



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

R60:1983

Värmeåtervinning ur avloppsvatten

Förstudie av Valla Sjukhus, Linköping

Anders Hedlund
Lennart Litzberg

V
A/W

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

ser

Byggeforskningsrådet

R60:1983

VÄRMEÅTERVINNING UR AVLOPPSVATTEN
Förstudie av Valla Sjukhus, Linköping

Anders Hedlund
Lennart Litzberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
820678-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till L.B. Larsson & Co Konsulterande Ingenjör-
byrå AB, Stockholm.

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

R60:1983

ISBN 91-540-3917-7
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1. INLEDNING	9
2. BESKRIVNING AV VALLA SJUKHUS	11
2.1 Vattenförbrukning för spol- desinfektorer.....	11
2.2 Varmvattenförbrukning	12
2.3 Total vattenförbrukning	13
3. BERÄKNING AV ENERGIINNEHÅLL I AVLOPPET	15
3.1 Mätningar av energiinnehållet från Lidingö, Täby, Farsta, Skövde och Blackebergs Sjukhus	15
3.2 Beräkning av värmeenergin i avloppet från Valla Sjukhus	17
3.3 Värmeenergi i avloppet med spol- desinfektorer med inbyggda ång- alstrare	22
3.4 Sammanfattning	24
4. ÅTERFÖRING AV ÅTERVUNNEN AVLOPPS- ENERGI	25
5. ÅTERVINNINGSBARA ENERGIMÄNGDER, DIMENSIONERING	27
5.1 Med värmepump och befintliga spoldesinfektorer	27
5.2 Med värmepump och spoldesinfektorer med ångalstrare	33
5.3 Utan värmepump	35
5.3.1 Med befintliga spoldesinfektorer	35
5.3.2 Med ombyggda spoldesinfektorer	35
6. FÖRSLAG TILL UTFÖRANDE	37

SAMMANFATTNING

Valla Sjukhem är ett långvårdssjukhus med 450 vårdplatser och tillhörigt Östergötlands Läns Landsting.

En beräkning av återvinningsbara energimängder i utgående avloppsvatten är gjord, där främst mätningar av energiinnehållet i avloppsvattnet från andra långvårdssjukhus (R22:1980 och R47:1980) samt Valla Sjukhems vattenförbrukning legat till grund - se bild 1.

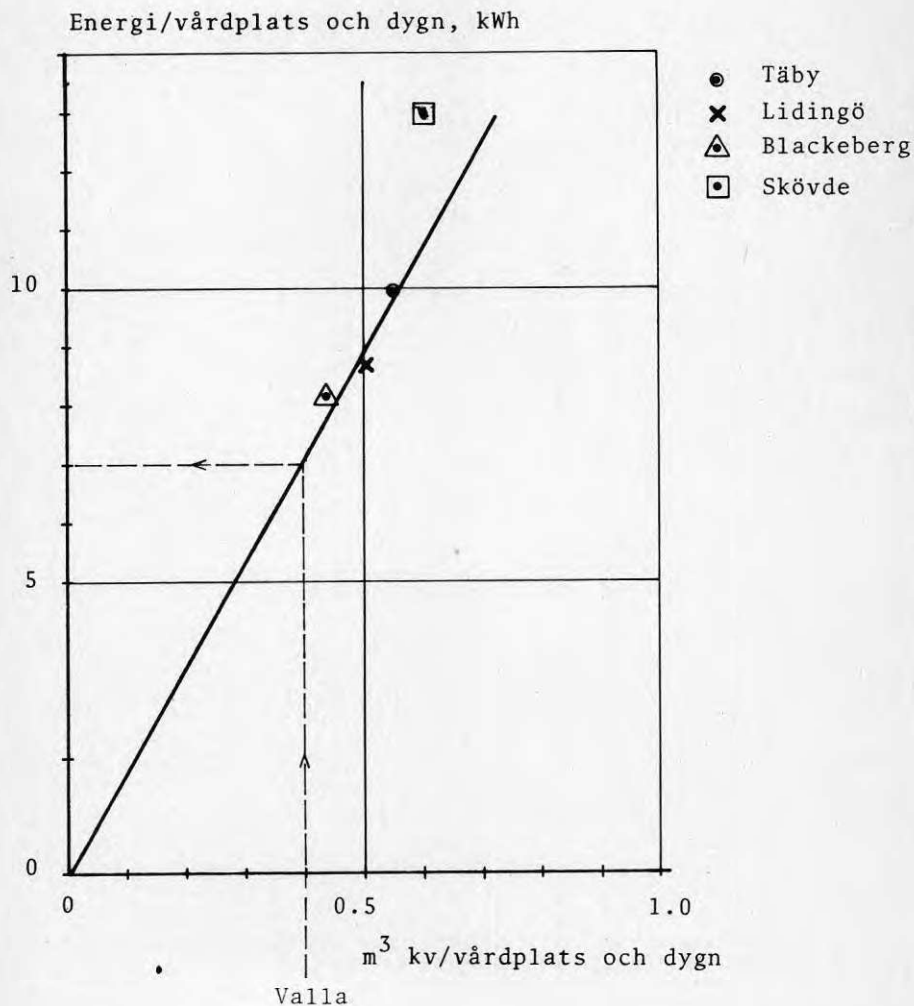


Bild 1

Vattenförbrukningen - hetvarmvatten, varmvatten och kallvatten - före spoldesinfektorerna har beräknats med hjälp av utförda frekvensmätningar medan övrig varmvattenförbrukning är uppskattad bl.a. från mätningar på Märsta Sjukhem, Stockholm och uppgifter från Blackebergs Sjukhus (R47:1980).

Den totala energimängden i avloppet är ca 1150 MWh/år vid en avkylning av avloppsvattnet till 8 °C. Huvuddelen av avloppsvattnet - 80 % - leds till en pumpgrop där värmeåtervinningsanläggningen placeras. Praktiskt kan därför 920 MWh/år återvinnas ur avloppsvattnet. Dessa energimängder är beräknade utifrån de befintliga spoldesinfektorerna som matas med hetvarmvatten, varmvatten och kallvatten. Planer finns att bygga om spoldesinfektorerna och förse dessa med inbyggda elektriska ångalstrare. Konsekvensen härav är att hetvarmvattenförbrukningen för spoldesinfektorerna helt försvinner medan varmvattenförbrukningen ökar något. Energiinnehållet i avloppet sjunker till 535 MWh och i pumpgropen till 430 MWh. Avloppsvattnets medeltemperatur minskar också från 23 °C till ca 16 °C. Värmebehovet för att värma hetvarm- och/eller varmvattnet till 50 °C är 1025 MWh/år respektive 610 MWh/år. Svårigheterna som är förenade med en värmeåtervinning ur avloppsvatten är främst den kraftiga föroreningen och det varierande flödet.

Som avloppsvärmeväxlare har valts en konstruktion avsedd för kraftigt förorenade medier och utförd med kontinuerlig mekanisk rengöring av värmeytorna och som är utvecklade med stöd från Statens råd för byggnadsforskning och presenterad i R95:1979 och R104:1982. Denna konstruktion anses väl klara de krav som ställs på en avloppsvärmeväxlare. Den dimensionerande effekten hos en avloppsåtervinningsanläggning är beroende av hur avloppet och värmesänkan - förbrukningsvattnet som skall värmas - varierar under dygnet.

Huvuddelen av avloppet från Valla leds till en pumpgrop med så stor volym att avloppets flödesvariationer utjämnas.

En optimering av avloppsåtervinningsanläggningen får därför ske med värmesänkans - förbrukningsvattnet för hetvarm- och varmvatten - dygnsvariation som grund. Värmeenergin i avloppsvattnet kan återföras till värmesänkan dels, med hjälp av värmepump då en varmvatten-temperatur av 50 °C kan erhållas, dels utan värmepump då enbart en förvärmning av förbrukningsvattnet erhålls. Om förbrukningsvattnet förvärms direkt i avloppsvärmeväxlaren kan detta värmas ca 12 °C medan om ett mellanmedium - p.g.a. föroreningsrisken - anses nödvändigt temperaturstegringen hos förbrukningsvattnet blir ca 7 °C. Vid ombyggda spoldesinfektorer sjunker den möjliga temperaturökningen hos förbrukningsvattnet till ca 6 °C respektive 4 °C.

En sammanställning av de energimängder som kan återvinnas från avloppsvattnet och tillföras förbrukningsvattnet för hetvarm- och/eller varmvatten samt medföljande drifts-, service och kapitalkostnader finns gjord i tabell 1.

Som driftskostnader räknas elenergiförbrukningen för värmepumpens kompressor. Servicekostnaden uppskattas till 15000 kr/år vid ett utförande med värmepump och 10000 kr/år utan värmepump.

Investeringskostnaden delas upp i lika stora årliga utbetalningar - annuiteter - baserade på 15 % ränta och 15 års avskrivning (enl. Östergötlands Läns Landstings avskrivningsregler).

Kostnaden för den fjärrvärmeenergi som ersätts är 0.23 kr/kWh medan elenergin kostar 0.21 kr/kWh.

TAB. 1 Sammanställning av olika alternativ för avloppsåtervinningsanläggningen med lönsamhetsanalys

	Energimängd som kan återvinnas MWh/år	Driftskostnad kkr/år	Investeringskostnad kkr	Årligt överskott kkr/år	"Pay-off" år
Bef. spoldesinfektorer					
med värmepump	918	70	600	+39	4.3
utan värmepump	260	10	220	+13	4.4
direkt värmeväxling					
utan värmepump	150	10	240	-16	9.6
indirekt värmeväxling					
Ombyggda spoldesinfektorer					
med värmepump	550	48	480	-4	6.2
utan värmepump	150	10	170	-5	6.8
direkt värmeväxling					
utan värmepump	90	10	190	-21	17.3
indirekt värmeväxling					

1 INLEDNING

Avloppsvatten från sjukhus innehåller stora värmenergimängder. Temperaturen på vattnet under dagtid ligger oftast mellan 25 - 30 °C.

I två tidigare undersökningar och utredningar har flöden, temperaturer och energimängder hos avloppsvattnet uppmätts vid långvårdssjukhusen i Täby, Lidingö och Farsta samt kärnsjukhuset i Skövde (R22:1980) samt vid Blackebergs långvårdssjukhus (R47:1980).

Östergötlands Läns Landsting, som i flera år genomfört en rad energibesparande åtgärder i sitt byggnadsbestånd, är nu för sin planering av ytterligare energibesparingsåtgärder intresserade av att utreda de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för en energiåtervinningsanläggning för avloppsvatten.

Bland de problem som måste lösas för en återvinningsanläggning är förutom avloppsvattnets kraftiga förorening även möjligheten att utjämna avloppsvattnets kraftiga flödesvariationer speciellt om återvinningsanläggningen skall utrustas med värmepump, detta för att med en begränsad effekt kunna återvinna värmegraden även ur de toppar av avloppsflöde och temperatur som är karaktäristiskt för sjukhus.

I Valla Sjukhus ledes nästan allt avloppsvatten till en pumpkammare. Flödet som är anslutet till kammaren utgör ca 80 % av det totala flödet. De stora flödesvariationerna utjämnas till stor del i den ca 45 m³ stora kammaren.

Som underlag för denna utredning har, förutom ovan nämnda BFR-utredningar bl.a. också förelegat resultat från mätningar, av vattenförbrukning och vattentemperaturer, utförda av sjukhusets driftspersonal.

2 BESKRIVNING AV VALLA SJUKHUS

Valla Sjukhus är ett långvårdssjukhus med 450 vårdplatser.

Varmvattenberedningen och förvärmningen av hetvarmvattnet görs med hjälp av värmeväxlare anslutna till fjärrvärmenätet.

Hetvarmvattnet eftervärms sedan med el till ca 90 °C. Varmvattentemperaturen är ca 50 °C.

Av varm- och hetvarmvattenförbrukare kan nämnas terapi-badavdelning, kök och 40 st spoldesinfektorer.

Total förbrukad energimängd för värme, ventilation och varmvattenberedning är ca 13000 MWh/år. Inkommande mängd kallvatten 65000 m³ per år varav enl. uppgift från sjukhuset ca 14000 m³ åtgår till varm- och hetvarmvatten.

2.1 Vattenförbrukning för spoldesinfektorer

Frekvensmätningar på de befintliga spoldesinfektorerna av fabrikat Växjö Rostfritt AB ses i tabell 2.1

TAB. 2.1 Frekvens och vattenmängder för spoldesinfektorer

Typ	Antal	Frekvens spoln/år	hvv l/ggn	vv l/ggn	kv l/ggn
S-10	10	16790	26.5	17.5	12
S-121	10	8030	34.0		14
S-15	10	7300	25.5		10.5
S-123	10	5475	30		12

Mätningarna har gjorts under 14 dagar varifrån årsvärdena har beräknats.

Den totala användningen av vatten för spoldesinfektorerna ses i tabell 2.2

TAB. 2.2 Total vattenförbrukning för spoldesinfektorerna

m ³ /år	h.v.v °C	m ³ /år	v.v °C	m ³ /år	k.v °C
10685	90	2900	50	5488	8

Den totala vattenförbrukningen är 65000 m³/år varav alltså spoldesinfektorerna svarar för 19000 m³/år eller ca 30 %.

Med 450 vårdplatser erhålles förbrukningen per vårdplats och dygn i tabell 2.3

TAB. 2.3 Vattenförbrukning för spoldesinfektorer per vårdplats och dygn

h.v.v 1	v.v 1	k.v 1	tot 1
65	18	33	116

Dessa värden kan jämföras med mätningar och beräkningar från Blackebergs Sjukhus (Hedlund 1980) som visar på en total vattenförbrukning för spoldesinfektorer av 102 l per vårdplats och dygn fördelat så att hetvarmvattenförbrukningen var ca 77 l/vårdplats och dygn. Spoldesinfektionsapparaterna i Blackeberg hade en större hetvarmvattenförbrukning per spolning än de i Valla.

Mätningar av Spri (Spri 1969) visar för ett ekvivalent antal av 210 långvårdspatienter, hetvarmvattenförbrukning var 54 l/vårdplats och dygn.

Medelfrekvensen för Valla är 2.29 spolningar per vårdplats och dygn medan enl. Sprirapporten en mätning under 4 dygn ger en medelfrekvens av 2.05 spolningar per vårdplats och dygn.

Med en medelförbrukning av 34 liter hetvarmvatten per spolning för spoldesinfektorerna i Blackeberg erhålles en medelfrekvens av 2.27 spolningar per vårdplats och dygn.

2.2 Varmvattenförbrukning

Varmvattenförbrukningen på Valla Sjukhus har uppgivits till ca 2000 m³/år vilket medför att varmvattenförbrukningen endast är 3 % av den totala vattenförbrukningen eller 12 liter varmvatten per vårdplats och dygn.

Insamlade uppgifter från samtliga Landsting och sammanställda av Spri visar att i medeltal ca 1/5 av vattenanvändningen på sjukhus åtgår till varm- och hetvarmvatten. Bara en del sjukhus hade någon uppgift på varmvattenandelen och sannolikt är uppgifterna inte alltid baserade på mätningar.

Mätningar på Märsta Sjukhus, där Stockholms Läns Landsting vill se effekterna på energianvändningen av olika byggnads- och installationsutföringssätt, visar att andelen varm- och hetvarmvatten är ca 40 % av den totala vattenförbrukningen. På 48 vårdplatser förbrukas tot. 4900 m³/år varav alltså 1930 m³/år går till varm- och hetvarmvatten.

Fördelningen mellan varmvatten och hetvarmvatten för spoldesinfektorerna har ej mätts men om ett värde på ca 60 l hvv/vårdplats och dygn antages, erhålles en förbrukning av 1050 m³ per år hetvarmvatten i spoldesinfektorerna och ca 900 m³ förbrukas som varmvatten. Detta ger ett förhållande mellan varmvattenförbrukningen och total vattenförbrukning av 0.18 och mellan varmvatten- och hetvarmvattenförbrukning av 0.86.

Överföres dessa värden till Valla erhålles en varmvattenförbrukning på ca 10000 m³ per år vilket också stämmer bra med resultatet från Blackebergs Sjukhus.

2.3 Total vattenförbrukning

Vattenförbrukningen för Valla Sjukhus kan från ovanstående antagas vara enligt tabell 2.4

TAB. 2.4 Vattenförbrukning i Valla Sjukhus i m³ per år

k.v (+8°C)	v.v (50°C)	h.v.v (90°C)	tot
44000	10000	11000	65000

Eller som förbrukning per vårdplats och dygn enligt tabell 2.5

TAB. 2.5 Vattenförbrukning i Valla Sjukhus i liter per vårdplats och dygn

k.v	v.v	h.v.v	tot
256	61	65	396

3 BERÄKNING AV ENERGIINNEHÅLL I AVLOPPET

Värmeenergin i avloppsvattnet kommer från varm- och hetvarmvattenanvändning och från kallvatten som värmts inom fastigheten eller i dess rörsystem.

All energi som tillföres varm- och hetvarmvatten återfinns ej i avloppet eftersom förluster i form av rörledningsförluster och avdunstningsförluster reducerar den andel av energin som tillföres avloppsvattnet.

3.1 Mätningar av energiinnehållet från Lidingö, Täby, Farsta, Skövde och Blackebergs Sjukhus

I en byggforskningsrapport, R22:1980, redovisas mätningar på värmeenergiinnehållet i avloppsvattnet från fyra sjukhus. Av dessa är 3 st; Lidingö, Täby och Farsta, mindre långvårdssjukhus med 192 vårdplatser medan ett är kärnsjukhuset i Skövde med ca 800 vårdplatser. Mätningar och beräkningar från Blackebergs Sjukhus, som vid mättillfället var ett långvårdssjukhus med 376 vårdplatser, finns redovisade i byggforskningsrapport R47:1980.

Den totala vattenförbrukningen per vårdplats och dygn som funktion av antalet vårdplatser, för dessa fyra sjukhus samt Valla visas i bild 3.1.

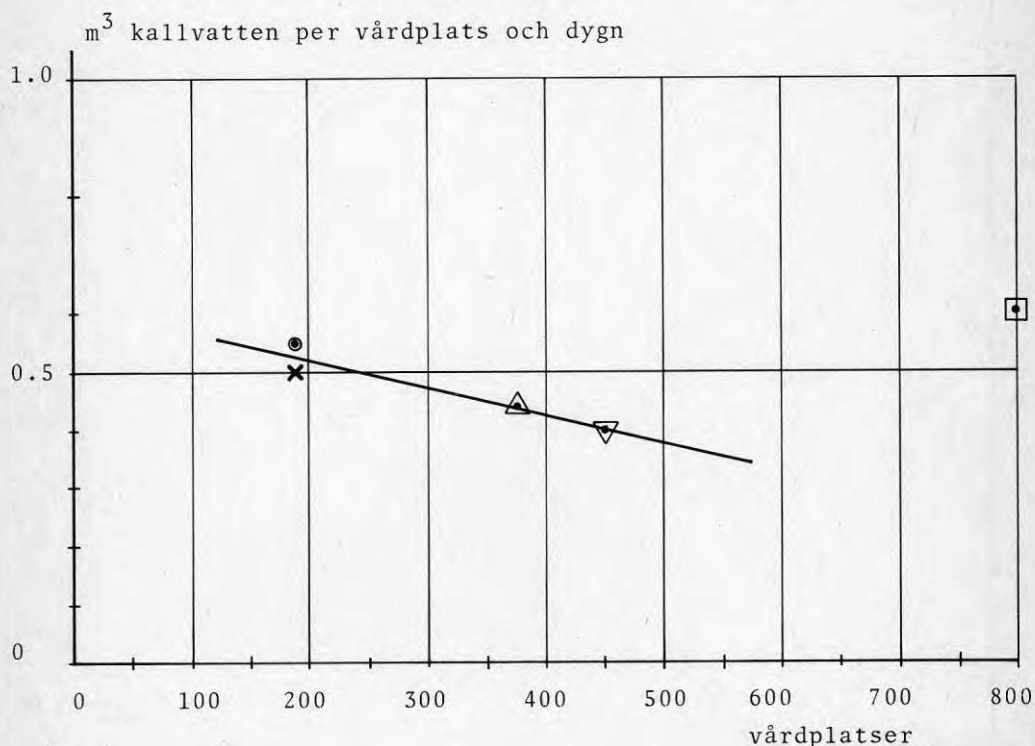


Bild 3.1 Total vattenförbrukning per dygn och vårdplats som funktion av antalet vårdplatser.

Som framgår av bilden faller Farsta helt utanför de övrigas vattenförbrukning, medan Skövde ej följer den trend som Lidingö, Täby, Blackeberg och Valla har. Då Skövde är ett storsjukhus och resultatet från Farsta Sjukhus är mycket egendomligt används ej dessa sjukhus vid beräkningen av energimängden i avloppet från Valla Sjukhus.

I bild 3.2 visas energimängden i avloppsvattnet per dygn och vårdplats som funktion av vattenförbrukningen per vårdplats och dygn.

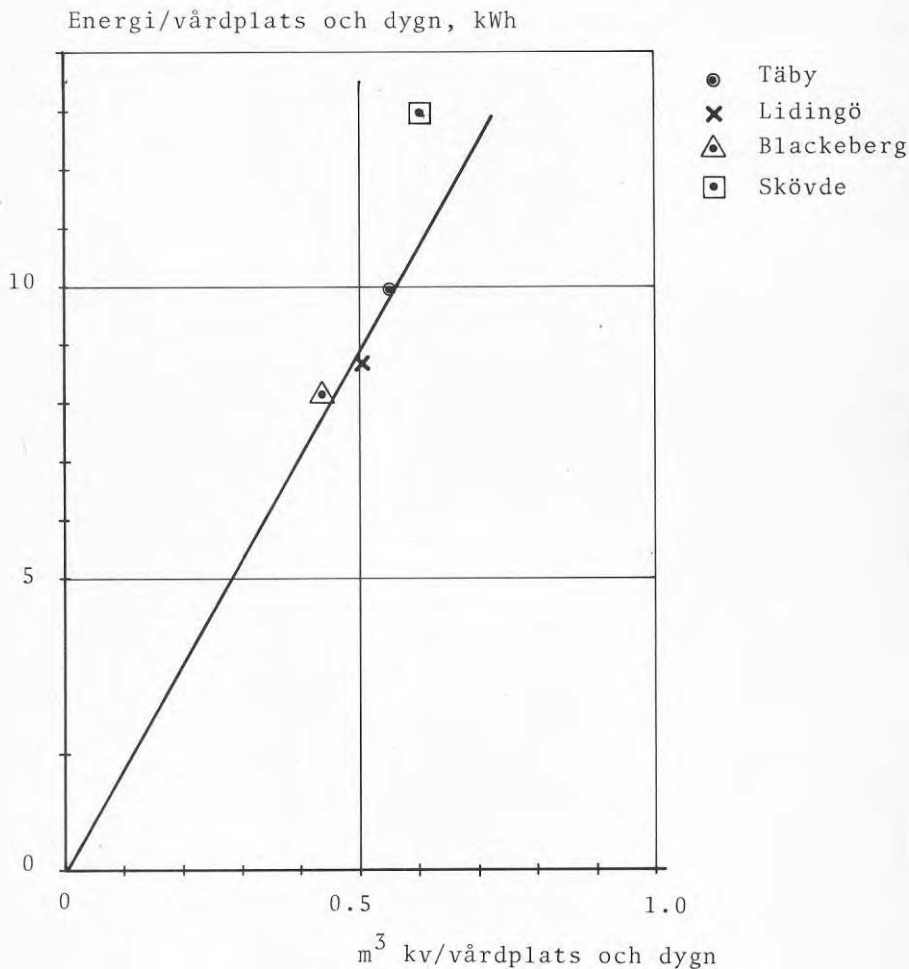


Bild 3.2 Energiinnehållet i avloppet per vårdplats och dygn som funktion av total vattenförbrukning per vårdplats och dygn. Avloppsvattnet kyls till $+8^{\circ}\text{C}$

Av bilden framgår att Valla, som har en totalvattenförbrukning på $0.4 \text{ m}^3/\text{vårdplats}$ och dygn bör ha ett energiinnehåll i avloppet på ca 7 kWh/dygn och vårdplats eller 1150 MWh/år .

Energiinnehållet är härvid definierat utifrån en avkylning av avloppet till $+8^\circ\text{C}$.

Medeleffekten i avloppet per timme och vårdplats för Lidingö, Täby och Blackebergs Sjukhus ses i bild 3.3.

3.2 Beräkning av värmeenergin i avloppet från Valla Sjukhus

En korrigerigering av dessa värden enligt bild 3.2 till ett totalvattenflöde av 0.4 m^3 per vårdplats och dygn, som gäller för Valla Sjukhus, ses i bild 3.4

Bild 3.3 och 3.4 kan också redovisas som varaktighetskurvor där bild 3.5 visar spridningen mellan Täby, Lidingö och Blackebergs Sjukhus. Effekterna är också här korrigerade till en totalvattenförbrukning av 0.4 m^3 per vårdplats och dygn.

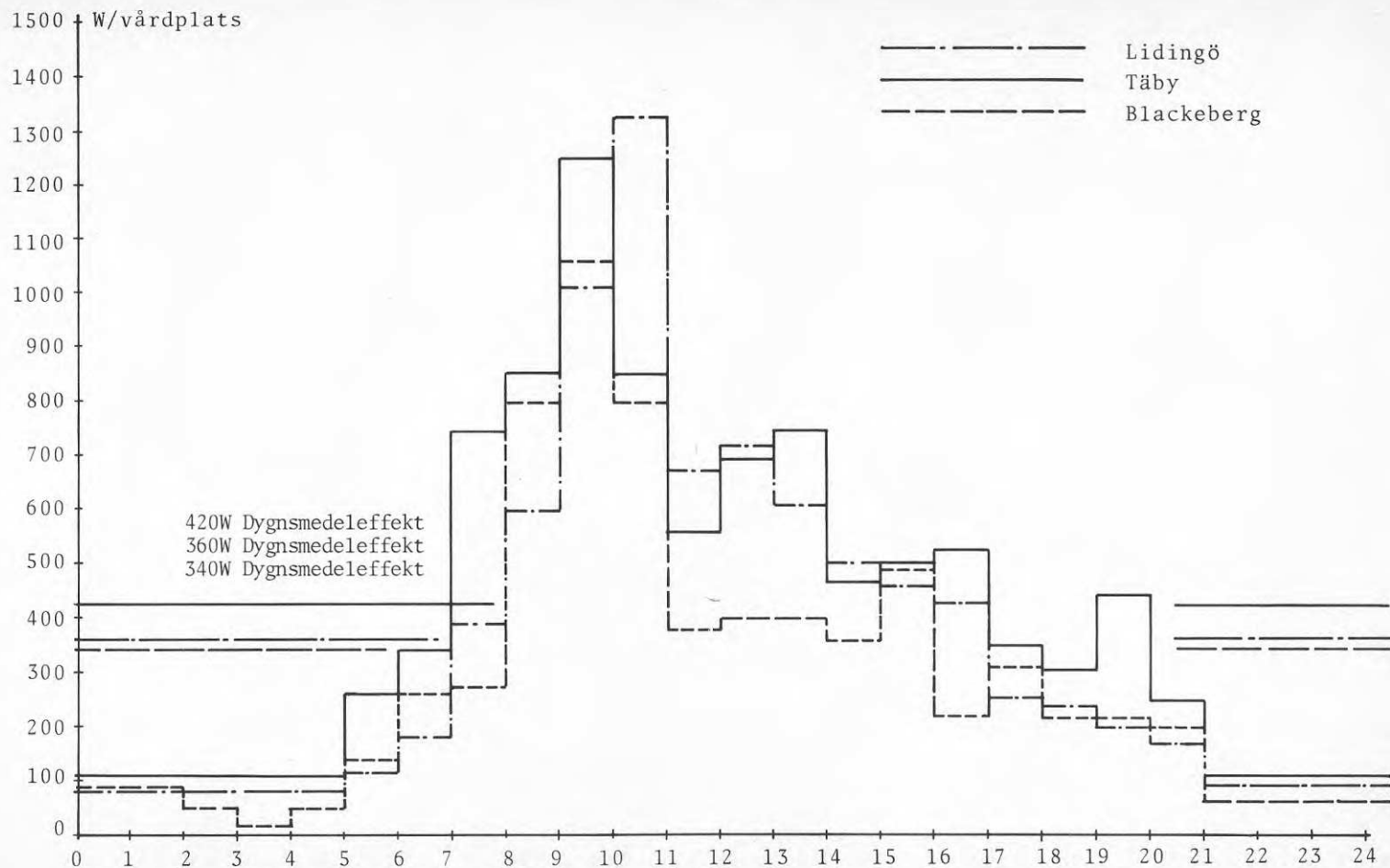


Bild 3.3 Medeleffekten i W/vårdplats för tre sjukhus under ett dygn

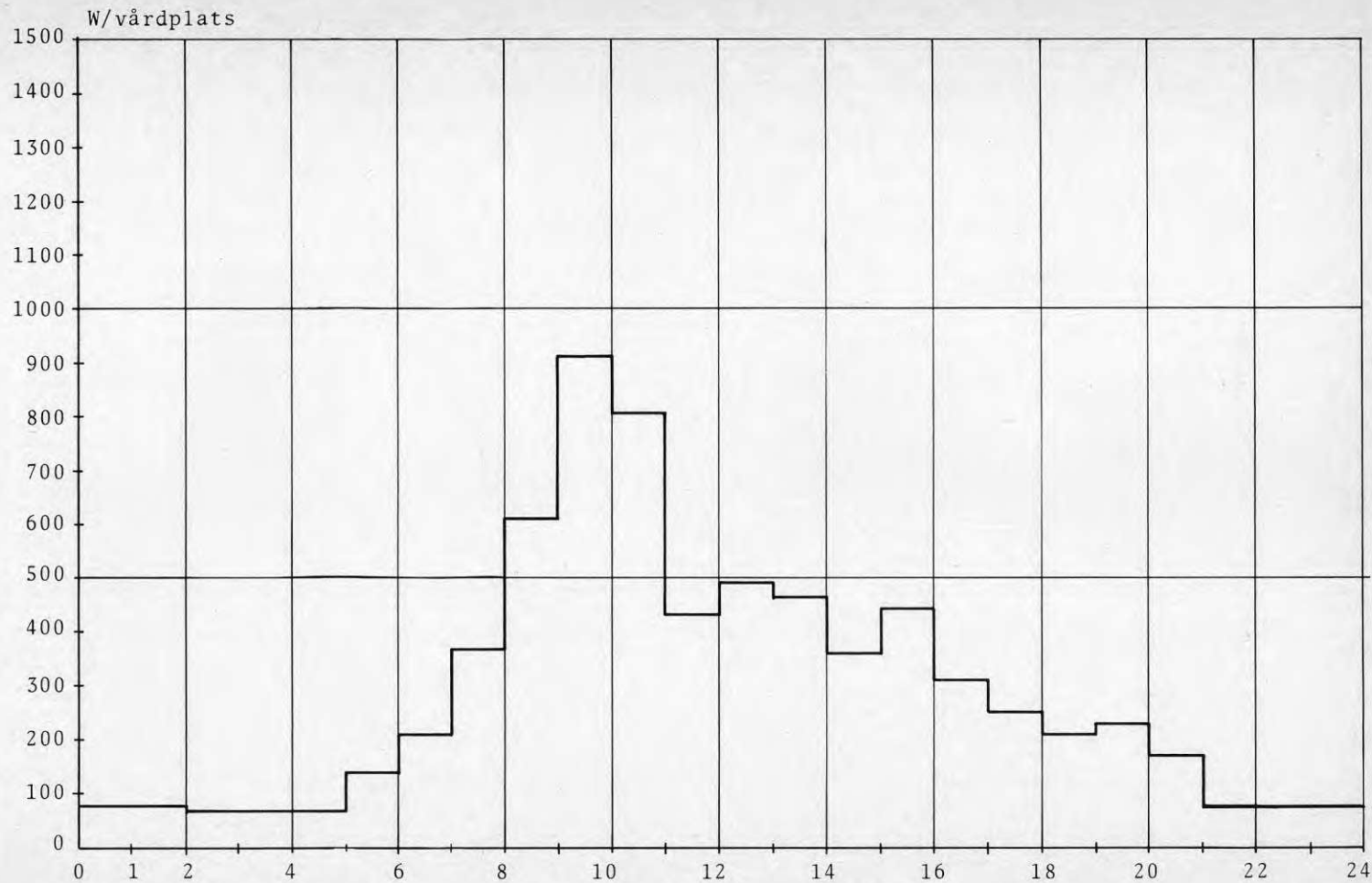


Bild 3.4 Beräknad medeleffekt i avloppet för Valla Sjukhus

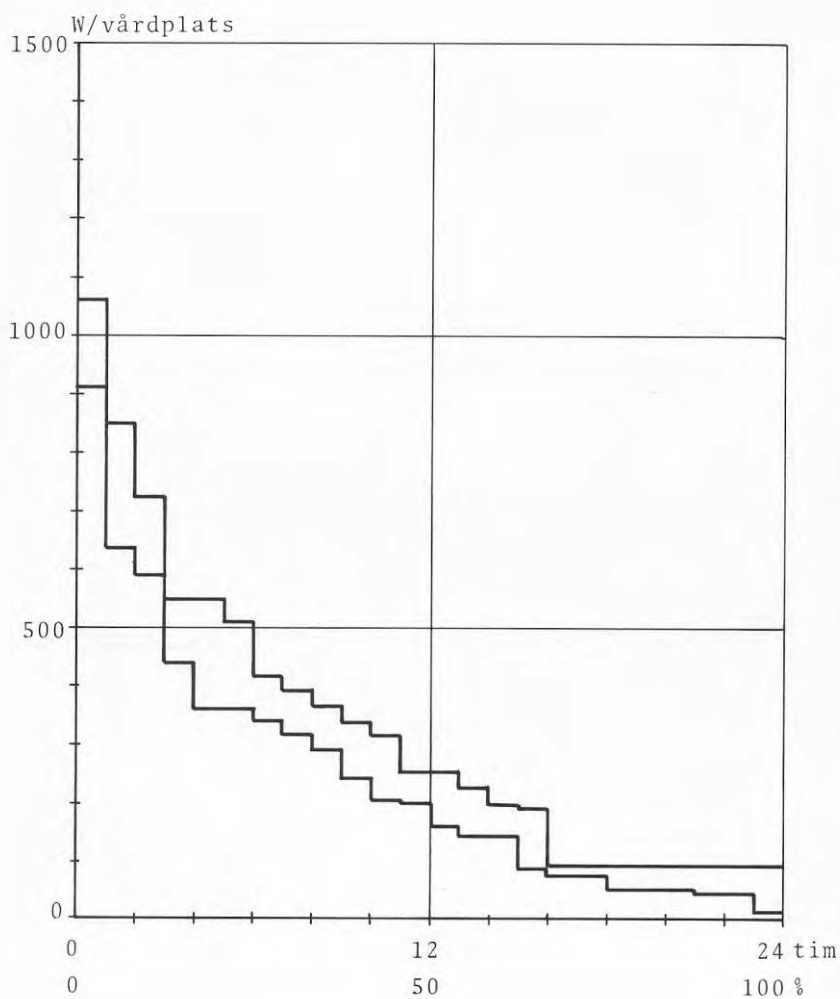


Bild 3.5 Varaktigheten för timmedeleffekten i avloppet vid en tänkt nedkylning till +8°C för Täby, Lidingö och Blackebergs Sjukhus. Värdena korrigerade till en totalvattenförbrukning av 0.4 m³/vårdplats och dygn

I bild 3.6 redovisas medelvärdet för Täby, Lidingö och Blackebergs Sjukhus korrigerade till Vallas vattenförbrukning. Bild 3.6 kan därför sägas representera fördelningen av värmeeffekten i avloppet från Valla Sjukhus.

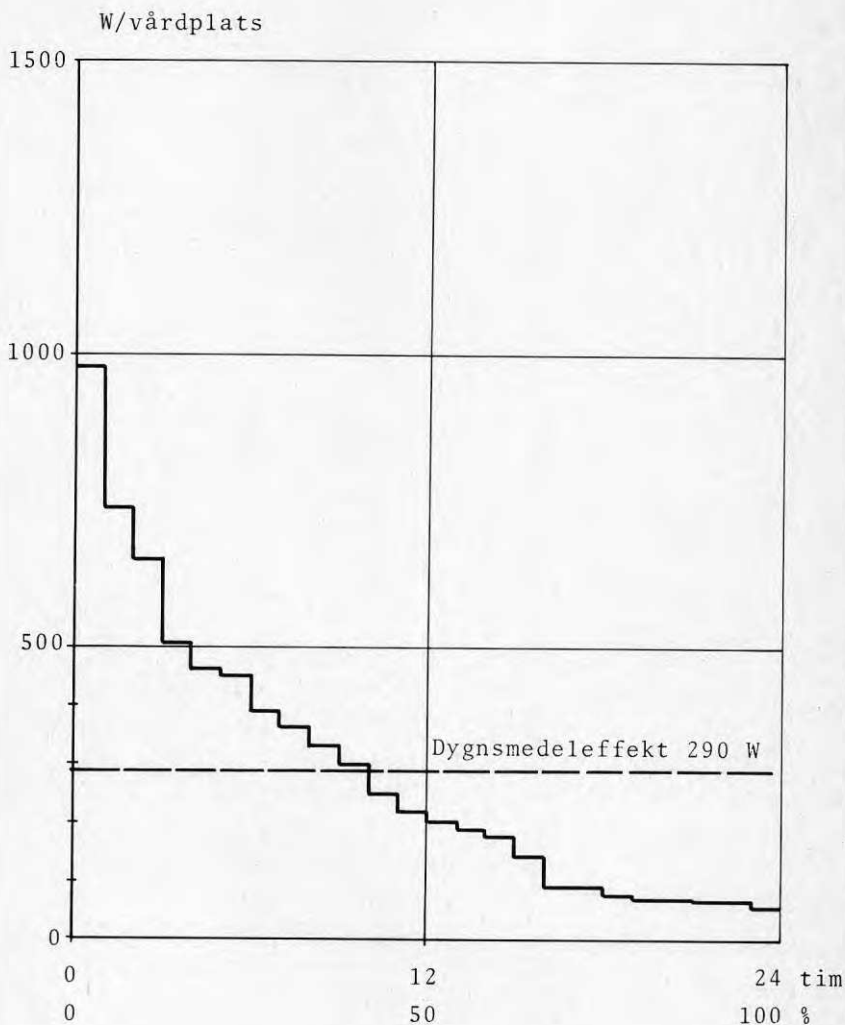


Bild 3.6 Beräknad varaktighet för timmedeleffekten i avloppet från Valla Sjukhus

Enligt tidigare så leds ca 80 % av avloppsflödet till den pumpgröp varifrån en tänkt avloppsvärmeväxlare skall återvinna värmeenergin i avloppet. Den tillgängliga energin i avloppet från Valla Sjukhus blir därför ca 920 MWh/år.

Enligt 3.1 är den totala avloppsenergin ca 1150 MWh/år. En beräkning av erforderlig värmeenergi för beredning av hetvarm- och varmvatten visar att denna är

$$[10000 (50-8) + 11000 (90-8)] \cdot 4.19 = 5539180 \text{ MJ}$$

eller 1540 MWh per år

detta innebär att ca 75 % av den tillförda värmeenergin återfinns i avloppet.

För Valla innebär detta att då 80 % av avloppet kan utnyttjas (920 MWh) relationen mellan återvinningsbar energi i avloppet och tillförd energi för hetvarm- och varmvattenberedning är

$$\frac{920}{1540} \cdot 100 = 60 \%$$

Avloppsvattnets energiinnehåll påverkas naturligtvis även av att inkommande tappkallvatten värms upp inom byggnaden men denna energimängd är sannolikt liten jämfört med de förluster som sker från distributionsledningar för hetvarm- och varmvatten samt avdunstningsförluster från spoldesinfektorer, duschar, bad etc.

3.3 Värmeenergi i avloppet med spoldesinfektorer med inbyggda ångalstrare

Om de befintliga spoldesinfektorerna byggs om från att matas med hetvarmvatten till att utrustas med inbyggda ångalstrare kommer förbrukningen av hetvarm- och varmvatten att förändras.

I tabell 3.1 visas förändringen av vattenförbrukning för de befintliga spoldesinfektorerna om dessa byggs om.

TAB. 3.1 Förändring i vattenförbrukning för befintliga spoldesinfektorer då dessa förses med inbyggda ångalstrare

Typ	Antal	v.v l/spoln	k.v l/spoln	ånga kg/spoln	frekvens ggr/år
S10	10	-2.5	+9	0.15	16790
S121	10	+15.5	-3	0.2	8030
S15	10	+11.5	-2.5	0.15	7300
S123	10	+14.5	-4.5	0.2	5475

Om användningen av spoldesinfektorerna antas oförändrad kommer en ombyggnad att resultera i att varmvattenförbrukningen ökar 2460 m³/år, kallvattenförbrukningen ökar med 830 m³/år medan hetvarmvattenförbrukningen minskar med 11000 m³/år. Den totalt genererade ångmängden blir 63145 kg/år. Den erforderliga energimängden för spoldesinfektorerna blir nu (se även tabell 2.2)

$$4.19 \cdot (2900+2460) \cdot (50-8) + 63145 \cdot 2.256 = 1085700 \text{ MJ}$$

eller 300 MWh

Detta innebär en minskning av energianvändningen för spoldesinfektorerna från

$$\left[11000 \cdot (90-8) + 2900 \cdot (50-8) \right] \cdot 4.19 = 428970 \text{ MJ}$$

eller 1190 MWh

till 300 MWh eller med 890 MWh.

Den totala energianvändningen för spoldesinfektorerna och övrig varmvattenberedning blir nu,

$$(10000-2900) \cdot (50-8) \cdot \frac{4.19}{3600} + 300 = 650 \text{ MWh},$$

som skall jämföras med en total energiförbrukning av 1540 MWh med de befintliga spoldesinfektorerna.

Enligt tidigare var energiandelen i avloppet ca 75 % av den till förbrukningsvattnet tillförda.

Efter en ombyggnad av spoldesinfektorerna kommer inget hetvarmvatten att distribueras till dessa varigenom ledningsförlusterna kraftigt reduceras.

Avloppsvattnets medeltemperatur kommer vidare att minska till att vara lägre än normal rumstemperatur vilket medför att värmeavgivningen från avloppsledningarna i stort försvinner.

Avdunstningsförlusterna från spoldesinfektorerna torde vara oförändrade eftersom i båda fallen disk/sköljgodset kyls av något med varmvatten innan locket kan öppnas.

Av mätningar på Märsta Sjukhus framgår att av den tillförda värmeenergin för beredning av 40 och 60-gradigt varmvatten 1/3 förloras som ledningsförluster.

Allt detta medför att en högre andel av den tillförda värmeenergin kan förväntas i avloppet än vad som erhöles för befintliga spoldesinfektorer.

Sannolikt kan man anta att 80-85 % av den tillförda energin kommer avloppsvattnet tillgodo d.v.s. av de tillförda 650 MWh kan mellan 520 MWh och 550 MWh finnas i avloppsvattnet.

Eftersom enbart 80 % av det totala avloppsflödet på Valla kan utnyttjas i en värmeåtervinningsanläggning är den återvinningsbara energimängden ca 430 MWh.

Om den totala vattenmängden 65000 m³/år jämföres med tillförd energi för varm- och hetvarmvattenberedning 1540 MWh medför detta att avloppsvattnets medeltemperatur skulle bli ca 28°C. Energin i avloppet är dock bara 1150 MWh vilket ger en medeltemperatur av 23 °C. En jämförelse med mätningarna på Täby, Lidingö och Blackeberg visar på god överensstämmelse då dygnsmedeltemperaturen där var 24 °C, 22 °C respektive 23 °C. Efter en ombyggnad av spoldesinfektorerna då dessa utrustas med inbyggda ångalstrare kommer teoretiskt den tillförda energin ge en avloppstemperatur på ca 18 °C. Om 80-85 % återfinnes i avloppet kommer avloppsvattnets temperatur att bli ca 16 °C. Den totala avloppsflödet blir efter en ombyggnad 57400 m³/år medan till pumpgruppen och möjligt att återvinna kommer ca 46000 m³/år.

3.4 Sammanfattning

I tabell 3.2 göres en sammanställning av energimängderna i avloppet samt erforderlig tillförd energi för beredning av hetvarm- och varmvatten för dels det utförande som sjukhuset har idag och dels om spoldesinfektorerna byggs om och utrustas med inbyggda elektriska ångalstrare. Energimängderna är de totala inklusive inverkan av varmvattenanvändningen.

TAB. 3.2 Total energiförbrukning för varm- och hetvarmvattenberedning samt energiinnehållet i avloppet för två utföranden av spoldesinfektorerna

	Spoldesinfektorer matade med hetvarmvatten	Spoldesinfektorer med inbyggda ångalstrare
Avloppsflöde tot	65000 m ³	57400 m ³
Avloppsflöde till pumpgrup	52000 m ³	46000 m ³
Energiinnehåll i avloppet, tot	1150 MWh	535 MWh
Energiinnehåll i pumpgrup	920 MWh	430 MWh
Tillförd energi för beredning av hetvarm- och varmvatten, alt. ånga och varmvatten	1540 MWh	650 MWh
Avloppsvattnets dygnsmedeltemperatur	23 °C	16 °C

Av tabell 3.2 framgår att den tillförda energin är i medeltal 60 % större än den energimängd som med en nedkylning av avloppsvattnet till +8°C kan återvinnas.

4 ÅTERFÖRING AV ÅTERVUNNEN AVLOPPSENERGI

I avsnitt 3.4 visas att för den tänkta värmeåtervinningsanläggningen den för beredning av varm- och hetvarmvatten tillförda energin är ca 60 % större än vad som kan återvinnas i avloppet.

De energimängder som kan utnyttjas från en värmeåtervinningsanläggning är beroende på utformningen av värmeåtervinnningssystemet.

Utföres detta utan värmepump och enbart med en avlopps- värmeväxlare som förvärmer den vattenmängd som skall värmas kommer värmebehovet att vara:

$$m_{v.v} \cdot \Delta t + m_{h.v.v} \cdot \Delta t \quad 4:1$$

där $m_{v.v}$ är varmvattenmängden

$m_{h.v.v}$ är hetvarmvattenmängden och

Δt är temperaturhöjningen vid förvärmningen

Temperaturhöjningen Δt °C är beroende på inkommande kallvattentemperatur, avloppsvattnets temperatur och temperaturverkningsgraden η hos avloppsvärmväxlaren. Årsmedeltemperaturen på inkommande kallvatten antages till +8°C, medeltemperaturen på avloppet är enligt tidigare +23 °C medan temperaturverkningsgraden för avloppsvärmväxlaren vid en direkt värmväxling mellan avloppsvatten och förbrukningsvatten är ca 80 %. Skall ett mellanmedium användas för att eliminera risken för ett läckage mellan avloppsvatten och förbrukningsvatten reduceras temperaturverkningsgraden sannolikt till ca 50 %. Möjlig temperaturhöjning vid förvärmning av förbrukningsvatten blir då enl. tabell 4.1

TAB. 4.1 Möjlig temperaturhöjning på förbrukningsvatten vid olika temperaturverkningsgrader och avloppstemperatur

Avloppstemperatur	$\eta = 50 \%$	$\eta = 80 \%$
23 °C	7.5 °C	12 °C
16 °C	4 °C	6.4 °C

Den energimängd som härigenom kan tillföras inkommande varm- och hetvarmvatten blir då enligt tabell 4.2 om avloppstemperaturen 16 °C gäller för det fall då spol-desinfektorerna är ombyggda

TAB. 4.2 Maximal energimängd i MWh/år som kan tillföras förbrukningsvattnet vid värmeväxling utan värmepump

Avloppstemperatur	$\eta = 50 \%$	$\eta = 80 \%$
23 °C	180	290
16 °C	110	175

Användes istället en värmepump tillsammans med avloppsvärmeväxlaren kan betydligt större energimängder återföras till förbrukningsvattnet.

Med en förångningstemperatur av 0 °C och en kondenseringstemperatur på ca 55 °C erhålles en värmefaktor av ca 3.5. Förbrukningsvattnet kan därvid värmas till ca 50 °C och den tillförda drivenergin till kompressorn är ca 40 % av den ur avloppet upptagna energin.

Teoretiskt kan om allt avloppsvatten som når avloppsgropen kyls till 8 °C energimängder enligt tabell 4.3 därvid tillföras förbrukningsvattnet.

TAB. 4.3 Teoretiskt maximal energimängd som kan återföras till förbrukningsvattnet då en värmepump används i kombination med avloppsvärmeväxlare

Avloppstemperatur	MWh/år
23 °C	1290
16 °C	600

Dessa energimängder är lika stora eller större än vad som erfordras för att värma inkommande kallvatten till 50 °C för varmvatten om hetvarmvatten se tabell 4.4. Hetvarmvattnet eftervärms med el till 90 °C.

TAB. 4.4 Värmebehov för att värma varm- och hetvarmvatten till 50 °C

	MWh/år
Spoldesinfektorer med hetvarmvatten	1025
Spoldesinfektorer med ångalstrare	610

5 ÅTERVINNINGSBARA ENERGIMÄNGDER, DIMENSIONERING

5.1 Med värmepump och befintliga spoldesinfektorer

Ovan nämnda återvinningsbara energimängder är de teoretiska om avloppsflöde och uppvärmningsbehov är konstanta under dygnet och lika med dygnsmedelvärdet. Det typiska för en återvinningsanläggning för avloppsvatten är dock att avloppsflöde och uppvärmningsbehov kraftigt varierar under dygnet.

Det är därför nödvändigt att dimensionera värmeåtervinningsanläggningen så att effekten - och därmed kostnaden - optimeras med hänsyn till den återvunna energimängden.

I Valla finns förutsättningar att utjämna avloppsflödets variationer genom att den största delen av avloppet passerar en pumpgröp med en användbar volym på ca 45 m^3 .

I bild 5.1 ses avloppsflödets variation under ett dygn för Blackebergs Sjukhus.

Av bilden framgår att från kl. 08.00 till kl. 16.00 är avloppsflödet större än medelflödet. Den avloppsvolym som representeras av ytan mellan dygnsmedelflödet och kurvan för avloppsflödet är den volym som skall ackumuleras om en avloppsvärmeåtervinningsanläggning skulle dimensioneras för dygnsmedelflödet. Volymen är ca 40 m^3 som omräknat till Valla ger ca 35 m^3 .

En motsvarande betraktelse för Lidingö och Täby omräknat till Valla ger drygt 40 m^3 . Det är alltså möjligt att på avloppssidan dimensionera en återvinningsanläggning för dygnsmedelflödet.

Den optimala storleken på återvinningsanläggningen påverkas i Valla därför enbart av kostnaden per kW för återvinningsanläggningen - avloppsvärmeväxlare och värmepump - och kostnaden per kWh för ackumuleringsvolymen på förbrukningsvattensidan.

Om förbrukningsvattnet värms från $+8 \text{ }^\circ\text{C}$ till $50 \text{ }^\circ\text{C}$ motsvarar 1 m^3 ackumuleringsvolym 49 kWh .

Akkumuleringsvolymen utföres i kopparfodrade värmvattenackumulatorer.

Antages en marginalkostnad av 2500 kr/kW för avloppsvärmeväxlare och värmepump, 20000 kr/m^3 för ackumuleringsvolymen d.y.s. ca 400 kr/kWh och en fast kostnad av 120000 kr^1) som gäller oberoende av anläggningsstorlek inom $100\text{-}200 \text{ kW}$ erhålles följande värden på investeringskostnad och energikostnadsminskning se tabell 5.1. Värdet av den återvunna energin är 230 kr/MWh och kostnaden för elenergin till värmepumpen är 210 kr/MWh enligt uppgifter från driftspersonalen på Valla. Vidare är en servicekostnad på ca 30000 kr/år medräknad. Som grund för tabell 5.1 ligger också bild 5.2 som visar värmebehovets variation under dygnet. Värmebehovet har antagits vara proportionellt mot avloppsenergiinnehållet i avloppet.

1) Dessa kostnader baseras på en totalkostnad av 535000 kr exkl. moms enligt offert på en komplett återvinningsanläggning med värmeeffekten 180 kW .

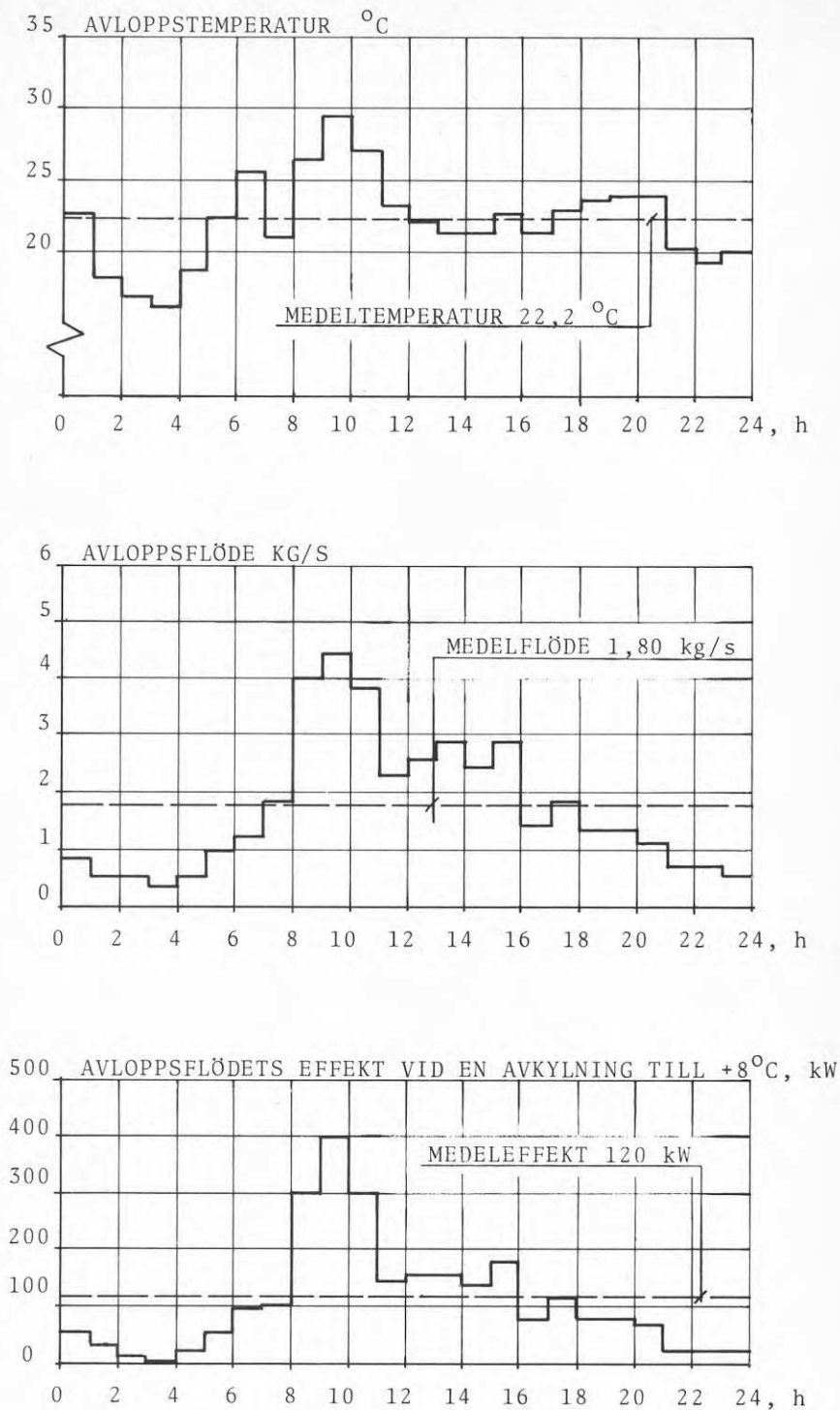


Bild 5.1 Resultat från avloppsmätningar 19790320 på Blacquebergs Sjukhus (376 vårdplatser)

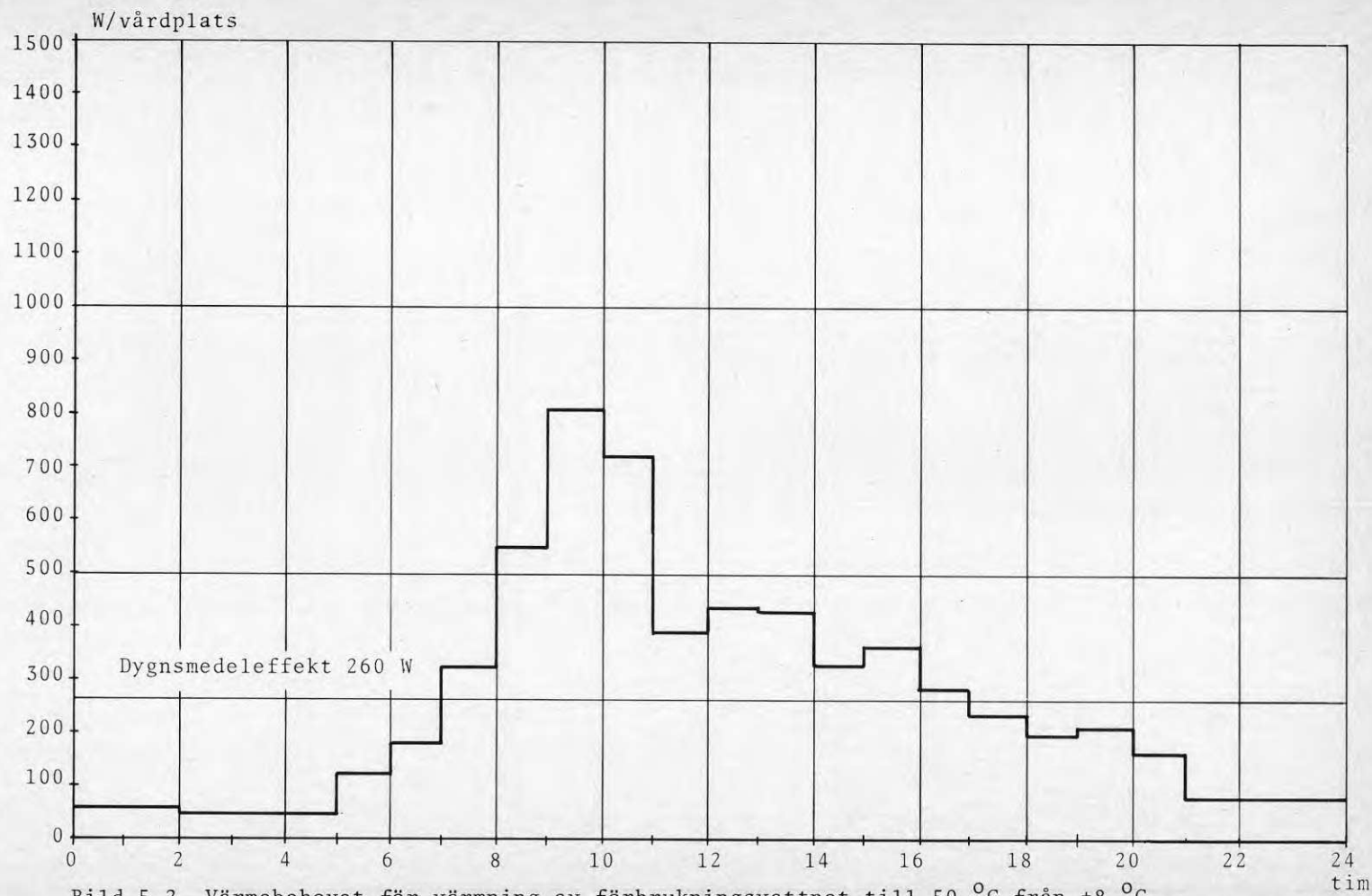


Bild 5.2 Värmebehovet för värmning av förbrukningsvattnet till 50 °C från +8 °C

TAB. 5.1 Energi- och investeringskostnad och energikostnadsminskning vid olika utförande av värmeåtervinningsanläggningen

kW	Värmeeffekt	Akkumulerings- volym m ³	Investerings- kostnad kkr	Energi- besparing MWh/år	Drivenergi MWh/år	Kostnads- minskning inkl service kkr/år	Pay-off år
90	2	385	632	180	78+15 = 93	4.2	
90	24	825	1025	293	144+15 = 159	5.2	
117	2	450	736	210	95+15 = 110	4.1	
117	18	772	1025	293	144+15 = 159	4.9	
144	2	520	828	237	111+15 = 126	4.1	
144	13	740	1025	293	144+15 = 159	4.7	
180	2	600	918	262	126+15 = 141	4.3	
180	8	720	1025	293	144+15 = 159	4.5	
195	7	748	1025	293	144+15 = 159	4.7	

Av tabell 5.1 framgår att om man vill ha tillbaka de investerade pengarna så fort som möjligt skall man bygga en återvinningsanläggning som har en värmeeffekt lika med dygnsmedeleffekten och med minimal ackumuleringsvolym, medan om man strävar att återvinna maximal energimängd - hela uppvärmningsbehovet för förbrukningsvattnet till +50 °C - skall värmeeffekten vara ca 50 % högre än dygnsmedeleffekten och ackumuleringsvolymen bör vara ca 8 m³.

Görs en annuitetskalkyl med 15 års avskrivningstid och 15 % ränta (enligt Regionsjukhuset i Linköping kalkylunderlag) erhålles värden på årlig besparing i tabell 5.2.

Dessa visar att med denna kalkyleringsmetod ett utförande med 180 kW värmeeffekt och 2 m³ ackumulering är lönsammast.

En anläggning med dessa data finns beskriven i avsnitt 6.

TAB. 5.2 Årlig kostnadsminskning vid 15 års avskrivning och 15 % ränta - annuitetsfaktor 0.17

Värme- effekt kW	Äckumulerings- volym m ³	Investe- rings- kostnad kkr	Kapital- kostnad/år annuitet kkr	Energikostnads- minskning inkl. servicekostnad/år kkr	kr/år	Netto
90	2	385	65.5	93	+27.800	
90	24	825	140.25	159	+18.750	
117	2	450	76.5	110	+33.500	
117	18	772	131.2	159	+27.800	
144	2	520	88.4	126	+37.600	
144	13	740	125.8	159	+33.200	
180	2	600	102	141	+39.000	
180	8	720	122.4	159	+36.600	
195	7	748	127.2	159	+31.800	

5.2 Med värmepump och spoldesinfektorer med ångalstrare

Om spoldesinfektorerna byggs om för intern ångalstring kommer den energimängd som kan återvinnas ur avloppet med hjälp av en värmepump att vara 600 MWh/år.

Behovet för värmning av allt varm- och hetvarmvatten till 50 °C är 610 MWh/år. Om vidare värmebehovets variation under dygnet är likformigt med det vid icke ombyggda spoldesinfektorer kan bild 5.3 uppritas.

En analys av återvinningsbara energimängder och investeringskostnader motsvarande avsnitt 5.1 ger att oavsett storlek blir återvinningsanläggningen ej lönsam vid en avskrivningstid av 15 år och 15 % ränta. Pay-off tiderna ligger som lägst något över 6 år.

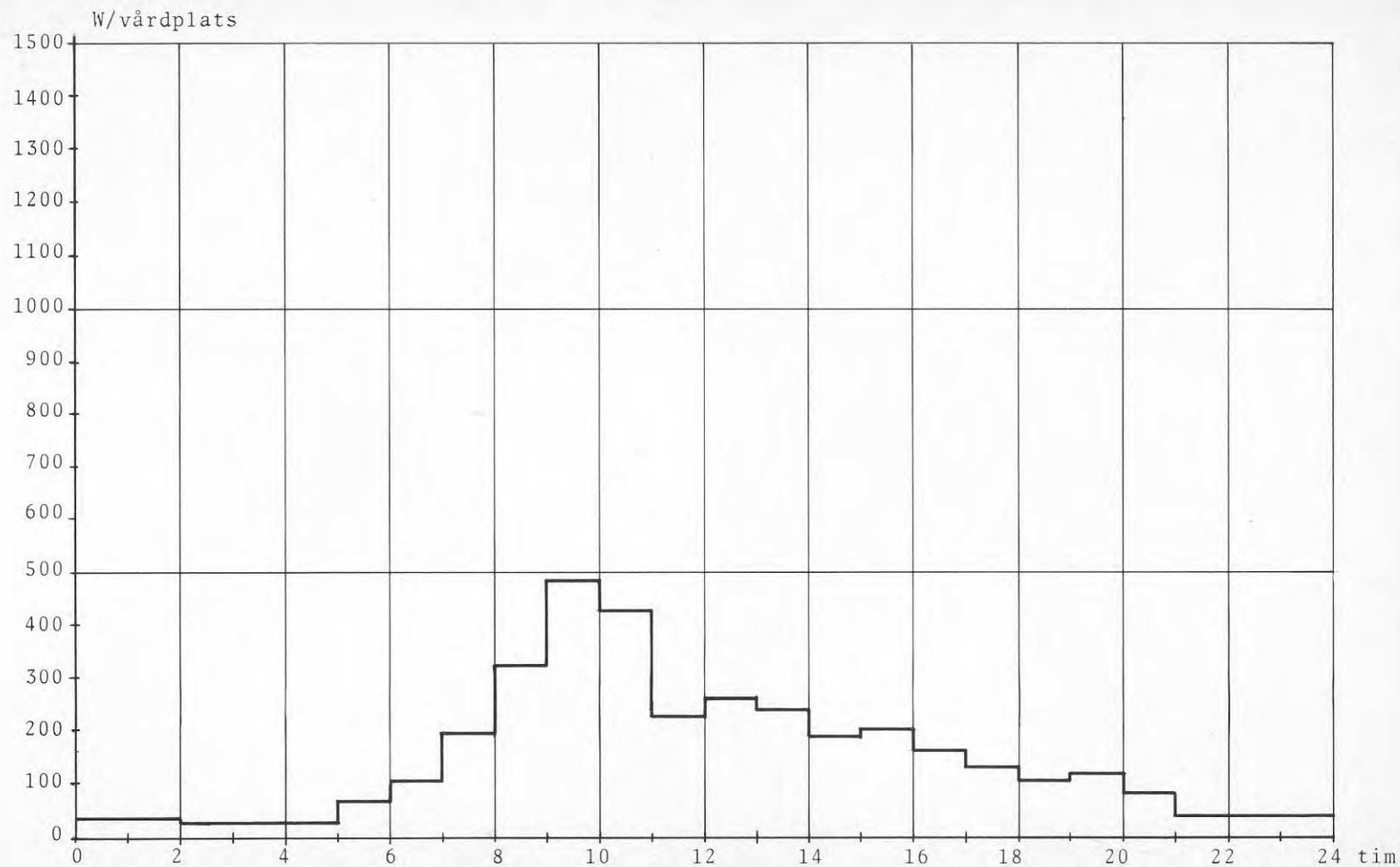


Bild 5.3 Värmebehovet för värmning av förbrukningsvarmvattnet till 50°C från 8°C vid ombyggda spoldesinfektorer

5.3 Utan värmepump

5.3.1 Med befintliga spoldesinfektorer

Energimängderna som kan återvinnas från avloppet utan värmepump är beroende av hur värmeväxlingen går till. Utan mellanmedium mellan avloppsvattnet och förbrukningsvattnet kan ca 290 MWh/år återvinnas och med ett mellanmedium kan enbart 180 MWh återvinnas.

Behovet för att värma hetvarm- och varmvatten är 1025 MWh. Förvärmningskapaciteten hos avloppsvärmväxlaren utan mellanmedium är 12 °C eller ca 30 % av förvärmningsbehovet till 50 °C.

Vid en direkt värmeväxling utan mellanmedium eller värmepump blir värmväxlaren mer följsam mot flödesvariationer varför sannolikt den teoretisk möjliga energimängden 290 MWh/år till större del praktiskt kan återvinnas.

Antag att 260 MWh/år kan återvinnas, denna energimängd är då värd 60000 kr/år.

Investeringskostnaden för en värmväxlare, en avloppsvattenpump och erforderliga rör- och elinstallationer - för ca 70 kW - ligger på ca 220000 kr, vilket ger en årskostnad, med 15 års avskrivning och 15 % ränta, på 37400 kr. Inkluderas en servicekostnad på 10000 kr/år blir det årliga överskottet ca 13000 kr/år eller uttryckt i pay-off tid, 4.4 år.

Om ett mellanmedium anses nödvändigt mellan avloppsvatten och förbrukningsvatten kommer den återvunna energimängden att minska till under 180 MWh/år medan investeringskostnaden ökar p.g.a. att en extra cirkulationskrets erfordras.

Inbesparad energi minskad med servicekostnaden kan uppskattas till ca 25000 kr/år medan kostnaden för kapitalet sannolikt överstiger 40000 kr/år, vilket innebär att detta alternativ ej är lönsamt.

5.3.2 Med ombyggda spoldesinfektorer

Efter en ombyggnad av spoldesinfektorerna till att förses med inbyggda ångalstråge kommer behovet för att värma varmvatten till 50 °C att vara

610 MWh/år. Av denna energimängd kan sannolikt ca 150 MWh återvinnas ur avloppet vid en direktväxling medan om ett mellanmedium används återvunnen energimängd är högst ca 90 MWh.

Investeringskostnaden sjunker obetydligt gentemot utförandet vid befintliga spoldesinfektorer då kostnaden för värmväxlaren enbart är en mindre del av den totala investeringskostnaden.

Med ovan angivna kapitalkostnader kan en återvinning av 150 MWh/år och 90 MWh/år, med hänsyn till en servicekostnad av 10000 kr/år, bära en investeringkostnad av 150000 kr respektive 60000 kr.

Då investeringskostnaden kommer att bli knappt 200000 kr är alltså inget av dessa alternativ lönsamma.

6 FÖRSLAG TILL UTFÖRANDE

Ett förslag till en avloppsåtervinningsanläggning utförd med värmepump och dimensionerad för att spoldeinfektorerna matas med hetvarmvatten visas nedan. Avgiven värmeeffekt är enl. tabell 5.2 180 kW och ackumulatorvolym för varmvatten på ca 2 m³.

I den pumpgrop som 80 % av avloppet leds till ersätts en av de befintliga fyra avloppspumparna med en ny vars kapacitet motsvarar avloppsvattnets dygnsmedelflöde och som pumpar avloppsvattnet genom avloppsvärmeväxlaren. Pumpen dimensioneras så att den vid nästan tömd pumpgrop har ett flöde som motsvarar dygnsmedelflödet. Då avloppsflödet ökar över medelflödet stiger nivån i pumpgropen. Därmed minskar uppfodringshöjden vilket medför att pumpens kapacitet ökar till maximalt ca 3 ggr dygnsmedelflödet. Härigenom anpassas - med en viss fördröjning - avloppsflödet genom värmeväxlaren till det momentana avloppsflödet till pumpgropen och även till en del till det aktuella varmvattenflödet.

En snabbare anpassning av aktuellt avloppsflöde och flöde genom värmeväxlaren erhålles genom ett alternativ med två pumpar med givare på olika nivåer. Avloppsvärmeväxlaren består dels av en avloppscistern, för avskiljning av grova föroreningar med hjälp av silar och sedimenteringsvolym.

Från övre delen av denna cistern leds avloppsvattnet till själva värmeväxlaren där avloppsvattnet passerar på utsidan av koncentriskt placerade kylelement som på avloppssidan kontinuerligt bestrykes av borstar för att förhindra en försmutsning av värmeytorna. Kylelementen är i utförandet med värmepump utförda för direkt-expansion medan de då ingen värmepump används det kylande mediet alternativt är förbrukningsvatten eller vatten i en mellankrets mellan avloppsvattnet och förbrukningsvattnet. Ett principiellt utförande visas i bild 6.1.

Värmeytorna är element i rostfritt stål. Elementen består av två rostfria plåtar som sömsvetsas i kanten och punktsvetsas i ett mönster över hela ytan så att ett kanalsystem kan tryckas ut med hjälp av t.ex. komprimerad gas. Härigenom erhålles ett tunnt element med små kanaler som ger en hög turbulens hos det strömmande mediet inuti elementen, samtidigt som en tillräckligt slät yta erhålles på avloppssidan för att borstarna skall komma åt hela ytan.

Data och inkoppling framgår av bild 6.2 till 6.5.

Ett utförande utan värmepump och med mellanmedium ersätts värmepumpen i princip av en värmeväxlare medan då inget mellanmedium används inkommande kallvatten för varm- och hetvarmvatten leds direkt till avloppsvärmeväxlaren. I detta utförande erfordras ej någon varmvattenackumulator.

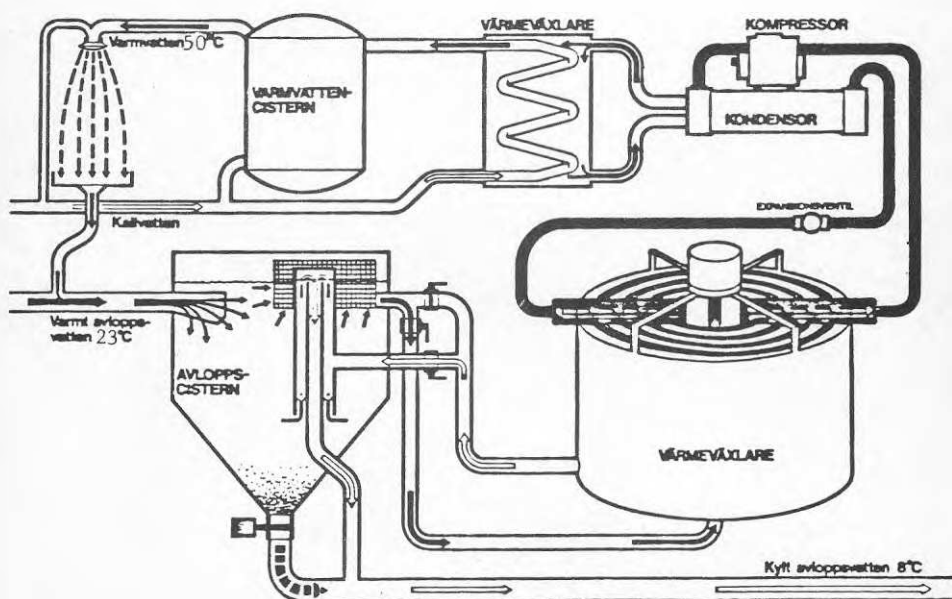
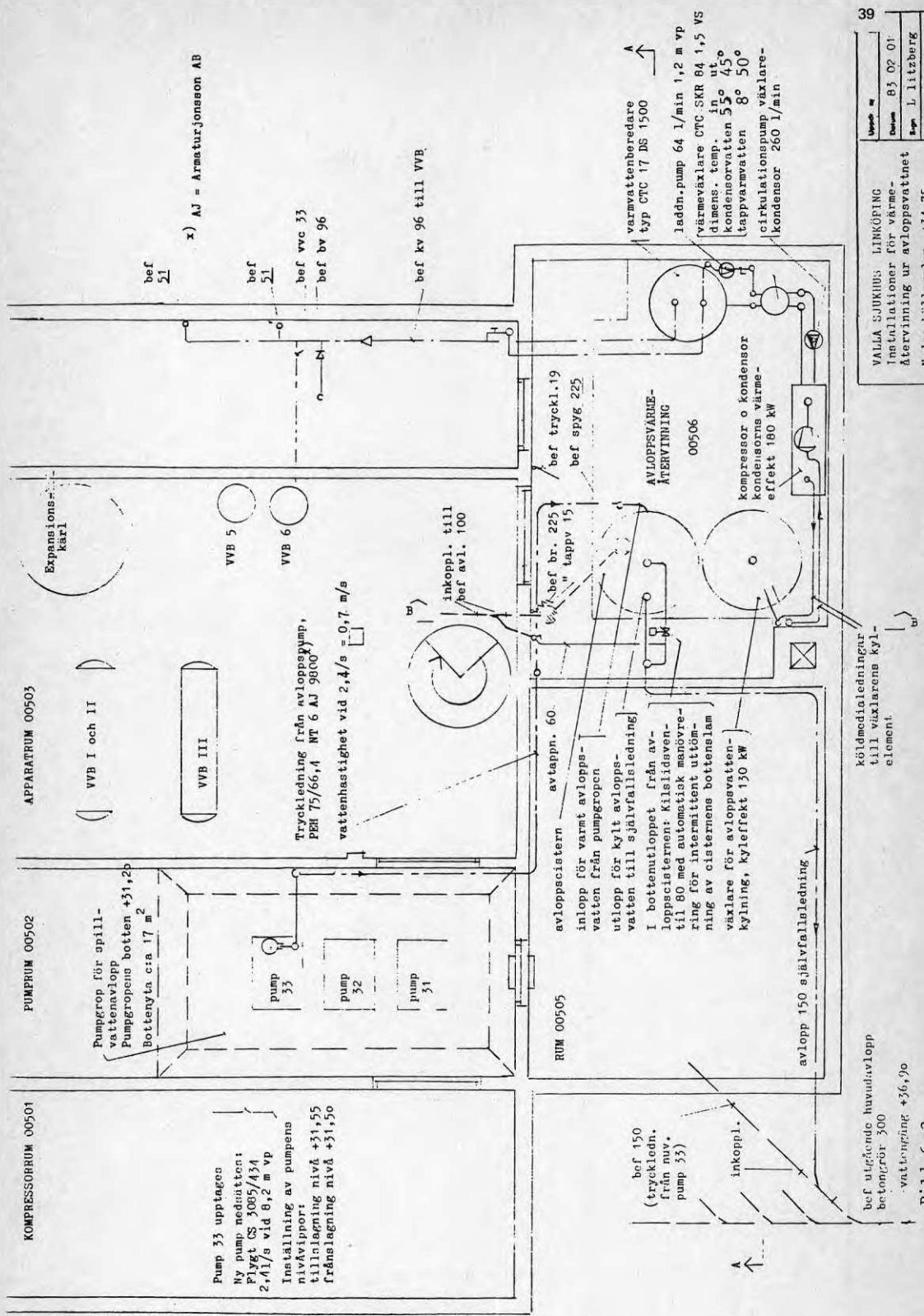


Bild 6.1 Principutförande av avloppsvärmeväxlarfunktionen med värmepump



KOMPRESSORRUM 00501

Pump 33 upptages
 Ny pump, moduslöst:
 Flygt CS 3005/454
 2,4 l/s vid 6,2 m vp
 Installering av pumpens
 nivåöppning:
 tillnärmning nivå +31,55
 fränläggning nivå +31,50

PUMPRUM 00502

Pumpgrup för spill-
 vattenavlopp
 Pumpgruppens botten +31,2b
 Bottenyta c:a 17 m²

pump 33
 pump 32
 pump 31

Tryckledning från avloppspump,
 PEH 75/66,4 NT 6 AJ 9800
 vattenhastighet vid 2,4 l/s = 0,7 m/s

APPARATURRUM 00503

VVB I och II
 VVB III

VVB 5
 VVB 6

inkoppl. till
 bef avl. 100

RUM 00505

avloppscistern
 avtappn. 60.
 inlopp för varmt avlopps-
 vatten från pumpgruppen
 utlopp för kylt avlopps-
 vatten till självfallledning.
 I bottenutloppet från av-
 loppscistern: Kilslidaven-
 til 80 med automatisk manövrering
 för intermitent uttömning
 av cisternens bottenslam
 växlare för avloppsvatten-
 kylning, Kyleffekt 130 kW

avlopp 150 självfallledning

bef 150
 (tryckledn.
 från nuv.
 pump 33)

inkoppl.

bef utgående huvudavlopp
 betonggröv 300
 vattentvättning +36,90

bef 51

bef 51

bef vvc 33
 bef bv 96

bef kv 96 till VVB

x) AJ = Armaturjohanson AB

bef tryckl. 19
 bef spyg 225

varmvattenberedare
 typ CTC 17 DS 1500

laddn.pump 64 l/min 1,2 m vp
 värmväxlare CTC-SKR 84 1,5 VS
 dimens. temp. 15 o 45
 kondensorvatten 3 o 50
 tappvarvatten 8 o 50
 cirkulationspump växlare-
 kondensor 260 l/min

A

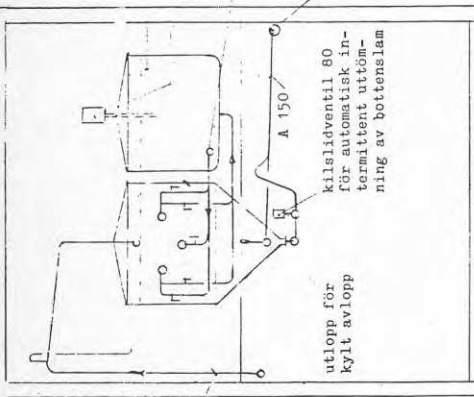
A

köldmedieledning
 till växlarens kyl-
 element

VALLA SJUKHUS LÄNKÖPING
 Installationer för värme-
 återvinning ur avloppsvattnet
 Nedre källarplan +34,75

Uppsk. m	
Datum	83 02 01
Sign	L. Litzberg
Ritn.	1

Bild 6.2

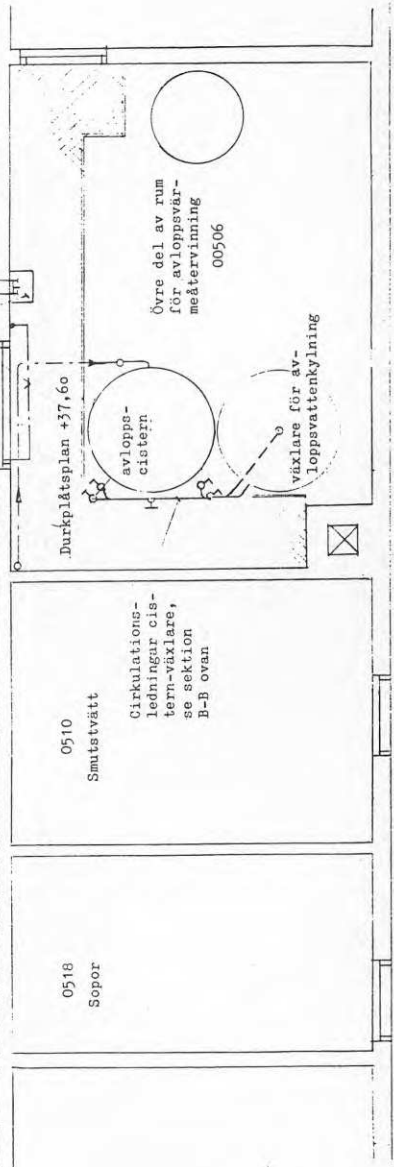


--växlare för avloppsvattenkyllning
 drivmotor för roterande arm med borstar,
 bestyrkande kyllytorna
 avloppscistern
 cirkulationsledningar cistern-växlare
 utföras av PEH-rör AJ 9500, dimens. 90/84
 I ledn.: 4 st vridspjällventiler 80 AJ 2787 (AJ = Armaturjonsson)
 1 st kilslidventil 80 AJ 2250

A 150, se ritn. 1

Bef VM till VVB
 bef av 96

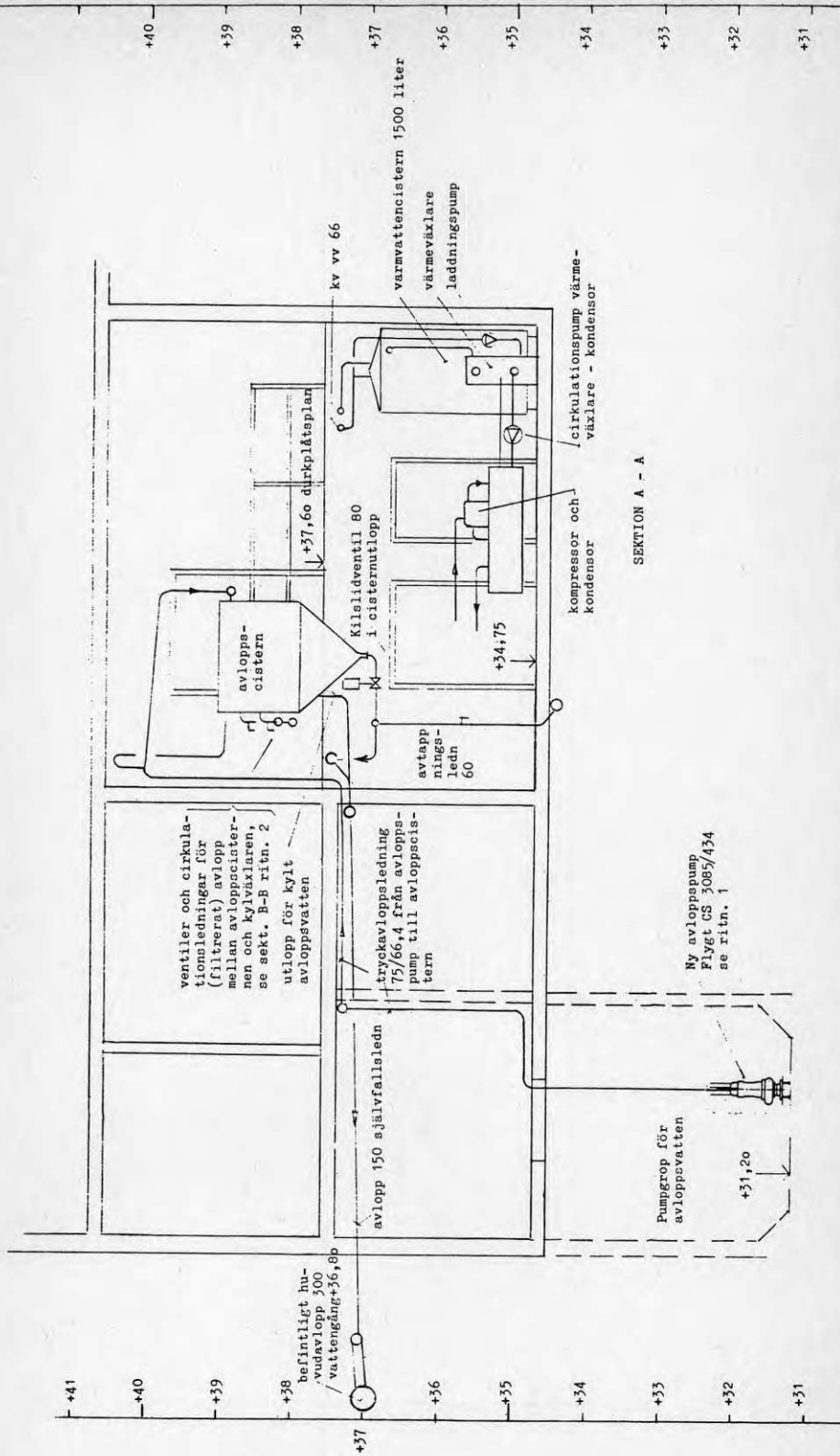
Sektion B - B



Projekt nr	00506
Datum	B3 02 01
Sign	L. Litzberg
Ritn. 2	

VALLA SÖKKIUS LITKÖPING
 Installationer för värme-
 återvinning ur avloppsvattnet
 Övre källarplan +37,60

Bild 6.3



Uppsk. nr	
Datum	83 02 01
Sign	J. Litzberg

VALLA SJKKUS LÄRKÖPING
Installationer för värme-
återvinning ur avloppsvattnet
Sektion A - A

Bild 6.4

FÖRKLARING

52:8

VV-BEH. VÄRMEVATTENBEHÅLARE
EL. UPPVÄRMD VÄRMEVATTENBEHÅLARE
EL. BEH. VÄRMEVATTENBEHÅLARE
MV REGLERVENTIL
P 26 VVC-PUMP
T2a, T2b TERNOSTAT

VÄRMEÅTERVNING UR AVLOPPSVATTNET

- Ändring och komplettering av tappvarmvattensystemet:
1. vv-beredare CTC 17 DS 1500, anslutet vid pkt Y i seriekoppling med den befintliga tappvarmvattenberedningen.
 2. Värmeväxlare CTC SKR 84 1,5 VS dimens. temperaturer in ut 55° 45°
kondensorvatten 8° 50°
tappvarmvatten 8° 50°
 3. Kompressor och kondensor, utgående värmeeffekt 180 kW
 4. Laddningspump 64 l/min 1,2 m vp
 5. Cirkulationspump för kondensorns värmvatten, 260 l/min
 6. Köldmedialedningar till växlare för avloppsvattenkylningen, kyleffekt 130 kW
- Tappvarmvattnets temperatur omställs till 50°C genom inställning av termostater T2a och T2b i det befintliga systemet.

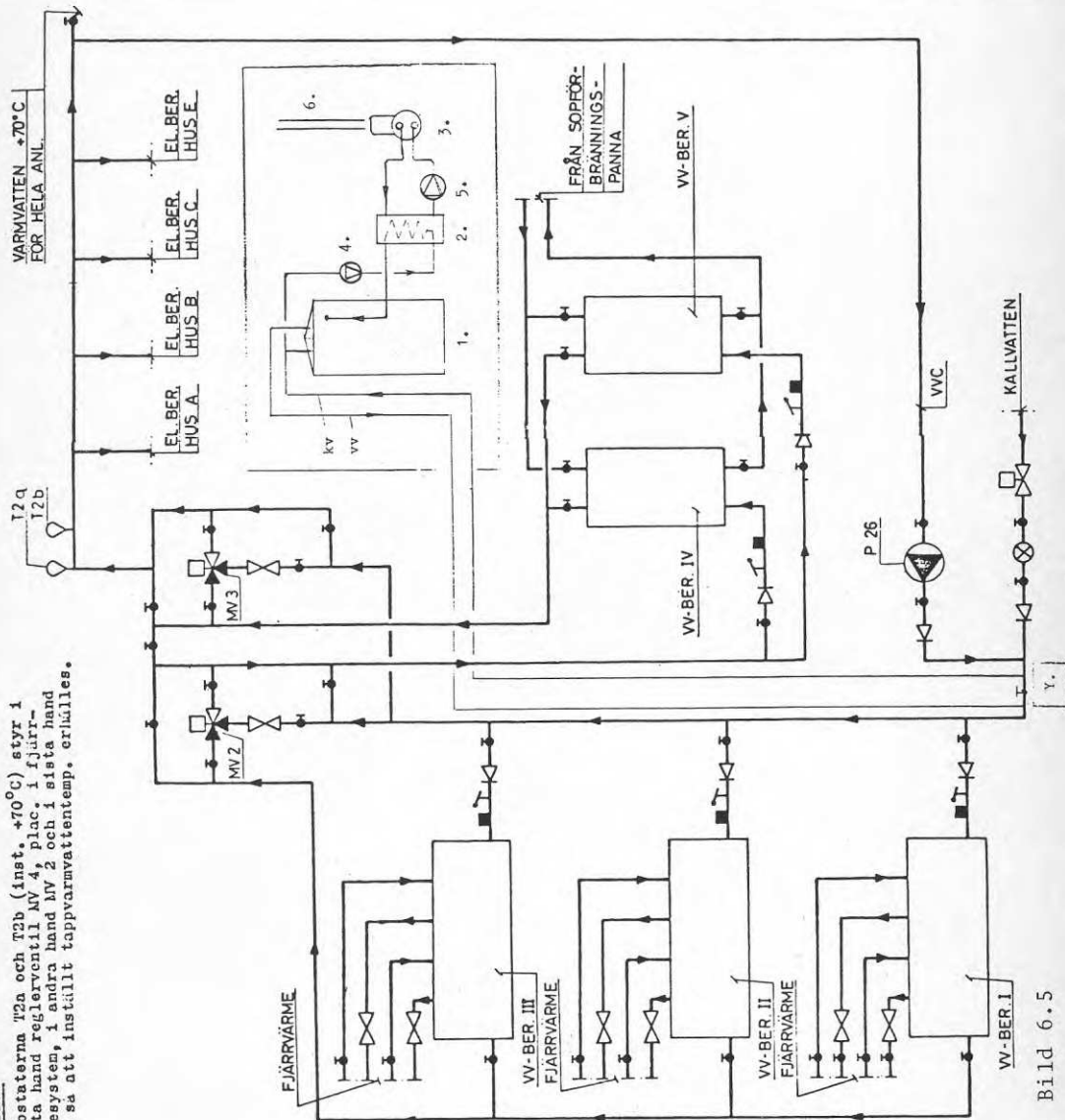
SISAK AB 1983 02 01
Lennart Litzberg

Rith 4

VALLA SJUKHUS
LINKÖPING

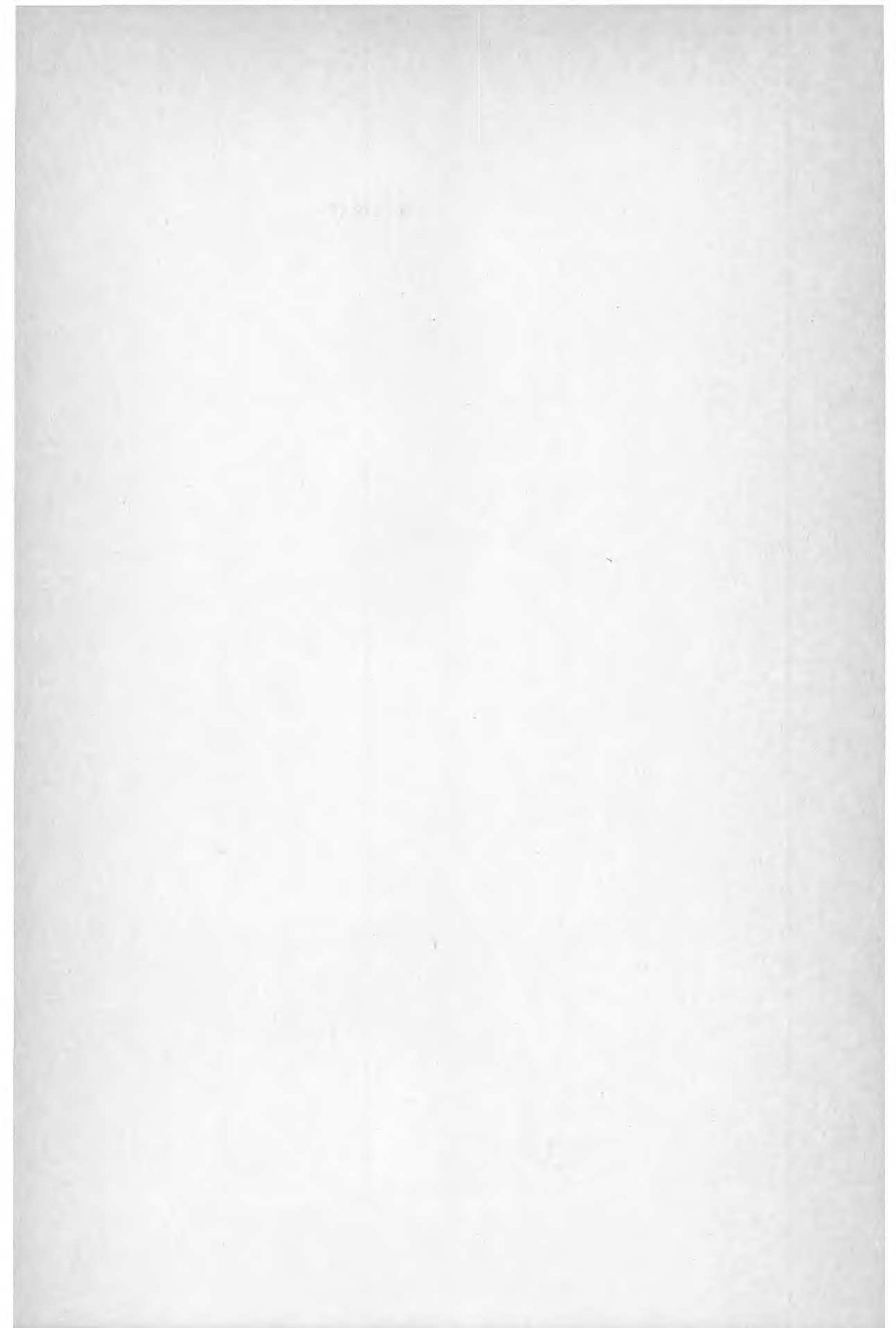
VA-ANLÄGGNING

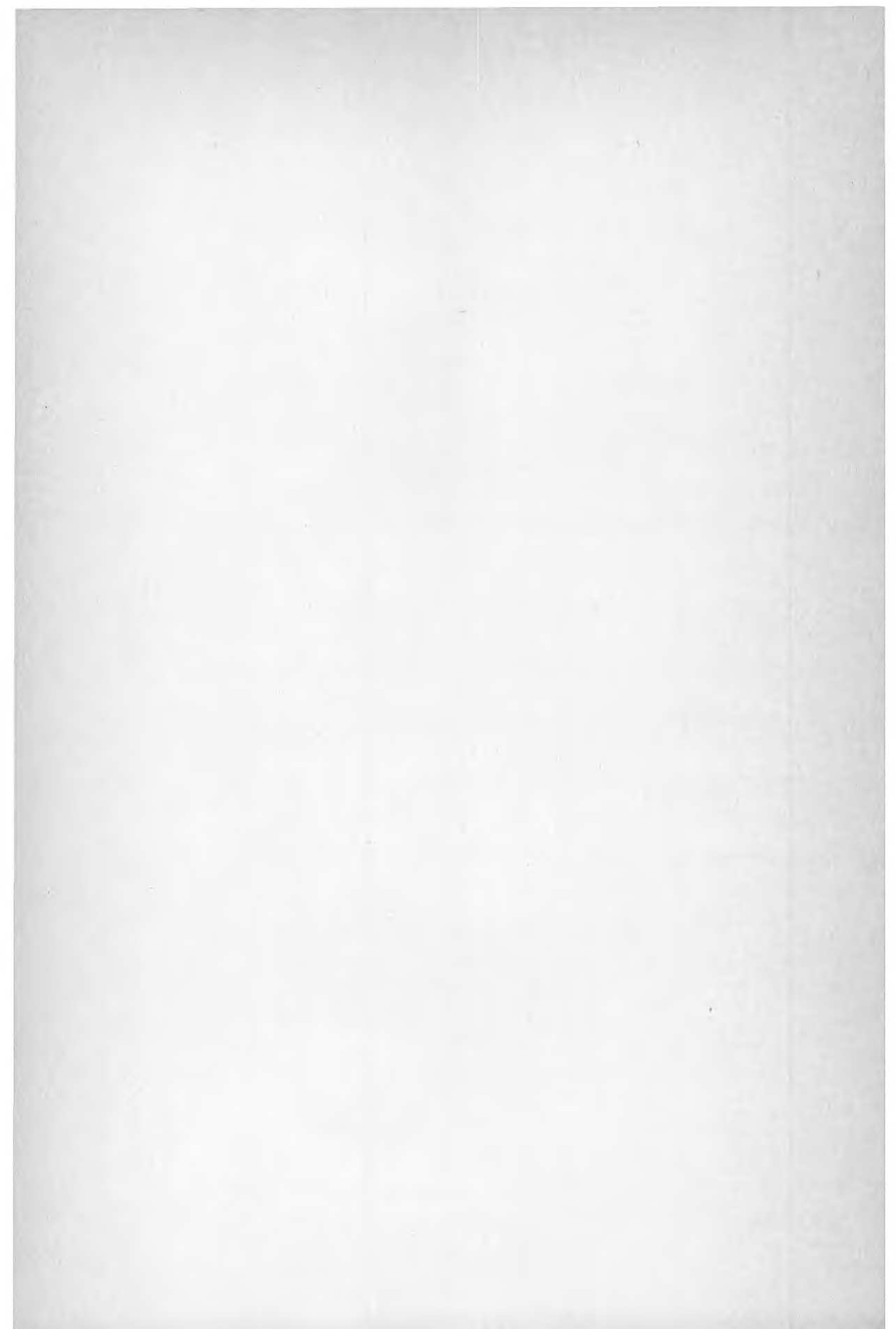
FLÖDESSICHERA TAPPVÄRMEVATTEN +70°C
MED REGLETRUSNING

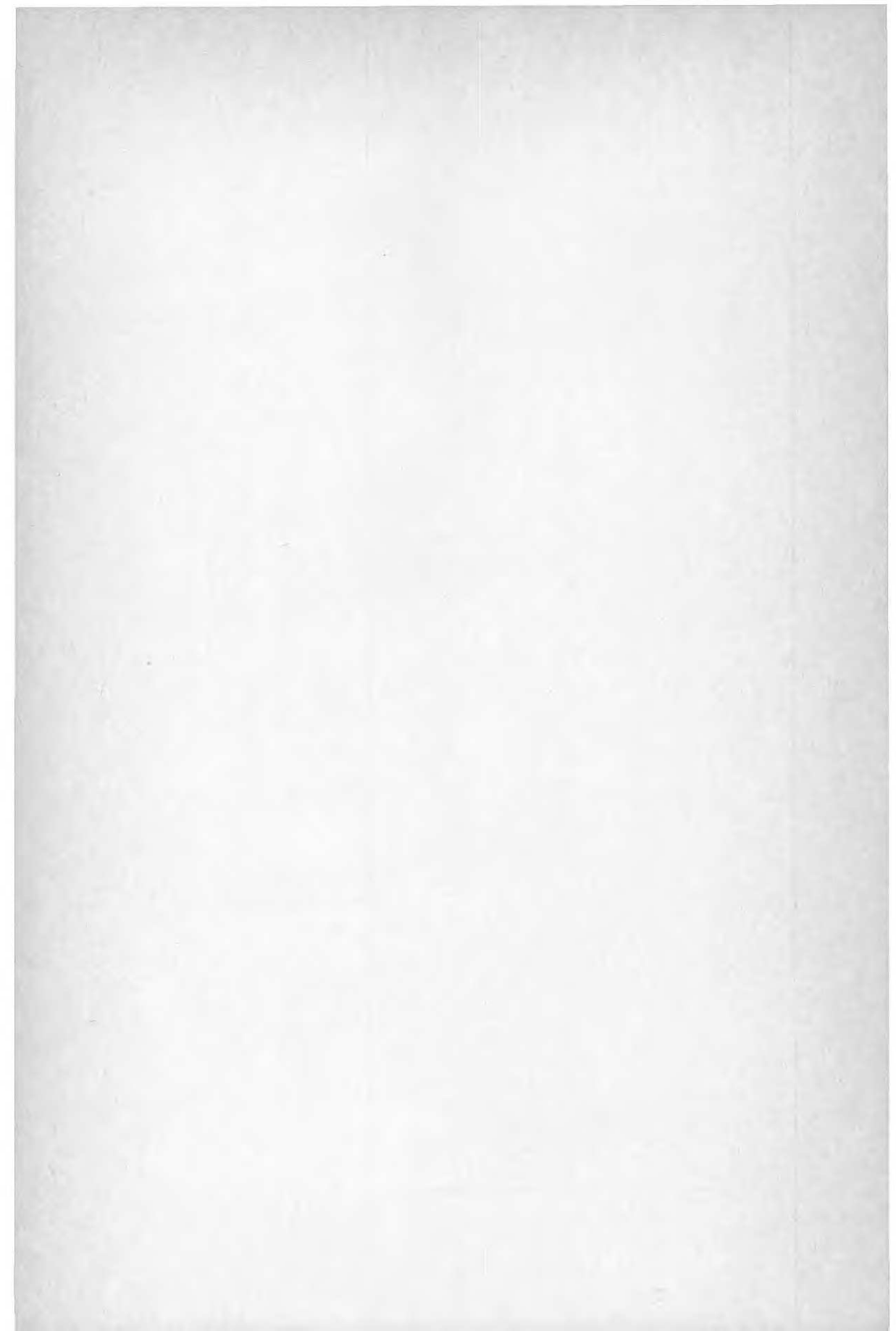


FUNKTION:
Termostaterna T2a och T2b (inst. +70°C) styr i första hand reglerventil MV 4, plac. i fjärrvarmesystem i andra hand MV 2 och i sista hand MV 3 så att inställt tappvarmvattentemp. erhålles.

Bild 6.5







Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
820678-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till L.B. Larsson & Co Konsulterande Ingenjör-
byrå AB, Stockholm.

Art.nr: 6700760

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

R60: 1983

ISBN 91-540-3917-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Cirkapris: 25 kr exkl moms