



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.

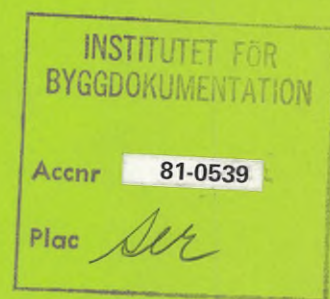
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may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



## **Bandybana som solfångare i integrerat värmesystem för sportanläggning**

**Förstudie i Falun**

**Sven-Erik Persson**



R31:1981

BANDYBANA SOM SOLFÅNGARE I INTEGRERAT  
VÄRMESYSTEM FÖR SPORTANLÄGGNING

Förstudie i Falun

Sven-Erik Persson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
790809-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till centrala byggnadskommittén i Falu kommun.

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

R31:1981

ISBN 91-540-3470-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 151696

# INNEHÅLL

BETECKNINGAR . . . . .	5
1 SAMMANFATTNING . . . . .	7
1.1 Projektet . . . . .	7
1.2 Problemet . . . . .	7
1.3 Tekniken . . . . .	7
1.4 Investeringarna . . . . .	9
1.5 Besparingarna . . . . .	9
1.6 Några anläggningsdata . . . . .	9
1.7 Integrerade värmesystem i framtiden . . . . .	9
2 BAKGRUND OCH SYFTE . . . . .	13
2.1 Sportanläggningen Lugnet . . . . .	13
2.2 Integrerat värmesystem - förstudie . . . . .	13
2.3 Resultatanvändning . . . . .	13
3 BEFINTLIG ANLÄGGNING . . . . .	15
3.1 Kylanläggning bandybana . . . . .	15
3.2 Kylanläggning ishall . . . . .	16
3.3 Driftprov - bandybana . . . . .	18
3.4 Befintlig värmecentral i sporthall . . . . .	21
4 PRINCIPLÖSNINGAR, INTEGRERAT VÄRMESYSTEM . . . . .	22
4.1 Allmänt . . . . .	22
4.2 Värmeförbrukare . . . . .	22
4.2.1 Ishall - utomhusbad . . . . .	22
4.2.2 Ishall - utomhusbad, värmedata . . . . .	22
4.3 Värmeproducenter . . . . .	23
4.3.1 Befintlig värmecentral i sporthall . . . . .	23
4.3.2 Bandybanan som solfångare . . . . .	23
4.3.3 Styrssystem för bandybanans kylanläggning . . . . .	25
4.3.4 Ishallens kylsystem som värmeproducent . . . . .	27
4.3.5 Styrssystem för kylanläggning ishall . . . . .	27
4.3.6 Värmepump . . . . .	29
4.3.7 Styrssystem värmepump . . . . .	30
4.4 Värmesystemet - princip . . . . .	30
4.4.1 Hetgassystemet . . . . .	30
4.4.2 Kondensorsystemet . . . . .	33
4.4.3 Värmepumpsystemet . . . . .	33
4.4.4 Reservsystem för matning av värme från sporthallens värmecentral . . . . .	35
4.4.5 Styrutrustning för reservsystem och värmepump. Reverserande matning av värmevatten . . . . .	35
4.5 Styrning och övervakning med dator - en nödvändighet som betalar sig . . . . .	36

4.5.1	Allmänt . . . . .	36
4.5.2	Styrsystem för el-ackumulerings- anläggningen . . . . .	37
4.5.3	Styrsystem för utomhusbadet . . . . .	37
4.5.4	Central övervakning med dator . . . . .	38
4.6	Materialval . . . . .	38
5	INVESTERINGSKALKYL . . . . .	40
5.1	Investeringsvolym och tidplan . . . . .	40
5.2	Investeringskostnader . . . . .	40
5.2.1	Uppdelning i anläggningsdelar . . . . .	40
5.2.2	Specifikation av kostnader . . . . .	41
5.2.3	Sammanställning . . . . .	44
5.2.4	Bidragsmöjligheter . . . . .	44
6	BESPARINGSKALKYL . . . . .	45
6.1	Energipriser - översikt . . . . .	45
6.2	Specifikation av besparingar . . . . .	45
6.3	Drift- och underhållskostnader . . . . .	51
6.4	Sammanställning . . . . .	51
6.5	Utvärdering av besparing . . . . .	52
7	MÄTPROGRAM . . . . .	54
7.1	Allmänt . . . . .	54
7.2	Mätpunkter . . . . .	54
7.3	Bearbetning av mätdata . . . . .	55
8	LITTERATUR . . . . .	56
9	BILAGOR . . . . .	57

## BETECKNINGAR

P	Effekt
$P_1$	Värmeeffekt
$P_2$	Kyleffekt
$P_k$	Axeleffekt, kompressor
$P_t$	Tillförd effekt
Q	Värmeenergi
V	Volym
E	Drivenergi, elenergi
T	Temperatur $^{\circ}\text{K}$
t	Temperatur $^{\circ}\text{C}$
$\eta$	Verkningsgrad
$\phi$	Värmefaktor
$\phi_c$	Carnotsk värmefaktor
$\phi_{TV}$	Värmefaktor (anläggnings) för värme- produktion via drift av bandybanans kylanläggning komb. med värmepump
$\phi_V$	Värmefaktor (anläggnings) för värme- produktion via "gratis"-värme komb. med värmepump
$\epsilon$	Köldfaktor
$\epsilon_c$	Carnotsk köldfaktor
K	Kompressor
KB	Köldmediebehållare
KD	Kondensor
HV	Hetgasvärmväxlare
VVX	Värmväxlare
VVB	Varmvattenberedare
P	Cirkulationspump
EXP	Expansionskärl
TM	Temperaturmätare
FM	Flödesmätare

GT	Givare temperatur
GP	Givare tryck
GF	Givare flöde
GL	Givare nivå
GM	Givare fuktighet
GS	Givare vindstyrka
RC	Reglercentral
DDC	Microdatorbaserade reglercentraler anslutna till central övervakning
SV	Styrventil
ST	Ställdon
SP	Motormanövrerat spjäll
MV	Magnetventil
NS	Avstängningsventil, normalt stängd
NÖ	Avstängningsventil, normalt öppen



## 1 SAMMANFATTNING

### 1.1 Projektet

Sportanläggningen Lugnet med riksskidstadion ligger på ett markområde öster om Falun två kilometer från centrum. Anläggningen omfattar bl.a. campingplats, längdskidstadion, hoppbackar, slalombacke, sporthall, simhall, konstfrusen bandybana och ishall med ishockey- och curlingbana. Under 1980 påbörjas även byggnadsarbeten för ishockeybana utomhus och utomhusbad.

Denna förstudie har undersökt möjligheterna att nedbringa uppvärmningskostnaderna för i första hand utomhusbadet. Som efterföljande rapport visar är möjligheterna goda, om vattenkylda kondensorer installeras i de befintliga kylanläggningarna för bandybana och ishall.

### 1.2 Problemet

Problemet består i att, i en anläggning utan ackumulator beräkna producerad och konsumerad energi, d.v.s. energibalansen för olika årstider.

Värme produceras större delen av året som "biprodukt" för att kunna kyla isbanorna i Lugnetanläggningarna.

Av BILAGA 2 framgår att större delen av energibehovet kan tillgodoses med "gratisvärme" från kondensorer för ishallens kylanläggning. Bandybanans kylanläggning måste dock köras som komplement 15 juli - 15 sept och som huvudanläggning för värmeproduktion 1 maj - 15 juli (ishockeysäsong inomhus startar 15 juli).

Emedan inga tillförlitliga uppgifter fanns tillgängliga för den typ av "solfångare", som bandybanan utgör, utfördes ett driftprov under första veckan i maj 1980, där olika klimatdata och anläggningens kapacitet registrerades. Driftprovet redovisas i BILAGA 1, och kan kanske vara av intresse även för andra tillämpningar.

### 1.3 Tekniken

Sporthallen har ett värmesystem baserat på ackumulering av värmevatten, vilket uppvärms nattetid av en elektrodpanna. Ishallen har inget vattenburet värmesystem utan endast direktverkande elektrisk uppvärmning.

Mellan ishall och utomhusbad c:a 150 m, föreslås en värmekulvert med reverserande värmetransport. Större delen av året matas utomhusbad och omklädnadsdelen med värmevatten från ishallens maskinrum. Under månaderna mars-april försörjes både ishall och utomhusbad - omklädningsdel med värme från sporthallens värmecentral.

I ishallens maskinrum installeras vattenkylda kondensorer, vilka sedan tillsammans arbetar som primär värmekälla i systemet. En värmepump installeras i maskinrummet för att ytterligare höja temperaturen hos värmevattnet de perioder då kylanläggningarna inte arbetar med tillräckligt hög kondenseringstemperatur.

Bandybanans kylanläggning är konstruerad för förångning vid  $-10^{\circ}\text{C}$  och kondensering vid  $+35^{\circ}\text{C}$ . När bandybanan under sommartid skall fungera som solfångare kommer förångningstemperaturen i kylrören att stiga, samtidigt som kondenseringen bör ske vid  $+45^{\circ}\text{C}$ . Belastningen på kompressorerna blir då för hög, varför man måste installera ett system för avlastning av delar av kompressorerna.

Denna reglering skall ske med microdatorbaserade reglercentraler, som har förmågan att styra in lämplig kompressoreffekt efter en "inprickad" kurva. Även övriga anläggningsdelar skall förses med samma typ av reglerutrustning.

I sporthallens manöverrum placeras den centrala övervakningsenheten, liksom den minidator som behövs för samordningen av olika anläggningsdelar.

Genom installation av denna typ av minidator erhålles många möjligheter till ekonomisk drift av VVS-anläggningarna. Sålunda skall datorn övervaka effektuttaget, och i mån av behov styra in de stora enheterna värme-panna och kylkompressorer.

För värmeproduktionen i ishallens maskinrum betyder denna styrmöjlighet, att utomhusbassängerna till en del kan användas som ackumulatorer i anläggningen. Sålunda kan bassängernas temperatur höjas dagtid, då värmeuttaget från bandybanan ger den största lönsamheten.

I framtiden skall även övriga delar av Lugnetområdet anslutas till den centrala övervakningsenheten.

Genom att bygga ut ett vattenburet värmesystem i ishallen, kan den nya värmepumpenläggningen utnyttjas maximalt, även när utomhusbadet är stängt och endast omklädningsavdelningen är öppen. Besparingen blir dessutom nästan lika stor här som för badet.

Värmesystemet har uppdelats i tre delsystem:

- kondensorsystemet tar tillvara kondensoryärmen från kylmaskinerna, dim. data:  $30/20^{\circ}\text{C}$ .
- värmepumpsystemet där större delen av kondensorsystemets värme transformeras till en högre framledningstemp. dim. data:  $40/30^{\circ}\text{C}$ .

- hetgassystemet tar tillvara hetgasens höga temperatur efter kylkompressorerna via hetgasvärmväxlare, dim. data: 50/40°C. Värmen från hetgasvärmväxlarna används direkt till torkning samt till eftervärmning av tappvarmvatten.

#### 1.4 Investeringarna

Investeringskostnadernas fördelning framgår av figur 1.1

Totala investeringskostnaden	2,8 Mkr
Avgår ev. energisparbidrag	0,3 Mkr
Avgår minskad investering i sporthall	0,3 Mkr
Nettoinvesteringen blir då	2,2 Mkr

#### 1.5 Besparingarna

Besparingarna framgår av figur 1.2

Total bruttobesparing	437 000 kr/år
Avgår gemensamma kostnader	84 000 kr/år
Nettobesparingen blir då	353 000 kr/år

#### 1.6 Några anläggningsdata

Sportanläggningen Lugnet med riksskidstadion kommer efter utbyggnad med isbana och utomhusbad att förbruka ca 12500 MWh per år. Av detta förbrukas 7100 MWh för uppvärmningsändamål och resterande 5400 MWh för belysning, elmotorer etc.

Den nu projekterade anläggningens årsvärmefaktor är så hög som 3,63 med en tillförd energimängd av 1067 MWh per år och en utnyttjad energimängd av 3868 MWh per år. Enligt beräkningarna behöver endast 42 MWh per år tillföras från den befintliga värmecentralen.

#### 1.7 Integrerade värmesystem i framtiden

I Sverige planeras idag större anläggningar med solfångare och stora ackumulatörer för långtidslagring av värmevatten.

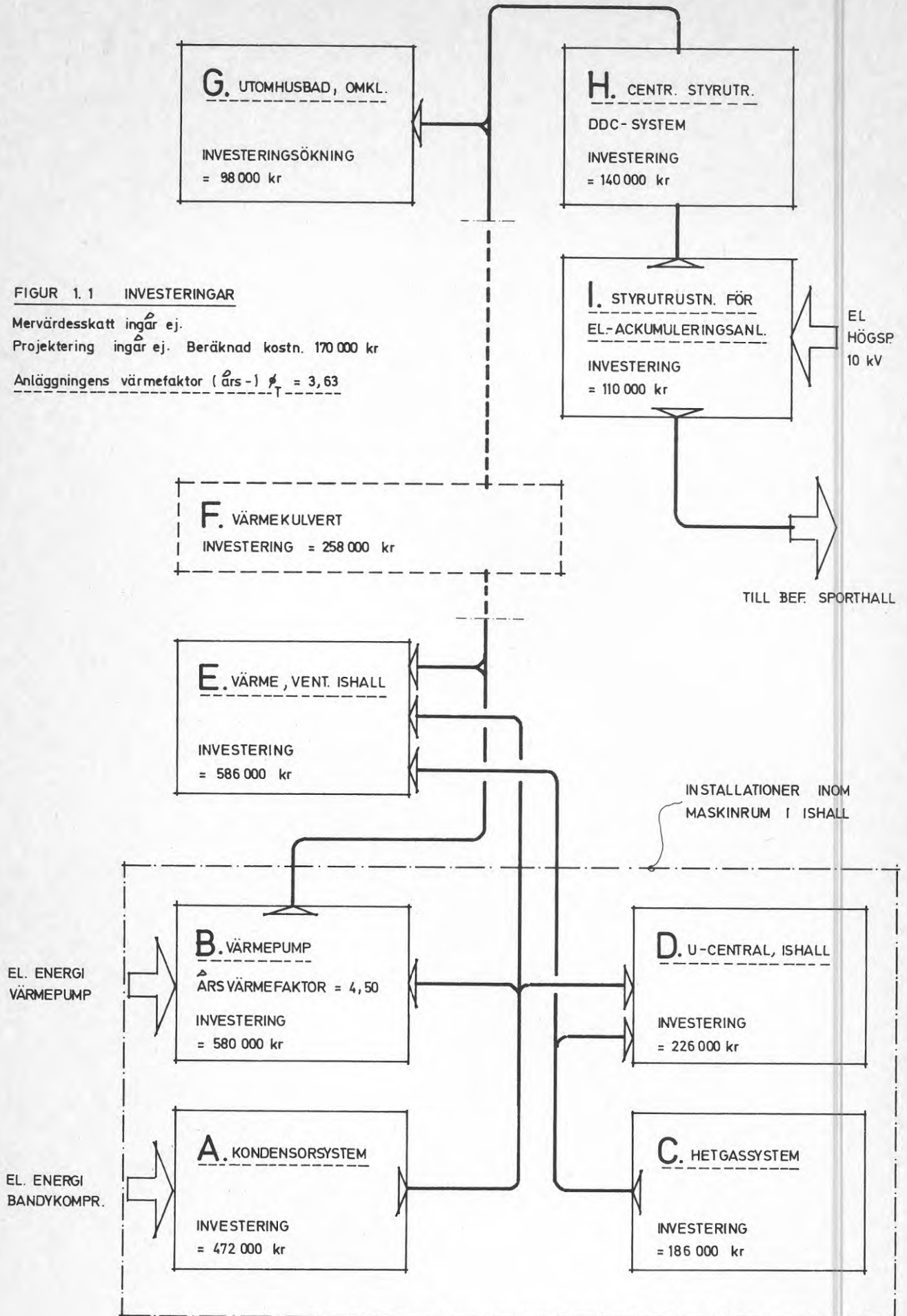
Om denna anläggning ger goda driftserfarenheter bör principen kunna appliceras även på större ackumulatoranläggningar. I de konstfrysna bandybanorna har man redan solfångarna varför endast vattenkylda kondensorer behöver installeras jämte ackumulatörer och värmepump.

En ackumulator för detta projekt har inte utvärderats, men stora mängder billig energi skulle utan tvekan kunna tillvaratas.

FIGUR 1.1 INVESTERINGAR

Mervärdesskatt ingår ej.

Projektering ingår ej. Beräknad kostn. 170 000 kr

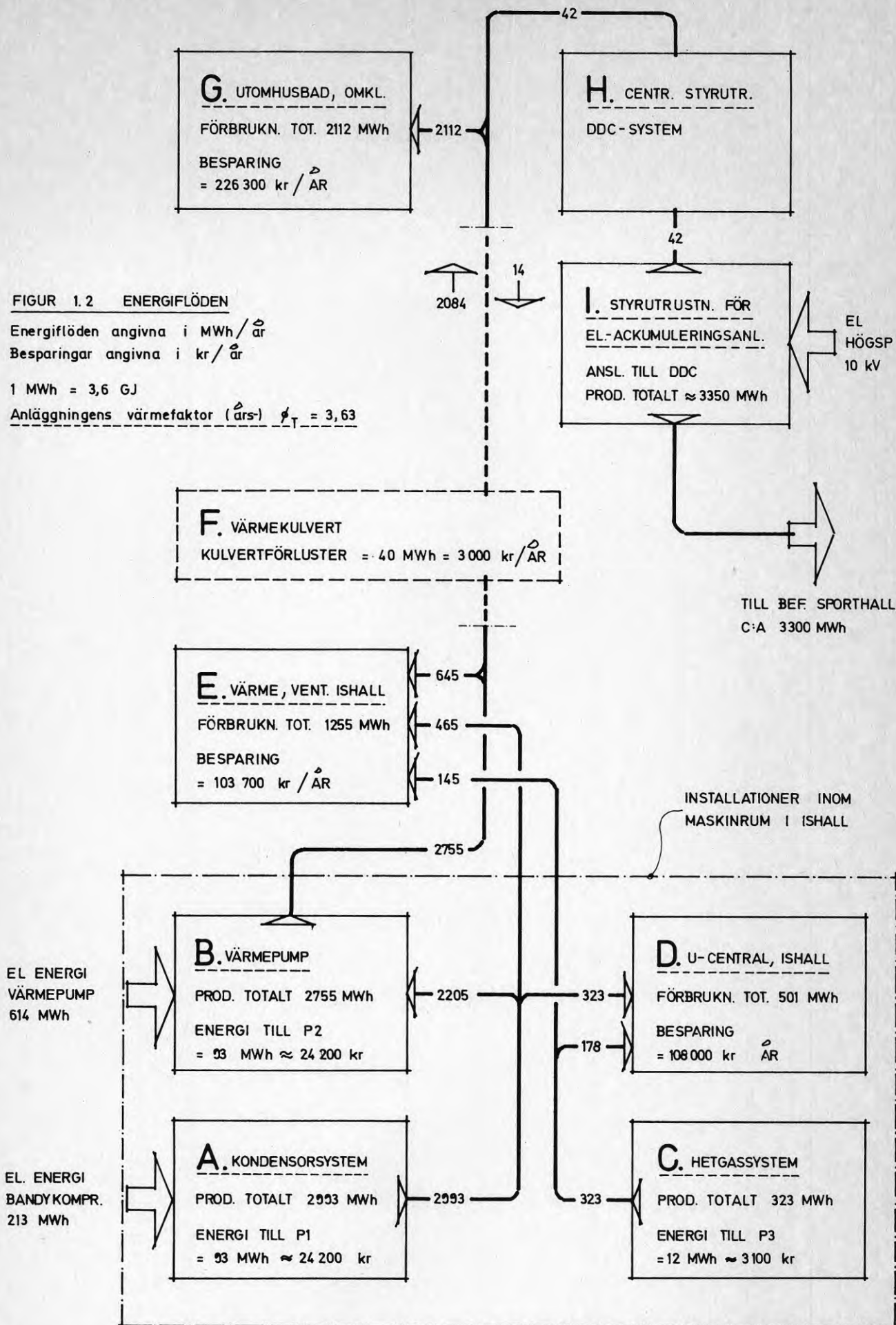
Anläggningens värmefaktor (års-)  $\phi_T = 3,63$ 

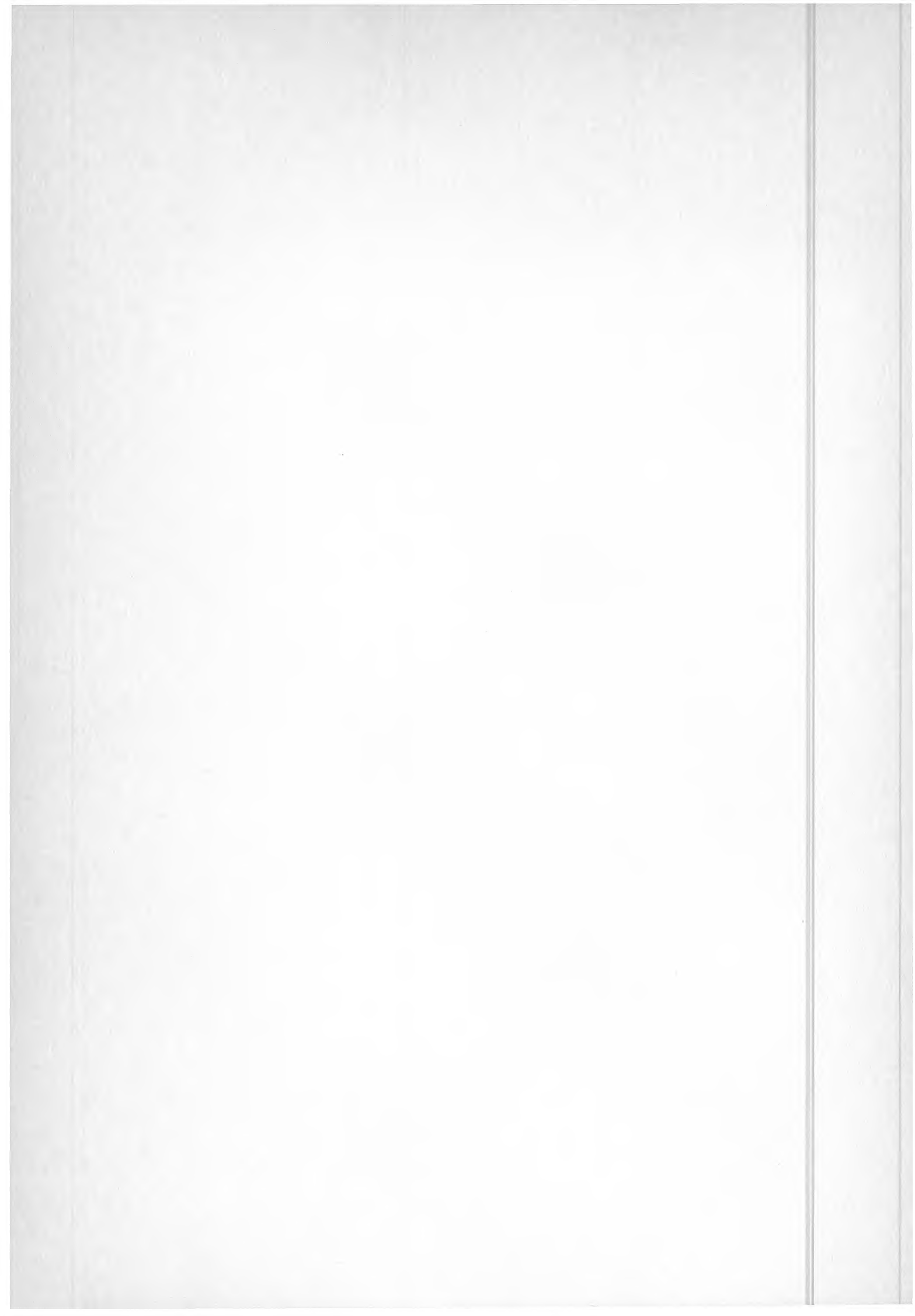
FIGUR 1.2 ENERGIFLÖDEN

Energiflöden angivna i MWh/år

Besparingar angivna i kr/år

1 MWh = 3,6 GJ

Anläggningens värmefaktor (års-)  $\phi_T = 3,63$ 



## 2 BAKGRUND OCH SYFTE

### 2.1 Sportanläggningen Lugnet

Lugnets fritidsområde ligger på ett markområde öster om Falun två kilometer från centrum. Anläggningen omfattar ett stort antal anläggningar med olika möjligheter till fritidsaktiviteter. Där finns bl. a. campingplats, längdskidstadion, hoppbackar, slalombacke, sporthall, simhall, konstfrusen bandybana och ishall med ishockey- och curlingbanor. Under 1980 påbörjades även byggnadsarbeten för ishockeybana utomhus och utomhusbad.

Centralområdet redovisas med en orienteringsplan på BILAGA 2. Den mest kända delen torde vara riksskidstadion med hoppbackarna som ligger i omedelbar anslutning till centralområdet. Den skisserade kulvertförbindelsen mellan ishall - utomhusbad framgår av figur 2.1.

### 2.2 Integrerat värmesystem - förstudie

Statens Råd för Byggnadsforskning, har anslagit medel för en förstudie avseende en "Teknisk - ekonomisk kyl avseende bandybanans kylanläggning för uppvärmning samt värmeåtervinning i sporthall".

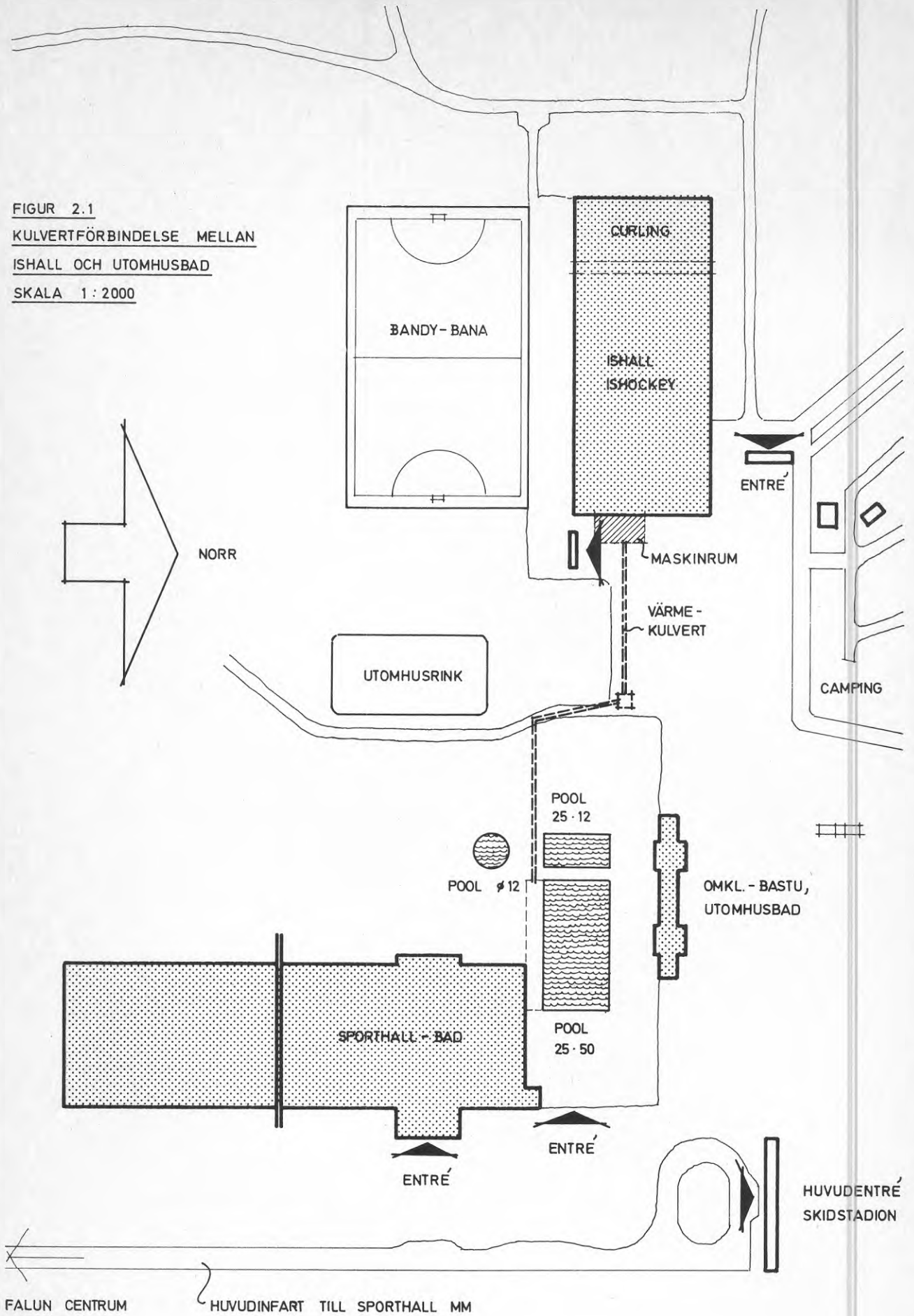
Under pågående utredningsarbete har olika alternativ att utnyttja bandybanans kylanläggning diskuterats. Som huvudförslag har valts ett alternativ där både bandybanans kylanläggning och ishallens kylanläggning utnyttjas för uppvärmning av i första hand ishall - curlinghall och utomhusbad - omklädningsrum. I framtiden kan dock ytterligare värmeförbrukare anslutas till systemet om driftserfarenheterna är goda.

### 2.3 Resultatanvändning

Om förstudien kan visa en god lönsamhet för denna typ av anläggningar kan systemlösningen kanske användas även i andra liknande sportanläggningar ev. i kombination med någon form av ackumulator.

Sammanställning och utvärdering av driftserfarenheter från en uppförd anläggning skulle senare kunna ge värdefull information. Framförallt gäller detta utomhusbanornas kapacitet som solfångare, men även värmepump-tekniken behöver utvecklas.

FIGUR 2.1  
 KULVERTFÖRBINDELSE MELLAN  
 ISHALL OCH UTMHUSBAD  
 SKALA 1 : 2000

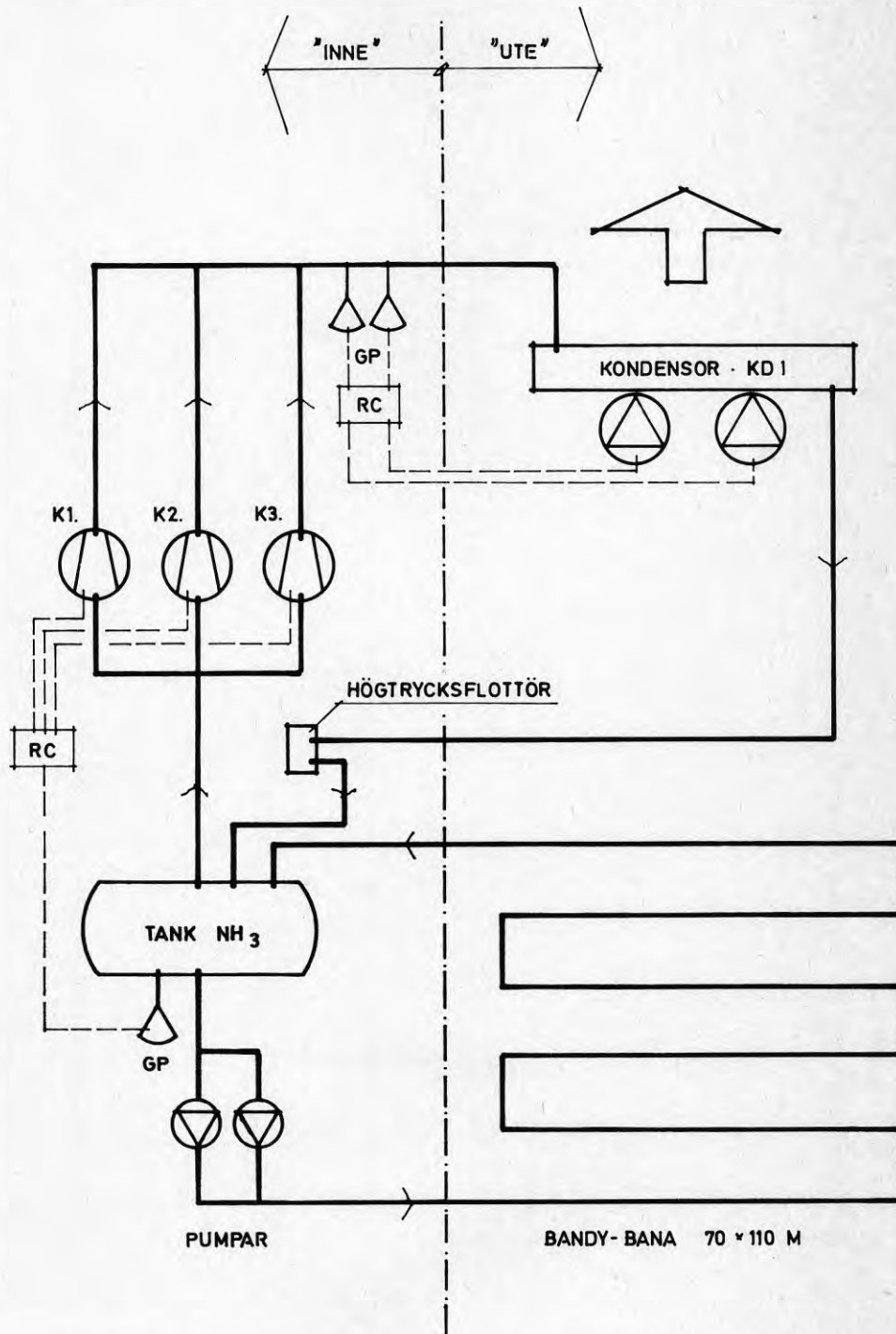




## 3 BEFINTLIG ANLÄGGNING

## 3.1 Kylanläggning bandybana

Bandybanans kylanläggning är uppbyggd kring tre kolvkompressorer och en evaporativ kondensator placerad utomhus. Utförandet framgår av fig 3.1. Köldmediefyllning ammoniak  $\text{NH}_3$ , R717



Figur 3.1. Befintlig kylanläggning för bandybana. Principkoppling

## Tekniska data:

Kompressorer	3 st Sabroe SMC-16-100 3x160 kW
Cylinderantal	16 cyl.
Total kyleffekt	1320 kW
Köldmedium	Ammoniak $\text{NH}_3$ , R717
Ammoniaktank	15 m <sup>3</sup>
Kondensor	Baltimore VLC 350
Bandybana	70x110 m

Kompressorerna är placerade i maskinrum i ishallsbyggnaden och är utrustade med kapacitetsreglering i 7 steg med den procentuella kapaciteten resp. 100, 87, 75, 62, 50, 37 och 25%. Idag utnyttjas bara 50 och 100% kapacitet.

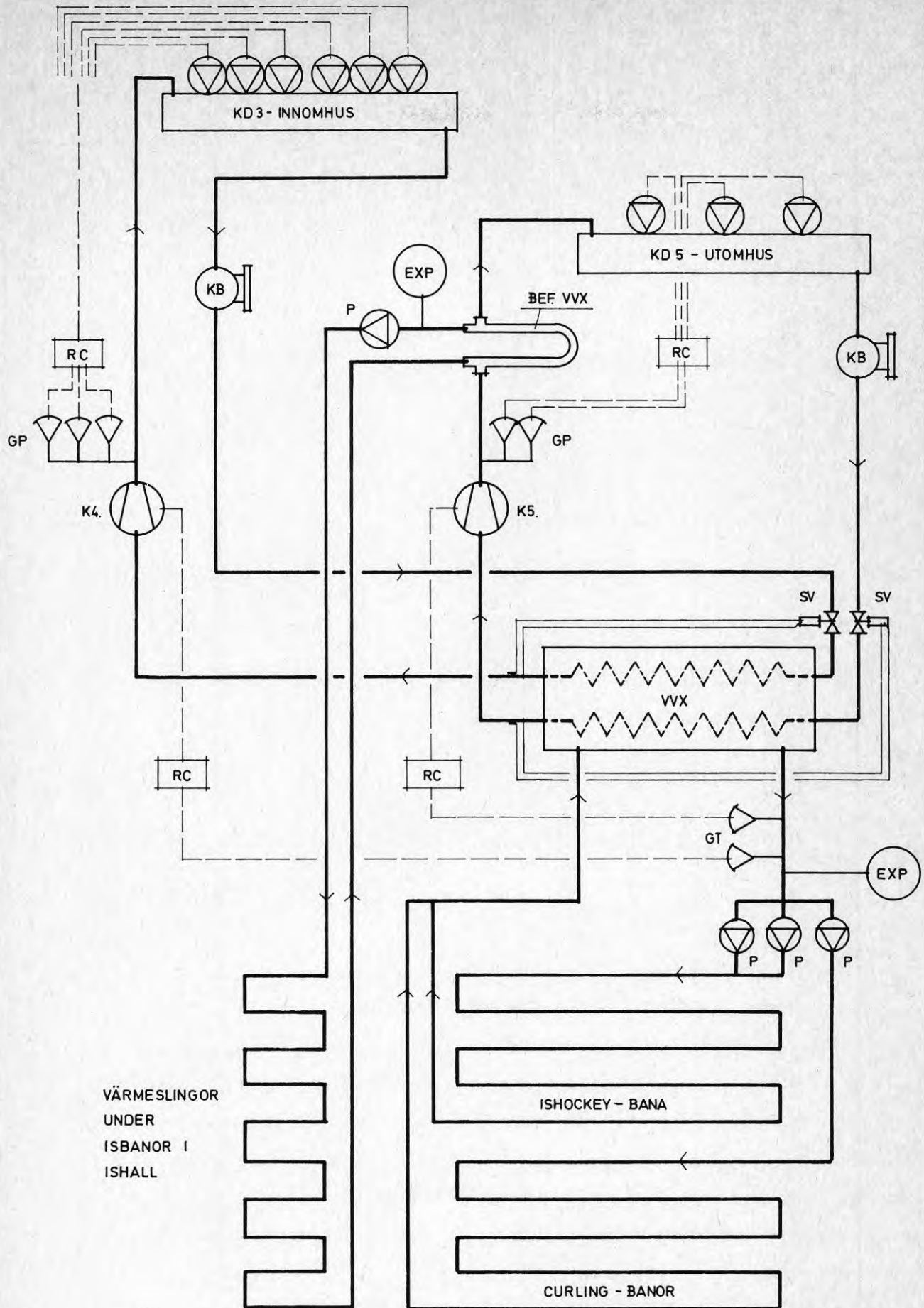
Kylrören består av förzinkade stålrör (tryckkärlsrör) 17x2,5 mm placerade ytligt i grusbädd med 110 mm centrumavstånd mellan rören.

### 3.2 Kylanläggning ishall

Ishockey- och curlingbanor i ishall betjänas av en kylanläggning med indirekt kylning via en förångare. Anläggningen har två kolvkompressorer och två luftkyl- da kondensorer varav en placerad inomhus och en placerad utomhus. Köldmediefyllning Freon R22



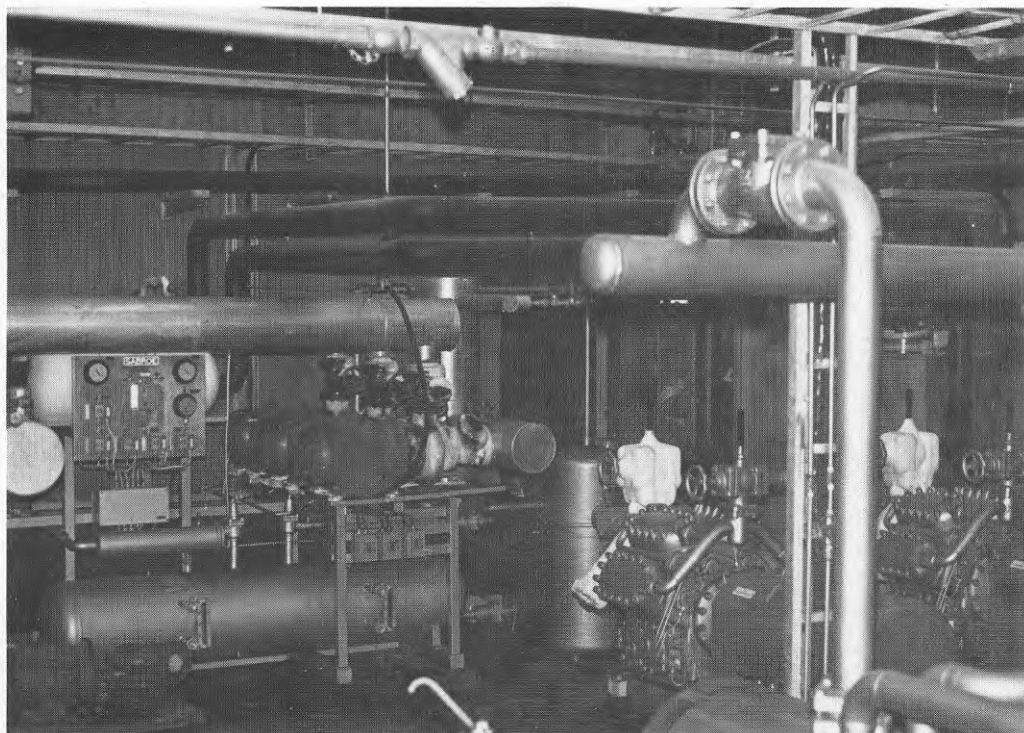
Figur 3.2. Uteplacerade kondensorer, den vänstra för ishallen och den stora högra för bandybanan.



FIGUR 3.3, BEFINTLIG KYLANLÄGGNING FÖR ISHALL, PRINCIPKOPPLING.

## Tekniska data:

Kompressorer	2 st Sabroe SMC-8-100 2x75 kW
Cylinderantal	8 cyl.
Total kyleffekt	410 kW
Köldmedium	Freon R22
Kondensorer	2 st Asarum KDVA 13
Ishockeybana	30 x 60 m
Curlingbana	20 x 46 m



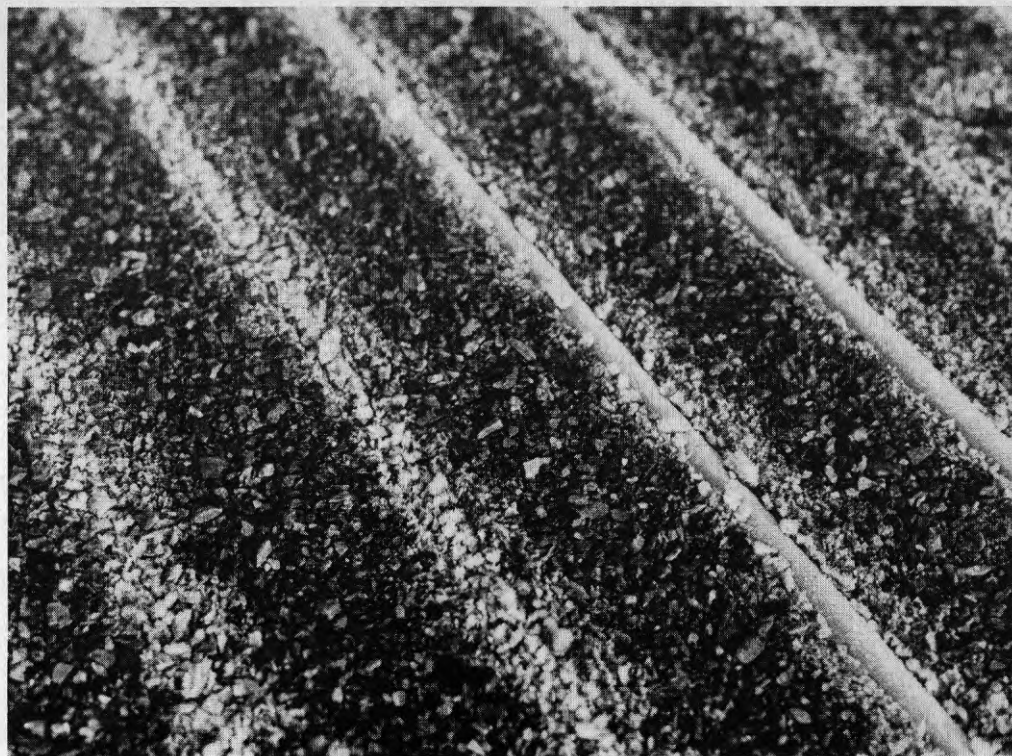
Figur 3.4. Maskinrumsinstallation, med brine - pumparna för ishallen ovanpå tubpanneförångaren. Längst till höger ses kolvkompressorerna.

### 3.3 Driftprov - bandybana

Vid de första kalkylerna över anläggningens kapacitet befanns de tekniska uppgifterna saknas för en väsentlig del, nämligen bandybanans kapacitet som solfångare.

Den litteratur som fanns tillgänglig gav ej heller några klara riktlinjer för dess värmekapacitet. Orsaken härtill är alla osäkra variabler i förhållandet mellan sandfyllning, rör och täckningsgrad.

Eftersom anläggningen finns på plats bedömdes ett driftsprov ge det bästa tänkbara underlaget för fortsatta kalkyler. Vecka 19 (5-9 maj) utfördes provdriften där anläggningen kördes under i stort sett "normala" förhållanden.



Figur 3.5. Kylrör i bandybanan. Rören ligger delvis synligt delvis täckta av ett tunt lager grus. Bilden tagen den 6 maj 1980 kl 20 i samband med driftprovet. Påfrysningen på rören har just börjat.



Figur 3.6. Kylrören i bandybanan den 9 maj kl 07 efter en natts regnväder.

Från start kördes anläggningen med inställd förångningstemperatur  $-0^{\circ}\text{C}$  och kondenseringstemperaturen  $+45^{\circ}\text{C}$ . Det är de aktuella temperaturer som erfordras för att den tänkta anläggningen i framtiden skall fungera utan extra värmepump.

Efter ungefär ett dygn sänktes temperaturerna till de för vinterdrift normala, (förång.  $-10^{\circ}\text{C}$ , kond.  $+35^{\circ}\text{C}$ ). Emedan vädret i stort sett var likvärdigt under två dygn och en likformighet i driftdata kunde observeras avbröts provet men återupptogs efter 14 timmar då vädret radikalt förändrats.



Figur 3.7. Kylrören i bandybanan när provdriften avslutades den 9 maj kl 15

Följande data registrerades:

- kondenseringstemperatur i  $^{\circ}\text{C}$
  - förångningstemperatur i  $^{\circ}\text{C}$
  - utetemperaturen uppmätt i skugga 1,5 m över banan
  - effekten, d.v.s. total till kylrören avgiven effekt i kW. Effekten beräknades med hjälp av kompressorleverantörens diagram och uppgifter
- angående:
- a) antalet arbetande cylindrar
  - b) förångningstemperatur
  - c) kondenseringstemperatur
- bantemperaturen registrerades med 4 fast monterade temperaturgivare placerade mitt emellan kylrören

- molnigheten angiven som uppskattad täckning av himlavalvet i % av "klar" himmel
- luftfuktigheten uppmätt med elektronisk mätare
- vindhastigheten uppmätt 2 m över banan på planens mittpunkt

Resultatet av provdriften redovisas i diagramform.  
BILAGA 1.

#### 3.4 Befintlig värmecentral i sporthall

Sporthallen har ett värmesystem baserat på ackumulering av värmevatten vilket uppvärms nattetid av en elektropanna.

Effekt elektropanna	3 MW
Spänning	10 kV
Akkumulatorer	2x100 m <sup>3</sup>
Laddningstemperatur	120°C
Systemtemperatur tillopp	80°C
retur	ca 45°C
Urladdningskapacitet (200 m <sup>3</sup> )	ca 17 MWh

Den befintliga elektropannan har en minimieffekt av 800 kW. Under kap. 5.2.3 anges en post för "minskad investering i bef. värmecentral i sporthall". Denna investering avser ett alternativ där en mindre elektropanna, t. ex. 1000 kW installeras tillsammans med en enkel styrutrustning.

På detta sätt skulle man genom att styra in pannan (min. effekt 200 kW) i "vågdalarna" på effektabonnet kunna klara energibehovet även för utomhusbad och omklädning.

## 4 PRINCIPLÖSNINGAR INTEGRERAT VÄRMESYSTEM

## 4.1 Allmänt

De första studiet av anläggningarna gav flera olika alternativ att dels tillvarata "gratisvärmerna" hos kylanläggningarna dels att köra bandybanans kylanläggning enbart i syfte att producera kondensörvärme.

## 4.2 Värmeförbrukare

## 4.2.1 Ishall - utomhusbad

Två förbrukare av värme inom området visade sig mest lämpade för den typ av lågtemperatursystem som här är aktuellt.

- Utomhusbadet med dess omklädnads- och duschavdelning skall byggas under 1980 -81 och kan således projekteras för systemet. Badets värmeförbrukning infaller dessutom den tid på året då möjligheten att producera värme via bandybanan är som störst.
- Ishallen har inget utbyggt värmesystem för vattenburen värme utan endast direktvärmade elpatroner för varmvattenberedning och elektriskt värmda fläktbatterier för uppvärmning och ventilation. Ett vattenburet värmesystem kan således anpassas till ett lågtemperatursystem.

Till yttermera visso har de två förbrukarna i stort sett samma effektbehov men tidsmässigt förskjutna så, att utomhusbadet har sin effekttopp på sommaren och ishallen sin vid lägsta utetemperatur.

## 4.2.2 Ishall - utomhusbad, värmedata

Av naturliga skäl fanns vare sig effekt- eller energidata för de två förbrukarna. Ett energidiagram (BILAGA 2) utarbetades för att kunna bedöma vid vilka tidpunkter de olika värmebehoven uppträdde. Alla beräkningar av värmeförbrukning och besparingar grundar sig på detta diagram.

Tabell 4.1. Effektbehov ishall

Värmeförbrukare	vinterfall kW	sommarfall kW
Tappvarmvattenberedning	530	530
Torkbatterier	50	50
Värme	242	110
Ventilation (50% av verkl.)	350	0
Värme under isbanor	15	15
Summa	1 187	705



Total energiförbrukning ishall 1756 MWh/år

Tabell 4.2. Effektbehov utomhusbad - omklädning

Värmeförbrukare	vinterfall kW	sommarfall kW
Tappvarmvattenberedning	260	360
Värme bassänger	-	770
Värme maskinrum	25	25
Summa	285	1 155

Total energiförbrukning för utomhusbad samt tappvarmvattenberedning i omklädnad 2112 MWh/år

Omklädnadsdel för utomhusbad håller öppet hela året för bl.a. campingplatsens gäster, spelare från utomhusrinken samt motionärer.

Omklädnadsdel försörjs med värmevatten för uppvärmning direkt från sporthall. Denna värme redovisas ej i denna rapport.

#### 4.3 Värmeproducenter

##### 4.3.1 Befintlig värmecentral i sporthall

I sporthallen finns i dag en värmecentral med en elektrospann om 3 MW/10kV och två ackumulatörer om vardera 100 m<sup>3</sup>.

Systemet finns beskrivet under kap. 3.4

Denna värmecentral är hårt belastad och kan inte utnyttjas för någon utbyggnad av anläggningen. När det nya gymnasiet skall byggas måste värmecentralen således utökas med en elektrospann och en ackumulator.

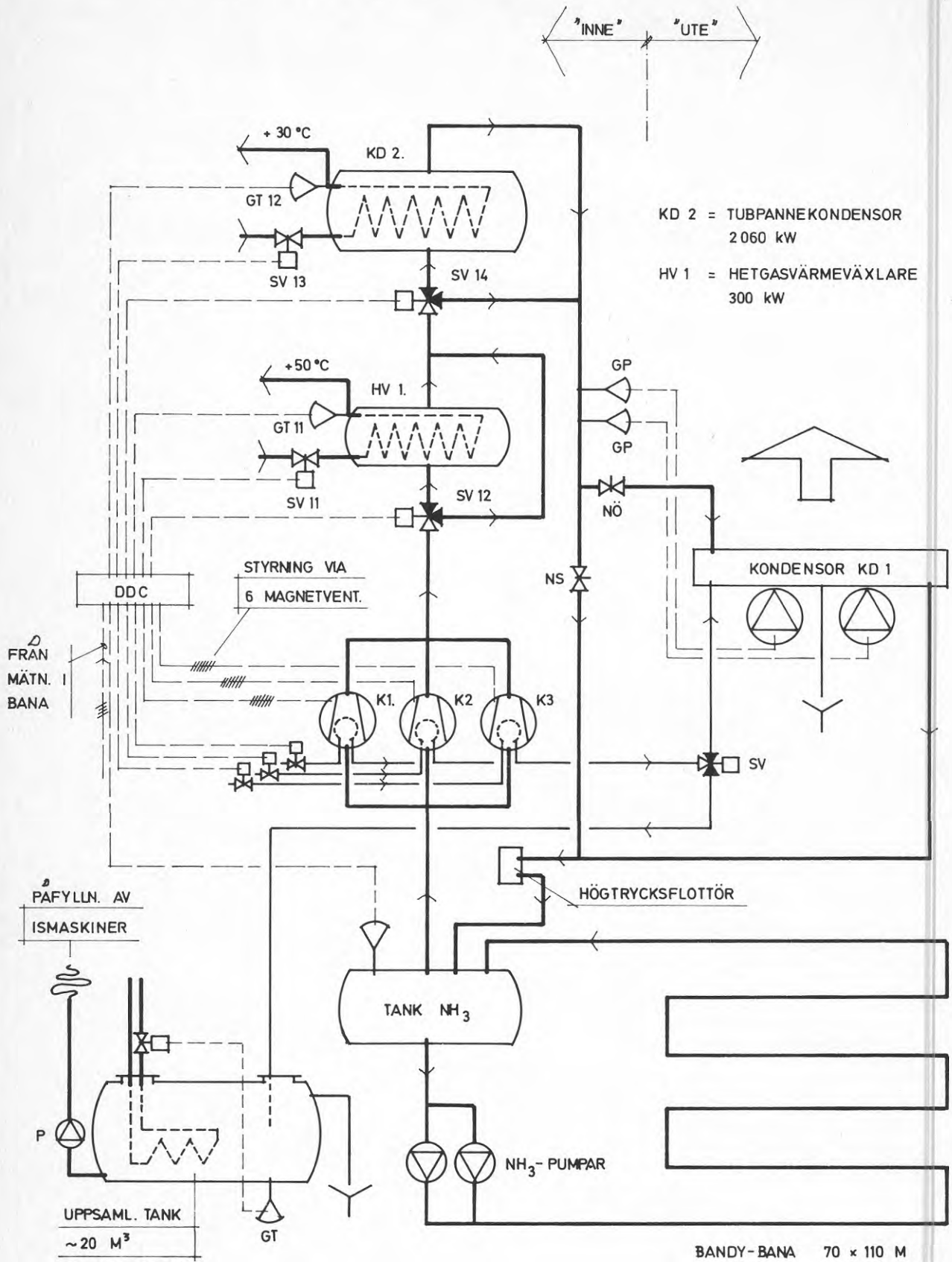
##### 4.3.2 Bandybanan som solfångare

Under utredningsarbetet framkom med allt större tydlighet att både ishallens och bandybanans kylsystem måste anslutas till det planerade värmesystemet. Bandybanan ger sommartid möjlighet till stora effektuttag. Ishallen ger nästan hela året stora kontinuerliga värmemängder men med relativt låg effekt.

För ishallens del förelåg också möjlighet att direkt utnyttja kondensorvärmerna utan mellanliggande värmepump. Önskemålet var då att en mindre del av värmen kunde erhållas till högre temperatur än den som erhålls i de vattenkylda kondensatorerna.

Hetgasvärmväxlare bör därför installeras på systemen. Framledningstemperaturen sätts där till +50°C.

FIGUR 4.1 FÖRESLAGEN PRINCIPLÖSNING FÖR ATT UTNYTTJA BANDYBANAN SOM VÄRMEPRODUCENT.



Tekniskadata för KD2 enl. fig. 4.1:

Typ	CHS 086004
Effekt	2060 kW
Vattenflöde (framtida)	178 m <sup>3</sup> /h
Ingående vattentemperatur	+20°C
Utgående vattentemperatur	+30°C
Tryckfall vattensida	70 kPa
Köldmedium	R717

Tekniska data HV1:

Typ	DISS 323128
Effekt	300 kW
Vattenflöde (framtida)	26 m <sup>3</sup> /h
Ingående vattentemperatur	+40°C
Utgående vattentemperatur	+50°C
Tryckfall vattensida	50 kPa
Köldmedium	R717

Ovanstående kapaciteter är baserade på full kompressorkapacitet vid förångningstemp. -5°C och kondenseringstemp. +35°C.

#### 4.3.3 Styrssystem för bandybanans kylanläggning

För styrutrustningen till bandybanan ställs stora krav. I vinterfallet skall huvudstyrningen av kompressorerna ligga på förångningstemperaturen (trycket i tanken). I sommarfallet skall kompressorkapaciteten regleras beroende på utgående vattentemperatur ur kondensorn (KD2).

I vinterfallet skall både hetgasvärmväxlare (HV1) och kondensorn (KD2) ta ut mesta möjliga ur köldmediet, under förutsättning att värme behövs hos förbrukarna.

I sommarfallet skall HV1 regleras lika som vinterfallet medan KD2 skall styra kompressorkapaciteten efter värmebehovet. Denna styrning är i sig själv komplicerad emedan drivmotorernas axeleffekt idag är 160 kW vilket bara täcker vinterdriftens behov med alla cylindrar inkopplade.

Som framgår av tabell 4.3 måste vissa cylindrar urkopplas då förångnings- och kondenseringstemperaturen stiger.

Som styrutrustning för värmesystemet föreslås ett datoriserat styrssystem. Härigenom kan axeleffekten begränsas genom att "styra ur" cylinderpar hos kompressorerna allt efter de uppmätta förångnings- och kondenseringstemperaturerna.

Tabell 4.3. Driftdata för kompressorer, bandybana.  
 Värdena avser en kompressor (av tre)

Driftfall	Förångn. °C	Kond. °C	Kompressorer		Drivmotor kW		Köldfaktor $\epsilon_t = \frac{P_2}{P_t}$	Teor. värme- faktor $\phi_t$	Carnot- verkn.gr. $\eta_{ct}$	Kond.eff. praktisk $P_1$ kW
			Kyleff. $P_2$ kW	Cyl. i drift	Axel- eff. $P_k$	Tillf. eff. $P_t$				
1	-15	+30	396	16	112	125	3,18	4,18	0,55	502
2	-10	+35	480	16	129	148	3,25	4,25	0,56	602
3	-5	+35	608	16	144	160	3,80	4,80	0,57	745
4	±0	+35	763	16	153	170	4,48	5,48	0,58	908
5	+5	+35	947	16	158	175	5,42	6,42	0,59	1 097
6	-5	+40	580	16	153	170	3,42	4,42	0,57	725
7	±0	+45	593	14	152	169	3,51	4,51	0,58	737
8	+5	+45	652	12	140	155	4,20	5,20	0,60	785

För att spara vatten och energi skall kompressorernas kylvatten i vissa driftfall ledas till en uppsamlings-tank för spolvatten till isbanorna. Vattenflöde c:a 600 l/timme och kompressor (temperaturhöjning c:a 8°C).

#### 4.3.4 Ishallens kylsystem som värmeproducent

Ishallens kylsystem är uppbyggt kring två av varandra oberoende kompressor-linjer. Värmesystemet måste således byggas så att dessa linjer även i fortsättningen kan köras separat oberoende av varandra.

Kondensorer och hetgasvärmväxlare inkopplas enligt figur 4.2 på i princip samma sätt som i bandybanans anläggning.

Tekniska data för KD4, KD6 enligt fig. 4.2:

Typ	COKT 322004
Effekt	210 kW
Vattenflöde	18 m <sup>3</sup> /h
Ingående vattentemperatur	+20°C
Utgående vattentemperatur	+30°C
Tryckfall vattensida	18 kPa
Köldmedium	R22

Tekniska data HV2, HV3:

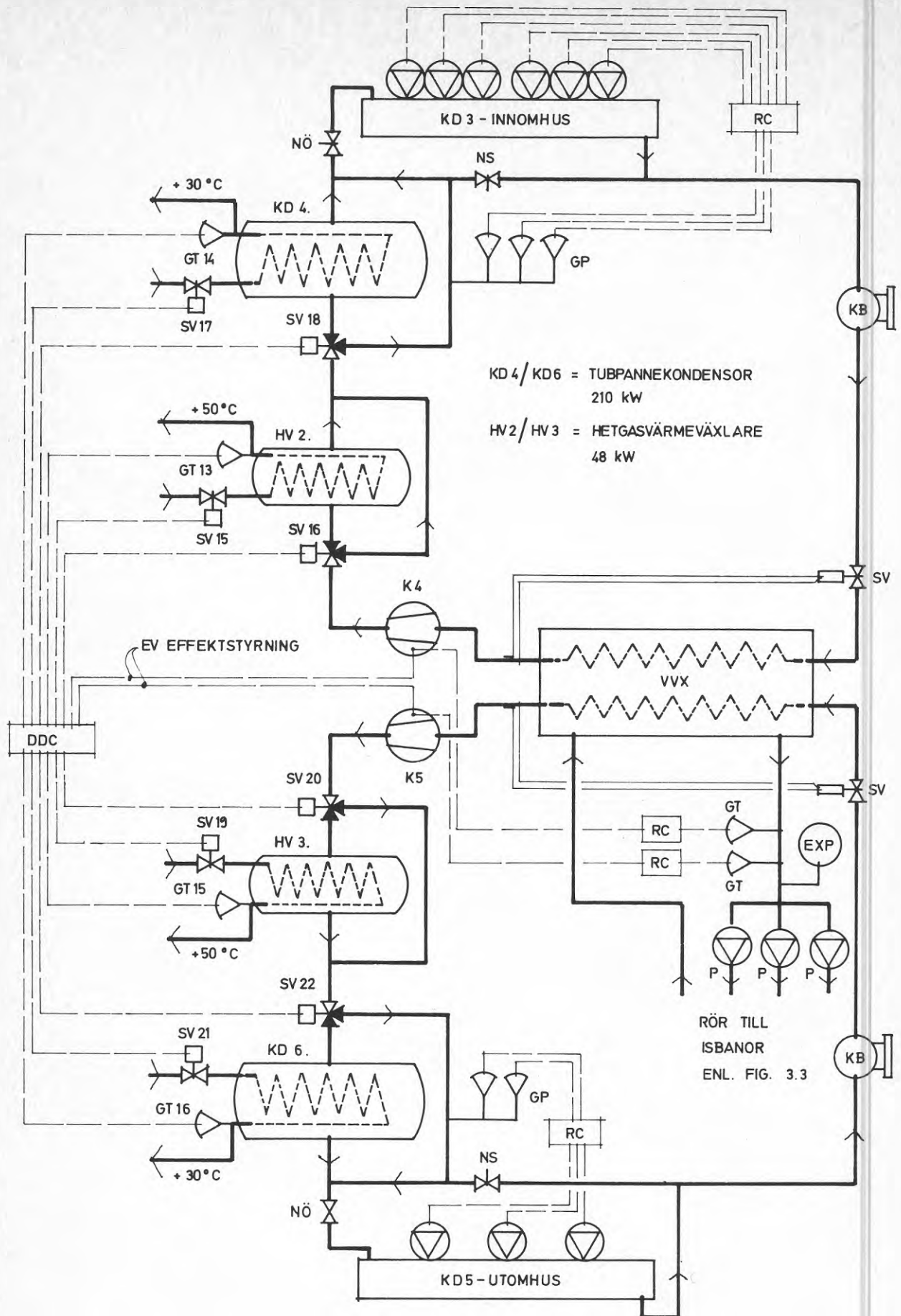
Typ	DISS 163160
Effekt	48 kW
Vattenflöde	4,1 m <sup>3</sup> /h
Ingående vattentemperatur	+40°C
Utgående vattentemperatur	+50°C
Tryckfall vattensida	26 kPa
Köldmedium	R22

Ovanstående kapaciteter är baserade på full kompressor-kapacitet vid förångningstemp. -15°C och kondenserings-temp. +35°C.

#### 4.3.5 Styrsystem för kylanläggning ishall

Styrutrustningen för vattenkylda kondensorer och hetgasvärmväxlare består av microdatorbaserade reglercentraler lika bandyanläggningen.

Styrutrustningen för t.ex HV2 har följande funktion (beteckningar enligt figur 4.2):



FIGUR 4.2 FÖRSLAGEN PRINCIPLÖSNING FÖR ATT UTNYTTJA  
 ISHALLENS KYLSYSTEM SOM VÄRMEPRODUCENT.

Om GT13 kallar på värme (temp. under  $+50^{\circ}\text{C}$ ) styr SV16 att öppna för hetgas från K4 till HV2. Om SV16 är helt öppen för denna passage börjar SV15 i sekvens att strypa vattenflödet genom HV2. På detta sätt säkerställs en hög framledningstemperatur även vid låg kapacitet hos K4. Vid stigande framledningstemperatur erhålles omvänd funktion.

Man kan dock utan konsekvenser låta framledningstemperaturen stiga till  $+80-90^{\circ}\text{C}$  och får på så vis en viss ackumulerad reservkapacitet i detta system.

Om K4 av någon anledning har helt stoppat stänger naturligtvis SV15 helt. GT13 måste då vara så placerad att den känner hetgasens temperatur när K4 startar på nytt.

för KD4 gäller:

Styrutrustningen har här i princip samma funktion som vid HV2. Framledningstemperaturen skall här inte understiga  $+30^{\circ}\text{C}$ , men kan tillåtas stiga till  $+70-80^{\circ}\text{C}$  även här och därigenom skapa en viss ackumulerad kapacitet.

För placeringen av GT14 gäller samma sak som för GT13.

Även styranläggningen för HV1 och KD2 i bandyanläggningen har motsvarande funktion vid vinterdrift.

#### 4.3.6 Värmepump

Enligt de första förslagen till systemlösningar hade inte värmepumpen en självskriven plats i systemet. Efter driftprovet (kap. 3.3) framstod alltmer värmepumpen som ekonomiskt och tekniskt motiverad.

Provet visade på svårigheten att kunna hålla den höga kondenseringstemperaturen  $+45^{\circ}\text{C}$  och den därav betingade framledningstemperaturen  $+40^{\circ}\text{C}$ .

De verkligt stora gratismängderna av energi produceras i ishallens kondensorer där kondenseringstemperaturen inte kan påverkas. Framledningstemperaturen är här max  $+30^{\circ}\text{C}$ . För att helt kunna utnyttja denna värme erfordras således en temperaturhöjning via en värmepump.

Ett förslag till installation av värmepump gick ut på att i bandybanans kylanläggning direkt låta ammoniakgasen kondensera i värmepumpens förångare. Genom detta arrangemang erhålles en mycket god värmefaktor. Systemet visade sig dock vara alltför bundet. Värmepumpen kunde inte utnyttjas så stor del av året att den var lönsam.

Som kompressor i värmepumpen föreslås en skruvkompressor vilken har en rad goda egenskaper av vilka man kan nämna:

- mycket god driftsäkerhet kombinerad med lång livslängd
- steglös kapacitetsreglering
- avlastad start, låg startström
- okänslig för vätskeslag
- låg tryckrörstemperatur

#### Tekniska data för värmepumpaggregat

Typ	Sabroe PLCY 236M
Köldmedium	R22
Kapacitet, värmesidan	1150 kW
Kompressor	VMY 236M
Förångningstemperatur	+9,6°C
Kondenseringstemperatur	+55°C
Kylkapacitet (förångare)	939 kW
Effektförbrukning, axel	231 kW
Motorstorlek	250 kW
Effektförbrukning, verklig	256 kW
Motorvarvtal	2950 r/min
Värmefaktor	4,5

Värmedium, förångare pvv 30/15°C (ev. 30/20°C)

Värmedium, kondensor med vätskeunderkylare pvv 40/30°C

#### 4.3.7 Styrssystem värmepump

Värmepumpens styrsystem kommer att integreras i det centrala övervakningssystemet. På så sätt kan man dels styra framledningstemperaturen, dels begränsa kapaciteten (effekten) då effektuttaget f.ö. i anläggningen är högt.

Värmepumpens styrsystem är intimt beroende av den reverserande matning av värme som skall ske mellan utomhusbad och ishall varför systemet beskrivs närmare under kapitel 4.4.5

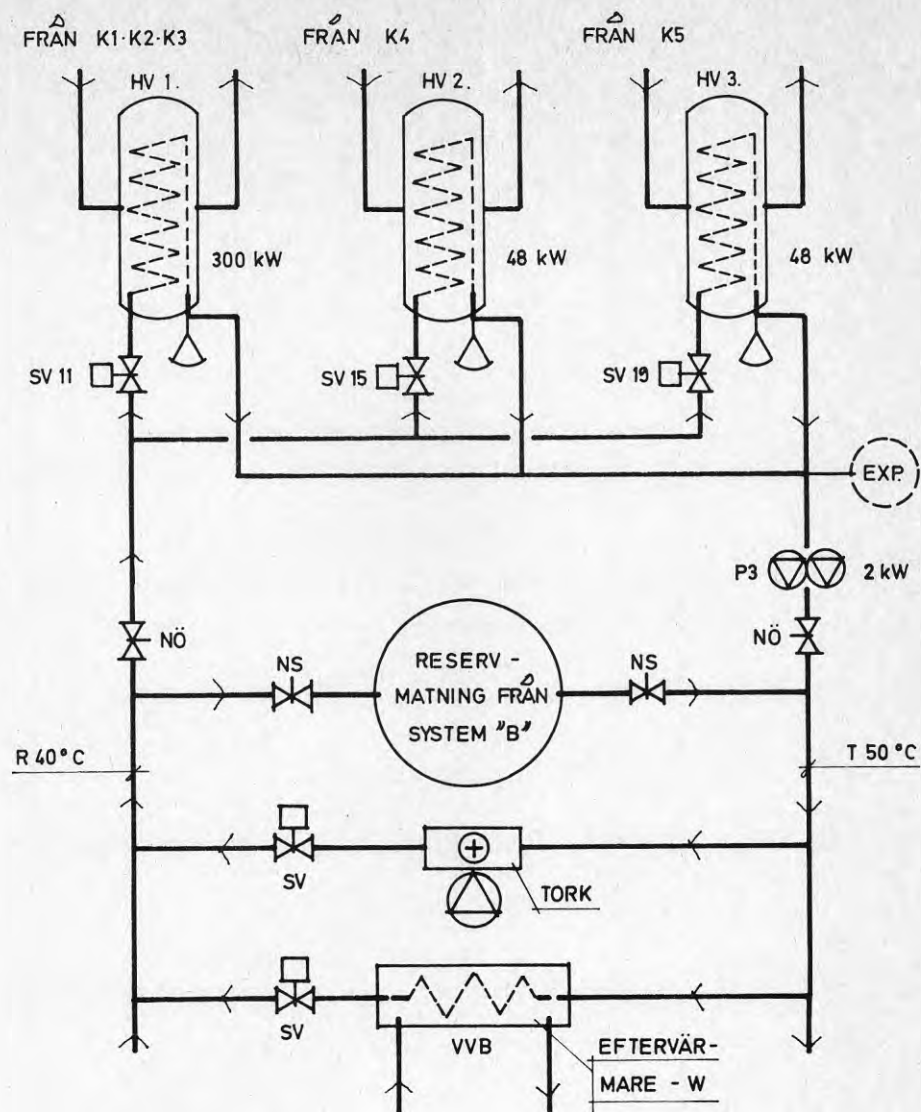
### 4.4 Värmesystemet - princip

#### 4.4.1 Hetgassystemet

Som namnet anger upptar detta system överhettningens värmen hos den komprimerade köldmediegasen via hetgasvärmväxlare. Princip enligt figur 4.3.



FIGUR 4.3 PRINCIPKOPPLING "HETGASSYSTEMET" (C)

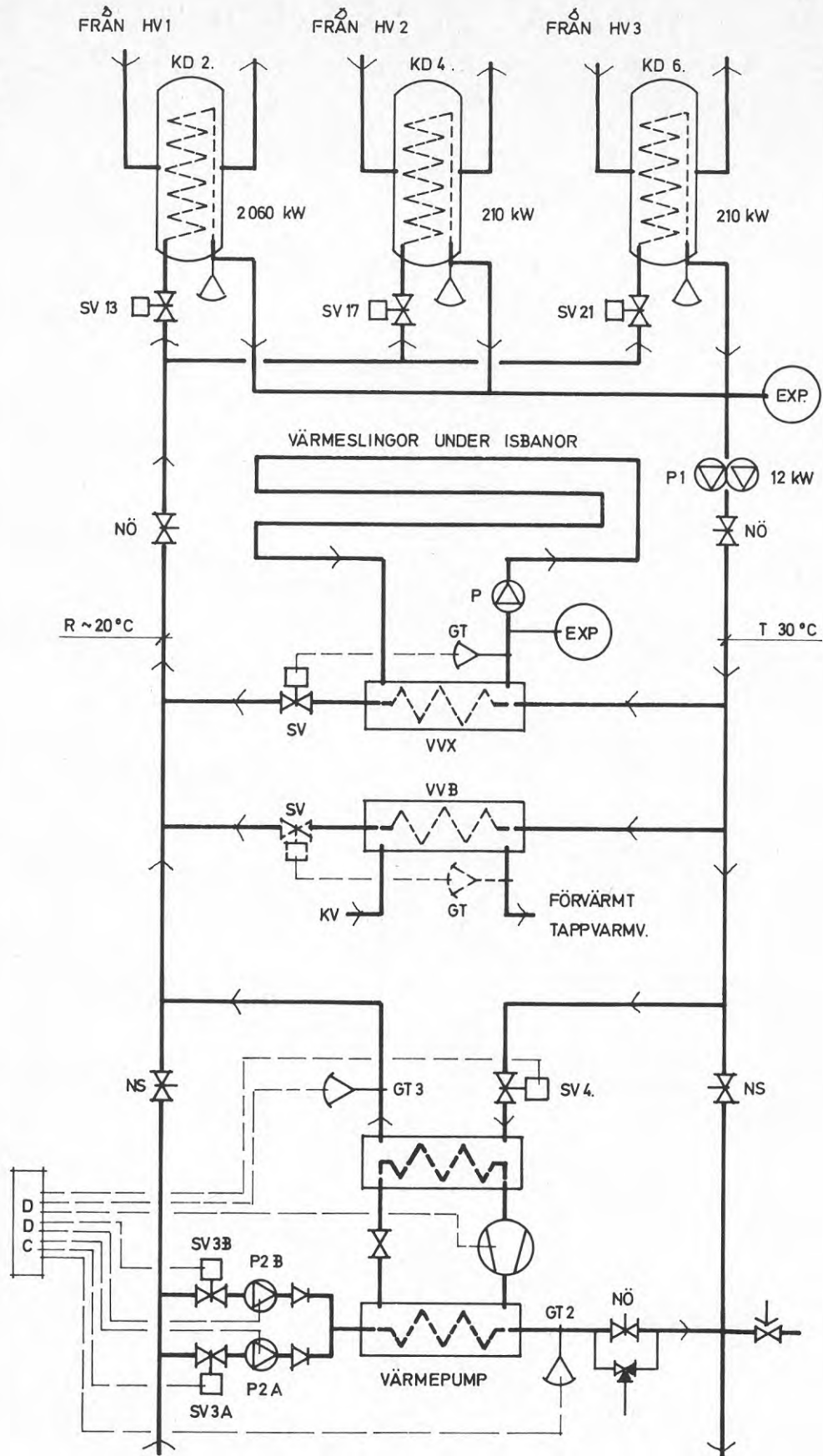


Data:	Värmedium	Vatten
	Framledningstemperatur	+50°C
	Returtemperatur	+40°C
	Effekt (producerad)	396 kW
	Statiskt tryck min.	2,5 bar
	Högsta tillåtna tryck	6,0 bar

Hetgasset används internt inom ishallen till fläktluftvärmare i torkrum samt som eftervärme för tappvarmvatten och spolvatten (för isbanor).

I besparingskalkylerna räknas denna energi som gratisvärme. Som reserv anordnas manuell överkoppling till värmepumpsystemet.

FIGUR 4.4 PRINCIPKOPPLING "KONDENSORSYSTEMET" (A)



FORTS. ENL. FIG 4.5

FORTS. ENL. FIG 4.5

#### 4.4.2 Kondensorsystemet

Kondensorsystemet överför via tubvärmväxlare kondensorvärme från kylsystemen till värmepump och värmeförbrukare i ishall. Princip enligt figur 4.4

Data:	Värmedium	Vatten
	Framledningstemperatur	+30°C
	Returtemperatur	+20 (+15)°C
	Effekt (producerad)	2480 kW
	Statiskt tryck min.	2,5 bar
	Högsta tillåtna tryck	6,0 bar

Anm: Returtemperaturen kan sänkas till +15°C i värmepumpsaggregat vid dim. data.

Kondensorsystemet arbetar normalt internt inom ishall. Systemet kan även fungera som reservsystem vid driftavbrott på värmepumpen.

Under tiden 1 maj-15 juli finns även möjligheter att via en höjning av kondenseringstemperaturen hos bandybanans kylanläggning köra systemet direkt på värmepumpsystemet. Se även kapitel 4.3.6.

#### 4.4.3 Värmepumpsystemet

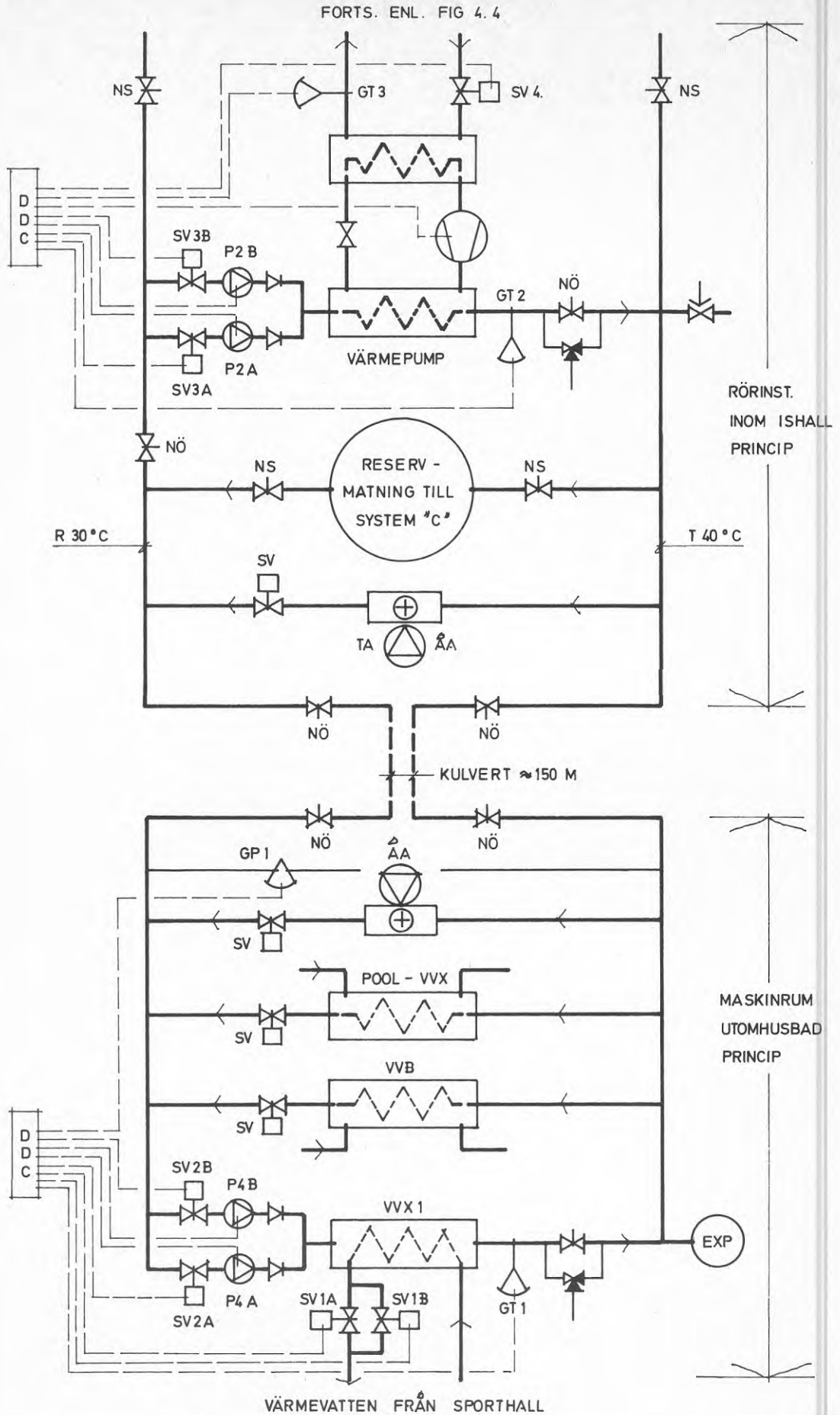
Värmepumpen försörjer vid normal drift luftvärmare i ishall samt utomhusbad och omklädning med värmevatten. Princip enligt figur 4.5.

Data:	Värmedium	Vatten
	Framledningstemperatur	+40°C (+45)°C
	Returtemperatur	+30°C
	Effekt producerad	1150 kW
	Effekt erforderlig	1155+110=1265 kW
	Statiskt tryck min.	2,5 bar
	Högsta tillåtna tryck	6,0 bar

Anm: Värmepumpen är beräknad för dimensionerande effekt vid +45°C. Den reserveffekt som erhålles på detta sätt bör täcka differensen erforderlig/producerad effekt.

Erforderlig effekt sammansätts av effektbehovet för utomhusbad enligt tabell 4.2 ökat med effektbehovet för ishallsuppvärmning sommartid enligt tabell 4.1.

FIGUR 4.5 PRINCIPKOPPLING "VÄRMEPUMPSYSTEMET" ( B ).



#### 4.4.4 Reservsystem för matning av värme från sport-hallens värmecentral

I utomhusbadets maskinrum installeras en värmeväxlare med cirkulationspump och expansionsystem som reserv för i första hand värmepumpen. Se figur 4.5.

Data värmeväxlare:

Effekt	1860 kW
Primärsida temperatur	80/35°C
Primärsida tryckfall	8 kPa
Sekundärsida temperatur	30/40°C
Sekundärsida tryckfall	30 kPa

Med denna dim. effekt hos värmeväxlaren kan sommartid utomhusbadet försörjas med värme parallellt med ett visst effektuttag i ishall.

Vintertid täcker värmeväxlarens dim. effekt ishallens behov jämte ett visst effektuttag i utomhusbadets omklädnadsavdelning.

#### 4.4.5 Styrutrustning för reservsystem och värmepump. Reverserande matning av värmevatten.

Styrsystemet är uppbyggt kring microdatorbaserade reglercentraler anslutna till den centrala övervakningen i sporthallen.

Med beteckningar enligt figur 4.5 skall anläggningen ha följande funktion:

Vid normal drift skall P2A och P2B vara i drift medan SV3A och SV3B är öppna. P2A är dim. för anläggningens totala effektbehov medan P2B har en betydligt lägre kapacitet. Beroende av värmeförbrukning hos de olika belastningarna varierar flödet genom värmepumpen.

Vid fallande temperatur (under +40°C) vid GT2 styr reglercentralen in större kapacitet hos värmepumpen varigenom temperaturen stiger igen vid GT2.

Vätskeflödet genom SV4 och värmepumpens förångare är beroende av kondensorsystemets kapacitet. Framledningstemperaturen är dock konstant +30°C. Vid normal drift styr GT3 flödet genom SV4 för en konstant returtemperatur av t.ex +15°C.

Vid fallande temperatur hos GT3 öppnar SV4. När SV4 är helt öppen och returtemperaturen sjunker under t.ex +5°C börjar SV3B att stänga. Denna styrfunktion måste finnas för att begränsa värmepumpens kapacitet vid dåliga driftförhållanden och därmed dålig värmefaktor.

När flödet genom SV3B på detta sätt sjunker stiger temperaturen vid GT2 och värmepumpens kapacitet minskas via reglercentralen. När SV3B är helt stängd stoppas P2B. Om temperaturen vid GT3 fortsätter att sjunka börjar även SV3A att stänga.

Om flödet genom SV3A och P2A nu sjunker kommer differensstrycket mellan tillopp- och returledning att sjunka om värmebehoven fortfarande är stora.

Om differensstrycket sjunker under t.ex 100 kPa startar P4A och öppnar samtidigt SV2A. P4A har relativt låg kapacitet och litet effektbehov. SV2A öppnar nu så mycket att flödet genom VVX1 och ut på framledningen blir så stort att det önskade differensstrycket hos GP1 förmår upprätthållas.

GT1 öppnar SV1A och vid behov SV1B i sekvens för primärvattenflöde från sporthallens värmecentral. Temperaturen vid GT1 konstanthålls på +40°C.

Om differensstrycket vid GP1 sjunker trots att P4A är i drift och SV2A är helt öppen inkopplas i sekvens P4B samtidigt som SV2B börjar öppna.

Genom denna styrutrustning kan flödet genom värmepumpen och därigenom kapaciteten styras ner av andra orsaker. Sålunda kan kapaciteten och därmed effektbehovet minskas då effektuttaget i övriga delar av Lugnetanläggningen är maximalt.

#### 4.5 Styrning och övervakning med dator - en nödvändighet som betalar sig.

##### 4.5.1 Allmänt

Styrsystemen i denna anläggning har, även beträffande de olika delsystemen, många olika funktioner förutom styrning även bl.a larmfunktioner.

I andra delar av rapporten finns olika delar av styrsystemet redovisade:

- kap. 4.3.3 behandlar styrsystem för bandybanans kylanläggning
- kap. 4.3.5 behandlar styrsystem för ishallens kylanläggning
- kap. 4.3.7 behandlar styrsystem för värmepumpen
- kap. 4.4.5 behandlar styrsystem för samordning av den reverserande värmemätningen

#### 4.5.2 Styrssystem för el.-ackumuleringsanläggningen

I denna integrerade anläggning ingår en investering i styrutrustning för den befintliga värmecentralen (I).

Denna styrutrustning skall ha följande givare:

1. - Utetemperatur
2. - Veckodag, vecka, år
3. - Ackumulatorernas laddningsgrad
4. - Lugnet-anläggningens effektbelastning

Reglercentralen förutsätts liksom tidigare vara microdatorbaserad och ansluten till central övervakningsenhet med minidator. Från den centrala enheten erhålls värden enligt pkt 1 och 2.

Funktion:

Anläggningen arbetar med ackumulering av värmeenergi under natten. Laddning sker med en elektrodpanna om 3000 kW, min. effekt 800 kW.

Reglercentralen erhåller via temperaturgivare i ackumulatortankarna värden för att kunna räkna ut laddningsgraden (MWh) vid laddningsperiodens början.

Erforderlig ackumulatorkapacitet varierar med veckodag och utetemperatur. Genom att jämföra värden för återstående och erforderlig kapacitet kan reglercentralen styra in den effekt hos elektrodpannan, som erfordras för att ladda ackumulatorn under den stipulerade tiden (normalt kl 23-07).

Effektmätningen enligt pkt 4 kan utnyttjas så, att elektrodpannan inkopplas även dagtid, om pannans effekt ryms inom abonnemanget och värmebehov finns.

Effektmätningen skall i detta projekt även utnyttjas för styrning av de stora eleffekterna i ishallens maskinrum d.v.s kompressorerna och värmepumpen. Dessa objekt ansluts till den centrala övervakningen via styrutrustningen och kan på så sätt lätt övervakas av centraldatorn.

Denna övervakning ger stora besparingar i effektavgifter om dessa objekt kopplas ur någon eller några timmar under högbelastning.

#### 4.5.3 Styrssystem för utomhusbadet

Utomhusbadet består av tre bassänger med en sammanlagd vattenvolym av 2374 m<sup>3</sup>. Bassängernas energiinnehåll ökar således 2,76 MWh för varje grads ökning av vattentemperaturen.

Av driftprovet (kap. 3.3) framgick att bandybanans kapacitet försämrades kraftigt mellan kl 24 och 07 vid klar och kall väderlek.

För att kunna utnyttja bandybanan som en värmeproducent med hög värmefaktor bör värmen produceras vid hög förångningstemperatur. Man kan då låta bantemperaturen eller förångningstemperaturen styra ner bassänguppvärmningen kalla nätter.

Energiförbrukningen blir ju på detta sätt också lägre när ingen täckning av bassängerna planeras i detta skede.

Som alternativ till denna direktstyrda energibesparing kan utetemperaturen direkt styra bassängtemperaturen då stryps uppvärmningen automatiskt icke badvänliga dagar. Parallellt med denna styrning kan bantemperaturerna i bandybanan styra produktionen av värme.

#### 4.5.4 Central övervakning med dator

Som samordnare av all styrning, registrering av centrala mätdata, tidgivning med start och stopp av apparater och belysning installeras en centralenhet i sporthallens manöverrum. Även samtliga larmfunktioner registreras av centralenheten.

Centralen byggs upp kring en minidator med anpassningselektronik för kommunikation mellan olika delar av systemet. För kommunikation med datorn ingår bildskärm med tangentbord samt skrivmaskin för utskrift av meddelanden etc.

Microdatorbaserade undercentraler vid de olika reglerobjekten ombesörjer insamlande av mätdata och jämför dessa med gräns- och börvärden. Undercentralerna ger även impulserna till ställdonen.

Centraldatorn avsöker kontinuerligt via en skärmad fyrtråds-kabel alla undercentraler och sköter på så vis den övergripande styrningen och övervakningen.

I framtiden bör efterhand all styrning och övervakning inom Lugnet-området anslutas till centralenheten.

#### 4.6 Materialval

Material (fabrikat) har valts med hjälp av anbuds-förfarande eller enbart på teknisk - ekonomisk grund. Vid slutprojekteringen kommer anbuds-förfarandet att utökas

Materialet i samtliga kylmedieberörda ytor i hetgasvärmväxlare och kondensorer måste vara av stål. Ammoniak R717 som används i bandyanläggningen är nämligen mycket aggresivt mot koppar och kopparlegeringar.



Vid en liten läcka i någon växlare på bandyanläggningen kommer läckan kanske ej att upptäckas p.g.a den stora mängden köldmedium. R717 sprids då i hela värme-systemet och angriper eventuella kopparrör eller kopparlegeringar.

## 5 INVESTERINGSKALKYL

### 5.1 Investeringsvolym och tidplan

Kostnader anges i detta avsnitt i kronor exkl. moms, priser gällande augusti 1980.

Det föreslagna investeringsalternativet kräver totalt 2,8 Mkr. Därest denna anläggning inte kommer till utförande krävs dock en investering på 0,3 Mkr i sporthallens värmeproduktionsanläggning för att försörja utomhusbad och omklädning med värmevatten.

Genom att projektera och utföra utomhusbadets värme-system som ett lågtemperatursystem kan man köra igång utomhusbadet utan att värmepumpsystemet är klart. Problem uppstår dock speciellt på styr- och regler-sidan. Med tanke på de stora energibesparingar som kan erhållas, bör projektet realiseras snarast möjligt.

### 5.2 Investeringskostnader

#### 5.2.1 Uppdelning i anläggningsdelar

Projektet uppdelas vid beräkning av investeringskostnader och energibesparing i nedanstående enheter:

- Del A: Kondensorsystemet bestående av tubpannekondensorer med styrutrustning, tryckhållningssystem, pump (P1) samt rörsystem fram till värmepump och bef. köldmedieledningar. Maskinrumskostnad ingår med 1/3 av totalkostnaden.
- Del B: Värmepump med tryckhållningssystem, styrutrustning, pumpar (P2 A och B) och rörsystem fram till värmekulvert. Tryckhållningssystemet placeras tills vidare i utomhusbadets maskinrum.
- Del C: Hetgassystemet bestående av hetgasvärmväxlare med styrutrustning, tryckhållningssystem, pump (P3) samt rörsystem fram till köldmedieledningar och undercentral för ishall.
- Del D: Undercentral för ishall bestående av för- och eftervärmare för tappvarmvatten, eftervärmare för spolvatten, system för värmeslingor under isbana, styrutrustning samt alla övriga rörledningar och apparater inom undercentral. Maskinrumskostnad ingår med 1/3 av totalkostnaden.
- Del E: Ventilation och värme i ishall - curling bestående av tillluftsaggregat, fläktar, luftvärmare, styrutrustning, rörledningar, kanaler och detaljer.
- Del F: Värmekulvert bestående av kulvertledningar samt överföringskabel och markarbeten.

Del G: Utomhusbad-omklädning, omfattar den utbyggnads-etapp inom Lugnetområdet som påbörjas i augusti 1980. I investeringskostnaden medtages endast höjda anläggningskostnader för ett lågtemperatursystem i förhållande till ett konventionellt system.

Del H: Central styrutrustning med dator installerad i sporthallens övervakningsrum.

Del I: Styrutrustning avsedd för befintlig värmecentral i sporthall och ansluten till centraldator i övervakningsrum.

### 5.2.2 Specifikation av kostnader

I figur 1.1 (kap.1) redovisas investeringskostnaderna totalt för de olika projektdelarna i översikt. Denna figur kan kombineras med figur 1.2 (kap.1) vilken redovisar beräknade energibesparingar i projektet.

Nedan redovisas en specifikation av investeringskostnaderna (kr exkl. moms)

A	Kondensorsystem i ishallens maskinrum (värmeproduktion)	
	Kondensorer, rörledningar R22 och R717	167 000
	Cirkulationspump	25 000
	Tryckhållningssystem	5 000
	Rörssystem för värmebärare, ventiler, m m	35 000
	Styrutrustningar	90 000
	Elektriska installationer	40 000
	Byggkostnader (maskinrum)	67 000
	Ospecificerat (10%)	<u>43 000</u>
	Totalt för del "A"	472 000
B	Värmepumpinstallation (värmeproduktion)	
	Värmepump	450 000
	Cirkulationspump	25 000
	Tryckhållningssystem	6 000
	Rörssystem för värmebärare, ventiler, m m	16 000
	Styrutrustningar	10 000
	Elektriska installationer	20 000
	Ospecificerat (10%)	<u>53 000</u>
	Totalt för del "B"	580 000

C	System med hetgasvärmväxlare (värmeproduktion)		
	Hetgasvärmväxlare, rörledningar R22 och R717		83 000
	Cirkulationspump		7 500
	Tryckhållningssystem		3 500
	Rörsystem för värmebärare, ventiler, m m		20 000
	Styrutrustningar		25 000
	Elektriska installationer		30 000
	Ospecificerat (10%)		<u>17 000</u>
	Totalt för del "C"		186 000
D	Undercentral för ishall (i maskinrum)		
	Utrustning för 50/40 - system:		
	Flyttning och inkoppling av bef. w-beredare	20 000	
	Eftervärmare tappvarmvatten m m	14 000	
	Tömningsanordning för glas- fibertank	4 000	
	Rörsystem, ventiler etc.	<u>15 000</u>	
	Delsumma	53 000	53 000
	Utrustning för 30/20 - system:		
	Omkoppling för värmeslingor under isbanor	5 000	
	Förvärmning tappvarmvatten m m	10 000	
	Rörsystem, ventiler etc.	18 000	
	Pump för tappvarmvattensystem	<u>3 000</u>	
	Delsumma	36 000	36 000
	Styrutrustningar		25 000
	Elektriska installationer		25 000
	Byggkostnad (maskinrum)		67 000
	Ospecificerat (10%)		<u>20 000</u>
	Totalt för del "D"		226 000
E	Ventilation och värme i ishall - curling		
	Tillluftsaggregat		72 000
	Frånluftsfläktar, luftvärmare		39 000
	Kanaler, don, detaljer och montering		130 000

	Byte av el-batterier m m	5 000
	Styrutrustningar	50 000
	Värmebärrarledningar, curlinghall	62 000
	Värmebärrarledningar, ishall	45 000
	Värmebärrarledningar för luft- värmare och torkaggregat	30 000
	Elektriska installationer	100 000
	Ospecificerat (10%)	<u>53 000</u>
	Totalt för del "E"	586 000
F	Värmekulvert	
	Kulvertledningar 150 m	160 000
	Markarbeten	50 000
	Elektriska installationer (över- föringskabel)	25 000
	Ospecificerat (10%)	<u>23 000</u>
	Totalt för del "F"	258 000
G	Utomhusbad (angivna kostnader avser endast höjda anläggningskostnader i förhållande till ett konventio- nell system)	
	Förstorade värmeväxlare och rör	25 000
	Extra pump (värmebärare)	25 000
	Extra värmeväxlare med regler- utrustning	20 000
	Extra tappvarmvattenberedare med reglerutrustning	20 000
	Elektriska installationer (fördyringar)	<u>8 000</u>
	Totalt för del "G"	98 000
H	Installationer av central styrutrustning	
	Huvudcentral, dator, bildskärm etc.	115 000
	Montage och elektriska installa- tioner	<u>25 000</u>
	Totalt för del "H"	140 000
I	Styrutrustning för el-ackumulerings- anläggningen	

Undercentraler, mätutrustning, givare	60 000
Montage och elektriska installationer	<u>50 000</u>
Totalt för del "I"	110 000

### 5.2.3 Sammanställning

Anläggningsdel	A	472 000
	B	580 000
	C	186 000
	D	226 000
	E	586 000
	F	258 000
	G (kostnadsökning)	98 000
	H	140 000
	I	<u>110 000</u>
Summa		2 656 000
Tillkommer:	projektering El	50 000
	projektering VVS	<u>120 000</u>
Summa investeringskostnad		2 826 000
Avgår: minskad investering i bef. värmecentral i sporthall		<u>- 300 000</u>
Total kostnad som skall förräntas med de förväntade besparingarna		2 526 000

Om projektet skall drivas som ett byggforskningsprojekt tillkommer vissa anläggningskostnader för mätutrustning. Dessutom tillkommer vissa projekteringskostnader för mätutrustning och dokumentation.

### 5.2.4 Bidragsmöjligheter

Enligt "förordningen (1979:816) om statsbidrag till energibesparande åtgärder i kommunala och landstingskommunala byggnader m m" kan stöd beviljas i form av bidrag med 35% av godkänd kostnad. Ärendet handläggs av bostadsstyrelsen. Bidraget är maximerat till 300 000 kr per projekt.

## 6           BESPARINGSKALKYL

Av BILAGA 2 framgår de energimängder som erfordras för uppvärmning och tappvarmvattenberedning inom ishall - utomhusbad.

## 6.1       Energipriser - översikt

I figur 1.2 (kap.1) redovisas energiflöden och besparingar i översikt.

Energibesparingen angiven i t ex MWh ger ej en klar bild av det ekonomiska utfallet. Orsaken härtill är att vissa installationer ger en besparing av energi producerad på visst sätt men förorsakar samtidigt en ökning av energiförbrukningen i en annan del av anläggningen. Olika energiformer värderas också olika.

Energipriset (elektricitet) har beräknats till

16 öre per kWh för - energi till befintlig värmecentral i sporthall

- drivenergi till värmepump och bandybanans kylkompressorer i sommarfallet

26 öre per kWh för - energi till pumpar, fläktar och hjälpapparater

- energi till direkt el-värme

Energipriset innefattar energiavgifter, index, bränsletillägg, elskatt, fast avgift och effektavgifter. Det lägre energipriset gäller för objekt vilka i stor utsträckning kan styras så att de ej orsakar effektavgifter.

## 6.2       Specifikation av besparingar

Redogörelsen nedan visar de ekonomiska konsekvenserna i de olika anläggningsdelarna. Denna redovisningsmetod har valts för att ge en möjlighet till sakgranskning. Man måste här påpeka att projektet är en helhet varför vissa väl valda delar icke utan konsekvenser kan utslutas eller förändras.

## A.   Kondensorsystemet

Värmeproduktion totalt erforderlig	2 993 MWh/år
Energiförbrukning pump P1-12 kW	93 MWh/år
Energikostnad pump P1	24 200 kr/år

Anläggningen är så dimensionerad att produktionen lätt kan ökas under sommarperioden. Vid bandybanans uppfrysning (sept-okt) finnes dessutom ett kraftigt överskott av "gratis" värme som idag inte kan utnyttjas.

## B. Värmepump

Värmeproduktion totalt erforderlig	2 755 MWh/år
Tillskott, drivenergi, för värme- pumpen	614 MWh/år
Energiförbrukning för pump P2 A och B 12 kW	93 MWh/år
Energikostnad pump P2 A och B	24 200 kr/år

## C. Hetgassystemet

Värmeproduktion totalt erforderlig	325 MWh/år
Energiförbrukning pump P3-2 kW	12 MWh/år
Energikostnad pump P3	3 100 kr/år

Av BILAGA 2 framgår att hetgasvärmväxlarna på inom-  
husanläggningen ensamma kan producera mera än denna  
energimängd.

## D. Undercentral för ishall

Tabell 6.1. Energiförbrukning och energikostnad för  
installationer i undercentral för ishall, före om-  
byggnad.

Förbrukning - typ	Energi MWh/år	Kostnad kr/år
Tappvarmvatten - dusch (direkt-el)	218	57 000
Tappvarmvatten - spolning (direkt-el)	196	51 000
Värmeslinga under isbanor	87	0
<b>Totalt</b>	<b>501</b>	<b>108 000</b>

Tabell 6.2. Energiförbrukning och energikostnad för  
installationer i undercentral för ishall, med vatten-  
buren värme från kondensorer etc.

Förbrukning - typ	Energi MWh/år	Kostnad kr/år
Tappvarmvatten - dusch (kondensorer- och hetgasvärme)	218	0
Tappvarmvatten - spolning (kondensorer- och hetgasvärme)	196	0
Värmeslinga under isbanor	87	0
<b>Totalt</b>	<b>501</b>	<b>0</b>



Besparing således

108 000 kr

## E. Ventilation och värme i ishall - curling

Tabell 6.3. Energiförbrukning och energikostnad för ventilation, värme och torkaggregat i ishall - curling, befintlig anläggning.

Mån	Energiförbr. tot. MWh	Prod. "gratis" i inomhus- kond	Direkt-eldvärme	
			Mängd MWh	Kostnad kr
1	186	103	83	21 600
2	177	98	79	20 500
3	95	57	38	9 900
4	4	0	4	1 000
5	4	0	4	1 000
6	4	0	4	1 000
7	49	40	9	2 200
8	114	84	30	7 800
9	134	88	46	12 000
10	148	93	55	14 000
11	164	96	68	17 700
12	176	102	74	19 200
År	1 255	761	494	127 900

Tabell 6.4. Energiförbrukning och energikostnad för ventilation, värme och torkaggregat i ishall - curling med värmepump och vattenburen värme.

Mån	Energi- förbr. tot.  MWh	Prod. "gratis" MWh		Prod. i kondensor+ värmepump $\phi_v = 4,5$	
		Hetgas- växl.	Tub- panne- kond.	Mängd MWh	Kostnad kr
1	186	18	0	168	6 000
2	177	18	0	159	5 700
3	95	10	83	0	0
4	4	0	0	0	0
5	4	0	0	0	0
6	4	0	0	0	0
7	49	9	40	0	0
8	114	18	96	0	0
9	134	18	116	0	0
10	148	18	130	0	0
11	164	18	0	146	5 200
12	176	18	0	158	5 600
År	1 255	145	465	631	22 500

Den energi som "fattas" mån 3-6 produceras i befintlig anläggning i sporthall, d.v.s. tot. 14 MWh till en kostnad av 2 100 kr.

Årskostnad, energi med befintlig anläggning. 127 900 kr

Årskostnad, energi med värmepump etc. 24 600 kr

Besparing således 103 300 kr

#### F. Värmekulvert

Kulvertförluster 15 W/m rör 40 MWh/år  
ger för 150 m kulvert

Denna energi kan antas producerad till en genomsnittskostnad av 0,06 kr/kWh

Förlust således 3 000 kr

## G. Utomhusbad

Tabell 6.5. Energiförbrukning och energikostnad för utomhusbad och omklädning med värmeförsörjning från sporthall.

Mån	Energiförbrukning MWh			Kostnad kronor
	Tappvarm- vatten	Bassängupp- värmning	Totalt	
1	39	0	39	6 200
2	37	0	37	5 900
3	31	0	31	5 000
4	19	0	19	3 000
5	39	422	461	73 800
6	38	344	382	61 100
7	58	321	379	60 600
8	58	343	401	64 200
9	37	210	247	39 500
10	39	0	39	6 200
11	38	0	38	6 100
12	39	0	39	6 200
År	472	1 640	2 112	337 800

Tabell 6.6. Energiförbrukning och energikostnad för utomhusbad och omklädning med värmeförsörjning från värmepump.

Mån	Energi tot. MWh	Isbanekondensorer + värmepump $\phi_v = 4,5$			Bandykompressorer + värmepump				Värme från sporthall		
		Prod. energi MWh	Förbr. värmepump MWh	Kostn. kr	Prod. energi MWh	Förångn-temp. bandy $^{\circ}\text{C}$	Värme-faktor $\phi_{TV}$	Förbrukn. värmepump + bandykompr. MWh		Kostn. kr	Prod. energi MWh
1	39	39	9	1 400							
2	37	37	8	1 300							
3	31	22	5	800						9	1 400
4	19									19	3 000
5	461				461	-5	2,56	180	28 000		
6	382				382	0	2,71	141	22 500		
7	329	120	27	4 300	259	-5	2,89	90	14 300		
8	401	223	50	7 900	178	0	2,71	66	10 500		
9	247	121	27	4 300	128	-5	2,56	49	7 900		
10	39	39	9	1 400							
11	38	38	8	1 300							
12	39	39	9	1 400							
År	2 112	678	152	23 100	1 406			526	84 000	28	4 400

Årskostnad, "energi från sporthall"	337 800 kr
Årskostnad, "energi från värmepump"	111 500 kr
Besparing således	226 300 kr

#### H. Central styrutrustning

Genom installation av denna centrala styrutrustning ges möjlighet att styra energiflödena på lämpligaste sätt i denna anläggning. Styrutrustningen är en förut-sättning för de kalkyler som utförts beträffande energibesparingen.

Samtliga elektriska funktioner såsom start och stopp av fläktar och pumpar liksom tändning och släckning av belysning kan anslutas till styrutrustningen. Likaså kan rums- och lufttemperaturer samt pooltemperaturer styras här centralt för hela Lugnetområdet. Besparingen är svår att beräkna.

#### I. El-ackumuleringsanläggningen

Genom installation av styrutrustning med anslutning till central-dator kan de befintliga ackumulatorerna utnyttjas på bästa sätt samtidigt som effektavgifterna kan kontrolleras och begränsas.

#### 6.3 Drift- och underhållskostnader

Kostnaden för drift och skötsel behöver inte avsevärt belasta detta projekt. Genom att den komplicerade anläggningsdelen placeras i anslutning till de befintliga kylkompressorerna kan anläggningen övervakas av befintlig utbildad personal.

Denna placering garanterar god övervakning och därmed låga underhållskostnader. Enligt Glas (1978) bör underhållskostnaden stanna vid 1 å 2 % av anläggningskostnaden. I kalkylerna räknas med 30000 kr/år.

#### 6.4 Sammanställning

Totalt tillförd energi:

- bandykompressorer	213 MWh
- värmepump	614 "
- pumpar	198 "
- från sporthall	42
Totalt	1 067 MWh

Totalt utnyttjad energi:

- undercentral ishall	501 MWh
- ventilation-, värme, ishall	1 255 "
- utomhusbad	<u>2 112 "</u>
Totalt	3 868 MWh

Energibesparing totalt blir c:a 2800 MWh/år om detta system installeras.

Anläggningens totala "årsvärmefaktor" =  $3868/1067 = 3,63$

Besparingar:

- undercentral ishall	108 000 kr/år
- ventilation-, värme, ishall	103 300 "
- utomhusbad, omklädning	<u>226 300 "</u>
Summa	437 600 kr/år

Avgår gemensamma kostnader:

- drivenergi pumpar	51 500 kr/år
- kulvertförluster	3 000 "
- drift och underhåll	<u>30 000 "</u>
Summa	84 500 kr/år

Total besparing 353 100 kr/år

### 6.5 Utvärdering av besparing

Investeringar enligt kap. 5 anges i priser gällande 1 augusti 1980, exkl. moms. Kapitalkostnaden är beroende av finansieringsform och eventuella bidrag.

Besparingarna räknade med energipriser gällande från 1 januari 1981. Om man kalkylerar med en årlig stegring av kostnader för energi och underhåll på 10 % fås:

Total besparing under 5 år	2 150 000 kr
Varav 5:e året	517 000 kr
Total besparing under 10 år	5 628 000 kr
Varav 10:e året	833 000 kr

Mot dessa besparingar skall vägas kapital och kreditivkostnader för en investering på 2526000 kr + moms.

Avskrivningstider för de olika anläggningsdelarna

A. Kondensorsystem	25 år
B. Värmepump	15 år
C. Hetgassystem	25 år
D. Undercentral ishall	25 år
E. Värme, vent. ishall	25 år
F. Värmekulvert	25 år
G. Utomhusbad, omkl.	20 år
H. Central styrutrustning	10 år
I. Styrutrustning för elackumuleringsanläggningen	10 år

## 7 MÄTPROGRAM

### 7.1 Allmänt

Mätningarna skall bekräfta eller dementera de antaganden om energibesparing som gjorts under projekteringen. Mätningarna skall utöver detta ge underlag för en samlad bild av anläggningens funktion vid verkliga klimatdata.

Genom att samla in alla driftdata kan man också få en möjlighet att optimera det datoriserade övervakningssystem som skall svara för driften i systemet.

### 7.2 Mätpunkter

På värmeproducentsidan bör mätningarna omfatta:

- värmeenergi från 3 st hetgasvärmväxlare
- värmeenergi från 3 st kondensorer
- värmeenergi från värmepump
- värmeenergi från värmecentral i sporthall

På den "andra sidan" d.v.s. förbrukare av värme och elenergi bör mätningarna omfatta:

- elenergi till bandykompressorer vid "sommardrift"
- elenergi till värmepump
- elenergi till cirkulationspumpar (3 st)
- värmeenergi till värmepump
- värmeenergi till undercentral i ishall (2 mätare)
- värmeenergi till värme- och ventilation i ishall (3 mätare)
- värmeenergi till utomhusbad (3 mätare för resp. bassänger, tappvarmvatten och uppvärmning)
- bassängtemperaturer

Generella mätdata som skall insamlas omfattar:

- lufttemperatur
- luftfuktighet
- vindhastighet
- solinstrålning
- drifttider för de olika komponenterna i systemet
- kondenseringstemperatur bandyanläggning (sommardrift)
- förångningstemperatur bandybana (sommardrift)



- bantemperaturer bandybana (sommardrift)
- kylvattenflöde till utomhuskondensor
- kylvattenflöde till uppsamlingstank

Om man i detta projekt även skall utvärdera den installerade värmepumpen och effektstyrssystemet tillkommer mätning av:

för värmepump

- kondenseringstemperatur
- förångningstemperatur

för värmecentral i sporthall

- ackumulatorernas laddningsgrad
- elektrodpanna

Genom den centraliserade övervakning som ingår i anläggningen kan vissa mätdata såsom drifttider och börvärden lättare insamlas till mätstationen.

### 7.3 Bearbetning av mätdata

Ett mätprogram med denna omfattning förutsätter kontinuerlig avläsning och insamlande av data. Insamling och redovisning av mätdata bör därvid anförtros någon av högskolornas mätcentraler.

För vidare bearbetning, utvärdering och rapportering svarar projektgruppen för Lugnet-projektet.

## 8 LITTERATUR

- Abrahamsson, T.  
Jonson, S.  
Norin, F. 1979 Skövdebadet - solenergi - uppvärmning? (Rapport R71:1979 från Statens råd för byggnadsforskning)
- Girido, V. 1978 Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. (Rapport R108:1978 från Statens råd för byggnadsforskning)
- Glas, L-O. 1978 Värmepumpboken
- Ekström; L.  
Ottosson, H. 1978 Polypropylen - solfångare för bas-sänguppvärmning. (Rapport R48:1978 från Statens råd för byggnadsforskning)
- Peterson, F.  
Ringblom, L. 1978 Varmvattenberedning med hjälp av solenergi - förutsättningar och kostnader. (Rapport R83:1978 från Statens råd för byggnadsforskning)
- Sanitär und heizungstechnik  
Düsseldorf  
nr 9. 1965
- VVS-handboken, tabeller och diagram. Förlags AB VVS (1974)
- Värmepumpar, VVS-special. 1:1979  
Förlags AB VVS
- Solvärme, VVS-special 2:1980.  
Förlags AB VVS

## 9 BILAGOR

## BILAGA 1

Provdrift av bandybana som solfångare, Lugnet, Falun  
Provet utfördes 5 - 9 maj 1980. Redovisning av resultatet i diagramform

Kopplingsschema för befintlig kylanläggning

## BILAGA 2

Energiförbrukningsdiagram för ishall - utomhusbad Lugnet, Falun

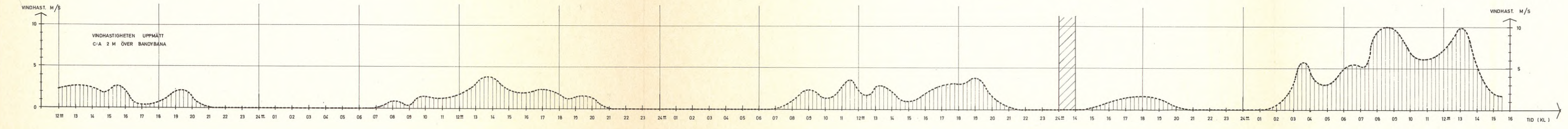
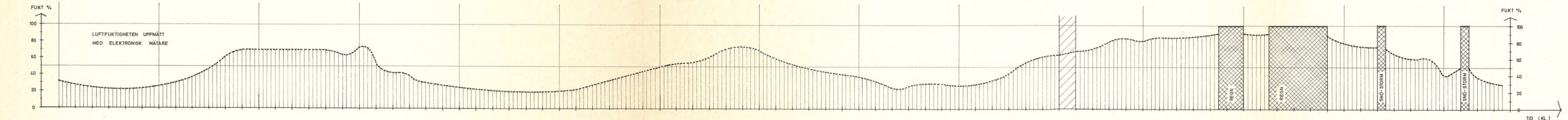
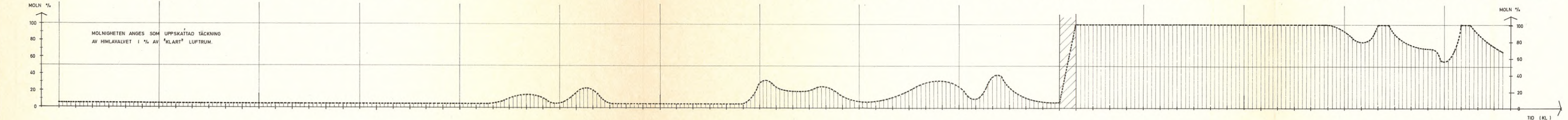
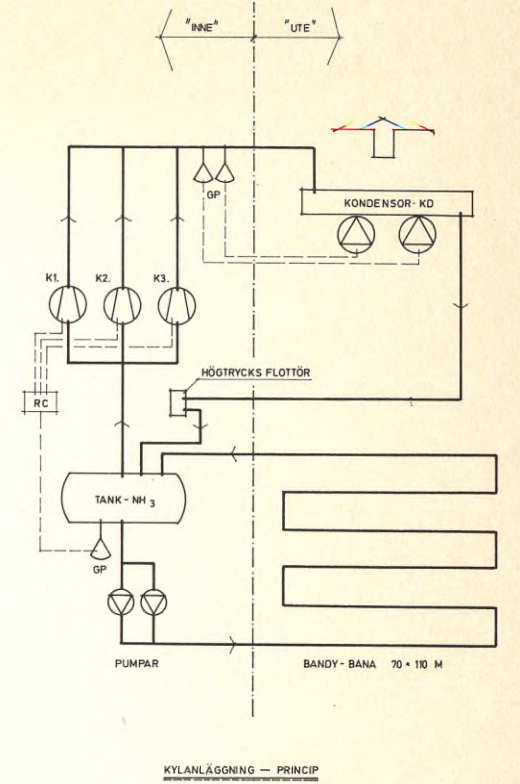
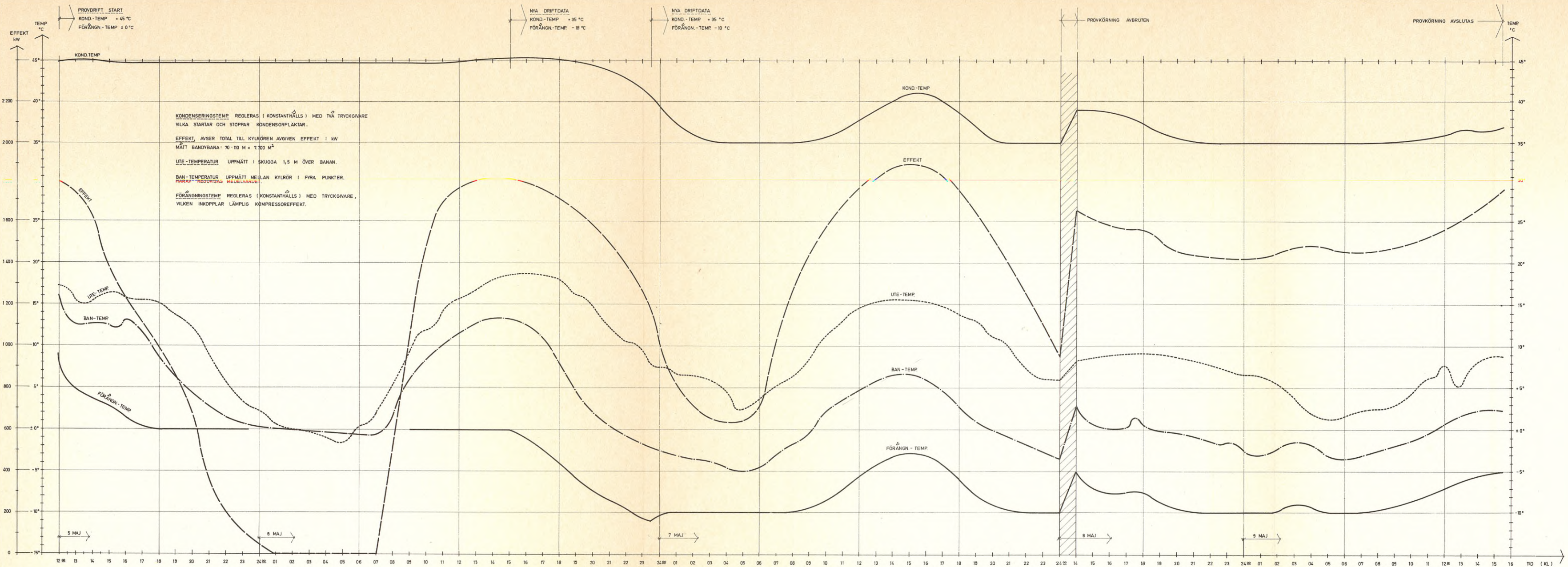
Orienteringsplan över Lugnet-området

Energimängder för bassänguppvärmning beräknade genom en sammanvägning av resultaten enligt Ekström, Ottosson (1978), Sanitär und heizungstechnik (1965), VVS-handboken (1974) och Solvärme, VVS-special (1980)

Energimängder för uppvärmning av ishall - curling beräknade enligt VVS-handboken (1974)

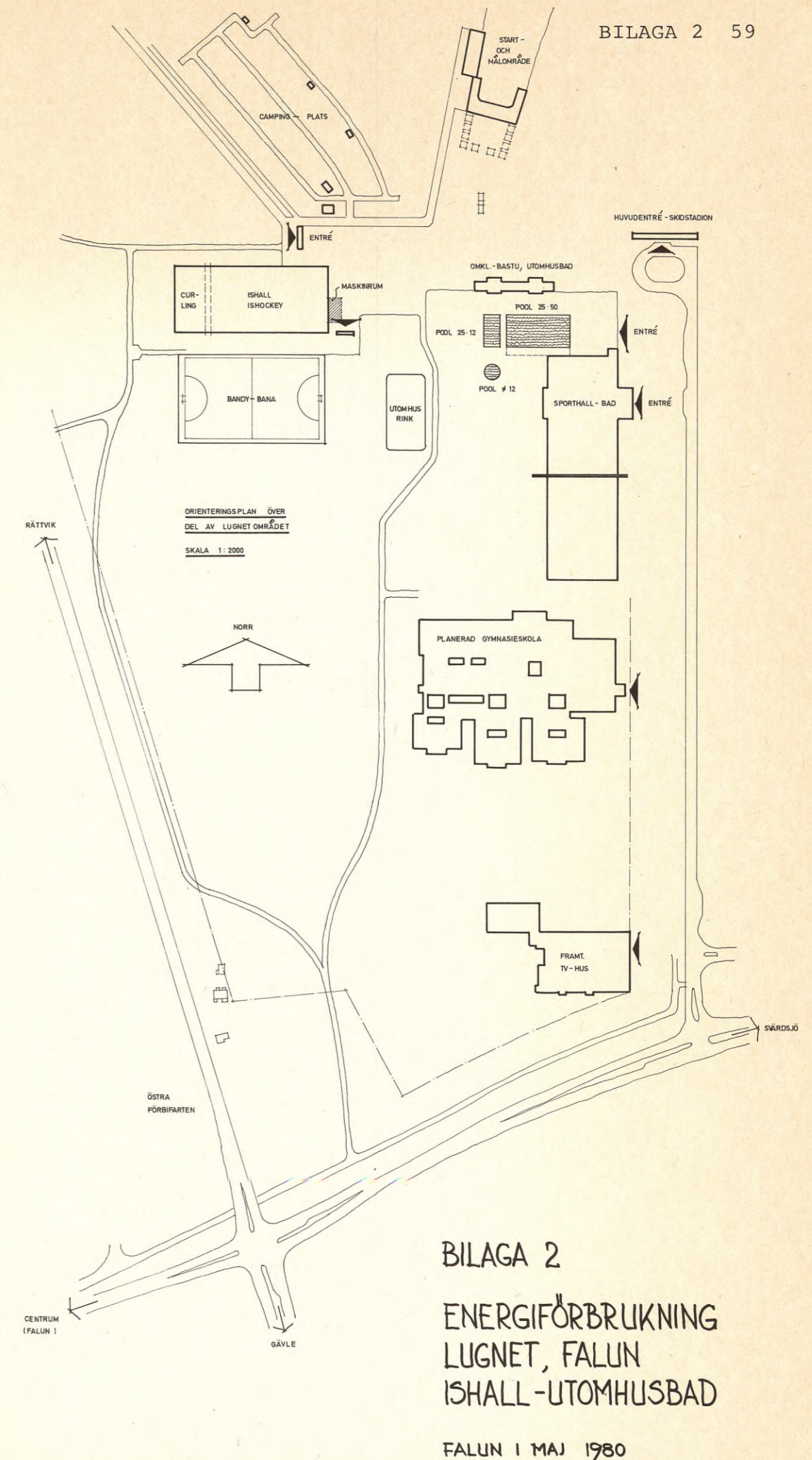
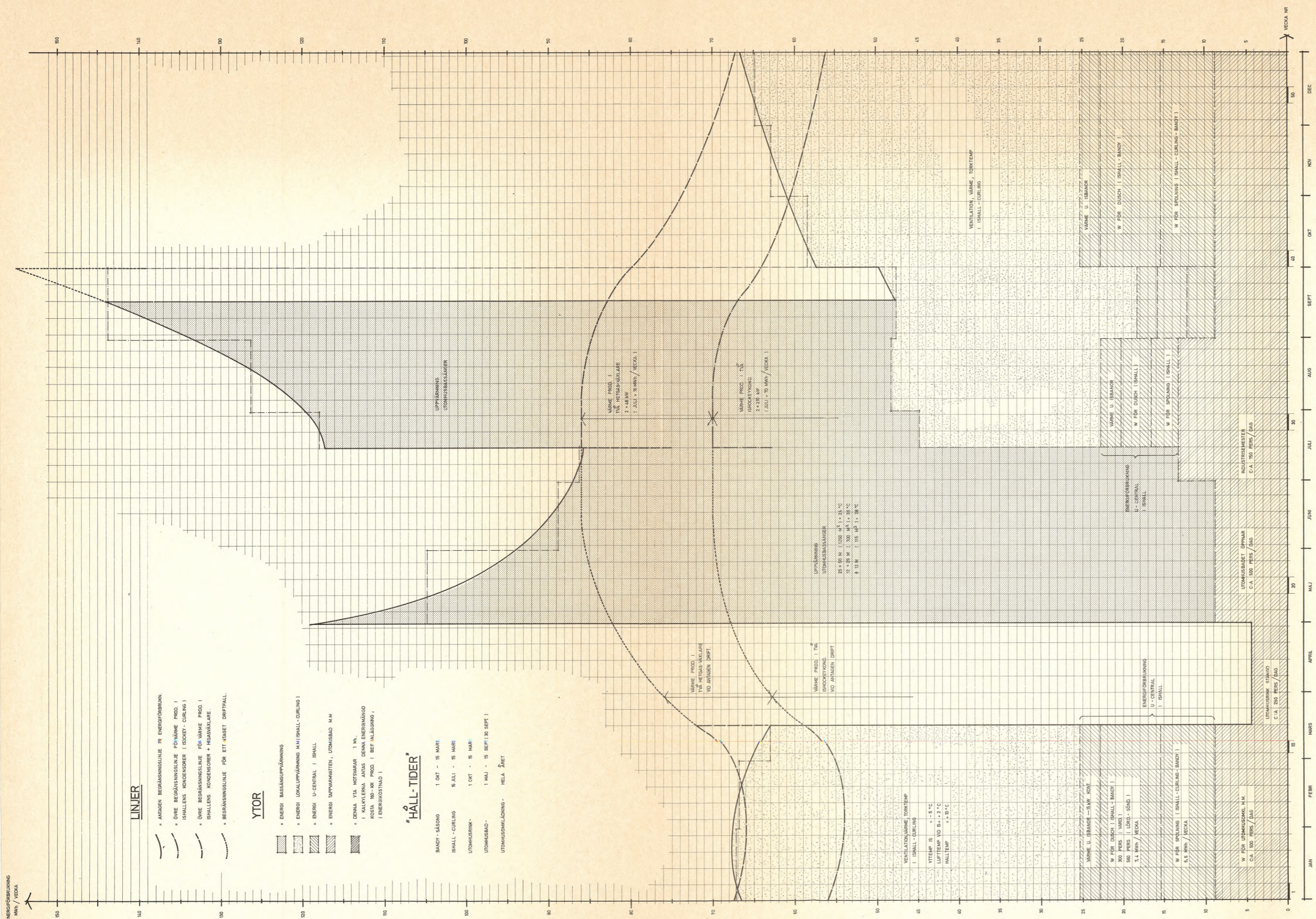
Energimängder för tappvarmvatten beräknade enligt Peterson, Ringblom (1978)





BILAGA 1  
 BANDYBANA  
 LUGNET, FALUN  
 PROVDRIFT-SOLVÄRME  
 FALUN 1 MAJ 1980

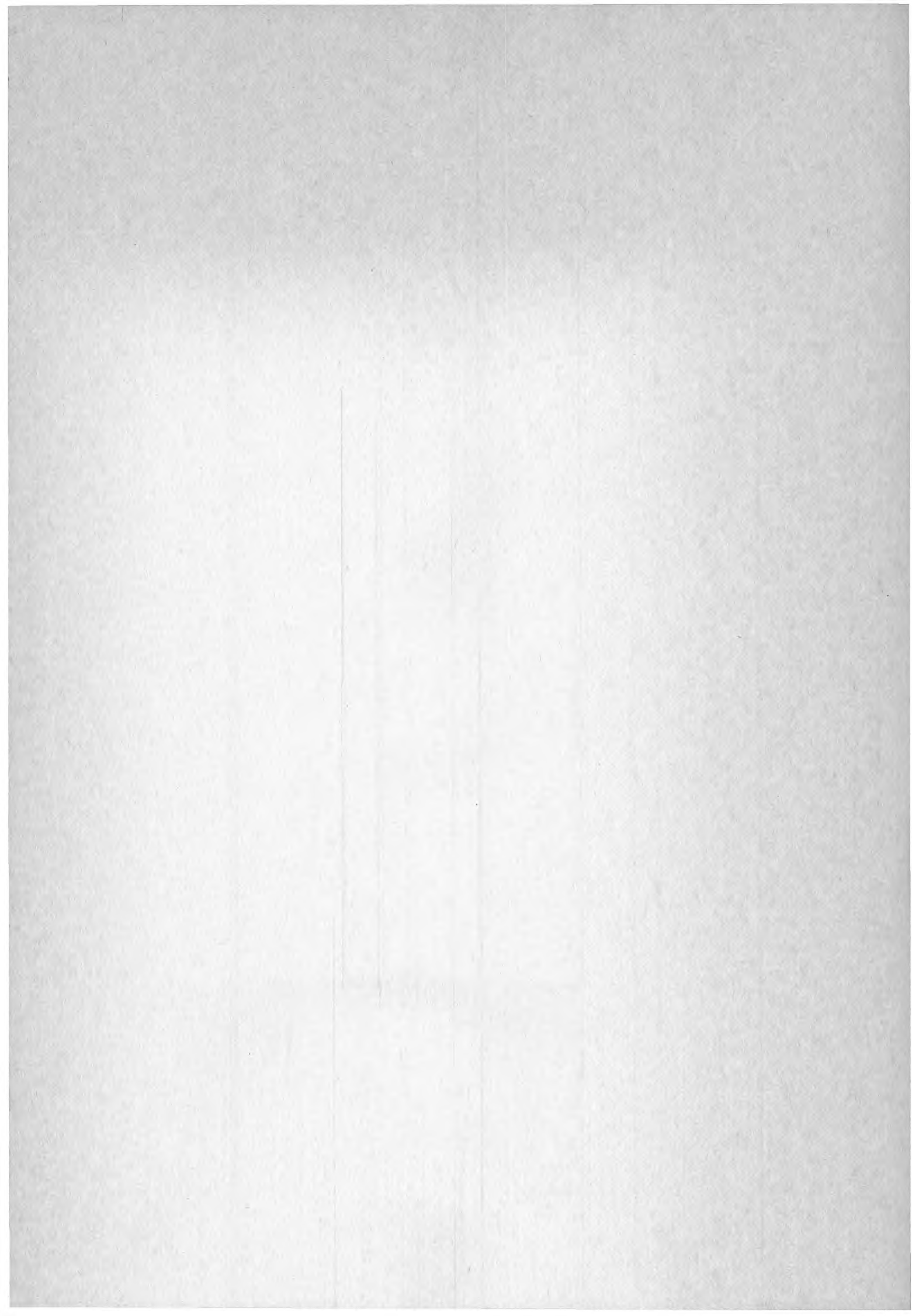




BILAGA 2  
ENERGIFÖRBRUKNING  
LUGNET, FALUN  
ISHALL - UTOMHUSBAD  
FALUN I MAJ 1980









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
790809-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till centrala byggnadskommittén i Falu kommun.**

**R31: 1981**

**ISBN 91-540-3470-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700331**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**