



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

R16: 1976

**Individuell eller central
styrning av operativ
rumstemperatur**

**Jan-Erik Andersson
Engelbrekt Isfält**

Byggforskningen

Rapport R16:1976

INDIVIDUELL ELLER CENTRAL STYRNING
AV OPERATIV RUMSTEMPERATUR

Jan-Erik Andersson
Engelbrekt Isfält



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag D-634 från
Statens råd för byggnadsforskning till Jan-Erik Andersson,
Saltsjöbaden.



Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2565-6
LiberTryck Stockholm 1976

INNEHÅLL

	FÖRORD	5
	INLEDNING	6
1.1	METODIK FÖR BERÄKNING AV DET VALDA PROJEKTET . . .	8
1.1.1	Kortfattad beskrivning av det valda objektet . . .	8
1.1.2	Val av utetemperatur	8
1.1.3	Solvärmeinläckning	11
1.1.4	Val av materialdata och värmeövergångstal, belysning. Beräkning av dagsljusfördelning, person- belastning, luftflöden, solskydd, omgivande tem- peraturer etc.	11
2.1	UPPLÄGGNING AV BERÄKNINGARNA	16
2.1.1	Val av rum	16
2.1.2	Beskrivning av rummen	16
2.1.3	Beskrivning av beräkningsschema	18
2.1.3.1	Krav på inomhusklimat	18
2.1.3.2	Beskrivning av klimatanläggningens funktion vid de olika körningarna	18
3	RESULTATREDOVISNING	24
3.1	Beräkning av användning av belysning i normalrummen	24
3.1.1	Beräkning av belysningsstyrka I_{BE} vid den tänkta arbetsplatsen som erhålles av solen	24
3.1.2	Uppskattning av användning av belysningsarmaturerna	26
3.2.1	Redovisning av temperaturkörningarna A, B1, B2 och C och C	26
4	UTFORMNING AV BERÄKNINGSMALL FÖR BEDÖMNING AV INOMHUSKLIMAT VID HÖGA UTETEMPERATURER OCH KLIMATANLÄGGNING UTAN NÅGON FORM AV KYLNING AV TILLUFT	73
4.1	Val av representativ rumstyp	73
4.2	Val av klimatdata	73
4.4	Val av solskydd	74
4.5	Beräkning och val av belysningseffekter med hänsyn till dagsljus	75
4.6	Val av materialdata och värmeövergångstal m.m. samt redovisning av inredning och byggnadskon- struktion	77
4.7	Val av övriga data	79
4.8	Redovisning av resultat	79

5	UTFORMNING AV BERÄKNINGSMALL AVSEDD FÖR BEDÖMNING AV UTFORMNING AV EN BYGGNADS KLIMATANLÄGGNING AVSEENDE INDIVIDUELLT ELLER CENTRALT REGLERAD RUMSTEMPERATUR	82
5.1	Val av rumstyp för beräkning	82
5.2	Val av utetemperatur	82
5.2.1	Körningsschema	82
5.3	Solvärmeinläckning	82
5.4	Val av solskydd	82
5.5	Beräkning och val av belysningseffekter för normalrummet	83
5.6	Val av materialdata	84
5.7	Val av övriga data	85
5.8	Redovisning av resultatet	86
6	SAMMANFATTANDE KOMMENTAR	87
	LITTERATUR	88

FÖRORD

Vid projektering av byggnader av typ sjukhus, kontor etc. uppstår ofta diskussion beträffande krav på rumsklimat och därmed också krav på klimatanläggning, som skall ge byggnaden detta klimat. Man diskuterar t.ex. vilken möjlighet det finns att innehålla ett visst klimat med en ventilationsanläggning, enär byggnaden ventileras endast av uteluft eller kyles med vattenbefuktad tilluft. Vidare diskuterar man den individuella regleringens vara eller icke vara, dvs. om de yttre och inre värmebelastningarna för byggnadens lokaler är av sådan storlek och så varierande, att ett uppställt rumsklimat endast kan innehållas, såvida en klimatanläggning med möjlighet till individuell styrning av varje rumsenhet installeras.

Denna forskningsuppgift avser ett projekt, där de ingående rumsenheterna har relativt stora och varierande inre och yttre värmebelastningar och därav bedöma om projektets klimatanläggning skall ges sådan funktion, att individuell reglering måste ges för varje rumsenhet. Av resultatredovisningen skall utformas en beräkningsmetod, avsedd att användas för beräkning av rumsklimat för projekt med varierande inre och yttre värmebelastningar, så utformad att projektören med ett minimum av beräkningar kan välja kvalitet och utförande på klimatanläggningen. Beräkningsmallen gäller för förhållanden under årets varma månader.

INLEDNING

Inomhustemperaturen för en byggnad är samverkan mellan en rad faktorer, dels de yttre värmebelastningarna, främst då utetemperaturens variation samt solens inverkan, dels de inre värmebelastningarna, värme från människor och belysning och maskiner, dels byggnadens konstruktion, dvs. de i byggnadskroppen ingående byggnadsmaterialens värmtekniska egenskaper.

För att balansera ovan nämnda faktorer och ge byggnaden (lokalen) ett visst rumsklimat installeras ett klimatbehandlingssystem. Detta klimatbehandlingssystem måste ges en noggrann dimensionering för att kunna ge byggnaden (lokalen) det önskade klimatet. För några år sedan var beräkningsunderlaget (beräkningsmetodiken) för att utvärdera de olika faktorernas inverkan på rumsklimatet skäligen enkla och gav knappast svar på alla de komplicerade frågorna.

Sedan 10 år tillbaka finns dataprogram, där det teoretiska underlaget utgör den differentialekvation, som beskriver temperatur och värmebalansens förlopp i en vägg eller ett bjälklag, bestående av ett eller flera materialskikt. Värmebalansen beräknas för exempelvis varje timme under ett dygn. Man kan exempelvis beräkna temperaturen i varje materialskikt för rummets begränsningsytor samt rummets lufttemperatur.

Detta dataprogram, som kan anses ge mycket god överensstämmelse med de reella förhållandena, har initierats av docent Gösta Brown, KTH. Detta program användes i denna forskningsrapport.

Vidare finns nu beräkningsmetoder för att bedöma belysningsvärden i rummet, som fås av det solbelysta och eventuellt av någon typ av solskydd skyddade fönstret. Detta innebär, att man på ett betydligt exaktare sätt än tidigare kan göra sig en föreställning om hur användningen av den installerade belysningen vid olika solskydd och olika solbelastningar kan variera, beroende på belysningskrav och läge på arbetsplats. Med ett dataprogram utformat av civ.ing. Engelbrekt Isfält, KTH, kan belysningens variation för ett rum beräknas som funktion av fönsterarea, arbetsplatsens läge i rummet, typ av solskydd samt solbelastning för fönstret. Detta program användes i denna forskningsrapport.

Tidigare har avsaknaden av mer exakta beräkningsmetoder naturligtvis försvårat en riktig dimensionering av klimatbehandlingssystemet. Man har exempelvis för en byggnad, där högt krav på rumsklimat angivits, "tagit till" klimatanläggningen för att vara på den säkra sidan, medan man för en annan anläggning, där ett mer moderat krav på inomhusklimat angivits, bara brytt sig om att installera en centralt reglerad klimatbehandlingsanläggning, varvid en del rum har fått för hög temperatur, en del för låg rumstemperatur på grund av varierande värmebelastning rummen sinsemellan.

Denna forskningsrapport är ämnad att:

- A. Dels redovisa en beräkningsmetod för att beskriva rumsklimatet för byggnad under årets varma månader och därur utforma en mall för beräkning av rumsklimatet under varma dagar, då kyld tilluft ej finns.
- B. Redovisa en beräkningsmetod för att beskriva variationerna i rumsklimat vid en centralt reglerad klimatanläggning gentemot en individuellt reglerad klimatanläggning och därur utforma en beräkningsmall.
- C. Redovisa sambandet mellan solbelastning, typ av solskydd, arbetsplatsläge i rummet och användning av den inre belysningen.

1.1 METODIK FÖR BERÄKNING AV DET VALDA PROJEKTET

1.1.1 Kortfattad beskrivning av det valda projektet

Vid val av lämpligt projekt har följande synpunkter beaktats:

- a) De varierande värmebelastningarna i rummen skall vara stora och kraftigt varierande.
- b) Byggnadens värmetröghet skall vara relativt liten.

Anledningen till ovanstående val av dessa klimatbildande faktorer är, att det synes lämpligt att så långt som praktiskt är möjligt belysa vad olikheterna i värmebelastningar gör vid individuellt resp. centralt reglerade rum.

Ett objekt, som i stort sett tillfredsställer ovan ställda krav, är Pharmacias nyligen färdigställda kontorsbyggnad utanför Uppsala. Byggnaden är fasadbelägen i norr-söder (se FIG. 1), är ämnad att förses med utanför liggande solskydd (persienntyp), vilka ger hög solavskärmningseffekt. Fönsterytan är relativt stor, ca 35 %). Belysningsstyrkan för kontorsrummen ligger vid ca 600 lux. Bjälklagen består av T-T-kassetter och mellanväggar utförda av gipsplattor på reglar. Golvet är försett med heltäckande mattor. Byggnaden är ur värmetröghetssynpunkt en relativt lätt konstruktion.

1.1.2 Val av utetemperatur

Den statistik över varma perioder som för närvarande finns tillgänglig är upprättad av professor Bo Adamsson, Lund (se rapport R49:1970), och bygger på temperaturvärden för de senaste 28 årens varma månader. Statistikredovisningen finns ej för Uppsala, där det beräknade projektet är uppfört, men här har använts de värden, som upprättats för Stockholm.

Tabellerna är inordnade efter tvänna mönster

- a) dels efter högsta medeltemperatur
- b) dels efter högsta solinstrålningsvärden.

Vidare är tabellerna indelade i en - tre - femdygnsvärden. Det har visat sig, att den upprepade strålningen, sett ur temperaturtillskottssynpunkt, för byggnaden har större inverkan än den högre medelutetemperaturen, som råder för 1-dygnsmedelvärdena. Därför användes 5-dygnsmedelvärdena vid beräkningarna. Även denna relativt lätta byggnad kräver för insvängning till periodicitet en tidsperiod som gör att 5-dygnsmedelvärdena är mest relevanta.

Då solskydden är effektiva är hög utetemperatur den faktor som påverkar inneklimatet i första hand. Endast i ytterst extrema fall, där solvärmen har en mycket stor inverkan, kan det vara lämpligt att använda tabellform b. I denna rapport har använts tabellformen med de högsta medeltemperaturerna (tabell a).

x) av fasadyta

Högsta medeltemperatur för Stockholm
(5-dygns medelvärden)

Frekvens under 28 mån.	MAJ	JUNI	JULI	AUG.	SEPT.
°C	°C	°C	°C	°C	°C
28	17,1	21,8	24,2	21,9	17,8
56	16,4	20,8	23,1	21,3	17,2
84	15,9	20,8	22,4	20,9	16,9
140	15,1	19,3	21,6	20,4	16,3
280	13,8	18,0	20,4	19,4	15,2

Ur ovanstående väljes att använda följande medelvärdstemperaturer vid körningarna:

JUNI	JULI	AUG.
°C	°C	°C
21	23	21
19	21	19

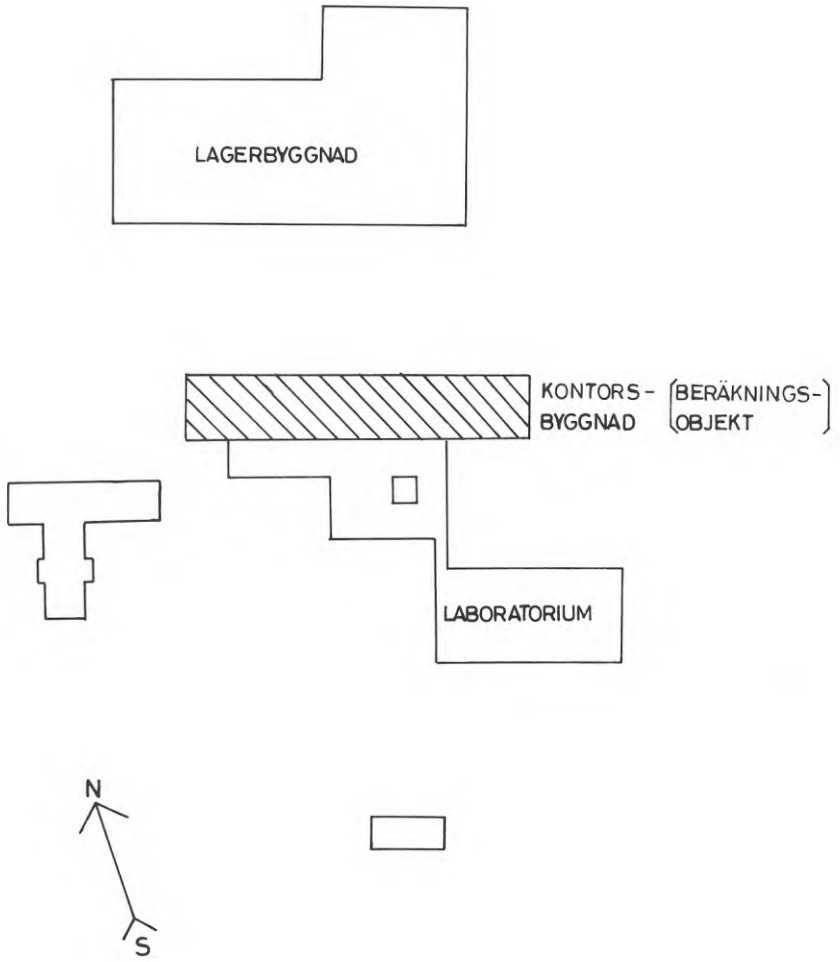
Såvida de lägsta temperaturerna, 19° och ev. 21°, ger höga inne-temperaturer får kompletterande körningar göras med lägre medeltemperaturer.

Då temperaturerna för de olika frekvenserna har ojämna värden, fås rumstemperaturen medelst interpolation resp. extrapolation mellan de beräknade värdena. De relativt små beräkningsintervaller, som gäller för beräkningarna, utgör för denna interpolation och extrapolation ej något större fel.

Uttemperaturen varierar enligt formeln $t_{ute} = e \cos(\omega t + \varphi)$, där u är ovan redovisade medelvärde för dygnet och e är amplituden. e varierar något, beroende på medelutetemperatur och månad, men ett godtagbart värde synes 5 vara. Värdet är något eller några tiondelar för lågt vid de högre medelvärdena och någon eller några tiondelar för högt för de lägre temperaturmedelvärdena. e väljes alltså = 5°C.

De temperaturkurvor som ej beräknas kan, som ovan antytts, för körningen där kyld tilluft ej tänkes använd (betecknad körning A) inter- resp. extrapoleras fram utan att större fel av praktisk betydelse göres. För de två övriga körningarna (individuell reglering resp. central reglering) skulle eventuellt samtliga temperaturer köras för att få en fullständig resultatredovisning. Här väljes dock två temperaturer, representativa för de högsta temperaturkurvorna, för att minska antalet körningar.

FIGUR 1



1.1.3 Solvärmeinläckning

De värden på solvärmeinläckning, som redovisas i nedanstående tabell, är tagna ur byggforskningsrapport 19/69 (Brown & Isfält). I enlighet med vad som framkommit i professor Bo Adamssons statistik bör Brown-Isfälts strålningsvärden (framtagna för en klar dag) reduceras med ca 20 %. Värdena i nedanstående tabell gäller för väderstreck sydsydväst (+20°) och oskyddade tvåglasfönster och reduktion har skett enligt ovan.

Klockslag	Instråln. juni W/m ²	Instråln. juli W/m ²	Instråln. aug. W/m ²
3	2		
4	12	4	
5	22	23	10
6	41	37	26
7	53	50	40
8	67	64	57
9	106	104	181
10	218	219	270
11	330	336	389
12	405	414	465
13	434	447	295
14	418	435	479
15	358	378	417
16	260	281	312
17	136	155	175
18	47	52	52
19	23	22	7
20	9	6	

1.1.4 Val av materialdata och värmeövergångstal

1.1.4.1 Absorptionsfaktorer, reflexionsfaktorer, värmeövergångstal

Fasadyornas absorptionsfaktor kan variera kraftigt utan att i större grad påverka rumstemperaturen, då den solvärme som transmittteras genom ytterväggarna är mycket liten i förhållande till den solvärme som transmittteras genom fönstren. Fasadyornas absorptionsfaktor väljes till 0,7 (ett normalt värde). Rumsdyornas reflexionsfaktorer kan likaväl som fasadyornas absorptionsfaktor väljas inom vida gränser utan att rumstemperaturen avsevärt påverkas.

Här väljes

vägg = 0,5

tak = 0,7

golv = 0,3

fönster = 0,25

1.1.4.2 Värmeövergångstal

Yttervägg (utsida) = $16 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Mellanvägg mot korridor (utsida) = $7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Värmeövergångstalen för rummens innerytor varierar med ytans temperatur och rummets lufttemperatur. I det dataprogram som användes i denna forskningsrapport är hänsyn tagen till denna variation.

1.1.4.3 Rummens inredning

Då möblering etc. ofta har ett ringa inflytande på temperaturförloppet har hänsyn ej tagits till denna i beräkningen. Då möbleringen har en liten dämpande inverkan på rumstemperaturen innebär ovanstående antagande, att en liten säkerhetsmarginal finns.

1.1.4.4 Byggnadskonstruktion

De tre rummen, vars temperaturförlopp studeras, är exakt lika i byggnadskonstruktionshänseende. I nedanstående tabell är redovisade

YTA (tak, mellanvägg etc.)

AREA (m^2)

DIMENSION (höjd x djup etc.)

MATERIALSLAG (redovisat i riktning inifrån rummet och ut)

d = tjocklek (m)

λ = värmeledningstal ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

γ = volymvikt (kg/m^3)

c_p = specifikt värme ($\text{Wh/kg } ^\circ\text{C}$)

De i tabellen angivna värdena på värmeledningstal och volymvikt är redovisade enligt SBN-67 33:23. Värden på specifika värmnet är hämtade ur Bäckströms "Kylteknisk Handbok".

YTA	DIM. m x m	AREA m	d(m)	λ (W/m ² °C)	γ (kg/m ³)	c_p Wh/kg	°C
Tak = Golv	2,3x4,5	10,4	0,15	1,5	2 300	0,24	Betong
Mellan- vägg 1 (Korri- dorvägg)	2,8x2,3	6,4	0,013	0,22	950	0,3	Gipsskiva
Mellan- vägg 2	2,8x4,5	12,6	0,013	0,22	900	0,3	Gipsskiva
= Mellan- vägg 3			0,05 0,013	0,04 0,22	45 900	0,24 0,3	Min.ull Gipsskiva
Ytter- vägg	2,8x2,3	4,85	0,15 0,10 0,12	1,1 0,03 0,60	2 300 45 1 500	0,24 0,24 0,20	Betong Min.ull Tegel
Fönster		1,65	-	k=2,9	-	-	Tvåglas- fönster

1.1.4.6 Belysningsvärden

Belysningen i rummen är beräknad att ge ett luxvärde av ca 600 lux. Arbetsplatserna skall genom speciell arrangering få en belysning av ca 1 000 lux. Belysningen är uppdelad på två armaturer, vilka kan tändas var och en för sig. Dessa är placerade dels vid fasad, dels vid innervägg, och består vardera av 4 x 40 W lysrör. Total installerad effekt = 320 W.

Den installerade effekten blir vid båda armaturerna tända ca 30 W/m², vid en armatur tänd ca 25 W/m².

1.1.4.7 Beräkning av dagsljusets fördelning i rummet

Vid beräkningarna förutsätts, att fönstren är försedda med solskydd, som ger ljuset en diffus spridning i rummet.

Enligt Lamberts cosinuslag kan den del av strålningen från en yta A_i , som träffar en annan yta, A_j , anges med en geometrisk faktor, den s.k. vinkelkoefficienten γ_{i-j} . När det gäller strålning i det synliga ljusets våglängdsområde förekommer, förutom den direkta komponenten, ett oändligt antal reflexioner mellan rumsytorna. Den direkta komponenten samt reflexionerna kan sammanfattas i s.k. fördelningskoefficienter, ψ_{i-j} . Dessa beräknas ur ekvationssystem av följande utseende:

$$\psi_{i-j} = \gamma_{i-j} \cdot a_j + \sum_p \gamma_{ip} \cdot r_p \cdot \psi_{pj}$$

där p betecknar de olika rumsytorna och r_p resp. ytors reflexionsfaktorer och a_j absorptionsfaktor för yta A_j . ψ_{i-j} betecknar den del av strålningen, som per m² angives från ytan A_i , som absorberas i A_j . Kvoten κ mellan den från hela ytan A_i angivna strålningen räknad per m² mottagande ytan A_j blir

$$\kappa = \frac{A_i}{A_j} \psi_{i-j}$$

Beräkning av denna kvot utföres lämpligen med dator. I detta program beräknas först vinkelkoefficienterna mellan rumsytorna, därefter löses ekvationssystem enligt ekv. (1), varefter kvoten κ beräknas. I programmet kan horisontella ytelement placeras godtyckligt i rummet och dagsljusets fördelning sålunda studeras.

Fördelningskoefficienten för strålning från ett fönster till ett ytelement i rummet ψ_{i-j} får ett numeriskt litet värde, eftersom ytelementet utgör en liten del av fönstrets synfält. Därför har i stället fördelningskoefficienten för strålning från ytelementet till fönstret beräknats. Den sökta kvoten κ fås då med hjälp av villkoret

$$\psi_{i,j} \cdot A_i \cdot a_i = \psi_{j,i} \cdot A_j \cdot a_j \quad (3)$$

där a betecknar absorptionsfaktorn $1 - r$.

Ur ekv. (2) och (3) fås

$$\kappa = \frac{a_j}{a_i} \cdot \psi_{j,i} \quad (4)$$

Eftersom man vill studera belysningen mot ytelementet sätts $a_j = 1$, varvid

$$\kappa = \frac{1}{a_i} \cdot \psi_{j,i}$$

För att erhålla belysningen i lux vid de tänkta arbetsplatserna måste man först veta hur mycket ljus som faller in mot fönstret, dels hur stor del av ljuset som transmitteras genom fönstret. Det senare värdet multiplicerat med kvoten κ ger belysningen i lux. Luminansen från sol och himmel är i stort sett direkt proportionell mot värmeinstrålningen. Proportionalitetsfaktorn brukar benämnas ljusutbytesfaktorn L och har följande ungefärliga värden:

Strålningskälla	Ljusutbyte L (lm/W)
Solen (solhöjd < 7,5°)	90
Solen (solhöjd > 25°)	100
Solen, medelvärde	100
Himlen klar	150
Himlen genomsnittlig molnighet	125
Globalt genomsnitt	115

Värdet som användes vid dessa beräkningar = 100 lm/W (solhöjd > 25°).

Solinstrålningen brukar anges med hänsyn till reduktion genom ett referensglas (se Byggforskningsrapport 19/69). Därigenom fås inverkan av transmission beroende på infallsvinkeln. Den direkt transmitterade solstrålningen antages utgöra en konstant del av instrålningsvärdena, l_{sol} angiven genom avskärningsfaktorn F_2 vilken gäller hela spektrum. Om strålningens våglängsfördelning ändras kraftigt vid passage genom fönstret kan F_2 bli olika för strålning i det synliga området resp. hela solspektrum. F_2 torde dock i detta sammanhang vara ett tillfredsställande mått på ljustransmissionen.

Belysningen l_{be} mot ett ytelement fås enligt

$$l_{be} = l_{sol} \cdot F_2 \cdot L \cdot \kappa \text{ (lux)}$$

l_{sol} = solinläckning mot fönsterytan (W/m^2)

F_2 = avskärningsfaktor

L = ljusutbytesfaktor

κ = beräknas med hjälp av rummets utformning enligt ovan beskrivna metod

1.1.4.8 Personbelastning

För beräkningarna förutsättes, att 1 (en) person befinner sig i rummet under tiden 8.00 - 12.00, 13.00 - 17.00. I databeräkningarna tas hänsyn till förändringen av personers ändrade värmeavgivning vid förhöjd rumstemperatur.

1.1.4.9 Luftflöden och drifttider av ventilationsanläggningen

Det i beräkningarna använda luftflödet = $160 \text{ m}^3/\text{h}$ ($0,045 \text{ m}^3/\text{s}$). Ventilationsanläggningen beräknas köras 24 h/dygn eller den tid som behövs för att rumstemperaturen skall vara maximalt 21° vid kl. 08.00.

1.1.4.10 Solskydd

De i praktik och teori angivna värdena på F_1 och F_2 , 9 resp. 4 %, är beräknade för maximal solavskärningseffekt för utvändiga persienn. I denna utredning antas, att persiennerna ställes upp en aning, varvid solavskärningsfaktorn (F_1) försämrar något (ökar till 14 %), och faktorn F_2 , som påverkar ljusförhållandena i rummet, likaså ökar (4 % till 8 %), vilket ökar solskyddets förmåga att släppa genom dagsljus.

1.1.4.11 Temperaturer i omgivande utrymmen

Samtliga rum beräknas omges med normalrum. Korridorstemperatur väljes till $+23^\circ\text{C}$.

1.1.4.12 Tillägg för fläktarbete

Tillägg göres med 1°C till tilluftstemperaturen för uppvärmning på grund av fläktarbete.

2.1 UPPLÄGGNING AV BERÄKNINGARNA

Tre serier av körningar göres, betecknade körning A, B1, B2 och C.

Körning A innefattar beräkning av operativ rumstemperatur för normalrum (rum med normala värmebelastningar) med ej kyld tilluft.

Körning B1, B2 innefattar beräkning av operativ rumstemperatur för rum med normala, maximala och minimala inre och yttre värmebelastningar och försedda med individuell reglering av resp. rums temperatur med kyld eller värmd tilluft.

Körning C innefattar beräkning av operativ rumstemperatur för rum med normal, maximal och minimal inre och yttre värmebelastning och försedda med kyld eller värmd tilluft, centralt reglerad.

2.1.1 Val av rum

Tre i hyggnadskonstruktion lika kontorsrum som ligger inne i byggnaden. Se figur 2. Beteckningar i figur 2 enligt nedanstående punkt 2.1.2.

2.1.2 Beskrivning av rummen

Rum S_N , det normalbelastade rummet

Den normala värmebelastningen från inre och yttre värmekällor definieras enligt följande.

Solinstrålning. Solskyddet tänkes vara nedfällt vid solbelyst fasad under tiden 08.00 till 17.00 under samliga månader.

Belysning. Hela belysningen (2 armaturer) tänkes tänd, då den av solen erhållna arbetsplatsbelysningen understiger 200 lux. Total effekt 320 W.

Halva belysningen (1 armatur) tänkes tänd, då den av solen erhållna arbetsplatsbelysningen överstiger 200 lux. (Total effekt 160 W.) Se för övrigt punkt 1.1.4.6 och 1.1.4.7.

Personbelastning. En person beräknas vistas i rummet från kl. 08.00-12.00 samt från 13.00-17.00.

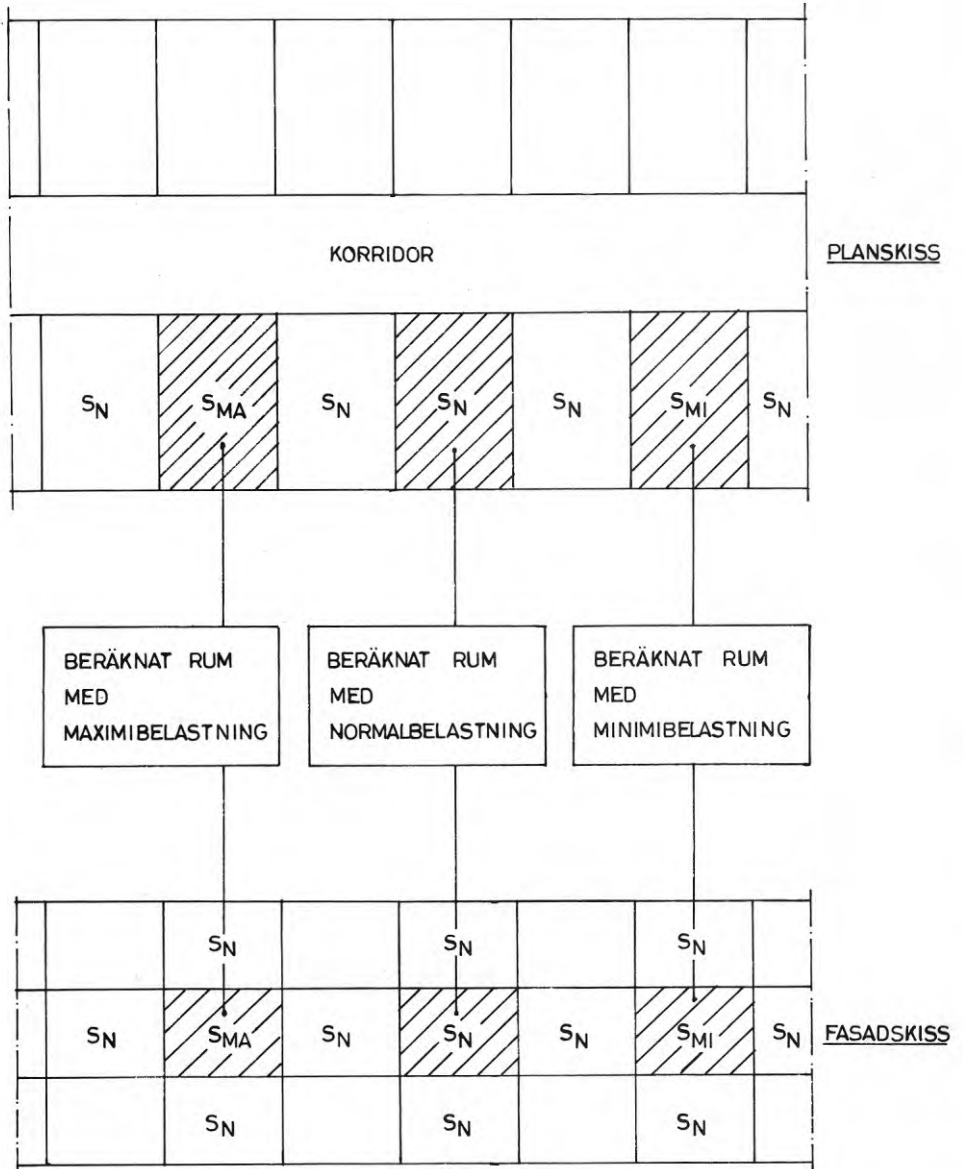
Rum S_{MI} , det minimibelastade rummet

Detta rum beräknas få minimal värmebelastning från inre och yttre värmekällor enligt följande:

Solinstrålning. Solskyddet tänkes nedfällda under hela dygnet

FIGUR 2

PLANSKISS OCH FASADSKISS AV BERÄKNINGSOBJEKTET



Belysning. Belysningen tänkes släckt hela dagen.

Personbelastning. En person beräknas vistas i rummet från kl. 08.00 - 12.00 samt från 13.00 till 17.00.

Rum S_{MA} , det maximalbelastade rummet

Detta rum beräknas erhålla maximal värmebelastning från inre och yttre värmekällor enligt följande:

Solinstrålning. Solskyddet tänkes vara uppfällt under hela dygnet.

Belysning. Belysningen tänkes tänd hela dagen 08.00 - 17.00. (Total effekt 320 W.)

Personbelastning. En person beräknas vistas i rummet från 08.00 - 12.00 samt från 13.00 - 17.00.

2.1.3 Beskrivning av beräkningsschema

2.1.3.1 Krav på inomhusklimatet

- a) Maximal rumstemperatur. Den maximala rumstemperaturen får ej överskrida 26° i de fall då styrning av klimatet förekommer.
- b) Tillåten lägsta tillufttemperatur dagtid sättes till $+17^{\circ}\text{C}$.
- c) Tillåten lägsta tillufttemperatur nattetid sättes till $+13^{\circ}\text{C}$.
- d) Rumstemperatur kl. 08.00 får ej underskrida 21°C , där regler-sätt och värmebelastning för rummet ifråga gör detta möjligt.

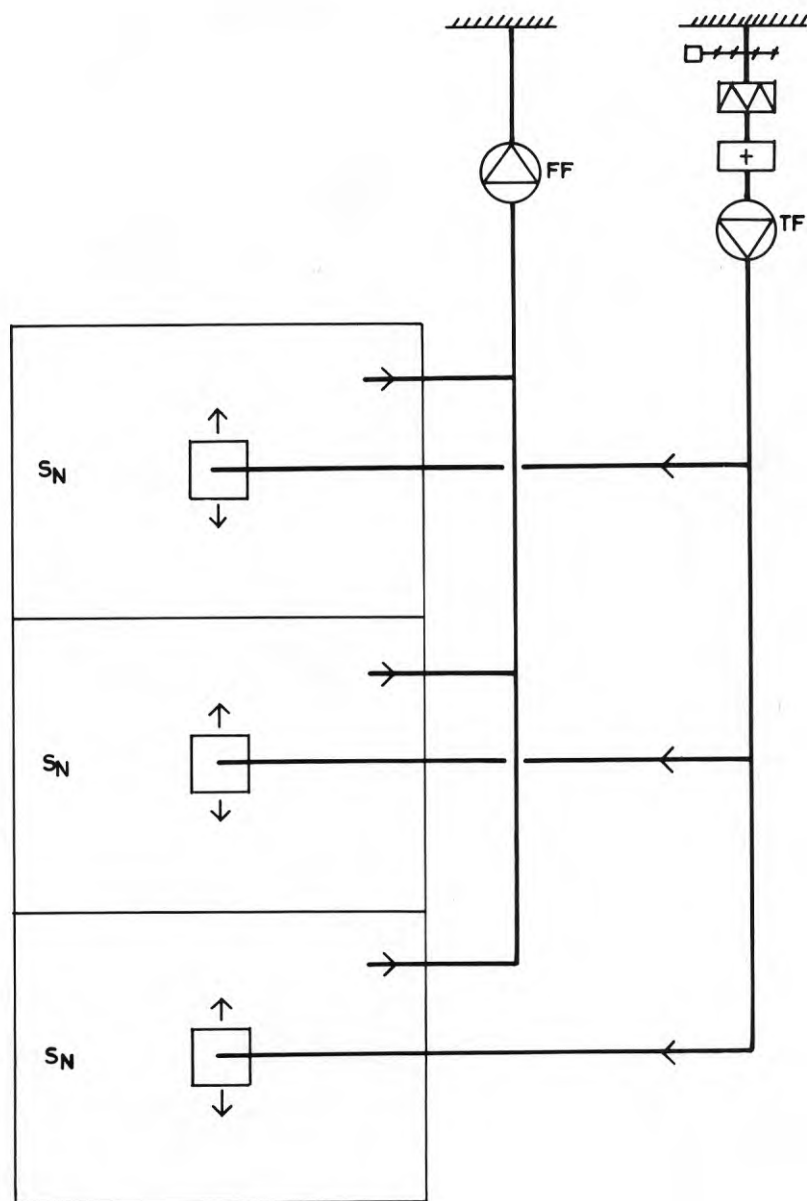
2.1.3.2 Beskrivning av klimatanläggningens funktion vid de olika körningarna

KÖRNING A

Körschema för utvärdering av rumstemperatur vid ej kyld tilluft för normalrummet S_N .

Via uteluftintag, spjäll och filter distribueras den eventuellt uppvärmda uteluften till rummen. Beräkningen göres för normalrummet, se fig. 3. Användningen av belysningen beräknas enligt punkt 2.1.2. Se fig. 6. Beräkningen göres för två temperaturer per månad enligt punkt 1.1.2. Rumstemperaturkurvorna för de andra utetemperaturerna fås genom inter- resp. extrapolering.

FIGUR 3

KLIMATSYSTEMETS UPPLÄGGNING FÖR KÖRNING A

Körschema ej kyld tilluft (Körning A)

Rumstyp	Schemabeteckning		Augusti
	Juni	Juli	
Normal- rummet	Juni ₂₁	Juli ₂₃	Aug ₂₁
S _N	Juni ₁₉	Juli ₂₁	Aug ₁₉

Totalt antal körningar 6 st.
KÖRNING B1 och B2

Körschema vid individuell rumsreglering

Den individuella rumsregleringen fås genom värmning eller kylning av tilluften för resp. rum. Den värme- eller kylproducerande apparaten, som kan vara en eftervärmare alt. kylare av konvektortyp eller en blandningsbox för tvåkanalsystem (varm och kall kanal) eller ett strålningstak med värme- och kylfunktion, styres av en givare placerad i resp. rum eller i frånluftkanalen från resp. rum. Denna typ av individuell styrning ger alltså olika krav på tillufttemperatur allt efter belastningarna varierar för de olika rummen. Se fig. 4.

Körschema individuell rumsreglering

Rumstyp	Schemabeteckning			Körning
	Juni	Juli	Augusti	
Normal- rummet	S _N Juni ₂₁	S _N Juli ₂₃	S _N Aug ₂₁	B1
S _N	S _N Juni ₁₉	S _N Juli ₂₁	S _N Aug ₁₉	
Maximi- rummet	S _{MA} Juni ₂₁	S _{MA} Juli ₂₃	S _{MA} Aug ₂₁	B2
S _{MA}	S _{MA} Juni ₁₉	S _{MA} Juli ₂₁	S _{MA} Aug ₁₉	
Minimi- rummet	S _{MI} Juni ₂₁	S _{MI} Juli ₂₃	S _{MA} Aug ₂₁	B2
S _{MI}	S _{MI} Juni ₁₉	S _{MI} Juli ₂₁	S _{MA} Aug ₂₁	

Totalt antal körningar 18 st.

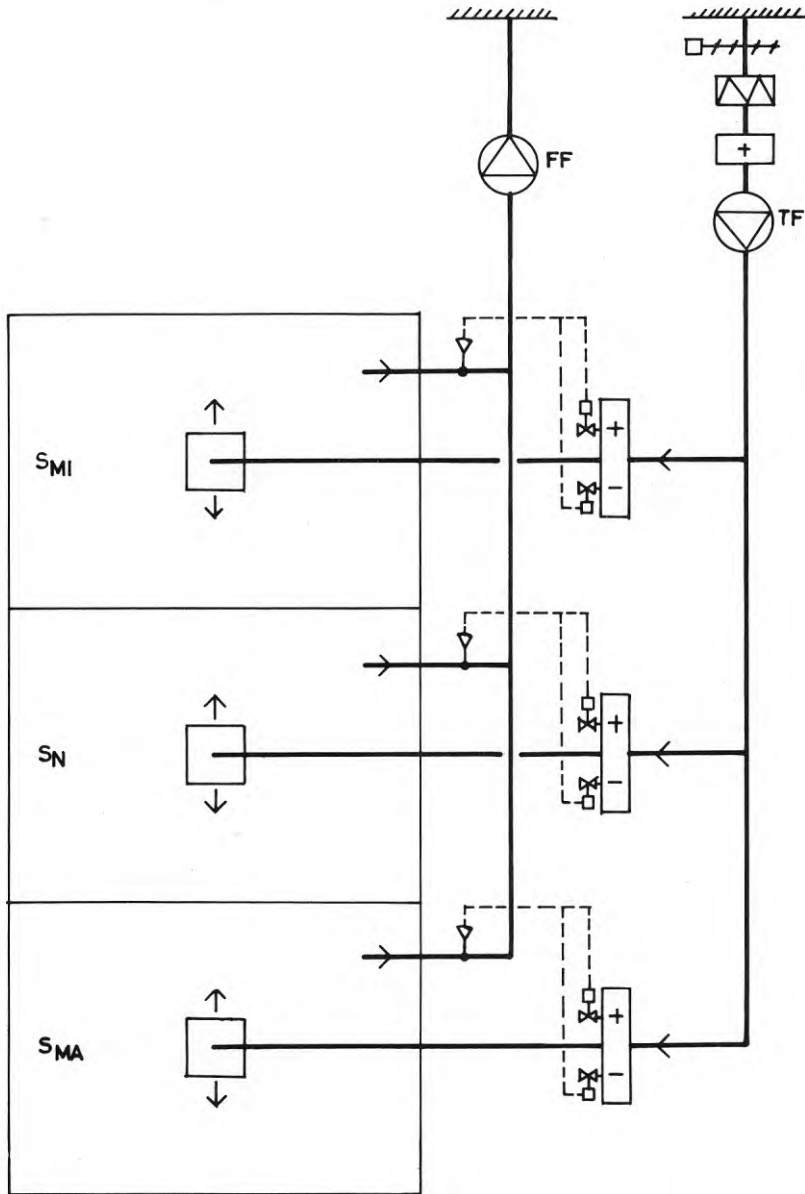
KÖRNING C

Körschema vid central rumsreglering

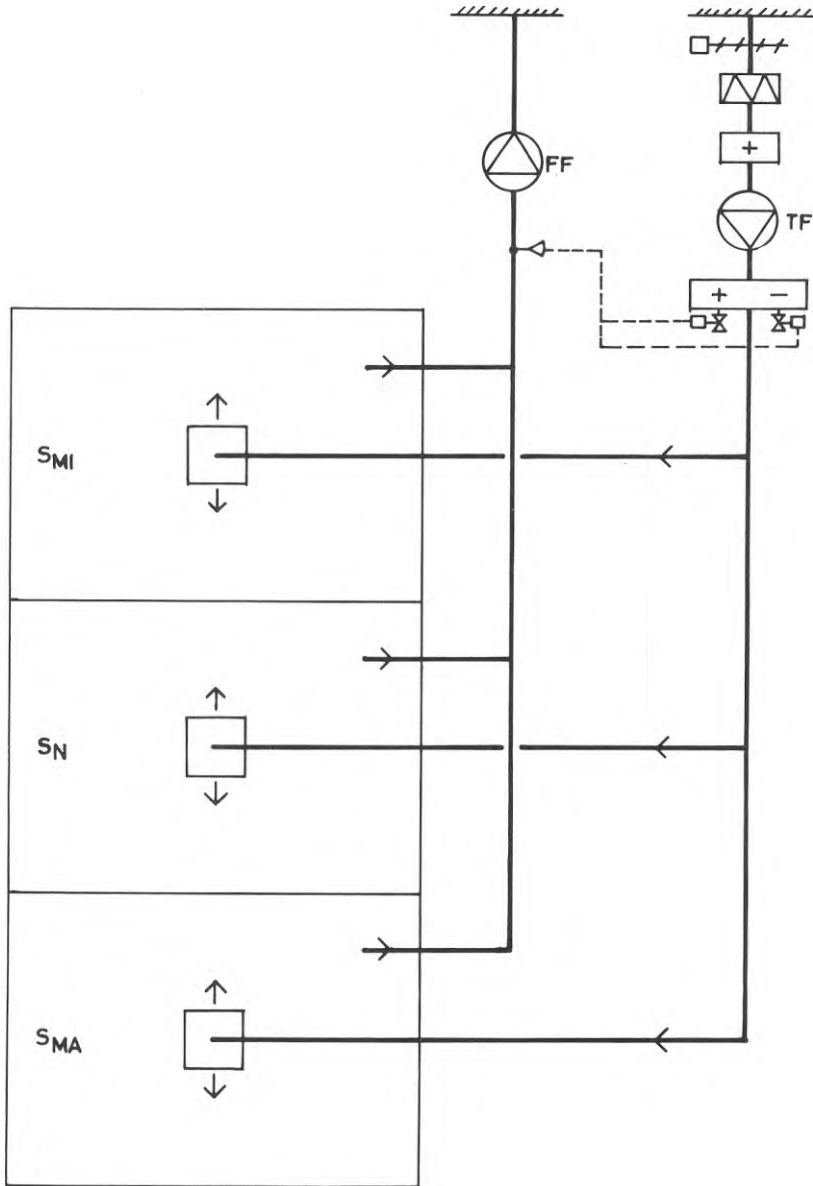
Den centrala rumsregleringen fås genom värmning eller kylning av tilluften i en centralt placerad kylare/värmare, som styres från givare, placerad i en för rummen gemensam frånluftkanal. Denna typ av reglering innebär alltså, att varje rum får samma tillufttemperatur oavsett om belastningarna varierar rummen emellan. Se fig. 5.

FIGUR 4

KLIMATSYSTEMETS UPPLÄGGNING FÖR KÖRNING B1 OCH B2



FIGUR 5
KLIMATSYSTEMETS UPPLÄGGNING FÖR KÖRNING C



Körschema central rumsreglering

Rumstyp	Schemabeteckning		
	Juni	Juli	Augusti
Maximi- rummet	S _{MA} -S _N Juni ₂₁	S _{MA} -S _N Juli ₂₃	S _{MA} -S _N Aug ₂₁
S _{MA}	S _{MA} -S _N Juni ₁₉	S _{MA} -S _N Juli ₂₁	S _{MA} -S _N Aug ₁₉
Minimi- rummet	S _{MI} -S _N Juni ₂₁	S _{MI} -S _N Juli ₂₃	S _{MI} -S _N Aug ₂₁
S _{MI}	S _{MI} -S _N Juni ₁₉	S _{MI} -S _N Juli ₂₁	S _{MI} -S _N Aug ₁₉

Totalt antal körningar 12 st.

Det har antagits, att normalrummets temperatur styr den centrala temperaturen, dvs. den resulterande (av givaren mätta) temperaturen är lika med normalrummets frånlufttemperatur.

3 RESULTATREDOVISNING

3.1 Beräkning av användning av belysning
i normalrummen

Solens belysning vid nedfällt solskydd mot arbetsplatsen fås enligt formeln

$$l_{be} = l_{sol} \cdot F_2 \cdot L \cdot \kappa$$

3.1.1 Beräkning av belysningsstyrka l_{be}
vid den tänkta arbetsplatsen som
erhålls från solen

Arbetsplatsens belägenhet ses i fig. 6.

κ beräknas enligt i punkt 1.1.4.6 och 1.1.4.7 beskrivna metod för i beräkningarna angivet rum.

κ erhålles till 0,08

$L = 100 \text{ lm/W}$ enl. punkt 1.1.4.7

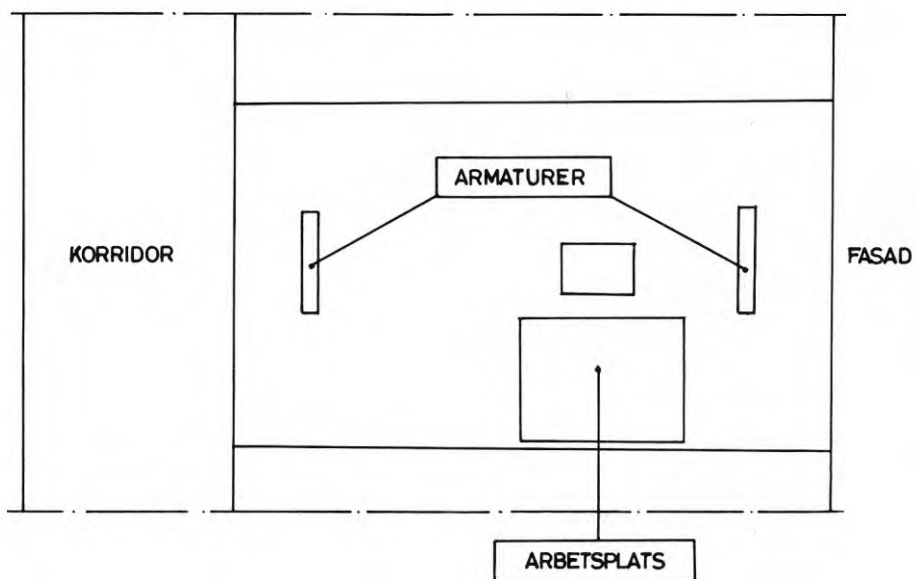
$F_2 = 8 \%$ enl. punkt 1.1.4.10

$l_{be} = 100 \cdot 0,08 \cdot l_{sol} \cdot F_2 = 0,64 \cdot l_{sol} \quad (\text{lux})$

Klockslag	l_{be} (lux)		
	Juni	Juli	Augusti
7	30	30	25
8	40	40	40
9	70	70	80
10	140	130	160
11	200	220	240
12	260	270	300
13	280	280	310
14	270	280	300
15	230	240	270
16	160	180	190
17	100	100	110

Ur denna tabell fås alltså den inre belysningens användning enl. de premisser, som angivits under punkt 2.1.2.

FIGUR 6
PRINCIPLANSKISS ÖVER DET BERÄKNADE RUMMET



- 3.1.2 Uppskattning av användning av belysningsarmaturerna med ledning av det beräknade luxvärdet (l_{be}) som erhålles via det solskyddade fönstret

Vid båda armaturerna tända

$$\text{effekt till rummet} = 320 \text{ W}$$

Vid en av armaturerna tända

$$\text{effekt till rummet} = 160 \text{ W}$$

Effekt från belysningen som avges till normalrummet

Klockslag	Juni	Juli	Augusti
8	320	320	320
9	320	320	320
10	320	320	320
11	160	160	160
12	160	160	160
13	160	160	160
14	160	160	160
15	160	160	160
16	320	320	160
17	320	320	320

I ovanstående tabell har antagits, att endast den armatur som är placerad vid fasad är tänd, då den av solen erhållna belysningen överstiger 200 lux vid arbetsplatsen.

Ovanstående anger alltså belysningseffekterna för normalrummet.

- 3.2.1 Redovisning av temperaturkörningarna A, B1, B2 och C

- 3.2.1.1 Konstruktion av kurvor, redovisande operativ temperatur vid de olika utetemperaturerna

Den operativa temperaturen för ett rum sammansätts av strålnings- temperatur och konvektiv temperatur. Som värde på operativ temperatur användes medelvärdet för mellanväggstemperaturen och den konvektiva temperaturen.

$$t_{\text{operativ}} \approx \frac{\alpha_k}{\alpha_s + \alpha_k} \cdot t_{\text{luft}} + \frac{\alpha_s}{\alpha_s + \alpha_k} \cdot t_{\text{strål}}$$

$$\alpha_k \sim \alpha_s \text{ ger}$$

$$t_{\text{operativ}} \approx \frac{t_{\text{luft}} + t_{\text{strål}}}{2}$$

$$\alpha_k, \alpha_s = \text{värmeövergångstal för konvektiv resp. strålningsöverföring}$$

Fig. 8 redovisar vägg- och lufttemperaturerna för normalrummet utan kyld tilluft för medelutetemperatur = 19°C (juni). Exemplet visar hur väggtemperaturen på grund av värmelagringen förhöjer den ånyo vid eftermiddag-kväll-natt.

3.2.1.2 Beskrivning av resultatet från körning A (tilluft utan kyld tilluft). Se fig. 8-17

De två lägsta medelutetemperaturerna 19°C (juni och augusti) ger ej temperaturer över 26°C. De två temperaturkurvorna redovisar en nästan exakt överensstämmelse. Detsamma kan sägas om medelutetemperaturkurvorna för 21°C (juni, juli, augusti). Temperaturen blir för dessa maximalt ca 27,5°C. Slutligen ger medelutetemperaturen 23°C för juli en högsta temperatur av ca 29°C.

I fig. 14, 15 och 16 är för varje månad inritade operativa temperaturer för de i beräkningarna använda medelutetemperaturerna. Enligt punkt 1.1.2 har sedan inter- resp. extrapolerats fram kurvorna som erhålles för de utetemperaturer, som anges i tabell under punkten 1.1.2. I fig. 17 har uppritats varaktighetskurvan för operativ temperatur för de tre beräknade varma månaderna, där % tid i förhållande till total tid angivits. Total tid avser arbetstid.

Kommentar

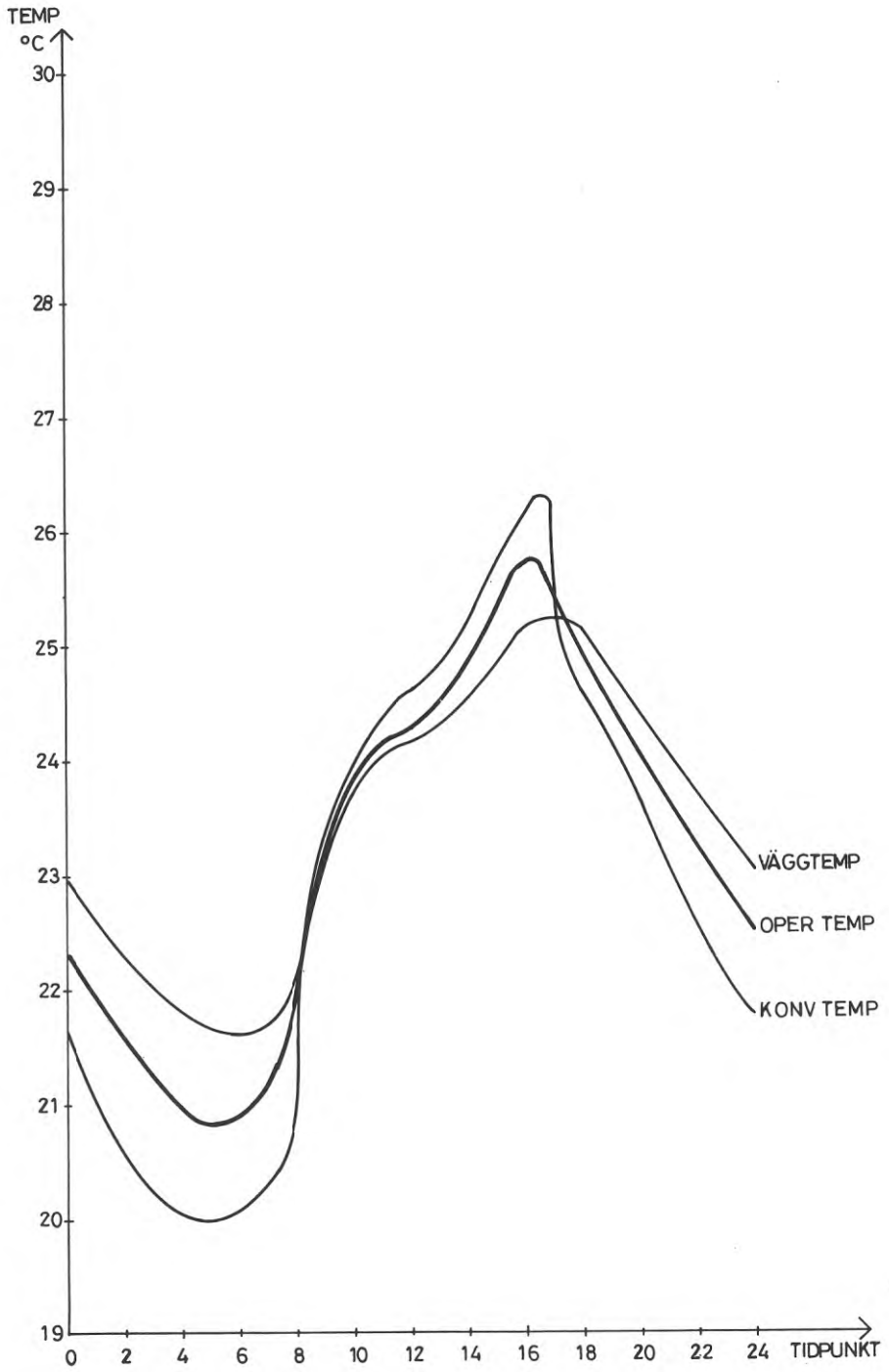
Det kan konstateras att beräkningen för samma utetemperatur men för olika månad ger praktiskt taget lika resultat. Detta innebär att antalet beräkningar skulle kraftigt reduceras från 6 till 2 st. Utetemperaturer för dessa två beräkningar skulle väljas mellan intervallet för de tre månaderna som är aktuella dvs. två beräkningar för utetemperatur nära den övre gränsen för intervallet. Genom inter- resp. extrapolering erhålles som visats ovan innetemperaturerna för samtliga utetemperaturer enligt statistikredovisningen. Man kan exempelvis ur denna kurva avläsa att operativa rumstemperaturen har överstigit 26°C ca 14 % av total tid.

3.2.1.3 Iakttagelser från körning B1 (kyld tilluft med individuell reglering för normalrummet S_N)

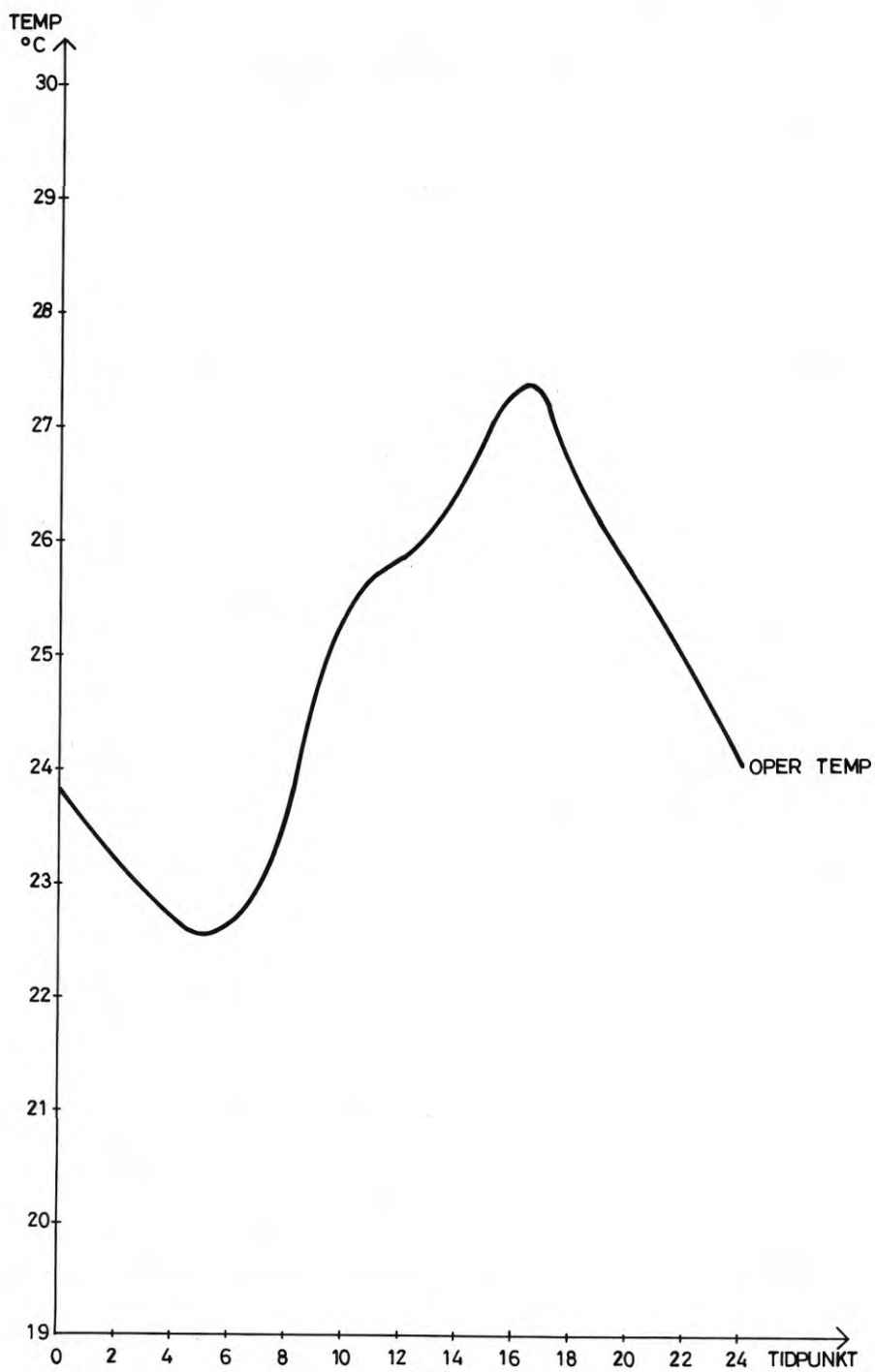
Se fig. 18-23.

Månad och medeltemperatur	Maximal rums-temp.	Kylmängd per dygn kWh/dygn	Lägsta tilluft-temp.	Ant.tim. med temp. > 26°C dagtid
Juni 19	24,3	2 700	19,5	-
Juni 21	25,2	8 000	18,5	-
Juli 21	25,3	8 400	18,2	-
Juli 23	26,2	16 300	17,0	1,5
Aug. 19	24,3	2 900	19,2	-
Aug. 21	25,2	7 900	18,1	-

FIGUR 8

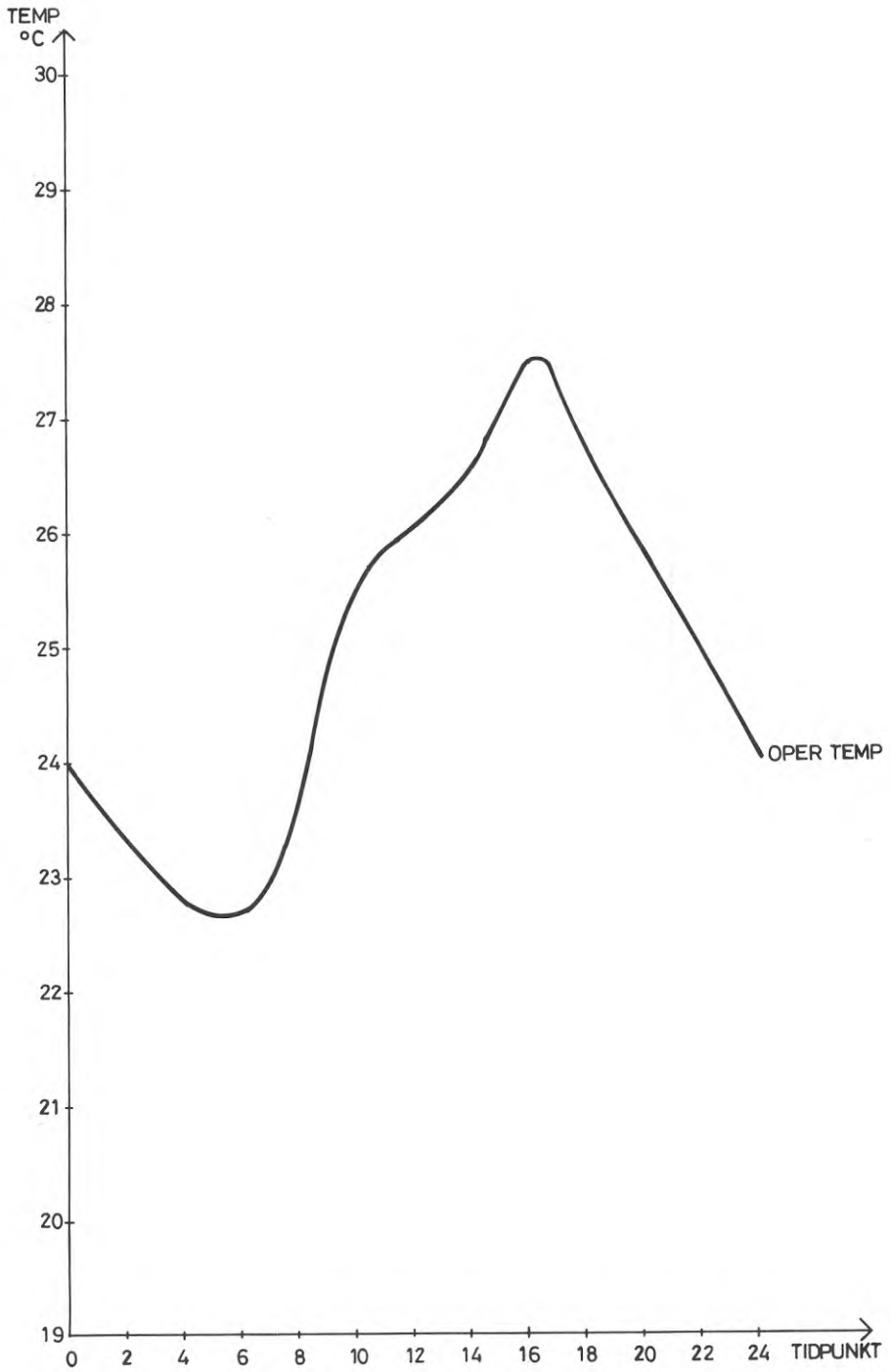
KÖRNING A EJ KYLD TILLUFT JUNI S_N 19

FIGUR 9

JUNI S_N21

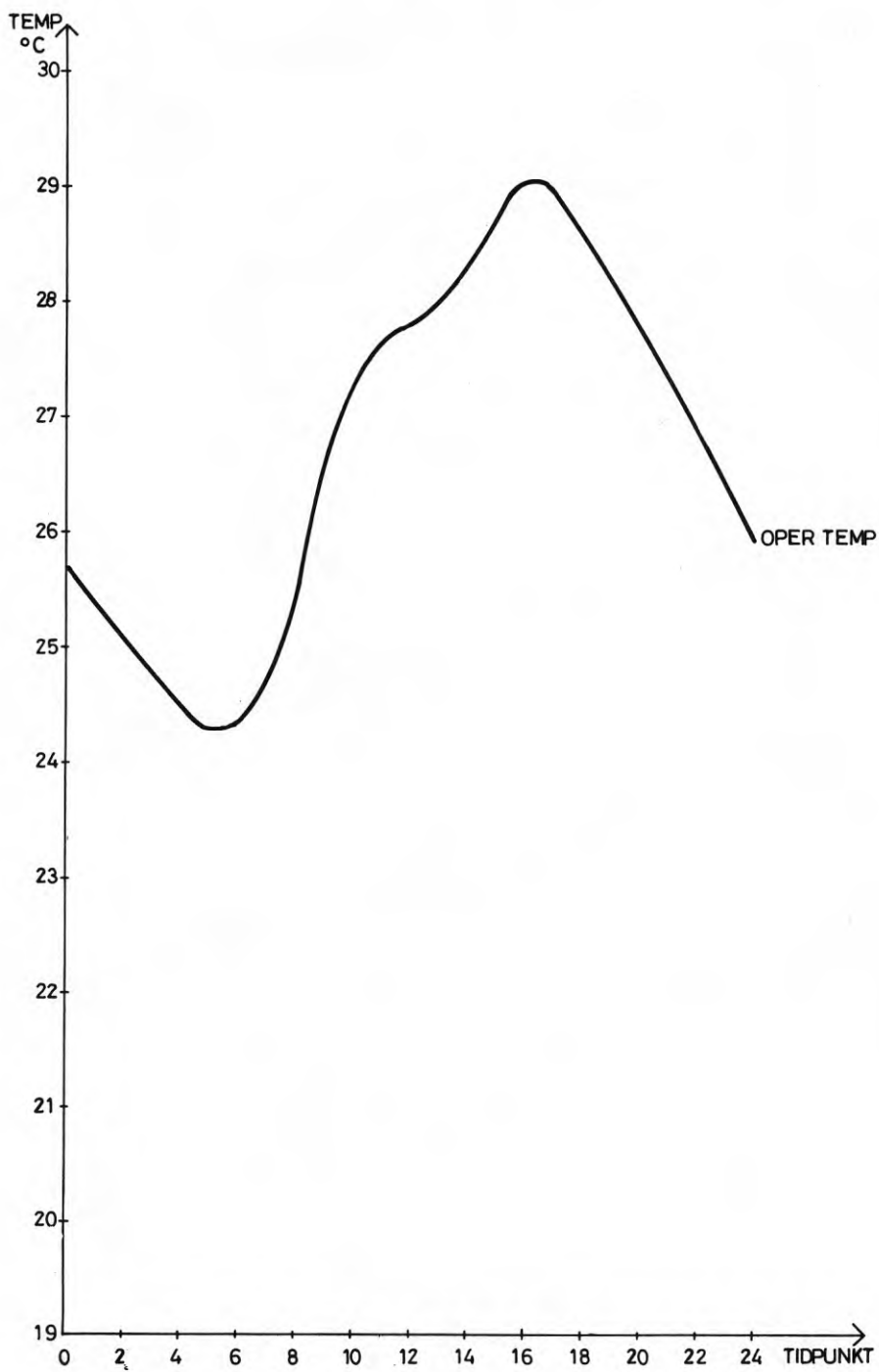
FIGUR 10

JULI S_N 21



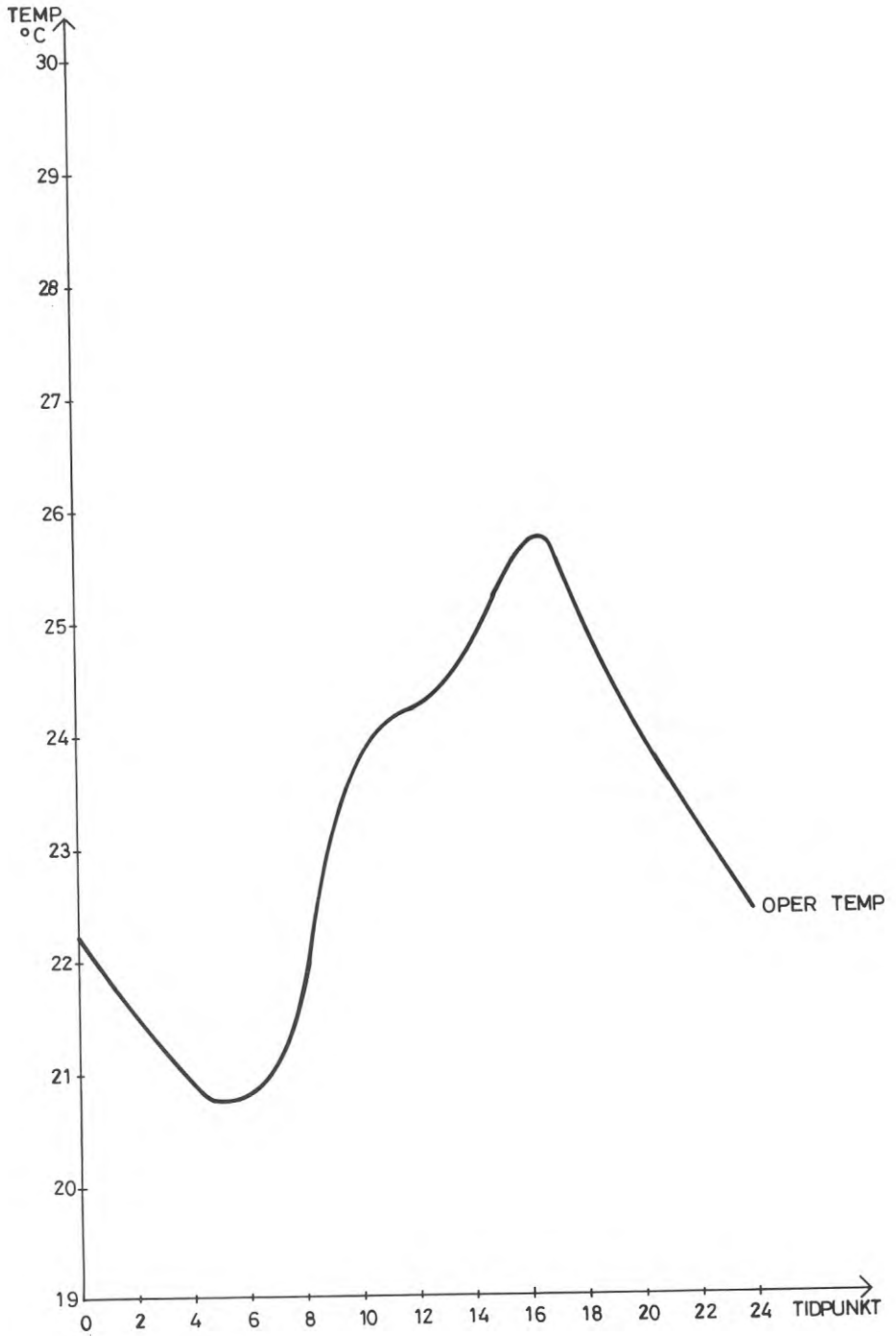
FIGUR 11

JULI SN 23



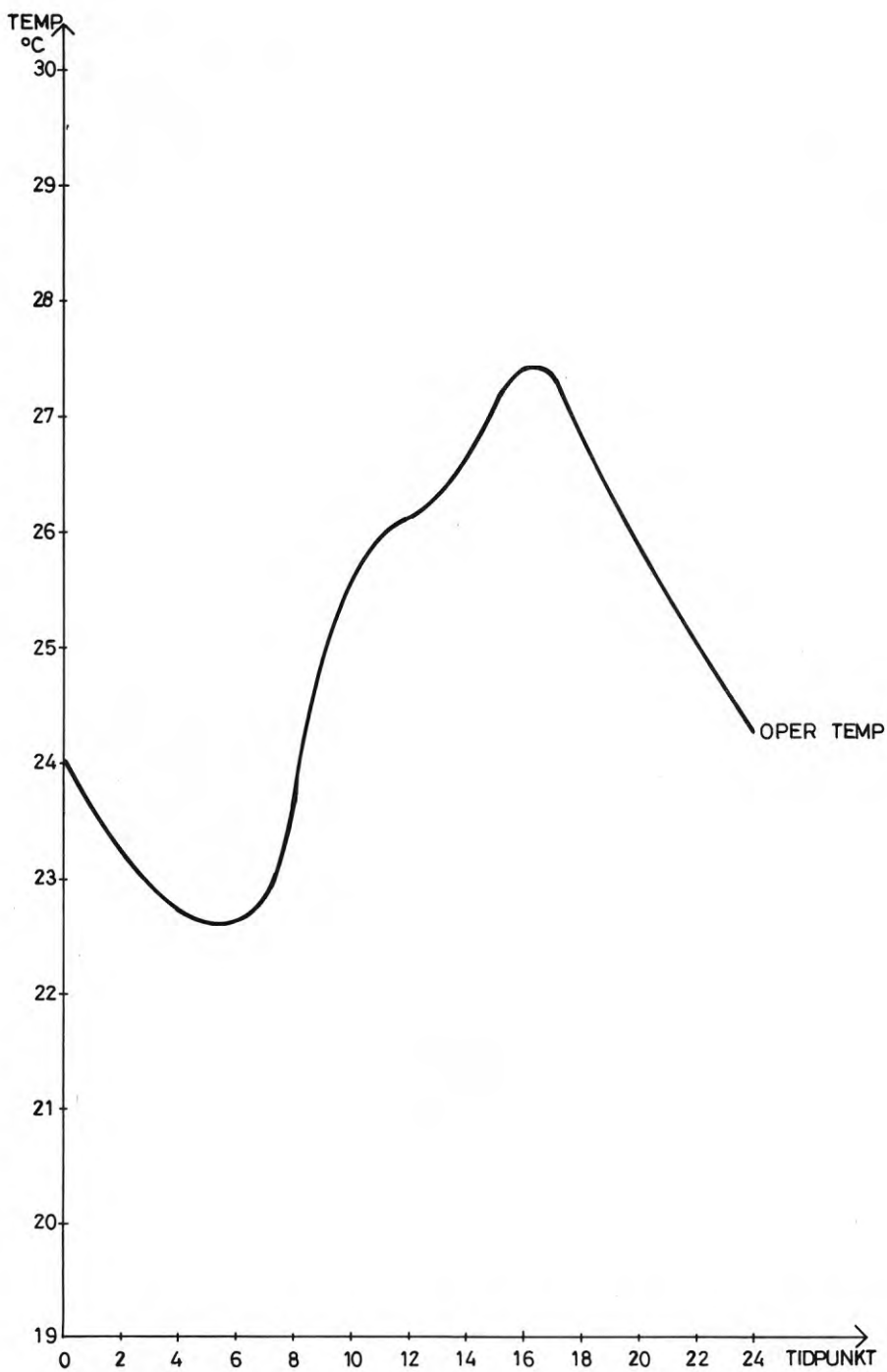
FIGUR 12

AUG S_N 19



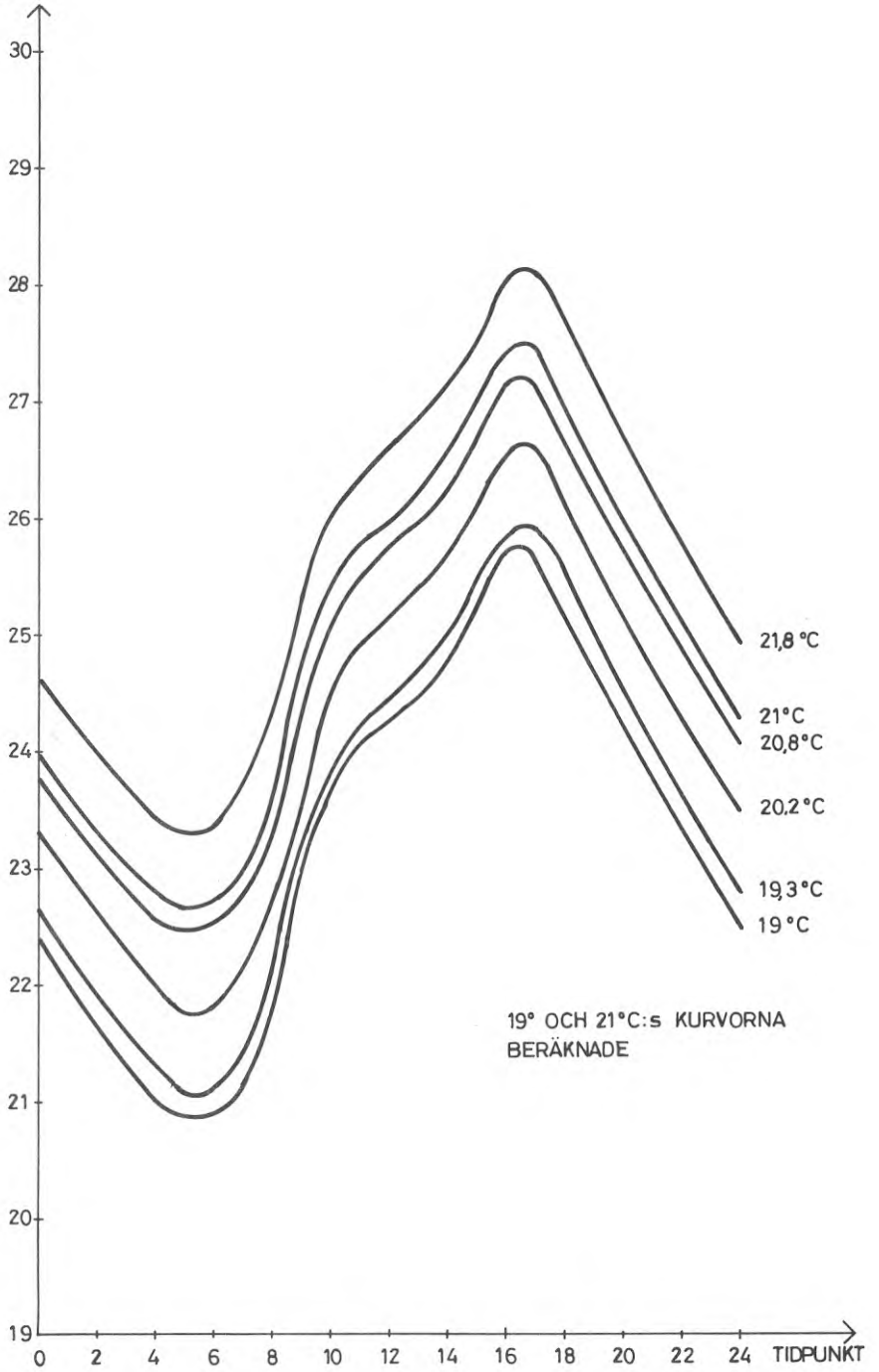
FIGUR 13

AUG SN 21



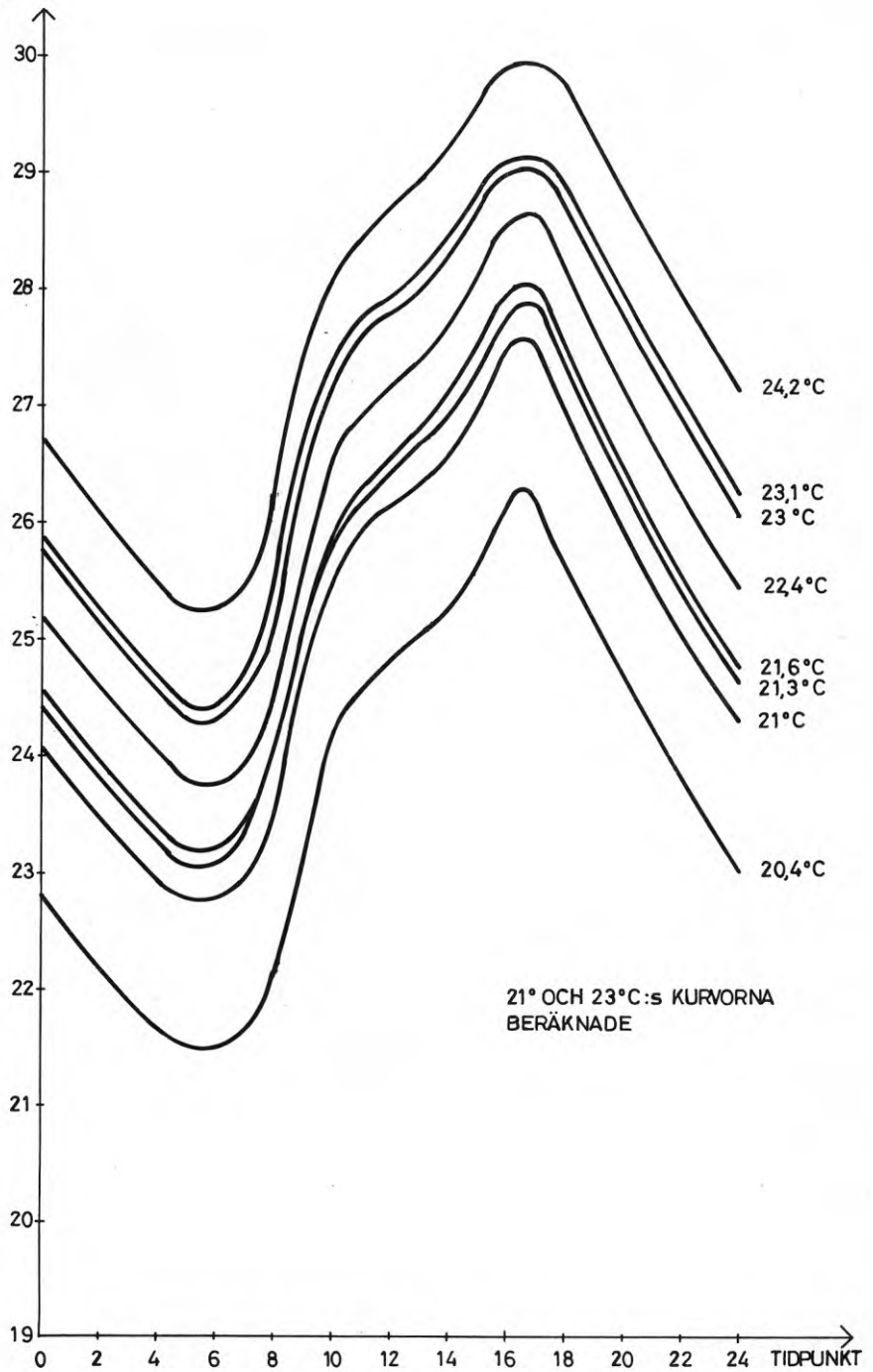
FIGUR 14

JUNI SN

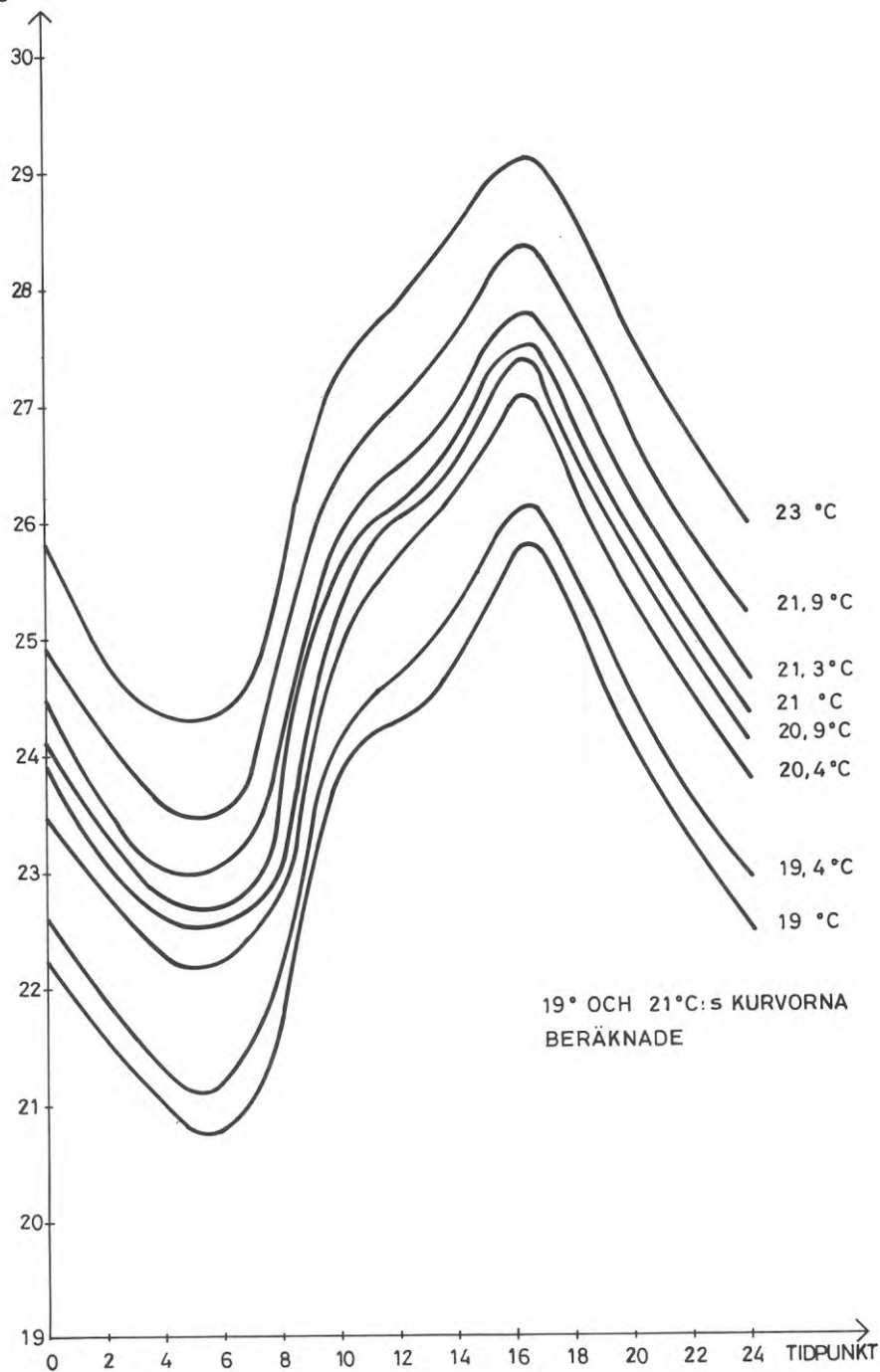
OPERATIV
RUMSTEMP °C

FIGUR 15

JULI 5N

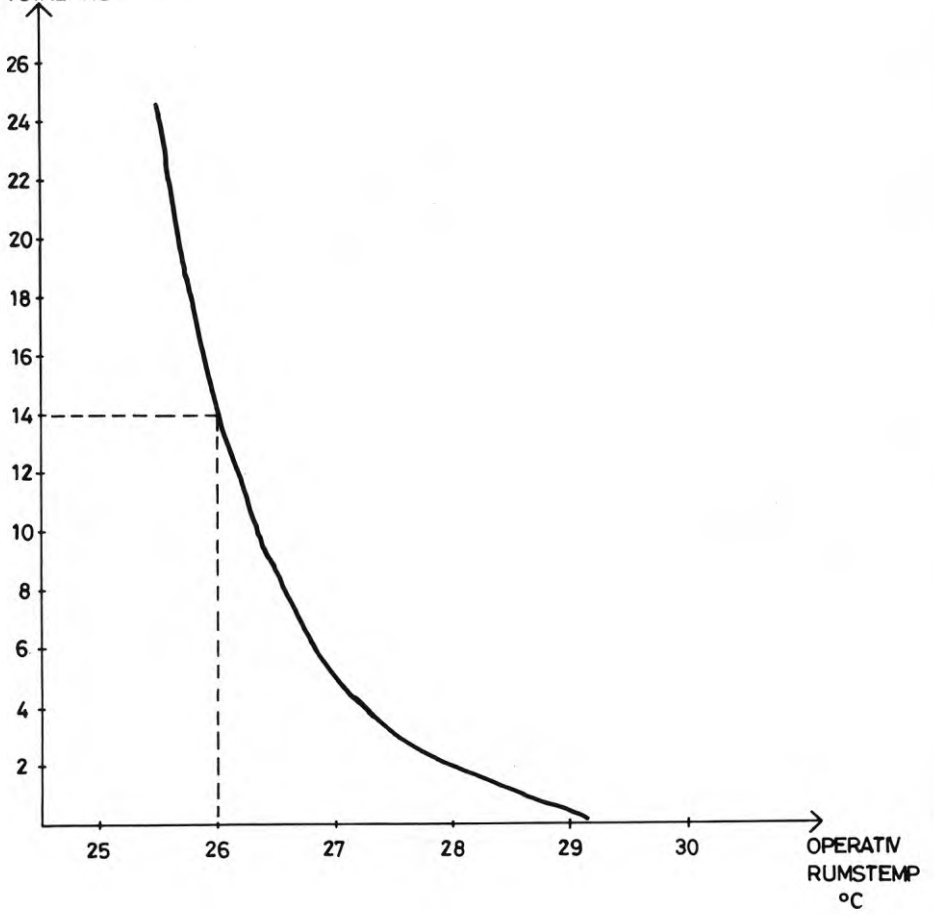
OPERATIV
RUMSTEMP °C

FIGUR 16

AUG S_NOPERATIV
RUMSTEMP °C

FIGUR 17 KÖRNING A VARAKTIGHETSKURVOR OKYLD TILLUFT

% TID I FÖRHÅLLANDE
TILL TOTAL TID



Begreppet "kylmängd" är definierat som

$$Q_{\text{kyl}} = A \cdot q \cdot c_p \text{ kWh /dygn}$$

A = ytan mellan tillufttemperaturkurva för okyld tilluft och den kylda tillufttemperaturkurvan för den aktuella körningen

q = luftflöde i kg/s

c_p = spec. värme för luft i kJ/kg °C

Betr. maximala rumstemperaturer

De maximala temperaturer, som beräknats, uppträder efter arbetstiden kl. 17.00, då kylmaskinen avställts. Beräkningen visar, att den effekt som kylmaskinen ger under den tid då den beräknats användas, nämligen kl. 08.00 - 17.00 och med de premisser betr. användning av reglerutrustning och de utetemperaturer som råder (se punkt 2.1.3.1) är tillfyllest.

Man kan vidare konstatera, att körningarna juni 19^o och augusti 19^o ger lika höga maximala rumstemperaturer liksom även juni 21^o, juli 21^o och augusti 21^o.

Betr. kylmängd/dygn

Som konstaterades betr. maximala rumstemperaturer blir kylmängden/dygn i stort sett lika för juni 19^o och augusti 19^o liksom för juni 21^o, juli 21^o och augusti 21^o.

Betr. lägsta tillufttemperatur

Den lägsta tillufttemperaturen, som tillåtes enligt punkt 2.1.3.1, uppnås endast för körning juli 23^o. De lägsta tillufttemperaturernas varaktighet är endast ca 1 h.

3.2.1.4 Iakttagelser från körning B2 (kyld tilluft med individuell reglering för minimi- resp. maximibelastade rummet S_{MI} och S_{MA} . Se fig. 24-35.

A. Minimibelastade rummet (S_{MI})

Månad och medeltemperatur	Maximal rums-temp.	Kylmängd per dygn kWh/dygn	Lägsta tilluft-temp. dagtid	Ant.tim. med temp. > 26° C dagtid
Juni 19	23,2	0	-	-
Juni 21	24,3	2 300	23,5	-
Juli 21	24,0	2 300	23,4	-
Juli 23	24,1	5 800	23,5	-
Aug. 19	23,5	0	-	-
Aug. 21	24,1	2 300	23,4	-

B. Maximibelastade rummet (S_{MA})

Månad och medel- temperatur	Maximal rums- temp.	Kylmängd per dygn kWs/dygn	Lägsta tilluft- temp. dagtid	Ant.tim. med temp. > 26° C dagtid
Juli 19	27,1	8 800	17	4,6
Juni 21	28,1	12 500	17	5,4
Juli 21	28,2	13 500	17	6
Juli 23	29,4	14 300	17	7,2
Aug. 19	27,7	8 600	17	5,3
Aug. 21	28,7	3 100	17	6,3

Betr. maximala rumstemperaturenA. Minimibelastade rummet (S_{MI})

Inga svårigheter föreligger att hålla rumstemperaturen under 26° C. Som tidigare konstaterats blir maximala rumstemperaturen i stort sett densamma för juni 19 och augusti 19 liksom för juni 21, juli 21 och augusti 21.

B. Maximibelastade rummet (S_{MA})

För samtliga rum överstiger den maximala rumstemperaturen den stipulerade. Vidare gäller för samtliga körningar, att antal timmar med temperatur över 26° C överstiger 50 % av totala arbetstiden.

Betr. kylmängd/dygnA. Minimibelastade rummet (S_{MI})

Liksom i de föregående fallen sammanfaller kylmängd/dygn för juni 19 och augusti 19 samt för juni 21, juli 21 och augusti 21. Kylmaskinen utnyttjas för övrigt inte alls för juni 19 och augusti 19.

B. Maximibelastade rummet (S_{MA})

Kylmängd/dygn lika för juni 19 och augusti 19 samt ungefärligen lika för juni, juli och augusti 21. Att kylmängderna ej skiljer sig från varandra för de olika medeltemperaturerna beror i första hand på att kapaciteten för kylmaskinen utnyttjas till 100 % för medeltemperaturerna 21° och 23°, varför den ökade värmebelastningen vid dessa högre utetemperaturer kan avläsas i form av högre rumstemperaturer.

Betr. lägsta tillufttemperaturA. Minimibelastade rummet (S_{MI})

För juni och augusti 19 erfordras ingen maskinell kyla för att

innehålla temperaturkriteriet 26°C . I de övriga fallen är lägsta tillufttemperatur aldrig lägre än $22,5^{\circ}\text{C}$.

B. Maximibelastade rummet (S_{MA})

I samtliga fall är lägsta tillufttemperatur lika med lägsta tillåtna tillufttemperatur. För utetemperaturerna 21 och 23°C tillföres luften under dagtid (08.00 - 17.00) med 17°C . För juni 19 och augusti 19 överstiger tillufttemperaturen 17° endast under de två första dagtimmarna (08.00 - 10.00) och då endast med $1-2^{\circ}\text{C}$.

Kommentar

Det är av intresse att konstatera att, liksom iakttagits för körning A, beräkningarna för samma utetemperatur men för olika månader ger lika resultat. Detta torde innebära att endast en månad, förslagsvis då juli, skulle behöva beräknas och då endast två temperaturer som ligger inom temperaturintervallet. Man erhåller således en reducering av antalet datakörningar med 8 till totalt 4 körningar.

3.2.1.5 Iakttagelser för körning C (kyld tilluft med centralt reglerad tillufttemperatur) (Normalrummets tillufttemperaturer)

Se fig. 36-47.

A. Minimibelastade rummet (S_{MI})

Månad och medeltemp.	Maximal rums-temp.	Minimal rums-temp.	Kylmängd per dygn enl. S_N	Lägsta tillufttemp. dagtid enl. S_N	Ant.tim. med temp. $> 26^{\circ}\text{C}$ dagtid
Juni 19	22,7	20,3	2 700	19,5	-
Juni 21	22,7	20,9	7 900	18,5	-
Juli 21	22,7	21,5	8 400	18,1	-
Juli 23	22,8	22,4	12 900	17,0	-
Aug. 19	22,5	20,3	2 700	19,2	-
Aug. 21	22,7	21,6	7 700	18,1	-

B. Maximibelastade rummet (S_{MA})

Månad och medeltemp.	Maximal rumstemp.	Minimal rumstemp.	Kylmängd per dygn enl. S_N	Lägsta tillufttemp. dagtid enl. S_N	Ant.tim. med temp. 26°C dagtid
Juni 19	27,9	22,9	2 700	19,5	6,0
Juni 21	28,2	24,2	7 900	18,5	7,0
Juli 21	28,4	24,3	8 400	18,2	6,5
Juli 23	28,6	25,2	12 900	17,0	7,5
Aug. 19	28,4	23,0	2 900	19,2	6,0
Aug. 21	28,7	24,3	7 700	18,1	7,0

Storheterna kylmängd/dygn och lägsta tillufttemperatur är densamma som för körning 8 (punkt 3.2.1.3).

A. Minimibelastade rummet (S_{MI})

De högsta rumstemperaturerna för samtliga månadskörningar uppvisar godtagbara värden ($22,5^{\circ}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$). Den lägsta rumstemperaturen som erhöles (juni och aug. 19) = $20,3^{\circ}$, är under det kriterium som uppställts (= 21°C), men då dessa låga temperaturer inträffar samtidigt som utetemperaturen är låg kan detta möjligen accepteras.

B. Maximibelastade rummet (S_{MA})

För samtliga rum överstiger högsta beräknade rumstemperatur max. tillåtna temperatur (= 26°) med ca 2 - $2,5^{\circ}\text{C}$ under praktiskt taget hela dagen (arbetstiden). Det torde ej kunna accepteras. Samtidigt är tillufttemperaturerna låga, varför dragproblem lätt kan uppstå.

Kommentar

För minimibelastade rummet är minimitemperaturen i några fall under 21° . Maximala rumstemperaturen är helt acceptabel (< 23°C). För maximibelastade rummet uppnås rumstemperaturen > 26° i samtliga fall. Man kan konstatera att variationen i värmebelastningarna och den relativt låga värmetrögheten i rummen gör att den centrala regleringen svårigen kan accepteras.

3.2.1.6 Resultatsammanfattning av körningarna
A, B1, B2 och C

Körning A (klimatstyrning utan kyld tilluft) redovisar höga rumstemperaturer med så lång varaktighet, att detta ej kan tolereras (14 % av totala tiden ligger rumstemperaturen över det valda temperaturkriteriet 26°).

Körningarna B1 och B2 (individuell reglering av normal-, minimi-

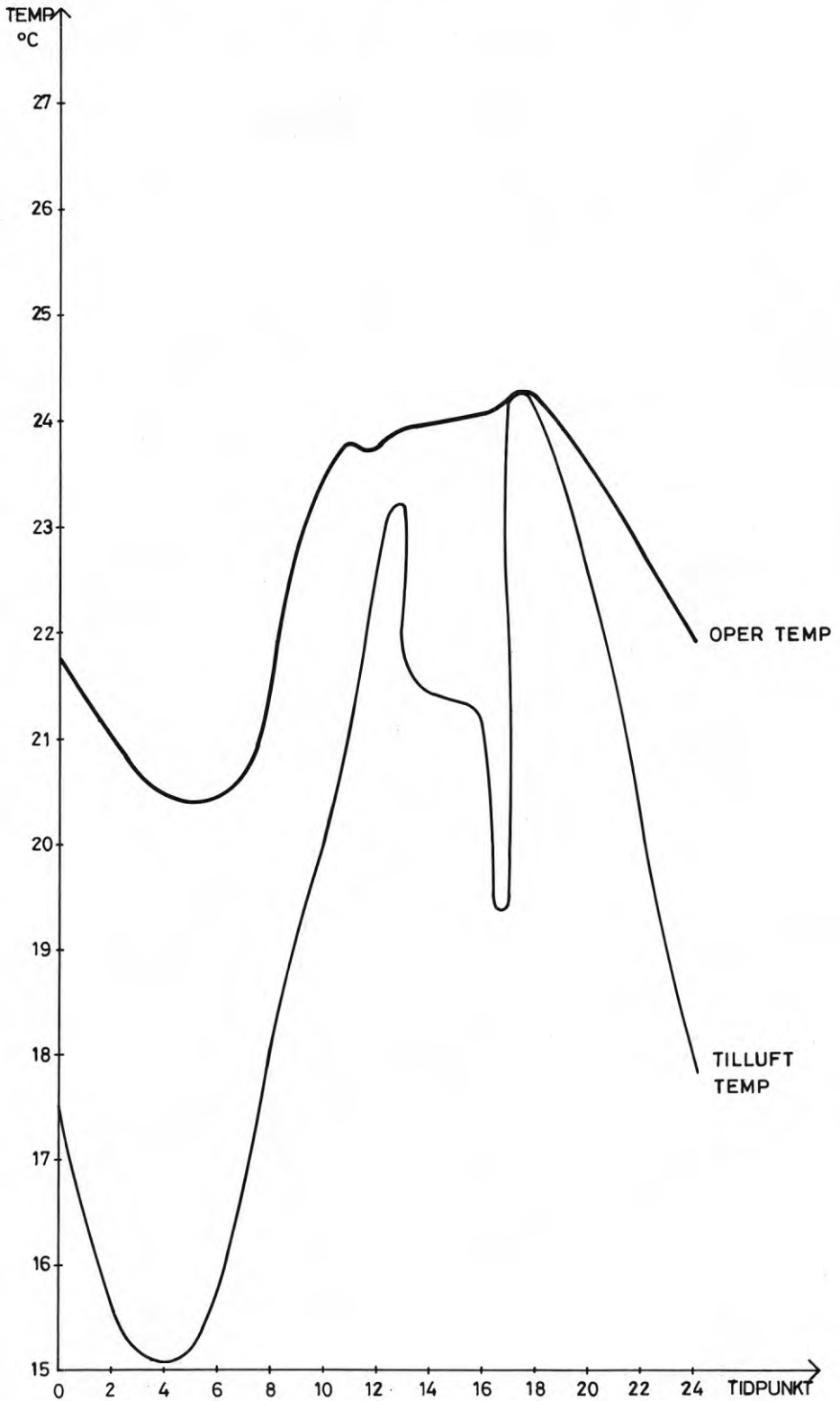
och maximibelastade rummen) ger vid handen, att med de valda data (luftflöden, lägsta tillåtna tillufttemperatur, solskydd, belysning, byggnadskonstruktion) kan det valda temperaturkriteriet innehållas.

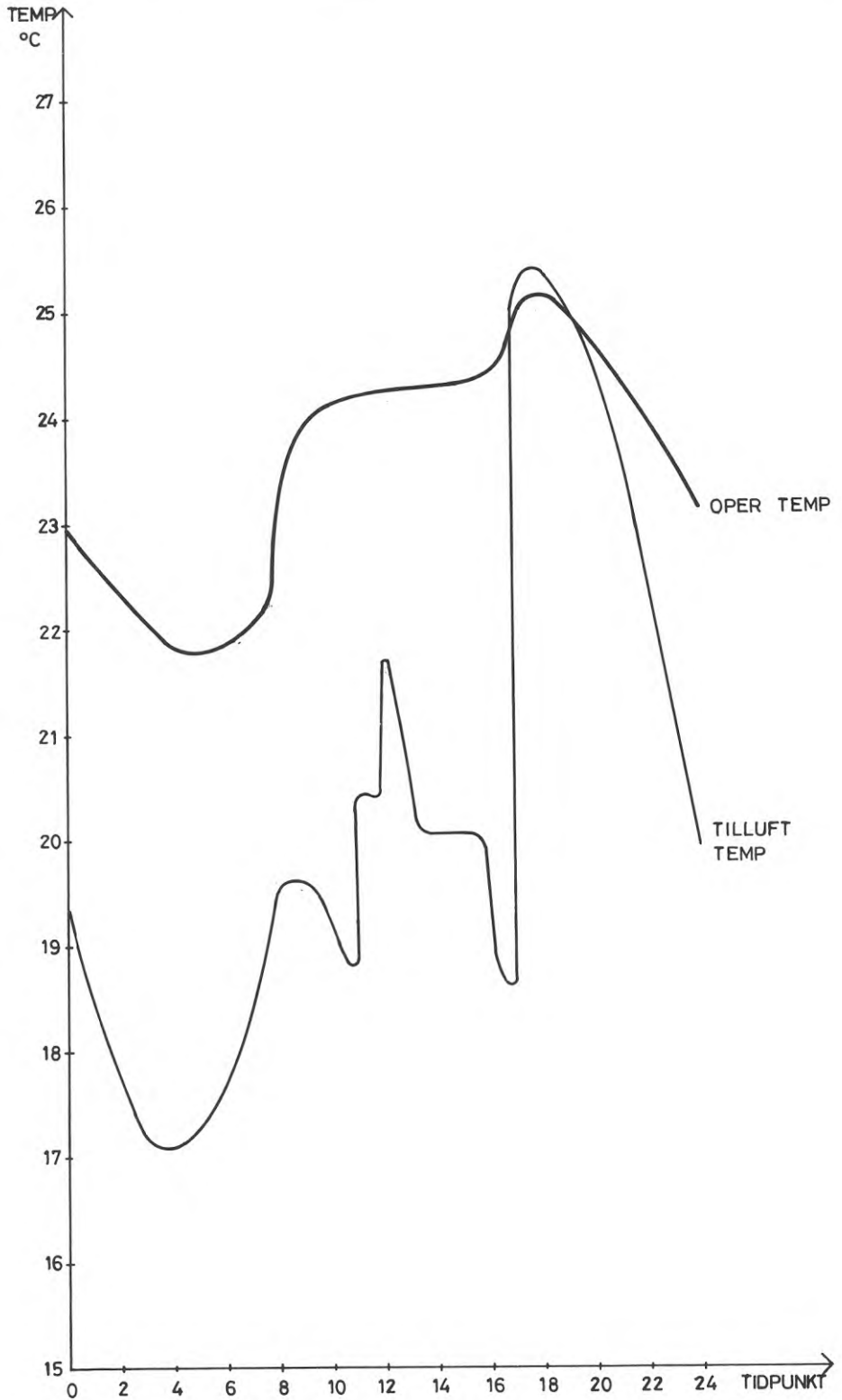
Slutligen ger körning C (klimatstyrning med centralt reglerad tillufttemperatur) till resultat, att de maximalt belastade rummen får mycket höga rumtemperaturer (28 - 28,5°) med lång varaktighet (6 - 8 h/dag). De minimalt belastade rummen uppvisar däremot ej särskilt låga temperaturer (min. 20,3°C).

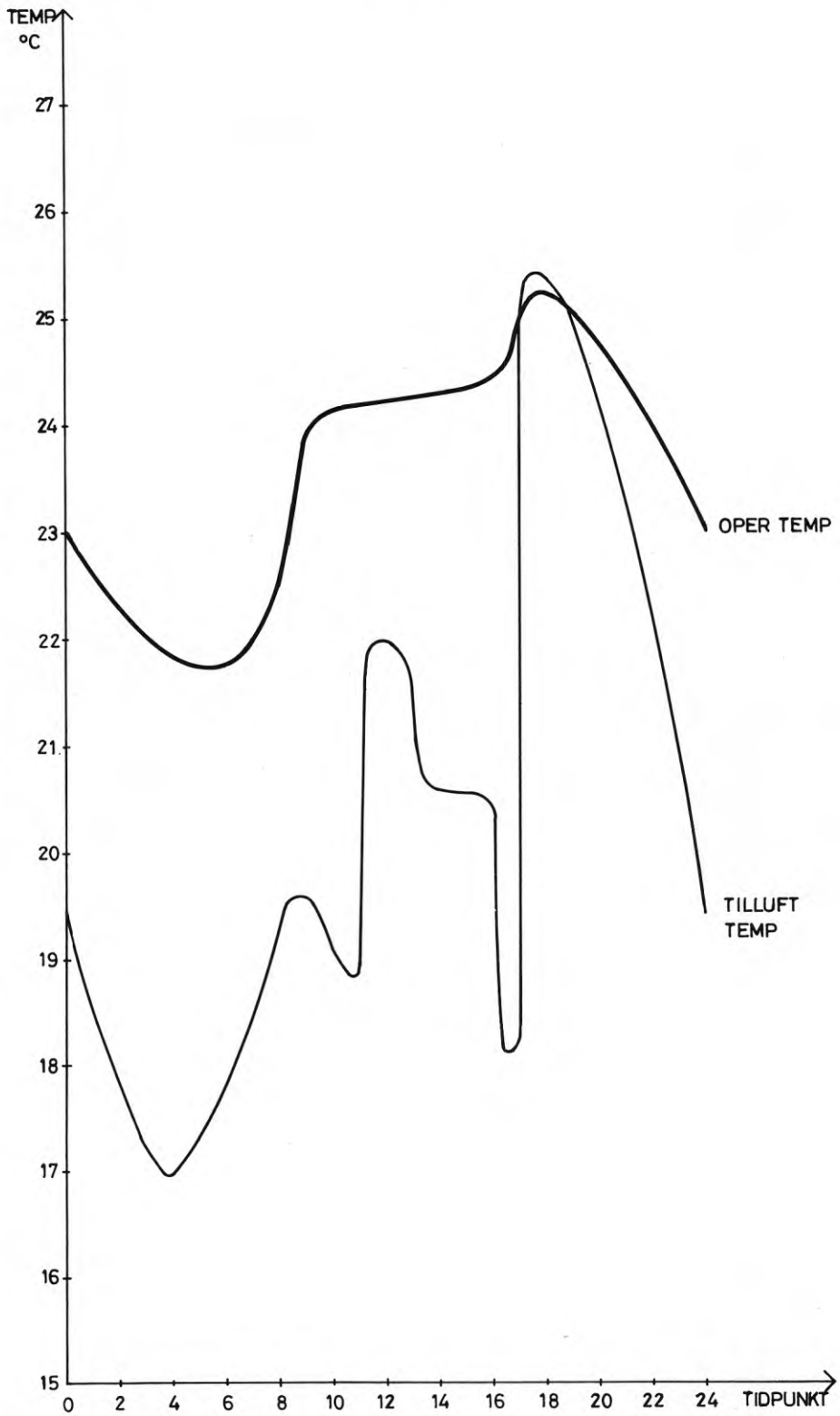
3.2.1.7 Val av klimatsystem i enlighet med resultatsammanfattningen under punkt 3.2.1.6

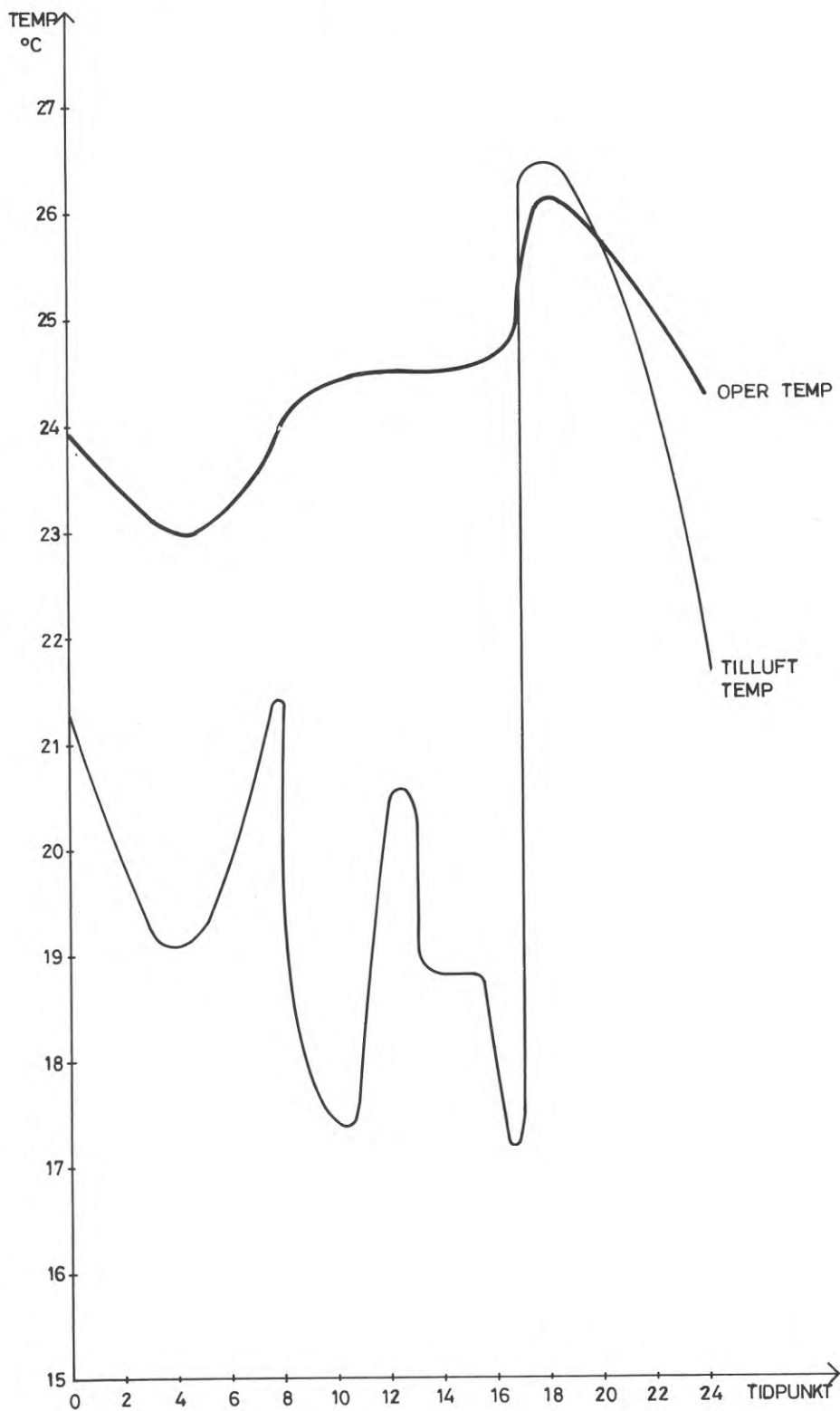
Klimatsystemet måste utföras med kyld tilluft och individuell styrning för att innehålla temperaturkriteriet max 26°C och min. 21°C.

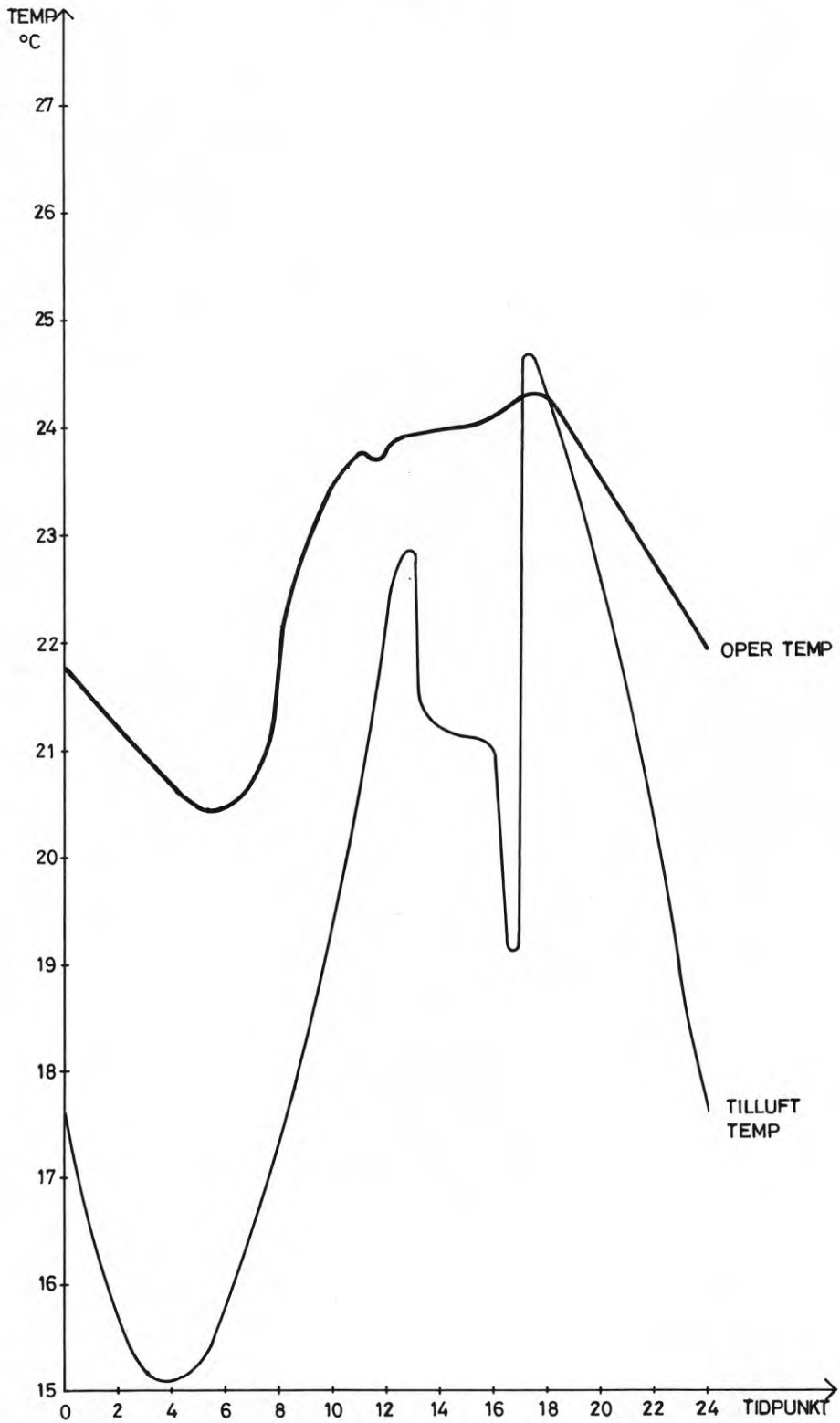
Om ett klimatsystem med central reglering skulle användas, måste exempelvis belysningseffekterna minska genom lägre belysningsvärden eller frånluftkylda armaturer.

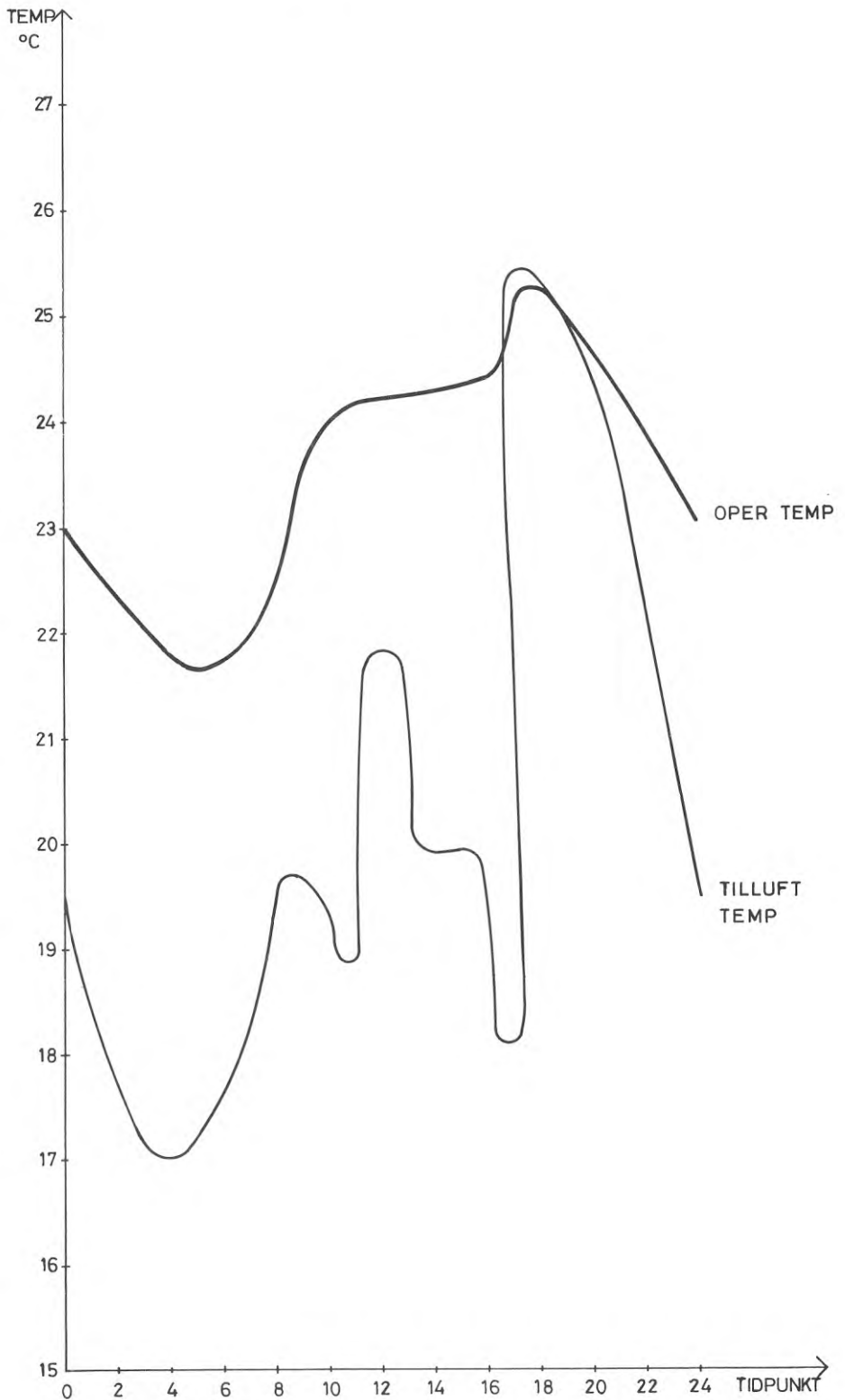


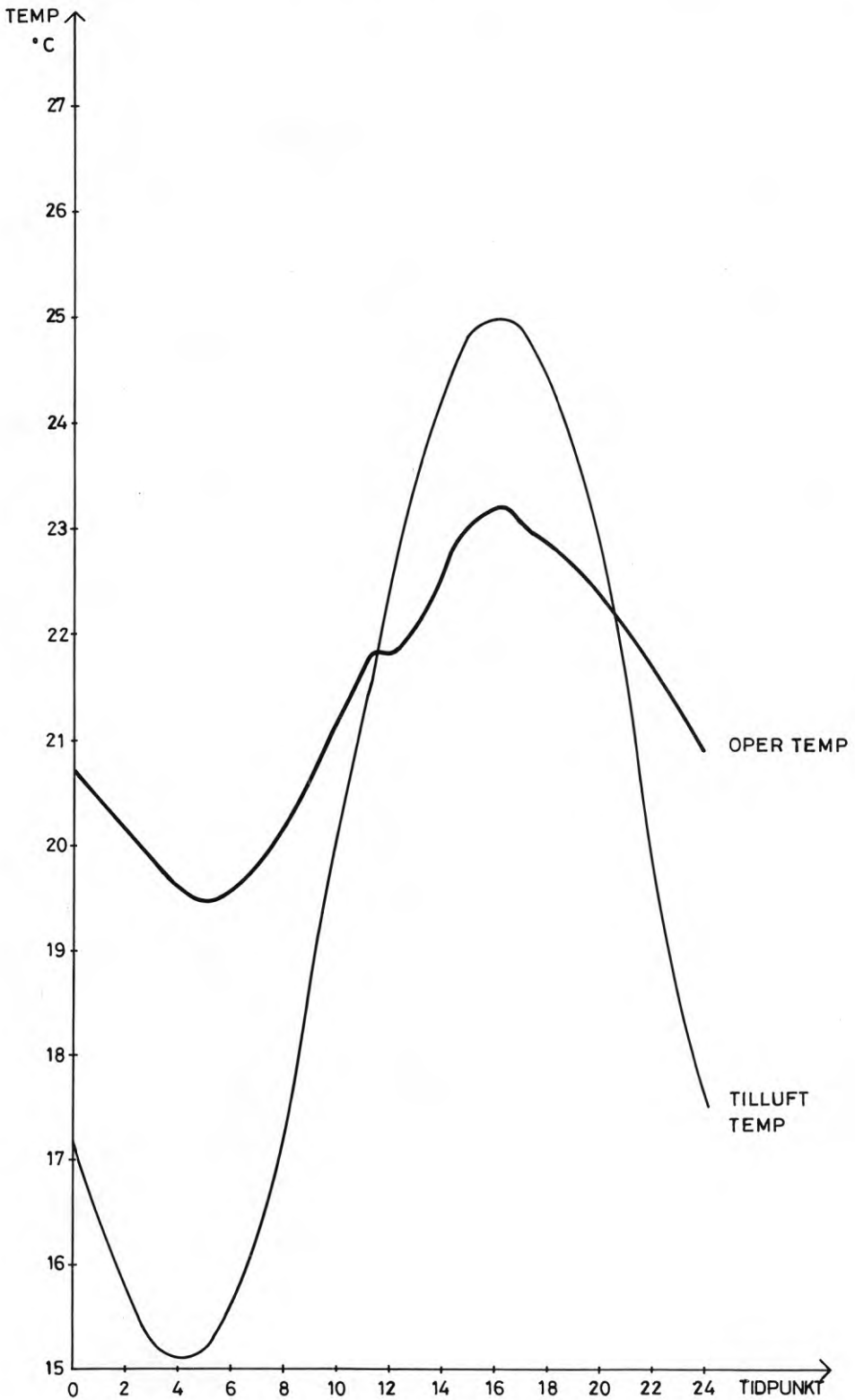


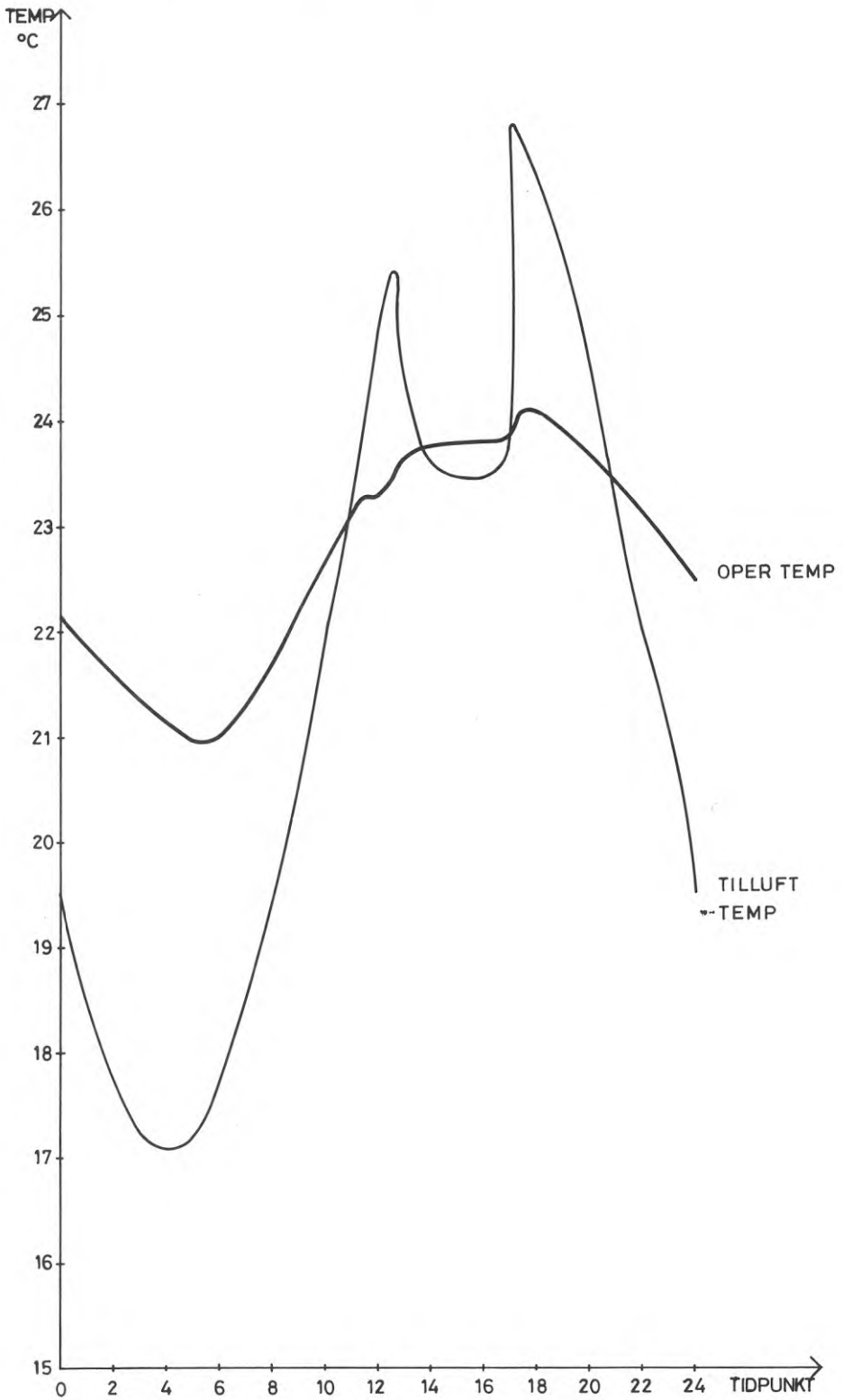


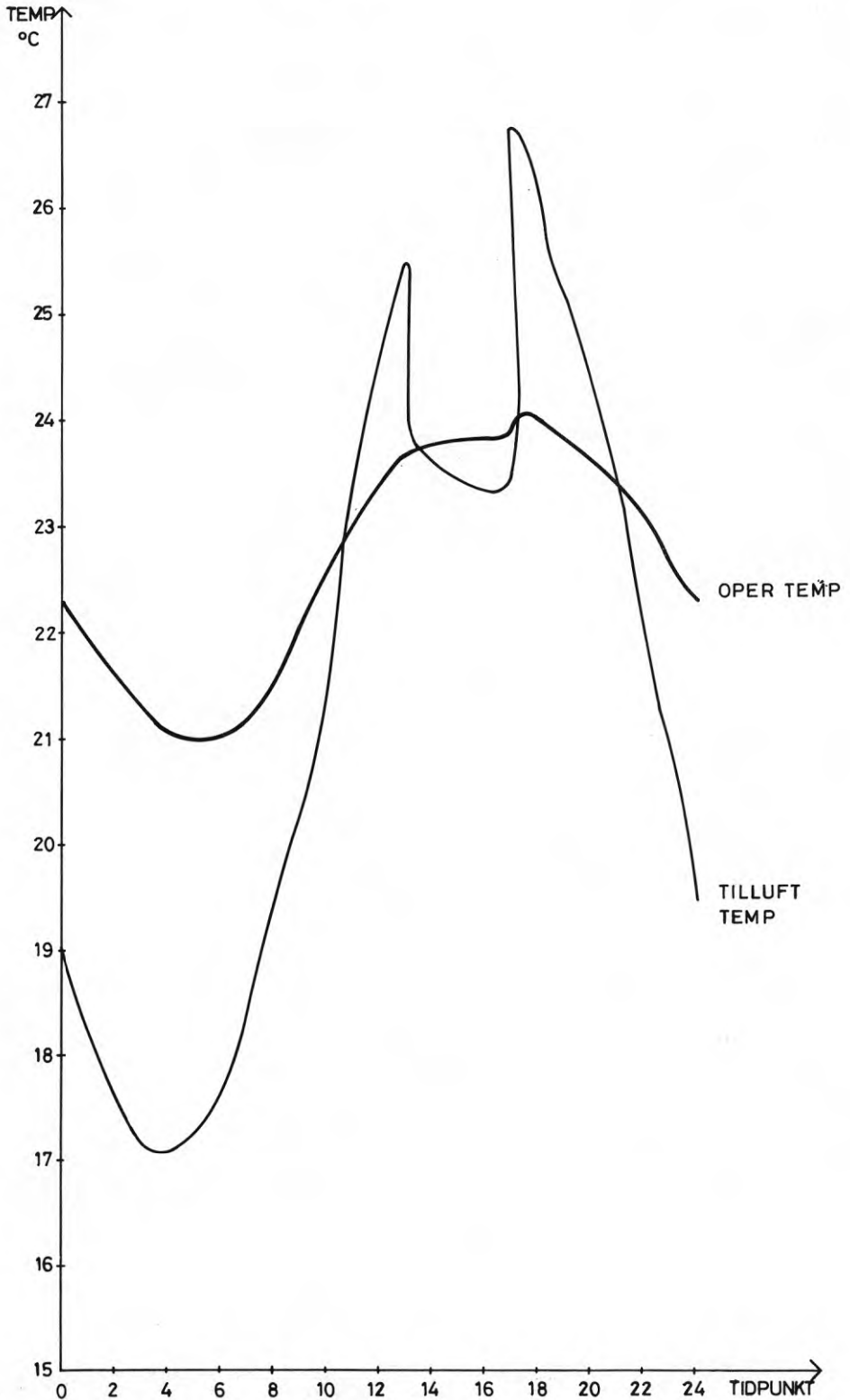


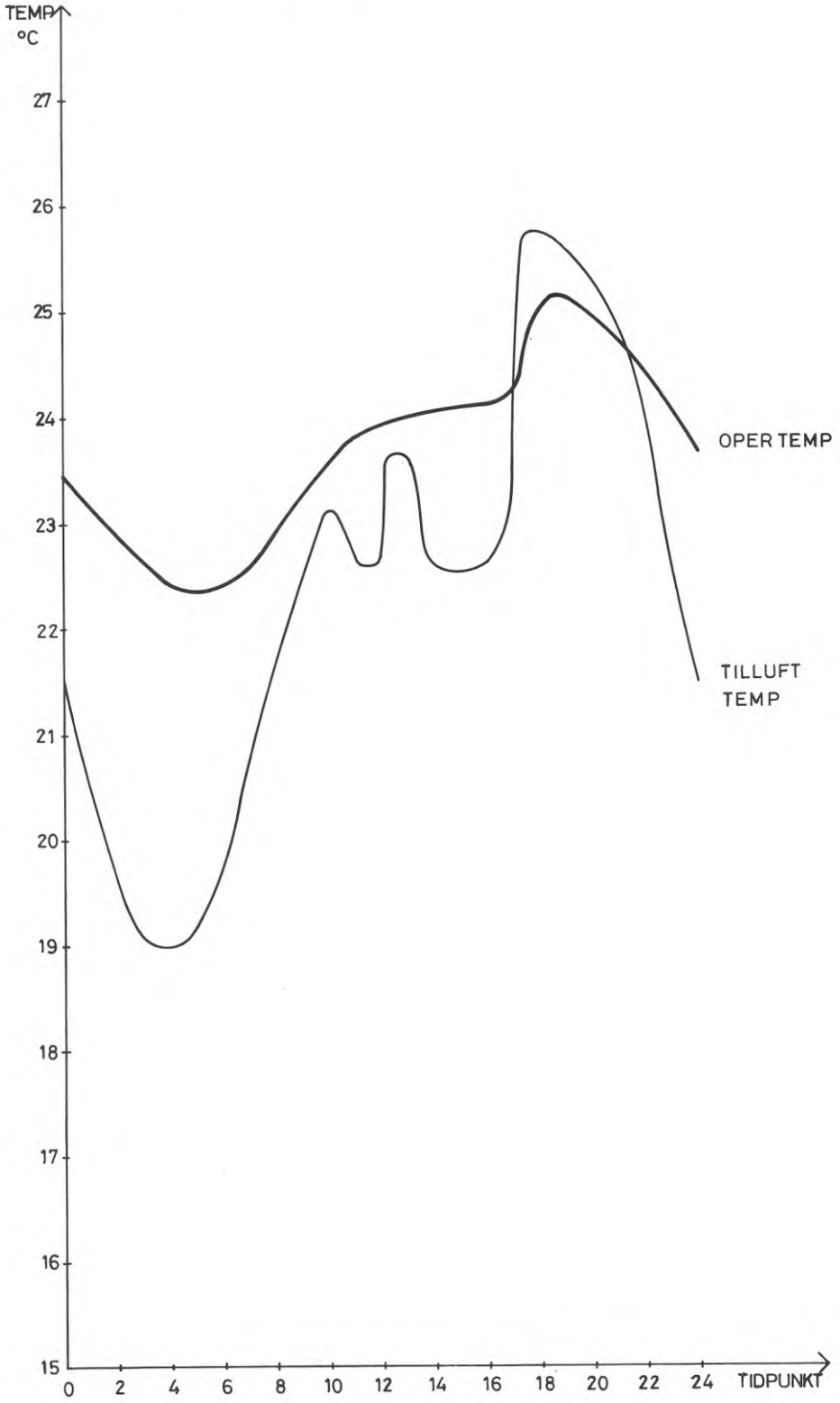


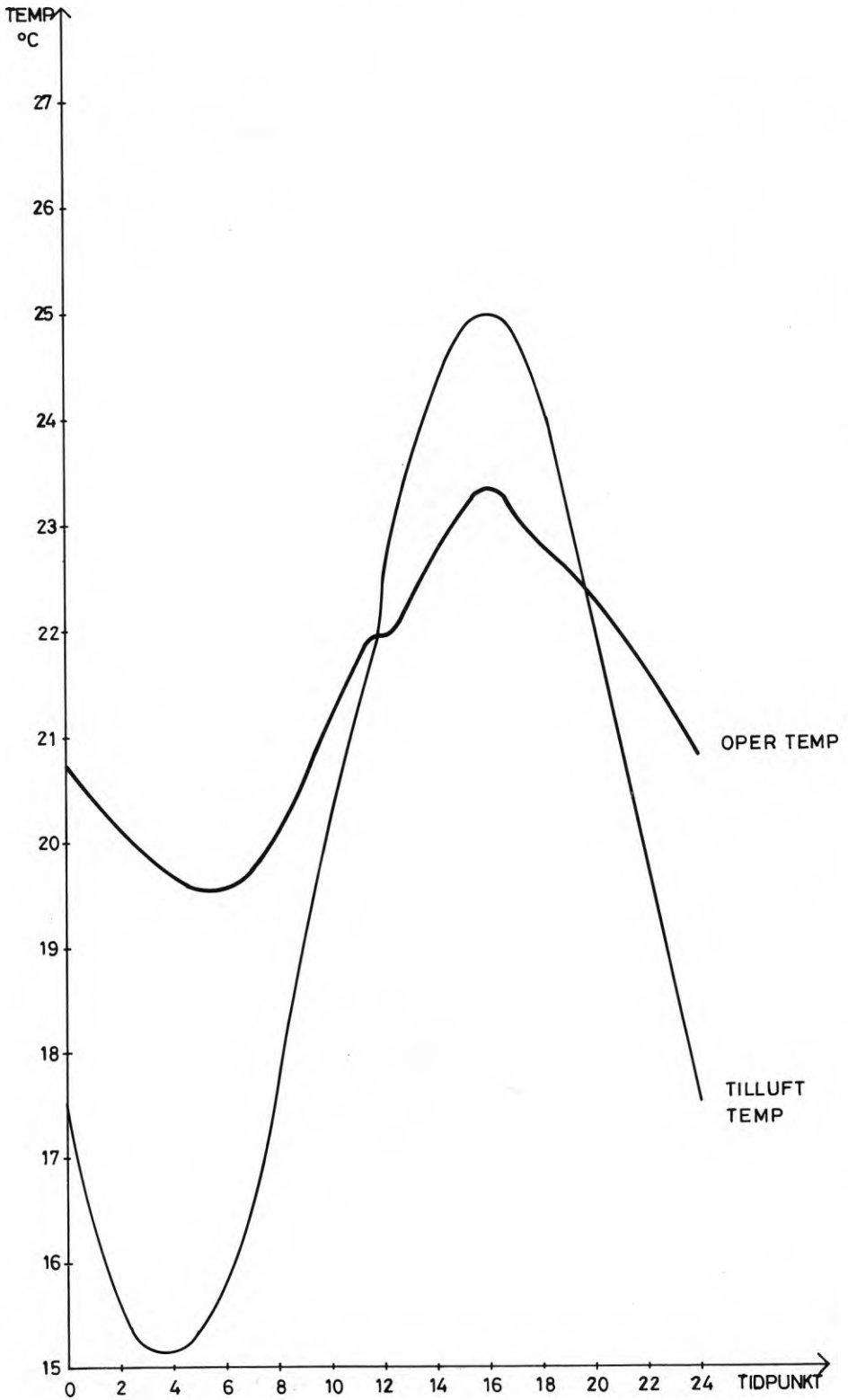


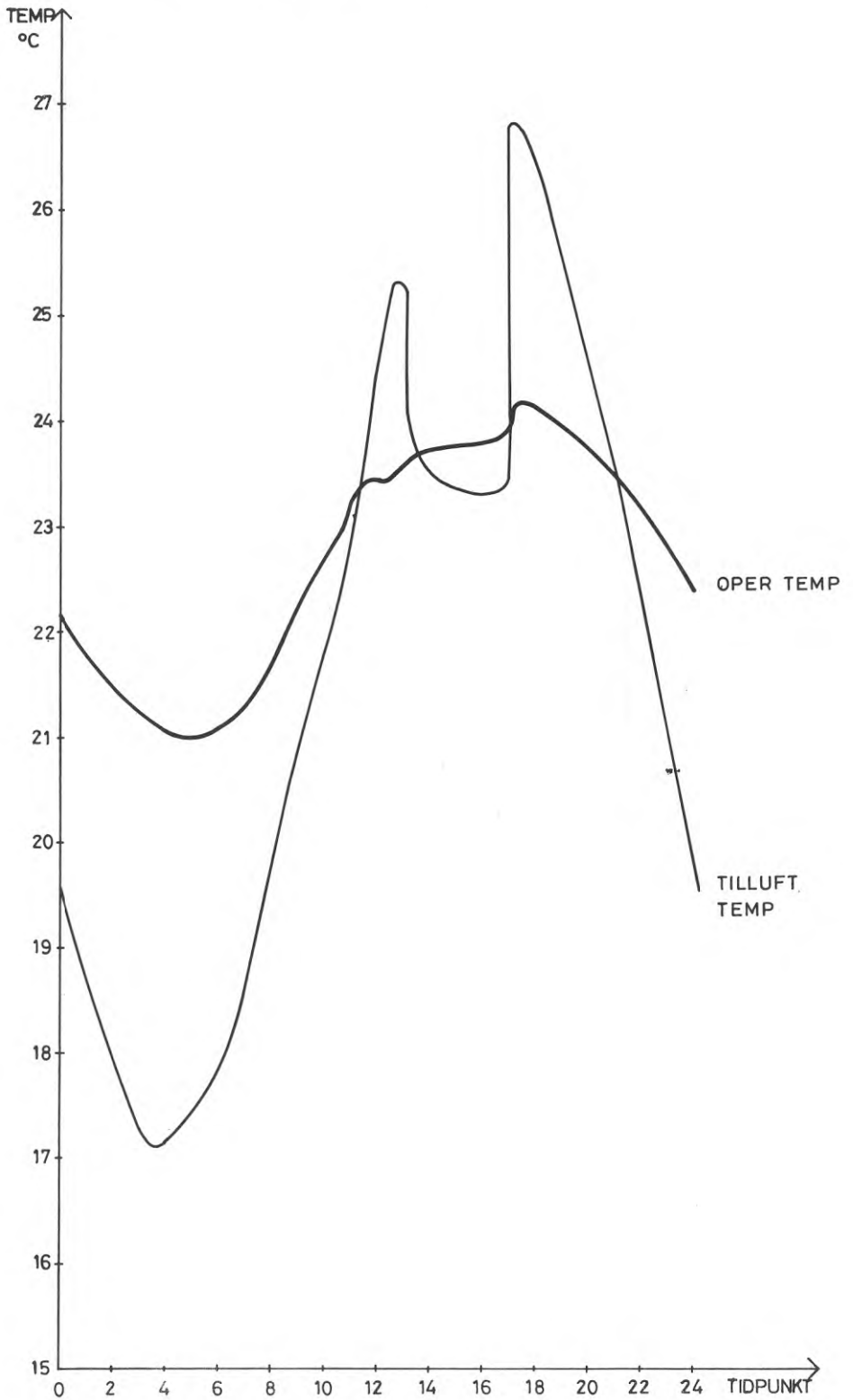


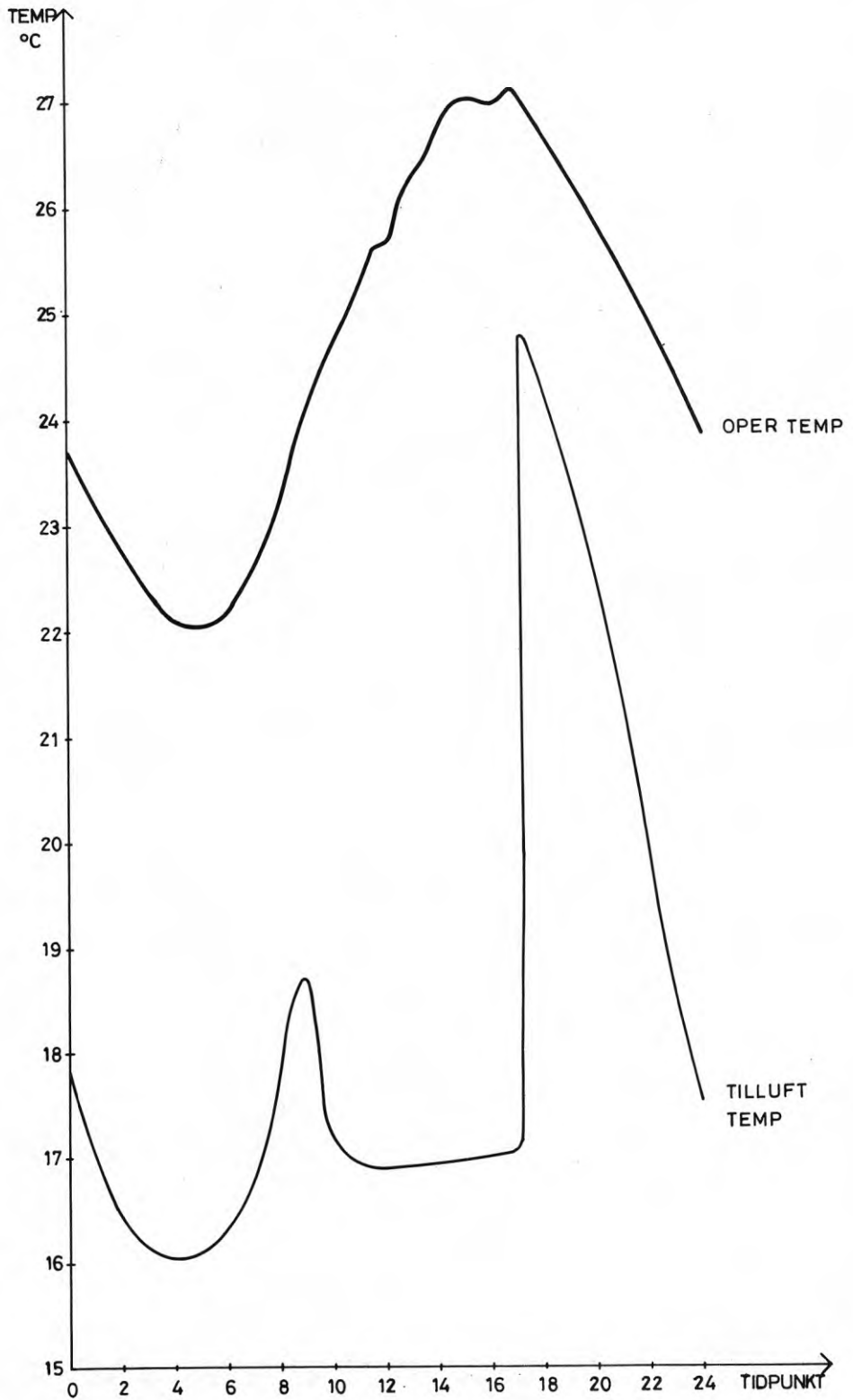


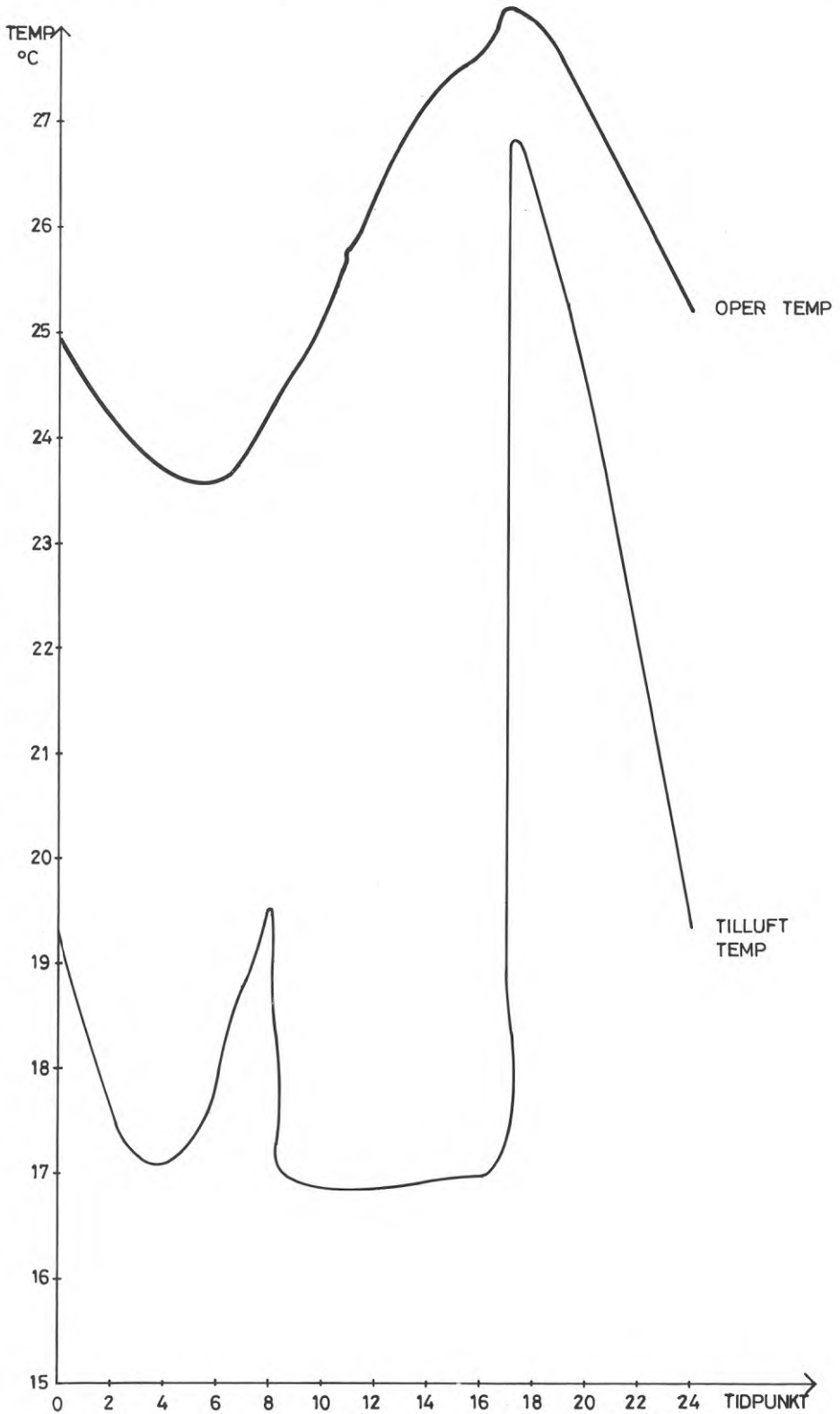






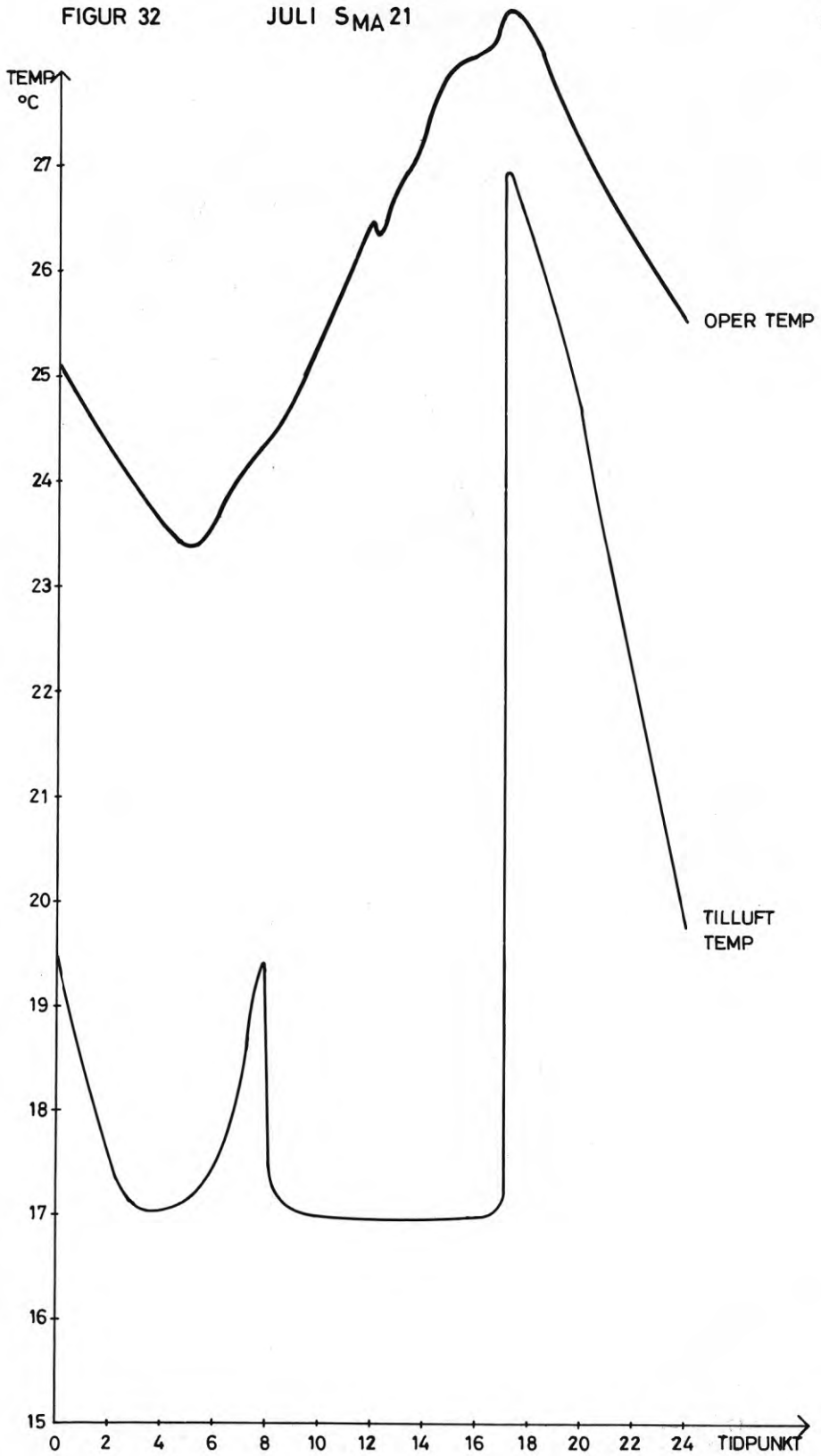


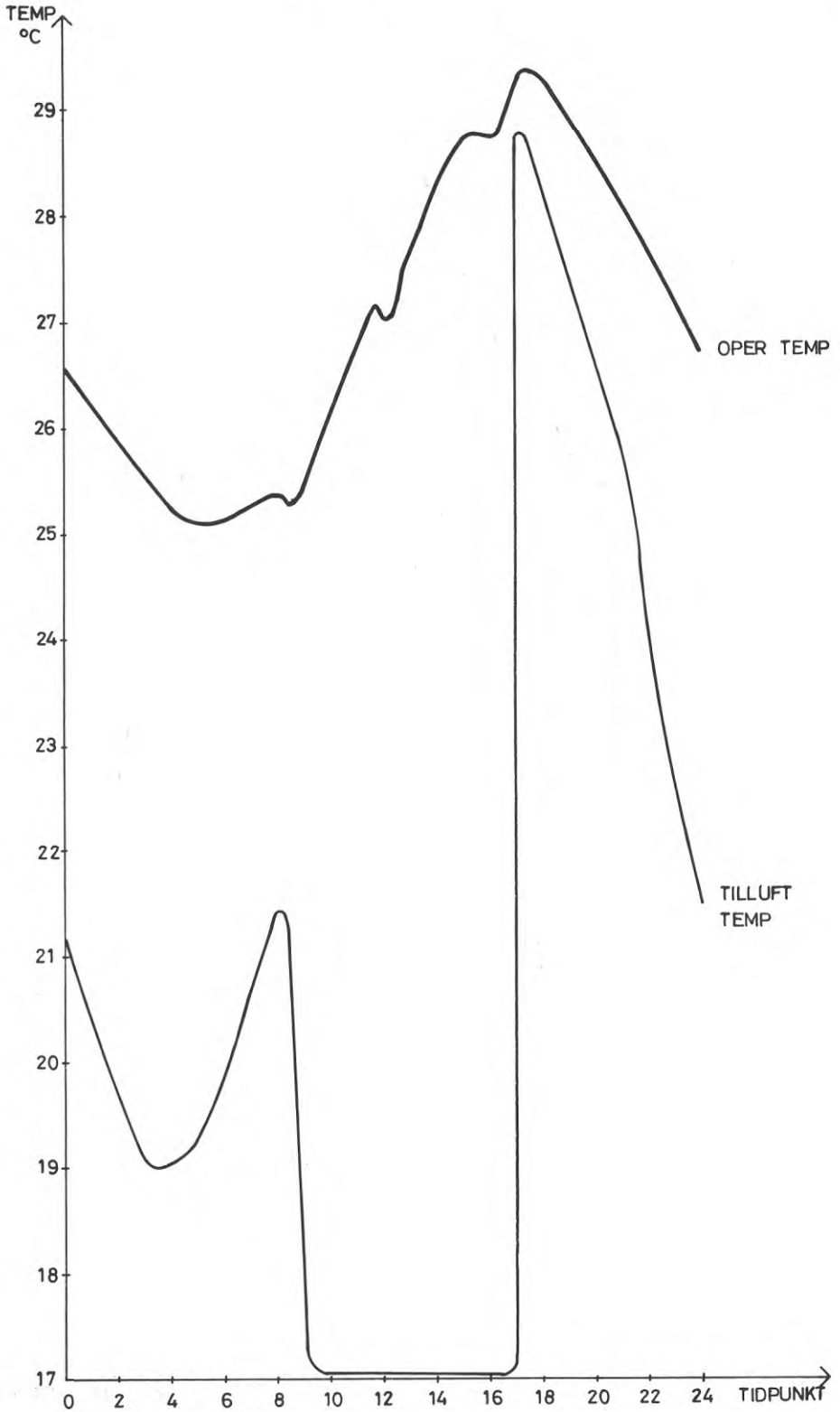


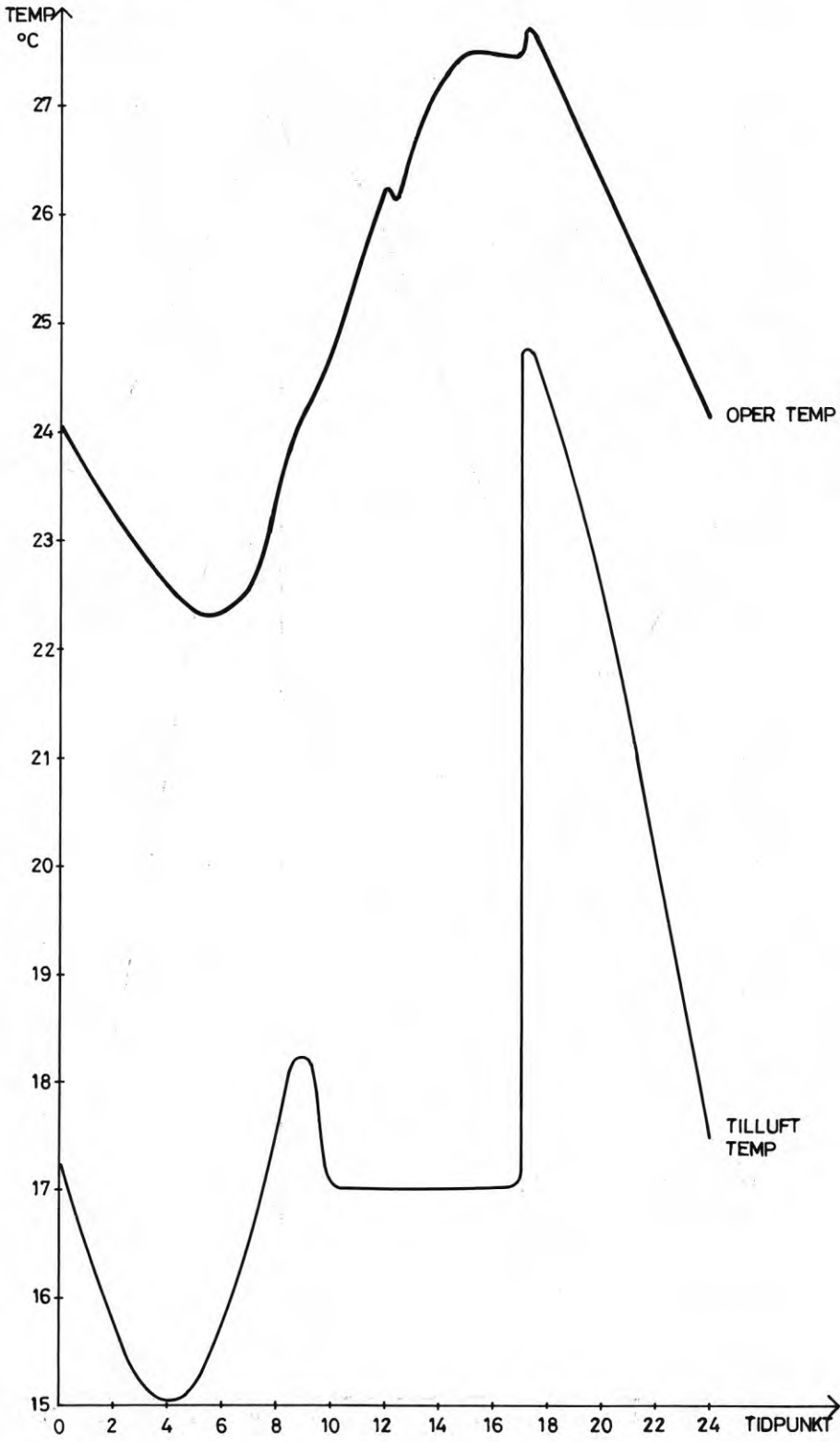


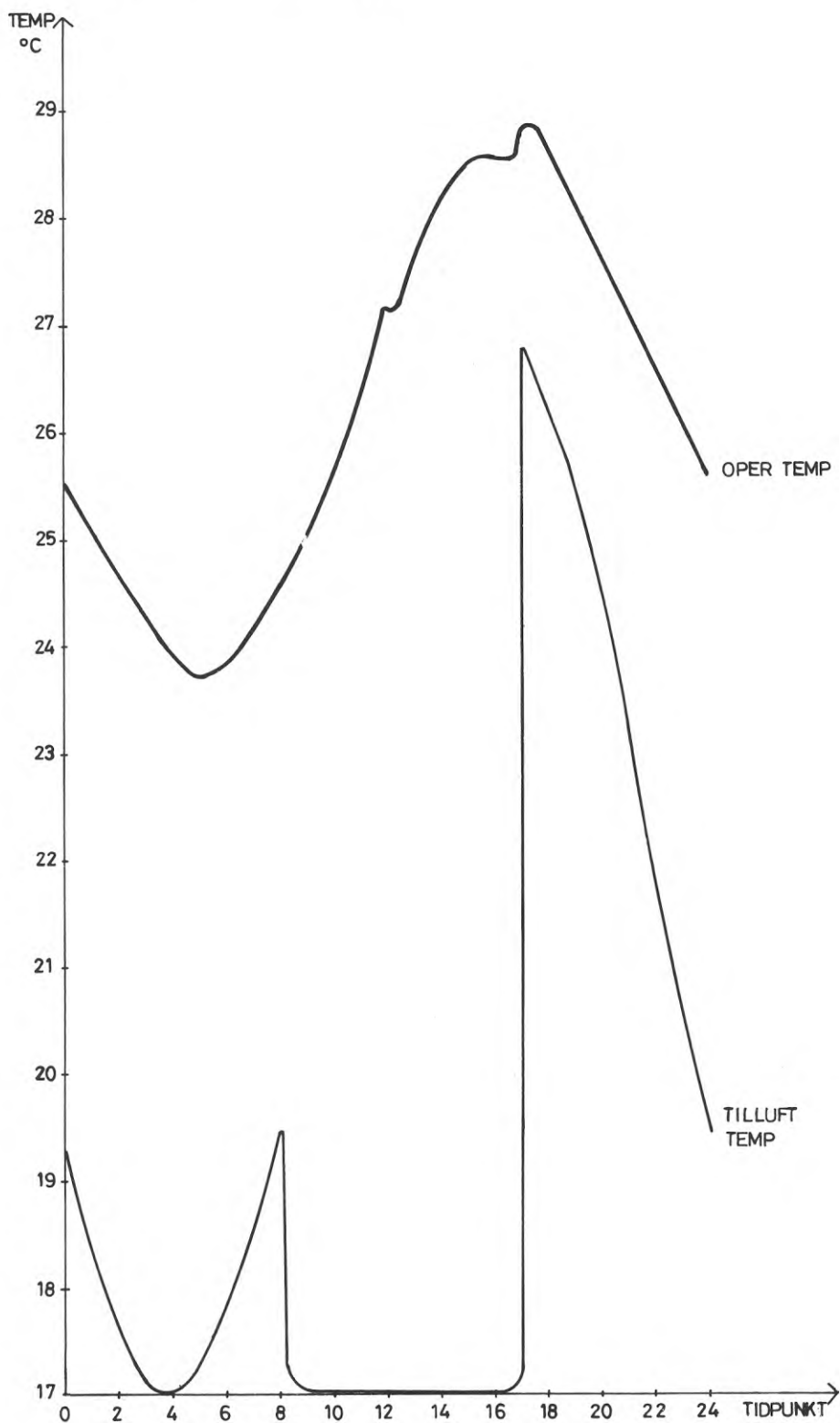
FIGUR 32

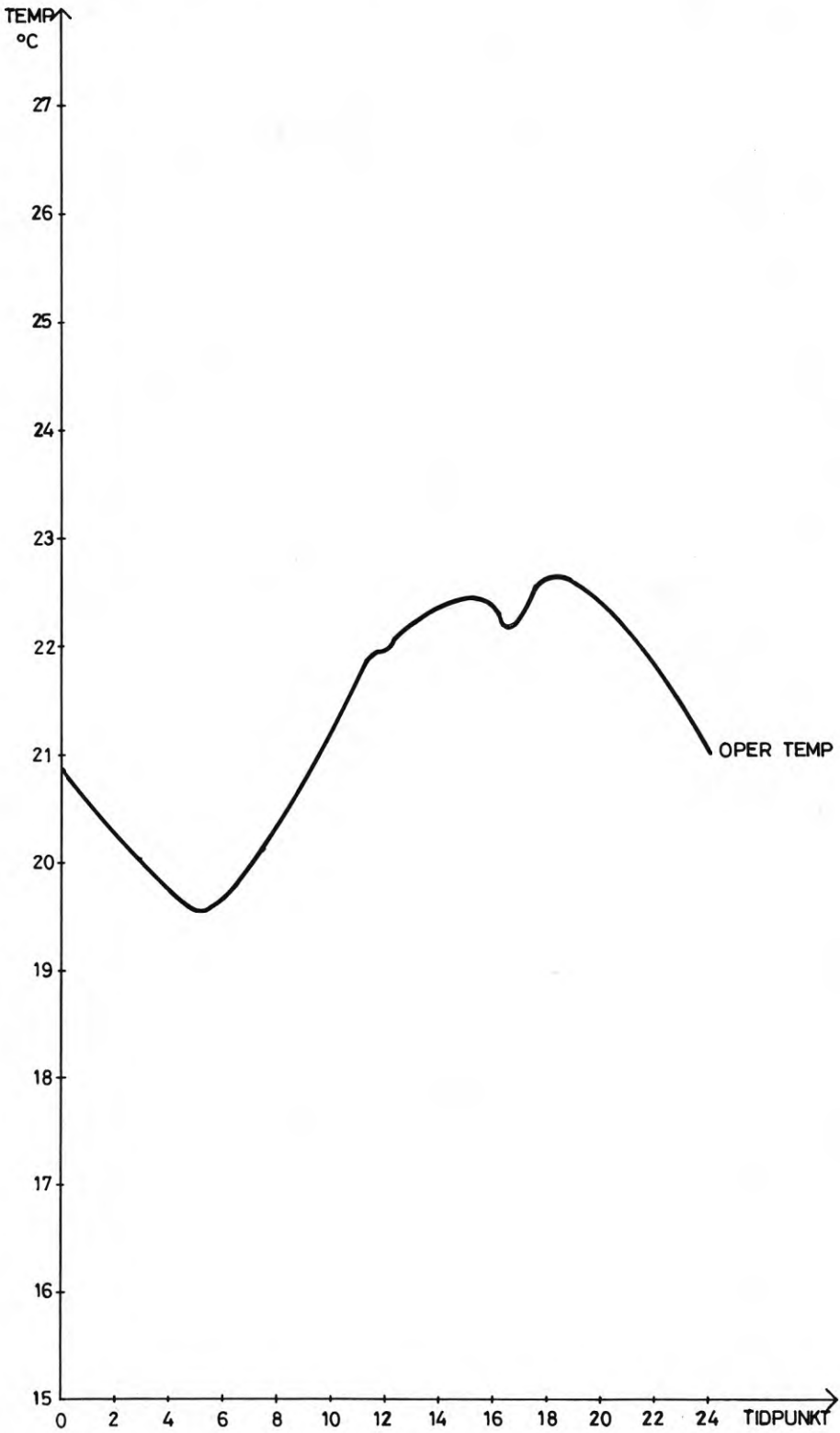
JULI SMA 21

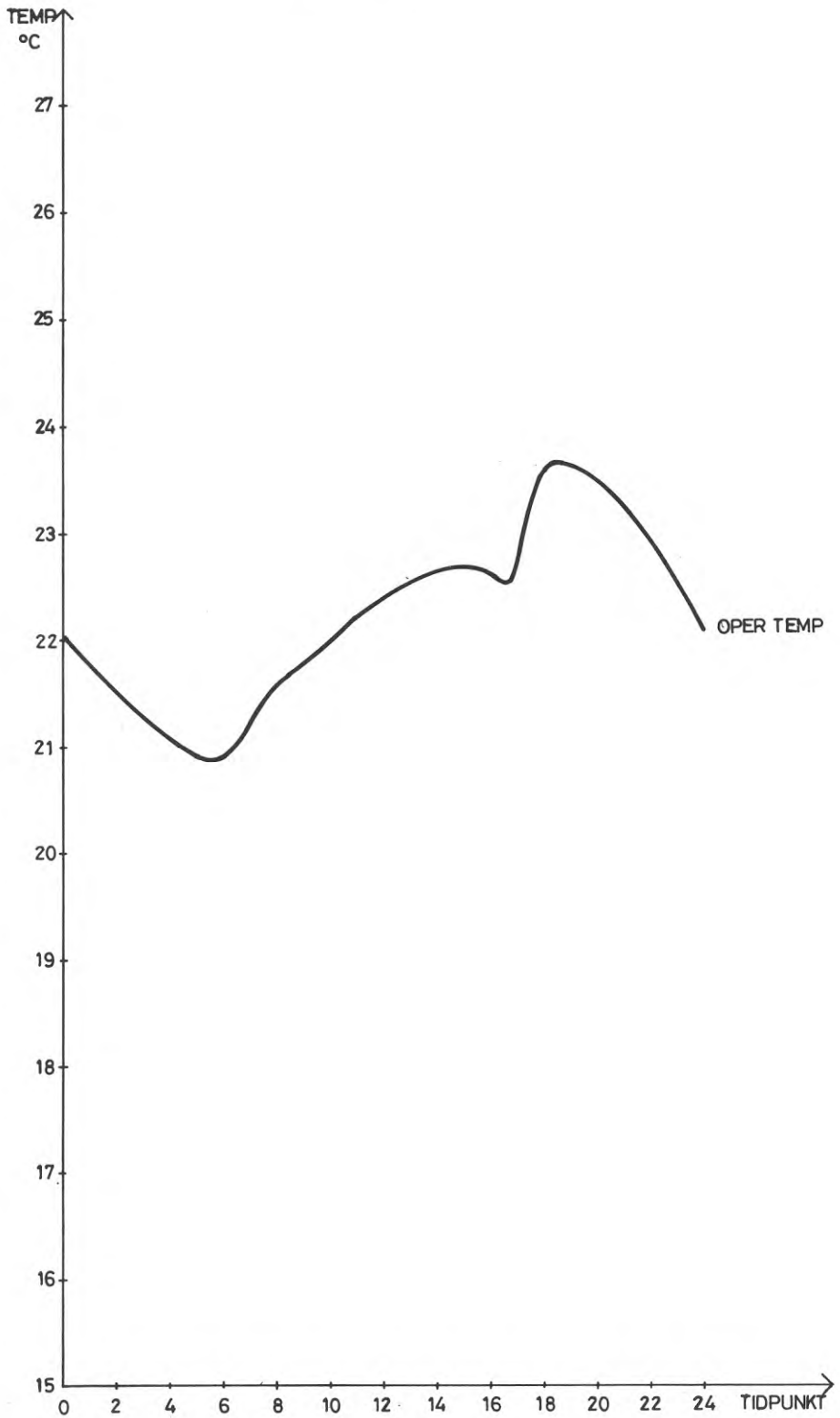


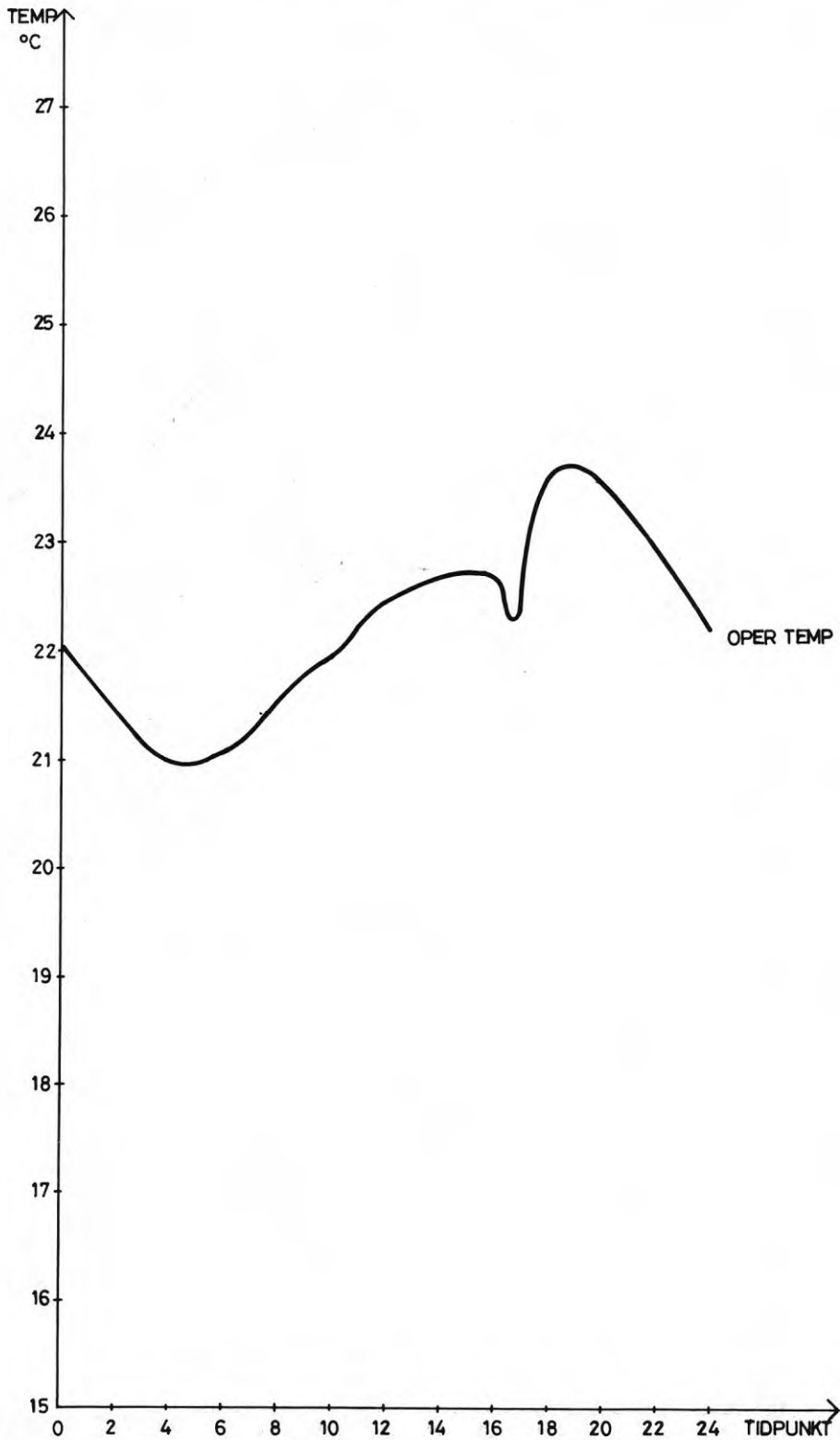


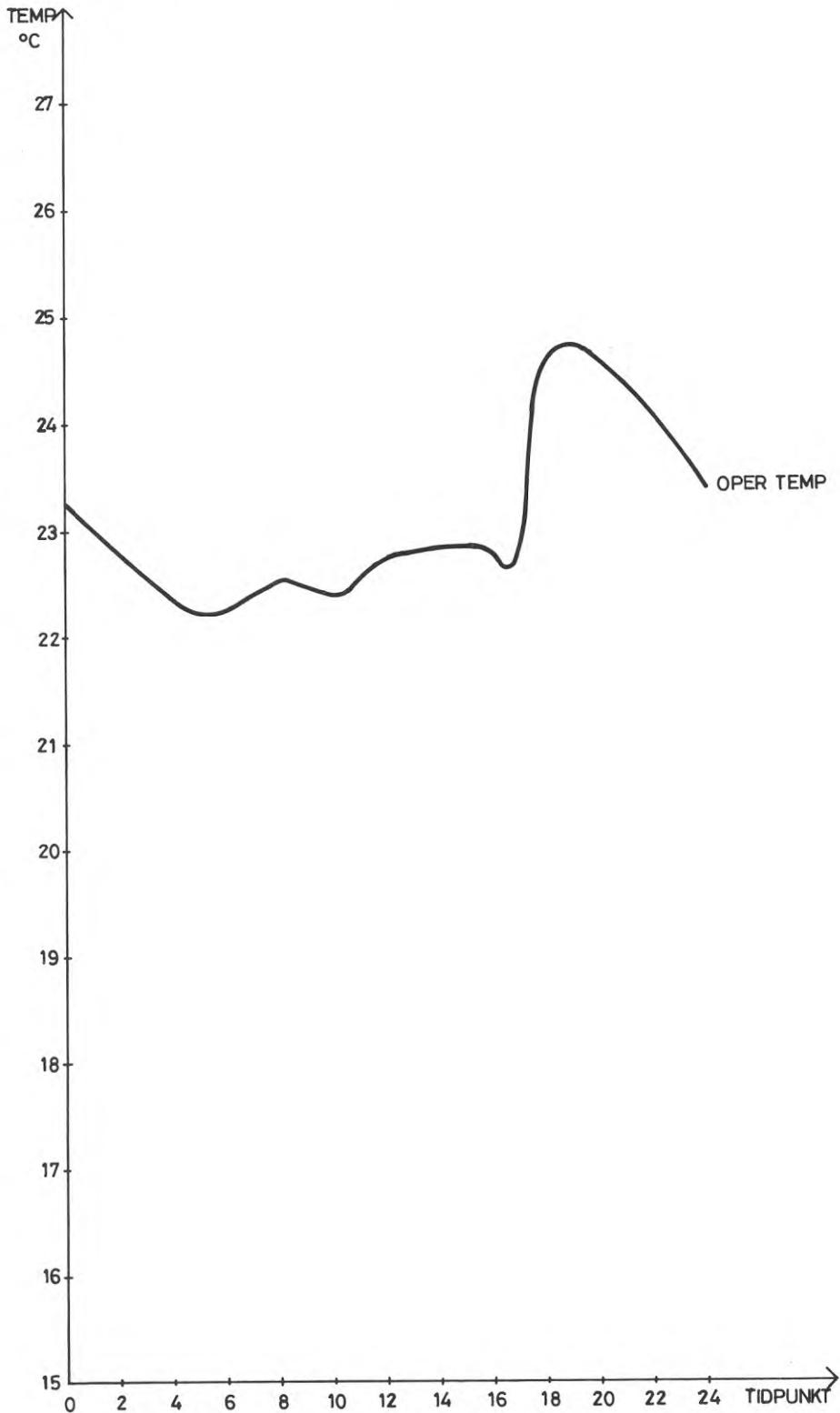


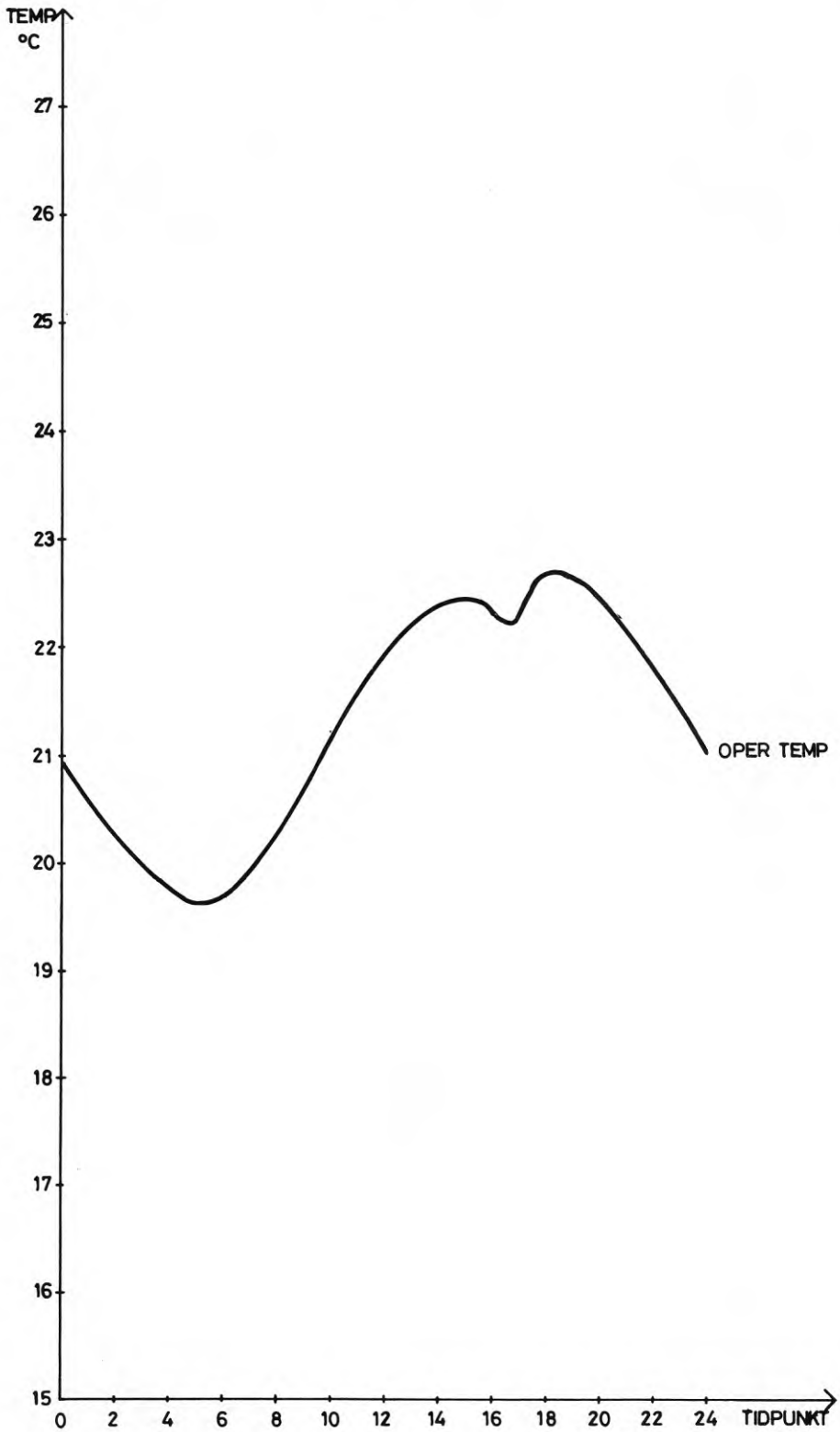


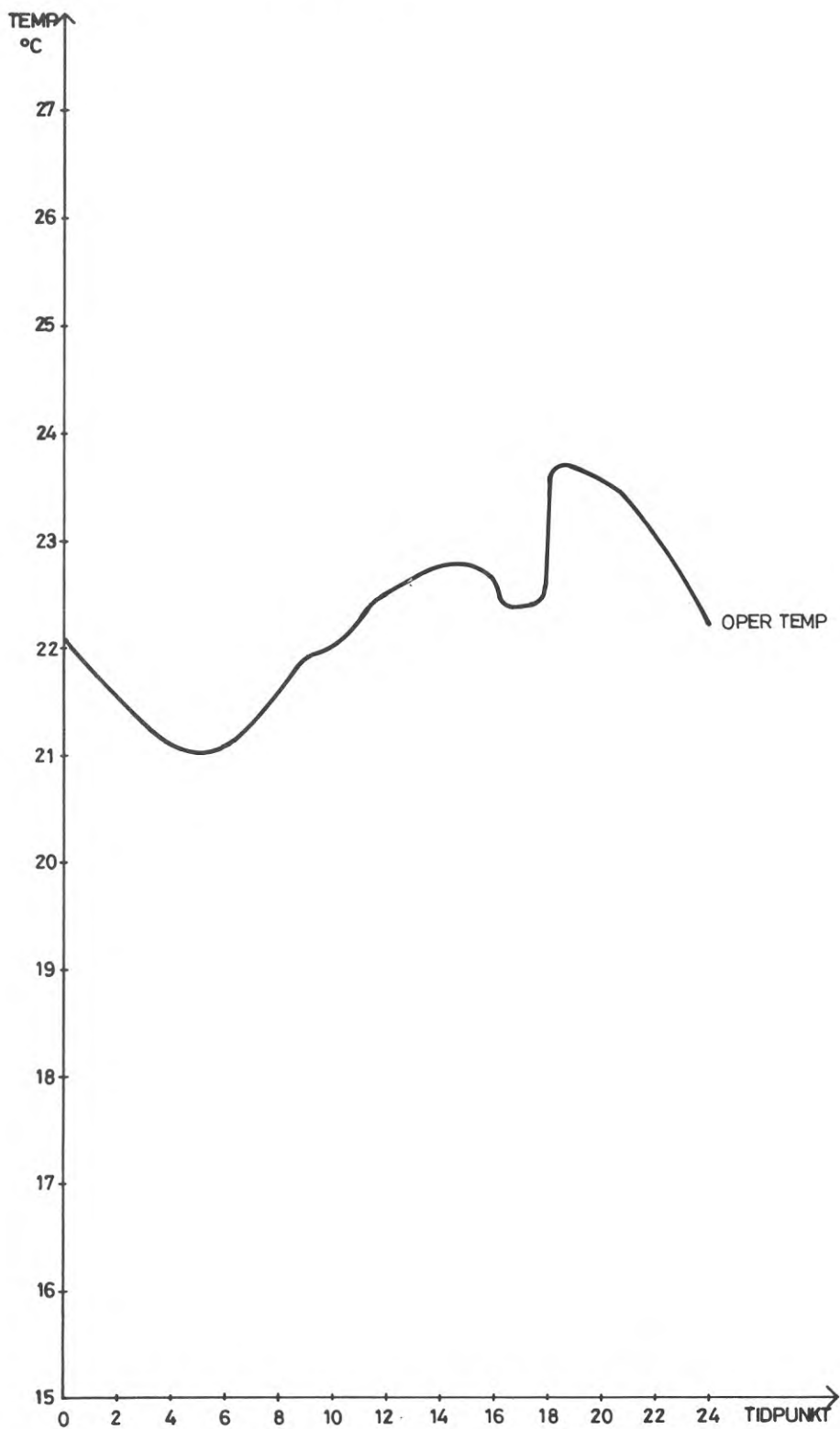


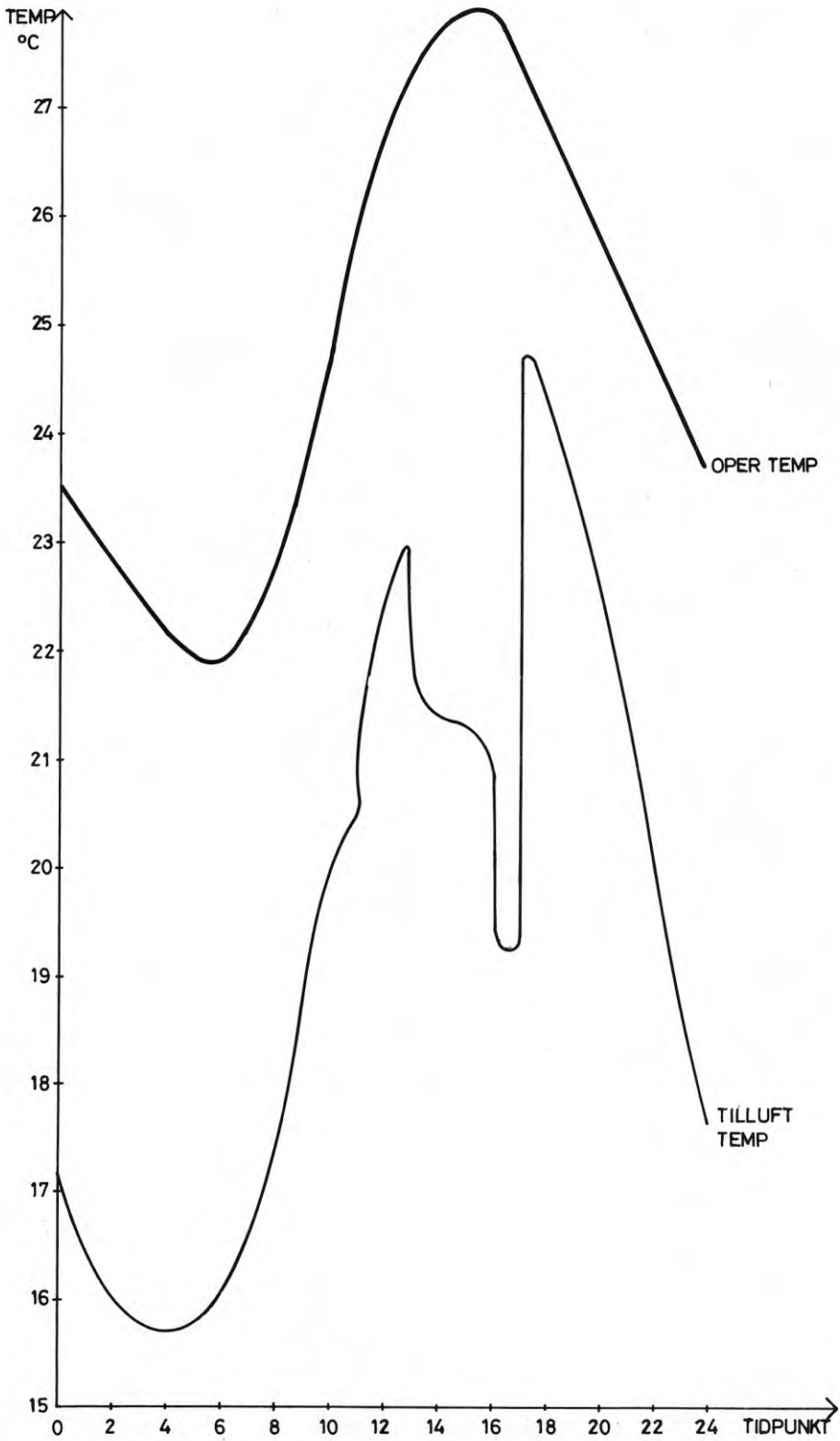






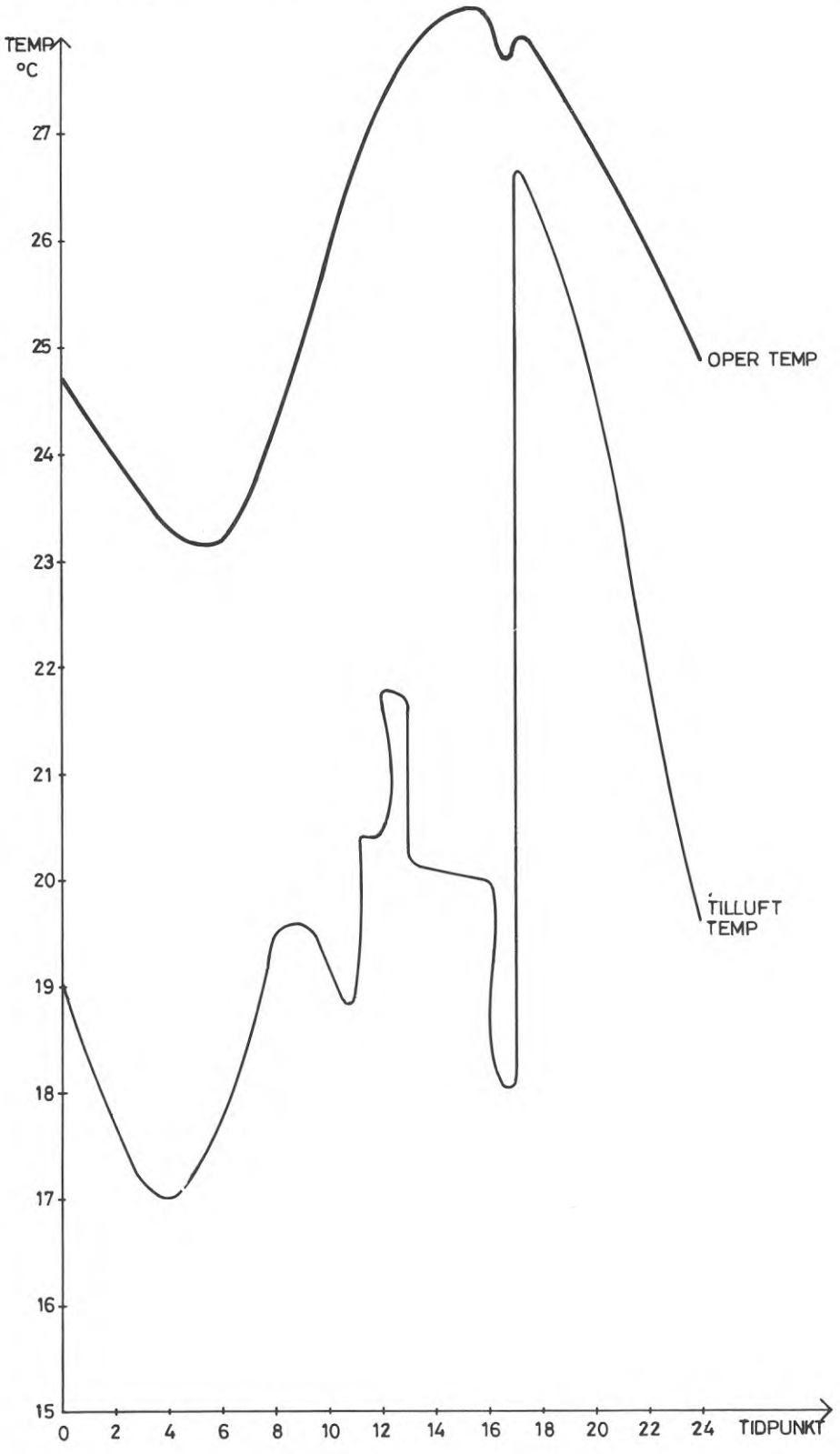






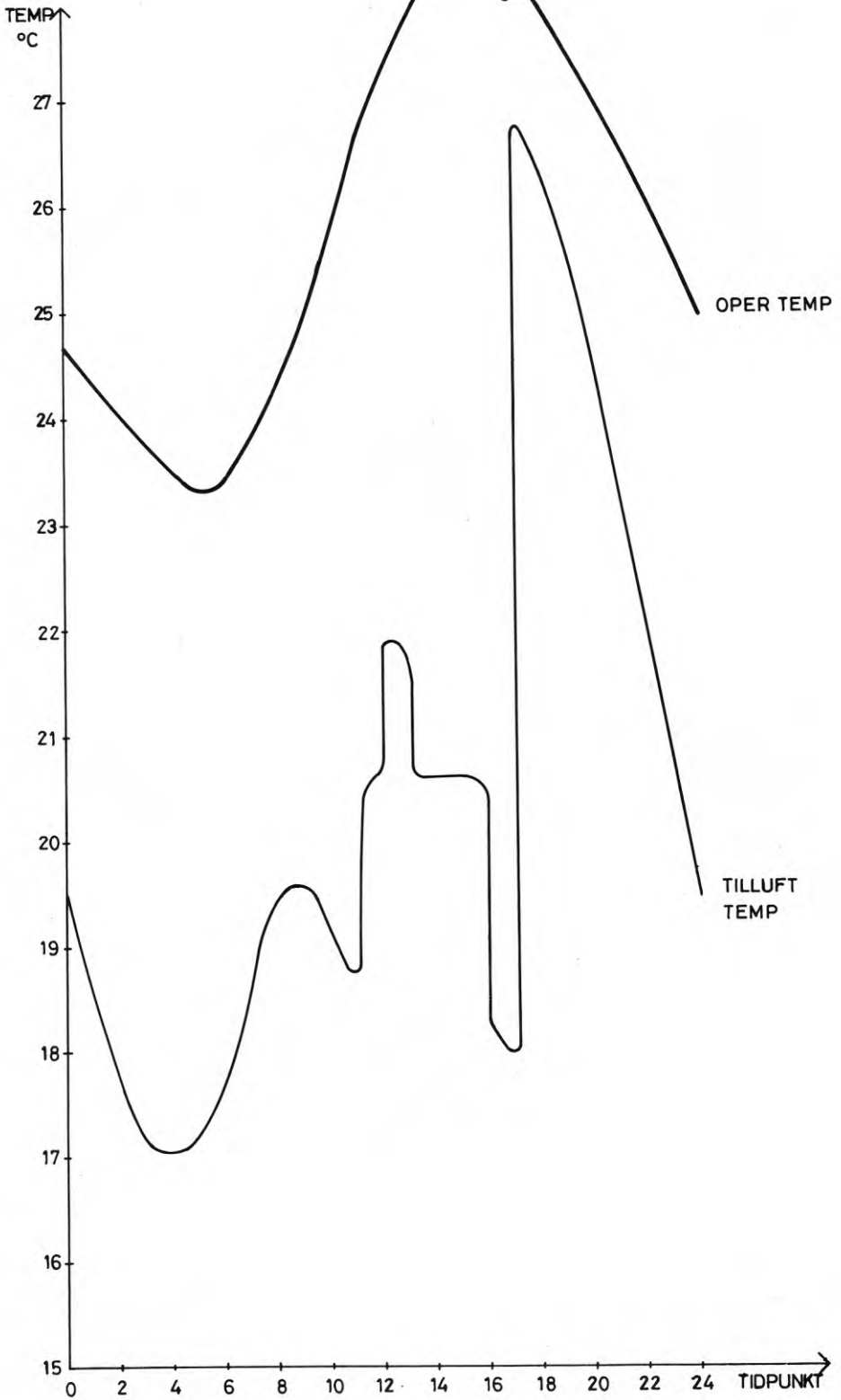
FIGUR 43

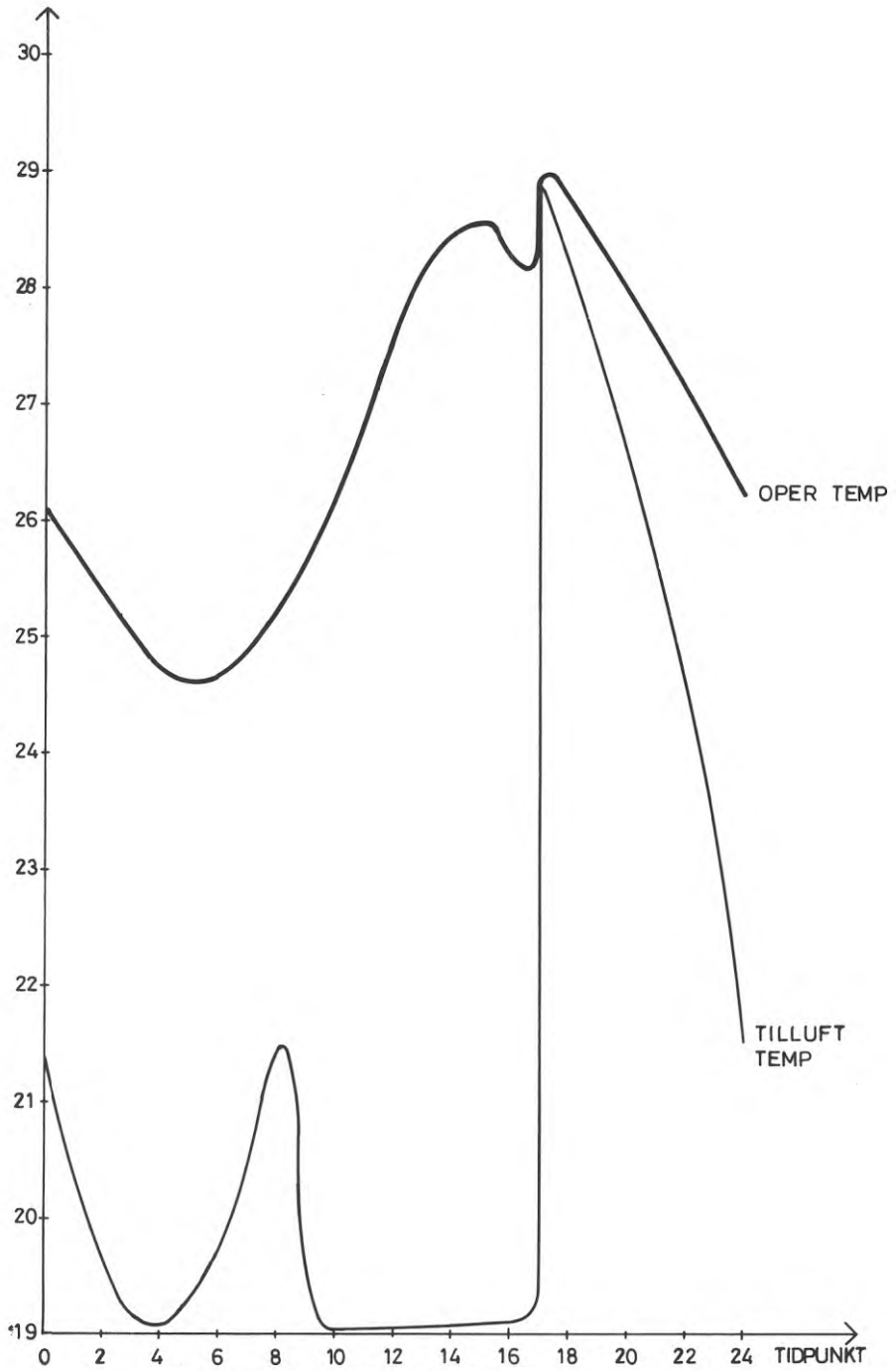
JUNI SMA21



FIGUR 44

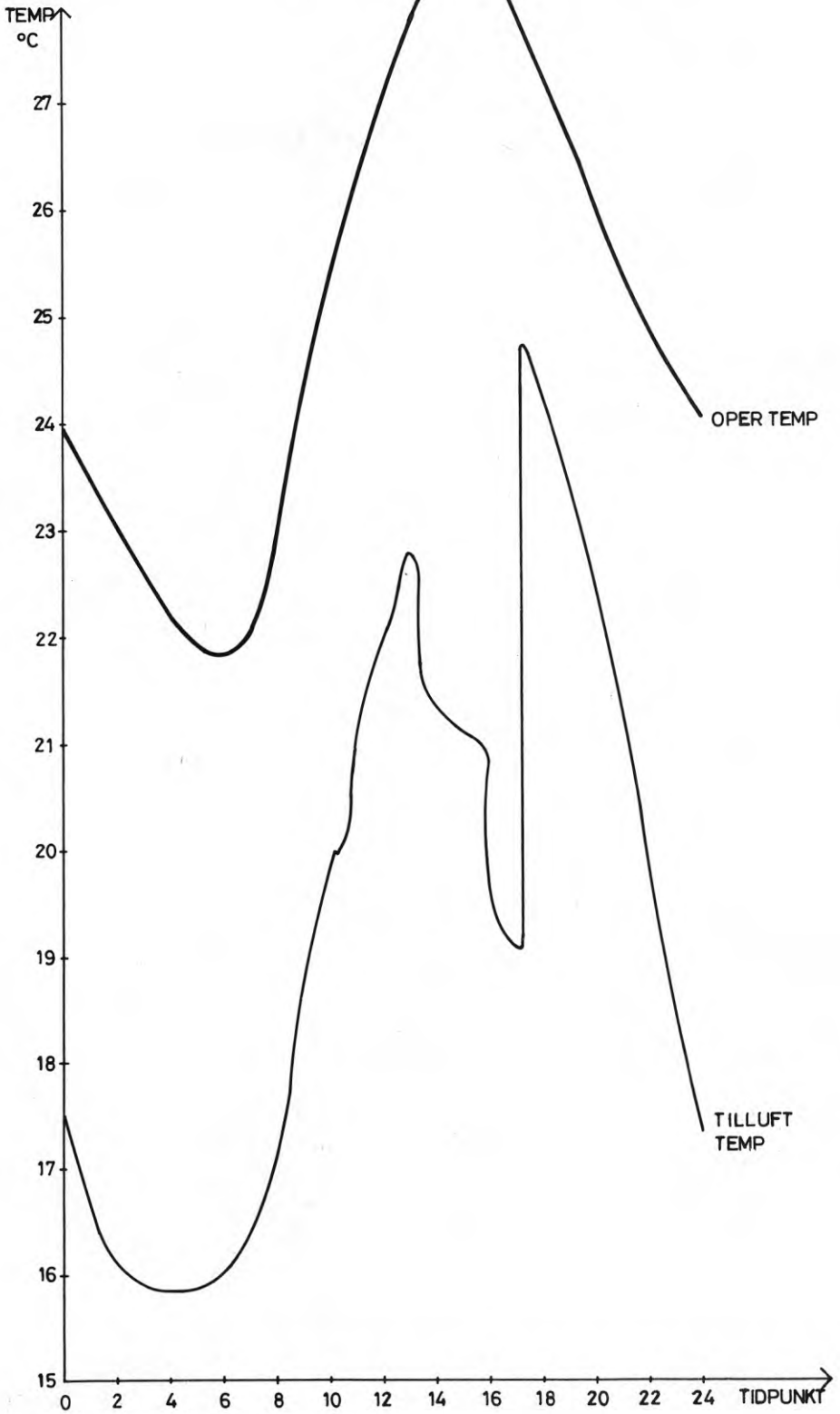
JULI SMA 21

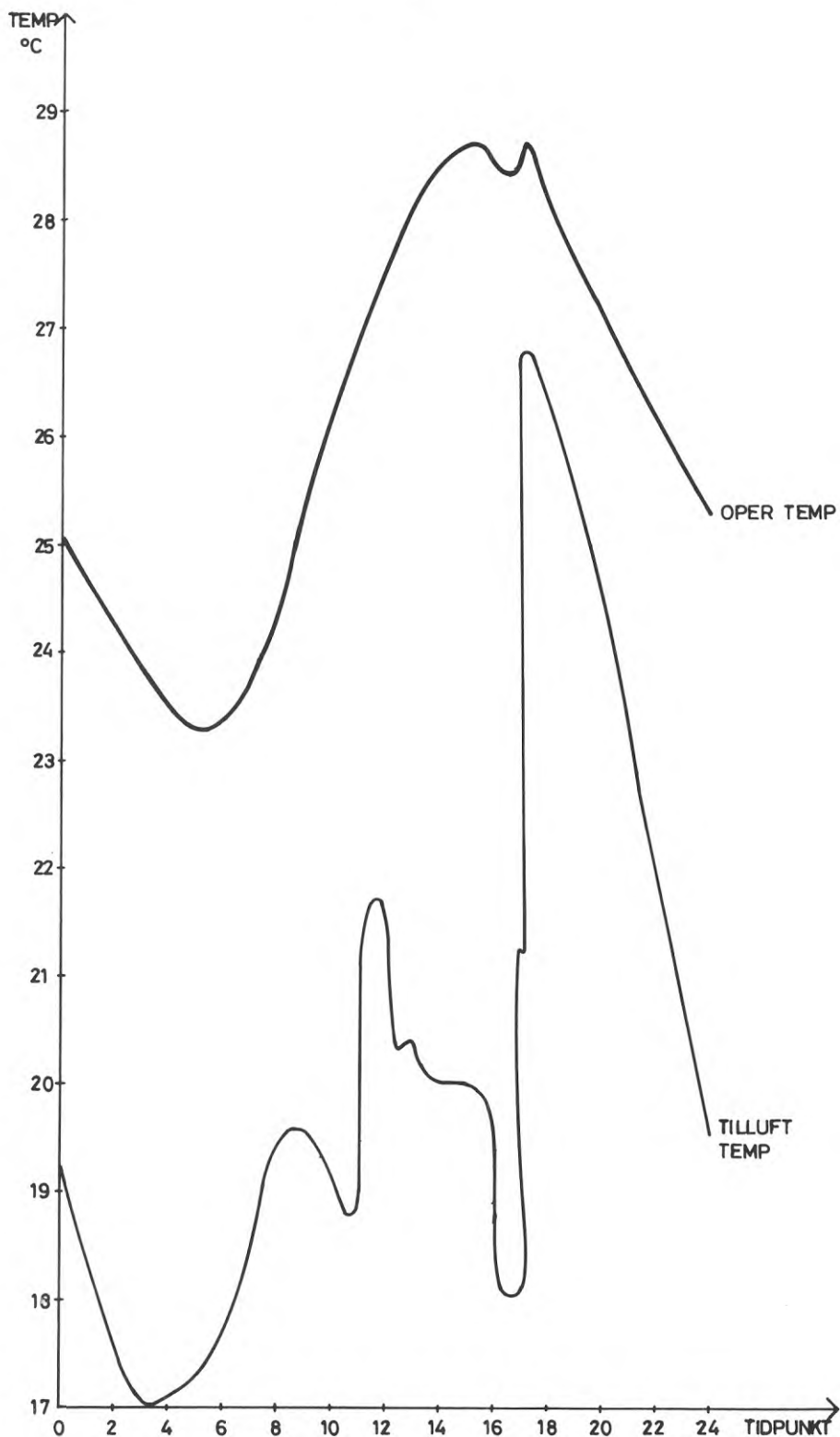




FIGUR 46

AUG 5 MA 19





4 UTFORMNING AV BERÄKNINGSMALL FÖR BEDÖMNING AV INOMHUS- KLIMATET VID HÖGA UTETEMPERATURER OCH KLIMATANLÄGGNING UTAN NÅGON FORM AV KYLNING AV TILLUFT

4.1 Val av representativ rumstyp

Den eller de rumstyper som förekommer i stort antal multiplar beräknas för byggnader med fasader mot de väderstreck, som i allmänhet belastar det inre klimatet mest. Rum belägna i väderstrecken öst-syd-väst väljes att beräkna.

Därest möjlighet alt. önskemål finnes att undersöka alternativa utformandeformer vad beträffar byggnadens konstruktion och utförande behöver i detta syfte endast en körning för någon av de öst-syd-väst-belägna fasaderna göras.

Exempel på val av rum och körningar för en byggnad

Rumstyp	Fasad	Alternativa rumskonstruktioner	Körning nr
Kontorsrum	Sydöst	Undertak	1
		Utan undertak	2
		(Båda med 30 % fönsteryta)	
		Undertak	3
		Utan undertak	4
		(Båda med 45 % fönsteryta)	

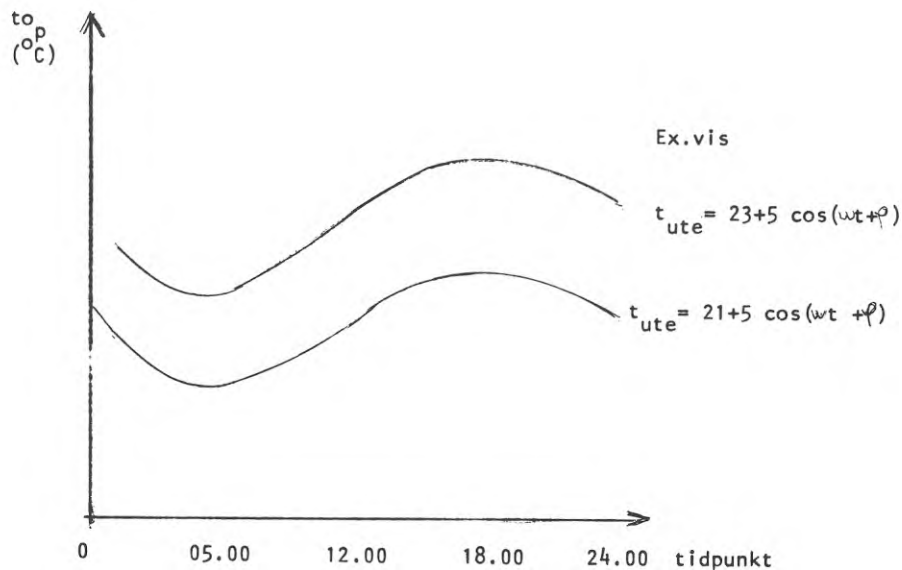
Ett alternativ som ger en hög rumstemperatur behöver ej uteslutas på detta stadium, då olika åtgärder för klimatisering senare kan bli aktuella att undersöka. Avsikten med denna körning är ju att redovisa hur höga rumstemperaturerna blir för olika byggnadskonstruktioner vid olika utetemperaturer.

4.2 Val av klimatdata

4.2.1 Utetemperatur

Som grund för detta lägges här Byggeforskningsrapport R49:70 (Bo Adamsson), där frekvenserna för högsta medelutetemperatur och amplitud finns angivna för en rad orter i Sverige. Värdena är sorterade dels efter högsta medelutetemperaturer, dels efter högsta solinstrålningsvärden. Endast i synnerligen extrema fall kan det bli nödvändigt att använda tabellen för högsta instrålningsvärden (fönsterytor 65 - 70 % av fasadyta). I övrigt användes tabellerna för högsta medelutetemperaturer. Körningen görs för två utetemperaturer, en högre och en lägre (F_1 och F_2). För dessa två temperaturer kan jämna värden väljas, valda mellan intervallet för högsta och lägsta medelutetemperaturen för de tre aktuella månaderna. Amplituden varierar enligt

Adamssons undersökning från 4 till 6°C. För de i Adamssons utredning redovisade medelutetemperaturerna inter- resp. extrapoleras kurvorna för rumstemperaturer från de två beräknade kurvorna. Därvid erhålles 5 kurvor för resp. frekvenser, dvs. kurvorna för medelutetemperatur som inträffar 1 gång/månad, 2 gånger/månad, 3 gånger/månad, 5 gånger/månad samt 10 gånger/månad. Tre kurvskalet uppritas alltså (för varje månad juni, juli, augusti). Se figur nedan. Endast två temperaturer beräknas sålunda. De fem kurvorna för juni, juli och augusti inter- resp. extrapoleras fram. Dessa två kurvor beräknas.



4.2.2 Solvärmeinläckning

Här användes Byggeforskningsrapport 19/69 (Brown-Isfält). Värdena reduceras med ca 20 % i enlighet med Adamssons undersökning, då värdena för solvärmeinläckning enligt Brown-Isfält gäller för klar dag. Vid de föregående beräkningarna har visats, att juni-juli- och augustiberäkningarna vid samma medelutetemperatur ger lika resultat. För de två medelutetemperaturer, för vilka beräkning sker, användes solvärmeinläckning gällande för juli.

4.4 Val av solskydd

Brown-Isfält har uppmätt och redovisat de båda faktorerna F_1 och F_2 .

F_1 = % totalt inläckt solvärme genom fönstret i förhållande till den totala solvärmeinläckningen genom ett oskyddat fönster med två rutor av vanligt fönsterglas

F_2 = % direkt inläckt solvärme genom fönstret

Faktorn F_2 har stor betydelse för belysningsförhållandena i rummet. Det kan därför vara av stor vikt att med hjälp av den beräkningsmetod som beskrives under punkt 4.3 göra sig en uppfattning om solskyddets inverkan på rummets belysningsförhållande.

4.5 Beräkning och val av belysningseffekter med hänsyn till dagsljus

I allmänhet finnes angivet de lux-värden, som skall innehållas för rummets arbetsplats(er). Därmed är också givet den värmebelastning som rummet utsättes för i form av konvektions- och strålningsvärme från belysning.

Det tillskott i belysningsvärde som erhålles från ett solbelyst fönster med diffuserande solskydd beräknas enligt ekv.

$$l_{be} = 100 \cdot \kappa \cdot l_{sol} \cdot F_2 \quad (\text{lux})$$

där

l_{be} = tillskott i belysning (lux)

100 = ljusutbytesfaktorn i lumen/W

κ = beräknas av från rummet erhållna värden. Se nedan.

l_{sol} = solvärmebelastning enl. Brown-Isfält (jfr Byggeforskningsrapport 19/69), multiplicerad med 0,8 och fönsterarean i m^2

$$l_{sol} = l_{\text{Brown-Isfält}} \cdot 0,8 \cdot A_{\text{fönster}}$$

F_2 = direkt inläckt solvärme i %

4.5.1 Beräkning av κ

Härför måste arbetsplatsens belägenhet i rummet finnas angiven liksom rummets dimensioner, rumsytornas reflexionsförmåga samt fönstrens storlek och belägenhet.

En beräkning av ljusfördelningen där hänsyn togs till ett oändligt antal reflexioner kan göras med härför utarbetat datorprogram.

4.5.4 Körschema

Följande körningar göres för normalrummet:

<u>Rum</u>	<u>Väderstreck</u>	<u>Temperatur</u>	
Normalrummet	Sydväst ex.vis	t_1 t_2	} enl. punkt 4.2
Normalrummet	Sydöst ex.vis	t_1 t_2	
Totalt i <u>detta</u> fall 4 körningar!			

4.5.2 Användning av belysningen i rummet med hänsyn tagen till den av solen erhållna tillskottsbelysningen (l_{be})

Den tid som belysningen är tänd eller delvis tänd beror bl.a. av tillskottsbelysningen, som erhålles från solen, men också på en rad mer svårbestämda faktorer. I rummet arbetande personal och deras ögonkvalitet (ålder) och sysselsättning spelar stor roll. Likaledes spelar rätt val av belysningsstyrka till den i rummet förekommande aktiviteten stor roll. Ett förslag till fastläggande av förutsättningarna kan ske enligt följande.

1. Då l_{be} stigit till den projekterade belysningens värde antas att denna belysning släckes.
2. Så l_{be} sjunkit till 80 % av den projekterade belysningen antas att denna tändes. I de fall, då belysningen är indelad i flera armaturer, så att belysningsnivån kan ökas (sänkas) stegvis, kan alltså delar av belysningen släckas eller tändas, när l_{be} är lägre eller högre än som ovan angivits. Exempelvis om belysningen är indelad i fyra enheter kan det antagas, att tre enheter är tända, då $l_{be} = 1/4$ av l_{belysn} och två enheter är tända, då $l_{be} = 1/2$ av l_{belysn} osv.

4.5.3 Tabell redovisande solvärmebelastning, användning av solskydd, tillskott i belysning från solen för arbetsplats (l_{be}), användning av inre belysning

1. Tidpunkt	2. Solvärme- belastn. 1	3. l_{be} lux	4. Anv. av inre belysn. W	5. Anv. av inre belysn. W konv. stråln.

Kommentar:

Tidpunkt (1)

Redovisning varje timme av de olika variablerna.

Solvärmebelastning (2)

$$l = l_{sol} \cdot F_1$$

$$l_{\text{sol}} = A \cdot 0,8 \cdot l_{\text{Brown-Isfält}}$$

A = glasarea i m² för rummet

0,8 = reduceringsfaktor p.g.a. lägre solvärmebelastning vid höga utetemperaturer (se punkt 4.3)

F₁ = % totalt inläckt solvärme (se punkt 4.4)

l_{Brown-Isfält} = solvärmeinläckning för tvåglasfönster enligt Byggeforskningsrapport 19/69 för juli.

Då det visat sig i föregående beräkningar att differensen mellan de tre månaderna juni, juli och augusti beträffande solinstrålning är ytterst liten användes juli-värden på l_{Brown-Isfält} för de två temperaturerna som beräknas.

$$l_{\text{be}} \quad (3)$$

$$l_{\text{be}} = 100 \cdot \kappa \cdot l_{\text{sol}} \cdot F_2 \quad (\text{lux})$$

Se punkt 4.5.

Användning av inre belysning (4, 5)

Se punkt 4.5.3.

Under punkt 5 redovisas huruvida belysningsvärme avgives i form av konvektivt värme eller strålningsvärme. Uppgifter därom kan fås från fabrikanter e.d.

4.5.4 Körschema

4.6 Val av materialdata och värmeövergångstal m.m. samt redovisning av inredning och byggnadskonstruktion

4.6.1 Normala värden för absorptionsfaktorer och reflexionsytor för fasadytor och rumsytor

Absorptionsfaktor för yttertak = 0,9

Rumsytornas reflexionsfaktorer

vägg = 0,5

tak = 0,7

golv = 0,3

fönster = 0,25

Dessa faktorer kan, som nämnts under punkt 1.1.4, variera kraftigt utan att beräkningsresultatet nämnvärt påverkas. Dock är faktorernas inverkan på dagsljusets fördelning relativt stor.

4.6.2 Absorptionsfaktor för fasadytan exponerad mot uteluft

Denna väljes = 0,7.

Liksom de faktorer, nämnda i punkt 4.2.1, kan även denna faktor variera kraftigt utan att beräkningsresultatet nämnvärt påverkas.

4.6.3 Värmeövergångstal för ytter- och innerytor

Ytterytor = $16 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Innervägg åt utrymme med konstant temperatur = $7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

De övriga övergångstalen varierar med rumstemperaturen. I Brown-Isfälts dataprogram har hänsyn tagits till detta.

4.6.4 Inredning

Ingen hänsyn toges till inredning i rummet. Detta gör att viss säkerhetsmarginal erhålles i beräkningarna.

4.6.5 Byggnadskonstruktion

Byggnadskonstruktionen för rummet redovisas enligt nedanstående tabell.

1. Omgivande utrymnen	2. Yta	3. Area (m^2)	4. d(m)	5. $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ λ	6. kg/m^3 ρ	7. $\text{C}_P \text{ Wh/}$ $\text{kg}^{\circ}\text{C}$

Kommentar till tabellen

1. Omgivande utrymnen

Här anges temperatur på omgivande utrymnen, exempelvis lika beräknat rum, utetemperatur, konstant temperatur (källare, korridor) etc.

2. Yta

Här anges ytans beteckning, tak, golv, mellanvägg, korridorvägg etc.

3. Area (m^3)

Här anges rummets ytors storlek. Rumshöjd anges. Vid tätt undertak till underkant undertak annars till underkant bjälklag. Vid beräkningen av rumsytornas area skall rummets innermått användas.

4.7 Val av övriga data

4.7.1 Luftflöde

Detta bestäms många gånger av faktorer såsom hygieniska krav, dragfrihet etc. Möjlighet finns naturligtvis att undersöka två olika luftflödens inverkan på operativa rumstemperaturen i likhet med vad som redovisats under punkt 4.1 beträffande rum med olika byggnadskonstruktion.

4.7.2 Personbelastning

Här anges ev. antal personer och deras uppehållstid i rummet. En person beräknas avge 100 W vid rumstemperaturen 20°C i form av konvektivt värme och strålningsvärme. I dataprogrammet Brown-Isfält är hänsyn tagen till den förändrade värmeavgivningen vid förhöjd rumstemperatur.

4.7.3 Övriga interna värmebelastningar

Vid avgivande av dessa skall noga anges, huruvida värmeavgivningen sker i form av konvektivt värme och/eller strålningsvärme.

4.7.4 Tillägg på grund av fläktarbete

På grund av fläktenergi, som tillföres tillluften, höjes tillufttemperaturen med 1°C .

4.7.5 Lägsta tillufttemperaturen

Denna bestäms av dragkriterier för rummet. Dragkriterier bestäms av de i rummet varande personernas aktivitet. Dragkriterierna sammansättes av luftens hastighet och dess över- eller under-temperatur.

4.8 Redovisning av resultat

Från de fem kurvor, som redovisar de operativa rumstemperaturerna för de fem aktuella utetemperaturerna över ett dygn, uppgöres följande tabell.

Medeltempera- tur °C	Frekvens n ggr/mån	OPERATIV RUMSTEMPERATUR			osv. till e
		överstigande temperatur tr ₁	tr ₂	tr ₃	
		a totalt	b totalt	c totalt	
to ₁	1	a	a		
to ₂	2	b	2b		
to ₃	3	c	3c		
to ₄	5	d	5d		
to ₅	10	e	10e		
		Totalt	A	B	C

Obs. A, B, C etc. är det antal timmar, som rumstemperaturen överskridit tr₁ för juni, juli och augusti och fås ur de tre kurvskoror, som beräknats och konstruerats fram enligt punkt 4.2.

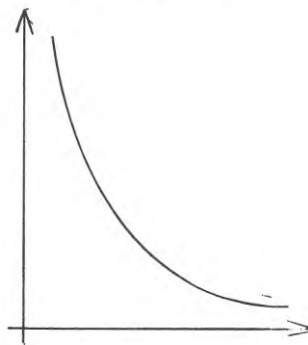
Den operativa rumstemperaturen har valts som det aritmetiska medelvärdet av den konvektiva rumstemperaturen och en av mellanväggarnas ytttemperatur. Lämpligen väljes en av väggarna mot rum med lika temperaturvariation som det beräknade rummet.

A osv. anger det totala antalet timmar, som den operativa rumstemperaturen överstigit tr₁. B anger det totala antalet timmar, som den operativa rumstemperaturen överstigit tr₂ osv. Kurvan över operativ rumstemperatur som funktion av procentuell tid uppritas. Procentuell tid definieras för den operativa rumstemperaturen tr₁ som

$$\frac{A}{3 \cdot 30 \cdot 24} \cdot 100 \% , \text{ där } 3 \cdot 30 \cdot 24 = \text{de tre varma månadernas totala tid.}$$

Nedanstående funktion erhålles:

Operativ rumstemperatur °C



% uppehållstid

Beräkning av A, B osv. måste differentieras för olika typer av byggnader. För en vårdbyggnad med kontinuerlig beläggning torde det vara intressant att konstatera hur dess operativa rumstemperatur varierar under hela dygnet, medan för ett kontor endast temperaturen under arbetstid är intressant. Den totala tiden ($= 3 \cdot 30 \cdot 24 = 2\ 160$ h) torde dock alltid användas som referens, då någon statistik över höga utetemperaturers frekvens i förhållande till lördagar-söndagar, helger, ej finns.

5 UTFORMNING AV BERÄKNINGSMALL AVSEDD FÖR BEDÖMNING AV
UTFORMNING AV EN BYGGNADS KLIMATANLÄGGNING AVSEENDE
INDIVIDUELLT ELLER CENTRALT REGLERAD RUMSTEMPERATUR

5.1 Val av rumstyp för beräkning

Den eller de rumstyper som förekommer i stora multiplar beräknas. Om beräkning enligt punkt 4 gjorts, skall ett eller ett av de rum, som valts vid denna beräkning, undersökas. Har icke denna beräkning utförts, skall beräkningen göras för endast ett (1) av de för byggnaden aktuella väderstrecken ÖST-SYD-VÄST. Detta rum ges tre varierande värmebelastningar enligt:

NORMALRUMMET (S_N)

MAXIMALRUMMET (S_{MAX})

MINIMALRUMMET (S_{MIN})

5.2 Val av utetemperatur

Två utetemperaturer bör väljas, varav den högre bör ligga ca 1°C lägre än maximala medelutetemperaturen för juli med frekvensen 1 gång/mån för aktuella orten. Den lägre bör ligga ca 2°C högre än junis lägsta redovisade max. medelutetemperatur med frekvensen 10 ggr/mån.

5.2.1 Körningsschema

Följande körningar göres för normal-maximal-minimirummet:

Rum	Väderstreck	Medelutetemperatur	
Rum S_N		t_1	t_2
Rum S_{MAX}		t_1	t_1
Rum S_{MIN}		t_1	t_2
Enl. 5.1	Enl. 5.1	Enl. 5.1	

5.3 Solvärmeinläckning

Här gäller vad som sagts under punkt 4.3. För de två beräknade temperaturerna användes juli-solvärden, reducerade med faktorn 0,8 enl. punkt 4.3.

5.4 Val av solskydd

För normalrummet (S_N) användes faktorerna F_1 och F_2 enl. punkt 4.4.

För maximalrummet (S_{MAX}) beräknas solskydd ej använt.

För minimalrummet (S_{MIN}) beräknas solskyddet använt under hela dygnet.

5.5 Beräkning och val av belysningseffekter för normalrummet

I allmänhet finns angivet de värden som skall innehållas för rummets arbetsplats(er). Därmed är också givet konvektivt värme och strålningsvärme.

Beräkning av tillskott i belysningsvärden, som erhålles vid solbelyst fasad och använt solskydd, fås enl. ekv.

$$l_{be} = 100 \cdot L \cdot l_{sol} \cdot F_2 \quad (\text{lux})$$

där

l_{be} = tillskott i belysning (lux)

100 = ljusutbytesfaktor (lumen/W). Beräknas av från rummet erhållna värden, se nedan.

l_{sol} = solvärmebelastning enl. Brown-Isfält (jfr rapport 19/69), multiplicerad med 0,8 och fönsterarean

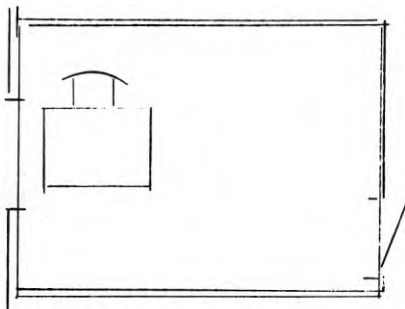
$$(l_{sol} = l_{\text{Brown-Isfält}} \cdot 0,8) \cdot A_{\text{fönster}}$$

F_2 = direkt inläckt solvärme i %

Beräkning av κ

Härför måste arbetsplatsens belägenhet i rummet finnas angiven, rummets dimensioner, fönsterareans storlek och belägenhet i fasad samt rumsytornas reflexionsförmåga.

Plan av rummet



Vidare måste anges rummets fria höjd samt fönsterytans(-ornas) placering i höjd i fasad. Från dessa data kan κ beräknas med dataprogram

5.5.1 Belysningseffekter för maximalrummet och minimalrummet

För maximalrummet antas, att rummets belysning tänkes tänd under hela arbetstiden. För minimalrummet tänkes belysningen släckt under dygnet.

5.6 Val av materialdata

5.6.1 Absorptionsfaktorer och reflexionsfaktorer för fasadytor och rumsytor

Absorptionsfaktor för yttertak = 0,9

Rumsytornas reflexionsfaktorer

vägg = 0,5

tak = 0,7

golv = 0,3

fönster = 0,25

Dessa faktorer kan, som nämnts under punkt 1.1.4, variera kraftigt utan att beräkningsresultatet nämnvärt påverkas.

5.6.2 Absorptionsfaktor för fasadytan exponerad mot uteluft

Denna väljes = 0,7

Liksom de faktorer, nämnda i punkt 4.2.1, kan även denna faktor variera kraftigt utan att beräkningsresultatet nämnvärt påverkas.

5.6.3 Värmeövergångstal för ytter- och innerytor

Ytterytor = $16 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Innervägg åt utrymme med relativt konstant temperatur = $7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

De övriga övergångstalen varierar med rumstemperaturen. I Brown-Isfälts dataprogram har hänsyn till detta tagits.

5.6.4 Inredning

Ingen hänsyn toges till inredning i rummet. Detta gör att viss säkerhetsmarginal erhålles i beräkningarna.

5.6.5 Byggnadskonstruktion

Byggnadskonstruktionen för rummet redovisas enligt följande tabell.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Omgivande medium	Yta	Area	d (m)	$(W/m^{\circ}C)$ λ	(kg/m^3) ρ	c_p (Wh/ kg $^{\circ}C$)

Kommentar till tabellen

1. Omgivande medium

Här anges temperatur på omgivande medium, exempelvis lika beräknat rum, utetemperatur, konstant temperatur (källare, korridor) etc.

2. Yta

Här anges ytans beteckning, tak, golv, mellanvägg, korridorvägg etc.

3. Area

Här anges rummets ytors storlek. Rumshöjd beräknas (vid tätt undertak) till underkant/underkant, annars till underkant bjälklag. Vid beräkningen av rumsytornas area skall rummets innermått användas.

4. d

De i väggen ingående materialens tjocklek angivet inifrån rummet och utåt.

5. λ

Materialens värmeledningstal.

6. ρ

Materialens densitet.

7. c_p

Materialens spec. värme.

5.7 Val av övriga data

5.7.1 Luftflöde

Detta bestäms många gånger av faktorer såsom hygieniska krav,

krav på dragfrihet etc. Möjlighet finns naturligtvis att undersöka två olika luftflödens inverkan på operativa rumstemperaturen i likhet med vad som redovisats under punkt 4.1 beträffande rum med olika byggnadskonstruktion.

5.7.2 Personbelastning

För normalrummet (S_N) användes den personbelastning som normalt kommer i fråga.

För maximalrummet (S_{MAX}) användes den personbelastning som maximalt kan tänkas.

För minimalrummet (S_{MIN}) tänkes rummet ej vara använt.

5.7.3 Övriga interna värmebelastningar

En bedömning av dessa normal-maximal-minimal-värden måste göras och vidare måste angivas, huruvida värmen avgives i strålnings- resp. konvektivvärme.

5.7.4 Tillägg p.g.a. fläktarbete

På grund av fläktenergi som tillföres tillluften höjes tilllufttemperaturen med 1°C.

5.7.5 Lägsta tillufttemperaturen

Denna bestäms av kravkriterier för rummet. Dragkriterier bestäms av de i rummet varande personernas aktivitet. Dragkriterierna sammansättes av luftens hastighet och dess över- eller under-temperatur.

5.8 Redovisning av resultatet

Operativ rumstemperatur uppritas från de körningar som gjorts och de klimatdatakrav, som valts för byggnaden jämföres med resultat som erhålles av kurvorna. Denna jämförelse utgör grunden för huruvida byggnaden kan projekteras och byggas för central eller individuell reglering av rumstemperatur, sett ur klimatologisk synpunkt.

Genom omfattande beräkningar har det i utredningen konstaterats att man genom ett fåtal beräkningar kan skapa sig ett mycket gott underlag för dimensionering av en byggnads luftbehandlingsanläggning. Med två databeräkningar och visst beräkningsarbete på projekteringskontoret kan redovisas de höga rumstemperaturernas varaktighet för ett rum som ventileras med okyld tilluft.

För en byggnad med V-fasad i samtliga fyra väderstreck kan alltså projektören med endast 8 datakörningar samt en del skrivbordsarbete redovisa ett underlag som utgör en god bedömningsgrund för installation av kylanläggning.

Vidare har redovisats att medelst totalt 6 databeräkningar kan projektören skapa sig ett gott underlag för att bedöma nödvändigheten av att installera ett individuellt reglerat luftbehandlingsystem.

Då kostnaderna för en databeräkning är av storleksordningen 100 à 200:- maximalt (för en normal byggnad av kontors- eller sjukhustyp, mars 1973) innebär detta att ovanstående beräkningar utgör en obetydlig kostnad i projekteringsarbetet. Totalt sett med inberäknad framtagna faktaunderlag och bearbetning samt redovisning av beräkningarna torde kostnaderna uppgå till 1 500 - 2 000:- resp 2 000 - 4 000:-.

Litteratur

1. ANTONI, N., 1969, Projekteringsunderlag för skolbyggnader för grundskolan. Rapport 50. Stockholm.
2. ASHRAE, Handbok of Fundamentals, 1969.
3. ADAMSSON, Val av klimatdata vid beräkning av höga rumstemperaturer , 1972.
4. BROWN, G, Handling nr 27, 1956, Stockholm.
5. BROWN, G, Grundläggande strålningssegenskaper hos fasta och flytande kroppar, 1962.
6. BROWN, G, Metod för datamaskinberäkning av värme- och ljusstrålning i rum, 1963.
7. BROWN, G, och ISFÄLT, E. Instrålning från sol och himmel under klara dagar. Rapport 19. 1969.
8. PLEIJEL, Fönstrets strålningstransmission, 1958.
9. PLEIJEL, Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel, 1961.
10. Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik.
11. Fanger, Termal Comfort
12. Termisk isolering, AHLQVIST, SANDIN, SUNDIN, 1970.
13. VVS-handboken 1963.

R16: 1976

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag D-634 från
Statens råd för byggnadsforskning till Jan-Erik Andersson,
Saltsjöbaden.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: installation**

Pris: 28 kronor + moms