

Värmepump med energistapel

Förprojektering av befintligt mindre
flerbostadshus i Göteborg

Bernt Bäckström

Tomas Hallén

Torbjörn Samuelsson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-2396
Plac	<i>Ser</i>

*K
M/r*

R140:1981

VÄRMEPUMP MED ENERGISTAPEL

Förprojektering av befintligt
mindre flerbostadshus i Göteborg

Bernt Bäckström
Tomas Hallén
Torbjörn Samuelsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810375-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Energiprojekt
Tomas Hallén AB, Göteborg.

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

R140:1981

ISBN 91-540-3618-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 132407

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5	
1	INLEDNING	7
1.1	Beskrivning av objektet	7
1.2	Projektidé	7
2	BEFINTLIG ANLÄGGNING	8
2.1	Energiförsörjning	8
2.2	Radiatorsystem - temperaturer	8
2.3	Nuvarande energiförbrukning	8
3	FÖRSLAG TILL VÄRMEPUMPANLÄGGNING	10
3.1	Kylteknisk lösning	10
3.2	Värmekollektor	10
3.3	Köldbärare	11
3.4	Avfrostning	11
3.5	Drivenergi - tillsats	13
3.6	Styrprincip	13
3.7	Installationsutförande	14
4	INVESTERINGSKALKYL	15
4.1	Materiel	15
4.2	Rörarbeten	16
4.3	Elarbeten	16
4.4	Projektering och byggledning	16
4.5	Ospecificerat och oförutsett	16
5	LÖNSAMHETSBEDÖMNING	17
5.1	Antagna och beräknade värden	17
5.2	Driftkostnadsminskning	17
5.4	Återbetalningstid	17
5.4	Kommentarer	17

BILAGOR

- Bilaga 1 Diagram över fram- och återledningstemperatur samt uppvärmningseffekt
- Bilaga 2 Varaktighetsdiagram
- Bilaga 3 Principschema
- Bilaga 4 Kompressorprestanda
- Bilaga 5 Värmepumpinstallation
- Bilaga 6 Vindkonvektor och köldbärarledningar på fasaden
- Bilaga 7 Placering av vindkonvektorer. Detaljer

SAMMANFATTNING

Projektet avser att belysa hur värmepumpar kan utföras och bidra till att minska oljeförbrukningen i befintliga flerbostadshus.

Uppgiften har gällt att genom förprojektering av en komplett värmepumpanläggning komma fram till ett realistiskt underlag för beräkning av besparingsmöjligheter och anläggningskostnader.

Som objekt har valts ett mindre 3-plans flerbostadshus med 20 lägenheter och en total lägenhetsyta på 991 m². Huset är idag värmeförsörjt från egen panna i källaren och oljeförbrukningen är ca 27 m³ eldningsolja 1 per normalår. Radiatorsystemet har visat sig vara dimensionerat ungefär för temperaturerna 60/47°C vid utetemperaturen -16°C och är försett med termostatiska radiatorventiler.

Huset byggdes år 1962, har självdragsventilation, förvaltas av Göteborgs Stads Bostadsaktiebolag och är beläget på Guldheden i Göteborg.

En eldriven värmepumpanläggning med 2 st lika aggregat av typen Luft/vatten har föreslagits. Dessa beräknas täcka effektbehovet, ca 30 kW, för tappvarmvatten och uppvärmning ner till en utetemperatur av ca +1°C. Anläggningen är således av s k bivalent typ och den befintliga oljepannan används som spetslastvärmekälla och som haverireserv.

Den enda tillgängliga värmekällan för värmepumpen är i detta fall uteluft. För att få tillfälle att tekniskt och ekonomiskt pröva utomhusplacerade kylbatterier utan fläkt, s k vindkonvektorer eller energistapel, har en sådan lösning valts. Värmetransporten från konvektorerna till förångaren sker med pumpcirkulerad köldbärare, kalciumkloridlösning. Konvektorbatterierna kan vid behov avfrostas genom rundpumpning av elektriskt värmd köldbärare.

Som fördelar med denna värmekollektorutformning kan bl a nämnas:

- inga bullerproblem
- inget elbehov för fläktar
- konkurrenskraftig totalkostnad och hela värmeupptagningsytan utnyttjas även när endast ett kompressoraggregat är i drift.

Konstruktionen är emellertid nästan oprövad i praktisk drift vilket gör att dimensioneringsunderlaget är något osäkert. Fördelarna synes dock vara så påtagliga att experimentanläggningar förordas.

Värmepumpanläggningen, som har ett maximalt eleffektbehov på ca 12 kW, beräknas täcka ca 85% av totala värmeenergiebehovet och förbrukar drygt 60000 kWh/år elenergi. Oljeförbrukningen beräknas sjunka med ca 23 till 4 m³/normalår.

Anläggningskostnaden inklusive projektering och byggledning exklusive moms är beräknad till 230000 kr som ger en återbetalningstid på knappt 10 år.

Anläggningskostnaden är ca 10000 kr per m³/år minskad oljeförbrukning, vilket är av samma storleksordning som för småhus. Det kan framhållas att lönsamheten för ett liknande objekt med fler lägenheter kan förväntas bli avsevärt bättre eftersom driftkost-

nadsminskningen per lägenhet är konstant medan anläggningskostnaden per lägenhet då bör bli lägre.

Projektet anses böra fullföljas som experimentanläggning bl a av följande skäl:

- hustypen är vanligt förekommande
- lönsamheten är inte helt oacceptabel och kan sannolikt bli bättre
- anläggningstypen bör prövas särskilt när det gäller de s k "vindkonvektorererna"
- husets storlek och den relativt måttliga totala anläggningskostnaden gör det lämpligt som pilotprojekt
- husets centrala läge gör det lättillgängligt som demonstrationsobjekt.

1 INLEDNING

1.1 Beskrivning av objektet

Göteborgs Stads Bostadsaktiebolag äger och förvaltar en flerbostadsfastighet med adress Vildapelgatan 1 på Guldheden i Göteborg.

Huset är byggt 1961-62 och innehåller totalt 20 lägenheter fördelade på 6 st 3 rok, 6 st 2 rok och 8 st 1 rok samt 4 st garage.

Värmeförsörjning sker med en panna i källaren som eldas med eldningsolja 1. Husets radiatorer är försedda med termostatreglerade radiatorventiler. Ventilationssystemet är av självdragstyp. Isolering i väggar och bjälklag är utförd enligt vid byggtillfället gällande norm.

Tekniska data:

Total lägenhetsyta	-	991 m ²
Antal lägenheter	-	20 st
Antal plan	-	3 + källare och vind
Antal uppgångar	-	2 st
Fasad	-	tegel
Tak	-	tegel
Oljeförbrukning	-	27 m ³ /år (Eo1)

1.2 Projektidé

Projektet avser att visa ett sätt att utföra värmepumpanläggning av typen luft/vatten i befintliga flerbostadshus och att ge en uppfattning om oljebesparingsmöjligheter och ekonomi.

Eftersom det här gäller ett hus med egen värmeförsörjning och självdragsventilation är det naturligt att välja bivalent drift och enbart uteluft som värmekälla.

För att undvika besvärlig köldmedierördragning cirkuleras en köldbärare, CaCl₂-lösning, mellan förångare och utebatterier. Avfrostningen av utebatterierna blir därmed något speciell och för denna redogörs närmare nedan.

Värmepumpen avger värme till både radiator- och tappvarmvattensystemen.

Avsikten är att praktiskt pröva uteluftbatterier utan påtryckt strömning, d v s utan fläktar - s k vindkonvektorer eller energistapel. Värmeupptagningsförmågan för batterierna beror givetvis av strömningsförhållandena kring dessa, som i sin tur beror huvudsakligen av vindstyrkan men även av termisk strömning runt byggnad och batterier. Dessa sistnämnda frågor är hittills mycket litet utredda men resultaten av vissa praktiska försök har här lagts till grund för antagandena om uppnåbar genomsnittlig kapacitet för dessa s k vindkonvektorer.

2 BEFINTLIG ANLÄGGNING

2.1 Energiförsörjning

Fastigheten är försedd med 2 st värmepannor på vardera 100 kW värmeeffekt. Endast en panna är normalt i drift och den andra står som haverireserv.

Husets radiatorsystem har utetemperaturstyrd framledningstemperatur. Till radiatorsystemet är kopplat ett ca 2 m³ stort förråd med inbyggd genomströmningsväxlare för tappvarmvatten. Temperaturen på tappvarmvattnet är begränsad till 50°C. VVC-krets finns installerad men endast i källarplanet.

Anläggningens ursprungliga utförande framgår delvis av ritningar, bilaga 3 och 5.

För lägenheterna finns 2 säkringsgrupper 3x63 A, för fastigheten centralt 1 grupp 3x63 A och huvudsäkringarna är på 200 A.

2.2 Radiatorsystem - temperaturer

Mätningar vid utetemperaturen +2°C gav framledningstemperaturen 41°C och återledningstemperaturen 35,5°C.

Radiatorsystemets temperaturer har därmed kunnat uppskattas enligt diagram i bilaga 2, där också uppvärmningseffekten redovisas som funktion av utetemperaturen.

Radiatorvattenflödet varierar p g a radiatortermostatventilerna kring medelvärdet 1 l/s.

2.3 Nuvarande energiförbrukning

Följande uppgifter bygger på Göteborgs Stads Bostadsaktiebolags energistatistik för byggnaden i fråga.

<u>Oljeförbrukning</u>		<u>Graddagar</u>	
<u>1980 i liter</u>		<u>1980</u>	<u>normalår</u>
Jan	4862	633	583
Feb	4566	638	532
Mar	3200	535	505
Apr	2400	353	360
Maj	1937	112	72
Jun	1000	0	0
Jul	500	0	0
Aug	700	0	0
Sep	1000	50	68
Okt	3737	322	279
Nov	2200	469	393
Dec	4057	488	493
Σ 30159 liter Eo1		Σ 3600	Σ 3285

Vissa energisparåtgärder såsom bl a installation av termostatventiler på radiatorerna har vidtagits under hösten 1980 vilket kan antas ha påverkat den ovan angivna oljeförbrukningen.

Oljeförbrukning under perioden januari - mars 1981 uppgick till 10086 l. Antal graddagar under denna period var 1590.

Motsvarande värde för samma period under 1980 är 12628 l olja och 1806 graddagar.

I de angivna oljeförbrukningsvärdena ingår tappvarmvattenenergin. Korrigering har gjorts med hänsyn härtill och oljeförbrukningen under ett normalår skulle med hänsyn till vidtagna åtgärder bli följande:

	liter
Jan	4063
Feb	3759
Mar	3598
Apr	2731
Maj	1010
Jun	580
Jul	580
Aug	580
Sep	987
Okt	2247
Nov	2928
Dec	<u>3526</u>

Σ 26589 liter per normalår.

Förbrukningen är således $26589/991 = 26,8$ liter per m² lägenhetsyta.

Ovan uppskattade förbrukningsvärden för normalår har använts vid konstruktion av varaktighetskurvan i bilaga 2.

3 FÖRSLAG TILL VÄRMEPUMPANLÄGGNING

Den föreslagna och nedan beskrivna värmepumplösningen har utformats med hänsyn till de för denna anläggning gällande förutsättningarna och till tillgänglig teknisk utrustning.

Dimensionering och val av komponenter har gjorts på basis av hittills gjorda erfarenheter och är givetvis preliminär. Detalferingsgraden har drivits så långt som ansetts nödvändigt för att få ett tillfredsställande beräknings- och kalkylunderlag.

3.1 Kylteknisk lösning

Värmepumpanläggningen delas förslagsvis i två, köldmässigt separata, aggregat. Elektriskt drivna, helhermetiska kompressorer föreslås. Vardera enheten ger ca 15 kW värme vid $t_2/t_1 = -10/+50^{\circ}\text{C}$.

Kompressorprestanda för övrigt framgår av bilaga 4, som gäller en lämplig kompressormodell med köldmedium R 502.

Kondensorer av en speciell typ som medger växling mellan å den ena sidan köldmedium och å den andra radiatorvatten och tappvarmvatten har förutsatts.

Radiatorvatten och/eller tappvarmvatten cirkuleras mellan kondensor och respektive förråd med hjälp av särskilda cirkulationspumpar, s k laddningspumpar.

Tappvarmvattenflödet genom respektive kondensor regleras med en självverkande termostatventil så att tappvarmvattentemperaturen efter kondensorererna alltid är ca $+50^{\circ}\text{C}$.

Vid samtidig värmning av radiator- och tappvarmvatten blir, genom växlarens konstruktion, tappvarmvattentemperaturen ca 5°C högre än kondenseringstemperaturen. Radiatorvattentemperatur efter kondensor överensstämmer praktiskt taget med kondenseringstemperaturen.

Förångarna är utförda för kylning av köldbärare, förslagsvis kalciumkloridlösning, som pumpcirkuleras. Övriga kylkomponenter är av konventionellt slag.

De kondensorer och förångare som används finns för närvarande endast tillgängliga i begränsade dimensioner varför varje enhet förses med dubbel uppsättning som framgår av principalschemat, bilaga 3.

3.2 Värmekollektorer i uteluft - vindkonvektorer

För att undvika problem med långa köldmedierörledningar och kyltekniskt montagearbete på platsen, cirkuleras köldbärare (25%-ig CaCl_2 -lösning) mellan förångare och utebatterier. Dessa utgörs av s k egenkonvektionsbatterier d v s glest flänsade kopparrör med relativt stor värmeupptagande yta. Kollektorerna placeras på västerfasaden under takfoten. Normala vindrörelser medför att k-värdet avsevärt förbättras jämfört med ren egenkonvektion. Fläktforcerad luft behövs alltså inte vilket ger både energi- och bullerfördelar.

Batterierna kan lämpligen benämnas "vindkonvektorer".

K-värdet, hänfört till luftberörd yta, kan uppskattas till 8-10 W/m²°C för aktuell geometri och måttlig vindhastighet.

Batterier med höjd x bredd, 100 x 500 mm och flänsdelning 8 mm, har valts.

Tillgänglig fasadlängd är 37 m vilket medger ca 35 m flänsad kollektorlängd. Total luftberörd yta blir då ca 450 m².

Med k-värdet 8 W/m²°C och logaritmisk medeltemperaturdifferens mellan luft och köldbärare = 5°C blir totala värmeupptagningen ca 18 kW.

Värmefaktorn för själva värmepumpenheten blir för dessa förhållanden ca 2,6 och således avgiven värme ca 29 kW.

Batteriernas placering på fasad framgår av bilaga 6 och 7.

3.3 Köldbärare

Konvektorernas placering utomhus gör att frostskyddsvätska måste finnas i systemet. CaCl₂ är relativt billigt och låg fryspunkt kan erhållas, väsentligt lägre än exempelvis med glykol.

Kalciumkloridlösning med 24 kg salt per 100 kg lösning som börjar stelna vid ca -26°C har $\rho \approx 1220 \text{ kg/m}^3$ och $c_p \approx 2,9 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ som ger ca 1 kWh/m³·°C.

Erforderligt köldbärarflöde blir med kyleffekten 18 kW och temperaturändringen 3°C:

$$\dot{V} = \frac{18}{2,9 \cdot 1,22 \cdot 3} = 1,67 \text{ l/s} = 6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kalciumkloridlösningen har väsentligt andra egenskaper än vatten när det gäller viskositet m m, vilket måste beaktas vid beräkningar av tryckfall och värmeövergång etc.

Riskerna för korrosion kan behärskas om vissa krav ställs på saltkvalitet och inhibitor samt om systemet hålls syrefritt.

3.4 Avfrostning

Värmepumpen är i drift vid utetemperaturer som kräver yttemperaturer på kollektorerna lägre än ±0°C. Påfrostning kommer därför att ske tidvis.

Kollektorn har stor yta mot uteluft varför stora momentana effekter krävs för att avfrostning skall kunna ske effektivt och utan onödig energiförlust.

Den här föreslagna lösningen innehåller en särskild behållare i köldbärarekretsen som vid avfrostningsbehov värms elektriskt. Med en 3-vägsventil kan behållaren i- och urkopplas den ordinarie köldbärarecirkulationskretsen.

Behållaren innehåller ca 250 liter köldbärare som värms med en 3 kW elpatron under ca 7 timmar före varje avfrostning. Vid avfrostning stannas värmepumpen, 3-vägsventilen skiftas och köldbärarpumpen gör att köldbärare med en temperatur av ca 80°C till-

förs vindkonvektorerna.

Den momentana avfrostningseffekten kan överslagsmässigt beräknas till ca 500 kW. Efter ca 10 minuter avbryts avfrostningen och värmepumpen återgår till normal drift.

Temperaturdifferensen mellan uteluft och köldbärare är vid tillfällena då påfrysningsrisk föreligger max ca 6°C och köldbärartemperaturen är då ca -1°C eller lägre.

Luftflödet genom kollektorerna är vid fronthastigheten 0,5 m/s och frontarean 17,5 m² 8,75 m³/s.

Maximala kyleffekten är vid givna förhållanden, då bägge enheterna är i drift, ca 24 kW.

Luftens entalpiändring blir 24/8,75 · 1,2 = 2,3 kJ/kg.

Ur Mollierediagram fås fuktutfällning ca 0,4 g/kg och totalt ca 4,2 g/s.

Påfrysning kan tillåtas uppgå till motsvarande 0,5 mm kärnis, fördelat på totala kylvytan. Totalt påfrost ismängd för en avfrostning blir ca 450 · 0,5 · 0,9 = ca 200 kg.

Totala driftstiden mellan två avfrostningar med 2 aggregat i drift blir då

$$\frac{200}{0,0042} = 47600 \text{ s} = 13,2 \text{ h}$$

vilket skulle innebära en maximal avfrostningsfrekvens av 2 gånger per dygn.

Vid de genomsnittsförhållanden som råder under den tid avfrostning behöver ske är medelkyleffekten (1 aggregat i drift kontinuerligt, 1 aggregat intermittent) lägre än vad som ovan antagits och avfrostningsfrekvensen blir alltså genomsnittligt lägre än 2 ggr/dygn.

Totala energiåtgången för att smälta 200 kg is och för att värma smältvattnet ca 5°C är (334 + 21) · 200 ≈ 20 kWh.

Avfrostning kan antas ske genomsnittligt 1 gång/dygn när utemperaturen är lägre än +5°C, vilket den i Göteborg är under ca 3000 h/år.

Total årsenergi för avfrostning blir således

$$3000 \cdot 20/24 = 2500 \text{ kWh/år}$$

enligt ovan gjorda antaganden.

För att minska avfrostningsfrekvensen och därmed energiåtgången kan något större påfrysning än 0,5 m m tillåtas vid exceptionellt ogynnsamma förhållanden. Dessa inträffar så sällan att detta torde kunna accepteras.

Avfrostningsenergin 2500 kWh/år är av storleksordningen 4% av den beräknade elenergin för kompressorerna som är ca 60000 kWh/år. Även om avfrostningsenergin skulle bli något större än vad som här antagits så påverkas det totala resultatet tämligen obetydligt. Energimässigt skulle det i princip vara bättre att utnyttja s k varmgasvärme för värmning av avfrostningsbehållaren och detta är också tekniskt möjligt. Arrangemanget skulle dock bli så komplicerat och dyrbart att det inte är ekonomiskt försvarbart.

3.5 Drivenergi - tillsats

I varaktighetsdiagrammet, bilaga 2, visas husets konsekutiva effektbehov med de två värmepumpstegens täckning inritade. Vid intermittent drift av värmepumpen redovisas prestanda som tidsmedelvärde.

Det totala årsenergibehovet, 180000 kWh/år, täcks till ca 85% av värmepumparna. Tillsatsen, 28000 kWh/år, innebär med pannverkningsgraden 68%, att totala oljeförbrukningen efter installation blir ca 4 m³/år. Totala elförbrukningen för ett normalår är beräknat till 61500 kWh/år. Eleffekter till cirkulationspumpar har antagits ingå i totalt tillförd el men har inte adderats till mängden nyttiggjort värme.

Oljeförbrukningen per normalår har således beräknats sjunka från nuvarande 26,6 m³/år till ca 4 m³/år d v s en minskning med 22,6 m³/år eller ca 85%.

3.6 Styrprincip

Styrprincipen för värmepumpanläggningen kan i korthet beskrivas som följer.

Ett värmepumpsteg startas alltid efter viss inställbar tid, exempelvis 20 minuter. Värmepumpens 2:a steg startas då steg 1 varit i kontinuerlig drift 1 timme. Pannans termostatkrets sluts efter ytterligare 1 timmes drift av bägge värmepumpsstegen. Se principalschema, bilaga 3.

Vid start av kompressor(-er) startas cirkulationspumparna för radiatorvatten (P1), tappvarmvatten (P2) och köldbärare (P4).

P1 och P2 stoppas automatiskt om medietemperaturen vid respektive pump överskrider ca 45°C.

Varje kompressor är försedd med en driftspressostat på högtrycksidan som stannar respektive kompressor.

Avfrostning kopplas in via ett summerande ur efter det att köldbäraretemperaturen varit under ca -2°C under ett inställbart antal timmar. Då pannans termostatkrets sluts efter 1 timmes drift av bägge värmepumpsstegen tillförs spetseffekt från pannan. Cirkulationspumpen i pannkretsen, P3, är därför i drift endast då brännaren går.

Vid kall väderlek, d v s utetemperaturer lägre än ca -10°C, som indikeras av viss inställbar köldbärartemperatur, tillåts inte värmepumpkompressorerna att vara i drift och hela effektbehovet täcks då av värme pannan. Detsamma gäller om temperaturen i radiatorsystemets återledning skulle stiga över ca +45°C samtidigt som tappvarmvattenackumulatorerna är fulladdade.

Då inte värmepumparna är i drift värms tappvarmvattnet med hjälp av en särskild värmeväxlare och en cirkulationspump som tar varmt radiatorvatten från den befintliga ackumulatortorn på 2000 l och återför det kylda vattnet till ackumulatortornets botten.

För närvarande värms tappvarmvattnet av en genomströmningsväxlare placerad i den befintliga pannvattenackumulatortorn. Alternativt kan denna utrustning tillsvidare bibehållas. Den ovannämnda nya utrustningen har dock medtagits i anläggningskostnadskalkylen.

3.7 Installationsutförande

I befintligt pannrum finns inte tillräckligt utrymme för värmepumpaggregaten och placering där kan också vara olämpligt ur säkerhetssynpunkt.

Det har visat sig möjligt att placera värmepumpaggregat, cirkulationspumpar och avfrostningsbehållare m m i ett befintligt utrymme i källarvåningens nordvästra hörn.

Rörledning för anslutning till befintlig anläggning får av utrymmesskäl passera matkällare - mangelrum - tvättstuga m fl lokaler, vilket kan ske utan olägenhet.

Akkumulatorbehållare för tappvarmvatten och tillhörande utrustning kan placeras i befintligt pannrum.

På ritningar, bilaga 3 och 5, har 2 st behållare å $0,8 \text{ m}^3$ angivits. Alternativt kan dessa ersättas av 5 st standardbehållare å $0,3 \text{ m}^3$ vilket både utrymmes- och funktionsmässigt kan accepteras.

Huvudledningar för köldbärare utförs i koppar och förläggs på fasad vid husets nordvästra hörn respektive under takutsprånget enligt ritningar, bilagor 5, 6 och 7.

4 INVESTERINGSKALKYL

För den föreslagna utrustningen har följande kostnader kalkylerats. Kalkylen bygger på preliminära offerter från fastighetsägarens rör- och elavdelningar samt från materialleverantörer.

4.1 Materiel	kostnad i kkr
<u>Värmepumpaggregat</u>	
15 kW värme vid t_2/t_1 -10/+50°C, 2 st	60
<u>Kylbatterier</u>	
(vindkonvektorer) kylyta 450 m ²	12
<u>Tappvarmvattenackumulatorer</u>	
2 st å 0,8 m ³ alternativt 5 st å 0,3 m ³	11
<u>Avfrostningsbehållare</u>	
0,25 m ³ med 3 kW elpatron	2
<u>Pumpar</u>	
Cirkulations- och laddningspumpar, 5 st	4,5
<u>Styrutrustning</u>	
inklusive erforderligt skåp	12,5
<u>Expansionskärl</u>	
för köldbärare, 20 l, 1 st	1
<u>Diverse armatur</u>	
styrventiler m m	3
Summa materiel:	<hr/> 106 kkr

Övrig materiel ingår i kostnader för rör- respektive elarbeten nedan.

4.2 Rörarbeten

Inklusive montage av kollektorer, erforderlig håltagning och efterlagning samt rörmateriel

60 kkr

4.3 Elarbeten

Inklusive erforderligt installationsmateriel

9 kkr

4.4 Projektering och byggledning

25 kkr

4.5 Ospecifiserat och oförutsett

Ca 15% av 4.1 - 4.4

30 kkr

Beräknad totalkostnad, exklusive moms

230 kkr

5 LÖNSAMHETSBEDÖMNING

Med ledning av ovan redovisade investeringskalkyl, antagna energipriser och beräknade värden för oljesparning, elenergiförbrukning m m kan följande överslagsmässiga lönsamhetskalkyl redovisas.

5.1 Antagna och beräknade värden

Oljepris (Eo1)	1700 kr/m ³
Elpris (rörlig del)	0,20 kr/kWh
Underhållskostnad (tillkommande)	2000 kr/år
Investering (enligt kalkyl)	230.000 kr
Oljeförbrukning före installation	26,6 m ³ /år
Minskad oljeförbrukning	22,6 m ³ /år
Elförbrukning för värmepumpanläggning	61500 kWh/år

5.2 Driftkostnadsminskning

Minskad oljeförbrukning $22,6 \cdot 1700 =$	38.420 kr/år
Elenergi till värmepump $61500 \cdot 0,2 =$	12.300 kr/år
Underhåll (ökning)	2.000 kr/år
Beräknad driftkostnadsminskning	24.120 kr/år

5.3 Aterbetalningstid

$230.000/24.120$	9,6 år
------------------	--------

5.4 Kommentarer

Som synes är lönsamheten enligt ovan inte särskilt god med normal bedömningsbakgrund. Det må dock framhållas att anläggningen är till viss grad okonventionell och detta påverkar möjligheterna att få konkurrenspåverkade priser.

Ingrepp i en befintlig anläggning verkar också höjande i kalkylen eftersom garderingar måste göras för vissa moment, som inte i detalj kan förutses på detta stadium. Tillräcklig rutin saknas dessutom hos entreprenörer och leverantörer.

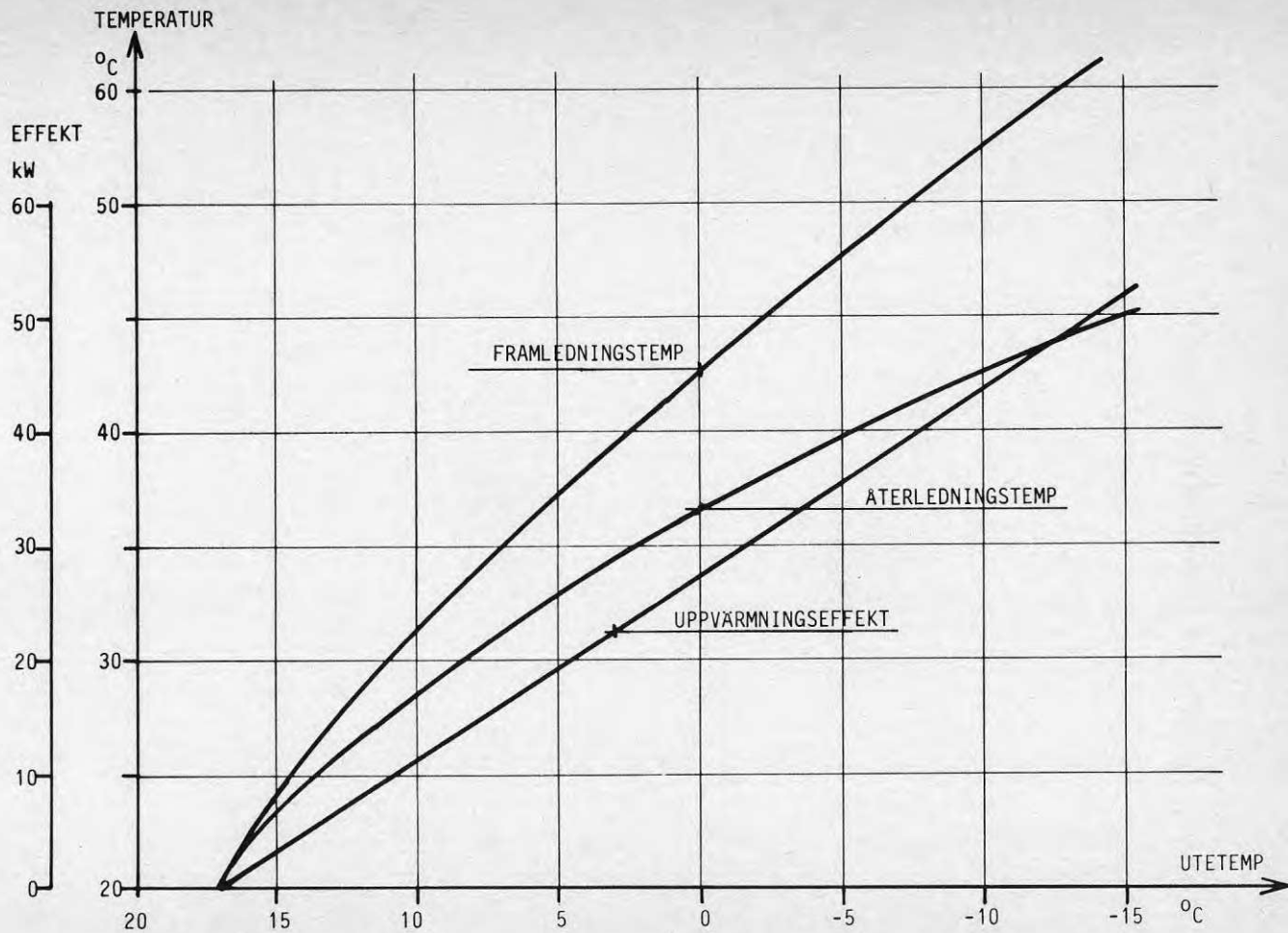
Det kan också nämnas att anläggningens ringa storlek, endast 20 små lägenheter, är oförmånlig. Sålunda skulle en exempelvis 3 gånger så stor anläggning ha givit ungefär samma driftkostnadsminskning per lägenhet medan totala investeringen inte skulle stiga med mer än kanske 50%. Aterbetalningstiden skulle då minska till ca 5 år.

Anläggningskostnaden per lägenhet uppgår här till ca 11500 kr

eller ca 10.000 kr per m³/år minskad oljeförbrukning vilket är av samma storleksordning som idag gäller för befintliga småhus.

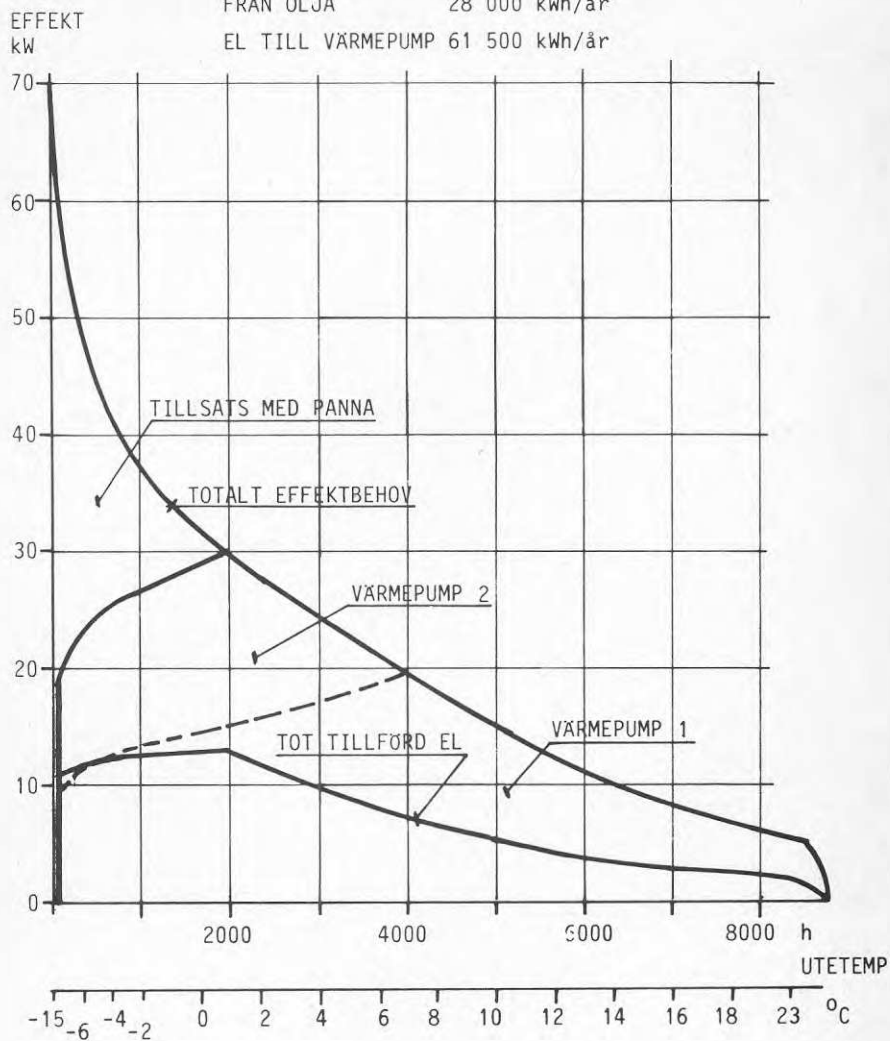
Den måttliga storleken kan också i detta fall anses ha fördelar, dels är husstorleken inte ovanlig dels blir totala anläggningskostnaden för en eventuellt experimentanläggning måttlig och erfarenheterna av installationsförfarande och drift blir minst lika värdefulla.

Intresset att få verkliga erfarenheter som kan ligga till grund för utveckling av tekniken och eventuell reduktion av anläggningskostnaderna gäller givetvis hela den föreslagna anläggningen, men särskilt de s k vindkonvektorerna, som hittills inte provats praktiskt för annat än småhus och även där i mycket ringa omfattning.

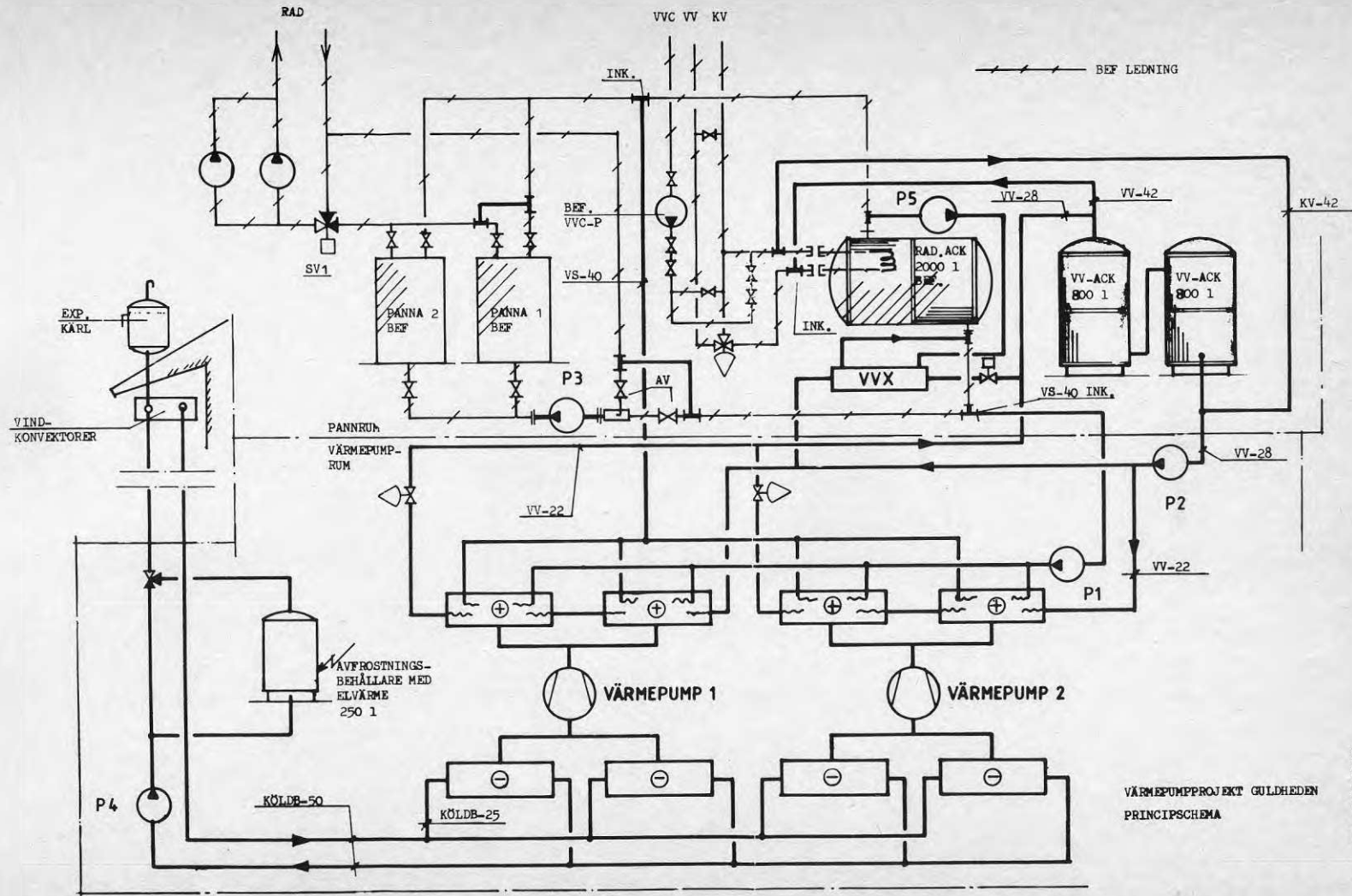


VÄRMEPUMPPROJEKT GULDHEDEN
 DIAGRAM ÖVER FRAM- OCH ÅTERLEDNINGSTEMPERATURER SAMT UPPVÄRMNINGSEFFEKT

TOT ENERGI 180 000 kWh/år
 FRAN VÄRMEPUMP 152 000 kWh/år
 FRAN OLJA 28 000 kWh/år
 EL TILL VÄRMEPUMP 61 500 kWh/år



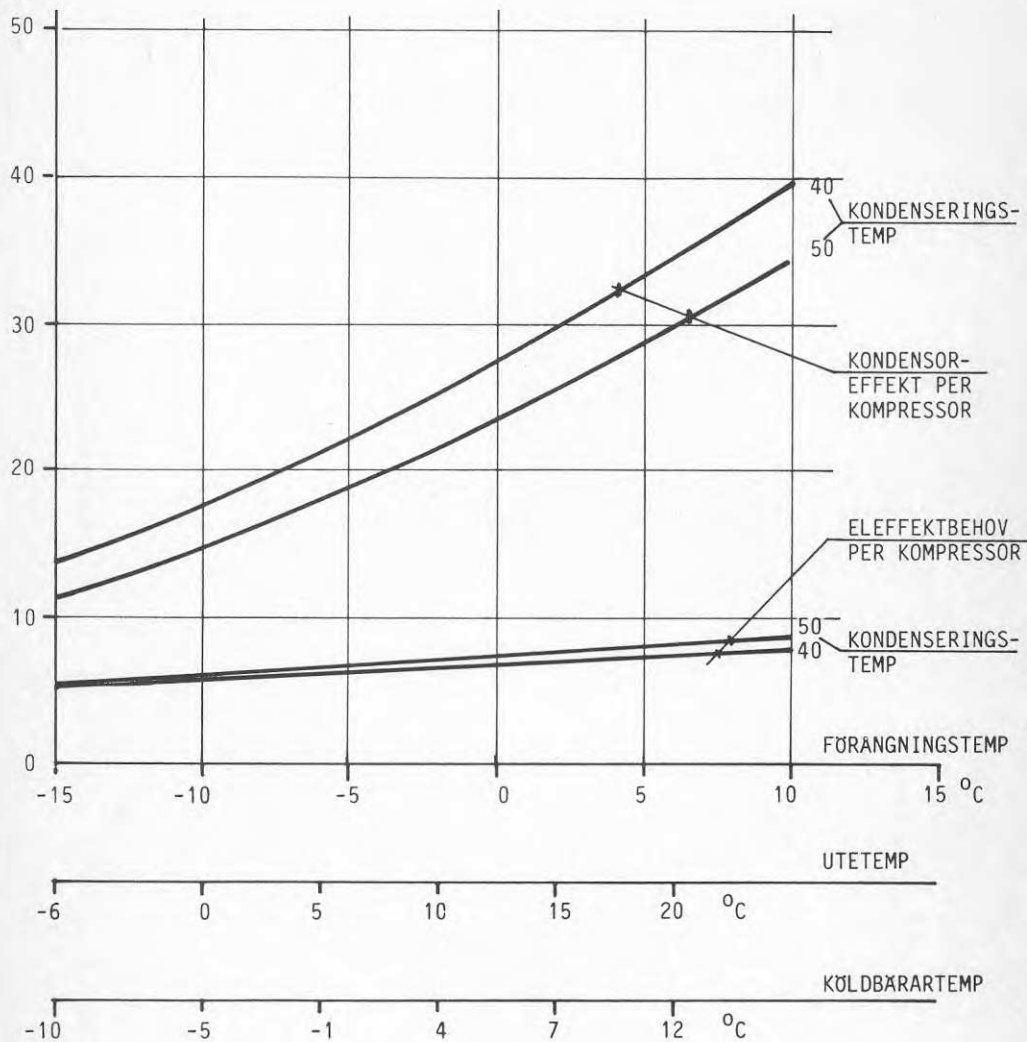
VÄRMEPUMPPROJEKT GULDHEDEN
 VARAKTIGHETSDIAGRAM



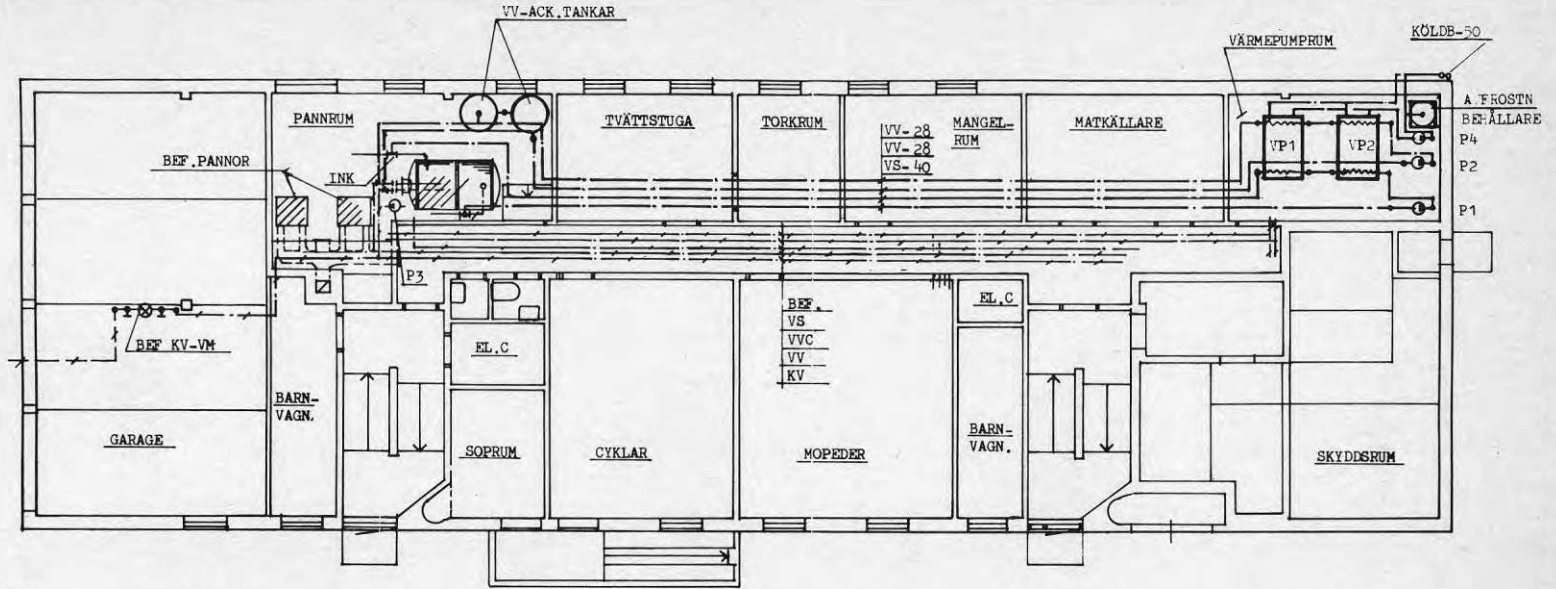
KOMPRESSORPRESTANDA

UNDERKYLNING = 0 °C, ÖVERHETTNING = 5 °C

EFFEKT
kW

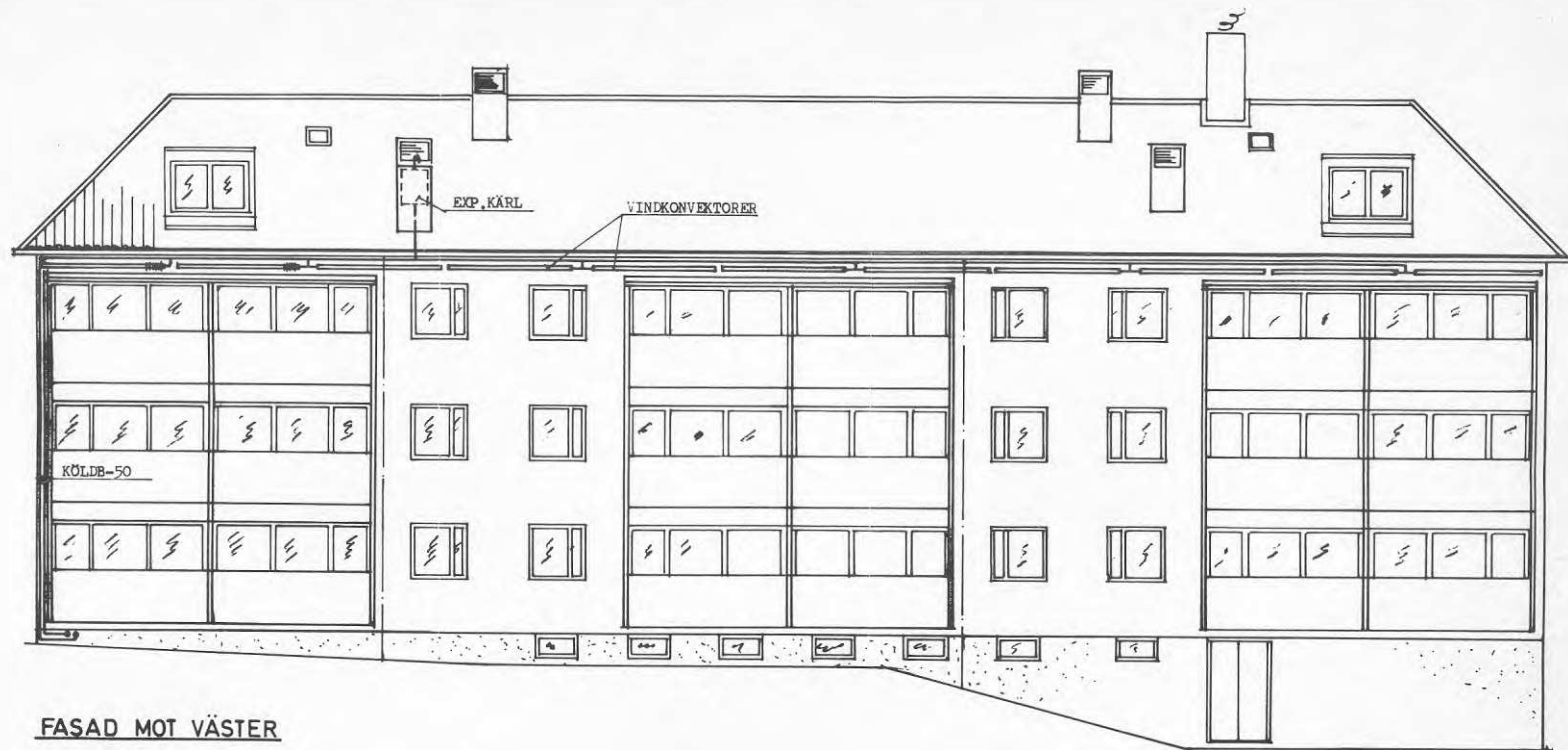


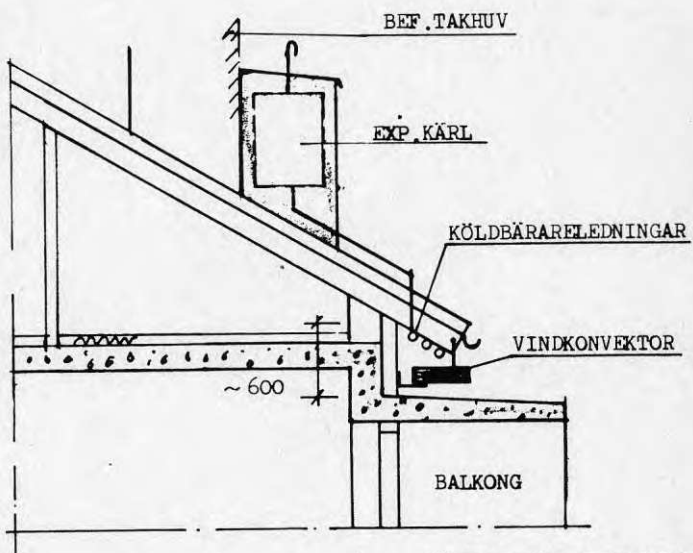
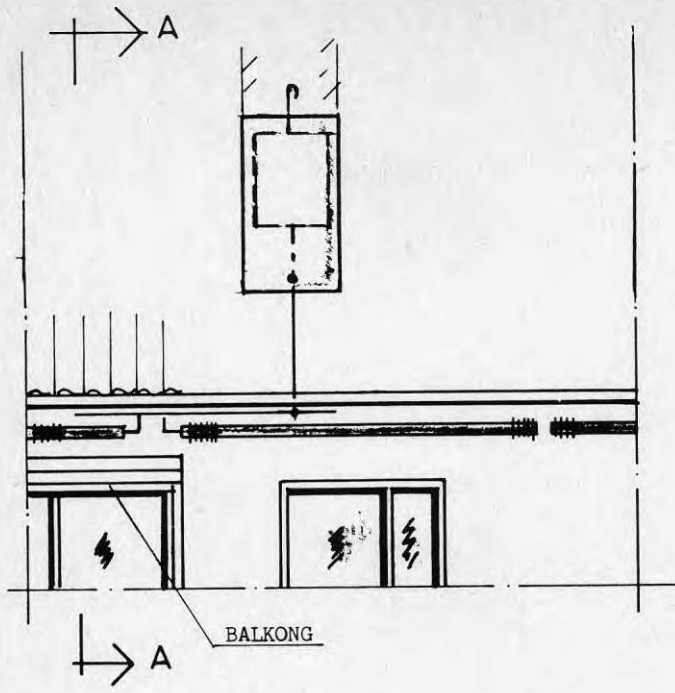
VÄRMEPUMPPROJEKT GULDHEDEN
KOMPRESSORPRESTANDA



KÄLLARPLAN

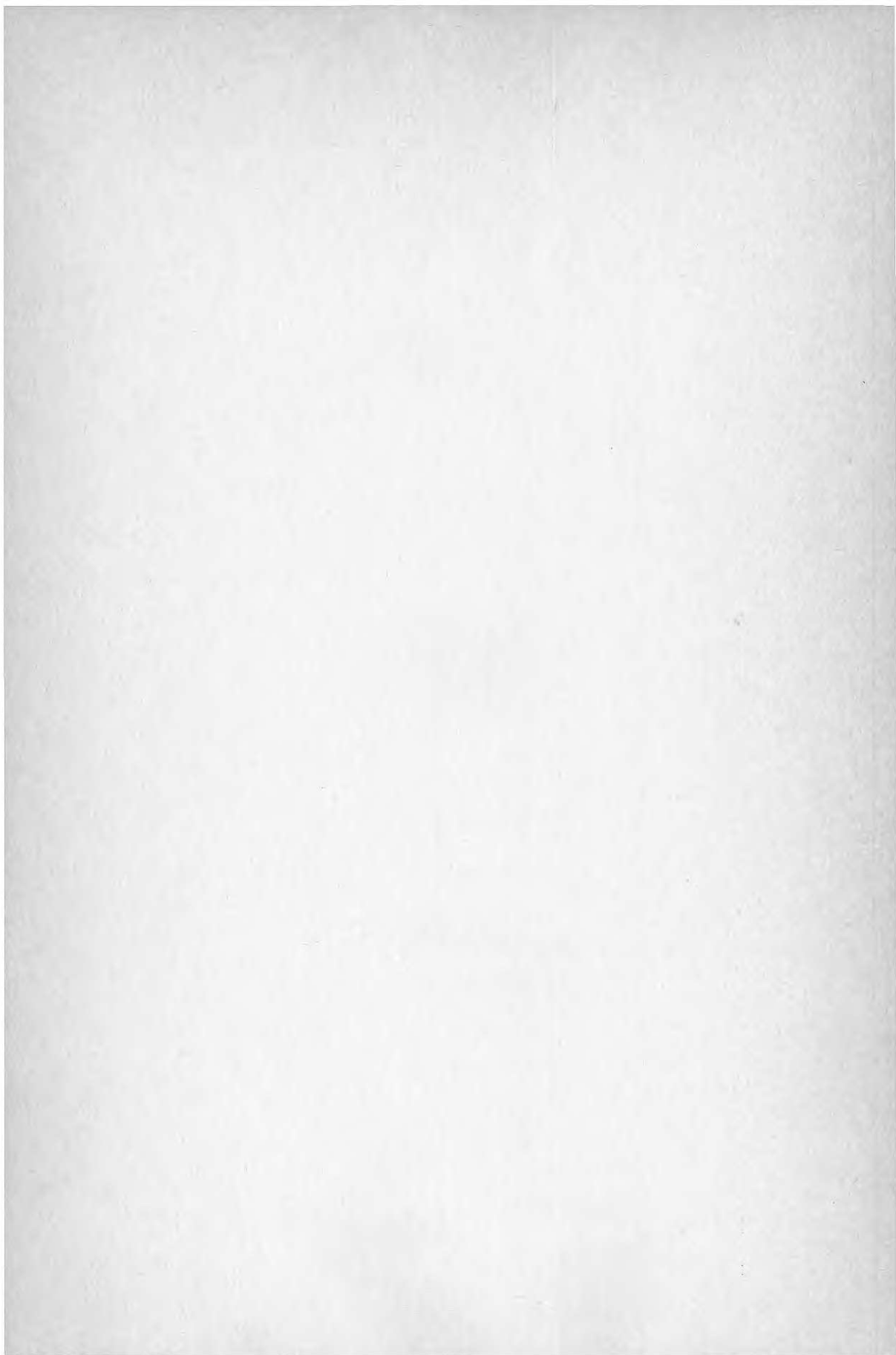
VÄRMEPUMPROJEKT GULDHEDEN
VÄRMEPUMPISTALLATION

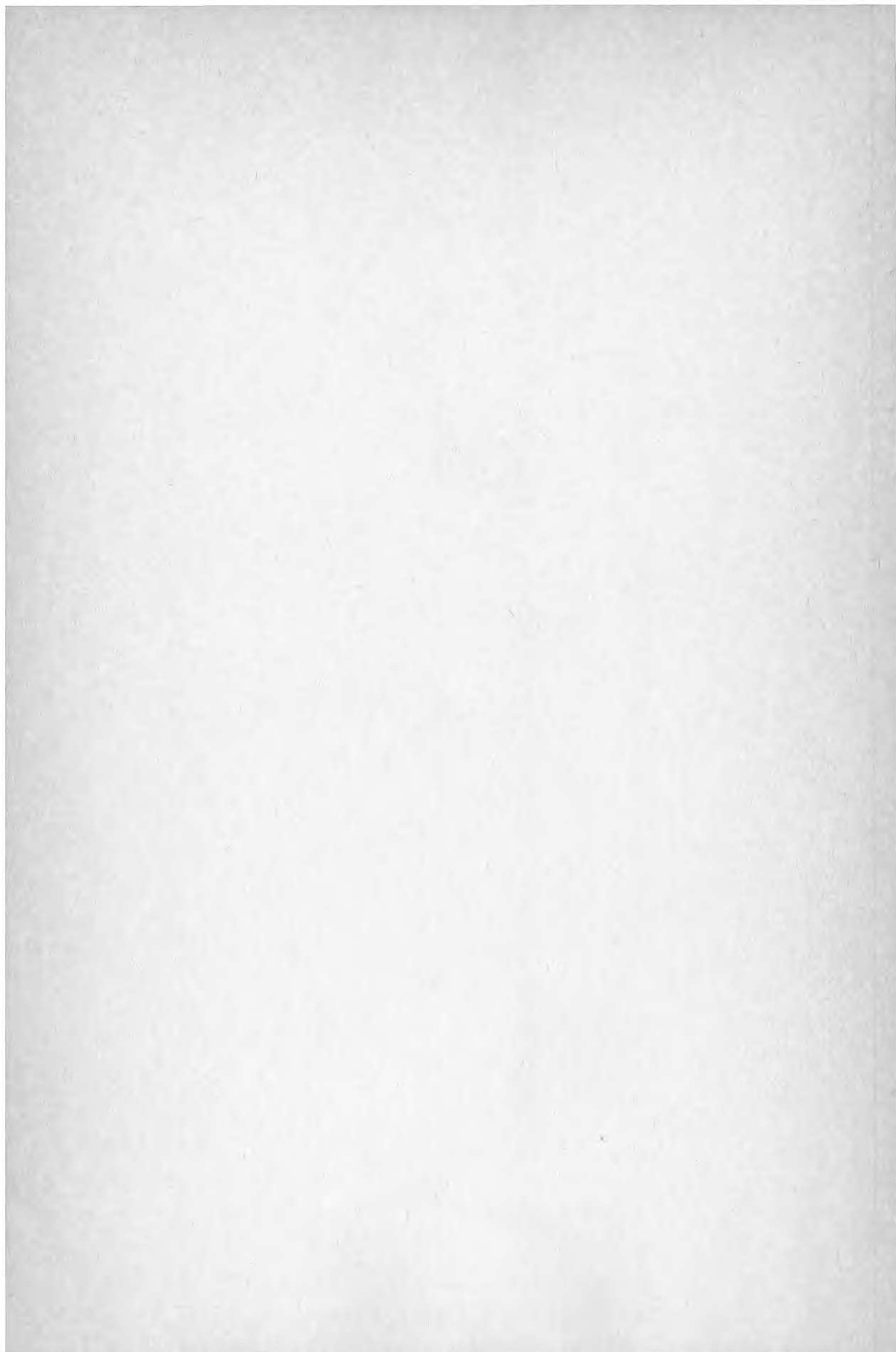


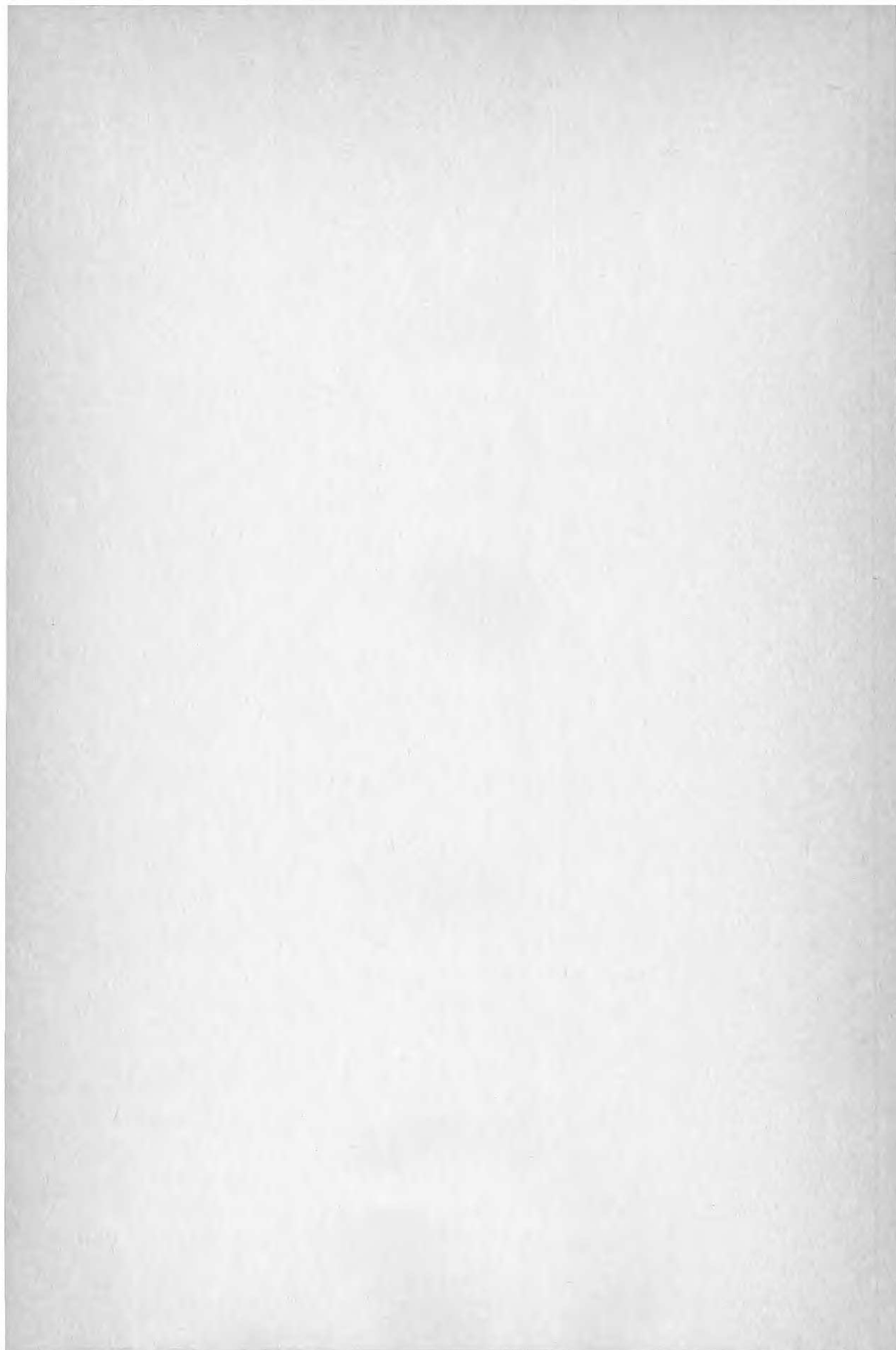


A - A
1:50

VÄRMEPUMPPROJEKT GULDHEDEN
PLACERING AV VINDKONVEKTORER
DETALJER







Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810375-3 från Statens råd för byggnadsforskning till
Energiprojekt Tomas Hallén AB, Göteborg.

R140: 1981

ISBN 91-540-3618-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700440

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 20 kr exkl moms

STATENS RÅD FÖR BYGGNADSFORSKNING
Svea väg 10, S-103 99 Stockholm
Telefon: 08-7853000