

Anslagsrapport
A11:1996

10475

Kontor med naturlig kyla

Eje Sandberg
Per Wickman

Anslagsrapport
A11:1996

Kontor med naturlig kyla

Eje Sandberg
Per Wickman

Denna rapport hänför sig till byggforskningsanslag 930737-1 från
Byggforskningsrådet till Vasakronan AB.

REFERAT

Projektet visar att temperaturkravet P25 kan uppnås utan aktiv kyla i en kontorsbyggnad av den typ som kasernbyggnaderna inom kv. Garnisonen utgör. Vid dimensionering av komfortkyla är det vanligt att kriterierna för komfortkravet är otydliga vilket ökar risken för att kyla installeras i onödan eller med för höga effekter. Kraven behöver därför definieras mer konkret och projektören måste redovisa förutsättningarna för sina beräkningar för att undvika schablonmässig dimensionering av kyla. Resultatet av projektet kan användas för att uppnå säkrare bedömningar av behov och dimensionering av kyla.

Syftet med projektet var att klargöra om behovet av komfortkyla kan minimeras och säkrare dimensioneras.

Målgrupper är kyltekniska konsulter och beställare.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

A11:1996

ISBN 91-540-5751-5
Byggeforskningsrådet, Stockholm

Innehållsförteckning

1.	Förord	2
2.	Syfte.....	3
3.	Sammanfattande resultat.....	3
	Fortsatt arbete	4
4.	Bakgrund.....	4
5.	Studiens uppläggning och metod	6
6.	Temperaturkrav och värmelaster.....	7
6.	Temperaturkraven.....	7
6.2	Luftkylning, nattkylning, värmeavgivning från fläktar	8
6.3	Byggnadsstommen	10
6.4	Solvärmskydd	10
7.	Etapp 1. Före ombyggnad.....	15
7.1	Byggnadsbeskrivning 1.	15
7.2	Mätningar sommaren 1993	15
8.	Etapp 2. Efter ombyggnad.....	16
8.1	Byggnadsbeskrivning 2	16
8.3	Mätning under sommaren 1994	17
9.	Resultat	19
9.1	Analys av mätvärden	19
9.2.	Verifiering av BRIS-modellen för den studerade byggnaden	25
9.3	Simuleringsresultat för en normal sommar.....	26
10	Diskussion.....	28

1 Förord

F.d. Byggnadsstyrelsen har en lång tradition att i programskedet styra projekteringen för att uppnå energieffektiva lösningar och skapa bra förutsättningar för en god inomhuskomfort. Vasakronan har ambitionen att utveckla denna tradition vidare och har aktivt deltagit i t ex olika belysningsprojekt i samarbete med NUTEK.

I samband med ombyggnationer av vårt fastighetsbestånd har vi sett ett behov av att bättre kunna styra upp förutsättningarna för klimatinstallationerna.

Detta projekt har delvis finansierats med stöd av Byggforskningsrådet. Kurt Carlström har varit projektansvarig på Vasakronan. Eje Sandberg och Per Wickman, AIB Installationskonsult, numera verksamma på ATON Teknik Konsult AB, har varit ansvariga för genomförande och rapportskrivning. Birgitta Andersson på Telia Network Support har sammanställt uppgifter om solavskärmning. Engelbrekt Isfält vid Tekniska Högskolan i Stockholm har på ett värdefullt sätt deltagit i utvärderingen.

Synpunkter på resultaten och underlag för diskussionen har också lämnats av medarbetare på Vasakronans tekniska avdelning, som också fick stå ut med diverse mätgivare och utrustning för mätinsamling under den varma sommaren 1994.

2 Syfte

Syftet med denna studie har varit att prova om en kombination av åtgärder på komponent och systemnivå kan åstadkomma en driftsituation i kontorslokaler där aktiva kylanläggningar för komfortkyla inte längre behövs.

Resultatet från denna förstudie ska ge vägledning inför kommande projekteringar av komfortklimatet vid ombyggnad och kan ligga till grund till för utarbetande av en guide för fastighetsförvaltare inför upphandlingar av komfortkyla.

3 Resultat

Resultaten visar att kravet P25¹ kan uppnås utan aktiv kyla i en kontorsbyggnad av typ Garnisonen. Vid tillämpning i konsultledet är det vanligt att kriterierna för komfortkravet är otydliga och det finns risk för att kyla installeras i onödan eller med för höga effekter. Kraven måste definieras mer konkret och projektören måste redovisa förutsättningarna för sina beräkningar för att undvika schablonmässig dimensionering av kyla.

Det är helt avgörande att alla åtgärder för att begränsa behovet av kyla beaktas innan behovet av extern kyleffekt bestäms. Detta gäller såväl vid anslutning till fjärrkyla, som vid investeringar i nya kylanläggningar, kylinstallationer i rummen typ kylbafflar och andra investeringstunga åtgärder för att kyla rummen.

Utnyttjande av byggnadsvolymer i angränsande rum exempelvis kontorsrum och korridor påverkar i hög grad det termiska klimatet om rummen påverkas olika av solvärme och internt värmetillskott. Om dörren mellan det enskilda kontorsrummet och korridor i byggnadens kärna är öppen ökar förutsättningarna för att klara kraven utan aktiv kyla påtagligt. Om dörren är stängd under sommarens varmaste dagar och fönstren saknar effektivt solskydd krävs kraftfulla kylinstallationer för att klara kraven i rum med solbelysta fasader.

Frågan är då vilka förutsättningar som ska gälla vid dimensionering. Hur vanligt är det att man arbetar man med stängd dörr, särskilt när det är mycket varmt. Står kravet, att alltid kunna klara komfortkravet även när dörren är stängd, i proportion till investeringskostnaden som då uppstår?

I fallet Garnisonen menar förvaltaren att kravet från hyresgästen på individuell reglering är viktigare än att undvika kylinstallationen. Ska individuell reglering uppnås måste dock dörren till kontorsrummet vara stängd, vilket kraftigt ökar värmebelastningen och behovet av kyleffekt. Om nu de flesta arbetar med öppen

¹Operativa temperaturen för en punkt mitt i rummet 1,5 m över golv får vara högre än +25 °C under maximalt 10% av arbetstiden under en statistisk julimånad.

dörr fungerar inte regleringen. Risken finns att kyla installeras för en drift-situation som aldrig eller mycket sällan existerar.

En annan fråga som kommit upp är behovet av flexibilitet. Om man väljer att inte installera en komplett kylanläggning bör det finnas möjlighet att i framtiden komplettera med kyla om verksamheten förändras. Detta är ett viktigt skäl till att man inte vågar satsa på naturlig kyla fullt ut. En strategi för hur ett system utan anläggning för komfortkyla kan kompletteras med aktiv kyla är viktig för att undvika slentrianmässiga installationer, "för säkerhets skull".

Olika lösningar för att skapa denna flexibilitet redovisas i Vasakronans Tekniska Policy, exempelvis kan kylstammar läggas in vid ombyggnationer för att senare tas i anspråk om det visar sig nödvändigt. Detta kan gälla för rum med extra stor personbelastning, eller där verksamheten kräver ständigt stängda dörrar. Vidare kan det vara möjligt att reservera de verksamheter som är särskilt känsliga (krav på stängda dörrar) till de byggnadsfasader som inte är värst utsatta för solbelysningen.

Fortsatt arbete

Vi föreslår en seminarierie runt landet med förvaltare, brukare och experter där frågor kring komfortkravet och olika kyltekniker diskuteras. En gemensam standard för komfortkravet baserat på P25 utarbetas. En text för förfrågningsunderlag utarbetat enligt en "miljö/grön standard" tas fram, vilket i sig kan vara en positiv policyfråga för den framsynte fastighetsägaren/förvaltaren.

En "Lathund" kan utarbetas som översiktligt visar operativa temperaturer i olika typer av kontorsbyggnader med olika belastning, solavskärmning och massa. Lathunden skulle ge en indikation på eventuellt effektbehov per kvadratmeter.

Olika tekniker för att komplettera kyla för särskilt utsatta utrymmen bör diskuteras.

4 Bakgrund

Komfortmiljön i våra kontorslokaler påverkas av den snabba utvecklingen. Under 70-talet var trenden ljusstarka armaturmattor i taken. De gav mycket ljus, men heltäckande på hela kontorsytan och därmed ett ganska platt och tråkig ljusmiljö. Värmeavgivningen blev besvärande. Under 80-talet tillkom så en hel invasion av kontorsapparater med datorer, skärmar, skrivare och kopiatorer. Datorn var ofta uppkopplad på stordatorns nätverk och fick inte stängas av. Annars fanns risk för krångel. Värmeavgivningen blev därmed ännu mer besvärande.

Av 70- och 80-talet har vi därmed lärt oss att kontoren behöver komfortkyla. Annars blir det för varmt.

När väl uppdragen går till våra VVS-konstruktörer använder de enkla pedagogiska beräkningsprogram som vänligen tillhandahålls från leverantörer av kylutrustning. I programmet läggs så in aktuell värmeavgivning från belysning, kontorsutrustning och människor. Programmet tar hänsyn till rummets belastning under normalårets varmaste period och med aktuella soldata beräknas kylbehovet.

Resultatet visar med tydlighet, och till leverantörens fromma, att det krävs både kyld tilluft och rejäla kylbafflar i taken. Anläggningskostnaden ökar dramatiskt.

Ändå har det inte blivit bra, för samtidigt har förutsättningarna förändrats påtagligt och möjligheterna att påverka kylbehovet ökat.

Bland de *installationsrelaterade* möjligheterna kan nämnas:

1. **Effektiva belysningsanläggningar.** Här finns nu en väl dokumenterad kravspecifikation och exempel på tekniska lösningar som ett resultat från NUTEKs projekt "Ljusa korridorer". Dessa indikerar nivån 8-12 Watt/m² som lämplig samtidigt som påtagligt bättre belysningsförhållanden åstadkommes. Vissa lokaldelar kan styras av närvarosensorer.
2. **Ventilation.** Pågående och genomförda projekt visar möjligheten att bygga om befintliga ventilationssystem med konstant luftflöde (ofta dimensionerat för kylbehovet) till ett VAV-system, så att komfortventilation råder utom under de tider på dygnet/året då kylning via ventilationssystemet är möjligt (uteluft kallare än inneluften). Åtgärden innebär många gånger påtagligt minskad drivel till fläktar och minskat uppvärmningsbehov av uteluft.

Bland de *byggnadsrelaterade* möjligheterna kan nämnas:

3. **Solavskärmning.** Detta är en nödvändig delåtgärd för att minska värmelasten under sommartid. Fönstertillverkarna har tagit fram bra solavskärmande glas. Inte aktuellt för alla fastigheter. Men då finns bra effektiva markissystem med automatiserad drift eller moderna solavskärmande tyger för placering mellan glasen i fönstren. Utan solavskärmning blir värmebelastningen alltid besvärande för de mest utsatta rummen, även med kylmaskin. Detta har man lärt sig i de sydligare länderna, men kunskapen måste också tillämpas på våra breddgrader.

4. **Energiackumulering i stommen.** Alla byggnadsstommar tar upp och avger värmeenergi beroende på temperaturdifferenserna. Med genomtänkta regler- och ventilationslösningar kan byggnadsstommens kyl- och värmelagringsförmåga utnyttjas för att därmed jämna ut alla effekttoppar. Men då måste värmeregleringen tillåta några graders temperatursvängning av byggnaden och den tunga byggnadsstommen måste vara åtkomlig för rumsluften. Genomförda analyser visar att byggnadsstommens ackumuleringsförmåga kan utgöra en viktig delkomponent i effektiva driftstrategier där nattkyla från uteluften ska nyttiggöras. Detta kan i sin tur påverkas av hur avskärmad stommen är genom undertak, undertakets utformning, väggbeklädnader mm.

Bland de *verksamhetsrelaterade* möjligheterna kan nämnas:

5. **Skärmsläckare** för datorskärmar och STANDBY-funktion även för andra typer av kontorsutrustning. Även här finns utarbetade kravspecifikationer från NUTEK och ny teknik under etablering.

Slutsatsen av detta är att VVS-konsulten måste få bättre och mer realistiska beräkningsunderlag och övriga förutsättningar, t ex hur belysningen samverkar med största solinstrålningen, aktuell solavskärmningsteknik för objektet, accepterade temperatursvängningar under sommarperioden och sist men inte minst huruvida dörrar mellan rummen måste vara stängda hela dygnet under de hetaste sommardagarna eller inte. Denna sista fråga har visat sig få en avgörande betydelse för vilka värmelaster som ska kylas bort.

5 Studiens uppläggning och metod

Metoden för att utvärdera hur det termiska inneklimatet baseras på en kombination av mätning, simulering och provdrift. Projektet har inletts med en förstudie där erfarenheter och kunskaper för relevanta teknikområden sammanställts. Som lämpligt objekt för mätning och verifiering av beräknade resultat har Vasakronans Kv Garnisonen valts ut. En större ombyggnad var planerad för 1994 med inflyttning juni 1994. Därmed skulle preliminära mätresultat och beräkningar också kunna påverka ombyggnadens utformning.

Mätningar har utförts under två sommarperioder 1993 och 1994. Med hjälp av data på byggnadskonstruktion, temperaturer, luftflöden och aktuellt klimat har olika temperaturförlopp och värmeflöden simulerats med programmet BRIS. Simuleringen har kalibrerats mot verkligheten definierat som mätresultat från samma perioder. Detta innebär att mätningarna i stort sett kan utföras när som helst då syftet i första hand är att kontrollera att rätt indata för byggnaden använts. Beräkningen av normala temperaturförhållanden baseras sedan på korrekta byggnadsdata och statistiska klimatförhållanden.

Tidigare har det varit vanligt att dimensionera luftflöden till lokaler där luftkylning önskas för ända upp till 6 - 8 oms/h³. Dessvärre har det inte varit ovanligt att dessa luftflöden har gällt för hela året, dvs även vid årets kalla period. Inte heller har luftflödena reglerats ner under heta sommarkvarnar då utetemperaturer varit lägre än inomhustemperaturen, vilket kräver onödigt hög kyleffekt.

Även ventilationssystem tillför värme till byggnaden eftersom stora eleffekter måste tillföras fläktnotorerna. I ett ventilationssystem som klarar VAS 4000, kan eleffekten till tilluftsfläkten uppskattas till 2 kW/m³s. All denna energi övergår till värme vilket ger en temperaturhöjning med 1,7 °C, eftersom motorn är placerad i tilluftskanalen. Temperaturhöjning i tilluften som funktion av fläktsystemets specifika elåtgång anges i tabell 1.

Tabell 1. Temperaturhöjning av tilluften som funktion av specifik eleffekt för ventilationssystemet, med antagen effektandel på 50% för tilluftssystemet.

SFP (Watt/m ³ /s)	Temperaturhöjning Grader
4,0	1,7
2,5	1,0
1,0	0,4

Med en given ventilationsanläggning som är dimensionerad för ett högre luftflöde än hygienflödet kan temperaturhöjningen i tilluften sänkas genom en nedvarvning av fläkten vid behov. När tilluftens temperatur är högre än innetemperaturen kan en halvering av luftflödet genom nedvarvning av motorn normalt leda till att effektnivån sänks till en fjärdedel⁴,

För att utnyttja möjligheterna till att kyla byggnadsstommen nattetid bör ventilationen gå hela den tid då utetemperaturer är lägre än inomhustemperaturen minskad med den temperaturhöjning som erhålls från fläktarna. Hela den tillgängliga fläktkapaciteten bör utnyttjas under de kritiska dygnen, utom när tilluften är högre än inomhustemperaturen.

Vid detta driftfall, som kanske främst uppstår varma eftermiddagar, kan luftflödet regleras ner till hygienflödet vilket därmed minskar tilluftsfläktarnas temperaturhöjande påverkan enligt tabellen ovan.

Under perioder när temperaturnivån inomhus inte är kritisk är det kostnadseffektivt att inte hålla ett högre luftflöde nattetid än vad som krävs med avseende på kyleffekten och byggnadens behov av temperatursänkning.

³ Enligt underlagsmaterial i STIL-studien, Vattenfall, har ca 10% av befintligt kontorsyta luftomsättningar på över 8 oms/h.

⁴ Förutom att luftflödet halveras så sänks också därmed tryckfallen i systemet. Teoretiskt sjunker då effektbehovet med varvtalssänkningen i kubik. I praktiken sjunker effektbehovet ungefär med varvtalssänkningen i kvadrat.

Normalt brukar temperaturskillnaden mellan inne- och utetemperaturen vara stor nattetid, ca 10 °C i mellan Sverige under juli.

6.3 Byggnadsstommen

För att utnyttja byggnadsstommens kylagringsförmåga är byggnadsstommens tyngd och exponering för luftströmmarna avgörande. Det innebär att kylagringsförmågan påverkas negativt av nedsänkta installationstak i kontorsrummen och av heltäckningsmattor. Byggnadsstommen kan också utnyttjas mer aktivt med sådana installationslösningar där tilluften medvetet förs via byggnadsstommen innan den når kontorsrummen.

Det kan t ex ske via ett sk Thermodecksystem med kanaler i bjälklagselementen, eller via installationstak eller installationsgolv. Tidigare studier har visat att tilluft genom en naken kanal i bjälklaget och en konventionell kanal ger ungefär samma resultat vad gäller värmeöverföring(ref⁵). Kylagring i byggnadsstommen har också visat sig ge en förskjutning vad avser tidpunkten för när maxtemperaturen uppstår.

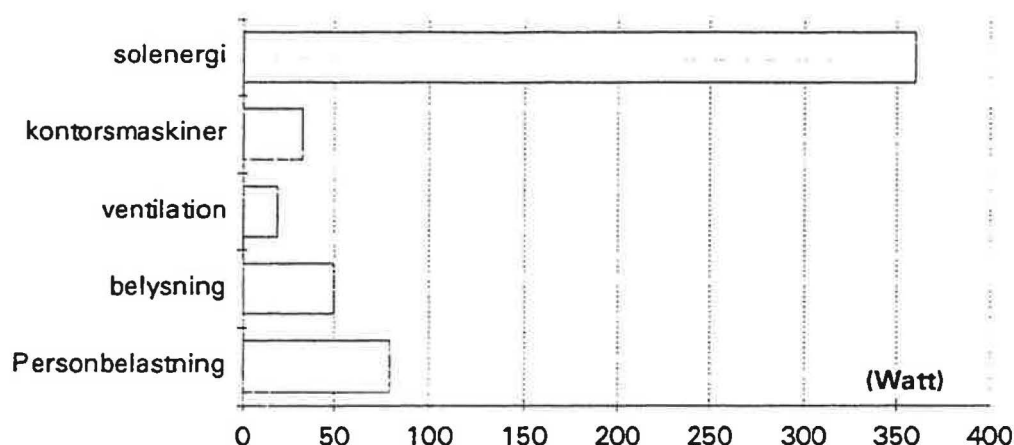
6.4 Solvärmeskydd

Under 5 - 6 månader på året finns behov av solavskärmning för att minska rummets värmebelastning. Solinstrålningen genom ett 2-glasfönster och som upptas av rummets ytor och luft kan då gå upp till över 500 W/m²fönsteryta . Den maximala instrålningen är ungefär lika stor för fönster orienterade mot syd, som mot öster eller väster, men inträffar på olika tider av dagen och året. Instrålningen mot fasader i lägen öster, söder och väster uppgår till ca 8 - 10 timmar/dygn. Rum mot öster har i allmänhet en jämn temperatur hela dagen medan fasaden mot väster blir varmast på eftermiddagen.

Ett kontorsrum på 10 m² med eleffektiva apparater och installationer kommer med en fönsteryta på 15% av golvytan orienterad mot syd och utan annat solskydd än gardiner (ca 20% avskärmning) få en värmebelastning under ett dygn som fördelar sig på de olika posterna enligt figur 1. Detta gäller som genomsnitt under åtta soliga timmar på dagen, när inomhusbelysningen antagits vara släckt 50% av tiden, datorn är aktiverad under ca 30% av tiden, en person är i rummet under 80% av tiden och ventilationssystemet håller VAS-klass 2.500 och med ett luftflöde på 15 l/s.

⁵Månsson,O, Jensen,L. Tilluftskanal i hålbjälklag. VVS och Energi 1983 nr 6, s 59-60.

Värmelast kontorsrum, genomsnitt 8 timmar



Figur 6.1. Figuren visar värmelast i ett kontorsrum med effektiva installationer men utan avskärmning under en solig dag

Av denna figur framgår hur viktigt det är att sörja för en effektiv solavskärmning.

Hur mycket av solens energi som strålar in genom fönstret i form av värme beror på fönstrets *solenergitransmittans* och uttrycks också emellanåt som *sofaktör*. Denna är för en 2-glas isolerruta 0,76 och för en 3-glasruta 0,64.

Energitransmissionen genom ett fönster sker dels direkt och dels indirekt som långvågig strålning från de uppvärmda glasrutorna. Värdet av olika solskyddsutrustningar brukar anges med en *avskärningsfaktor*. I Sverige definieras denna som solenergitransmissionen i förhållande till en 2-glas isolerruta.

Solavskärmning av fönster kan indelas i fyra grupper:

- * *Utvändiga solskydd*; ex. markiser, fasadpersienner, solskärmar, rulljalusier, solskyddsfilm
- * *Mellanliggande solskydd*; ex persienner, solgardiner
- * *Invändiga solskydd*; ex rullgardiner
- * *Solavskärmning med glas*; ex reflekterande och absorberande solskyddsglas

Generellt kan sägas att utvändiga solskydd utgör den bästa värmeavskärmningen eftersom solenergin inte kommer in i rummet innan den reflekteras eller absorberas, se tabell 2 nedan:

Generellt kan sägas att utvändiga solskydd utgör den bästa värmeavskärmningen eftersom solenergin inte kommer in i rummet innan den reflekteras eller absorberas, se tabell 2 nedan:

Tabell 2. Solskydd. Källa: Byggvarunytt 1/1990

	Solenergitransmittans, %
Utvändiga solskydd	5-25
Mellanliggande solskydd	15-40
Invändiga solskydd	30-70
Solskyddsglas	20-50

Hur solvärmeskyddet används har också en stor betydelse. En utvändig markis är effektiv mot den direkta solstrålning. Även om detta är den mest avgörande funktionen har det också betydelse hur mycket av dygnets totala solenergi som transmitteras. Är då markisen uppfälld utom vid direkt solbelysning mot fasaden, finns studier som indikerar (ref 3⁶) att ett solreflekterande glas (25% TST) kan ge samma resultat på dygnsbasis. Detta för att avskärmning av värmestrålning utifrån då sker hela dygnet.

Solavskärmning i Garnisonen

Solenergitransmissionen sker genom en glasyta som för varje fönster är ca 2,8 m². Flertalet arbetsrum har ett fönster per rum. Fönstret är delat och med en halvcirkelmåne upptill, se även bild.



Foto: Fönster i Garnisonen.

⁶Dahlsveen, Trond. Glass og klimaanlegg. LM Lars Myhre AS. PM 010291.

Olika solavskärningsalternativ för fönstren i Kv Garnisonen redovisas i tabell 3 vad gäller avskärmningsfaktor och kostnadsnivå. Dessa kostnader är mycket preliminära och påverkas av materialåtgång mm.

Tabell 3. Solskyddsalternativ. Investeringskostnader (prisnivå 1994).

	Avskärmningsfaktor	Invstering kr/fönster
Korgmarkiser ⁷	0,2 - 0,25	5-6.000
Mellanliggande persienn	0,34	700
Mellanliggande solgardin	0,4 - 0,6	900
Mellanliggande solskyddsfilm	0,2	1400
Isolerruta med solskyddsglas ⁸	0,57	3000

Kommentarer

Markiskostnaden gäller i detta fall för korgmarkiser. Kostnadsnivån för plana markiser utmed fasadlängor där flera fönster kan skyddas med samma anordning blir avsevärt lägre. På fasaden på Kv Garnisonen är endast korgmarkiser möjliga att använda.

Korgmarkisen täcker hela fönstret när solen står högt d v s lite senare på dagen och under sommartid. Under vår och höst samt tidigt på förmiddagen står däremot solen lågt och markisen täcker då inte hela fönstret. När solen står högre än ca 45° täcker markisen hela fönstret. I juni står solen lägre än 45° mot sydost före ca 9.00 och efter ca 14.00 mot sydväst.

För att helt slippa solinstrålning även på morgonen hela året krävs ett komplement till korgmarkisen. Detta komplement kan vara t ex en mellanliggande gardin eller persienn eller solavskärmande glas. Ett sådant komplement kan sannolikt inte motiveras ur energisynvinkel utan endast om solskyddet krävs för att inte få in störande solljus vid t ex arbete vid dataskärm. Persienn som solskydd har olägenheten att ge starkt ströljus via springor. Kontrasterna blir också mycket stora och med neddragna persienner, krävs ofta att belysningen är tänd.

Ett annat komplement till markis är en mellanliggande solgardin som rullas nerifrån och upp. Den finns i olika utföranden och material. Fördelen med solgardiner i förhållande till persienner är att solgardiner ger ett större ljusinsläpp, men förhindrar ändå störande bländning i dataskärmen. Genom att gardinen kan utföras så att den rullas nerifrån och upp kan den övre delen av fönstret som är skyddat med markisen vara fri och endast den solbelysta delen skärmas av.

⁷ Korgmarkiserna förutsätts täcka minst 50% av glaset i nedfällt läge och monteras med 2-3 cm distans från fasaden.

⁸ I detta fall skulle det mest neutrala alternativet väljas, dvs icke speglade och icke tonade.

Persienner som det enda solvärmeskyddet är alltid osäkert, då de är så beteendeberoende. Det är inte alltid som man i ett rum i österläge tänker på att ta ner persiennen innan man går hem för att inte solen ska värma rummet på morgonen.

Ännu en möjlighet att avskärma solenergin ger s k solskyddsglas som absorberar eller reflekterar den inkommande solinstrålningen. I den yttre bågen ersätts glaset med antingen en isolerruta eller en enkel glasruta. I det första fallet måste hela ytterbågen bytas ut och i det andra alternativet används den befintliga bågen.

Solskyddsglas hör till de s k fasta solskydden vilka har den fördelen att de avskärmar solen hela tiden och inte kräver något underhåll. Nackdelen är att de sitter fast även när de inte behövs ur solavskärmningssynpunkt och försämrar dagsljusinsläppet, t ex vintertid.

I Kv Garnisonen rekommenderades korgmarkiser kompletterat med solgardiner. Då det kan bildas en värmeficka under markisen är det viktigt att den monteras en bit från fasaden, ca 2-3 cm, så att värmefickan punkteras.

Vald solskyddslösning

Projektet var tidsmässigt för långt kommet för att hinna styra om från den lösning som valdes; korgmarkiser kompletterat med persienner.

Den maximala solinstrålningen in genom ett fönster på 2,5 m² glas beräknas därigenom bli:

(Watt)	Söder (kl 12.00)	Öster (kl 06.00)
April	325 ⁹	730 ¹⁰
Juli	260 ¹¹	730

Här har antagits att persiennerna endast används sporadiskt och därmed har en försumbar betydelse för solenergiinstrålningen.

⁹ 650x2,5x0,2=325

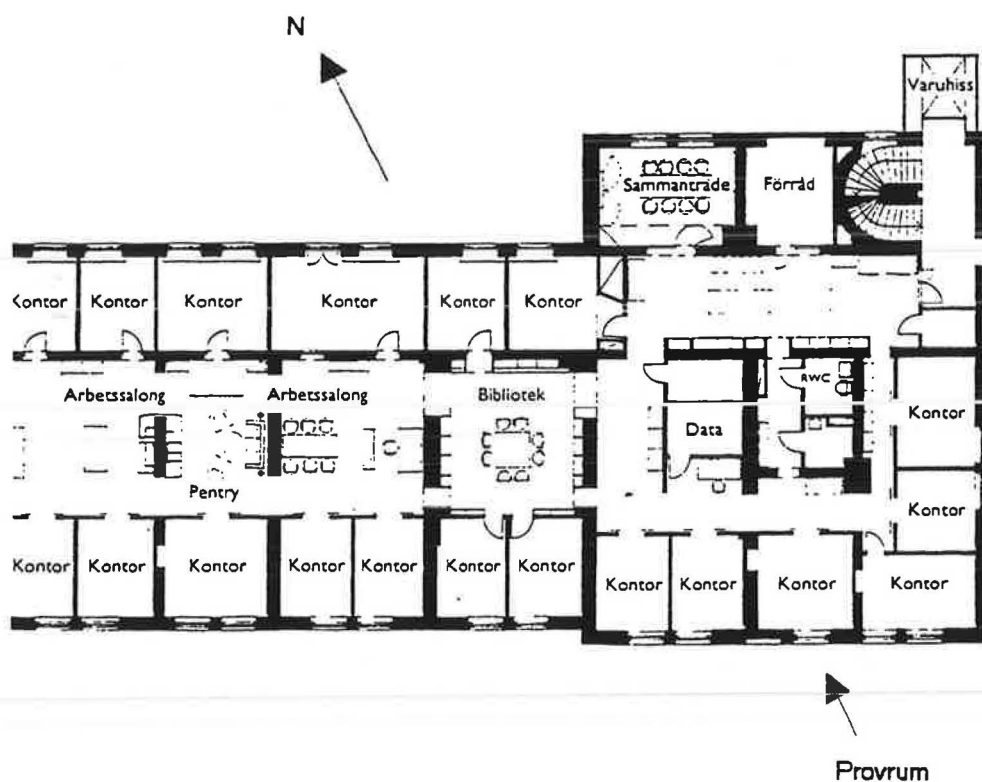
¹⁰ 650x2,5x0,2x0,75 + 650x2,5x0,25= 730

¹¹ 525x2,5x0,2= 260)

Mätning under sommaren 1994

För att gå vidare och undersöka förhållandena ingående utfördes en mer omfattande mätning under sommaren 1994 efter en stor ombyggnad av bland annat ventilationssystemet. Kylanläggning har installerats med kylbatteri i centralt tilluftsaggregat och kylbafflar i rum mot söder- och ostfasad. Solavskärmning har och monterats på byggnadens syd- och ostfasad.

Mätningarna utfördes under perioderna 940705 till 940711 och 940727 till 940801 i en del av byggnaden på plan 4. I ett referensrum på plan 4 mättes operativ temperatur 1.5 m från golv och 1 m från fönster. Temperaturgradienten mättes i vistelsezon 1 m in i rummet från fönster på 0.1 m, 1.5 m, och 3.0 m. I dörröppning mot korridor mättes gradienten på 0.1 m och 1.8 m från golv. Fönstrets ytemperatur och en av innerväggarnas ytemperatur (stomtemperatur) mättes. Tilluftstemperatur mättes i tilluftsdon.



Figur 8.1 Skiss som visar byggnadens orientering och den del av byggnaden på plan 4 där mätningar utförts under sommaren 1994.

Under perioden var all kyla avstängd till hela plan 4 fram till den 29 juli. Luftflödet till referensrummet och angränsande kontorsrum uppgick till ca 30 l/s och ventilationen var i drift 24 timmar per dygn.-

Utanför referensrummet mättes temperatur i korridor, angränsande rum, plan ovanför och under plan 4. Dessutom mättes temperaturer ute på norrsida och under markis. Klimatdata har registrerats av SMHI:s mätstation på Observatorielunden.

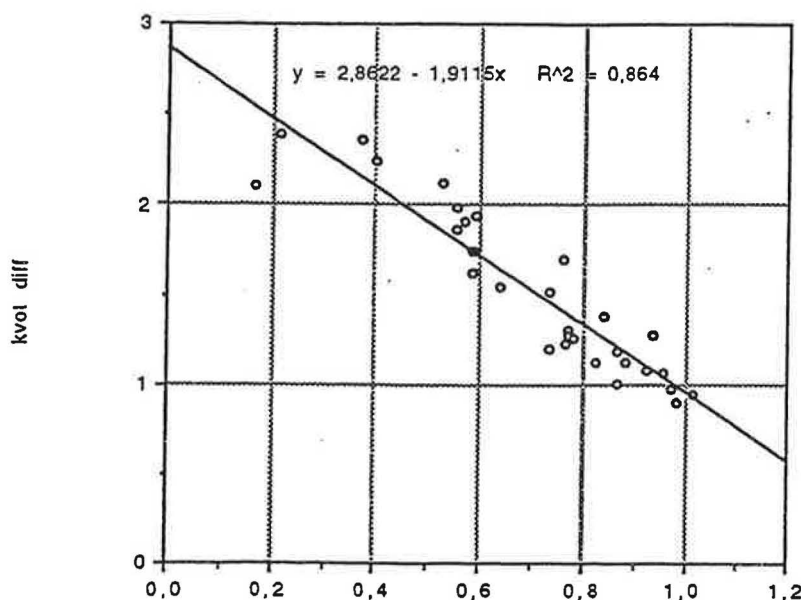
SMHI registrerar utetemperaturen var tredje timme och dygnssummor på solinstrålningen uppdelad i globalstrålning, direktstrålning vinkelrätt mot strålningsriktningen och himmelstrålning. För att ur dessa värden få fram instrålningen mot en yta i en viss riktning krävs kännedom om solens läge.

Detta kan beräknas med utgångspunkt från latitud, longitud, väderstreck, lutning och datum. Instrålningsvärden för klar väder kan beräknas ur kända uttryck. För de aktuella dagarna har detta gjorts och jämförts med SMHI's värden. För varje dygn beräknas för klar himmel samma dygnssummor som SMHI redovisar. Här ur bildas två kvoter, en mellan dygnssummorna för beräknad och uppmätt direktinstrålning, en för himmelsstrålning.

Mätvärdena fanns inte när formlerna för klart väder togs fram, så det kan vara av intresse att här göra en kotroll. Figuren nedan visar kvoten uppmätt/beräknad himmelsstrålning som funktion av uppmätt/beräknad direktstrålning för varje dygn under juli månad 1994. Av figuren framgår att kurvan går mycket nära punkten 1,1, vilket innebär att mätningar och beräkningar stämmer väl överens vid klart väder.

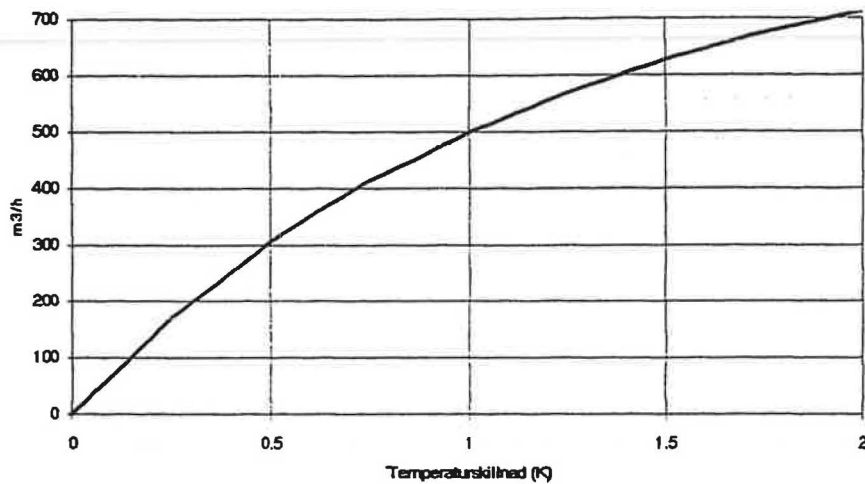
Instrålningsvärden timme för timme mot den sydvända fasaden i Garnisonen har beräknats ur formlerna för klart väder som korrigerats med dessa kvoter, som ändras dygn för dygn.

Uppmätt/beräknad solinstrålning. Juli 1994.



Figur 8.2. Figuren visar förhållandet mellan kvoterna av beräknad och uppmätt direkt solinstrålning och beräknad och uppmätt himmelsstrålning.

Luftläckage genom dörröppning

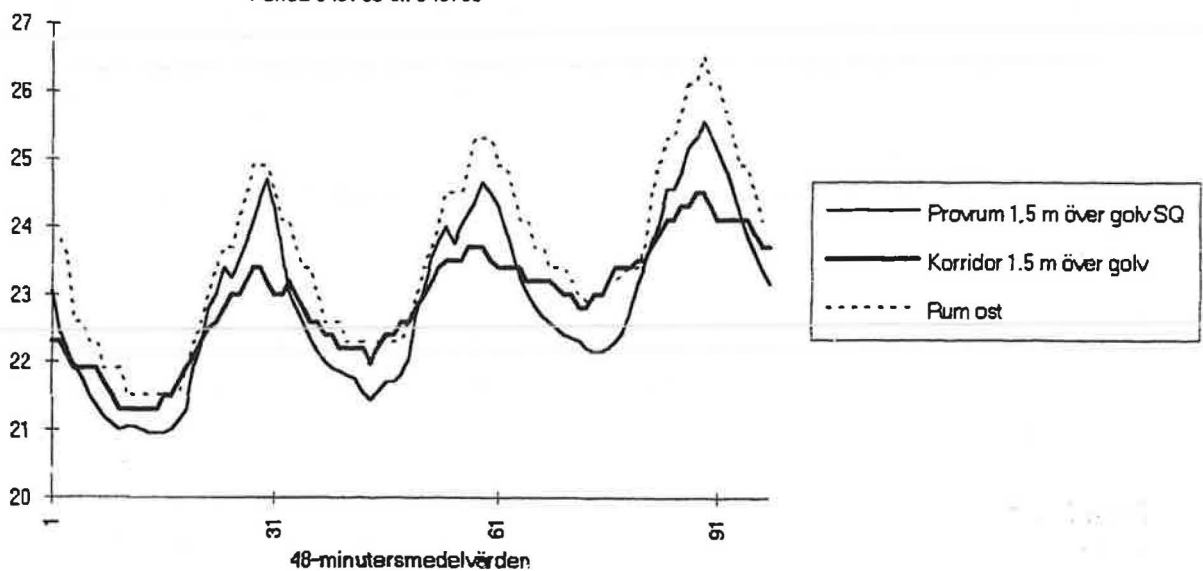


Figur 9.3. Visar luftläckage genom dörröppning i förhållande till temperaturskillnad mellan rum och korridor.

På av temperaturskillnaderna mellan korridor och rum kommer luften att cirkulera mellan rum och korridor. Dessa luftflöden är stora, upp till 700 m³/h vid en temperaturskillnad på 2 °C, vilket motsvarar en kyl-/värmeeffekt på ca 400 Watt. Trots små temperaturskillnader är värmeflödet stort på grund av det höga flödet.

Temperaturer i rum och korridor

Period 940705 till 940708

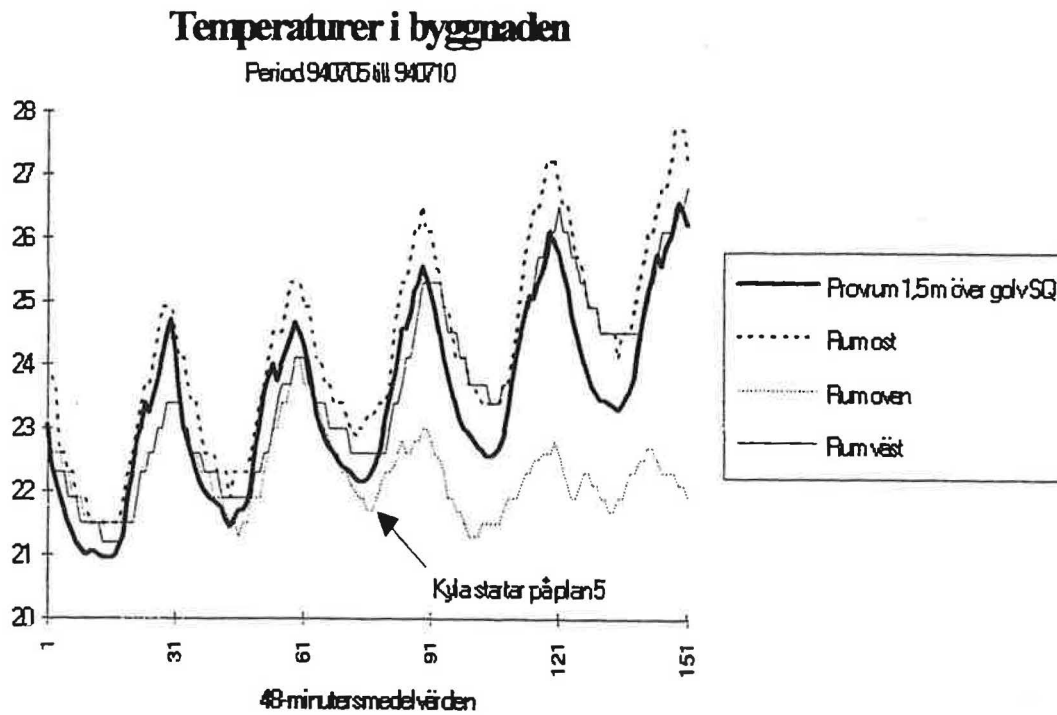


Figur 9.4. Visar temperaturer i korridor, provrum med öppen dörr och rum med stängd dörr på plan 4.

Mätresultaten från den 5 till 7 juli visar att temperaturskillnaden mellan korridor 0.1 m från golv vid dörröppning är mellan 1 °C och 2 °C lägre än rumstemperaturen (1.5 m respektive över golv 1.0 m från fönster). Under natten är förhållandet det motsatta. Dessa skillnader hjälper till att utjämna behovet av kyleffekt. Temperaturen i korridor och rum strävar efter att utjämnas vilket bland annat medför att individuell reglering inte är möjlig utan mycket höga kyleffekter eller genom att stänga dörren.

Stomtemperaturen ligger som förväntat relativt konstant på ca +21 grader medan utetemperatur och rumstemperatur varierar kraftigt. Under dagen är skillnaden mellan stomme och korridor ca 3 grader och under natten upp till 1 grader. Under månaden stiger stomtemperaturen för att som högst nå ca +24 grader.

Resultaten visar att korridoren jämnar ut behovet av kyleffekt i provrummet. I intilliggande rum som har stängd dörr och högre sollast är temperaturen högre. Detta beror på att det inte finns något luftflöde mellan rum och korridor.

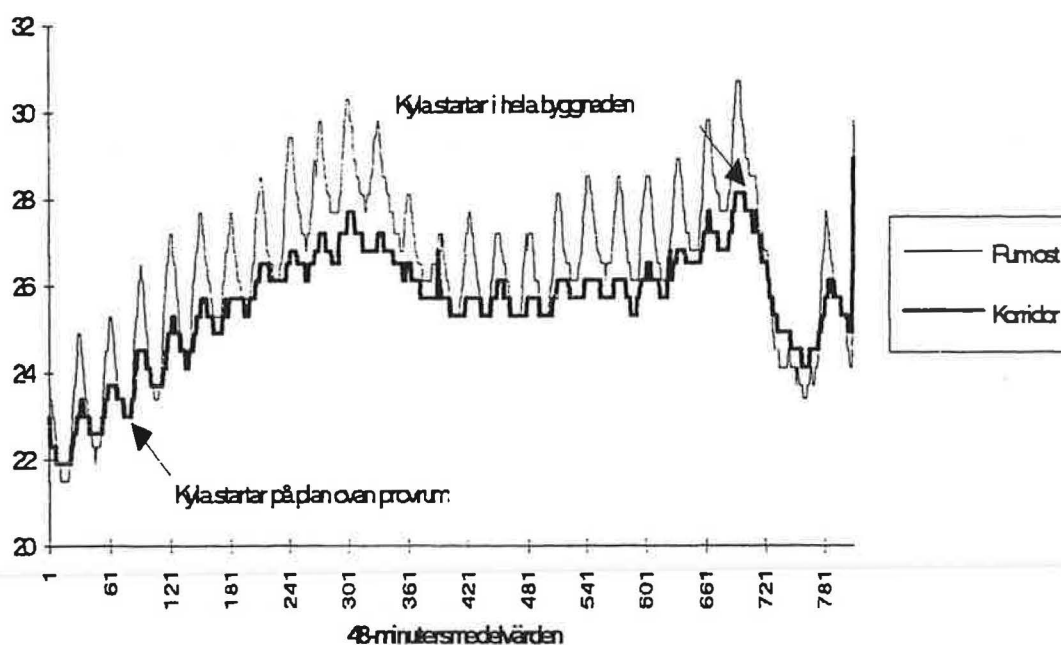


Figur 9.5. Visar temperaturer i olika delar av byggnaden under mätperioden 940705 till 940710.

Man kan fråga sig hur dessa förhållanden ser ut under den period när kyla är idrift på planet ovanför provrummet då en öppen passage mellan planen ger upphov till ett luftflöde mellan planen.

För att bedöma hur stor denna påverkan är kan temperaturdifferensen mellan rum och korridor studeras för hela juli, då kyla varit i drift mellan 8 juli och 29 juli (se fig 9.6). Detta visar att temperaturskillnaden mellan rum och korridor är ungefär densamma under hela perioden vilket tyder på att kyleffekten från det övre planet är liten, åtminstone inte mätbar.

Temperaturer i korridor och rum med stängd dörr Juli 1994



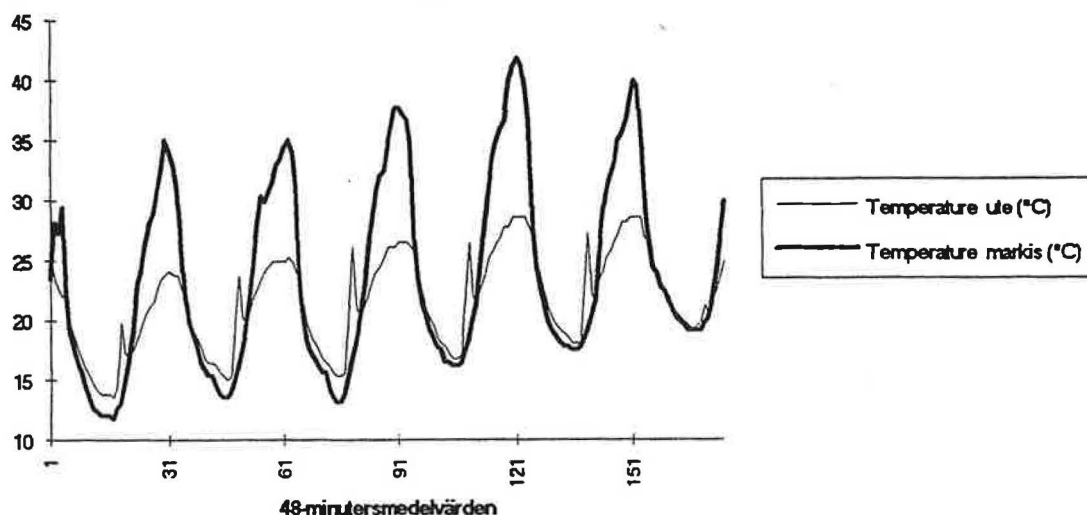
Figur 9.6 Visar temperaturskillnad mellan rum och korridor under juli 1994

Om man jämför temperaturen ute och under markisen kan man konstatera att temperaturen under markisen är betydligt högre under dagen, upp mot +40 °C. "Spiken" som uppträder varje förmiddag på kurvan för utetemperatur beror på att utegivaren utsätts för direkstrålning under en kort period varje morgon.

Det diskuterades i ett tidigt skede att markisen skulle ha en distans på ca 2 cm mot fasad för att punktera den värmekudde som uppstår under markisen. Tyvärr gjordes inte detta och rummet belastas med en extra värmelast i form av transmissionsvärme utifrån och in på ca 50 W per fönster. Med tanke på att fasaden mot söder har ett stort antal fönster blir den totala värmelasten avsevärd.

Temperatur under markis

Period 940705 till 940710

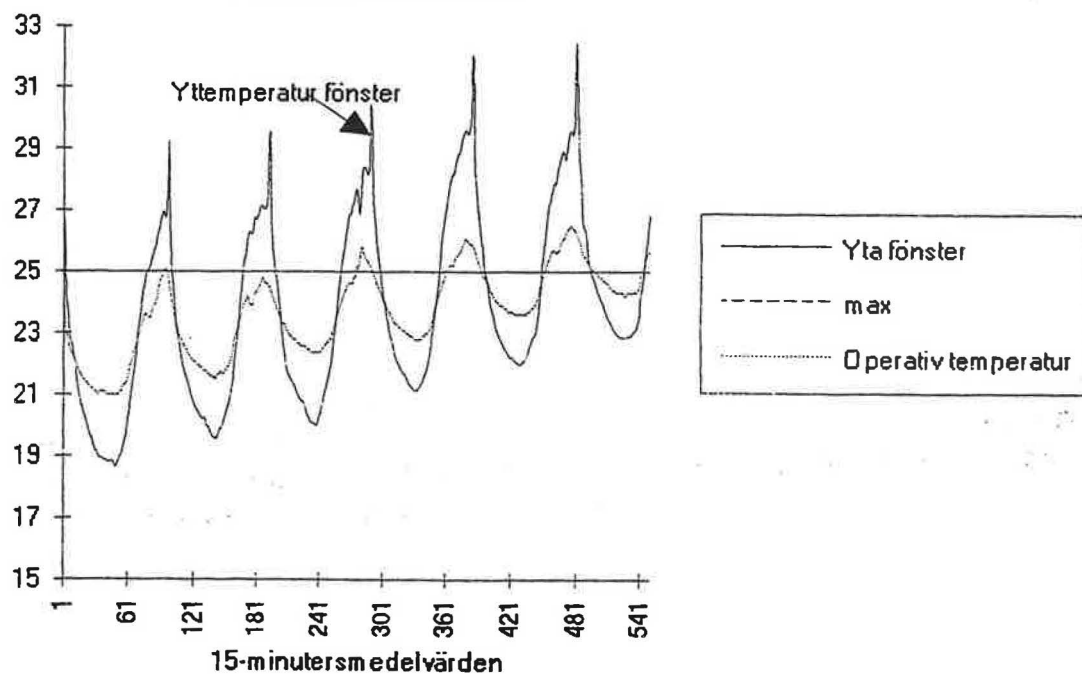


Figur 9.7. Figuren visar temperaturen under markisen i förhållande till utetemperatur

Den höga temperaturen under markisen påverkar yttemperaturen på insidan av fönstret. Detta påverkar i sin tur den operativa temperaturen i rummet. Den operativa temperaturen varierar mellan +21 °C och +25 °C under den första veckan i juli då utetemperaturen är normal. Operativa temperaturen uppgår som högst till ca +28 °C den varmaste dagen då utetemperaturen uppgick till ca +34 °C.

Operativ temperatur

Period 940704 till 949710



Figur 9.8 Figuren visar operativ temperatur i förhållande till yttemperatur på fönster.

9.2. Verifiering av BRIS-modellen för den studerade byggnaden

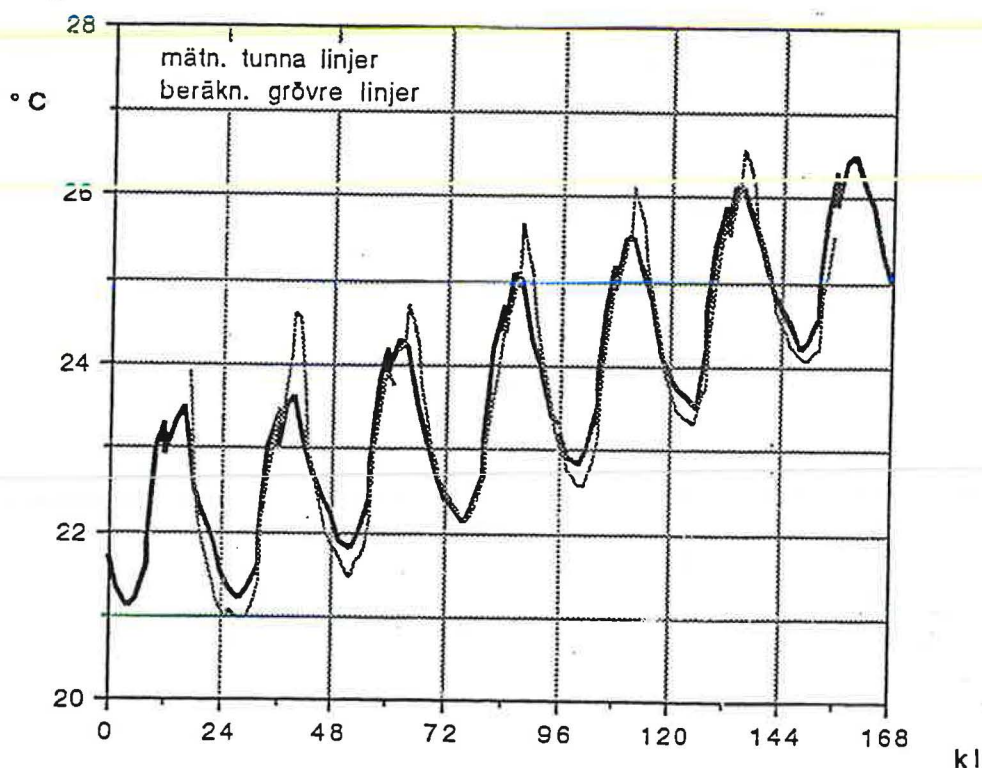
Syftet med Simuleringen är att med hjälp av uppmätta värden och byggnadsdata studera temperaturlöppningen i byggnaden. Genom att jämföra beräknade förlopp med uppmätta kan förhållandena under en statistisk julimånad studeras.

Byggnaden beskrivs i en indatafil för BRIS och perioden räknas igenom halvtimmesvis. Som klimatdata används SMHI's utetemperatur som matas in var tredje timme och de ovan beskrivna solinstrålningsvärdena som ges för varje timme i indata.

Korridorstemperaturen påverkas av temperaturen i flera omgivande rum som inte behandlas vid beräkningarna och tas därför från mätningarna. Luftflödet till rummet är under mätperioden 30 l/s (130 kg/h) under hela dygnet.

Läckaget genom den öppna dörren till korridoren blir enligt ovan 500 à 600 m³/h redan när temperaturskillnaden mellan rummet och korridoren uppgår till 1 à 1.5 K. Vid beräkningarna har ett konstant värde, 650 kg/h (540 m³/h) i båda riktningarna förutsatts.

Den interna värmeutvecklingen kommer vid mätningar och beräkningar från en lampa som avger 250 W kl 8-12 och 13-17 varje dag. Vid beräkningarna antas lampan vara utbredd över golvytan och avge hälften av effekten genom strålning, resten genom konvektion.



Figur 9.9. Figuren visar hur den beräknade innetemperaturen förhåller sig till den uppmätta temperaturen under den första veckan i juli 1994

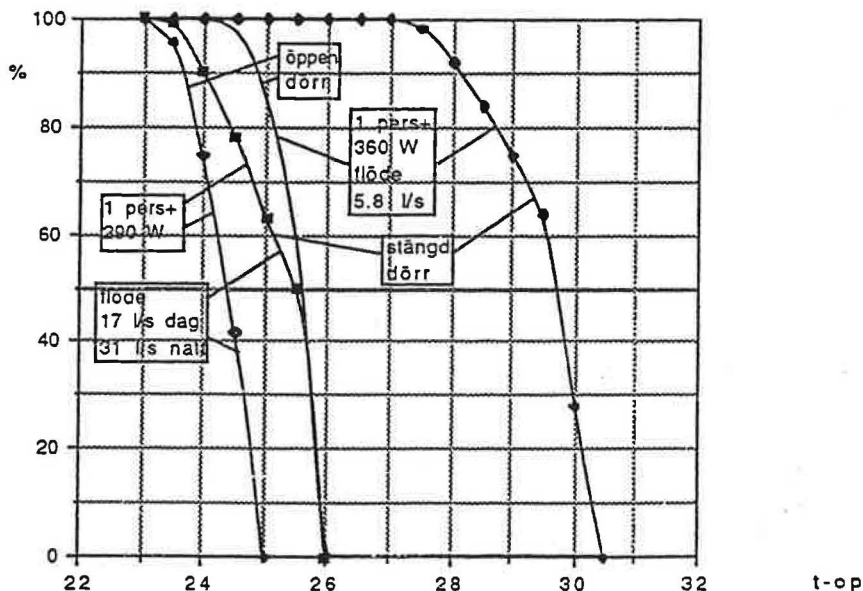
När indatafilen läses in skapar BRIS för denna byggnad ett system av differentialekvationer med 68 variabler, de flesta utgörs av temperaturer inuti väggar och bjälklag. Resultatutskrift har begärts för varannan timme. För att undvika att resultatfilen blir för omfattande indelas beräkningarna i perioder om 4 dygn. Efter varje period sparas alla värden vid det sista tidssteget och används som startvärden för nästa period.

Startvärden för den första perioden är inte kända (endast ett fåtal av de 68 variablerna är uppmätta). I stället ger man ett värde, samma för alla variabler. Startbilden kan alltså vara ganska skev, vilket påverkar resultaten under de första dygna (i denna tunga byggnad den första veckan) som räknas igenom. Efterhand avklingar startbilden och det blir meningsfullt att jämföra de delar av resultaten som har registrerats vid mätningarna.

9.3 Simuleringsresultat för en normal sommar

Då simuleringsberäkningen "kalibrerats med verkligheten" för den aktuella byggnaden kan man med stor säkerhet beräkna hur temperaturförloppen kommer att se ut under en normal julimånad. Operativtemperaturen kommer endast kortvarigt att överskrida 25 grader, och det är osannolikt att temperaturen någonsin överskrider + 26 grader. Därmed uppfylls P25 kravet. Detta gäller under förutsättning att dörren till korridoren är öppen, att det finns utvändigt solavskärmning och att ventilationen är i drift dygnet runt.

Procentuell fördelning av operativtemp.
Utetemp 19 ± 5 °C (t-bas) klart väder.



Figur 9.10 Figuren visar procentuell fördelning av operativtemperaturer vid olika driftförhållanden under en normal julimånad.

Figuren visar att P25 kravet uppnås om man utnyttjar nattkyla och dörren till korridoren är öppen.