



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R40:1991

Energilager i akviferer

Utvärdering
Kristianstad

Lars Kronqvist

RJK

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr: _____

Plac: *Ser*

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135547

Byggeforskningsrådet

R40:1991

ENERGILAGER I AKVIFERER

Utvärdering
Kristianstad

Lars Krongvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 871239-3
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB AB,
Stockholm.

REFERAT

Projektet är en fortsättning av en driftuppföljning som redovisats i BFR R6:1989. Uppföljningen avser ett akviferlager som ingår som en del i en anläggning där en sammankoppling av ett kylbehov med ett uppvärmningsbehov sker via en värmepump. Grundvattensystemet balanserar säsongsvariationer i kylbehovet och uppvärmningsbehovet.

En obalans mellan till lagret inlagrad energi och från lagret uttagen energi resulterade efter ca 2 års drift i ökande grundvattentemperaturer.

Denna rapport redovisar ytterligare drygt 2 års driftresultat. Av dessa framgår följande:

- Tekniskt sett fungerar grundvattensystemet utan problem.
- Bortledningen av energi har återställt temperaturen i akvifären.
- En ökad direktkylning mot grundvattnet har kunnat ske.
- Åtgärder på grundvattensystemet som minskar energiöverskottet i anläggningen och möjliggör en mer ekonomisk drift föreslås.

Allmänna slutsatser är att energilagarsystem förutsätter att energibalans kan erhållas i ett system vid de temperaturer som är önskvärda. En noggrann förundersökning och förprojektering, där simuleringsmodeller kan utnyttjas, bör alltid utföras.

Anläggningen med möjligheter till kylning med grundvatten på både varma och kalla sidan av en värmepump har dock visats vara mycket flexibel och anpassningsbar till olika driftförhållanden.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R40:1991

ISBN 91-540-5354-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab 93907, Stockholm 1991

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1. | INLEDNING | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.2 | Projektbeskrivning | 1 |
| 1.3 | Målsättning | 1 |
| 1.4 | Tidigare redovisning | 1 |
| 1.5 | Fortsatta uppföljningen | 2 |
| 2. | DRIFTDATA | 4 |
| 2.1 | Mätningar på grundvattendelen | 4 |
| 2.2 | Mätningar på kylvattendelen | 4 |
| 2.3 | Mätningar på värmvattendelen | 4 |
| 2.4 | Redovisning av mätningarna | 5 |
| 3. | BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGENS FUNKTION | 7 |
| 3.1 | Kylvattenssystemet | 7 |
| 3.1.1 | Beskrivning | 7 |
| 3.1.2 | Driftförhållanden | 7 |
| 3.1.3 | Beräkningar | 7 |
| 3.1.4 | Kylningen över värmväxlare 1 | 9 |
| 3.2 | Värmvattenssystemet | 9 |
| 3.2.1 | Beskrivning | 9 |
| 3.2.2 | Driftförhållanden | 10 |
| 3.2.3 | Oljepannan | 10 |
| 3.2.4 | Fabriksuppvärmning | 11 |
| 3.2.5 | Värmeöverföring via värmväxlare 2 | 11 |
| 3.3 | Grundvattenssystemet | 11 |
| 3.3.1 | Beskrivning | 11 |
| 3.3.2 | Driftförhållanden | 13 |
| 3.3.3 | Kalla brunnen | 13 |
| 3.3.4 | Värmväxlare 1 | 14 |
| 3.3.5 | Värmväxlare 2 | 14 |
| 3.3.6 | Varma brunnen | 16 |
| 3.4 | Akvifären | 18 |
| 3.4.1 | Beskrivning | 18 |
| 3.4.2 | Driftförhållanden | 18 |
| 3.4.3 | Energibalans i akvifären | 18 |
| 3.4.4 | Temperaturmätningar | 19 |
| 4. | UTVÄRDERING | 21 |
| 4.1 | Grundvattencirkulationen | 21 |
| 4.1.1 | Brunnar | 21 |
| 4.1.2 | Värmväxlare | 21 |
| 4.2 | Akvifären | 22 |
| 4.3 | Icke utvärderade delar | 22 |

| | | |
|-----|-----------------------------------|----|
| 5. | OPTIMERING AV GRUNDVATTENSYSTEMET | 24 |
| 5.1 | Målsättning | 24 |
| 5.2 | Förutsättningar | 24 |
| 5.3 | Åtgärder vid värmepump 1 | 24 |
| 5.4 | Åtgärder vid värmepump 2 | 24 |
| 5.5 | Övriga åtgärder | 25 |
| 5.6 | Motiv för åtgärder | 25 |
| 6. | SLUTSATSER | 27 |

BILAGOR

| | |
|-------|---|
| Bil 1 | Ekonomisk utvärdering av anläggningen |
| Bil 2 | Beräkning av förhållandena vid ett större brunnsvstånd |

SAMMANFATTNING

Det redovisade projekt är en fortsättning av en drift-uppföljning som påbörjades år 1985 och som redovisats i BFR R6:1989.

Uppföljningen avser ett akvifärlager som varit i drift sedan 1984. Lagret ingår som en del i en anläggning där en sammankoppling av ett kylbehov vid en tillverkningsprocess med ett uppvärmningsbehov av lokaler via en värmepump sker. Grundvattensystemet balanserar säsongsvariationer i kylbehovet och uppvärmningsbehovet.

En obalans mellan till lagret inlagrad energi och från lagret uttagen energi resulterade efter ca 2 års drift i ökande grundvattentemperaturer.

I den föregående rapporten redovisades en utvärdering av driften och förbättrande åtgärder föreslogs.

Denna rapport redovisar ytterligare drygt 2 års driftresultat. Av dessa framgår följande:

- Tekniskt sett fungerar grundvattensystemet utan problem.
- Bortledningen av energi har återställt temperaturen i akvifären.
- En ökad direktkylning mot grundvattnet har kunnat ske.
- Akvifärlagret har inte kunnat utnyttjas som säsongslager på grund av fortsatt obalans mellan energiöverskott och energibehov.
- Åtgärder som minskar energiöverskottet i anläggningen och möjliggör en mer ekonomisk drift föreslås.
- På grundvattensystemet kan åtgärder vid värmeväxlare 1 vidtas så att ökad direkt kylning kan ske.
- Vid värmeväxlare 2 föreslås en direkt bortförsel av energi i ett delflöde för att minska nettouttaget av vatten från akvifären.

Allmänna slutsatser från detta projekt är att energilagerssystem förutsätter att energibalans kan erhållas i ett system vid de temperaturer som är önskvärda. En noggrann förundersökning och förprojektering, där simuleringsmodeller kan utnyttjas, bör alltid utföras.

Den här studerade anläggningen med möjligheter till kylning med grundvatten på både varma och kalla sidan av en värmepump har dock visats vara mycket flexibel och anpassningsbar till olika driftförhållanden. Även om anläggningen, på grund av obalans mellan kyl- och värmebehov, inte kunnat drivas helt som planerat har ändå energibesparingarna givit en årlig kostnadsreduktion av i storleksordningen 700 00 kr, vilket innebär att anläggningen betalat sig redan efter 2 år.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Föreliggande projekt är en fortsättning av en drift-uppföljning som påbörjades år 1985 och avrapporterades i "Driftuppföljning värme och kylsystem med akvifärlager i Kristianstad", BFR R6:1989.

Den aktuella anläggningen finns vid Ericsson Telecom AB i Kristianstad. Företaget tillverkar plastkomponenter. Vid tillverkningen måste överskottsvärme kylas bort. Anläggningen som studerats kopplar samman detta kylbehov med lokalernas uppvärmningsbehov. Den består av ett kylvattensystem, ett värmevattensystem och ett grundvattensystem som är sammankopplade via ett värmepumpsystem och två yttre värmeväxlare. Anläggningen togs i drift hösten 1984.

1.2 Projektbeskrivning

Driftuppföljningen har bestått i studier av anläggningens drift under perioden 1985-1990 framför allt avseende grundvattendelen.

Inom projektet har mätningar utförts på grundvattensystemet. Flöden, temperaturer och energi har mätts på det cirkulerade grundvattnet. Dessutom har temperaturerna på olika nivåer i akvifären mätts i två observationsbrunnar.

Förutom dessa mätningar har veckorapporter med temperatur och flödesmätningar från anläggningen studerats.

Projektet har genomförts i samarbete mellan VBB VIAK och Malmergs i Yngsjö och med medverkan från Ericsson Telecom AB i Kristianstad.

1.3 Målsättning

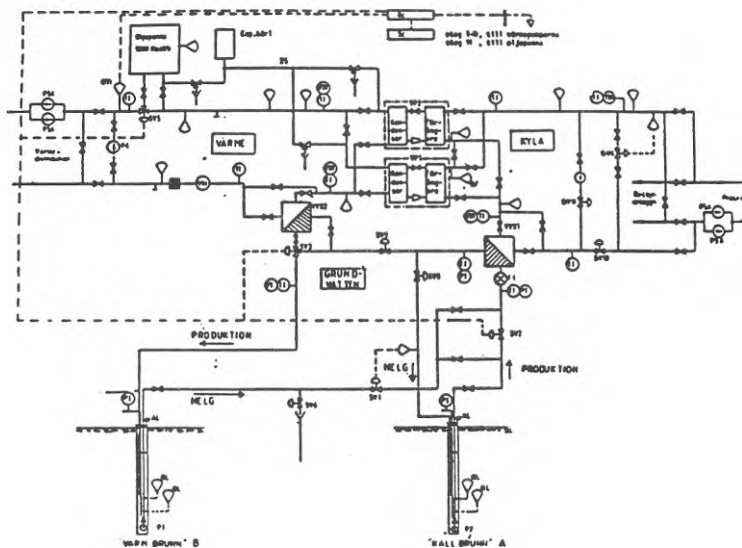
Målsättningen med projektet har varit att studera och utvärda värmelagret och grundvattendelens funktion.

1.4 Tidigare redovisning

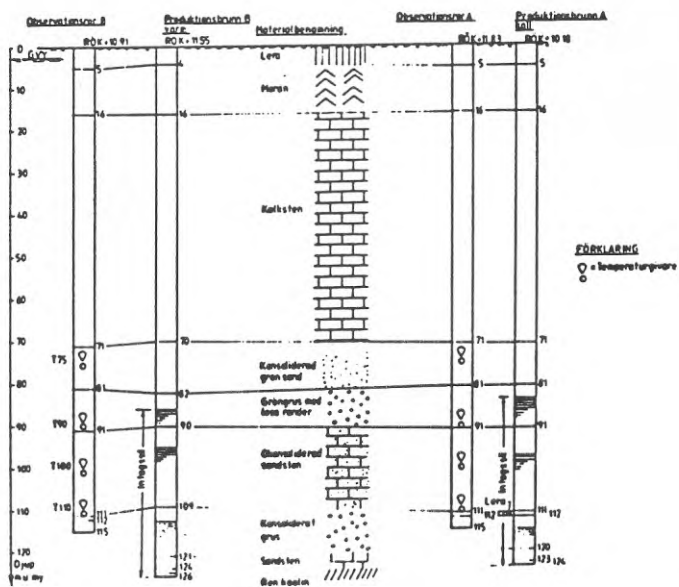
I den föregående redovisningen presenterades system-uppbyggnaden av anläggningen och de ingående komponenterna, se figur 1.1.

Grundvattendelen beskrevs avseende brunnar i akvifären och temperaturmätningarna i observationsrören, se figur 1.2.

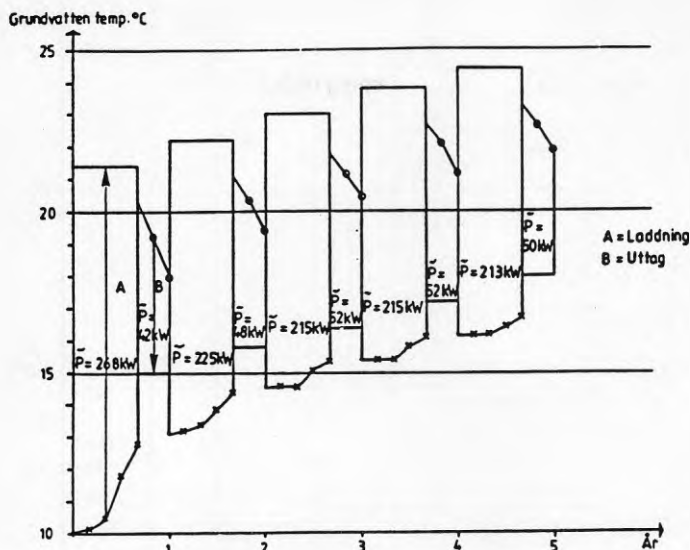
Mätningar på grundvattendelen redovisades och utvärderades. Till hjälp utnyttjades ett datorprogram som framtagits av markvärmegruppen vid Lunds universitet. Med hjälp av simuleringarna utvärderades driftförhållandena i akvifären, se figur 1.3.



Figur 1.1 Systemschema över anläggning



Figur 1.2 Sektion genom akvifären med brunnar och observationsrör



Figur 1.3 Beräknade förhållanden under 5 års drift utan energibortledning

Förslag till åtgärder för att förbättra driftförhållandena presenterades. Förslagen gick ut på att öka energiuttaget vintertid genom att ansluta fastigheter med uppvärmningsbehov till anläggningen eller akvifären. Redovisningen finns publicerad i BFR Rapport R6:1989.

1.5 Fortsatta uppföljningen

Den fortsatta uppföljningen av driften påbörjades våren 1988. I det läget var det aktuellt att bebygga angränsande fastighet. Ett förslag till utnyttjande av grundvatten från anläggningen som värmekälla för ett separat värmepumpsystem för den planerade bebyggelsen hade framtagits. Förhoppningen var att förändringar i akvifärens utnyttjande skulle ske inom kort och att den fortsatta driftuppföljningen skulle kunna registrera dessa förändringar.

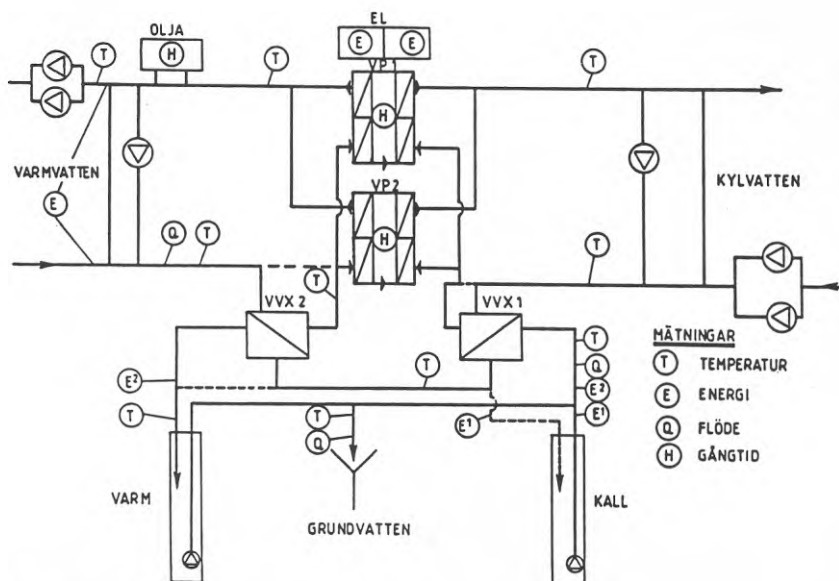
Den planerade anslutningen har ej kommit till stånd. Driften av anläggningen fortgår med fortsatt överskott av värmeenergi. Bortledningen av energi pågår kontinuerligt på samma sätt som tidigare.

Föreliggande rapport koncentreras på att redovisa och utvärdera genomförda mätningar med syftet att komplettera tidigare redovisning.

Temperaturförhållanden studeras speciellt med avsikt att utvärdera grundvattnets funktion i systemet.

2. DRIFTDATA

Anläggningens utformning visas schematiskt på figur 2.1.



Figur 2.1 Mätpunkter i anläggningen

2.1 Mätningar på grundvattendelen

I akvifären har *temperaturmätningar* gjorts i två observationsbrunnar på vardera fyra olika nivåer. Mätningarna utfördes manuellt var 14e dag.

Energi och vattenflöden till och från akvifären mättes även med summerade flödesmätare.

Från veckoredovisningen av driftprotokoll erhöles även momentana veckovärden av *grundvattenflödets temperatur* i cirkulationssystemet. Från 1988 redovisades även temperatur i bortlett vatten samt bortförd vattenmängd.

2.2 Mätningar på kylvattendelen

Från veckoredovisningen erhöles momentana värden på *kylvattenflödets temperatur* i inkommande och utgående ledning.

2.3 Mätningar på värmevattendelen

Från veckoredovisningen erhöles momentana värden på *värmevattentemperaturen* i fyra punkter i cirkulationsflödet. Dessutom redovisades nyttjiggjord *värmeenergimängd*.

Drifttidsmätning på bl a *tillsatsvärmen* från oljepannan redovisades även. Från 1988 mättes även till värmepumparna levererad *elenergi*.

2.4 Redovisning av mätningarna

Data från mätningarna har nyttjats i den följande analysen av systemets funktion. Mätningarna är ej utförda för att noggrant beskriva anläggningens funktion. Brister i noggrannhet, mätintervall och representativitet på bl a temperaturmätningar i flödessystemen gör att dessa inte kan utgöra underlag för exakta beräkningar av energimängder.

I samband med överslagsberäkningar av "energibudgeten" i anläggningen har dock tillgängliga mätningar utnyttjats. Energibudgeten presenteras i tabell 2.1.

Målsättningen med energibudgeten är att presentera de energimängder som "cirkulerar" i anläggningen och få en uppfattning om grundvattendelens funktion i hela systemet. En redovisning av energibalansen i systemet visas på figur 2.2.

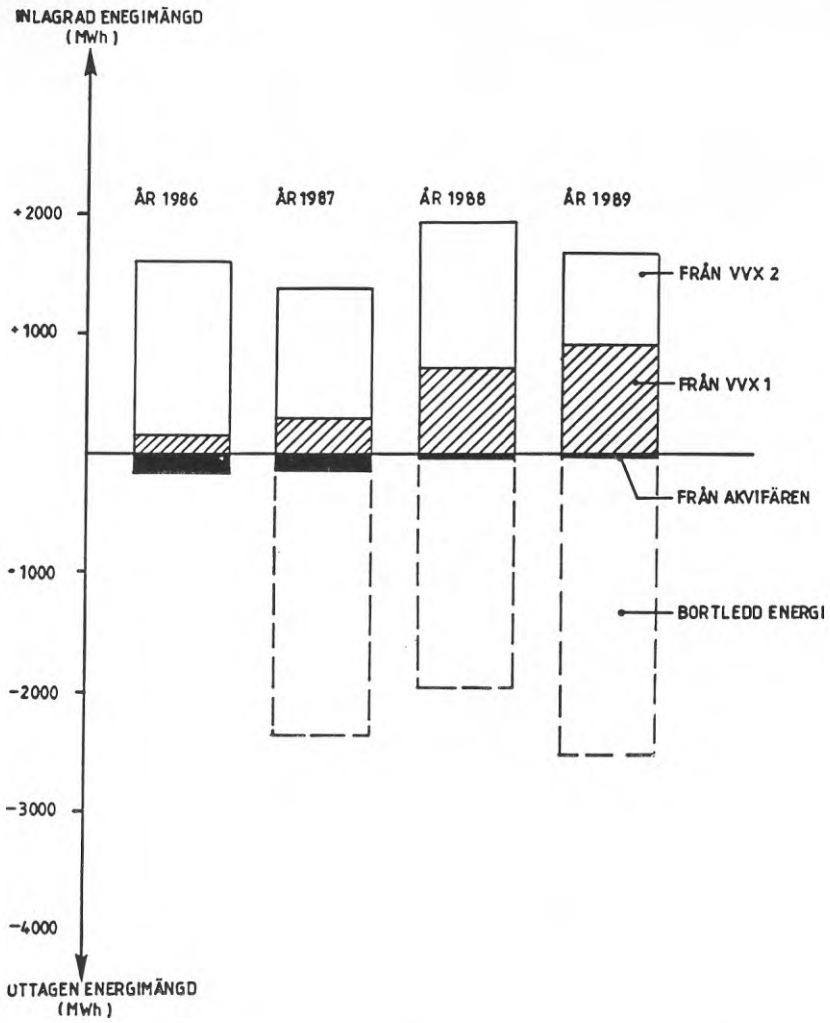
På grundvattensidan är energiflödena över värmeväxlare 1 och värmeväxlare 2 av intresse. Driftförhållandena kommenteras närmare i senare kapitel.

Tabell 2.1 Energibudget. Årssammanställning av driftutfall

| | E N E R G I M Ä N G D E R | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1986 MWh | 1987 MWh | 1988 MWh | 1989 MWh |
| Kylvattensidan | | | | |
| Totalt kylvattenproduktion (3) (2) | 2 500 | 2 220 | 2 770 | 2 660 |
| varav - från värmepump (3) (2) | 2 360 | 1 940 | 2 030 | 1 720 |
| - från grundvatten (2) | 140 | 280 | 740 | 940 |
| Värmevattensidan | | | | |
| Total värmeproduktion (2) | 3 530 | 2 980 | 2 930 | 2 750 |
| varav - från oljepannan (2) | 180 | 240 | 80 | 175 |
| - från värmepump (2) | 3 350 | 2 740 | 2 850 | 2 575 |
| - från el (3) (1) -88 | -990 | -800 | 820 | 760 |
| - från kylsidan (3) (2) | 2 360 | 1 940 | 2 030 | 1 720 |
| Nyttiggjord värme (1) | 2 070 | 1 900 | 1 740 | 2 010 |
| Värme till grundvattnet (2) | 1 460 | 1 080 | 1 190 | 740 |
| Grundvattensidan | | | | |
| Energi till akvifären (1) | 1 600 | 1 370 | 1 930 | 1 680 |
| varav - från värmeväxlare 1 (2) | 140 | 290 | 740 | 940 |
| - från värmeväxlare 2 (2) | 1 460 | 1 080 | 1 190 | 740 |
| Energi från akvifären (1) | 160 | 140 | 30 | 20 |
| Bortledd energi (3) | 0 | 2 220 | 1 920 | 2 500 |
| Energibalans i akvifären (3) (årsvis) | +1 440 | -990 | -20 | -840 |

Anmärkning

- (1) Uppmätta värden
- (2) Beräknade värden
- (3) Uppskattade värden



Figur 2.2 Energibalans i grundvattensystemet

3. BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGENS FUNKTION

3.1 Kylvattensystemet

3.1.1 Beskrivning

Fabriken tillverkar bl a plastdetaljer till elektronikindustrin. Processen kräver kylning av bl a hydrauloljan i pressarna.

Kylningen erhålls genom cirkulation av kylvatten. För att inte störa produktionen krävs en konstant kylvattentemperatur av $11^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ i utgående kylvatten.

Vid produktion i fabriken cirkuleras kylvattnet med cirkulationspumpar.

Vattnet leds vid lågt värmebehov först genom värmeväxlare 1 och sedan i serie över de två värmepumparna. Värmeväxlare 1 kopplas från när värmebehovet är högre än producerad värme. Värmepumparna är reglerade så att de prioriterar kylningen av kylvattnet.

3.1.2 Driftförhållanden

Uppmätta *temperaturer* i kylvattenflödet, se figur 3.1, visar att från processen inkommande flöde håller en temperatur kring $+14^{\circ}\text{C} - +17^{\circ}\text{C}$ (medel = $15,6^{\circ}\text{C}$) medan utgående kylvattentemperatur ligger kring $+11^{\circ}\text{C}$ (medel = $11,3^{\circ}\text{C}$).

En tydlig ökning i inkommande temperaturnivån märks under senare år.

Temperaturskillnaden mellan inkommande och utgående kylvatten uppgår till $4-5^{\circ}\text{C}$ (medel = $4,3^{\circ}\text{C}$) se figur 3.2. Säsongsvariationer förekommer ej utan produktionen bedöms i stort sett kräva samma kylning sommartid som vintertid.

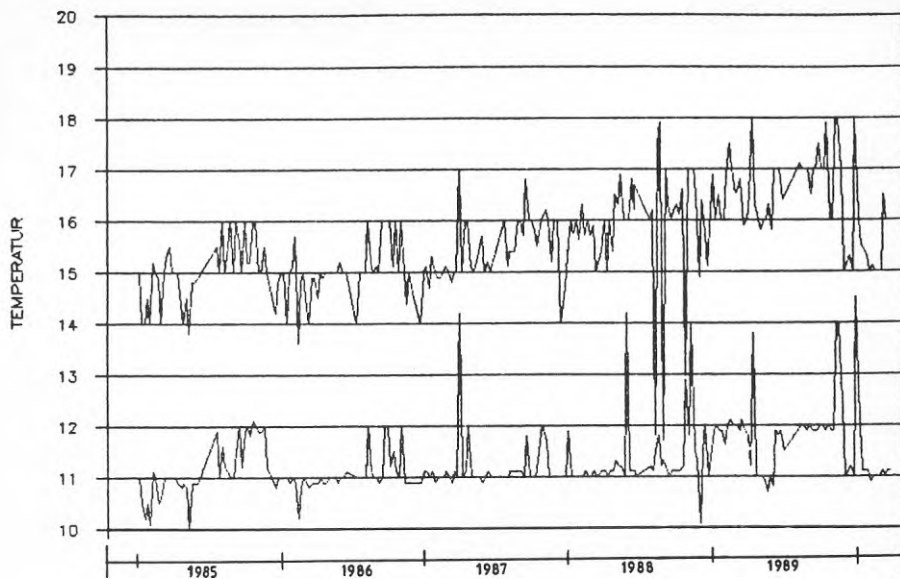
Totalt sett har kylbehovet ökat på grund av hög produktion och införande av helgdrift sedan våren 1988.

3.1.3 Beräkningar

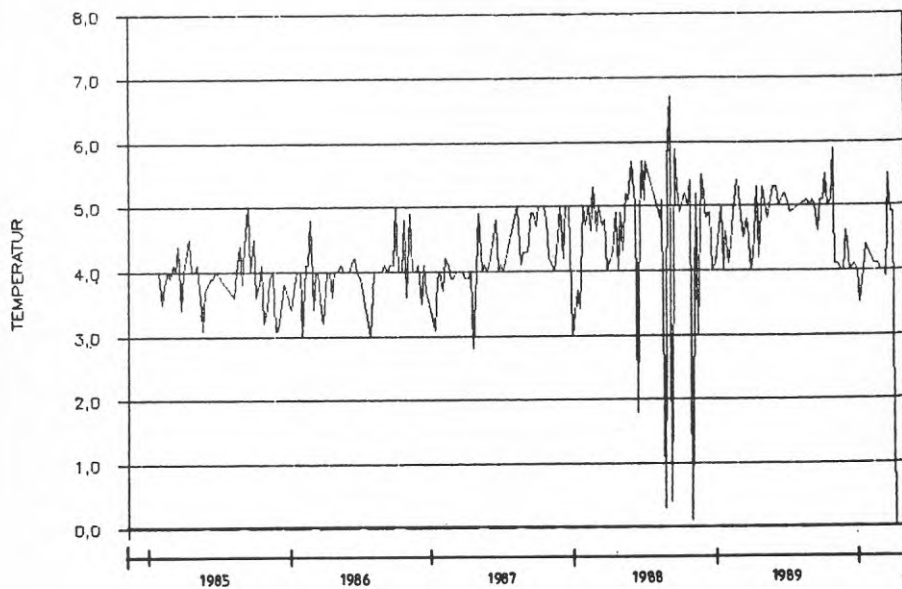
Några mätningar utöver temperaturmätningar, 1 gg/-vecka, har ej utförts på kylvattenkretsen.

Beräkningar av flöde, effekt och energi kan emellertid utföras. Flödet i kylvattenkretsen bedöms vara relativt konstant under produktionen.

Medelflödet i kylvattenkretsen är ca 15 l/s.



Figur 3.1 Temperaturer i kylvattenflödet



Figur 3.2 Temperaturskillnader i kylvattenflödet

Vid sammanställning av energiflödena framgår att totala kylbehovet uppgår till ca 2 700 MWh/år eller i genomsnitt 340 KW under ca 7 900 h produktion (eller 308 KW i genomsnitt under året).

3.1.4 Kylningen över värmeväxlare 1

Direktykylningen mot grundvattenflödet kan beräknas genom mätningar som sker på grundvattensidan av värmeväxlaren.

Temperaturer före och efter värmeväxlaren och flödet mäts på grundvattendelen. Avgiven effekt från värmeväxlaren, och därigenom kylvattnet, kan beräknas med hjälp av dessa indata.

Effekten varierar betydligt över året och mellan åren. 1989 var medeleffekten 107 KW medan effekten var ca 13 KW år 1986.

Möjlig kyleffekt över värmeväxlare 1 är en funktion av flöden och temperaturer på respektive sida om värmeväxlaren samt av värmeväxlarens egenskaper.

Genom att jämföra temperaturerna i det utgående grundvattenflödet och i det inkommande kylvattenflödet kan värmeväxlarens funktion kontrolleras.

För optimal funktion bör värmeväxlare 1 ha så liten skillnad mellan dessa temperaturer som möjligt.

I befintlig värmeväxlare är denna temperaturskillnad ca 1,5°C.

En möjlighet att öka kylningen över värmeväxlare 1 är att, om möjligt, öka temperaturen i inkommande kylvattenflödet. Eventuellt kan detta åstadkommas genom att särskilja olika kylbehov ute i processen och om möjligt seriekoppla kylningen. Genom optimering av kylsystemet kan eventuellt högre kylvattentemperatur erhållas med bibehållen kyleffekt.

Målsättningen med ett effektivt nyttjande av direkt grundvattenkylning är att minska kylningen över värmepumpen. Härigenom minskas elbehovet och behovet av bortkylningen på varma sidan. Ur grundvattensynpunkt innebär kylning på kalla sidan i stället för på varma sidan att den till grundvattnet tillförda energimängden minskas med en tredjedel.

3.2 Värmevattensystemet

3.2.1 Beskrivning

Värmepumpen regleras endast utifrån befintligt kylbehov. Den värme som produceras nyttiggöres i första

hand i fabriken vattenburna uppvärmningssystem. För spetseffekt nyttjas en oljepanna. Överskottsvärme från värmepumpen kan även kylas över värmeväxlare 2 mot grundvattnet. Följande driftfall är aktuella.

Produktionsdrift

1. Värmebehovet överstiger produktion från värmepumparna. All värme tas om hand av värmesystemet, spetsning sker med oljepannan.
2. Värmebehovet är lägre än produktionen från värmepumparna följande sker:
 - a) Kylning över värmeväxlare 1 påbörjas vilket innebär att värmepumparna reglerar ner och lämnar lägre värmeeffekt.
 - b) Kylning även över värmeväxlare 2. När inget värmebehov föreligger stängs cirkulationen över värmesystemet och vattnet cirkuleras i en inre krets över värmeväxlare 2 och värmepumpen.

Helgdrift

Värmebehovet tillgodoses i första hand med hjälp av värmepumpen. Spetseffekt produceras med oljepannan.

Kylvattencirkulationen sker över en inre krets över värmepumpens förångarsida och värmeväxlare 1 där grundvatten från den varma brunnen avger värme. Byte av brunnar sker dels för att tillvarata infiltrerat uppvärmt vatten dels för att erhålla en renspumpningseffekt. Återinfiltrationen av nedkyllt vatten sker i kalla brunnen.

3.2.2 Driftförhållanden

Driftförhållanden dokumenteras i veckorapporter med en redovisning av dels summerande mätning av *oljepannans drifttid, levererad värmeenergi och värmevattenflöde* och dels *temperaturmätning* 1 gg/vecka på cirkulerande värmevatten på följande punkter; före värmepumpen, efter värmepumpen, på framledning och returledning.

3.2.3 Oljepannan

Drifttiden för oljepannan varierar under olika år mellan maximalt 625 h år 1985 och som lägst 190 h år 1988. Producerad värmeenergi kan uppskattas genom uppmätt oljeförbrukning av i medeltal 60 l/drifttimma och en uppskattad värmeproduktion av 7 kWh per liter olja (70 % verkningsgrad).

1985 producerade oljepannan ca 260 MWh värmeenergi och 1988 ca 80 MWh vilket motsvarar en sammanlagd oljeförbrukning av ca 38 m³ respektive ca 11 m³.

3.2.4 Fabriksuppvärmning

Värmevatten cirkuleras i fabriakens uppvärmningssystem då värmebehov föreligger.

Nyttiggjord värmeenergi uppgår till som mest ca 2 070 MWh år 1986 och som lägst till ca 1 740 MWh år 1988. Värmebehovet varierar över året och mellan olika år.

Beräknat som månadsmedelvärde av effekten uppgick värmebehovet till som mest ca 500 KW i januari 1985. Årsmedelvärde är ca 240 KW.

Framledningstemperaturen vid värmeleverans ligger kring +50°C med enstaka mätningar kring +60°C - +70°C. Returledningstemperaturen ligger normalt 5-15°C lägre.

3.2.5 Värmeöverföring via värmeväxlare 2

Överskottsvärme vid kylproduktionen kyls bort över värmeväxlare 2 mot grundvattensystemet.

Kylningen sker framför allt sommartid med temperatur-sänkningar av normalt 5-10°C på returledningstemperaturen, se figur 3.3 och figur 3.4.

Flödet över värmeväxlaren varierar vilket innebär att temperaturerna ej kan utnyttjas för beräkning av energiflöden.

Till grundvattnet avgiven energimängd över värmeväxlare 2 kan beräknas från mätningen av totalt avgiven energi till grundvattnet reducerad med den energi som avges via värmeväxlare 1. Avgiven energimängd varierar mellan ca 1 500 MWh 1986 och ca 735 MWh 1989 med ett medelvärde av 1 150 MWh.

Effekten varierar betydligt med veckomedelvärden av upp till 400-500 KW. Medeleffekten över året uppgår till 84-168 KW.

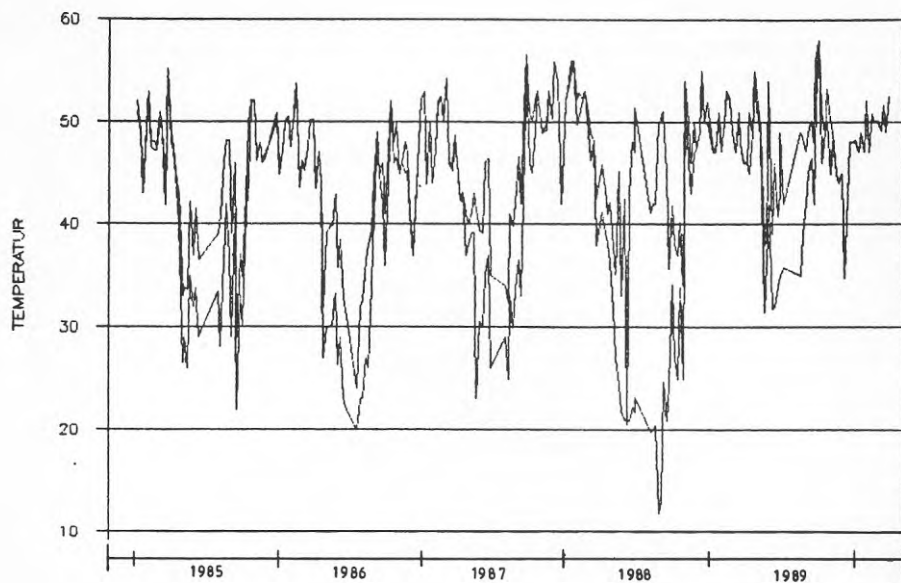
Värmeväxlare 2 arbetar med större temperaturdifferenser än värmeväxlare 1 vilket gör att driftförhållandena vid värmeväxlare 2 ej är lika kritiska som vid värmeväxlare 1.

En lägre temperatur på värmepumpens kondensorsida innebär dock en något bättre verkningsgrad på värmepumpen vilket kan reducera elförbrukningen.

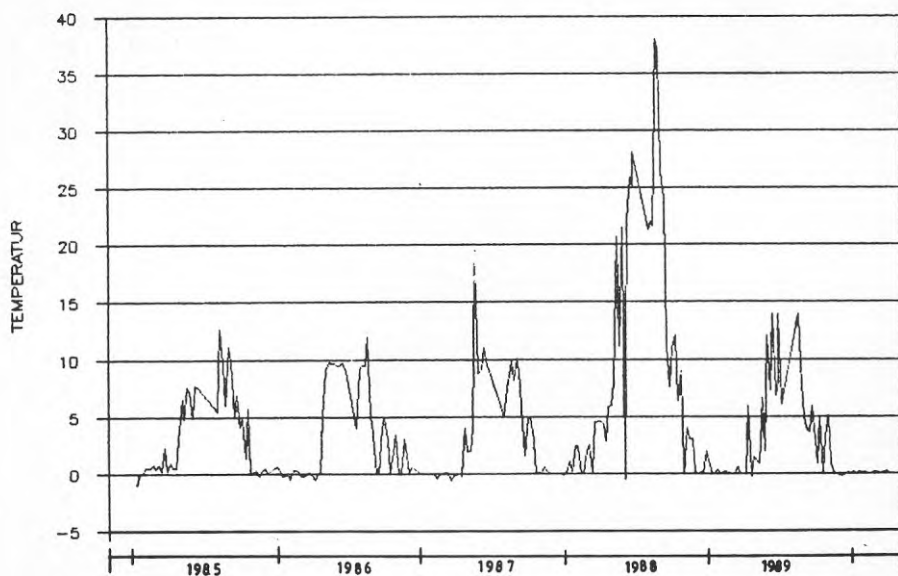
3.3 Grundvattensystemet

3.3.1 Beskrivning

Grundvatten nyttjas för att reglera värme- och kylproduktionen så att värmepumpen under produktionstid kan producera erforderlig kyla "Produktionsdrift". Under perioder då produktionen ej pågår kan erforderlig värme produceras av värmepumpen med grundvatten som värmekälla på förångarsidan, "Helgdrift".



Figur 3.3 Temperaturer i värmevattenflödet före och efter värmväxlare 2



Figur 3.4 Temperaturskillnader i värmvattensystemet före och efter värmväxlare 2

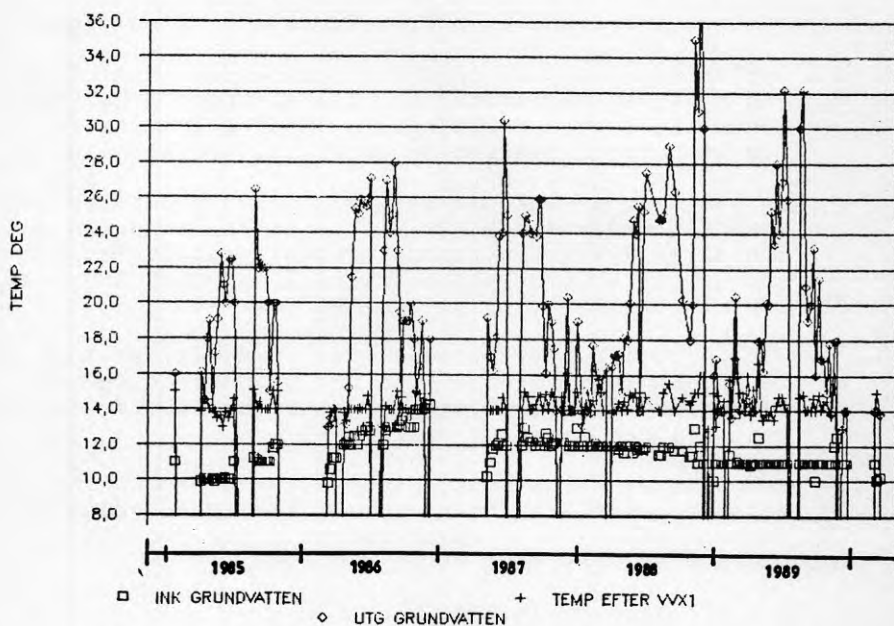
Grundvattensystemet består av två brunnar ca 120 m djupa. I vardera brunnen finns en undervattenspump med nominell kapacitet av 10 l/s.

Ett ledningssystem finns för cirkulation av grundvatten från uttagsbrunn A "kall brunn" via värmexlaren 1 och värmexlaren 2 till uttagsbrunn B "varm brunn" där vatten, utan att luftas, återförs till magasinet.

För heldriftsfallet finns ett ledningssystem från brunn B via värmexlaren 1 till brunn A. På detta ledningssystem finns även möjlighet till avtappning av grundvatten.

3.3.2 Driftförhållanden

Temperaturerna i grundvattensystemet dokumenteras i veckorapporter med en redovisning av temperatur i *inkommande grundvatten, efter värmexlaren 1 och efter värmexlaren 2*. *Flödet* dokumenteras med summerande mätare. På figur 3.5 redovisas temperaturer i grundvattenflödet.



Figur 3.5 Temperaturnivåer i grundvattenflödet

Anmärkning: Temperaturen registreras som 0 då cirkulation ej pågår

3.3.3 Kalla brunnen

Temperaturen i inkommande grundvatten har redovisats i veckoprotokollen. Temperaturen är beroende av akvifärens temperatur. Som lägst uppgick temperaturen till +10°C vilket bedöms vara något lägre än normal grund-

vattentemperatur på denna nivå (+10,5-11°C) medan normal temperatur i uttagsflödet är +12,2°C med högsta årsmedelvärde av +13,7°C 1986 och lägsta +11,6°C år 1989, se figur 3.6. Temperaturen påverkas tydligt av förhållandena i akvifären.

Uttagsflödet vid produktion är ca 10-12 l/s utom under perioder då värmebehovet överstiger värmepumpens produktionskapacitet då ingen grundvattencirkulation sker. Eftersom temperaturen i grundvattensystemet endast är relevanta då cirkulation pågår har temperaturerna registrerats som 0° vid perioder utan cirkulation.

Årsmedeluttaget uppgår till 4,3-7,8 l/s.

3.3.4 Värmeväxlare 1

Ingångstemperaturen till värmeväxlare 1 är lika med uttagstemperaturen. Värmeväxling sker mot kylvattensystemet varvid utgående temperatur från värmeväxlare 1 höjs till 14-15°C vilket är ca 1,5°C lägre än kylvattentemperaturen. Temperaturdifferensen över värmeväxlare 1 i grundvattenflödet, redovisas på figur 3.7.

Beräkningar av avgiven energi och effekt kan utföras med hjälp av temperatur och flödesmätningarna. Osäkerheten i temperaturmätningarna innebär en viss felkälla men temperaturnivåerna är dock relativt stabila.

En sänkning av inkommande grundvattentemperatur har noterats under senare år. Detta tillsammans med en ökning av kylvattentemperaturen har resulterat i att energiutbytet över värmeväxlare 1 har ökat från ca 110 MWh år 1986 till ca 940 MWh år 1989.

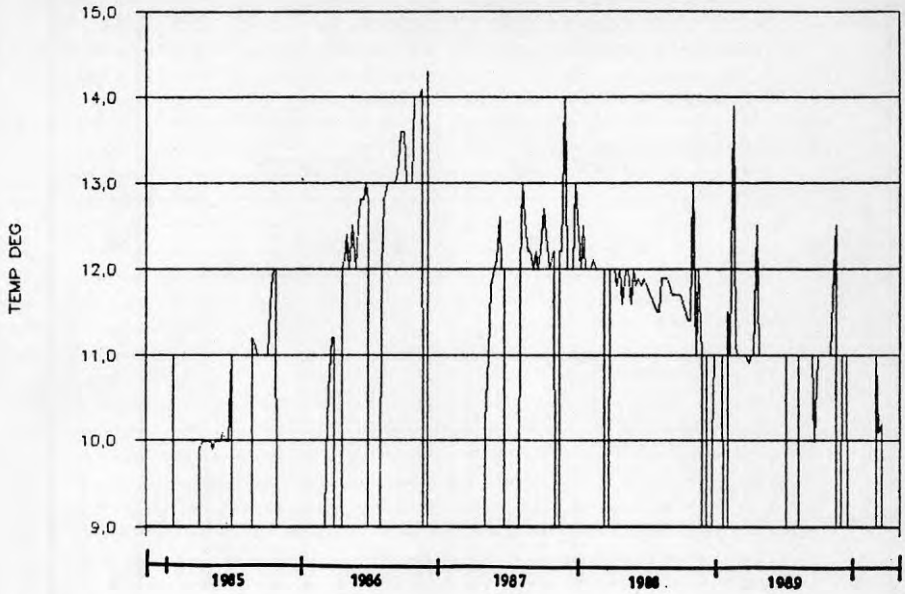
Vid helgdrift styrs flödet över värmeväxlare 1 så att de oftast låga värmebehoven kan produceras med ett begränsat kylvattenflöde med en större temperatursänkning. Flödet varierar mellan 1-5 l/s.

Helgdriften har minskat sedan 1988 då produktion i fabriken även sker över veckosluten. Från grundvattnet avgiven energi över värmeväxlare 1 har minskat från ca 160 MWh år 1986 till ca 20 MWh 1989.

3.3.5 Värmeväxlare 2

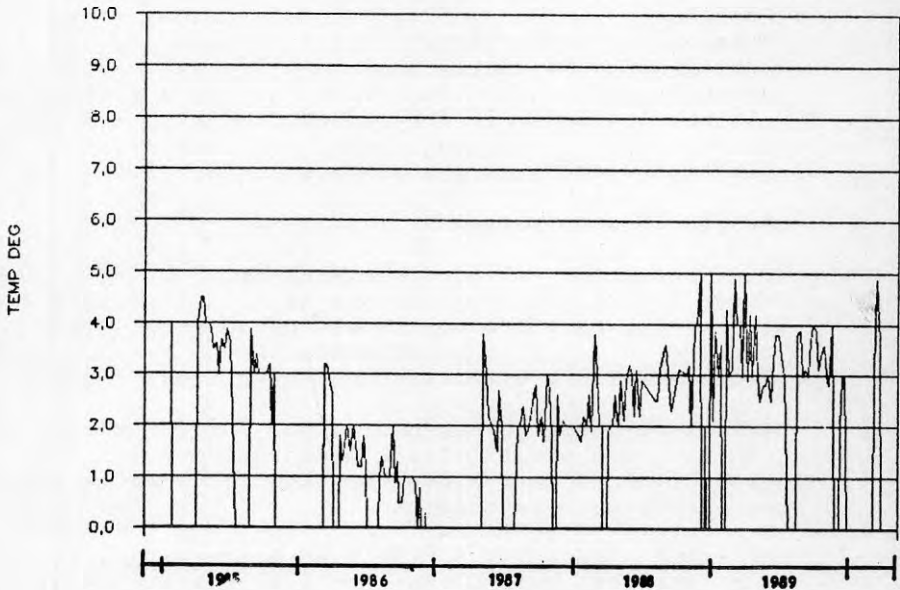
Flödet över värmeväxlare 2 bestäms av kylbehovet på värmepumpens varma sida. En shuntventil styr grundvattenflödet över värmeväxlaren så att erforderlig kylning erhålls.

Temperaturmätning sker på grundvattensidan före och efter värmeväxlaren i det samlade grundvattenflödet.



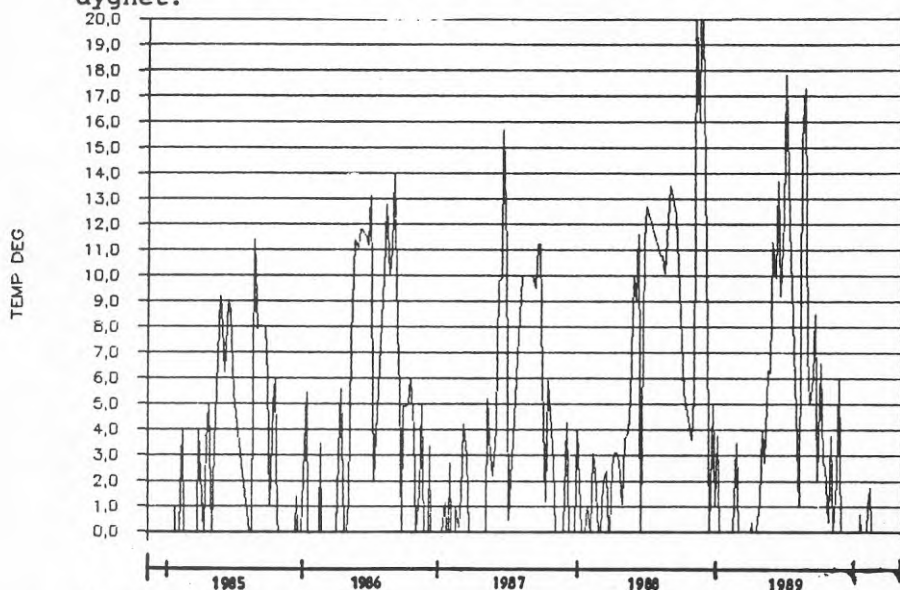
Figur 3.6 Temperaturnivåer i inkommande grundvatten

Anmärkning: Temperaturen registreras som 0 då grundvattencirkulationen ej pågår



Figur 3.7 Temperaturskillnad i utgående och inkommande grundvatten, värmväxlare 1

Temperaturdifferensen över värmväxlaren varierar från 0-20°C beroende på kylbehovet, se figur 3.8. De redovisade temperaturerna är momentana värden avlästa 1 gg/vecka. Ca 5°C temperaturvariation förekommer över dygnet.



Figur 3.8 Temperaturskillnad i utgående och inkommande grundvatten, värmväxlare 2

Energi- och effektberäkning kan utföras med hjälp av värmemängdsmätningarna som redovisas varje vecka. Värmemängden avgiven över värmväxlare 2 är lika med till akvifären avgiven värmemängd minskad med från värmväxlare 1 avgiven värmemängd. Energi- och effektdata redovisa närmare under avsnitt 3.2.5.

3.3.6 Varma brunnen

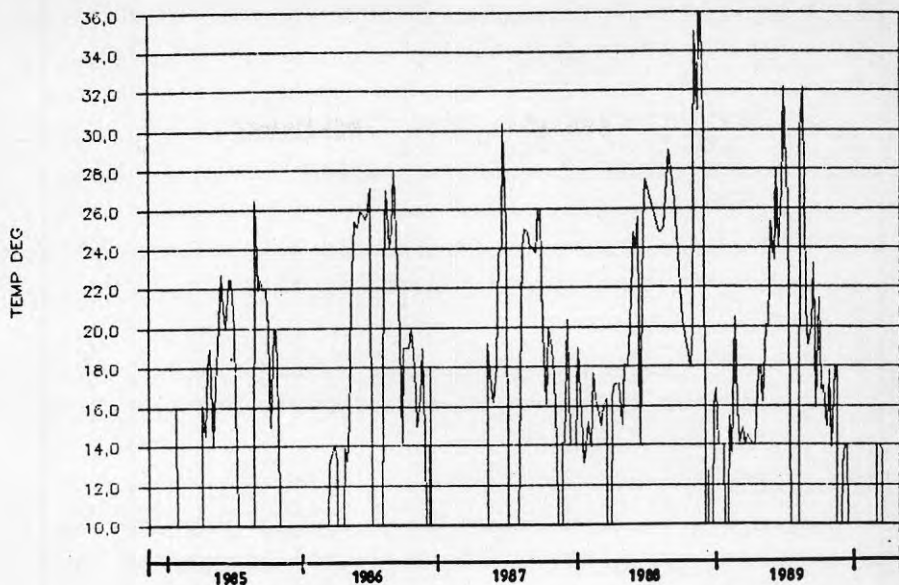
Vid produktion tillförs uppvärmt grundvatten till den varma brunnen. Temperaturen i grundvattenflödet varierar mellan ca +14°C och ca +30°C, se figur 3.9.

Flödet tillförs utan luftning av vattnet.

Ett visst övertryck erfordras för infiltrationen av vattnet. Vid ett tillfälle uppmättes ett infiltrationsstryck av ca 2 m över brunnsröret, dvs ca 5 m över omgivande grundvattennivå.

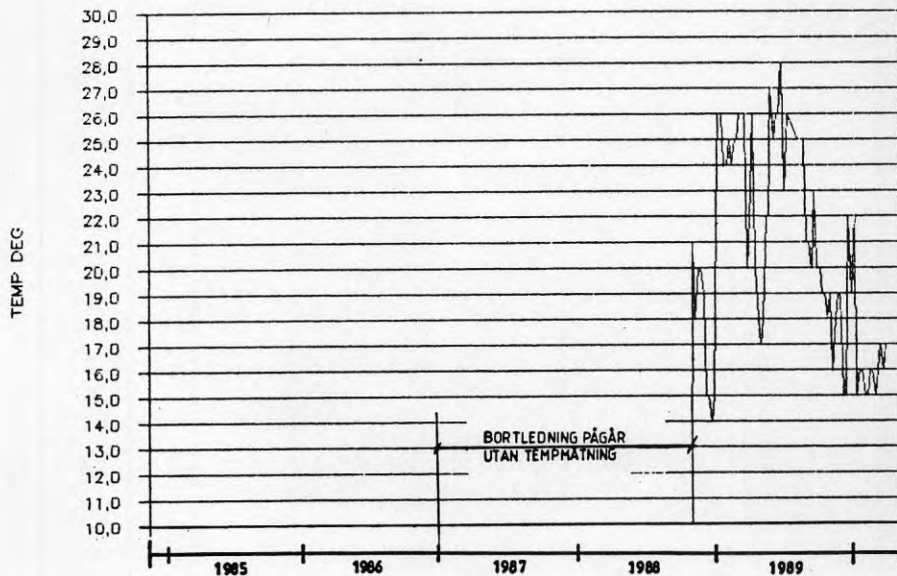
Ur varma brunnen sker tidvis en bortpumpning av vatten som leds till avlopp. Bortpumpningen kan pågå samtidigt som tillförseln sker av uppvärmt vatten från systemet.

Bortpumpningen påbörjades 1987 och temperaturen i det bortpumpade flödet började registreras i slutet av 1988, se figur 3.10.



Figur 3.9 Temperaturnivå i utgående grundvatten

Anmärkning: Temperaturen registreras som 0 då grundvattencirkulationen ej pågår



Figur 3.10 Temperatur i bortlett vatten

3.4 Akvifären

3.4.1 Beskrivning

Akvifären som utnyttjas för grundvattenuttag och infiltration utgörs av ett ca 40 m mäktigt lager med sand, grus och sandsten beläget 80-120 m under markytan.

Akvifären är stratifierad med god genomsläpplighet i horisontella skikt med grövre material växelvis med lägre genomsläpplighet i skikt med finare material.

Brunnarna, med silrör i hela akvifären, är belägna på 70 m avstånd från varandra. I anslutning till vardera brunnen finns ett observationsrör med temperaturgivare.

Förutom den grundvattenströmning som orsakas av uttag och infiltration i brunnarna finns en regional grundvattenströmning mot uttagsbrunnar i centrala Kristianstad där uttag för dricksvattenförsörjning sker.

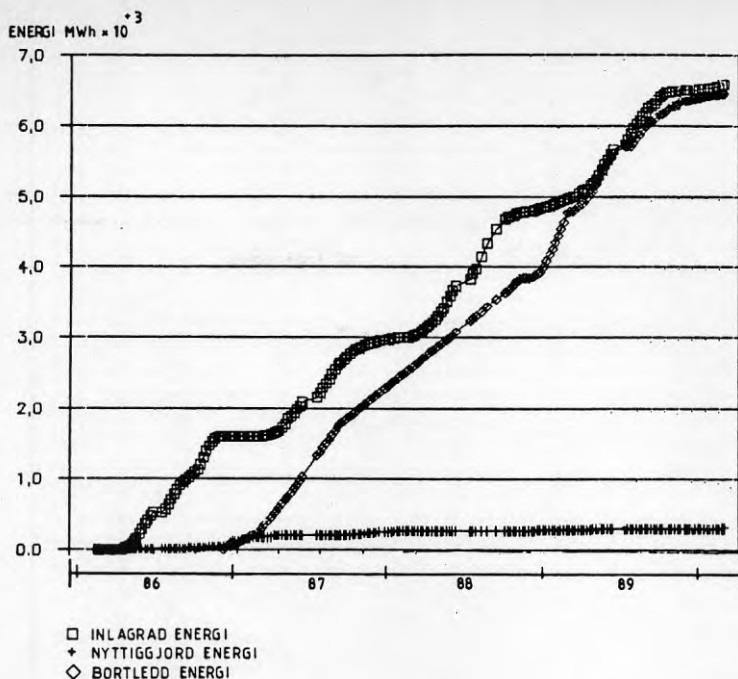
Uttag ur *kalla* brunnen cirkuleras över värmeväxlarna och infiltreras i varma brunnen. Ur *varma* brunnen bortpumpas tidvis en del av det infiltrerade flödet.

3.4.2 Driftförhållanden

Mätningar av temperaturen i akvifären sker i två observationsbrunnar, A och B. På 75 m, 90 m, 100 m och 110 m djup under markytan sitter temperaturgivare. Avläsning av temperaturen sker var 14:e dag. Mätningar på grundvattensystemet kompletterar bilden av akvifärens driftförhållanden.

3.4.3 Energibalans i akvifären

En utvärdering av energibalansen i akvifären kan utföras, se figur 3.11. Av den framgår att den i akvifären inlagrade energimängden till en början översteg den uttagna energimängden. Observera att driften påbörjades hösten 1984 ett drygt år före starten av mätningarna. Denna obalans fick till följd att temperaturen i akvifären successivt ökade vilket försvårade kylningen med grundvatten. 1987 påbörjades en bortförsel av energi från akvifären som kompenserar denna obalans. Den bortförda energimängden är uppskattad med kännedom om uttagsmängder och temperaturer i uttagsflödet.



Figur 3.11 Energiflöde till och från akvifären

3.4.4 Temperaturmätningar

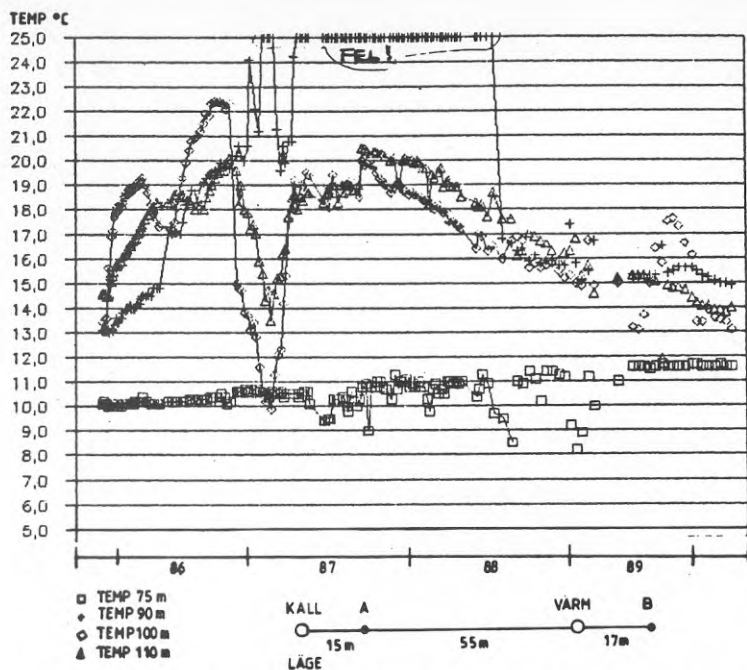
Temperaturmätningar sker i grundvattensystemet, på uttagsflödet och på infiltrationsflödet.

Av mätningarna framgår att uttagsflödets temperatur under senare tid ligger kring $+10 - +12^{\circ}\text{C}$ vilket bedöms motsvara den naturliga grundvattentemperaturen på detta djup. Innan bortpumpning påbörjades 1987 hade temperaturen ökat till $+14^{\circ}\text{C}$.

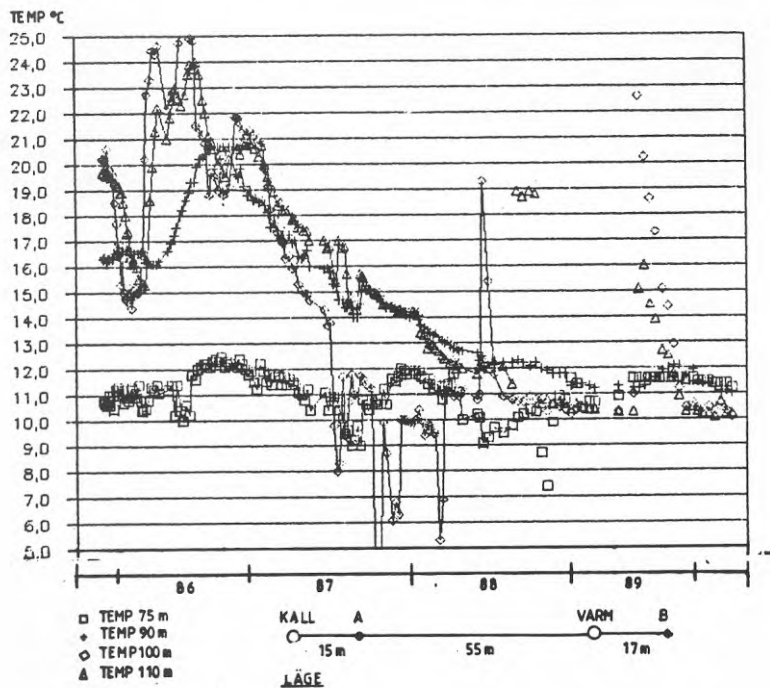
Infiltrationsflödets temperatur varierar kraftigt. Tidvis kan temperaturer över $+30^{\circ}\text{C}$ förekomma.

Ute i akvifären sker en utjämning av temperaturvariationerna. I observationsbrunn B intill den varma brunnen har temperaturerna varierat enligt Figur 3.12. Efter uppgången fram till 1987 har temperaturen långsamt sjunkit på de nivåer där vattenflöde beräknas ske. På 75 m nivå, som bedöms ligga utanför den egentliga akvifären, sker däremot en ökning av temperaturen. En långsam utjämning av temperaturskillnaderna mellan den uppvärmda akvifären och omgivande magasin pågår.

I observationsbrunn A intill den kalla brunnen har temperaturerna långsamt återgått till en stabil nivå kring $+10 - +12^{\circ}\text{C}$, se Figur 3.13. Av figuren framgår att enstaka genomslag av varmt vatten förekommer speciellt under höstarna vilket även kan observeras i temperaturen i uttagsflödet.



Figur 3.12 Temperaturer i observationsbrunn B



Figur 3.13 Temperaturer i observationsbrunn A

4. UTVÄRDERING

4.1 Grundvattencirkulationen

4.1.1 Brunnar

Uttag och infiltration av grundvattnet i de två brunnarna har kunnat ske utan större problem.

Vid infiltration av grundvatten i brunnar uppstår inte sällan problem med igensättningar. Orsaken till att igensättningar inte sker i denna anläggning kan dels vara att cirkulationen sker i ett slutet system utan möjligheter till syrekontakt dels att infiltrationsbrunnen tidvis används som uttagsbrunn varigenom en rensningseffekt erhålls regelbundet. En bidragande orsak är även att grundvattnet värms innan det infiltreras vilket positivt påverkar vattnets viskositet.

Goda förutsättningar i akvifären och väldimensionerade brunnskonstruktioner bidrar även till att brunnsystemet hittills fungerat utan problem.

4.1.2 Värmeväxlare

Värmeväxlarna VVX1, VVX2 utgörs av plattvärmeväxlare av samma typ och fabrikation (Alfa Laval) men med olika antal plattor. Konstruktionen ger möjligheter till demontering och rengöring av värmeväxlarytorna.

Värmeväxlare 1 växlar energi vid små temperaturdifferenser vilket gör dess funktion känslig.

Driften har visat att temperaturdifferensen, mellan inkommande kylvatten och utgående grundvattentemperatur, över värmeväxlare 1 är ca 1,5°C. Detta svarar helt upp mot de förutsättningar som uppställdes vid projekteringen av anläggningen.

En ökande grundvattentemperatur kan emellertid föranleda en översyn av en optimal värmeväxlarstorlek, se avsnitt 5.3.

Värmeväxlare 2 arbetar med större temperaturdifferenser mellan värmevattensidan (+40 - +60°C) och grundvattensidan (+15 - +30°C) vilket innebär att kapaciteten på värmeväxlaren ej är lika kritisk.

Den shuntning av flödet som sker till värmeväxlaren innebär att endast ett delflöde av grundvattencirkulationen utnyttjas för kylning av värmekretsen. Delflödena sammanstrålar efter värmeväxlaren. Vid den rådande driftsituationen bör denna shuntning kunna utnyttjas för att optimera driftförhållandena, se avsnitt 5.4.

Sammanfattningsvis fungerar grundvattencirkulationen tekniskt utan problem.

4.2 Akvifären

Akvifärens funktion i grundvattensystemet var tänkt att utgöras av utjämnning av värmeöverskott under produktionstid, speciellt då fabriakens värmebehov är begränsat, och värmeunderskott vid hel drift och högt värmebehov.

Genom en obalans mellan värmeförsörjning och värmeuttag har akvifären successivt värmts upp. Detta noterades efter ca 2 års drift och åtgärder vidtogs i form av bortledning av energi från akvifären.

I samband med den fortsatta uppföljningen av anläggningen var det aktuellt att tillgodogöra den bortledda energin i ett angränsande uppvärmningssystem med hjälp av värmepump därmed skulle värmelagrets funktion utnyttjas som säsongslager.

Modellberäkningar har visat att ett årligt nettoenergiuttag ur grundvattensystemet med ca 1 200 MWh är möjligt. Härigenom minskas temperaturnivåerna i magasinet vilket kan tillgodogöras i det studerade systemet genom att en större del av kylningen sker över värmeväxlare 1.

Någon anslutning av anläggning med värmebehov har ej gjorts och är ej längre aktuell.

Akvifärens nuvarande funktion i grundvattensystemet är begränsad till att utgöra ett grundvattenmagasin där uttag och infiltration av vatten sker. Energibalansen styrs i huvudsak med hjälp av kontinuerlig bortledning av energin.

En regional sydlig grundvattenströmning råder i akvifären på grund av uttag i centrala Kristianstad. Strömningshastigheten i akvifären bedöms uppgå till ca 100 m/år, dvs i samma storleksordning som avståndet mellan brunnarna.

Genom nuvarande brunnspacering längs en öst-västlig linje erhålls en viss avledning av energi från lagret på grund av den regionala strömningen. En större avledning hade varit möjlig om den kalla brunnen lokaliserats mer uppströms och den varma mer nedströms i den regionala grundvattenströmmen.

4.3 Icke utvärderade delar

Det ingår ej i denna uppföljning av grundvattensystemet att utvärdera funktionen av övriga anläggningsdelar, såsom kylsystem, värmesystem och värmepump.

Underlag för en sådan utvärdering finns i form av en veckorapportering från driften av anläggningen.

Genom att utvärderingen begränsas till grundvattenssystemet finns det risk för att en optimering av detta system blir en suboptimering av hela anläggningen, dvs

påverkar andra möjligheter till förändringar i angränsande system som i sin tur skulle givit ännu bättre resultat.

De förslag till optimeringar av grundvattenssystemet som ges i följande kapitel innebär därför inte med nödvändighet att systemet som helhet optimeras.

5. OPTIMERING AV GRUNDVATTENSYSTEMET

5.1 Målsättning

I det följande presenteras förslag som skulle medföra att grundvattenresursen utnyttjas effektivare i det studerade systemet och att nettouttaget av grundvatten ur akvifären minimeras.

5.2 Förutsättningar

En obalans råder med ett energiöverskott som måste bortföras från systemet. Den kylning med grundvatten som sker direkt över värmväxlare 1 tillför grundvattnet mindre energi än om motsvarande kylbehov skulle kylas bort från den varma kretsen över värmväxlare 2.

Akvifären har en begränsad förmåga att bortleda energi ur grundvattencirkulationen. Genom värmeledning, tillförsel av nytt grundvatten och genom en regional grundvattenström sker dock en viss bortledning av energi.

Konkurrerande vattenbehov föreligger i akvifären vilket medför att uttaget av vatten bör begränsas.

5.3 Åtgärder vid värmväxlare 1

De åtgärder som kan vidtas vid värmväxlare 1 går ut på att öka värmeutbytet mellan grundvattnet och kylvattnet. Enklast kan detta ske genom att befintliga värmväxlarytor kontinuerligt rengörs så att värmeövergången mellan medierna underlättas.

En annan möjlighet är att utöka värmeöverföringsytan genom att installera fler plattor i befintlig plattvärmväxlare eller installera ett nytt plattpaket i växlaren som är dimensionerat för ett högre värmeutbyte vid det befintliga flödet.

Genom att plattvärmväxlaren är installerad med motströmmande flöden kan värmväxling ske med temperaturer med en absolut övre gräns som motsvaras av det inkommande kylvattnets högsta temperatur.

En optimering av kostnader för åtgärderna jämfört med uppnådda besparingar och eventuella negativa drift- och skötselkonsekvenser kan utföras och bör ligga till grund för eventuella åtgärder på värmväxlingen.

5.4 Åtgärder vid värmväxlare 2

Den bortledning av energi som sker innebär en onödigt stor avledning av grundvatten från magasinet på grund av att temperaturnivån i det bortpumpade flödet är förhållandevis låg. Bortpumpningen infördes som en provisorisk lösning och sker med befintlig pump ur infiltrationsbrunnen.

Bortledning av energi bör i stället ske med det flöde som har högsta temperaturen, dvs i första hand från det delflöde som genom shuntning leds över värmeväxlare 2. Detta flöde varierar allt efter kylbehovet. Genom att direkt avleda detta flöde kan temperaturen i det avledda vattnet ökas. Samma värmemängd kan då avledas med ett lägre flödesuttag.

En annan effekt av denna åtgärd är att pumpningen ur infiltrationsbrunnen för bortledning av vatten kan slopas, vilket kan ge en elenergibesparing av ca 50 MWh.

Genom att endast leda ner vatten från värmeväxlare 1 erhålls en lägre temperatur i det infiltrerade vattnet. Den totalt tillförda energimängden till akvifären skulle kunna minskas till ca hälften. Erfordras ytterligare bortledning av energi kan ett delflöde från värmeväxlare 1 även avdelas direkt.

Genom en direkt bortledning av vattnet erhålls även alltid ett nettouttag ur den *kalla* brunnen. Detta påverkar strömningsbilden så att värmeflödet och grundvattenflödet alltid går från varma till kalla brunnen. Med nuvarande driften kan uttaget ur varma brunnen överstiga infiltrationen (och uttaget ur kalla brunnen) vilket ger en oklar flödesbild i akvifären som kan orsaka svårigheter att kontrollera och styra temperaturerna i grundvattensystemet.

5.5 Övriga åtgärder

Andra åtgärder som går ut på att sänka grundvattnets temperatur utan att öka avledningen av vatten kan vidtas.

I första hand bör sådana åtgärder gå ut på att nyttiggöra överskottsenergin från kylprocessen. Detta kan ske genom att öka värmeuttaget. Med lagrets hjälp kan överskottsenergin lagras in sommartid och utnyttjas vinterid.

I andra hand kan åtgärder där energin ej tillvaratas vidtas. Exempel på detta är kylning av grundvattnet med luftvärmeväxlare eller ett byte av brunnslägen så den regionala strömningen i akvifären utnyttjas.

5.6 Motiv för åtgärder

Motiven för att vidta åtgärder i den pågående driften är begränsade:

- Företaget som utnyttjar anläggningen ser den som ett produktionshjälpmedel och är i första hand beroende av att den fungerar tillförlitligt. Jämfört med det äldre systemet som ersattes, med separat kylsystem och uppvärmningssystem, är an-

läggningen dessutom mycket driftekonomisk. Eventuella möjligheter till försäljning av energi för att utöka värmebelastningen ligger utanför brukarens affärsområde.

- Projektören och entreprenören har levererat en anläggning som fungerar väl och som på ett ekonomiskt sätt kopplar ihop brukarens kyl- och värmebehov. Genom enkla åtgärder har problem som uppkommit kunnat åtgärdas.
- Gemensamt har beställaren och entreprenören satsat på anläggningen och båda är beroende av att den fungerar väl.

De här föreslagna åtgärderna på grundvattensystemet bedöms förbättra driftförhållandena så att anläggningen blir ännu mer ekonomisk.

Åtgärder på värmeväxlare 1 kan ge en ökad kyleffekt av ca 30 KW motsvarande en årlig kylenergi av ca 200 MWh. Besparingen av el på grund av minskad värmepumpsdrift kan uppgå till ca 100 MWh.

Åtgärderna vid värmeväxlare 2 och den direkta bortledningen av en del av vattnet innebär en minskad pumpenergiåtgång motsvarande ca 50 MWh.

Den under åren 1988 och 1989 förbättrade värmebalansen i akvifären som hittills uppnåtts med en ökad bortledning av energi och flöde kan med åtgärderna upprätthållas med en mindre vattenbortledning än hittills.

Den minskade vattenbortledningen innebär ingen direkt besparing men kan ses som ett bevarande av en begränsad naturresurs.

Åtgärderna bedöms ej innebära att anläggningens i övrigt goda funktion äventyras.

En ekonomisk utvärdering av anläggningen redovisas i bilaga 1.

En ökning av brunnsavståndet till ca 200 m har föreslagits för att förbättra temperaturförhållandena i kalla brunnen.

I bilaga 2 redovisas en beräkning av temperaturutvecklingen vid en sådan ändring av lagrets utformning.

6. SLUTSATSER

Anläggningen som studerats sammankopplar på ett ekonomiskt sätt kylbehov och värmebehov. Grundvattendelen och akvifärlagret tjänstgör som ett utjämnande system.

Problem som uppkommit i anläggningen är att ett nettoöverskott av energi producerades. Detta orsakade ökande temperaturer i grundvattnet och minskande möjligheter till kylning med grundvattnet.

Åtgärder i form av bortledning av energi från akvifären har vidtagits och återställt balansen i akvifären så att anläggningen åter fungerar på ett ekonomiskt sätt.

Andra åtgärder kan vidtas i grundvattensystemet för att ytterligare förbättra funktionen så att en optimal drift i den befintliga anläggningen kan erhållas.

Allmänna slutsatser som kan dras från detta projekt är att en av grundförutsättningarna i ett energilagrar är att energibalans kan erhållas vid de förutsatta temperaturnivåerna. Höga temperaturer vid kylning är lika besvärande som låga temperaturer vid värmeuttag.

Energibalans måste ej alltid finnas mellan inmatad och uttagen energi. Värmeledning och regional grundvattenströmning kan även utnyttjas för tillförsel eller bortledning av energi.

Förprojektering av systemen bör utföras varvid utprovade simuleringsmodeller kan vara till hjälp.

Rätt utnyttjat kan grundvatten och akvifärsystem ge goda möjligheter att överföra överskottsenergi sommartid till vintertid då värmebehov föreligger.

Ekonomisk utvärdering av anläggningen

Energibudgeten enligt Tabell 2.1 i huvudrapporten ger underlag för en översiktlig ekonomisk utvärdering av anläggningen. Utvärderingen görs enbart för att belysa de föreslagna åtgärdernas besparingseffekt i förhållande till totala anläggningens ekonomi.

Produktionskostnaderna i den studerade anläggningen jämförs med motsvarande kostnader i den ersatta äldre anläggningen där kyla producerades med separat kylanläggning och värme producerades i oljepannor.

Tabell Beräkning av kostnader 1986-1989

| | | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 |
|----------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|
| Produktion | | | | | |
| Värme | MWh | 2 070 | 1 900 | 1 740 | 2 010 |
| Kyla | MWh | 2 500 | 2 220 | 2 770 | 2 660 |
| Förbrukning | | | | | |
| Befintlig anläggning | | | | | |
| Olja | m ³ | 26 | 34 | 11 | 25 |
| El Vp | MWh | 990 | 800 | 820 | 760 |
| El Grv | MWh | 30 | 80 | 80 | 80 |
| Äldre anläggning | | | | | |
| Olja | m ³ | 295 | 271 | 248 | 287 |
| El | MWh | 833 | 740 | 923 | 887 |
| Kostnader | | | | | |
| Befintlig anläggning | | | | | |
| Olja | kkkr | 77 | 103 | 34 | 75 |
| El | kkkr | 315 | 282 | 288 | 270 |
| Tot kkr | | 392 | 385 | 322 | 345 |
| Äldre anläggning | | | | | |
| Olja | kkkr | 887 | 814 | 745 | 861 |
| El | kkkr | 250 | 222 | 277 | 266 |
| Tot kkr | | 1 137 | 1 036 | 1 022 | 1 127 |
| Besparing kkr | | 745 | 651 | 700 | 782 |

Beräkningsförutsättningar

- Elenergi kostnad 300 kr/MWh
- Oljekostnad 3 000 kr/m³
- Energiutbyte 7 MWh/m³ olja
- Energiutbyte äldre
 kylmaskin 1 MWh el ger 3 MWh kyla

Kommentarer

Betydande besparingar görs i den studerade anläggningen jämfört med den äldre anläggningen.

Besparingen avser direkta produktionskostnader, underhåll och skötselkostnader bedöms vara likvärdiga mellan de båda anläggningarna.

Anläggningskostnaden, som 1984 uppgick till ca 1 500 kkr, är avbetalda efter ca 2 års drift.

Notabelt är den förbättrade produktionsekonomi under år 1989 som till stor del beror på att lägre grundvattentemperaturer möjliggjort ökad kylning över värmeväxlare 1. Spillvärmeproduktionen som kyls bort över värmeväxlare 2 har samtidigt minskat.

Möjlig energibesparing

Vid en helt optimal drift, med andra förutsättningar, skulle all kylning kunna ske med grundvatten över värmeväxlare 1. Värmebehovet skulle då kunna styra värmepumpdriften. Ett värmebehov på ca 2 000 MWh/år (1989) skulle då kunna produceras med en elåtgång av ca 620 MWh.

Dagens drift av anläggningen, med en elåtgång av ca 840 MWh, lämnar således högst 220 MWh i besparingspotential genom ändringar i grundvattensystemet.

De åtgärder som föreslås i huvudrapporten kan innebära en besparing av ca 150 MWh.

Efter införandet av de föreslagna åtgärderna återstår en besparingspotential av ca 70 MWh. Det bedöms vara svårt att motivera ytterligare åtgärder för att optimera grundvattendelen så att denna besparingspotential kan utnyttjas.

Övriga åtgärder för förbättrad driftekonomi

- Minskad drift av oljepannan.

Oljepannan går in som spetslast då värmebehovet överstiger värmepumpens produktionskapacitet med enbart kylvatten som värmekälla. Om även grundvatten kan utnyttjas som värmekälla ökar möjlig värmeproduktion något.

- Större utnyttningsgrad

Produktionskostnaden för värmeenergi uppgår till ca 100 kr/MWh i den aktuella anläggningen. Värmeproduktionskapaciteten i befintlig anläggning är inte helt utnyttjad. Ytterligare ca 4 000 MWh värme skulle kunna produceras i anläggningen. Om denna värmeenergi kan utnyttjas för ersättning av på annat sätt producerad värme kan besparingar ske.

- Övriga åtgärder som minskar kyl- och värmebehov.

All värme och kylproduktion med anläggningen innebär kostnader. Åtgärder som minskar kylbehov, - - framför allt sommartid, och värmebehov, - framför allt vintertid, minskar även produktionskostnaderna.

Beräkning av förhållandena
vid ett större brunnsavstånd

Ett förslag till åtgärd är att öka avståndet mellan brunnarna från 70 m till ca 200 m.

Härigenom påverkas en större akvifär och temperaturutjämningen förbättras. En ökning från 70 m till 200 m innebär även att avståndet överstiger det avstånd som påverkas inom 1 år.

En datorsimulering med tidigare framtagna och kalibrerad modell har utförts.

Som ingångsvärde i modellen har en cirkulation av vatten med ett flöde av 8 l/s och en utgående temperatur av 25°C under halva året och under resterande del av året har ingen cirkulation beräknats ske. Detta motsvarar en inlagring av ca 2 000 MWh/år.

Simuleringen har utförts för en period av 10 år.

Resultatet visar att det kommer att ske en successiv ökning av uttagstemperaturen, se figur 1. Tiden fram till ett tydligt temperaturgenomslag är ca 2-3 år.

Efter 10 års drift har uttagstemperaturen stigit från 10°C till ca 12,5°C. Årliga ökningen beräknas bli ca 0,2°C mot slutet av perioden.

Efter 10 års drift är temperaturen närmast den varma brunnen ca 20-25°C inom en 20 m radie.

Mellan brunnarna varierar temperaturen från 25°C till 15°C.

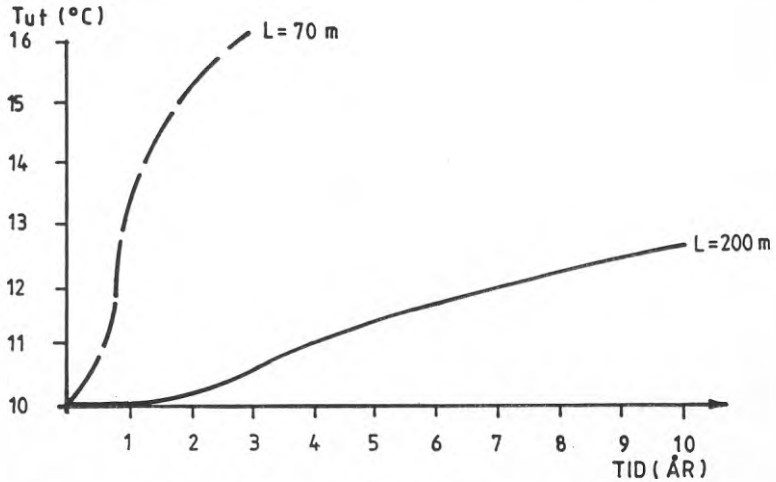
Runt den kalla brunnen varierar temperaturen mellan +15°C och +10°C inom en 20 m radie. I figur 2 redovisas i plan beräknade temperaturförhållanden i akvifären (på 87,5 m nivå). Beräkningen bygger på stationärt yttre grundvattenflöde och homogena förhållanden i varje vertikalt skikt.

I verkligheten sker en grundvattenström tvärs det nuvarande lagret. Genom val av lokalisering av ny brunn kan detta utnyttjas för att förbättra förhållandena ytterligare.

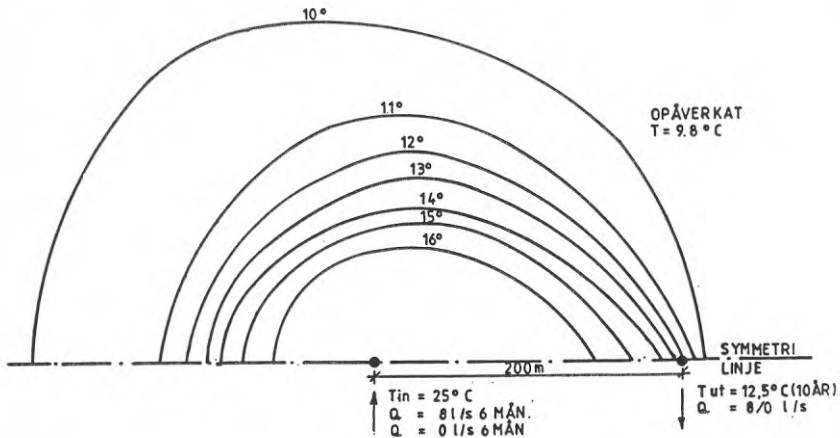
Det är inte säkert att de verkliga förhållandena är så homogena som modellen antar. Om strömningen sker i begränsade kanaler mellan brunnarna kommer uttagstemperaturen att öka betydligt snabbare och anta högre värden än de beräknade.

Som en jämförelse har en beräkning för det nuvarande brunnssystemet med 70 m avstånd utförts. Redan efter ca 1 års drift uppnås högre temperaturer i uttagsflödet än vad som uppnås i det föreslagna systemet under 10 års drift.

En betydande förbättring kan beräknas erhållas genom att utföra en ny brunn på 200 m avstånd från en av de befintliga brunnarna.



Figur 1 Uttagstemperatur vid brunnsavstånd 70 m respektive 200 mm



Figur 2 Temperaturfält efter 10 års drift
LKQ/CAH.061

R40 : 1991

ISBN 91-540-5354-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811040

Abonnementsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 45 kr exkl moms