. Energistrømme i Nordby Mårup varmeværk i perioden 29. oktober – 4. november.



Figur 4.17. Top- og bundtemperatur i lageret i perioden 29. oktober – 4. november.



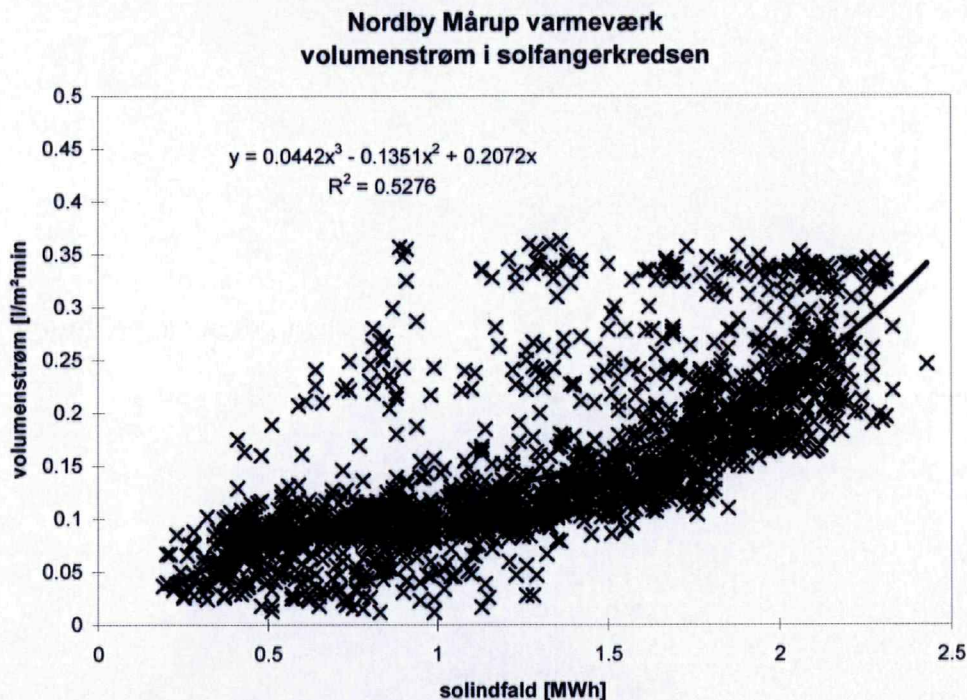
Figur 4.18. Væsketemperaturer i anlægget i perioden 29. oktober – 4. november.

4.3. Volumenstrøm i solfangerkredsen

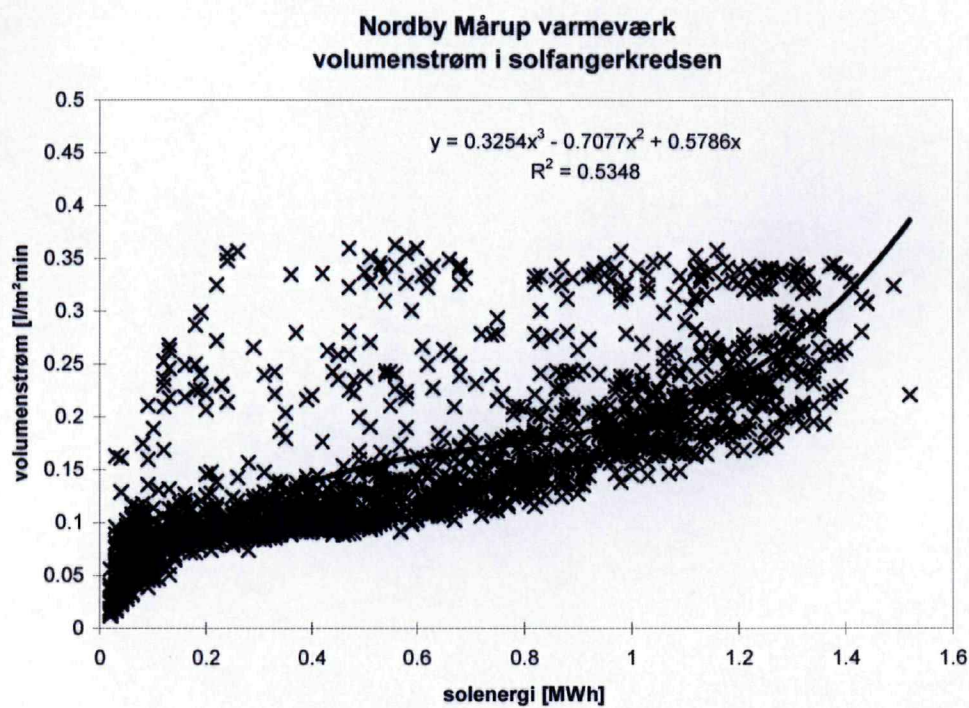
Som det ses af figur 4.14 kører anlægget med variabel volumenstrøm i solfangerkredsen. Volumenstrømmen afpasses, så solfangerens udløbstemperatur i videst mulig omfang når op på en direkte anvendelig temperatur – dvs. op på eller over fremløbstemperaturen til fjernvarmenettet.

I figur 4.19-20 er volumenstrømmen i solfangerkredsen plottet som funktion af solindfaldet og den producerede solenergi fra solfangerfeltet. Volumenstrømmene er ikke de målte volumenstrøm, da disse ikke er tilgængelig, men volumenstrømme beregnet på baggrund af den målte energiproduktion og frem- og returtemperaturen fra solfangerfeltet.

Kurverne viser i de fleste tilfælde en pæn sammenhæng mellem volumenstrøm og energi – dog er der nogle punkter, der falder udenfor. Volumenstrømmen i solfangerkredsen lå i den undersøgte periode under $0,4 \text{ l/m}^2 \text{ pr. minut}$.



Figur 4.19. Volumenstrømmen som funktion af solindfaldet.



Figur 4.20. Volumenstrømmen som funktion af den producerede solenergi.

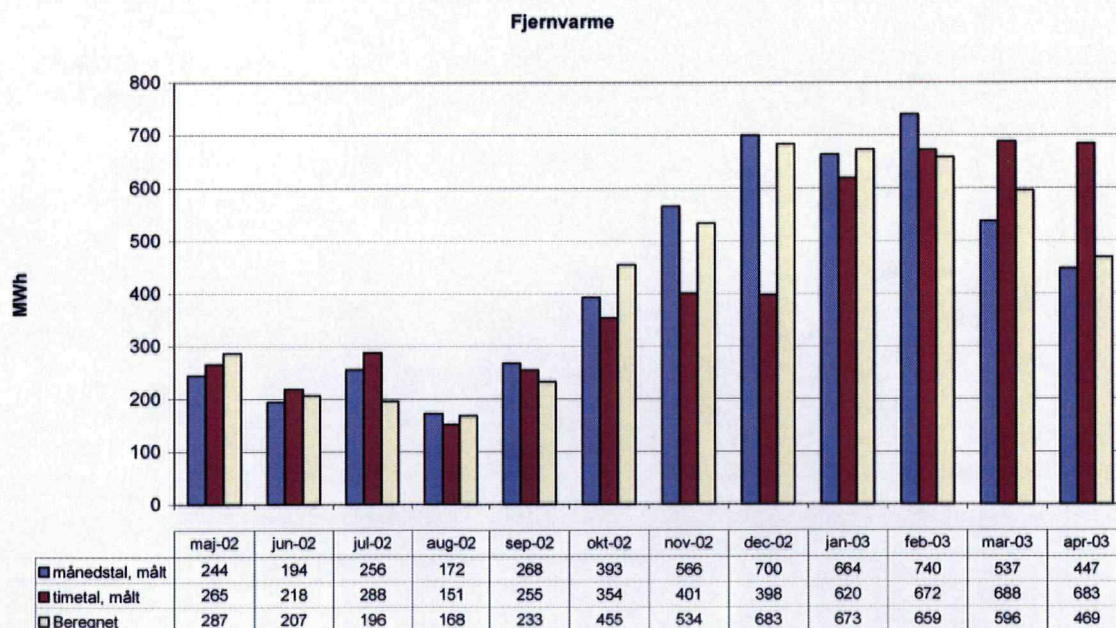
5. Sammenligning med beregninger

Simuleringsprogrammet TRNSYS blev i projekteringsfasen anvendt til beregning af solfangerareal, tankvolumen og deraf følgende varmeproduktion. Beregningerne i projekteringsfasen er udført ved hjælp af TRY-vejrdata (SBI, 1982). Den årlige ydelse for det aktuelle anlæg blev beregnet til 434 kWh/m². I det følgende sammenlignes målingerne med beregninger foretaget med TRNSYS for det aktuelle vejr.

Input til nærværende TRNSYS-beregninger har været fjernvarmedata, som er aflæst af driftslederen, samt solindstråling, udetemperatur og fjernvarmens frem- og returtemperatur genereret af måleprogrammet.

5.2. Fjernvarme.

I figur 5.1 ses fjernvarmeproduktionen hhv. som driftlederens månedlige aflæsninger (månedstal, målt), som registreret af måleprogrammet (timetal, målt) og som beregnet ved hjælp af TRNSYS (Beregnet), fordelt på måneder. TRNSYS har været anvendt til at beregne fjernvarmeproduktionen, fordi der som vist i figur 5.1 ikke har været tilstrækkelig god overensstemmelse mellem driftslederens og måleprogrammets aflæsninger. Værdierne fra TRNSYS er fundet ved at give årssummen af driftslederens aflæsninger (månedstal, målt) i tabel 5.1 og forudsætte en fordeling mellem graddagafhængig og graddaguafhængig forbrug. Sammenholdt med udetemperaturen, som også var været input til TRNSYS, er der genereret en fordeling på timebasis, som er summeret sammen til beregnet månedstal i figur 5.1 og en årssum i tabel 5.1.



Figur 5.1. Fjernvarmeproduktion

Årsproduktionen ses i tabel 5.1.

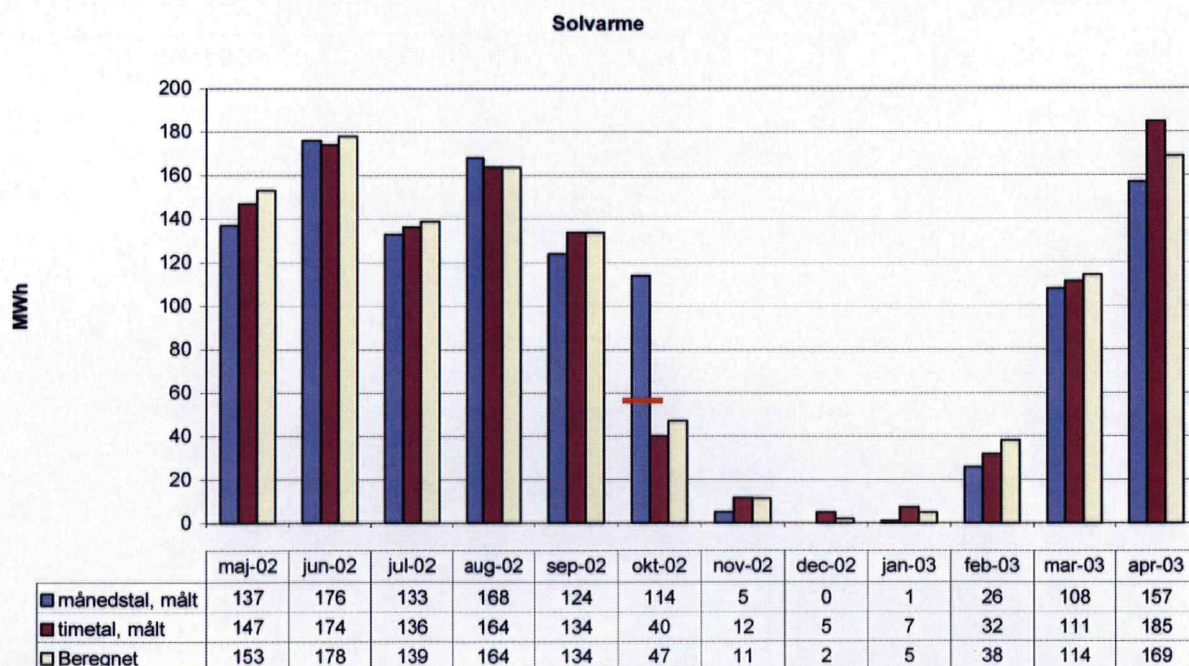
| | månedstal, målt MWh | timetal, målt MWh | beregnet MWh |
|-----------|------------------------|----------------------|-----------------|
| Hele året | 5.181 | 5.099 | 5.158 |

Tabel 5.1. Fjernvarmeårsproduktion.

På årsplan er den beregnede værdi 0,5% under det målte. Fordelt på månederne er udsvingene større, men rimelige. Udsvingene kan skyldes to ting. I næste kapitel med driftserfaringer er nævnt en storforbruger, der anvender fjernvarme til løgtørring. Dette er et forbrug, der ikke er graddøgnsafhængigt, men heller ikke konstant. En anden årsag kan være at månedstallene fra driftslederen ikke nødvendigvis er aflæst d. 1. i måneden. En tredje faktor er de nævnte problemer med fjernvarmemåleren og registreringen i SRO-systemet (nævnt i forrige og beskrevet i det følgende kapitel).

5.2. Solvarme

I figur 5.2 ses solvarmeproduktionen hhv. som driftslederens månedlige aflæsninger (månedstal, målt), som registreret af måleprogrammet (timetal, målt) og som beregnet af TRNSYS (Beregnet), fordelt på måneder. Som input er her anvendt de ovenfor nævnte timeværdier for fjernvarmeproduktionen genereret med TRNSYS samt målt solindfald og udelufttemperatur.



Figur 5.2. Solvarmeproduktion

Årsproduktionen ses i tabel 5.2.

| | månedstal, målt MWh | timetal, målt MWh | beregnet MWh |
|-----------|------------------------|----------------------|-----------------|
| Hele året | 1.083 | 1.053 | 1.154 |

Tabel 5.2. Solvarmeanlæggets årsproduktion.

TRNSYS-modellen der blev anvendt i designfasen indeholdte et skyggemodul, som tager højde for, at rækkerne skygger for hinanden. I kontrolberegningen ovenfor var det ikke muligt at anvende dette skyggemodul, da de målte indstrålingsdata er målt med udstyr som har samme hældning og orientering som solfangerne, mens skyggemodulen skal have indstrålingsdata i forhold til en horisontal flade. Derfor er solproduktionen i ovenstående TRNSYS-beregning lidt for stor. En beregning med og uden skyggemodul viser en forøgelse af solproduktionen på 4 % ved ikke at anvende skyggemodulet. Dvs. den beregnede solproduktion i tabel 5.2 skal reduceres fra 1.154 til 1.110 MWh.

Som det fremgår, er der på årsplan fin overensstemmelse mellem den registrerede (1.083 MWh) og beregnede solvarmeproduktion (1.110 MWh) – den beregnede solvarmeproduktion er 2,5 % højere end den målte. På månedsplan er udsvingene større. De fleste måneder ligger timetal og beregnet ganske tæt på hinanden. Forskellene kan skyldes, at den beregnede produktion beregnes på basis af solindstrålingen, som registreret i måleprogrammet, hvorimod månedstallene som tidligere beskrevet ikke nødvendigvis er aflæst nøjagtigt ved månedsskifte. Oktober falder meget udenfor, da månedstallet, målt er væsentligt over de øvrige værdier. Det skyldes sandsynligvis som allerede nævnt en fejlaflysning. Den røde streg i figur 5.2 viser den allerede diskuterede reduktion til 48 MWh, som nok burde være lavere, da figur 5.2 viser, at de målte værdier typisk ligger under de beregnede. Hvis 114-48 MWh trækkes fra årssummen af driftlederens aflæsninger er den beregnede årlige solvarmeproduktion 9 % højere. Her skal det erindres, at fjernvarmebehovet er genereret ud fra det målte årlige fjernvarmebehov. Dette introducere en ekstra usikkerhed i beregningerne.

På ovenstående grundlag vurderes det, at TRNSYS-modellen rimelig godt istand til at simulere anlæggets solvarmeydelse.

Beregningerne viser dog ligesom målingerne, at solvarmeanlægget har en lidt lavere ydelse end forventet.

6. Driftserfaringer

Fliskedlen blev sat i drift i november 2001 og solfangerne i april 2002.

Varmemesterens generelle vurdering af solvarmen er, at det er dejligt problemfrit at passe. Varmemesteren passer også det halmfyrede varmeværk i Tranebjerg. I høstperioden, hvor han der har travlt med at bjerge halm, behøver han ikke at bekymre sig om værket i Nordby-Mårup, hvor solen sørger for varmeleverancen. Grundet solvarmens store dækningsgrad leverer solen om sommeren i lange perioder al varmen til fjernvarmenettet. Der har enkelte gange været brug for at starte fliskedlen, hvor det ikke burde have været nødvendige. Årsagen har typisk været en enkel forbruger, som anvender fjernvarme til løgtørring. Når han starter tørringsanlægget trækker han meget kraftigt på nettet. Varmemesteren har nu lavet en aftale om, at forbrugeren ringer i forvejen, således at der ved styringen bedre kan tages højde for den pludselige stigning.

Der har været et enkelt uheld med solfangerfeltet. Varmemesteren opdagede ved en inspektion af feltet, at det dryppede fra en sammenkobling mellem to solfangere. Da han littede på isoleringen for at undersøge det nærmere, gik sammenkobling løs og solfangervæske strømmede ud. Også varmemesteren blev ramt. Til alt held skete det mellem et par af de første fangere i rækken, så solfangervæsken var ikke varmere end ca. 50°C, så deciderede forbrændinger blev undgået. Varmemesteren fik lukket for rækken og udbedret skaden. Han har planer om i løbet af vinteren (2003-2004) at gå alle sammenkoblingerne igennem for at undgå lignende situationer i fremtiden.

Der har fra starten af været problemer med at få SRO-systemet til at fungere problemfrit sammen med solvarmen. Weiss A/S har været totalleverandør på varmeværket og deres underleverandør, NB Automatic, på styringssystemet har ikke tidligere installeret styring til solvarme. Efter en periode med udbedringer er det dog lykket at få styringen af solvarmesystemet til at fungere tilfredsstillende. Der er dog stadig problemer med dataregistrering. For eksempel registreres der en solvarmeproduktion på 6 kW (de førømtalte timeværdier på 0,01 MWh), selvom systemet ikke kører. Tilsvarende med fliskedlen, hvor der også som allerede nævnt registreres en lille produktion, selvom kedlen står stille.

Timetælleren på oliekedlen bliver ikke registreret i SRO-systemet. Det største problem er dog registreringen af varmen til fjernvarmenettet. Registreringen har ikke på noget tidspunkt fungeret, der har ikke været overensstemmelse mellem registreringen ude på måleren, og hvad der bliver registreret i SRO-systemet. Selve måleren blev omkring årsskiftet 2002-03 sendt til reparation. Derefter menes det, at måleren registrerer korrekt, mens SRO-systemet stadig ikke registrerer korrekt. Varmemesterens har erfaret, at ved en effekt under ca. 1 MW viser SRO-anlægget en større effekt end måleren, mens det er omvendt ved effekter over ca. 1 MW.

Præsentationen af data på internettet er påvirket af de fejlbehæftede dataregistreringer. På varmeværket er placeret en computer, som via netkabel er forbundet til SRO-systemet. Denne computer henter en gang i timen data fra SRO-systemet, behandler dataene og uploader til en hjemmeside. Der har været problemer med stabiliteten af denne datahentning, som gør, at der er huller i dataene på hjemmesiden.

7. Økonomi

Opførelsen af solvarmedelen i Nordby Mårup varmeværk beløb sig til 4,7 mio. kr. I tabel 7.1 er prisen for solvarmen sammenlignet med andre fjernvarmeværker med solvarme.

Såfremt kapitalomkostningerne sættes til 6,7% af anlægsprisen fås følgende varmepriser for anlæg opført siden 1996 (der er ikke indregnet tilskud). Prisen for solvarmedelen inkluderer kun direkte solvarmerelaterede udgifter. El til pumper i solfangerkredsen og vedligehold udgør et så lille beløb, at det ikke kan ses i kWh-prisen.

| Anlæg | år | produktion MWh/år | pris mio. kr. | dækningsgrad % | varmepris, kr./kWh løb.pris | 2001 pris |
|---|---------------|----------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|-----------|
| Marstal 8.038 m ² | 1996 | 3.472 | 16,6 | 13 | 0,32 | 0,39 |
| Ærøskø- bing 4.890 m ² | 1998- 2000 | 2.103 | 9,3 | 16 | 0,30 | 0,37 |
| Nordby Mårup 2.500 m ² | 2001 | 1.100 | 4,7 | 25 | 0,29 | 0,29 |
| Gjern 8.000 m ² | be- regnet | 3.600 | 15,1 | 23 | 0,28 | 0,28 |
| Løkken 12.000 m ² | be- regnet | 5.600 | 20,8 | 27 | 0,25 | 0,25 |

Tabel 7.1. Økonomital for solvarmedelen i forskellige fjernvarmeinstallationer.

Som det ses af tabel 7.1 er der sket et stort fald i varmeprisen fra solvarmeanlæg - fra nogle af de første større solvarmeanlæg (Marstal og Ærøskøbing) til anlægget i Nordby Mårup - 22-26 %. Ved videre udvikling af denne type solvarmeanlæg forventes et yderligere fald i solvarmeprisen, som den beregnede varmepris for to ikke opførte varmeværker (Gjern og Løkken) viser.

Det vurderes dog, at varmeprisen skal ned på 0,20 kr/kWh for at få de halm- og flisfyrede fjernvarmeværker til at investere i solvarme. Varmeværket i Nordby Mårup fik 49 % i tilskud til solvarmeanlægget, hvilket bringer solvarmeprisen ned på ca. 0,15 kr/kWh. Solvarmeanlægget i Nordby Mårup er derfor rentabelt for varmeværket.

8 Konklusion

Nordby Mårup varmemærk på Samsø blev igangsat i november 2001 og har lige siden kørt uden nævneværdige problemer. Varmeværket består af et 2.500 m² solfangerfelt med 800 m³ lager, en fliskedel samt en oliekedel som backup. Oliekedlen har kun leveret 3,5 % af varmebehovet.

Varmemesterens generelle vurdering af solvarmen er, at det er dejligt problemfrit at passe. Varmemesteren passer også det halmfyrede varmemærk i Tranebjerg. I høstperioden, hvor han der har travlt med at bjerge halm, behøver han ikke at bekymre sig om værket i Nordby-Mårup, hvor solen sørger for varmeleverancen. Grundet solvarmens store dækningsgrad leverer solen om sommeren i lange perioder al varmen til fjernvarmenettet.

Solfangerfeltet har stort set ydet som forventet (måske en lille smule mindre). Ydelsen var for året maj 2002- april 2003 434 kWh/m² solfanger, hvilket er højt for denne type anlæg med høj dækningsgrad. Dækningsgraden var i året maj 2002- april 2003 21 % mod en forventet dækningsgrad på 25 %. Den lavere realiserede dækningsgrad skyldes et 21 % højere fjernvarmebehov end i designgrundlaget.

Produktionstal og temperaturer for anlægget er direkte tilgængelige via hjemmesiden www.Nordby-Maarup.dk. Ydelserne og temperaturerne på hjemmesiden skal dog anvendes med forsigtighed, fordi måleudfald til tider leder til et forkert billede af funktionen af varmeanlægget. I nærværende rapport er der korrigeret for disse forhold. Der har desuden være problemer med fjernvarmemåleren: hjemmesiden viser ikke samme værdier som selve måleren.

Varmeprisen for solvarme er beregnet til ca. 0,29 kr/kWh uden tilskud. Med tilskud er solvarmeprisen ca. 0,15 kr/kWh, hvilket gør solvarmeanlægget rentabelt for varmemærket.

9. Referencer

Jensen, S.Ø., 2003. Ydelsesstatistik på internettet - store solvarmeanlæg. SolEnergiCentret, Teknologisk Institut. ISBN 87-7756-721-8.

Nielsen, J.E. og Honoré, C., 2000. Ydelsesstatistik – store anlæg, 1999. SolEnergiCentret, Teknologisk Institut.

SBI, 1982. SBI, 1982. Vejrdata for VVS og energi – Dansk referenceår TRY. SBI rapport nr. 135.

Bilag A

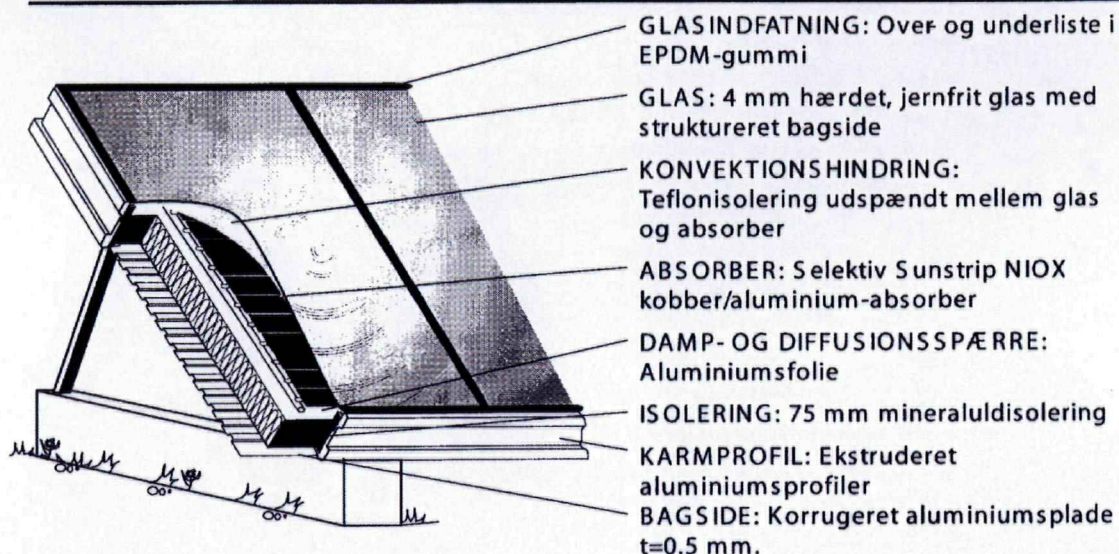
Datablad for den anvendte solfanger



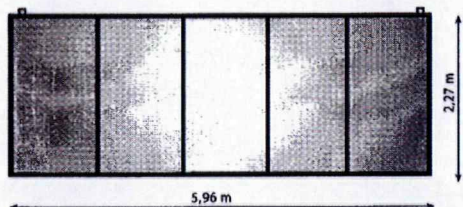
ARCON

ARCON HT-N Solfanger

**ARCON HT-N er en højtydende solfanger til anvendelse i større varmesystemer.
ARCON HT-N er velegnet til at indgå i fjernvarmeværker.**



MÅL OG VÆGT



| | |
|------------------|--|
| Udvendige mål: | 2,27(h) x 5,96(b) m |
| Udvendigt areal: | 13,5 m ² |
| Effektivt areal: | 12,5 m ² |
| Vægt: | 300 kg |
| Væske: | vand/propylenglykol |
| Væskevolumen: | 7 liter |
| Væskeflow | 35 liter/min |
| Montage: | Solfangerne monteres direkte på terræn på betonbjælker |

YDELSE



Effektivitetsligning:

$$\eta = 0,78 - 3,5(T_m - T_l)/E - 0,002(T_m - T_l)^2/E$$

TM = solfangervæskens middeltemperatur

TL = lufttemperaturen

E = solindstråling (W/m²)

Tryktab: Pd = 18 * m⁵⁸ kPa

M 0141-07.03.00

ARCON SOLVARME A/S
JYTTEVEJ 18 . 9520 SKØRPING
TEL +45 98 39 14 77 . FAX. +45 98 39 20 05
A/S REG. NR 160 870
GRUNDLAGT/FOUNDED 1974

Samsø Kommune, Teknisk Forvaltning
Langgade 1, Tranebjerg
8305 Samsø

Den 16. februar 2004
J.nr. 65722/741-0005
m:\værkpl\balbrsamtykke

Vedr. etablering af halmfyret fjernvarmeværk i Ballen og Brundby, Samsø Kommune

1. Indledning

Energistyrelsen modtog den 23. januar 2004 projektforslag fra Samsø Kommune om etablering af halmfyret fjernvarme i Ballen og Brundby på Samsø. Styrelsen modtog samtidig Kommunalbestyrelsens udtalelse til projektforslaget.

Samsø Kommune har fremsendt projektforslaget i henhold til bekendtgørelse nr. 582 af 22. juni 2000 om varmeplanlægning og godkendelse af projekter for kollektive varmforsyningsanlæg.

2. Projektforslag

Projektet omfatter etablering af et en komplet fjernvarmecentral samt distributionsnet i Ballen og Brundby. Halmkedelanlæggets effekt er 1600 kW, og der etableres 2000 kW oliekedel som reservelast.

Den totale varmeproduktion af værk er ved den forventede starttilslutning (167 af i alt 300 mulige enkelt- og storforbrugere) beregnet til 4230 MWh/år. Det samlede varmetab i nettet er som udgangspunkt beregnet til 26% af den samlede produktion. Nettabet forventes af falde, i det omfang der senere tilsluttes flere forbrugere.

De samlede etableringsomkostninger er budgetteret til 15,880 mio. kr.

Det forudsættes i projektforslaget, at forbrugerne får en fast afgift på 1800 kr. og en variable varmepris på 500 kr./MWh (begge excl. moms). Et normalt forbrug på 18 MWh/år vil således koste 13.500 kr. incl. moms. Det forudsatte gennemsnitsforbrug for en almindelig forbruger i Ballen og Brundby er dog lavere (16,5 MWh pr. forbruger pr. år).

3. Kommunens godkendelse

Kommunalbestyrelsen i Samsø Kommune har den 20. januar 2004 taget principiel beslutning om, på det foreliggende grundlag, at fortsætte projektbehandlingen med henblik på endelig godkendelse.

**ØKONOMI- OG
ERHVERVS MINISTERIET**

Energistyrelsen
Amaliegade 44
1256 København K

Tlf 33 92 67 00
Fax 33 11 47 43
CVR-nr. 59 77 87 14
ens@ens.dk
www.ens.dk

4. Energistyrelsens vurdering

Energistyrelsen vurderer, at det foreliggende projektforslag opfylder de krav, som fremgår af Energiministeriets bekendtgørelse nr. 582 af 22. juni 2000 om varmeplanlægning og godkendelse af anlægsprojekter for kollektive varmforsyningsanlæg.

Energistyrelsen har vurderet projektets samfundsøkonomi på baggrund af den beregnede CO₂-skyggepris. Den er beregnet til 563 kr./tons ved den lave starttilslutning faldende til 317 kr./tons ved 75% tilslutning. Der er således tale om en relativt høj værdi set ud fra en samfundsøkonomisk betragtning alene. Brugen af alternative brændsler og projektets betydning i forbindelse med Samsø Vedvarende Energi Ø projektet berettiger dog den høje skyggepris.

Energistyrelsen har endvidere foretaget en selskabsøkonomisk vurdering af projektet. Der er i denne forbindelse udarbejdet af en række følsomhedsberegninger, som blev drøftet på mødet 11. februar 2004 med formanden for Ballen-Brundby Fjernvarme og repræsentanter for Samsø Kommune og Samsø Energiselskab. Styrelsen har hæftet sig ved,

- at den anvendte teknologi må betragtes som velgennemprøvet fra tidligere etablerede værker,
- at de budgetterede anlægs- og driftsomkostninger forekommer at være realistiske,
- at de forudsatte varmebehov og nettab forekommer at være realistiske og at der anvendes nyudviklede fjernvarmerør med forbedret isolering,
- at byg- og driftsherren må bedømmes som værende kompetent,
- at der er muligheder for at forbedre selskabsøkonomien i fremtiden gennem ekstra tilslutninger til værket, samt
- at en række følsomhedsanalyser vedrørende varmesalg, brændselspris, nettab og oliereferencepris viser, at der er mulighed for tilfredsstillende økonomi også selvom nogle af de tilgrundliggende forudsætninger ændrer sig i negativ retning.

Energistyrelsen finder på den baggrund ikke anledning til at betvivle forsvarelsen af projektets gennemførelse. Styrelsen skal dog samtidig understrege, at ansvaret for realisering af projektet i overensstemmelse med beslutningsgrundlaget alene påhviler byg- og driftsherren, samt dennes kreditorer og garantistillere.

5. Energistyrelsens samtykke

Energistyrelsen har noteret sig Samsø Kommunes positive vurdering af projektforslaget.

Kommunalbestyrelsen er efter varmforsyningsloven den overordnede varmeplanmyndighed og derfor den myndighed, der på grundlag af projektforslaget og Energistyrelsens bemærkninger har kompetencen til at træffe den endelige beslutning.

På denne baggrund vil Energistyrelsen i medfør af §10, stk.3 i Energiministeriets bekendtgørelse nr. 582 af 22. juni 2000 om varmeplanlægning og godkendelse af anlægsprojekter for kollektive varmforsyningsanlæg ikke modsætte sig kommunens endelige godkendelse af projektforslaget.

Energistyrelsen anbefaler, at alle kommunale bygninger tilsluttes fjernvarmenettet, så disse kan indgå i værkets varmegrundlag.

Opmærksomheden henledes desuden på, at Energistyrelsen ved ovenstående udtalelse ikke har taget stilling til, om projektforslaget kan godkendes i henhold til anden lovgivning.

Energistyrelsen skal anmode om at få tilsendt kommunens endelige godkendelse til orientering.

Med venlig hilsen

Søren Tafdrup

PS: Dette brev sendes pr. e-mail til kommune@samsøe.dk. Det sendes ikke med almindelig post.

Kopi pr. e-mail til: Samsø Energiselskab

15,880 (16.125)
2,500

13,380

