



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

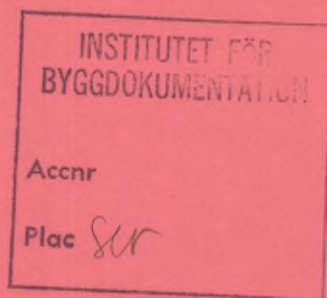
R141:1985

**Grundvattenvärme med
värmepump vid strandbadet
i Karlskoga**

Utvärdering

Göran Hultmark m fl

*K
OH*



Bygghforskningsrådet

R141:1985

GRUNDVATTENVÄRME MED VÄRMEPUMP
VID STRANDBADET I KARLSKOGA

Utvärdering

Göran Hultmark m fl

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811013-1
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson
& Hultmark, Göteborg.

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

R141:1985

ISBN 91-540-4479-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

1	FÖRORD.....	1
2	SAMMANFATTNING	2
3	BESKRIVNING AV PROJEKTET	3
3.1	Projektplats, läge och klimat	3
3.2	Konsumtionssystemet	4
3.3	Produktionssystemet	8
3.3.1	Värmepump	12
3.3.2	Plattvärmväxlare	14
4	UPPFÖLJNING - UTVÄRDERING	17
4.1	Mätanläggning	17
4.2	Resultat av mätningarna	18
4.2.1	Produktion värmepump.....	18
4.2.2	Produktion oljepannor.....	21
4.2.3	Förbrukning kallvatten.....	23
4.2.4	Badantal.....	23
4.2.5	Temperaturmätning värmväxlare.....	24
4.3	Sammanfattning av driftperioden aug-82 till april-84	27
5	EKONOMI, LÖNSAMHET	29
5.1	Investeringskostnader	29
5.2	Energikostnader	29
6	SLUTSATSER	31

1. FÖRORD

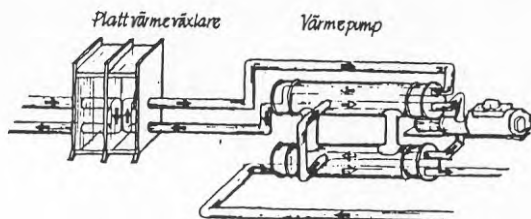
Karlskoga kommun byggde under perioden 1981-82 om sitt badhus, Strandbadet. Badhuset som tidigare innehöll en 25-metersbassäng byggdes ut och anpassades till de krav som ställdes på ett badhus. Bassängytan har mer än fördubblats i samband med ombyggnaden.

Badhusets driftskostnad var föremål för diskussioner i samband med projekteringen av badhuset. Målsättningen var att driftskostnaden skulle vara den samma efter ombyggnaden som före, trots en utökning av lokalvolymen. För att minska badhusets energikostnad som ingår som en del i driftskostnaden installerades en värmepump vid ombyggnaden. Värmepumpen tar sin energi ur grundvattnet via en plattvärmväxlare.

Uppföljning och utvärdering av värmepumpsinstallationer med tyngdpunkt på värmväxlaren har finansierats av BFR och presenteras i föreliggande rapport.

2. SAMMANFATTNING

Grundvattenvärmepumpen som installerades i Karlskogas badhus - Strandbadet - togs i drift på sensommaren 1982.



Värmepump - Värmeväxlarinstallation

Värmepumpen installerades i samband med den ombyggnad som kommunen gjorde under 1981-82. Ombyggnaden som utfördes som totalentreprenad innefattade såväl tillbyggnad av nya bassänger som renovering av det befintliga badhuset.

Värmesystemet byggdes om och anpassades till de drifttemperaturer och flöden som den installerade värmepumpen krävde.

Värmepumpen har under de två första driftåren drabbats av ett antal driftstörningar som dragit ner resultatet. Åtgärder från leverantören och entreprenören under tiden har gjort att driftstörningarna minskat. Värmepumpen har som mest gått 6 månader - kring årsskiftet 1983/1984 - utan driftproblemen.

Värmeväxlaren som skall möjliggöra att grundvattentemperaturen kan sänkas till +1 grad C utan att värmepumpens förångare frysskadas har fungerat tillfredsställande. Under första perioden fick växlaren tas isär och rengöras sedan restprodukter från spolvattnet satt igen växlaren. I samband med de låga flöden som då förekom frös vattnet i värmeväxlaren. Efter rengöring sattes växlaren ihop och har sedan dess fungerat väl.

Under perioden aug-82 - april-84 har anläggningen haft följande driftresultat:

Värme från värmepump:	4225 MWh
Elenergi till värmepump:	1340 MWh
Elenergi till hjälppumpar:	130 MWh
Värmefaktor (inkl. hjälppumpar):	2,87 MWh
Oljeenergi till oljepannor:	160 m ³ Eol

3. BESKRIVNING AV PROJEKTET

Karlskoga kommun har sedan 1943 drivit ett inomhusbad (Strandbadet) med en 25-metersbassäng som använts av både simmare och simhoppare. Under 1980 startade projekteringen av en om- och tillbyggnad av det gamla badhuset. En ny 25-meters bassäng samt nya undervisnings- och plaskbassänger kompletterar den äldre 25-metersbassängen.

Tillbyggnaden ökade simhallens storlek med cirka 50%. Den totala bassängvolymen efter tillbyggnaden är 678 m³.

Karlskoga kommun hade som målsättning vid upphandlingen av totalentreprenör att driftskostnaden för simhallen inte fick öka efter om- och tillbyggnaden. I driftskostnaden ingår bl a personalkostnader och energikostnader.

3.1 Projektplats, läge och klimat

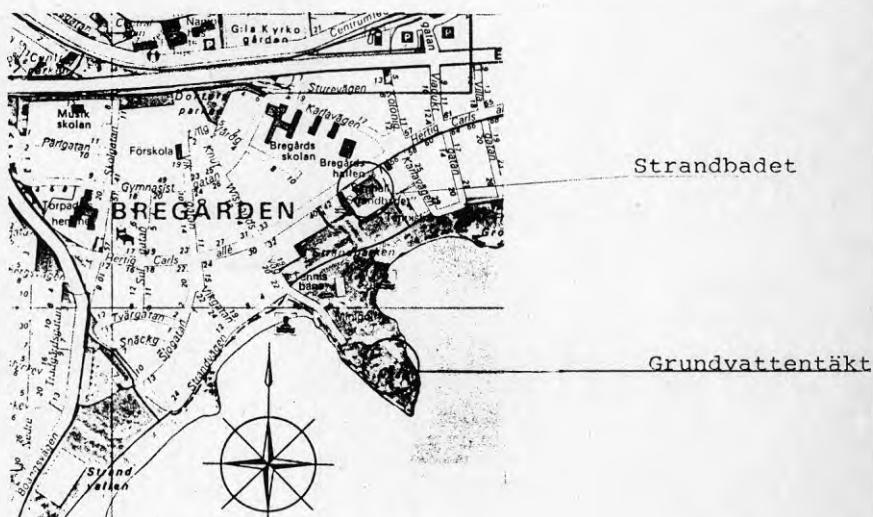
Simhallen Strandbadet ligger i ett stort fritidsområde vid sjön Möckeln i Karlskoga.

Karlskoga ligger mellan Karlstad och Örebro.

Latitud: 59,2 grad. N

Longitud: 14,3 grad. O

Grundvattnet som används i värmepumpen kommer från en äldre grundvattentäkt ca 1 km från simhallen. Täkten ligger på en halvö i sjön Möckeln (Näset).

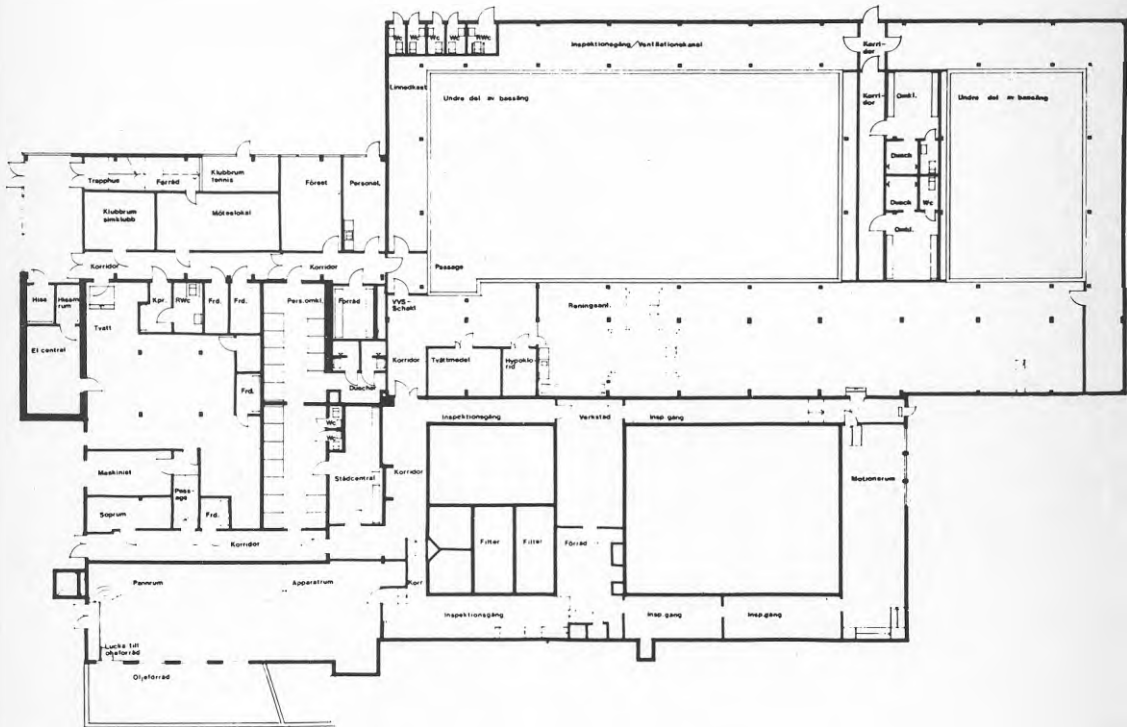


Figur 3.1 Karta över del av Karlskoga där simhall och grundvattentäkt finns inritade.

3.2 Konsumtionssystemet

Badhuset är byggt i tre plan med en total byggnadsvolym på 21.000 m³ och en total byggnadsyta på 4750 m².

- I det undre planet (entréplanet) finns bl a personalutrymmen, entre, tekniska utrymmen, tvätt och förrådsutrymmen.

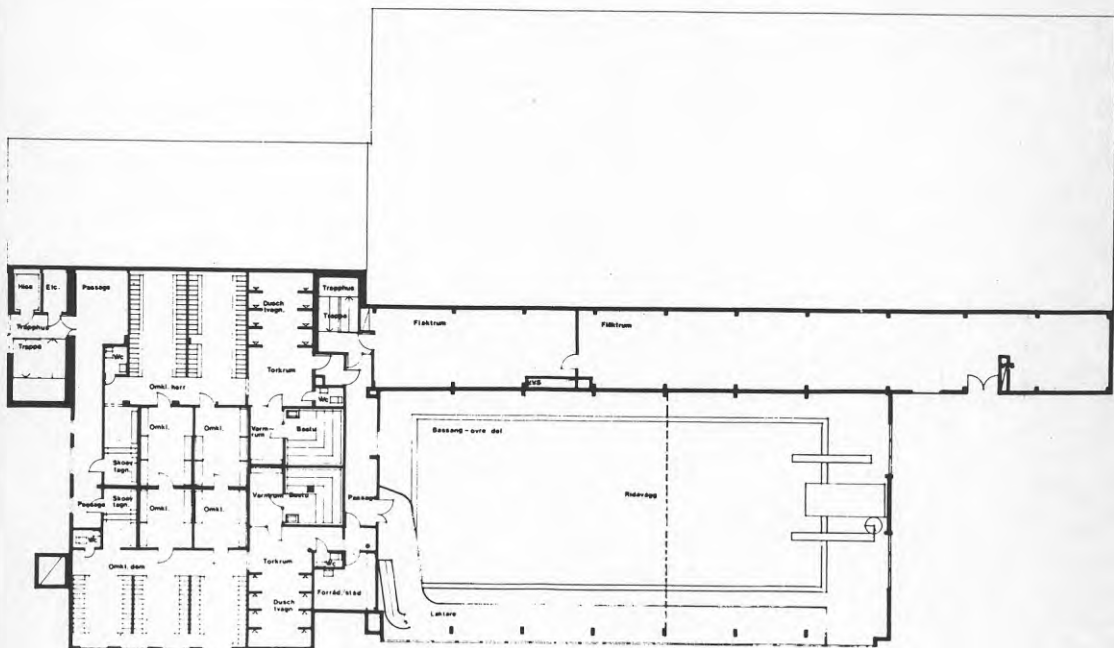


Figur 3.2 Planritning över entreplanet

Den äldre delen av simbassängen ligger i nedre delen på ritningen. Viss del av den tekniska utrustningen som använts tidigare har behållits i den nya simhallen bl a används den gamla filterutrustningen.

Tvätten där handdukar, badlakan och kläder som används i badhuset tvättas har behållits från tidigare.

- I det översta våningsplanet finns ytterligare omklädningsrum samt fläktrum och en högdal för den äldre simbassängen som nu i huvudsak används för simhoppning.



Figur 3.4 Planritning över det övre planet

Energiförbrukningen i simhallen fördelas på

- transmission
 - ventilation
 - bassängvärmning
 - varmvatten
 - tvätt
- Transmissionsförluster uppstår då man har en högre temperatur i lokalen än vad man har utomhus. Temperaturkravet i olika utrymnen varierar beroende på typ av verksamhet som bedrivs och vilka komfortkrav som ställts. För de olika lokaltyperna i Karlskoga badhus används följande dimensionerande rumstemperaturer.

Lokal	Temperatur
- Simhall	+ 26 grad. C
- Undervisningsbassäng	+ 26 grad. C
- Omklädningsrum, tvagning	+ 22 grad. C
- Arbets-, mötes- och personalutrymmen	+ 20 grad. C

Energiförbrukningen för transmission beräknades vid projekteringen till 350 MWh per år.

- För att värma den uteluft som tillförs byggnaden utnyttjas dels energin i avluften som via återluftsföring och värmeväxling överförs till tilluften dels energi från värmesystemet.

Värmeåtervinningen från den varma frånluften till tilluften görs med s k heatbanks för simhallsaggregaten samt med en roterande värmeväxlare för omklädningsaggregatet.

Ventilationsanläggningen är uppdelade på 3 olika tillluftsaggregat

Beteckning	Betjäningsområde	Luftflöde
-----	-----	-----
TA1/FF1	Simhall (ny)	5,50 m ³ /s (19800 m ³ /h)
TA2/FF2	Simhall (äldre)	3,66 m ³ /s (13200 m ³ /h)
TA3/FF3	Omklädning m m	3,16 m ³ /s (11400 m ³ /h)

Den totala behandlade luftmängden är således 12,32 m³/s (44400 m³/h).

För pannrum och kemikalieförråd finns frånluftsfläktar installerade. Flödet för dessa fläktar är 140 l/s resp. 56 l/s.

Simhallsaggregaten går kontinuerligt under dygnet för att hålla rätt luftfuktighet. Omklädningsaggregatets drifttider styrs av tidur.

Det årliga energibehovet för ventilationen beräknades till 130 MWh exkl. energi för bassängavdunstning.

- Bassängerna värms upp till badtemperatur med värmeväxlare. I det fall man har högre temperatur i luften än i bassängvattnet kommer energi att överföras från luften till bassängvattnet. För att täcka energiförbrukning för avdunstningen i bassängerna beräknades att 560 MWh/år tillförs.

Temperaturen på bassängvattnet hålls på +26 grad. C förutom att man vid vissa tillfällen ökar vattentemperaturen till 32 grad. C i undervisningsbassängen. Uppvärmning av undervisningsbassängen till 32 grad. C görs ungefär 1 dag per vecka.

- Varmvatten används i huvudsak för tvagning och duschning i samband med bad. Temperaturen på varmvattnet till dusch och tvagning är ca 38 grad. C. En mindre del varmvatten används för handtvätt i personalutrymmen och vid toalettbesök samt för lokalrengöring. Behovet av varmvatten varierar givetvis med antalet badande. Vid projekteringen beräknades det årliga energibehovet till 360 MWh för varmvatten.
- Tvätt av de handdukar och lakan etc som används i badhuset görs i en tvättinrättning i badhuset. Tvätteriet består av tvättmaskin, torktumlare samt mangel och samtliga apparater får sin värmeenergi från ett ångsystem.

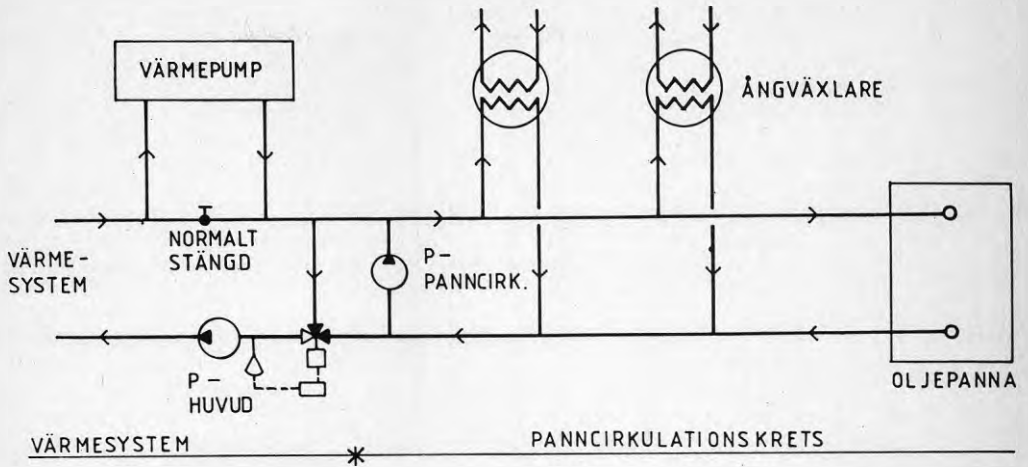
3.3 Produktionssystemet

För att tillgodose det behov av värmeenergi som uppstår i det ombyggda badhuset har det gamla oljebaserade värmesystemet kompletterats med en värmepump.

Värmeenergin transporteras från oljepannor/värmepump i ett vattenburet system till de tidigare redovisade konsumtionssystemen.

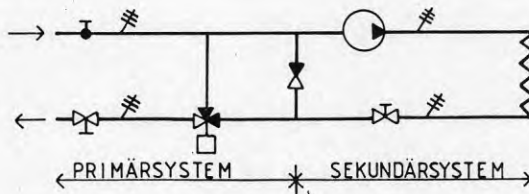
Värmesystemets returvatten värms i första hand av värmepumpen. I det fall temperaturökningen över värmepumpen ej är tillräcklig skall den oljeeldade varmvattenpannan gå in och höja värmesystemets temperatur till inställt värde (+48 grad. C). Vid stora belastningar och i samband med avställning av oljepannan kan energi fås från ångpannan via värmeväxlare.

Oljepannan och ångvärmeväxlarna ligger i en egen pump-cirkulationskrets som temperaturmässigt är skilt från det övriga värmesystemet.



Figur 3.5 Principschema för produktionsanläggningen

- För att täcka de transmissionsförluster som uppstår har radiatorer installerats. I simhallarna täcks transmissionsförlusterna av ventilationsluften. Radiatorsystemet är konventionellt uppbyggt med pump-cirkulation för konstant flöde i primärsystemet och varierande i sekundärsystemet. Radiatorerna har försetts med termostatventiler för att man skall tillgodgöra sig intern värmealstring. När termostatventilerna stänger kommer flödet i sekundärsystemet att variera. Pumpen i radiatorsystemet är utförd för konstant varvtal varför flödet varierar beroende på termostatventilerna. Framledningstemperaturen till radiatorerna varierar, efter en inställbar kurva, beroende på utetemperatur.



Figur 3.6 Principritning på radiatorsystemet

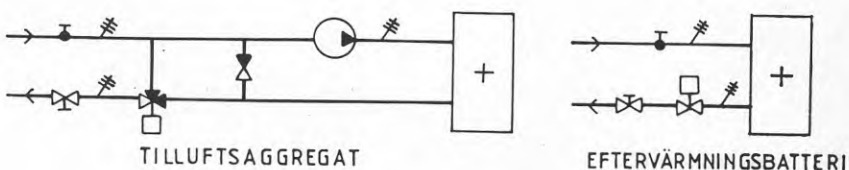
Radiatorsystemet är dimensionerat för 48 grad. C i framledning och 38 grad. C i returledning vid dimensionerande utetemperatur.

- Värmeenergi till ventilationsanläggningen tas dels ur den frånluft som lämnar simhallen dels från värmesystemet via värmebatterier i ventilationskanalerna.

I första hand utnyttjas värmeväxlingen mellan från- och tilluften därefter, om tilluftstemperaturen är för låg, tillförs värmevatten till värmebatteriet.

Värmebatterierna i tilluftsaggregaten är inkopplade till värmesystemet med separata pumpcirkulationskretsar. I systemet ingår tre värmebatterier med pumpcirkulation och ett eftervärmningsbatteri utan pumpcirkulation.

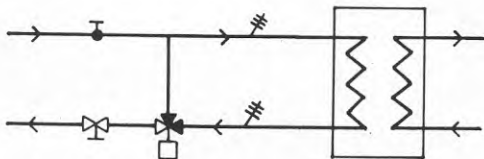
Primärsystemet är utfört med konstant flöde i tillufts- batteriernas värmekrets. Vattenflödet genom eftervärmningsbatteriet varierar då en tvåvägsväntil styr effekttillsatsen.



Figur 3.7 Principkoppling av luftvärmebatterierna

Värmebatterierna är dimensionerade för 48 grad. C framledningstemperatur på värmevattnet och 38 grad. C i retur.

- Bassängväxlarna är inkopplade till värmesystemet på liknande sätt som tillufts- batterierna men utan cirkulationspump. Flödet i primärkretsen är utfört för att vara konstant, däremot varierar flödet genom värmeväxlaren.



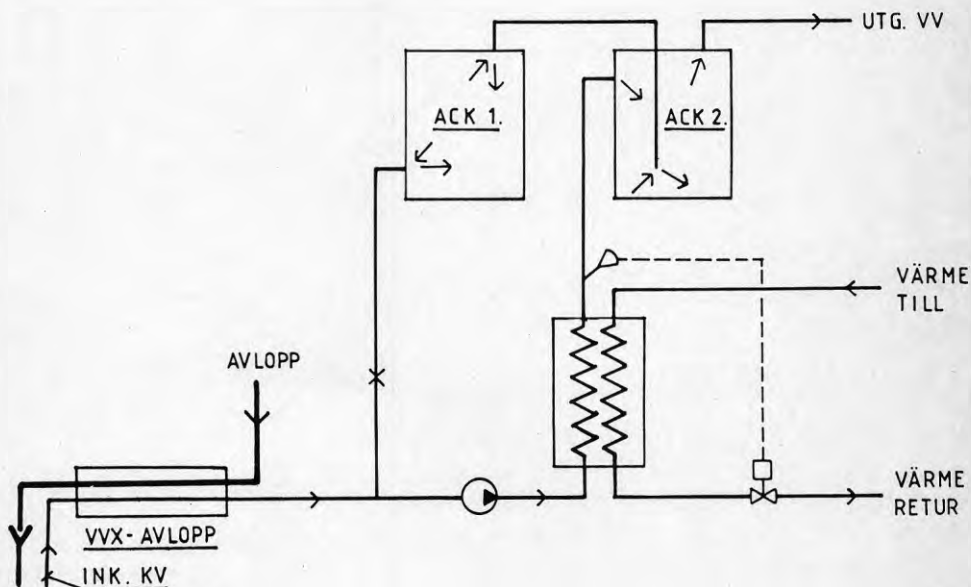
Figur 3.8 Principkoppling av bassängväxlarna

Värmeväxlaren har dimensionerats för 48 grad. C/
30 grad. C på värmebärarens tillopp/retur.

- Varmvattnet som används i badhuset förvärms av det s k gråvattnet (från duschar och tvättrännor), i en värmeväxlare bestående av två koncentriska rör i rostfritt stål. Kallvattnet som skall bli varmvatten går i det inre röret. I det yttre röret rinner gråvattnet genom självfall och överför sin värme till kallvattnet i det inre röret. Längden på värmeväxlare är drygt 50 meter.

Det förvärmade vattnet går in i två seriekopplade ackumulatortankar. Det kallaste vattnet kommer att finnas i bottenskiktet i den första ackumulatortanken. Från bottenskiktet tas det förvärmade vattnet och pumpas genom en värmeväxlare. I värmeväxlaren värms förbrukningsvarmvattnet av varmvattnet och återförs till ackumulatortanken men nu till det översta skiktet i den andra tanken.

Flödet på varmvattnet varierar p g a att en tvåvägsventil styrs att konstanthålla varmvattentemperaturen ut från värmeväxlaren.



Figur 3.9 Principinkoppling av varmvattenanläggningen

Värmeväxlaren är dimensionerad för 48 grad. C/ 30 grad. C på värmesidan. I ackumulatorerna lagras totalt 3 m³ varmvatten med en temperatur på 43 grad. C.

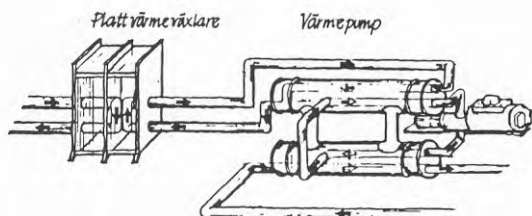
- Tvättanläggningen har behållt den maskinutrustning man hade före ombyggnaden. Utrustningen värms med ånga som alstras i en oljeeldad ångpanna. Den energi som tillförs tvättutrustningen kommer således från olja då det är fråga om ett separat värmesystem.

3.3.1 Värmepump

För att förse värmesystemet med energi har som tidigare nämnts en värmepump installerats. Värmepumpen arbetar med grundvatten som värmekälla.

För att bli förhindra frysning av värmepumpens förångartuber har en mellankrets installerats. Vätskan i mellankretsen består av vatten och fryspunktsnedsättande vätska.

Med den valda lösningen skall temperaturen på det cirkulerande mediet i värmepumpens tubförångare kunna underskrida +0 grad. C utan att tuberna fryser sönder.



Figur 3.10 Principbyggnad av värmepumpssystemet

Värmepumpen är av standardtyp och har följande huvuddata enligt fabrikantens uppgifter.

Fabrikat:	STAL
Typ:	VMV 112
Förångare:	Tubförångare med koppartuber och omslutande mantel av stål.
Kondensator:	2 st tubkondensorer av stål.
Kompressor:	2 st halvhermetiska kompressorer, 6 cylindriska, vardera 45 kW märkeffekt.

Dimensionerande data:

Flöde i mellankrets:	27,2 m ³ /h (glykol-vatten)
Flöde i värmebärarkrets:	36 m ³ /h
Temperatur in i förångare (köldbärare):	4,8 grad. C

Temperatur ut ur förångare (köldbärare):	-1 grad. C
Temperatur in i kondensator (värmebärare):	42 grad. C
Temperatur ut ur kondensator (värmebärare):	48 grad. C
Värmeeffekt:	250 kW
Köldmedie:	R500

Värmepumpen är ett enhetsaggregat som tillverkats på fabrik. Värmepumpsaggregatet ingick i totalentreprenaden och inköptes och installerades av rörentreprenören.

I figur 3.5 redovisas hur värmepumpen är kopplad till värmesystemet. För att erhålla ett flöde som inte blir för lågt genom värmepumpens kondensator är värmesystemet utfört med fullflöde genom de flesta shuntgrupperna. De enda ventiler som stryker flödet i primärkretsen är de som styr värmeflödet till värmeväxlaren för tappvarmvatten samt två-vägsventilen för eftervärmningsbatteriet. När ventilerna är fullt öppna är flödet ca 36 m³/h medan flödet sjunker till ca 24 m³/h när ventilerna är stängda.

Samtliga värmesystem dimensionerades för en maximal framledningstemperatur på +48 grad. C. Värmepumpen styrs att hålla +48 grad C på värmevattnet efter kondensorn.

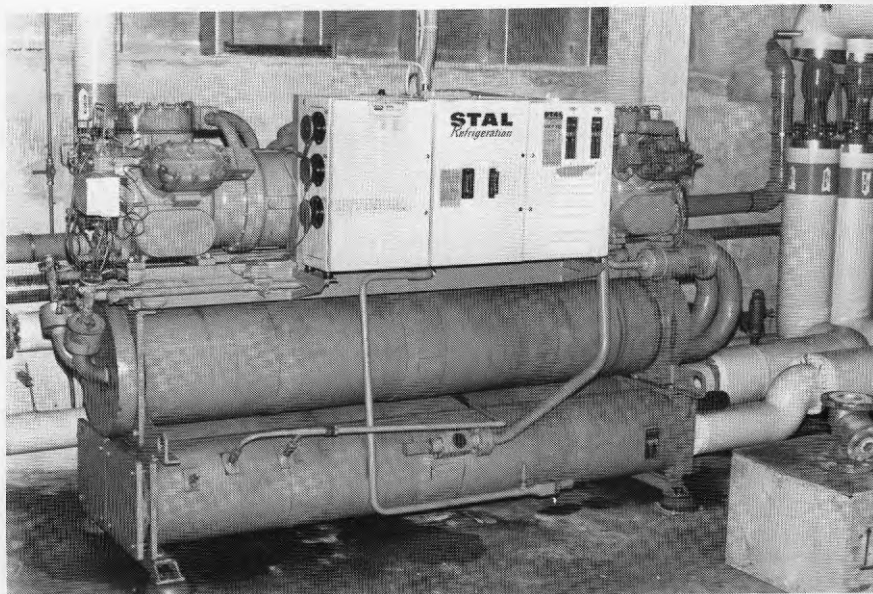
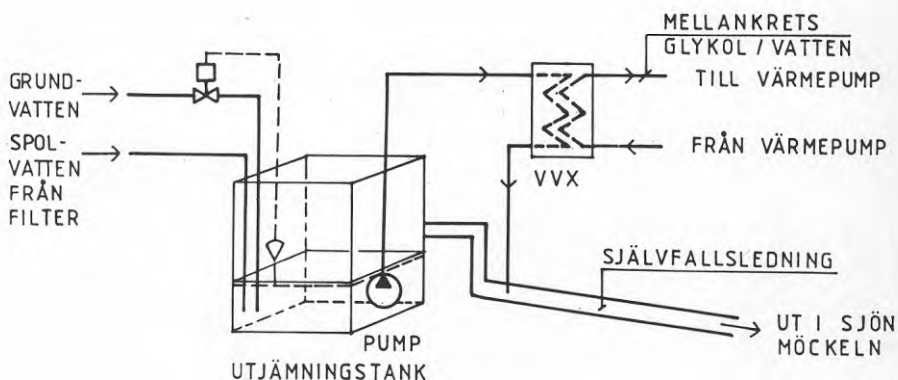


Bild 3.1 Värmepumpen installerad i värmesystemet

3.3.2 Plattvärmväxlare

Det grundvatten som utgör värmekälla släpps i en utjämningsbassäng som gjutits under golvet. Till bassängen går även spolvatten från reningsfiltren samt dräneringsvatten från de dräneringsledningar som går runt simhallen. Vattnet i bassängen pumpas upp till värmväxlaren med en dränkbar pump. Efter passage genom värmväxlaren går vattnet till en självfallsledning. Ledningen mynnar i sjön Möckeln söder om badhuset.

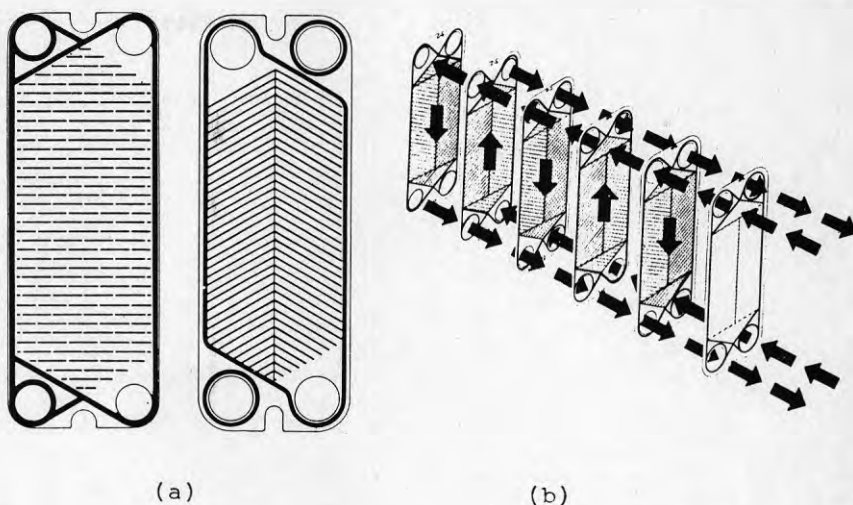
I värmväxlaren överförs värmeenergi från grundvattnet till mellankretsens glykolblandade vatten.



Figur 3.11 Principuppgbygnad på värmväxlare och grundvattenkrets

Vätskenivån i utjämningsbassängen hålls på konstant nivå genom att grundvattentillförseln varierar. Genom ett bräddavlopp i gropen förhindras att vattennivån i gropen blir för hög och orsakar översvämning.

Plattvärmväxlaren, som är placerad vid värmepumpen, är uppbyggd av plana rostfria syrafasta plattor. Plattorna är stansade i ett räfflat mönster. Mellan plattorna i dess ytterkant ligger en packning. Plattorna pressas ihop med dragstänger som via de två gavlarna klämmer ihop och tätar värmväxlaren. I värmväxlaren kommer det "varma" grundvattnet att passera mellan varannan kanal som bildas av plattorna. På den andra sidan plattan strömmar mellankretsens glykolvattenblandning i motsatt riktning.



Figur 3.12 Uppbyggnad av värmeväxlarens plattor (a)
Värmeväxlaren (b)

Fabrikat:	Alfa-Laval
Typ:	P31-HX
Material i plattor:	2343
Material i packningar:	Nitril

Dimensionerande data:

Flöde i grundvattenkrets:	31 m ³ /h
Flöde i mellankrets:	27,2 m ³ /h (glykol-vatten)
Temperatur grundvatten in:	+6 grad. C
Temperatur grundvatten ut:	+1 grad. C
Temperatur mellankrets in:	-1 grad. C
Temperatur mellankrets ut:	+4,8 grad. C
Effekt:	180 kW

Plattvärmeväxlaren installerades för att grundvattnets temperatur efter växlaren skall kunna gå ner mot +0 grad. C. I det fall temperaturen går under noll och växlaren fryser, vilket inträffade hösten -82, klarar värmeväxlaren detta utan att den fryser sönder. Lägsta utgående temperatur ur värmepumpens förångare är +2 grad. C i det fall vatten används. Om temperaturen går under +2 grad. C riskerar man frysning i kondensorn. I den mellankrets som installerats kan temperaturen tillåtas gå under noll eftersom etylenglykol inblandats. Glykolhalten tillåter en temperatur på -3 grad. C (10% glykol).

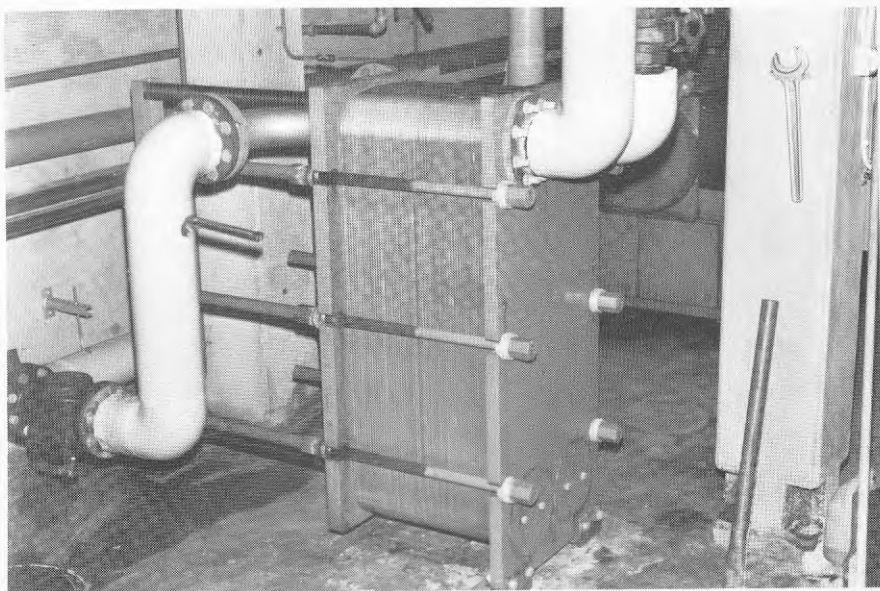
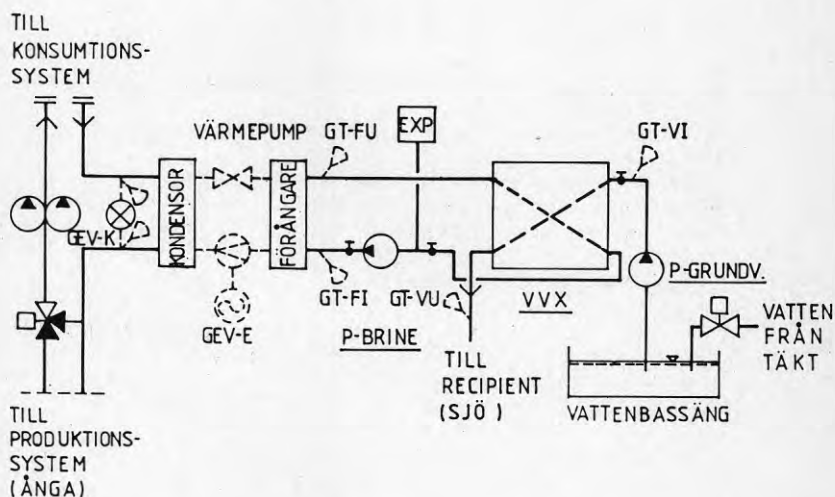


Bild 3.2 Plattvärmeväxlaren installerad. Ledning till vänster innehåller inkommande grundvatten. Ledning till höger innehåller utgående grundvatten.

4. UPPFÖLJNING - UTVÄRDERING

Syftet med uppföljningen är att klargöra plattvärmväxlarens värmetekniska egenskaper vid låga temperaturdifferenser samt energifördelningen för produktionssystemet.

4.1 Mätanläggning



Figur 4.1 Principschema mätanläggning

Givarnas placering framgår av figuren ovan.

GEV-K är en summerande energimätare,
avläsning: 1 gång per vecka
mätning: av värmepumpen levererad energi

GEV-E är en summerande energimätare
avläsning: 1 gång per vecka
mätning: till värmepumpen tillförd elenergi

GT-FI är en kontinuerligt skrivande temperaturmätare
mätning: temperatur till värmepumpens förångare
brinetemperatur från värmväxlare

GT-FU är en kontinuerligt skrivande temperaturmätare
mätning: temperatur från värmepumpens förångare
brinetemperatur till värmväxlare

GT-VI är en kontinuerligt skrivande temperaturmätare
mätning: temperatur från grundvattenbassäng
vattentemperatur till värmväxlare

GT-VU är en kontinuerligt skrivande temperaturmätare
mätning: temperatur till recipient
vattentemperatur från värmväxlare

Förutom den mätutrustning som installerats för föreliggande utvärdering har följande uppgifter insamlats veckovis av simhallens personal.

- kallvattenförbrukningen (m³)
- antal badande (st)
- drifttid kompressor I (h)
- drifttid kompressor II (h)
- drifttid ångpanna (h)
- drifttid värmepanna (h)

Utrustning som använts:

GEV-K är en integrerande värmemängdsmätare av standardtyp
fabrikat: POLLUX
integreringsverk typ: AJ 7271
vattenmätare typ: AJ 7161
temperaturgivare typ: AJ 7276
största onoggrannhet på avläst
värmemängd vid 5 grad. C temp.diff är enligt fabrikant +4%

GEV-E elmätare av typ Ermi

GT- 6 punktskrivare där 4 kanaler utnyttjats
fabrikat: Camille Bauer typ POINTAX
temperaturgivare: PT100
mätskala: GT-FI 0-10 grad. C
GT-FU -5 - -15 grad. C
GT-VI 0-40 grad. C
GT-VU 0-40 grad. C

Den integrerade värmemängdsmätaren har varit ur drift under två längre perioder

maj-aug 1983
nov-dec 1983

Under sommarmånaderna har avläsningarna gjorts med längre intervall än för det övriga året.

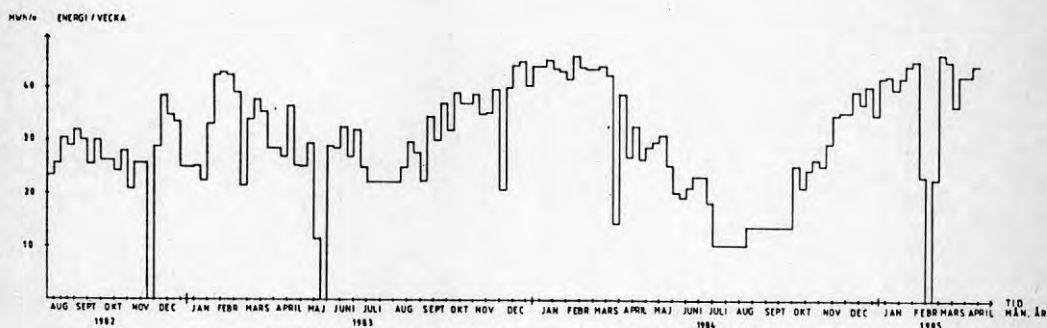
4.2 Resultat av mätningarna

De avläsningar som gjorts veckovis har sammanställts till diagram. Diagrammen visar perioden från det att anläggningen togs i drift i aug 1982 fram till april 1985.

4.2.1 Produktion värmepump

Värmepumpens värmeproduktion beror på dess drifttid. Vid driftbortfall av en eller båda kompressorerna under delar av eller hela veckoperioden kommer givetvis värmeproduktionen att reduceras. Ur figur 4.1 nedan kan vi se att man under 1982-83 haft problem att få värmepumpen att gå för fullt under en längre tidsperiod. Efter första driftåret då entreprenören och leverantören av värmepumpen åtgärdade felaktigheter i anläggningen har tillgängligheten för värmepumpen ökat och därmed värmeproduktionen.

I figur 4.1 redovisas värmepumpens energiproduktion som veckomedelvärde. Under de två längre perioder som energimätaren var ur drift har värmepumpens energiproduktion beräknats utgående från den uppmätta elenergin till värmepumpens kompressor. Den uppmätta elenergin har multiplicerats med en medelvärmefaktor. För de två perioder som det här gäller har värmefaktorn 3,20 använts.

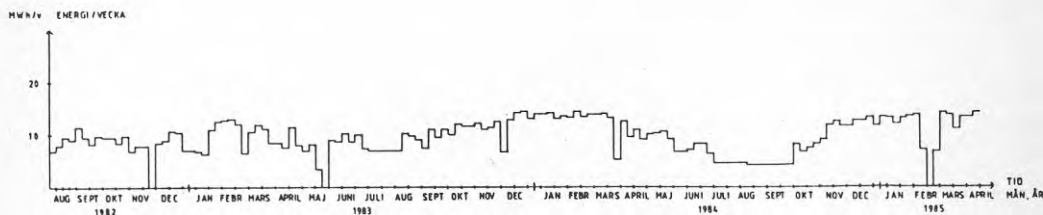


Figur 4.1 Värmeproduktion från värmepumpen i MWh per vecka.

Medelenergiproduktionen av värmeenergi från värmepumpen har

- 1982 v 30 t o m v 52 varit 26,1 MWh/vecka, totalt 600 MWh
- 1983 har den varit 30,6 MWh per vecka, totalt 1590 MWh
- 1984 28,4 MWh per vecka, totalt 1475 MWh
- 1985 v 1 t o m v 15 varit 37,3 MWh/vecka, totalt 560 MWh

Den elenergi som tillförts värmepumpens kompressor har redovisats veckovis. Elenergimätaren har varit i drift under hela mätperioden.



Figur 4.2 Tillförd elenergi till värmepumpen i MWh per vecka.

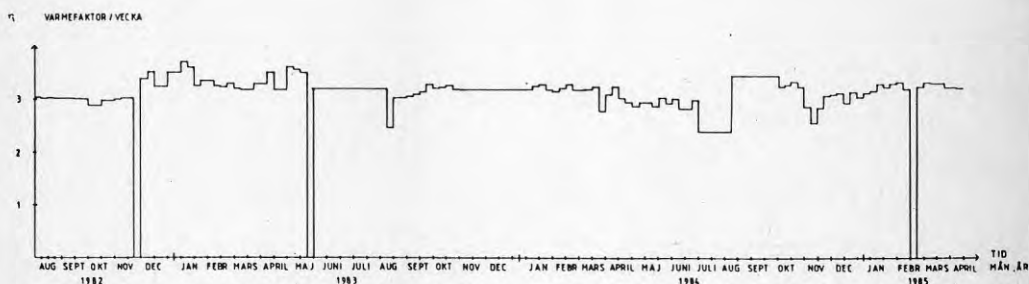
Den tillförda elenergimängden har under

- 1982 v 30 t o m v 52 varit 8,24 MWh per vecka, totalt 190 MWh
- 1983 har den varit 9,50 MWh per vecka, totalt 495 MWh
- 1984 har den varit 9,26 MWh per vecka, totalt 480 MWh
- 1985 v 1 t o m v 15 har den varit 11,55 MWh per vecka, totalt 175 MWh

Effekten för de två pumpar som behövs för att pumpa grundvatten resp. brinevatten samt den ökade effekt som krävs för att pumpa värmevattnet genom värmepumpens förångare är 5,5 kW. Pumparna går alltid varför elenergibehovet för en veckoperiod blir 0,92 MWh vilket är ca 10% av tillförd elenergi till värmepumpen.

- Under ett år åtgår 48 MWh elenergi för hjälp-pumpar

Värmefaktorn för värmepumpen utan hänsyn tagen till den hjälp-pumpenergi som har tillförts har beräknats som kvoten mellan uttagen och tillförd energi. Som vi tidigare redogjort för har en beräknad värmefaktor använts under de tider värmemängdsmätaren stod still p g a fel i mätaren.



Figur 4.3 Värmefaktor för enbart värmepumpen som veckomedelvärden.

Medelvärmefaktorn för enbart värmepumpen för de fyra perioder vi redovisat tidigare blir

- 3,17 för v 30 t o m v 52 1982
- 3,22 för 1983
- 3,07 för 1984
- 3,23 för v 1 t o m v 15 1985

Om hänsyn tas till hjälpenergi till cirkulationspumparna blir värmefaktorn för de perioder vi redovisat ovan

- 2,82 v 30 - v 52 1982
- 2,94 1983
- 2,79 1984
- 2,99 v 1 - v 15 1985

Totala elenergiförbrukningen för simhallen var

- 1983 - 1191 MWh
- 1984 - 1287 MWh.

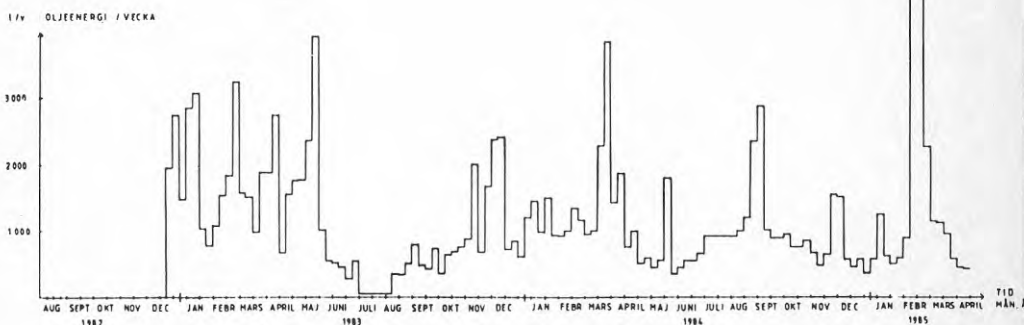
4.2.2 Produktion oljepannor

Anläggningens två oljepannor har försetts med oljemängdsmätare. Värmepannan som är den panna som i första hand producerar energi till värmesystemet går med ett munstycke. Pannans munstycke har en kapacitet på 5 gallon/h.

Ångpannan som i första hand förser tvätteriet med energi är försedd med två munstycken och två oljemängdsmätare.

Kapaciteten på munstyckena är 6 resp. 7 gallon/h. När det större munstycket är i drift går även det mindre.

Oljemängdsmätarna har avlästs från och med årsskiftet 1982/83.



Figur 4.4 Oljeförbrukningen veckovis i liter per vecka för båda oljepannorna.

För att erhåll energiförbrukningen för tvätteriet har de två systemen separerats under en mätperiod. Mätningen har då visat att medelenergiförbrukningen för tvätteriet under en vecka är ca 215 l Eol.

Under ett år åtgår ca 9 m³ olja för tvätteriet.

Under de perioder mätning utförts har oljeförbrukningen varit enligt tabell nedan

	Period		
	1983	1984	V 1 - V 15 1985
Värmepanna	27,7 m ³	31,7 m ³	14,9 m ³
Ångpanna	32,6 m ³	21,6 m ³	4,8 m ³
Totalt	60,3 m ³	53,3 m ³	19,7 m ³

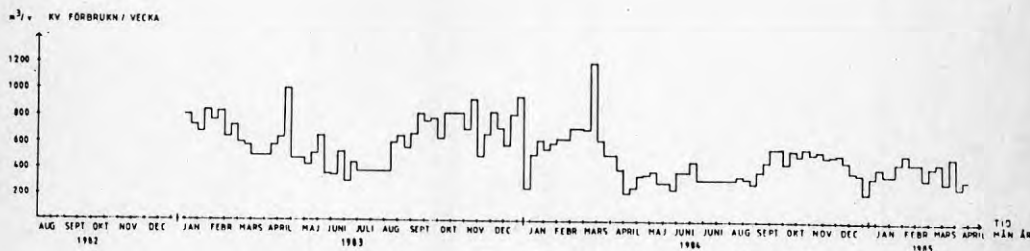
Tabell 4.1 Oljeförbrukning för simhallen i m³ eldningsolja nr 1 (Eol).

Under 15 veckor hösten 1983 stängdes värmepannan helt vilket förklarar varför fördelningen mellan värme- och oljepannan varierar mellan perioderna.

4.2.3 Förbrukning kallvatten

Badhusets inkommande kallvattenledning är försedd med 3 st kallvattenmätare. Kallvattenmätarna är installerade för VA-verket.

Kallvattenförbrukningen varierar beroende bl.a på filter-spolning krävs ca 50 m³ kallvatten vid varje spolnings-tillfälle. Filterspolning görs 1-2 gånger per månad.



Figur 4.5 Kallvattenförbrukning redovisad som vecko-medelvärden i m³.

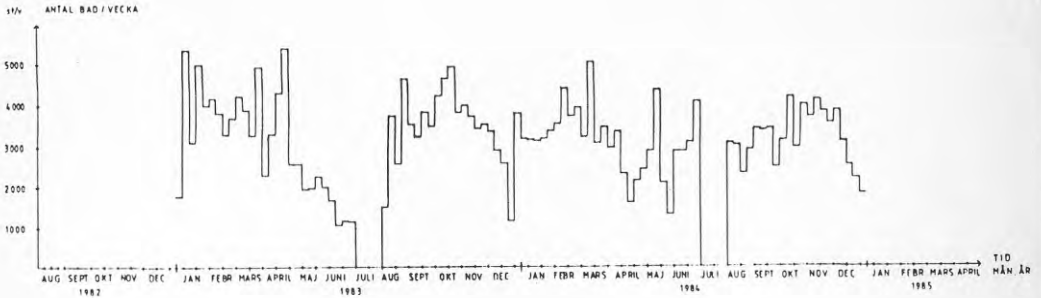
Kallvattenförbrukningen under 1983 - 1985 har varit enligt nedan

Period	Total kv-förbrukning	Veckomedelförbrukning
1983	31200 m ³	600 m ³
1984	24400 m ³	470 m ³
V 1 - V 15 -85	5600 m ³	370 m ³

Tabell 4.2 Kallvattenförbrukning i m³.

4.2.4 Badantal

Besöksfrekvensen till badhuset har tagits fram veckovis. Antalet badande har som mest varit ca 5000 under en vecka. Flest bad är på vinterhalvåret då skolornas elever utgör en stor del av antalet badande.

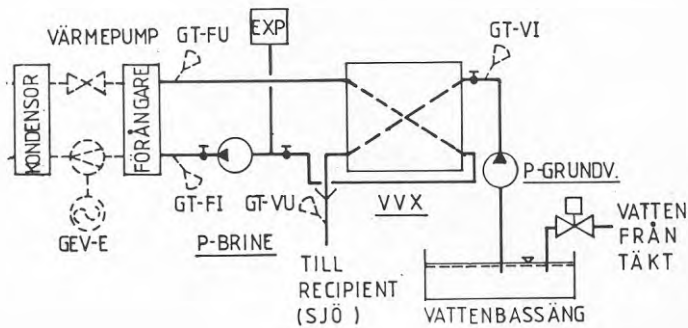


Figur 4.6 Antal badande per vecka.

Under 1983 var antalet badande 167 000 st. 1984 var antalet badande 148 000 st.

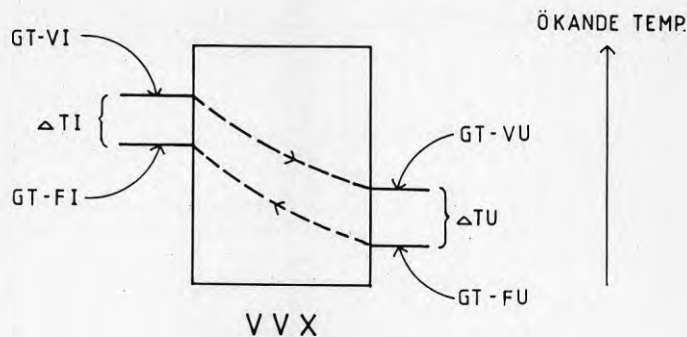
4.2.5 Temperaturmätning värmeväxlare

För att studera temperaturbilden kring värmeväxlaren har den kontinuerliga skrivaren installerats.



Figur 4.7 Givarplacering kring värmeväxlaren

I figuren på föregående sida är de fyra temperaturgivarna inritade. Medeltemperaturen över värmeväxlaren har studerats kontinuerligt under driftperioden.



Figur 4.8 Temperaturbild i värmeväxlaren

Den logaritmiska medeltemperaturdifferensen som följs upp beräknas enligt följande

$$\Delta T (\ln) = \frac{\Delta TI - \Delta TU}{\ln \frac{\Delta TI}{\Delta TU}} \quad (\text{grad. C})$$

För att studera om värmeväxlarens egenskaper förändrades under perioden beräknades kvoten mellan effekten och medeltemperaturdifferensen.

Effekten över värmeväxlaren kan skrivas som en funktion av temperaturhöjningen på brinekretsen. Flödet i denna krets har varit konstant under de första driftåren (mätning över strypventil med differenstrycksmätare).

De strypventiler som installerades för att möjliggöra mätning och inreglering av flödena i grundvatten- och brinekretsarna har öppnats helt. För att i framtiden kunna försörja en närbelägen skola med värmeenergi från ytterligare en värmepump måste möjlighet att då fördela grundvattnet mellan värmepumparna finnas. Flödet i brinekretsen är uppmätt till 32,0 m³/h och i grundvattenkretsen till 32,5 m³/h. Vid knapphet på grundvatten skall flödena vara 27,2 m³/h resp. 31,0 m³/h.

Med beteckningar i figur 4.8 har kA beräknats

$$kA = \rho \times C_p \times Q (\text{brine}) \times \frac{GT-FI - GT-FU}{\Delta T (\ln)} \quad (\text{W/grad. C})$$

där ρ är densiteten kg/m³
 C_p är värmekapaciteten J/kg grad C
 Q är volymflödet m³/s
 k är värmeöverföring W/m² grad. C
 A är växlararean m²

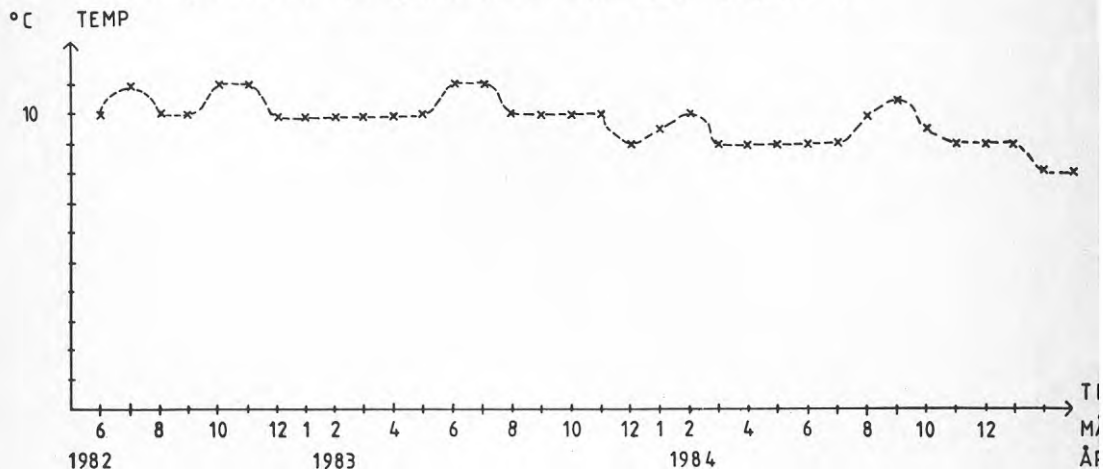
Från de listor med temperaturkurvor som fått från skrivaren har kA enligt ovan beräknats. För den uttagna värmeväxlaren skall kA vara

$$\frac{180 \text{ kW}}{1,57 \text{ grad. C}} = 115 \text{ kW/grad. C}$$

Plattvärmväxlarens värmeöverförande kapacitet minskade under hösten 1982 ner till 25 kW/grad. C. En silkorg installerades under hösten över den dränkbara pumpen. Växlaren togs isär i november och rengjordes. Mellan plattorna på grundvattensidan hade smuts från bassängvattnet avlagrats. Det varma vatten som går ut från reningsanläggning och skall ersättas med nytt vatten spolas ner i grundvattenbassängen. Det är detta vatten som för med sig hår etc. För att minska problemen med avsättning har ledningen för spolvatten dragits förbi pumpgropen direkt till avloppsledningen.

Efter rengöringen ökade kA till 75 kW/grad C. För att erhålla ett högt flöde över värmväxlaren när silkorgen installerats byttes den dränkbara pumpen ut mot en pump med större kapacitet. Överskottsvatten från flockningsbassängen rinner ut i pumpgropen även efter ombyggnaden. Det flöde som då erhållits är 32,5 m³/h samtidigt som kA ökat till ca 100 kW/grad C.

Temperaturmätningarna har visat att temperaturen på grundvattnet är nära nog konstant över året. När man har ett ökat inflöde av dräneringsvatten till grundvattenbassängen ökar temperaturen. Ur figuren nedan kan vi även se att den kalla vintern -85 har sänkt temperaturen på grundvatten ner till +8 grad. C.



Figur 4.9 Temperatur på inkommande vatten till värmväxlaren. Månadsmedelvärde.

Det varma vatten som släpps ner från bassängerna till grundvattenbassängen höjer temperaturen på det vatten som pumpas genom värmeväxlaren. Variationen under dygnet är i normala fall ca 2 grad. C mellan natt och dag. Under extrema fall har temperaturen i grundvattenbassängen ökat till över +20 grad. C vilket skedde några gånger under hösten 1982.

Efter installation av den nya grundvattenpumpen och rengöringen av värmeväxlaren ökade flödet genom växlaren. Temperaturen i grundvattenbassängen varierar inte lika kraftigt som tidigare eftersom dels ett större flöde genom bassängen jämnar ut temperaturtopparna dels att endast överskottsvatten från flockningsbassängen tillförs till grundvattenbassängen. Temperaturtopparna har sänkts med ca 4 grad. C, vilket gett temperaturer på upp till +16 grad. C.

4.3 Sammanfattning av driftperioden aug-82 till april-85

Som tidigare redovisats har värmepumpens energiproduktion störts av driftstopp.

- Under första året åtgärdades bl.a. läckande olje- och freonrör samt säkerhetsventilerna. Under denna tid har värmepumpens ena del ej fungerat. Värmepumpen är uppbyggd i två separata kretsar som är åtskilda från varandra. 3 st kompressorhaverier inträffade med relativt kort mellanrum i den ena värmepumpsdelen under hösten 1982.

De tre havererade kompressorerna undersöktes av värmepumpstillverkaren, följande framkom

- a) Bränd elmotor - Trolig orsak överhettning p.g.a. tillverkningsfel i kompressorn.
- b) Sönderslagen kompressor - Man kunde här ej fastställa orsaken.
- c) Sönderslagen kompressor - Säkerhetsventilen fungerade ej.

Flödet i värmesystemet var för lågt under 82/83 varför problem uppstod med värme till ventilationen samt till tappvarmvattnet. Eftersom värmepumpens kondensor ligger i serie med värmesystemet var flödet även för lågt över värmepumpen. Huvudorsaken till det låga flödet var att värmepumpens kondensor kopplats fel i fabrik och därmed orsakade för högt tryckfall. Efter åtgärdande av kondensorn har flödet i värmekretsen överensstämt med projekterade värden.

Ytterligare ett kompressorbyte gjordes under sommaren 1983 i samma enhet som tidigare.

- Under det andra driftåret var problemen fortfarande koncentrerade till samma enhet i värmepumpen. Oljeläckage och byte av säkerhetsventiler gjordes under året. I maj 1984 stannade värmepumpen p.g.a. att flödet i brinekretsen var för lågt. I brinekretsens etylenglykolblandade vatten hade alger bildats. Algerna hade klumpat ihop sig och satt igen rören med åtföljande minskning av brineflödet.

Etylenglykolen som användes var avsedd att användas i bilsystem. Glykolen var försedd med inhibitorer för att förhindra rost och algutväxt. Glykolen byttes ut mot brinol efter stoppet.

- För det innevarande driftåret har i första hand fel uppstått p.g.a. höga temperaturer i värmepumpen. Under de kalla perioderna i februari, med utetemperaturer ner mot -25 grad. C, uppstod problem med ventilationsaggregatet för simhallsdelen. För att få tillräcklig temperatur på den inblåsta luften tvingades man höja värmesystemets temperatur, vilket medförde att värmepumpen ej kunde arbeta då temperaturen blev för hög på värmesystemets returledning.

5 EKONOMI, LÖNSAMHET

5.1 Investeringskostnader

Kostnaden för värmepumpen, grundvattenbassängen, rör, pumpar etc. som hör till värmepumpsinstallatinen ingick i totalentreprenaden.

Grundvattenledningen från Näset till badhuset samt upprustning av pumpstationen vid Näset gjordes av kommunen utanför badhusentreprenaden.

Investeringskostnaderna har hämtats från entreprenören samt från kommunen. För el- och byggdelarna har kostnaderna hämtats från förkalkylen då dessa varit svåra att särskilja ur totalentreprenadkostnaden.

Investeringskostnad för värmepumpinstallationen i Karlskoga badhus blir då

- Värmepump, rörarbeten, värmeväxlare pumpar etc (entreprenadkostnad)	430.000 kr
- Elkraftmatning (kalkyl)	25.000 kr
- Grundvattenbassäng (kalkyl)	10.000 kr
- Grundvattenledning samt upprustning av pumpstation (entreprenadkostnad)	285.000 kr
Totalkostnad	750.000 kr

5.2 Energikostnad

Under den period vi redovisat, aug. -82 till april -85, har värmepumpen producerat 4225 MWh värmeenergi. Tillförd elenergi till värmepumpens kompressor har varit 1340 MWh. För att driva hjälppumpar m.m. har 130 MWh elenergi tillförts.

Den oljeförbrukning som åtgått till badhuset inklusive tvätteriet är 160 m³.

- Kostnaden för elenergi (värmepump + hjälppumpar) har varit 356.000 kr under perioden motsvarande 24,2 öre/kWh. (inkl. fasta elkostnader)
- Kostnaden för den inköpta oljan har varit 369.000 kr. (inkl. tvätteriet)
- Tvätteriets oljekostnad har varit 60.000 kr.

I det fall den ombyggda simhallen hade försörjts från de befintliga oljepannorna skulle kostnaden för detta varit 1.667.000 kr under perioden aug 1982 till april 1985. Vi har då räknat med 75% årsmedelverkningsgrad. Oljepriset har erhållits löpande under perioden från kommunen.

Sammanfattning:

Elkostnad:	356.000 kr
Oljekostnad exkl. tvätteri:	309.000 kr
Oljekostnad för tvätteri:	60.000 kr
Driftskostnadsbesparing: (pannverkningsgrad $\eta = 0,75$)	942.000 kr

6 SLUTSATSER

Värmepumpen i Karlskoga badhus projekterades in i ett lågtemperatursystem med maximal framledningstemperatur på +48 grad. C. Värmesystemet är känsligt för felaktigheter vid dimensioneringen och i utförandet. Detta kräver att anläggningen kontrolleras och följs upp så att inte temperaturnivån höjs för att kompensera eventuella fel.

Värmepumpen har under perioden aug-82 till april-85 drabbats av ett flertal driftstörningar. Bland annat inträffade 3 kompressorhaverier under det första halvåret. För att inte anläggningens värmeproduktionskapacitet skall utebli vid haverier måste en effektreserv finnas. I den serviceinrättning som ett badhus är kräver de badande att värme alltid finns.

För att värmepumpen skall fungera effektivt bör flöden och temperaturer kring värmepumpen hållas konstanta. Temperaturvariationer på värmebärarsidan på 5 grad. C under kortare tider ger driftstörningar med den normala reglerutrustning som här installerats.

Värmeväxlare med låg medeltemperaturdifferens 1-2 grad. C (stor yta) ger upphov till en något sämre totalvärmefaktor än för det fall grundvattnet går direkt in i värmepumpens förångare. För Karlskoganläggningen motsvarar detta cirka 4%. Sämre totalvärmefaktor fås då förångningstemperaturen blir någon grad lägre än för alternativet med grundvatten direkt till förångaren. Värmeväxlaren gör det möjligt att sänka temperaturen på grundvattnet till +1 grad C. Vid begränsad tillgång på grundvatten ger plattvärmväxlaren möjlighet att utnyttja en större del av energiinnehållet.

För Karlskogaanläggningen där grundvattentemperaturen är 9 grad. C ökar uttagbar energi med 60% då man kan sänka grundvattnet med 8 grad. C istället för 5 grad. C i fallet med grundvatten direkt in i värmepumpens förångare. Värmeväxlaren har plockats isär och rengjorts samt frusit utan att ta skada.

Värmepumpen har trots driftstörningar givit ett bra ekonomiskt resultat. I jämförelse med fortsatt oljedrift har värmepumpsinstallationen en pay-off-tid på knappt 3 år.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811013-1
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson
& Hultmark, Göteborg.**

R141: 1985

ISBN 91-540-4479-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705141

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms