



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

R53:1983

**Värmepump för luft-vatten-
system med mekanisk vinds-
och krypgrundsventilation som
värmekälla**

Enplansbyggnad

Tord Boklund

*K
9/11*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>ser</i>

Byggeforskningsrådet

R53:1983

VÄRMEPUMP FÖR LUFT-VATTENSYSTEM MED
MEKANISK VINDS- OCH KRYPGRUNDSVENTI-
LATION SOM VÄRMEKÄLLA

Enplansbyggnad

Tord Boklund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791105-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Allmänna Ingenjörbyrå AB, Malmö.

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

R53:1983

ISBN 91-540-3940-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

1.	SAMMANFATTNING	5
2.	BYGGNADSBESKRIVNING	7
2.1	Byggnad	7
2.2	Vatten och avloppsanläggning	7
2.3	Värmeanläggning	7
2.4	Ventilationsanläggningen	8
2.5	Värmepump	8
3.	MÄTNING	9
3.1	Mätinstrument	9
3.2	Mätningresultat	9
4.	UTVÄRDERING	11
4.1	Vindstemperatur	11
4.2	Grundtemperatur	11
4.3	Blandningstemperatur vind och grund	12
4.4	Beräkningar	12
	BILAGOR	15

1. SAMMANFATTNING

Projektet omfattar ett fullskaleprov med mätningar och utvärderingar av en värmepumpinstallation inom en om- och tillbyggnation för Televerket i Näsby, Kristianstad. Byggnaden är utförd för mekanisk ventilation av krypgrund och vindsutrymme. Ventilationsluften, till en mängd motsvarande kravet enligt SBN 75, tillföres som värmekälla en luftvattenvärmepump.

Värmepumpen tillvaratager transmissionsförluster, solvärme från tak samt jordvärme och försörjer byggnaden med värmevatten, varmvatten samt energi för ventilationsanläggningen. När värmepumpens kapacitet är otillräcklig erhålles kompletterande tillskott av energi genom elvärmare i värmevattenkretsen.

Genom mätning och registrering av luftens entalpi inom grund, vindsutrymme och utomhus samt gångtider avsågs att under ett års drift utvärdera den energimängd som värmepumpen kan tillgodogöra sig utöver värmepumpning från utomhustillstånd.

Projektet avsågs lämna underlag för bedömning av möjlighet att installera förhållandevis små värmepumpar inom Televerkets enheter av typ arbetscentraler (AC).

Mätningarna av vindstemperatur visar inte någon påtaglig inverkan av solstrålning vid utetemperaturer under +4 °C.

Veckomedeltemperaturen inom vindsutrymme har endast understigit 0 °C tre veckor under provåret och då under två extremt kalla perioder. Perioderna innehöll flera dagar med dygnsmedeltemperaturer lägre än -15 °C, samt tillfälliga temperatursänkningar från -20 - -23 °C. Lägsta veckomedeltemperatur under perioden var -12,5 °C.

Veckomedeltemperaturen inom krypgrunden har inte understigit +6 °C. Även efter mycket kalla perioder återgår krypgrundstemperaturen snart till +8 °C. Krypgrundens medeltemperatur under perioden med lägre medeltemperatur än +11 °C ute uppskattas till ca +10 °C. Differensen mellan veckomedeltemperaturen för den blandade ventilationsluften från krypgrund och vind och veckomedeltemperatur ute har varit 5-8 °C vid utetemperaturer lägre än +5 °C. Extrem differens, 14 °C erhöles vid lägsta veckomedeltemperatur ute -12,5 °C.

Årsvärmebehovet har beräknats med hjälp av uppmätta veckomedeltemperaturer och bestämning av verkligt värmebehov vid + 0 °C utetemperatur. Förbrukad energi har därefter bestämts genom värmepumpens kapacitetsdiagram, systemtemperatur och värmekällans temperatur. Motsvarande beräkningar har utförts för anläggningen med uteklimatet som värmekälla.

Byggnaden har ett förhållandevis lågt värmebehov över året, 104 kWh/m² år eller ca 40.350 kWh/år. Energiförbrukningen under det uppmätta året var för värmepumpen ca 13.400 kWh samt ca 4.000 kWh direkt el. Med uteklimatet som värmekälla blir motsvarande förbrukning ca 12.750 kWh respektive 7.200 kWh. Besparingen har beräknats till ca 2.700 kWh, vilket motsvarar ca 15%. Värmepumpens max uteffekt 7,5 kW motsvarar 46% av behovet vid dim. utetemperatur. Tillsatsvärme har varit inkopplad helt eller delvis under 70 dagar motsvarande 19% av årets driftstid.

2 BYGGNADSBESKRIVNING

2.1 Byggnad

Arbetscentralen består av en enplansbyggnad med kall vind under sadeltak och grundlagd på kryppgrund. Stomme och bjälklag är uppbyggda av trä. Väggar består av, från insidan, gips+min.ull+plåt respektive steni-platta i nybyggnad respektive befintlig byggnad. Trossbotten och vindsbjälklag består av regler, trä-panel+ min.ull+skivor. Yttertakets är svart trapets-profilerad plåt tätslutande till byggnad, varför ventilationsgaller finnes i varje gavel. Grunden ventileras med tilluftsgaller i vardera gavelända.

2.2 Vatten och avloppsanläggning (fig. 1 schema)

Anläggningen är konventionellt byggd med varmvatten-cirkulation. Varmvattnet beredes i en dubbelmantlad förrådsvarmvattenberedare av AB ThermiaVerkens fabrikat typ 918-500 med 500 l varmvattenförråd. Beredaren är kopplad till en värmepump av typ TA-3200 u ETD (fig. 2 TA-principschema), vars gaskylare direkt värmer tappvarmvattnet. Beredarens värmebärande sida är kopplad till värmepumpens kondensator för värmepumpdrift av rumsvärmesystem. Till värmebärandesidan är även kopplad en elkasset om 12,0 kW i två effektsteg. Varmvattenberedaren fungerar även som värmemagasin för korttidslagring.

2.3 Värmeanläggning (fig. 1 schema)

Anläggningen består av ett tvårörs radiatorsystem dimensionerat för en utetemperatur av $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ vid en beräknad varmvattenförsörjning av $77-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Samtliga radiatorer är försedda med termostatventiler. Varmvattnet produceras av den tidigare nämnda värmepump-anläggningen, vilken utnyttjar ventilationsluften från grund och vind som värmekälla. Vid kapacitetsbrist i värmepump-anläggningen utnyttjas i första hand varmvattenberedarens funktion som ackumulator och i andra hand inkopplas elkasseterna i två effektsteg.

Byggnadens värmeförluster är vid dimensionerande utetemperatur $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ beräknad till 12,6 kW för transmission och 11,2 kW för ventilation. Som följd av de dimensionerande beräkningarna erhålles behovet $6,3+5,6=11,9\text{ kW}$ vid $\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i utetemperaturen. Personvärme och belysning beräknas ge ett värmetillskott av 4 W/m^2 i dygnsmedeltal varför totala värmebehovet exklusive varmvattenförbrukning beräknats till 11,9 kW - $(388\text{ m}^2 \times 4\text{ W/m}^2) = 10,35\text{ kW}$.

Resultatet av mätningarna visar att värmepumpens kapacitet balanserar med förlusterna vid ± 0 °C utetemperatur och ca 6 °C blandningstemperatur av grund- och vindventilation. Enligt värmepumpens kapacitetsdiagram (fig. 3) är uteffekten 7,5 kW vid 6 °C värmekälla och en värmebärarretur av 35 °C, vilket i utvärderingen brukats som verkligt värmebehov vid utemperaturen ± 0 °C. Avvikelse mellan beräknat och uppmätt värde torde med all sannolikhet ligga i att ventilationsanläggningarna drives intermittent med timer och sällan utnyttjas samt att varmvattenförbrukningen ej motsvarar mängden för antalet normaltappställen.

Vidare har inte varmvattenförbrukningen och VVC registrerats varför denna energimängd ingår i det utvärderade verkliga värmebehovet. Genom studie av värmepumpdriftstiden under sommandagar har varmvattenförbrukningens effektbehov och VVC-förluster uppskattats till 0,5 kW vardera.

2.4 Ventilationsanläggningen (fig. 4 schema)

Anläggningen är utrustad med två ventilationsaggregat med samma uppbyggnad. Ett aggregat försörjer personalutrymmen som omklädnad, tvätt och torkrum och det andra försörjer kontorsrum, korridorer och kafferum. Ventilationsaggregaten är utrustade med värmeväxlare av Bulten-Kanthals fabrikat Kantherm T-S 2000. Driften av anläggningarna är intermittent med timer, vilket har visat sig ge korta driftstider över året.

Värmebatterierna är trevägsshuntade i samma krets som radiatorerna.

2.5 Värmepump (fig. 2)

Värmepumpen är av Tour & Andersson AB typ TA3200 ETS normalutrustad med:

- Tappvattenberedning direkt via gaskylare.
- Värmevattenberedning via kondenser.
- Kondensatunderkylaren, anordnad för ventilationsberedning, utnyttjas inte i ventilationsanläggningen. Den nämnda kylflödet återföres till och blandas med värmekällan.

Principkoppling och kapacitet framgår av TA:s schema och diagram fig. 2 och 3.

Värmekällan utgöres av den ventilationsluft som kräves i SBN 75 till en mängd av 400 m³/h från kryppgrund 800 m³/h från vind samt 200 m³/h från kondensatunderkylaren fig. 4 och 5.

3. MÄTNING

Projektet, som avses lämna underlag för bedömningar av möjligheter att installera små villavärmepumpar inom Televerkets enheter av typ arbetsenheter, har haft målsättningen att utföras på ett enkelt sätt och med enkla hjälpmedel.

Kontinuerliga mätningar har begränsats till luftens temperatur och fukttinnehåll i utetillstånd, på vind och i grund. Driftstidsmätning har utförts beträffande värmepump samt för varje steg av elkassetten.

Vid byte av papper i skrivare, en gång per vecka, har ett antal värden från värmepumpens mikrodator-tablå förts in i en loggbok. Genom i loggboken registrerade momentana värden för fram- och returledning på värmevattensida samt utetemperatur har en stamtemperaturkurva kunnat plottats, vilken kompletterats med värmebehovet fig. 6.

Komplexiteten i den befintliga anläggningen och anslaget begränsning har gjort att effekt- och energimätning inte utförts.

3.1 Mätinstrument

THERMO-HYGROGRAF Typ Haenni 508 A med veckodiagram. Instrumenten har kalibrerats på normalt sätt med särskild tonvikt på överensstämmelser mellan dessa.

Instrumenten har varit placerade på representativa ställen inom krypgrund och vind samt i termometerbur placerad på tomt.

Driftsmätning har utförts med Rustrak tidsskrivare modell 292 med 4 kanaler. Pappershastighet 24,6 mm/tim och minsta varaktighet 3 min. På de 4 kanalerna registreras följande:

1. Värmepumpdriftstid.
2. Ändläge för SV5, fullt stängd från VVB.
3. Elkassett steg 1.
4. Elkassett steg 2.

Förutsättning för inkoppling av tillsatsvärme är att värmepumpen är i drift samt att SV5 lämnat sitt ändläge för inshutning av värmevatten från VVB:s dubbelmantel.

3.2 Mätningresultat

Temperaturmätningen utomhus redovisas i två diagram. Dygnsmedeltemperaturen utomhus redovisas i diagramform fig. 7 fr o m v 4-81 t o m v 3-82. Samtidigt redovisas under vilka dagar tillsatsvärme

varit inkopplat helt eller delvis. Utvärderingen ger en klar indikation om att värmepumpen balanserar med förlusterna vid ± 0 °C utetemperatur och ca 6 °C blandningstemperatur av grund och vindsventilation. Enligt värmepumpens kapacitetsdiagram fig. 3 är uteffekten 7,5 kW vid 6 °C värmekälla och en värmebärarretur av 35 °C, vilket i utvärderingen brukats som verkligt värmebehov vid utetemperaturen ± 0 °C.

Veckomedeltemperaturen utomhus redovisas i diagramform fig. 8. Veckomedeltemperaturen har i den vidare utvärderingen ansetts vara tillfylles för beräkning av energiförbrukning.

Veckomedeltemperatur på vind och i kryppgrund redovisas i diagramform fig. 9. Ventilationsluften från vind och kryppgrund blandas före värmepumpens förgångare i förhållandet 800 m³/h och 400 m³/h.

Blandningsveckomedeltemperaturen redovisas i diagramform fig.10. Som framgår av mätningarna varierar temperaturen i grunden sällan mer än ± 1 °C över en vecka.

Vindstemperaturen kan momentant variera upp till ± 5 °C medan den normala variationen begränsas till $\pm 2-3$ °C under eldningsperioden.

Månadsmedeltemperaturen utomhus redovisas i diagramform fig. 11 tillsammans med normal månadsmedeltemperatur. Denna redovisning användes inte för beräkningar utan avser endast visa den stora avvikelse som registrerats kring årsskiftet 81-82. Decembers månadsmedel är således 6,5 °C lägre än normalt, vilket resulterat i ett stort behov av tillskottsenergi. Den genom el direktgenererade tillskottsenergin har starkt inverkat på anläggningens effektfaktor: årsvärmebehov/elenenergiförbrukning.

4 UTVÄRDERING

Avsikten med projektet har framför allt varit att erhålla en jämförelse mellan utetemperaturen och den luftblandningstemperatur som erhålles från den mekaniskt ventilerade vinden och grunden. Temperaturkurvorna för vind och grund har var för sig värderats i jämförelse med utetemperaturen. Vindstemperaturens variation över dygnet har studerats med avseende på solstrålningens inverkan på det svarta taket. Grundtemperaturens variation har studerats med avseende på den inverkan marken under byggnaden har som värmelager. Genom redovisningen av dygnsmedeltemperaturerna fig.7 och de dygn tillsatsvärme varit inkopplad samt stamtemperaturer fig. 6, har en klar indikation erhållits att värmepumpen balanserar med förlusterna vid ± 0 OC utetemperatur och ca 6 OC blandningstemperatur av grund och vindsventilation. Fastläggningen av förlusterna vid ± 0 OC har resulterat i en möjlighet att beräkna årsförbrukningen för anläggningen samt att utföra en jämförande beräkning för en anläggning som arbetar med utetillståndet som värmekälla.

4.1 Vindstemperatur

Vinden är utförd för kontinuerlig mekanisk ventilation enligt SBN-76. Takkonstruktion är utförd tätslutande till byggnadskroppen och ventilationsluften intages genom galler i gavel. Gallren är utformade så att självdragsventilation minimeras. Värmetillskott erhålles genom transmissionsförluster från bjälklag samt genom solstrålning. Av mätningarna framgår inte någon större inverkan av solstrålning under mer intressanta tidpunkter och utetemperaturer. Vid utetemperaturer under +4 OC har endast en vecka med en medeltemperatur av +2 OC registrerats med nämnvärd inverkan, vilket noterats med 8 OC övertemperatur gentemot normalt 3 OC.

I diagram fig. 9 framgår att vindsveckomedeltemperatur endast understigit 0 OC 3 veckor och då under två extremt kalla perioder. Perioderna innehöll flera dagar med dygnsmedeltemperaturer lägre än -15 OC fig. 7 samt tillfälliga temperatursänkningar från -20 - -23 OC.

Lägsta veckomedeltemperatur under perioden var -12,5 OC fig. 8. Jämförelsevis kan nämnas att månadsmedeltemperaturen dec -81 och första halvdelen av jan -82 var ca 6 OC respektive 4 OC lägre än normalt.

4.2 Grundtemperatur

Krypgrunden är utförd för kontinuerlig mekanisk ventilation. Grundkonstruktionen är utförd tätslutande till byggnadskroppen och ventilationsluften intages

genom galler vid gavel. Gallren är utformade så att självdragsventilationen minimeras. Värmetillskott erhålles från transmissionsförluster genom bjälklag samt från mark under byggnad.

I diagram fig. 9 framgår att lägsta veckomedeltemperatur i grunden aldrig understigit $+6^{\circ}\text{C}$. Mätningarna visar även att grundtemperaturen sällan varierar mer än $\pm 1^{\circ}\text{C}$ över veckan och då företrädesvis vid utetemperaturer över $\pm 0^{\circ}\text{C}$. Även efter mycket kalla perioder återgår grundtemperaturen relativt snart till 8°C . Grundens medeltemperatur under perioden med lägre medeltemperatur än $+11^{\circ}\text{C}$ ute uppskattas till ca $+10^{\circ}\text{C}$.

4.3 Blandningstemperatur vind och grund

Ventilationsluften från vind $0,22\text{ m}^3/\text{s}$ blandas med luften från grund $0,11\text{ m}^3/\text{s}$ före värmepumpens förångare. Veckomedeltemperaturen framgår av diagram fig. 10. Vid en jämförelse med veckomedeltemperatur ute framgår en differens av $5-8^{\circ}\text{C}$ vid utetemperaturer lägre än $+5^{\circ}\text{C}$. Extrem differens 14°C erhålles vid lägsta veckomedeltemperatur $-12,5^{\circ}\text{C}$. Resultatet av detta blir att värmepumpen kan arbeta med hög effektfaktor och stor energiproduktion även under mycket kalla perioder. Lägsta beräknade effektfaktor för värmepumpen är $2,7$, högsta $2,8$ och årsmedeleffektfaktor $2,72$.

4.4 Beräkningar

Byggnadens värmeförluster är vid dimensionerande utetemperatur -20°C beräknade till $12,6\text{ kW}$ för transmission och $11,2\text{ kW}$ för ventilation. Värmevatensystemet är konstruerat för $77-45^{\circ}\text{C}$ vid dimensionerade utetemperaturer.

Genom studie av dygnsmedeltemperaturen ute och driftstider för värmetillskott genom elkassetterna kan konstateras att värmepumpen balanserar värmeförlusterna vid $\pm 0^{\circ}\text{C}$ utetemperatur. Bestämning av värmepumpens uteffekt förutsätter dels värmekällans temperatur, vilken erhålles ur diagram fig. 10, dels returtemperaturen från värmesystem, vilken erhålles ur diagram fig. 6 vari stamtemperaturer plottats gentemot utetemperaturen.

Ur diagram fig. 3 kan uteffekten och effektfaktorn bestämmas till $7,5\text{ kW}$ resp $2,75$ för tillståndet: värmekälla $+6^{\circ}\text{C}$, returtemperatur värmesystem 34°C .

Uteffekten $7,5\text{ kW}$ har därefter legat till grund för bestämning av verkligt värmebehov och olika utetemperaturer, vilka införts på diagram fig. 6.

Skillnaden mellan verkligt värmebehov och beräknat 16,3 kW mot 12,6+11,2 = 23,8 kW, vid dimensionerande utetemperatur, torde med all sannolikhet ligga i att ventilationsanläggningarna drives intermittent med timer och sällan utnyttjas.

Beträffande det höga beräknade årsvärmebehovet kan detta även förklaras med att varmvattenförbrukningen ej motsvarar normal utnyttjningsgrad för antalet tappställen.

Genom beräkningar av verkligt värmebehov vid olika utetemperaturer och utvärderingen av veckomedeltemperaturer ute har följande värden beräknats:

Årsvärmebehov	40.357 kWh/år
Årsvärmebehov/m ²	104 kWh/m ² -år
Värmepump energilev.	36.397 kWh/år
Värmepump energiförbr.	13.397 kWh/år
Värmepump energivinst	23.000 kWh/år
Elvärmestillskott	3.960 kWh/år
Σ Energiförbrukning	17.357 kWh/år
Σ Energiförbrukning /m ² -år	44,7 kWh/m ² -år

Värmepumpens effektfaktor för året	2,72
------------------------------------	------

Värmepumpens effektfaktor eldningssäsongen	2,75
--	------

Anläggningens effektfaktor för året	2,33
-------------------------------------	------

Anläggningens effektfaktor för eldningssäsongen	2,32
---	------

Som jämförelse har motsvarande beräkningar utförts för en anläggning med uteluft som värmekälla med följande resultat:

Årsvärmebehov	40.357 kWh/år	104
Årsvärmebehov/m ² -år	104 kWh/m ² -år	
Värmepump energilev.	33.169 kWh/år	
Värmepump energiförbr.	12.732 kWh/år	
Värmepump energivinst	20.347 kWh/år	
Elvärmestillskott	7.188 kWh/år	
Σ Energiförbrukning	19.920 kWh/år	
Σ Energiförbrukning /m ² -år	51,3 kWh/m ² -år	

Värmepumpens effektfaktor för året	2,61
------------------------------------	------

Värmepumpens effektfaktor för eldningssäsongen	2,63
--	------

Anläggningens effektfaktor för året	2,03
-------------------------------------	------

Anläggningens effektfaktor
för eldningssäsongen 2,00

Jämförelse mellan mekanisk vinds- och krypgrunds-
ventilation som värmekälla och uteluft som värmekälla
visar en besparing av $19.920 - 17.357 = 2.563$
kWh/år alternativt en besparing av ca 15%.

5. BILAGOR

- Fig 1. VS-schema anläggning Kristianstad
2. TA principschema
3. TA kapacitetsdiagram
4. Ventilationsschema, anläggning Kristianstad
5. Principritning mekanisk vent vind/grund.
6. Diagram utetemp/stamtemp/värmebehov
7. Dygnsmedeltemperatur ute Kristianstad
8. Veckomedeltemperatur ute Kristianstad
9. Veckomedeltemperatur grund/vind
10. Veckomedeltemperatur blandning grund/vind
11. Månadsmedeltemperatur.

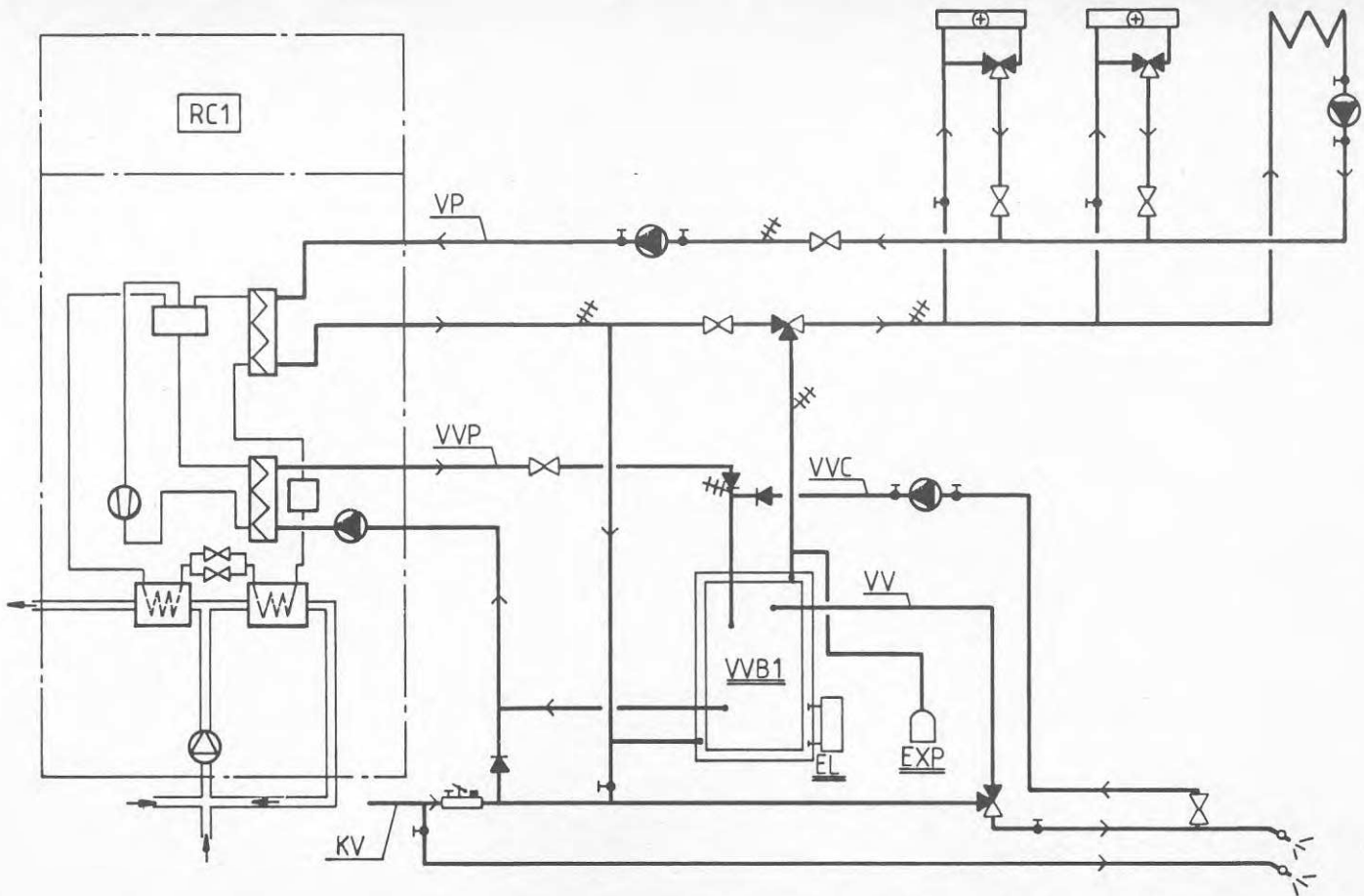
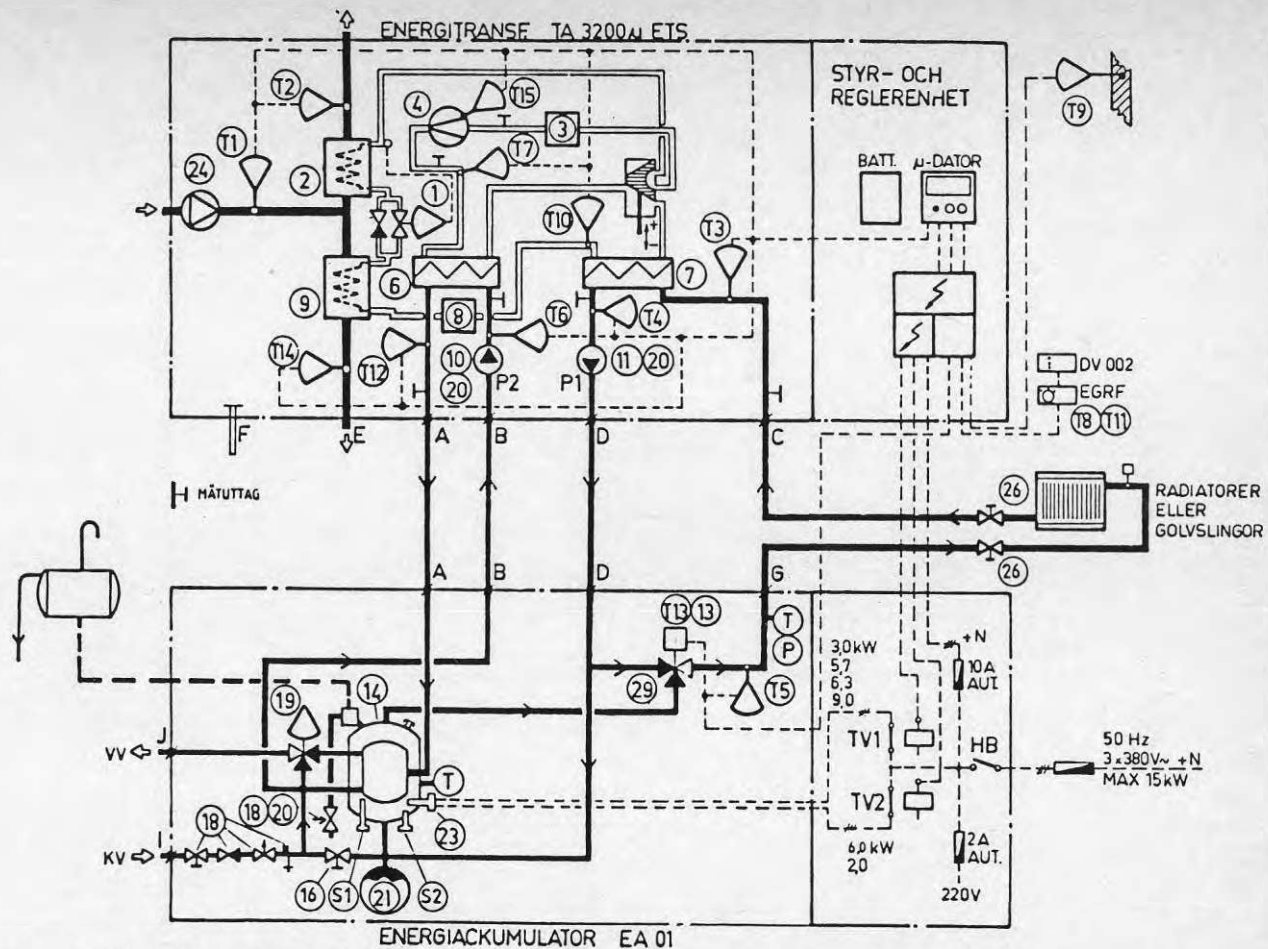
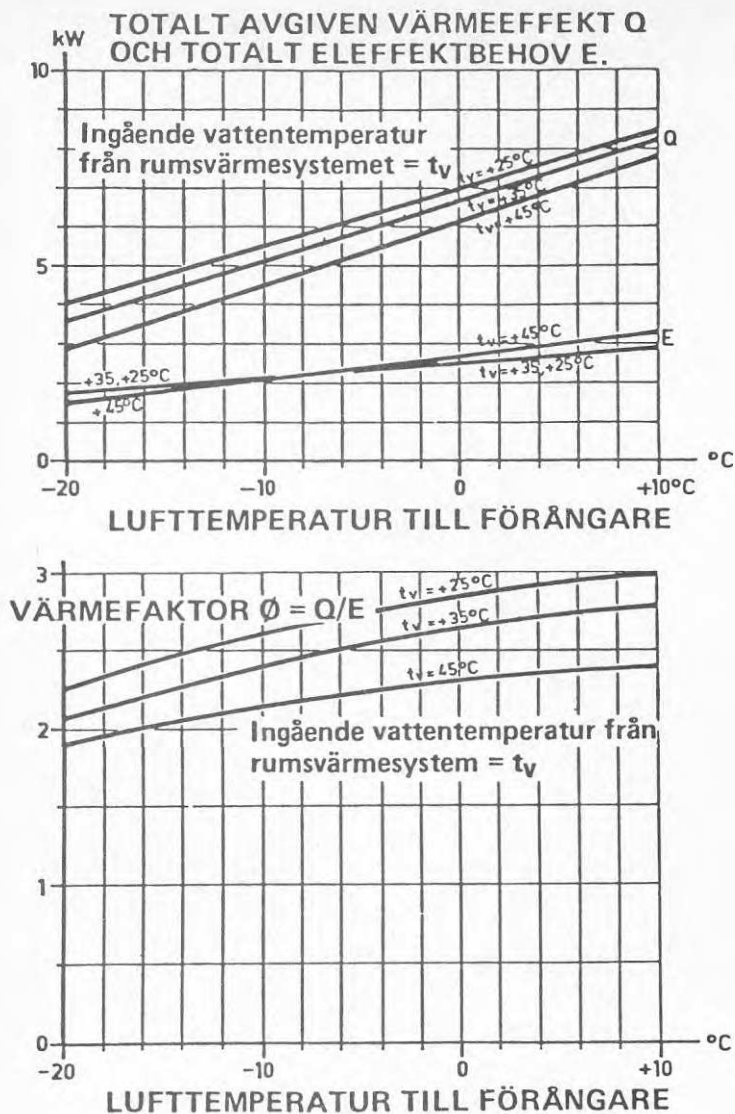


FIG.1 VS-SCHEMA ANLÄGGNING KRISTIANSTAD



TA 3200 μ ETS och elpannan EA01 – Installationsexempel.

FIG.2 TA-PRINCIPSCHEMA



Total värmeeffekt (Q), totalt eleffektbehov inkl. 320 W för fläkt, pumpar och styrutrustning (E) och värmefaktor ($\varnothing = Q/E$) för TA 3200.

FIG.3 TA-KAPACITETSDIAGRAM

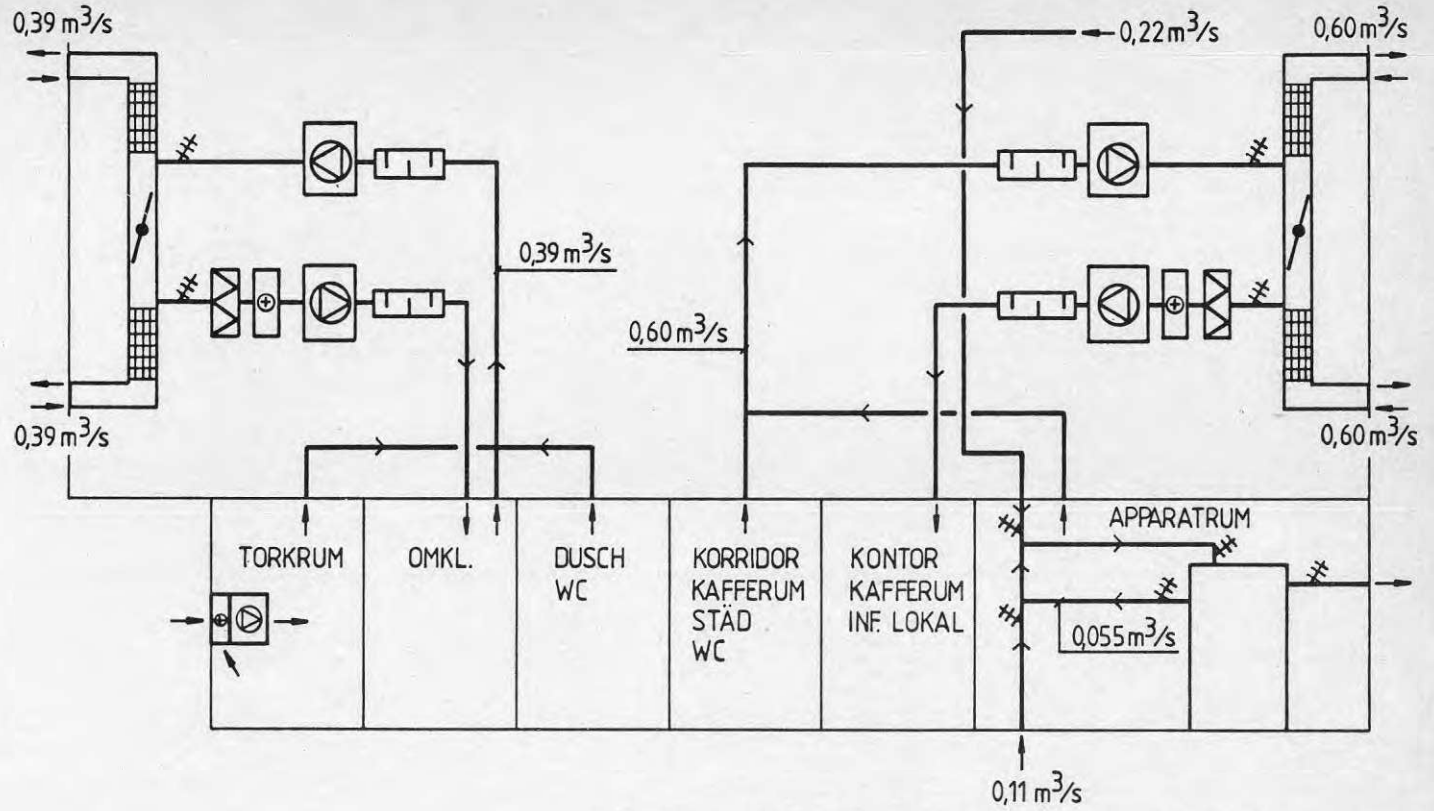
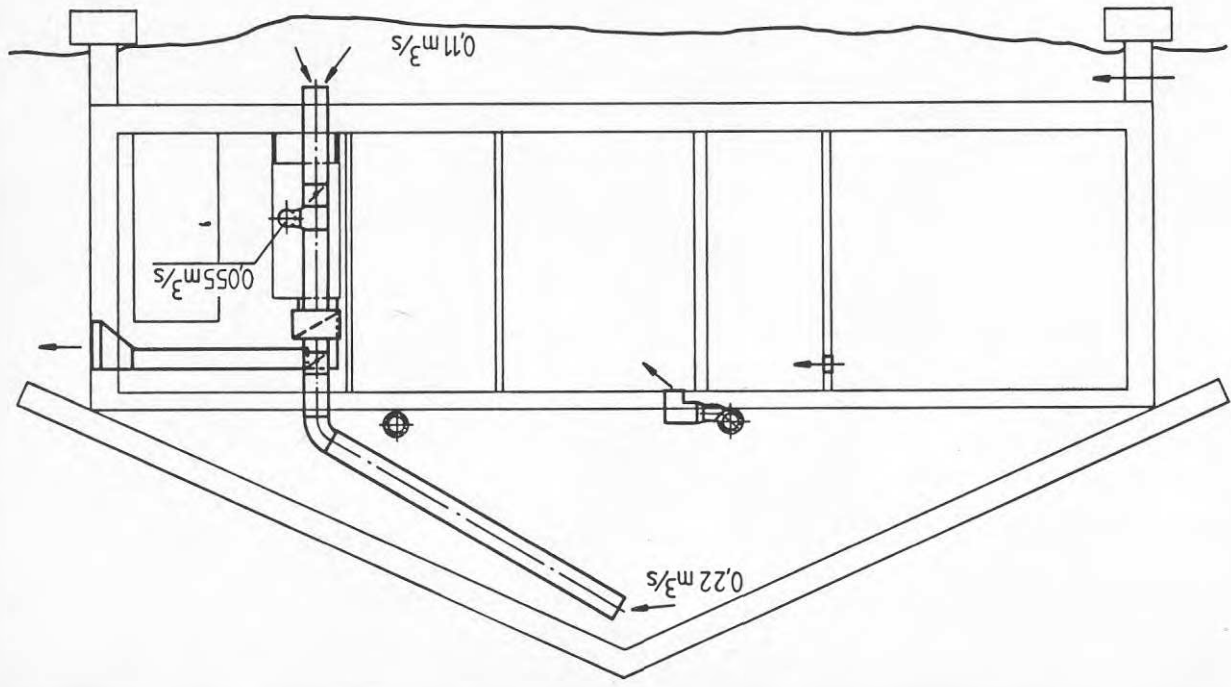


FIG. 4 VENTILATIONSSCHEMA, ANLÄGGNING KRISTIANSTAD

FIG. 5 PRINCIPALPRINING MEK. VENT. VIND/GRUND



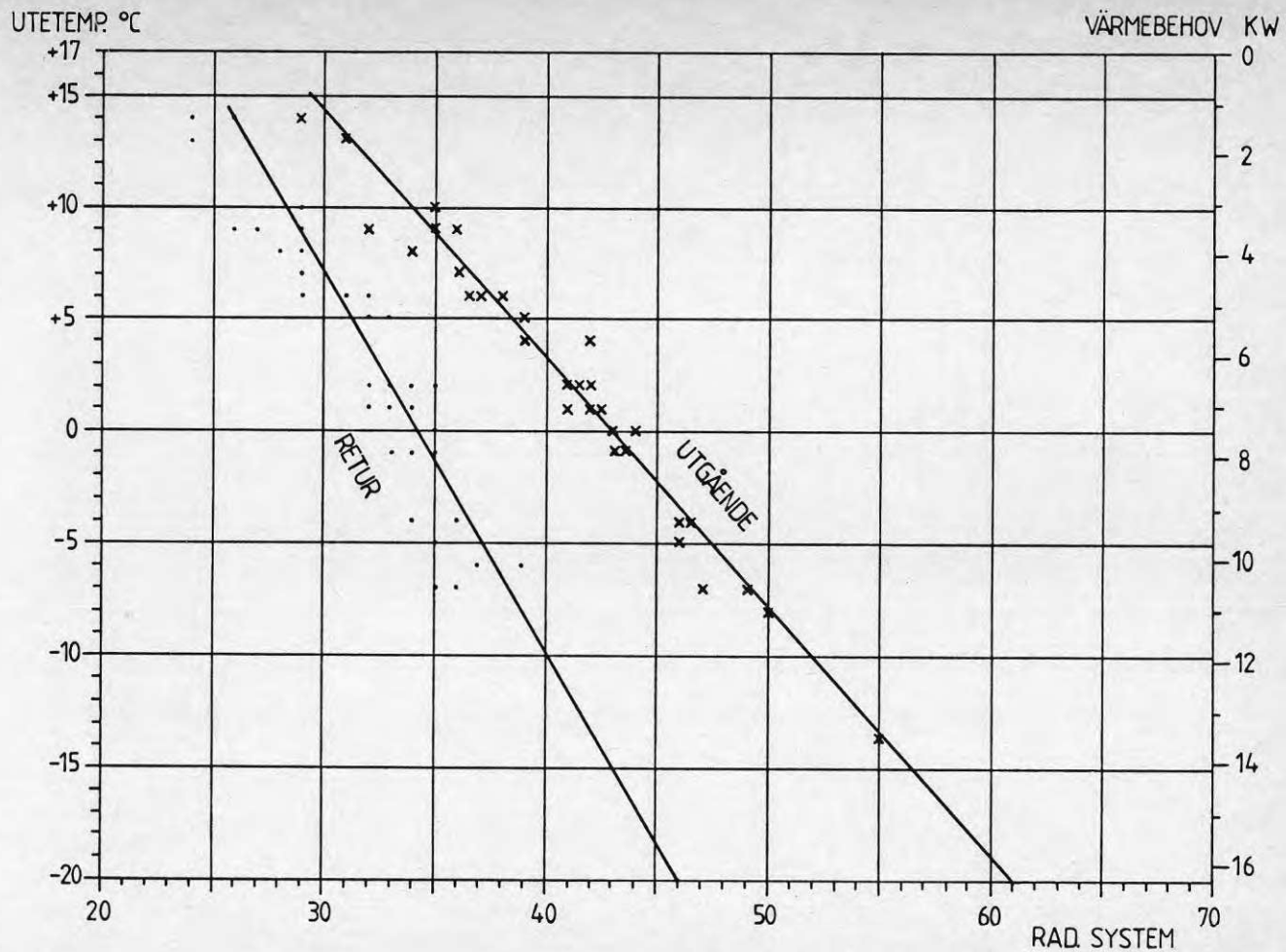


FIG. 6 DIAGRAM UTETEMP/STAMTEMP/VÄRMEBEHOV

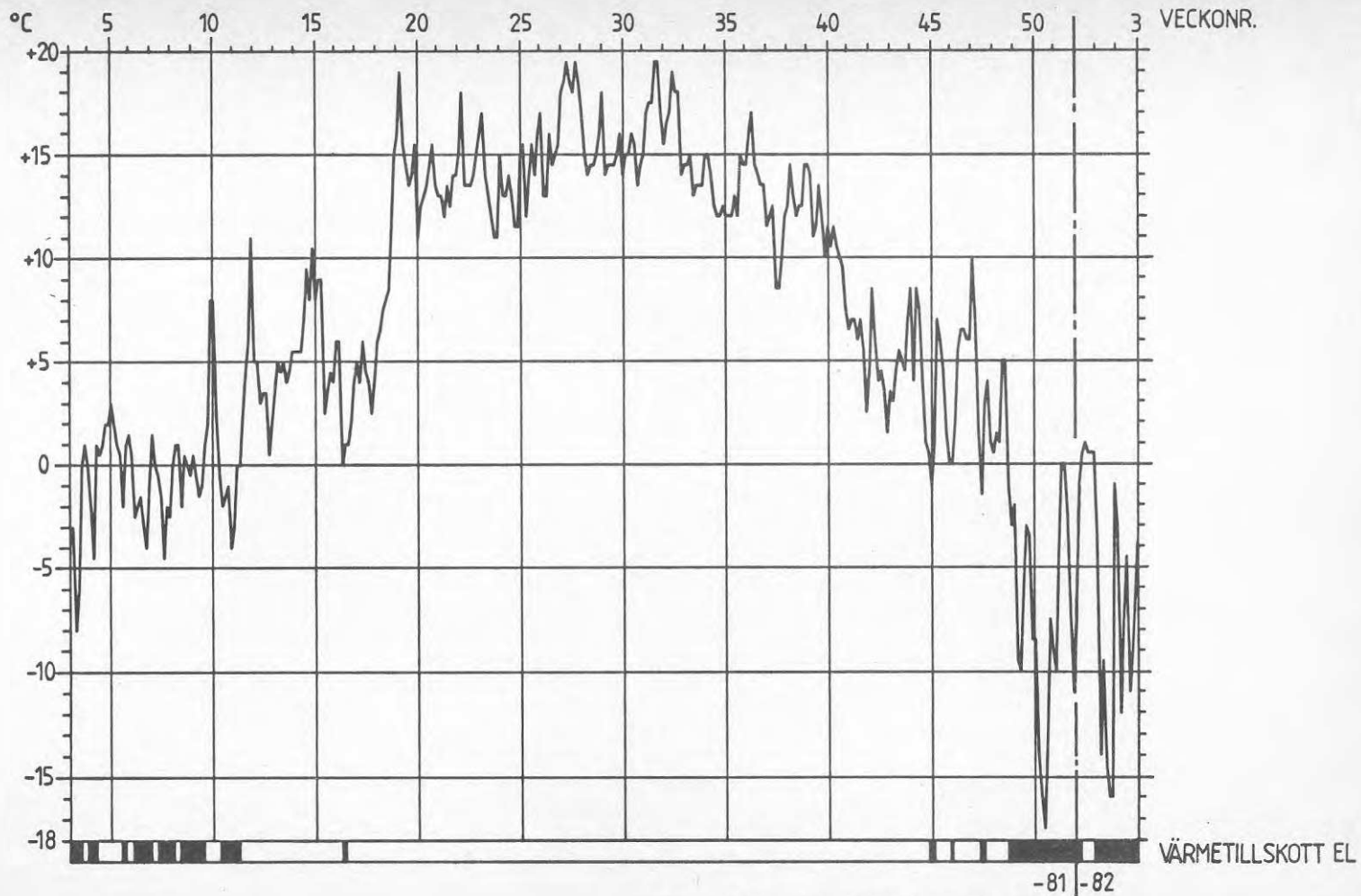


FIG.7 DYGNMEDELTEMP. UTE KRISTIANSTAD



FIG.8 VECKOMEDELTEMP. UTE KRISTIANSTAD

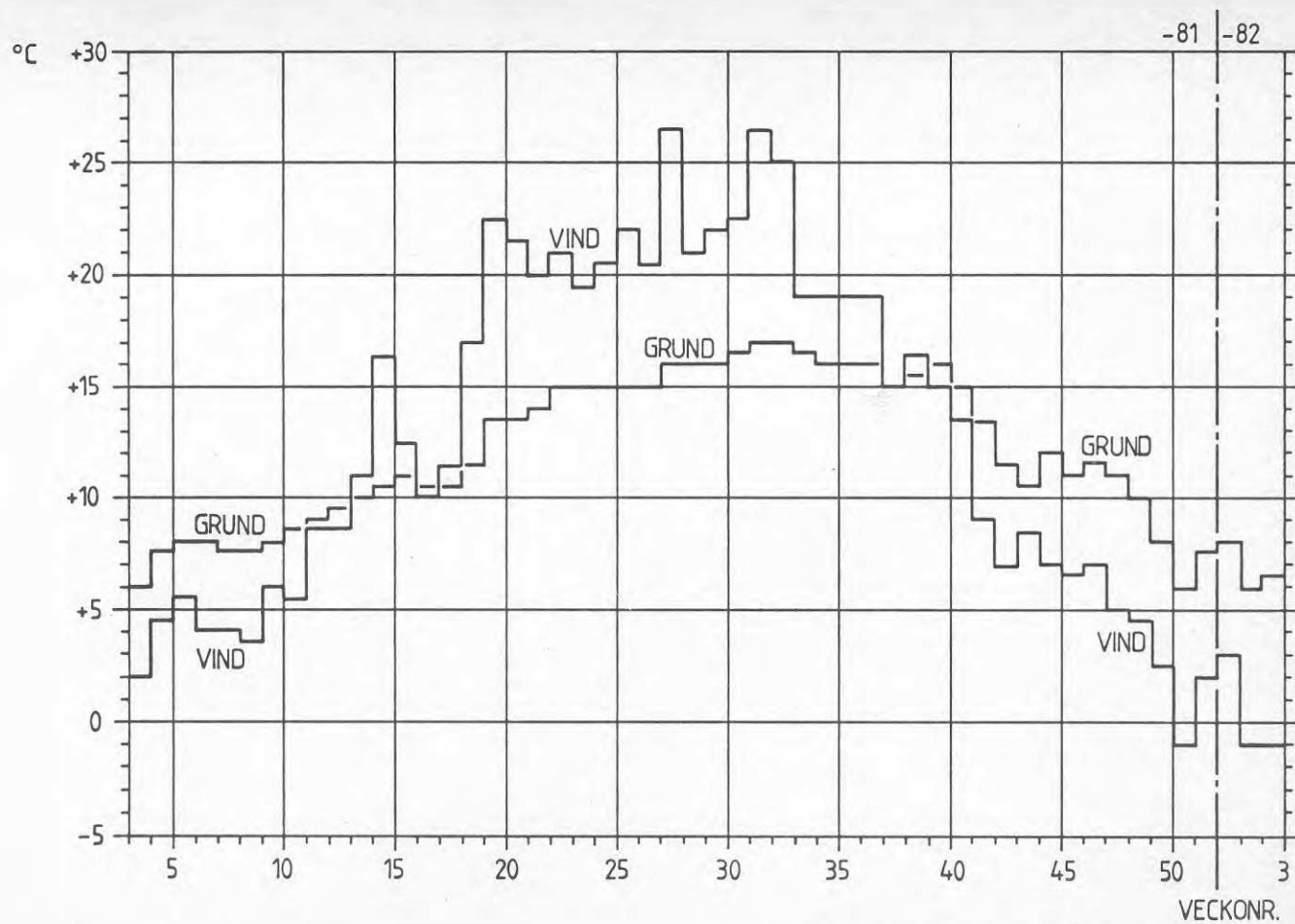


FIG.9 VECKOMEDELTEMP. GRUND/VIND

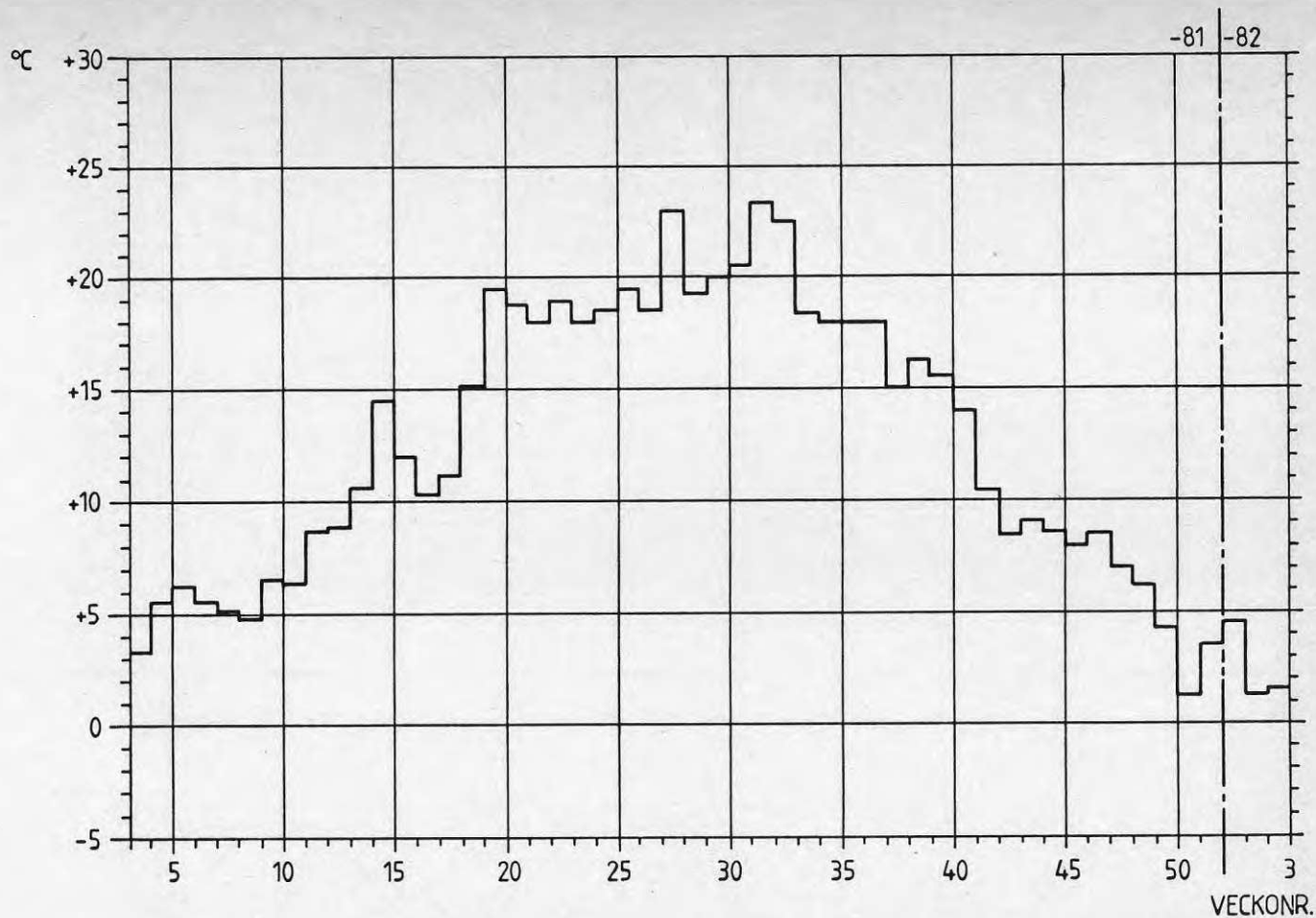


FIG. 10 VECKOMEDELTEMP. BLANDNING GRUND/VIND

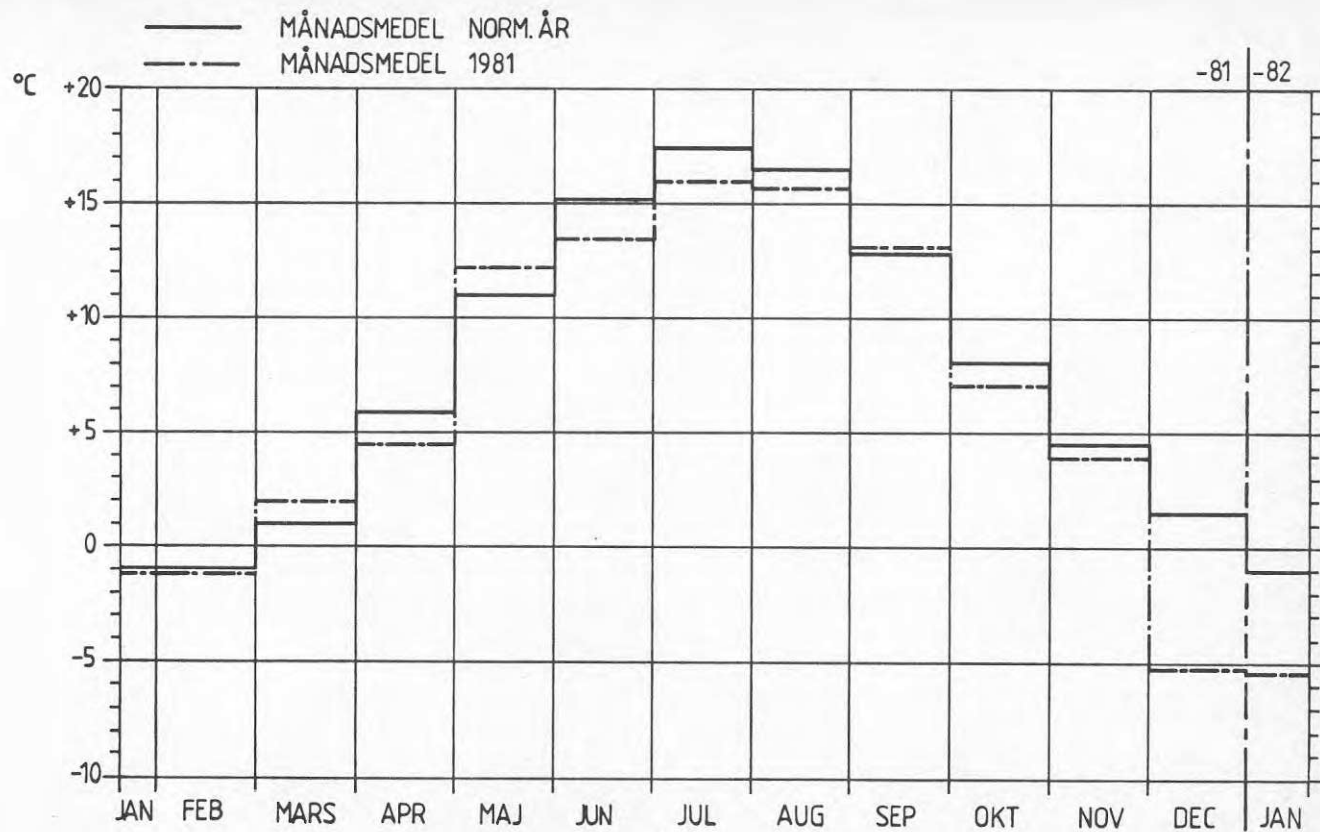
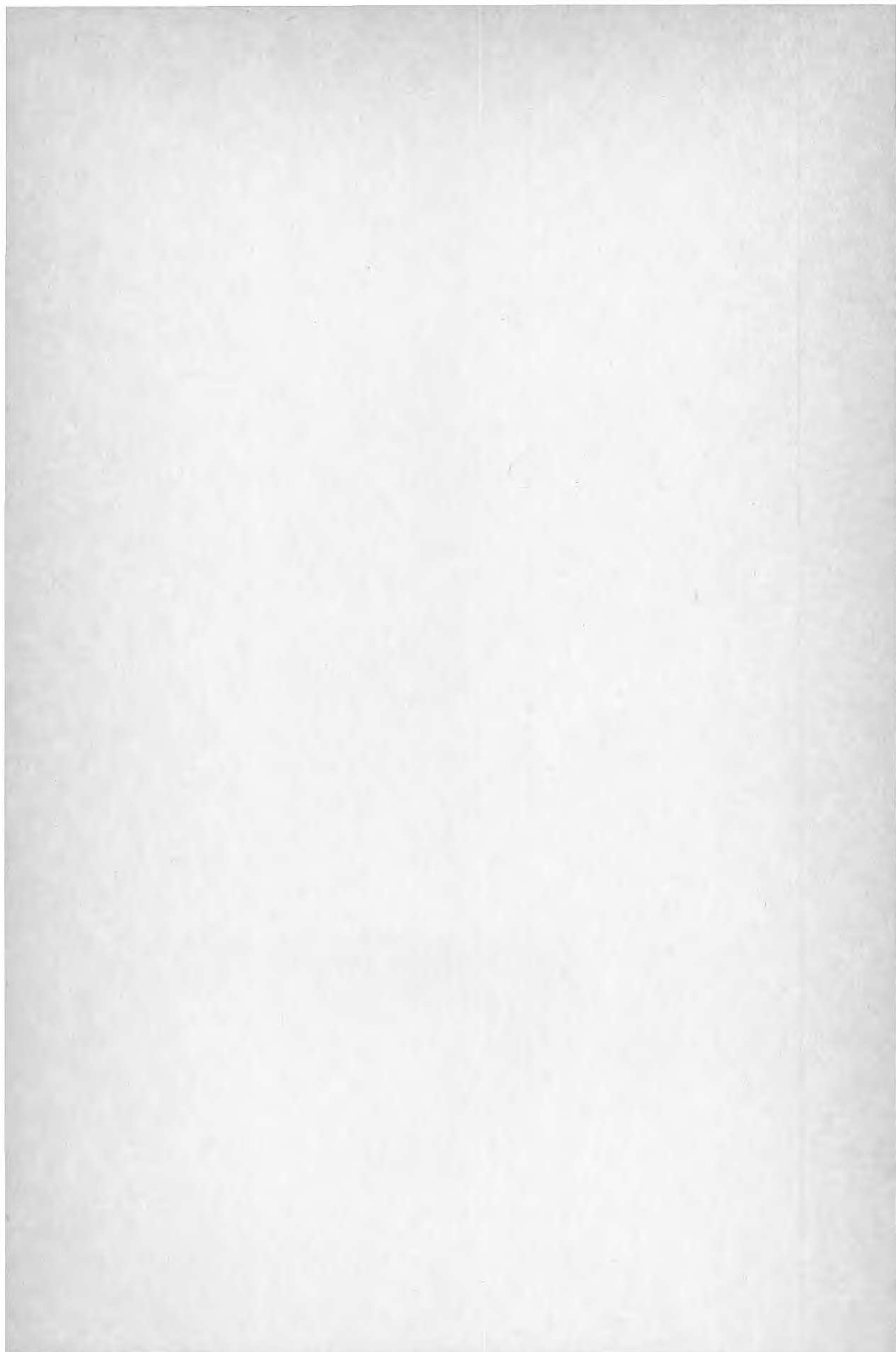


FIG.11 MÅNADSMEDELTEMP. UTE KRISTIANSTAD







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791105-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Allmänna Ingenjörbyrå AB, Malmö.**

R53: 1983

ISBN 91-540-3940-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700753

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 20 kr exkl moms