



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

R35:1986

**Inglasningar
Klimat och energi**

Erfarenheter från några mätprojekt

Egon Lange

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Acnr	
Plac	Ser

K
b

Byggeforskningsrådet

R35:1986

INGLASNINGAR
KLIMAT OCH ENERGI

Erfarenheter från några mätprojekt

Egon Lange

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830327-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Lunds Tekniska
Högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära,
Lund.

REFERAT

Rapporten är en sammanfattning av erfarenheter från tre inglasningsprojekt där omfattande mätningar genomförts. Olika typer av inglasningar, uppvärmda och icke uppvärmda, beskrivs och en del mätresultat presenteras. Tänkbara krav på klimat och energianvändningen i inglasningar behandlas. Max- och min-temperaturer måste t ex beräknas och byggnaden får inte använda mer energi med inglasningen jämfört med motsvarande byggnad utan inglasning. Den spontana temperaturen i inglasningen bestäms av förhållandet mellan dess energitillskott och dess energiförluster. Dynamiken har en utjämnande inverkan på temperaturen.

Några beräkningsexempel åskådliggör vilka konsekvenser utformningen av inglasningen och omgivande byggnadsdelar har på temperaturnivån och energianvändningen. Möjligheterna att spara energi med en inglasning tas också upp.

Vanligtvis sparar man inte energi i en omfattning som gör att man kan tala om det som en energibesparande åtgärd. Genom en inglasning kan emellertid andra besparings-effekter uppnås som kan bli betydligt större än en eventuell energibesparing.

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

R35:1986

ISBN 91-540-4535-5
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	1
INGLASNINGAR - SAMMANFATTANDE SYNPKUNKTER	2
1 SPARAR INGLASNINGAR ENERGI?	13
2 VARFÖR BYGGER MAN INGLASNINGAR?	16
3 OLIKA TYPER AV INGLASNINGAR	17
3.1 Den icke uppvärmda inglasningen	20
3.2 Den uppvärmda inglasningen	22
4 ENERGI- OCH KLIMATKRAV PÅ EN INGLASNING	24
5 ALLMÄNT OM KLIMATET I EN INGLASNING	26
5.1 Relationen värmestillskott - värmeförluster	26
5.2 Värmelagring - dynamik	27
5.3 Uppvärmningsanordningar i inglasningar	28
5.4 Ventilationsbehov i inglasningar	29
6 BERÄKNINGSEXEMPEL PÅ INGLASNINGAR	31
6.1 Inglasad veranda	32
6.2 Inglasad "kall" gård	34
6.3 Inglasad "varm" gård	36
6.3.1 Beräkningar med BKL-metoden	38
6.4 Datorberäkningar med DEROB-LTH	42
6.4.1 Värmekapacitetens betydelse	44
6.4.2 Simulering av temperaturen vintertid	45
6.4.3 Simulering av temperaturen under tidig vår	48
6.4.4 Simulering av uppvärmningsenergin	50
7 MÄTRESULTAT FRÅN NÅGRA INGLASNINGAR	53
7.1 Smålands Taberg - glasverandor	53
7.1.1 Mätresultat - beräkningar	54
7.2 Tärnan - en inglasad gård	57
7.2.1 Mätresultat - beräkningar	58
7.3 Gårdsåkra - en inglasad gata	61
7.3.1 Förväntningarna	61
7.3.2 Beskrivning av anläggningen	61
7.3.3 Energibesparing	62
7.3.4 Förslag till ombyggnad	64
7.3.5 Glasgatans värmestillskott och värmeförluster	66
7.3.6 Temperaturmätningar i glasgatan	69
8 PLANERADE MÄTPROJEKT	75
8.1 Reimersholme	75
8.2 Piggvaren	76
9 LITTERATUR	78

FÖRORD

Sedan flera år tillbaka pågår en omfattande forskning inom området byggnaders klimatisering och energihushållning på institutionen för byggnadskonstruktionslära vid Tekniska högskolan i Lund. Under fyra år har Institutionens mätgrupp med stöd från Byggforskningsrådet bland annat utfört omfattande mätningar avseende klimat och energibalans för tre inglasningsprojekt.

De inglasningar som är föremål för mätningar och utvärdering är till de inglasade verandorna i Smålands Taberg, Tärnanprojektet i Landskrona samt Gårdsåkraprojektet i Eslöv. Institutionen har genom mätgruppen och andra forskare främst koncentrerat sig på att utvärdera klimatet och energianvändningen i dessa projekt. Dessutom pågår parameterstudier med datorberäkningar av "inglasade rum och utemiljöer" inom projektet med samma namn (Maria Wall).

Denna rapport är delvis framtvindad av den många gånger obefogade optimismen rörande klimat och energibesparing som är förknippad med uppförandet av inglasningar. Institutionen är inte mogen än för en heltäckande rapport inom området. Många frågor finns kvar att besvara inom de områden vi arbetar med, nämligen klimat och energi.

Mätgruppen, eller Mät- och utvärderingsgruppen som kanske vore ett bättre namn består idag av 5 personer. Totalt genomförs idag ca 10 projekt inom området byggnaders klimatisering och energihushållning. Även andra forskare utnyttjar dessa mätprojekt i sin forskning. Varje publicering från Mätgruppen eller dessa forskare är inte bara resultatet av ett individuellt arbete utan också frukten av ett omfattande grupparbete. Denna rapport är utarbetad av forskningsingenjör Egon Lange vid Mätgruppen.

INGLASNINGAR - SAMMANFATTANDE SYNPKUNKTER

Vi har försökt att ge denna sammanfattning ett innehåll och en utformning som förhoppningsvis innebär att även en icke tekniker kan läsa den. Alla som på något sätt är inblandade i projektering och uppförande av inglasningar bör ha de kunskaper inom området klimat och energi som denna rapport försöker förmedla. De frågor som kanske är viktigast är hur man uppnår ett spontant klimat i en inglasning utan att anstränga sig och hur man möjligen kan spara en del energi genom att anstränga sig, från projektering till driften av den färdiga anläggningen.

Det finns idag en många gånger obefogad optimism på klimat och energibesparing vid uppförandet av inglasningar i olika former. Ofta har man förhoppningar på temperaturnivåer vintertid som saknar förankring i verkligheten. Okritiskt anammar man tankar om inglasningen som solfångare och sätter likhetstecken mellan en stundtals hög temperatur i inglasningen och energibesparing. Trots detta har vi problem när vi i efterhand försöker ta reda på vilken målsättning man haft med inglasningen. Det material i form av t.ex. effekt- och energiberäkningar som man tycker borde ligga till grund för utformningen saknas helt eller är otillräckliga. Man uppger att man kommer att hålla en viss temperatur och spara en viss energimängd men har mycket diffusa begrepp om hur det skall åstadkommas. Vissa klarlägganden är alltså på sin plats för att öka förståelsen för hur en inglasning termiskt fungerar.

Vi begränsar oss till det som vi har erfarenheter av från våra mätprojekt, dvs uppvärmda och uppvärmda inglasningar med ett över året varierande termiskt klimat, som mer eller mindre beror på klimatförhållanden utomhus. Inglasningar av inomhuskaraktär med en konstant hög temperatur behandlas ej här.

Vad är en inglasning? En inglasning är ett slutet utrymme med helt eller delvis transparenta väggar och tak, vilket ansluter sig till en eller flera av byggnadens fasader. Termiskt utgör inglasningen en "utezon" med en temperatur som delvis är beroende av utetemperaturen. Från den omslutande byggnadens synpunkt ger inglasningen en reduktion av värmeförlusterna genom fasaden.

Olika typer	Olika typer av inglasningar förekommer. Tre klimat-kategorier, beroende på vilket klimat man förväntas uppnå, har blivit den gängse uppdelningen. Vi anser dock att det är väsentligare att ange med vilka medel man uppnår klimatet och föreslår följande uppdelning:
Den icke uppvärmda	- Icke uppvärmda inglasningar som upprätthåller temperaturen med enbart byggnadstekniska åtgärder, dvs "passiv klimatisering"
Den uppvärmda	- Uppvärmda inglasningar som upprätthåller temperaturen med en ekonomisk avvägd kombination av byggnads- och installationstekniska åtgärder.
Klimatkrav	Man kan ställa krav på klimatet i båda dessa typer av inglasningar både sommar och vinter. Ofta får man av praktiska skäl svårt att uppnå höga temperaturer i den icke uppvärmda inglasningen vid låga utetemperaturer. Att hålla plusgrader året om är emellertid möjligt även i en icke uppvärmd inglasning om den konstrueras efter detta krav.
Önskad temperatur	Det man främst måste ta hänsyn till när man ställer kravet på lägsta och högsta temperatur är installationer, växtlighet och människors önskemål. En viss temperaturnivå är ofta en förutsättning för de aktiviteter som förväntas förekomma i inglasningen.
Spontan temperatur	Den spontana temperaturen, eller den temperatur som inglasningen kommer upp i utan att man värmer upp den med tillskottsvärme, kommer att bero på förhållandet mellan värmekörluster och värmeförluster. De tillskott som är aktuella är värme från byggnaden, installationer och belysning inom inglasningen, tillskott från värme upplagrad i golv mm
Värmekörluster	och solinstrålning. Förlusterna från inglasningen är transmissionsförluster och ventilationsförluster.

Sommartemperatur	Temperaturen sommartid kommer att till stor del bero på solinstrålningen och hur väl man lyckas ventilera inglasningen. Sommarfallet utgör normalt inget problem och klaras med känd teknik från växthusbyggandet. Genom självdragsventilation via stora lämpligt placerade vädringsluckor kombinerat med solavskärmande gardiner kan man i regel hålla temperaturen på en acceptabel nivå.
Spontan temperatur vintertid	Temperaturen vintertid kommer främst att bero på relationen mellan inglasningens värmetillskott från byggnaden och dess värmeförluster. Vid solinstrålning kan man temporärt komma upp i höga temperaturnivåer även vintertid. Den lägsta temperatur som erhålles under kalla nätter utan att värma kan ofta vara dimensionerande för t ex val av växtlighet.
Värmeisolering - fasad - inglasning	Eftersom inglasningen är en del av husets yttervägg kommer temperaturen att bestämmas av hur stor del av värmeisoleringen som ligger i fasaderna mot inglasningen i förhållande till den del som ligger i själva inglasningen. En dåligt isolerad fasad kombinerat med en inglasning med bra isoleringsförmåga gör att temperaturen ligger närmare inneklimatet utan tillsatsvärme. En bra isolerad fasad kombinerat med en inglasning med kanske enkelglas gör att temperaturen närmar sig utetemperaturen. Det är alltså förhållandet mellan den värmande och kylande effekten som är avgörande.
Hög temperatur	
Låg temperatur	
Förhållandet värmande/kylande effekt	Värmande och kylande effekt kommer att bero på ytornas storlek och deras respektive isoleringsgrad. Det är gynnsamt om inglasningen reducerar fasadytan. Den isolerande förmågan av inglasningen kommer då att öka i förhållande till ytförändringen utslaget på fasadytan. Ett glastak med k-värdet 1,8 kommer att ge fasaderna en k-värdesminskning på 0,6 om man med överglasningen minskar ytan 3 gånger. Om man i stället ökar ytan genom inglasningen, genom t ex en glasveranda, kommer i stället
Minskad fasadyta	

- Ökad fasadyta** den isolerande förmågan att minska, utslaget på den ursprungliga fasadytan. För att mer praktiskt kunna peka på de konsekvenser för temperaturnivån, som materialval och utformning av inglasning och omgivande byggnadsdelar har, redovisas tre enkla beräkningsexempel i kapitel 6. De utgör exempel på olika typer av inglasningar som ger olika förhållande mellan tillskott och förluster och därmed olika temperaturer i inglasningen.
- Upplagrad energi** Även möjligheterna att utnyttja passivt upplagrad energi i de olika massorna i inglasningen har betydelse för temperaturnivån. Eftersom temperatursvängningar är en förutsättning för lagring och frigörande av värme bör man tillåta kraftiga temperaturvariationer. Man utnyttjar då värmekapaciteten i de olika massorna maximalt och får en över dygnet jämnare och högre temperaturnivå.
- Temperaturvariationer**
- Liten värmekapacitet** Generellt kan man säga att i t.ex. en inglasad veranda, som har stora förluster och mycket liten massa för värmelagring, har eventuellt upplagrad värme liten betydelse. Temperaturen bestäms nästan helt efter relationen värmetillskott/förluster.
- Stor värmekapacitet** I en inglasning med relativt små förluster och stor värmekapacitet, i t.ex. golv och omgivande ytterväggar, får upplagrad energi betydelse för temperaturnivån. När temperaturen under kvällen-natten tillåts sjunka kommer inte enbart värme från byggnaden att bestämma temperaturen. Även upplagrad värme i olika massor, typ golv och väggar, kommer att hjälpa till att hålla temperaturen uppe. Exempel redovisade under 6.4 visar emellertid att det är några timmar, eller möjligen en natt, som värmekapaciteten har betydelse för lägsta temperatur. Under perioder med värmetillskott kommer energi åter att lagras i dessa material, vilket har en dämpande effekt på temperaturvariationerna. Ju större temperaturvariationer man kan acceptera desto större lagring får man.

- Stora ytor** En förutsättning för att man effektivt skall kunna arbeta med en utjämning av temperaturnivån genom passiv värmelagring är att man har en relativt stor värmekapacitet att tillgå. Stora ytor och tunga material i inglasningen är i detta avseende gynnsamt. I vissa fall kan man även utnyttja omgivande byggnaders stomme för magasinering av värme även om detta normalt kräver installationstekniska insatser.
- Tunga material**
- Krav och önskemål** För att inte falla i de allra största groparna på vägen mot en bra inglasning bör man ställa krav och önskemål inom alla de områden som inledningsvis nämns i rapporten. Nedan uppräknade krav på klimat och energianvändningen kan vara lämpliga:
- Krav på klimat och energianvändning**
- Enheten byggnad-inglasning måste tillsammans hålla samma isoleringsstandard som motsvarande byggnad utförd utan inglasning och med kraven enligt SBN 80 uppfyllda. Byggnaden med inglasning skall alltså inte totalt ha större effektbehov. Detta krav skall uppfyllas vid lägsta dimensionerande utetemperatur och med den då lägsta acceptabla temperaturen i inglasningen
- Dokumentation**
- Inglasningens förväntade klimat, dess effekttillskott och effektförluster samt eventuella energi-behov för att upprätthålla önskad temperatur måste beräknas och dokumenteras.
- Inglasningar**
- "utomhus"
 - "inomhus"
- Ovannämnda krav gäller så länge vi betraktar inglasningen som "utomhus". Betraktar man inglasningen som fullvärdig del av huset och alltså "inomhus" med avseende på klimat och energi skall man ställa krav på helheten och låta inglasningen bära sin del av uppvärmningskostnaden.

- Mindre avvikelser** Våra erfarenheter hitintills från inglasningsprojekt ger inget stöd åt avsteg från dessa krav. Möjligen kan man acceptera mindre avvikelser från effektkravet om man kan påvisa att man balanserar de ökade förlusterna med ett högre gratisenergiutnyttjande så att den årliga energiförbrukningen inte ökar.
- Beräkning med enkla metoder** Lägsta temperatur, dimensionerande uppvärmningseffekt och eventuellt årligt energitillskott för att hålla önskad temperatur kan i många fall beräknas rent stationärt med enkla metoder. Exempel på detta visas i kapitel 6. Som stöd vid projektering och för kontroll av uppställda krav och önskemål är de en god hjälp.
- Datorberäkningar** Då man skall beräkna temperaturvariationer inom inglasningar mer exakt måste avancerade datorprogram som tar hänsyn till den värmelagrande kapaciteten användas. Tyvärr sätter dessa beräkningsprogram många gånger likhetstecken mellan av inglasningen infångad energi och nyttiggjord energi som sänker uppvärmningskostnaderna. En viss försiktighet vid tolkningen av beräkningsresultaten är att rekommendera. Datorprogrammen kräver en avstämning mot uppmätta värden för att man också skall kunna använda beräkningsresultaten för projektering. De är avancerade verktyg och tilltron till det färdiga resultatet beror dels på kvaliteten på programmet och dels på användarens erfarenheter bl a från jämförelser mellan beräkningar och mätningar.
- Energibesparing?** Har man för avsikt att använda sig av begreppet energibesparing måste krav ställas på en dokumentation av vad som skall åstadkommas och hur energibesparingen skall uppnås. Många gånger har man förhoppningar på det spontanta klimatet och på energibesparingen i inglasningen som inte återspeglas i inglasningens utförande.

Definition energibesparing	För en inglasning kan det ibland vara svårt att definiera energibesparingen, speciellt i de fall den är integrerad i byggnaden och dess delsystem. I de flesta fall kan den emellertid definieras som skillnaden i energiförbrukning mellan byggnaden med inglasning jämfört med motsvarande byggnad utan inglasning men med normal isolerstandard. Normal isoleringsstandard är i kontakter med myndigheter åtminstone den standard som föreskrivs i gällande byggnorm. Inför beställaren av byggnaden och inglasningen är det kanske lämpligare att definiera normal standard som den standard som byggnaden i övrigt håller, vilket alltså kan och bör överstiga gällande byggnorm.
Sparar inte energi	Skall man generalisera så sparar man vanligtvis inte energi med en inglasning i sådan omfattning att man kan tala om det som en energibesparande åtgärd. Det är relativt små delar av den årliga uppvärmningsenergin som kan sparas, speciellt vid inglasningar i samband med byggnader med redan
Använda mer energi	låg energianvändning. Tvärtom kan man med för högt ställda klimatkrav och felaktigt driftsätt använda mer energi än ett motsvarande hus utan inglasning.
Varför inglasningar?	Inglasningar bör man främst arbeta med av helt andra skäl och då främst därför att det är en mycket trevlig företeelse med många kvalitéer. Glasets plats vid byggnadsutformning och stadsbyggande har ett egenvärde och behöver verkligen inte hållas under armarna genom att hänvisa till tveksamma energibesparingar.
Säker förlust	En viktig erfarenhet från olika mätprojekt kan sammanfattas så här: En energiförlust till följd av en ökad specifik förlust,
Osäker besparing	som en inglasning ibland kan innebära, kan man vara ganska säker på att uppnå. En energibesparing som skall täcka denna förlust måste man däremot

jobba för - från projekteringen ända till driften av den färdiga anläggningen.

- Inte omöjligt spara** Det är alltså inte omöjligt att spara energi med en inglasning men det är långt ifrån någon självklarhet. Möjligheterna att spara energi respektive riskerna att använda mer energi än motsvarande hus utan inglasning kommer till stor del att bero på inom vilken av följande tre grupper inglasningen hamnar:
- Bäst förutsättningar** Bästa förutsättningar att spara energi har man om man genom inglasningen minskar byggnadens förluster totalt sett. Inglasningen fungerar då som en tilläggsisolering. Möjligheten att anpassa värmesystemet i byggnaden till ett kontinuerligt mindre uttag finns då genom den ständigt mindre förlusten.
- Mindre möjligheter** Mindre möjligheter att spara energi med inglasningen har man om man samtidigt försämrar övriga delar av huset så att man med inglasningen har samma förluster som utan inglasning. Man är då helt beroende av vanligen bristfälliga uppvärmnings- och regler-system för att utnyttja energitillskott från solinstrålning.
- Sämst förutsättningar** Sämsta förutsättningar har man att spara energi med inglasningen om man samtidigt som man glasar in väljer att försämma huset i andra avseenden så att man totalt sett får större förluster. Man är då helt beroende av perfekt fungerande regler-system för att kompensera den ständigt större förlusten. Uppvärmningssystemet i byggnaden får här också anpassas till ett konsekvent större värmeuttag på grund av den ständigt större förlusten.
- Värm eller spara** Inglasningar som man värmer upp med tilläggsvärme riskerar att hamna i denna sista grupp eftersom man då normalt också ökar de totala förlusterna på grund av den högre temperaturen och de därigenom större förlusterna från inglasningen.

- Bättre sätt att spara** Om inte inglasningen har ett direkt bruksvärde kan man i regel på ett bättre och billigare sätt spara värme. Skall kostnaden för en inglasning bedömas måste en jämförelse göras med motsvarande projekt utan inglasning. De besparingar man kan göra såsom eventuell energibesparing, förenklad fasadbeklädnad mm måste då vägas in. Har man förlagt sekundära utrymmen till inglasningen eller om man delar av året använder inglasningen som en del av bostaden kan det hända att ytan i huset kan behöva utökas om man slopar inglasningen. Härigenom kan man uppnå besparingseffekter som är betydligt större än en eventuell energibesparing.
- Andra besparings-effekter**
- Klimatisera passivt** En lämplig målsättning vid uppförandet av inglasningar torde vara att så långt som möjligt klimatisera inglasningen med passiva åtgärder. Vid högt ställda temperaturkrav får man emellertid tillgripa även installationstekniska åtgärder, dvs att värma upp inglasningen med tillskottsvärme. Inglasningen måste då dimensioneras med hänsyn till kravet på god energihushållning.
- God energi-hushållning** Det är inte god energihushållning att värma upp inglasningar med mycket stora förluster. Infravärmaren kan väl accepteras för att förlänga kvällen i en glasveranda liksom den gör på uteplatsen men att under alla förhållanden ställa krav på plusgrader kan inte motiveras i dessa inglasningar.
- Effektproblem** Det vi har sett i uppvärmningsväg pekar på att man har lika stora problem med effekten som med energin. Visserligen kan energikostnaderna bli mycket stora men problemet är också att inglasningar ofta behöver värmas med en stor effekt och framförallt när det är mycket kallt.

- Dimensionering av värmare** Den effekt som värmarna skall dimensioneras för, har i en del av våra inglasningsprojekt varit föremål för diskussioner. Allmänt kan sägas att värmarna i de flesta fall bör dimensioneras efter de stationära förlusterna utan hänsyn tagen till den eventuella värmekapaciteten. Ju högre temperaturkrav man har desto mindre inverkan har värmekapaciteten.
- Exempel uppvärmning** En icke uppvärmd glasgård kan få kanske 0°C även vid -10°C utetemperatur. Detta uppnår man under natten genom förluster från byggnaderna och genom tillskott från golvet och andra tunga massor samtidigt som man t ex håller nere förlusterna med värmeisolerande gardiner. Vill man nu i stället hålla +10°C så måste värmarens effekt dimensioneras för i stort sett hela temperaturskillnaden mellan inglasning och ute. När man med hjälp av tillsatsvärme når upp till omgivande ytors temperatur, slutar dessa att ge ifrån sig värme, och värmaren får svara för det mesta av uppvärmningen. En del av den temperaturhöjning som man uppnår under natten med tillsatsvärmens hade man fått ändå utan att värma.
- Undvik att värma**
- Ventilation och infiltration** Ventilation och infiltration i en inglasning kan ha en avgörande betydelse för temperaturnivå och värmebehov. Väl tilltagna vädringsluckor skall finnas för att man skall kunna vädra ut värme sommartid. Krav ställs också från brandmyndigheternas sida på brandventilation. I rapporten behandlas emellertid endast inglasningens komfortventilation.
- Inget behov** I mindre inglasningar som glasverandor finns inget uttalat behov av ventilation utöver den naturliga ventilationen. I större inglasningar finns ofta ett väl tilltaget ventilationssystem. Undantag från detta finns i större inglasningar som ventileras med naturlig ventilation. I två av de inglasningsprojekt vi studerat har inglasningen delvis ingått i ventilationssystemet genom att tilluften till bostäderna tas från inglasningen.

Krav på täthet

Det uppstår en del frågor när man på detta sätt inlemmar inglasningen i ventilationssystemet och delvis använder den som ventilationskanal. En viktig fråga är inglasningens täthet. Hur tät kan man egentligen göra inglasningen eller hur tät bör man göra den. Inga heltäckande svar finns idag på dessa frågor. Det är emellertid klart att man måste ställa krav på inglasningens täthet om man har förväntningar på ett visst klimat eller att inglasningen ingår i ventilations- och uppvärmningssystemet.

Räcker naturlig ventilation?

En annan fråga är om inglasningen av komfortskäl skall ventileras utöver den naturliga ventilationen. Inte heller på den frågan kan vi idag ge ett heltäckande svar. Storleken på den naturliga ventilationen måste först fastställas. Man måste därefter bedöma om denna är tillräcklig för att täcka upp det förväntade behovet för den aktivitet som skall bedrivas i inglasningen. Sommartid kan man i regel hålla temperaturkraven med vädring och solskyddande åtgärder.

1 SPARAR INGLASNINGAR ENERGI?

Man får ofta höra att inglasningar sparar energi. Detta påstående är i de flesta fall felaktigt. Påståendet att inglasningar normalt **inte** sparar energi svarar bättre mot verkligheten. Denna rapport ger stöd för detta men skall också söka förmedla en mer realistisk syn på inglasningar, dess möjligheter att uppnå ett visst klimat samt möjligheterna att spara energi.

Inglasningar ger normalt inte upphov till besparingseffekter som gör att man kan tala om den som en energibesparande åtgärd. Ändå tycks den våg av inglasningar som drar fram över landet få näring av förhoppningar på medelhavsklimat kombinerat med stora energibesparingar. Dagspressen kan man förlåta, men när fackpress och rapporter inom ämnet låter förstå att inglasningar som regel fungerar som passiva solfångare och lämnar väsentliga bidrag till uppvärmningen av byggnaden måste man reagera. Man tror att man alltid få en energibesparing, frågan är bara hur stor den blir.

Verkligheten är alltså en annan. Man kan dra en parallell med stora fönsterpartier mot söder i en byggnad. Stora energimängder i form av solinstrålning kommer in men man har samtidigt stora energiförluster. Även om energiutbytet för ett fönster med god isolerstandard kan bli positivt sätter bristande reglersystem och begränsade möjligheter att passivt lagra energi en praktisk gräns för utnyttjandet av energin. Resultatet blir liksom i inglasningar vanligtvis en temperaturhöjning och en begränsad reduktion av uppvärmningsenergin. Inglasningar bör man arbeta med främst av andra skäl än energibesparing, vilka delvis behandlas i nästa avsnitt. Man skall ställa rimliga krav på klimatet inom inglasningen och väga dem mot eventuellt ökade energi- och byggkostnader. Man skall också ställa krav på inglasningen så att man inte får ett sämre hus, effekt- och energimässigt, med inglasning jämfört med motsvarande hus utan inglasning.

Den omfattande mätverksamhet som mätgruppen sedan 10 år tillbaka bedriver i olika fältförsök har bland annat innefattat mätningar på många olika typer av byggnader med varierande uppvärmnings- och ventilations-system. En erfarenhet från dessa projekt, som speciellt gäller byggnadsdelar av glas, kan sammanfattas enligt följande:

- En energiförlust till följd av en ökad specifik förlust ($W/°C$), som en inglasning ibland kan innebära, kan man vara ganska säker på

att uppnå. Ett energitillskott genom sol och övrig "gratisvärme", vilket skall täcka denna förlust måste man däremot jobba för att uppnå, från projekteringen ända till driften av den färdiga anläggningen.

Det är alltså inte omöjligt att spara energi med en inglasning men det är långt ifrån någon självklarhet. Möjligheterna att spara energi kommer med hänvisning till ovanstående att till stor del bero på inom vilken av följande tre grupper inglasningen hamnar:

- Bäst förutsättningar att spara energi har man om man genom inglasningen minskar byggnadens specifika förluster ($W/°C$) totalt sett. Inglasningen fungerar då som en tilläggsisolering, jämför exempel överglasad gård under 3.1. Möjligheten att anpassa värmesystemet i byggnaden till ett kontinuerligt mindre uttag finns då genom den ständigt mindre förlusten.

Mindre möjligheter att spara energi med inglasningen har man om man samtidigt försämrar övriga delar av huset så att huset med inglasning har samma specifika förluster som utan inglasning. Man är då helt beroende av vanligen bristfälliga uppvärmnings- och reglersystem för att utnyttja energitillskott från solinstrålning.

Sämst förutsättningar att spara energi med inglasningen har man om man samtidigt som man glasar in väljer att försämrare huset i andra avseenden så att man totalt sett får större specifika förluster. Man är då helt beroende av perfekt fungerande reglersystem för att kompensera den ständigt större förlusten. Innan man här kan tala om energibesparing måste ibland avsevärda energimängder sparas in för att täcka den större förlusten. Uppvärmningssystemet i byggnaden får här också anpassas till ett konsekvent större värmeuttag på grund av den ständigt större förlusten.

Inglasningar som man värmer upp med tilläggsvärme kommer troligen att tillhöra denna sista grupp eftersom man då normalt också ökar de totala förlusterna från byggnaden på grund av den högre temperaturen och de därigenom större förlusterna från inglasningen.

Slutligen några ord om energibesparing. I begreppet energibesparande åtgärd ligger inte enbart en reducering av antalet använda eller köpta

kilowattimmar. Den erforderliga kapitalkostnaden för åtgärdens genomförande samt driften måste också vägas in. En inglasning kan därför normalt inte betraktas enbart som en energibesparande åtgärd.

Skall den betraktas som en sådan så skall hela den ökade byggnadskostnaden bekostas av en minskad energiförbrukning. Om man ger inglasningen ett bruksvärde så skall enbart skillnaden mellan den ökade byggnadskostnaden och det kapitaliserade bruksvärdet betalas med energibesparing. Om man sätter energibesparingen = 0 så skall hela byggkostnaden för inglasningen motiveras av det kapitaliserade bruksvärdet. Detta borde man i större utsträckning försökt påvisa i de inglasningsprojekt som hittills föreslagits.

Att fastställa det kapitaliserade bruksvärdet, eller med andra ord tala om hur mycket man anser nyttan av inglasningen vara värd i kronor, är naturligtvis svårt. Inga normer finns idag utan en avvägning måste ske i varje enskilt fall.

För en inglasning kan det vara svårt att definiera energibesparingen, speciellt i de fall den är integrerad i byggnaden och dess delsystem. I de flesta fall kan den emellertid definieras som skillnaden i energiförbrukning mellan byggnaden med inglasning jämfört med motsvarande byggnad utan inglasning men med normal isolerstandard. Exempel på detta visas i kapitel 6. Normal isoleringsstandard är i kontakter med myndigheter åtminstone den standard som föreskrivs i gällande byggnorm. Inför beställaren av byggnaden och inglasningen är det kanske lämpligare och mer ärligt att definiera normal standard som den standard som byggnaden i övrigt håller, vilket alltså kan och bör överstiga gällande byggnorm.

2 VARFÖR BYGGER MAN INGLASNINGAR?

Inglasade rum och utemiljöer används främst på grund av att man kan skapa nya och spännande miljöer. Glasbyggnadstekniken öppnar stora möjligheter både vid byggnadsutformning och stadsbyggnad. Inglasningar har alltså ett eget värde och dess plats inom byggandet behöver verkligen inte hållas under armarna genom att hänvisa till energibesparingar. Byggandet av t.ex. en balkong motiverar man ju inte med minskad energiförbrukning utan med att den liksom inglasningen har ett visst bruksvärde. Dessutom håller transparenta konstruktioner på att utvecklas vilka eventuellt kan ge en inglasning samma goda isoleringsegenskaper som en bra isolerad yttervägg.

Framtidsutsikterna för inglasningar bör alltså vara goda. Det är därför av största vikt för den framtida utvecklingen att både positiva och negativa sidor av intressanta experimentbyggnadsprojekt belyses. Vi som arbetar med projekten inser att resultat som presenteras i denna rapport möjligen kan uppfattas negativa. Dock har de gett många positiva erfarenheter och viktig information. Experimentbyggande behövs och våra mätningar och övriga erfarenheter har förhoppningsvis bidragit till att öka förståelsen för hur olika typer av inglasningar fungerar.

De problemområden man har vid uppförandet av inglasningar i är:

- Användning
- Utförande
- Klimat
- Energi och effekt
- Säkerhet
- Brandskydd
- Ljud
- Ljus
- Ekonomi

Av dessa områden behandlar vi i denna rapport endast två, nämligen klimatet samt den energi och installerad effekt som erfordras för att uprätthålla det förväntade klimatet.

3 OLIKA TYPER AV INGLASNINGAR

Man kan dela upp inglasningar dels efter önskad funktion och dels efter hur man tekniskt uppnår det önskade klimatet. När det gäller funktionen skiljer vi på:

- 1 Inglasade rum av privat karaktär som komplement till en bostad.
- 2 Inglasade utemiljöer som gårdar, gator och torg av halvprivat eller offentlig karaktär

När det gäller inglasade rum som ett komplement till bostaden kan dessa under delar av året utnyttjas som ett bostadsutrymme. Variationer i klimatet med stundtals kraftigt varierande temperatur och relativ fuktighet kan medföra vissa begränsningar vid t ex val av möbler och växter.

Inglasade utemiljöer kan t ex ha funktionen att skydda mot nederbörd och besvärande blåst utan krav på temperatur. Beroende på installationer, växtlighet och planerade aktiviteter kan det också vara aktuellt med ett temperaturkrav. Vid projekteringen av inglasningar är det av största vikt att krav ställs även på klimatet. Som alltid i planeringsarbete måste programmets krav och önskemål omprövas när de tekniska och ekonomiska effekterna blir uppenbara. Så har uppenbarligen inte alltid skett.

Tekniskt kan man dela upp inglasningen på olika sätt, efter klimatkraven och efter vilken strategi man använder för att uppnå det önskade klimatet.

De tre kategorier som man vanligen använder sig av är:

- 1 Den oklimatiserade inglasningen. Den tjänstgör som ett skydd och en buffert mot det yttre klimatet. Man försöker alltså inte att aktivt klimatisera densamma, d.v.s. påverka klimatet genom att, t.ex. värma. Temperaturen tillåts att sjunka under 0 °C.
- 2 Den halvklimatiserade inglasningen. Denna utgör i högre grad en buffert mot det yttre klimatet. Inglassningen håller en temperatur på mellan 10 och 15 °C under vinterhalvåret ofta med uppvärmning utöver tillskottet från det kringliggande huset. Man talar ofta om "medelhavsklimat".

- 3 Den helt klimatiserade inglasningen. I denna typ av inglasning tar man steget fullt ut och håller ett normalt inomhusklimat. Denna typ av inglasningar har blivit vanliga vid framförallt hotell.

Den tredje kategorin behandlas inte i denna rapport dels för att vi saknar erfarenheter från den och dels för att den kan betraktas som en normal byggnad och inte en buffertzona mot det yttre klimatet.

I övrigt framgår det inte av indelningen på vilket sätt man erhåller det angivna klimatet. Man kan få uppfattningen att det är mängden tillsatsvärme som till största delen bestämmer temperaturen. Ett rum eller en inglasning kan emellertid klimatiseras med enbart byggnadstekniska åtgärder eller med en kombination av byggnads- och installationstekniska åtgärder. Om klimatiseringen sker med enbart byggnadstekniska åtgärder så kallar man det ibland för "passiv klimatisering". Man utnyttjar då värme från byggnaden och solinstrålning och klimatiseringen kräver då inte "aktiva" åtgärder, som kräver energitillförsel. Man måste emellertid hålla i minnet att både byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder kräver investeringar men att de senare dessutom kräver årliga energikostnader. Den passiva klimatiseringen kan drivas långt men har också sina begränsningar om man ställer höga krav på temperaturen.

Den bästa indelningen synes vara att dela in inglasningar i:

- 1 Icke uppvärmda inglasningar som upprätthåller temperaturen med enbart byggnadstekniska åtgärder, dvs "passiv klimatisering".
- 2 Uppvärmda inglasningar som upprätthåller temperaturen med en ekonomiskt avvägd kombination av byggnads- och installationstekniska åtgärder.

Man kan ställa krav och önskemål på klimatet på båda dessa typer av inglasningar även om man vid mycket låga utetemperaturer av praktiska skäl måste begränsa temperaturkraven i den icke uppvärmda inglasningen. Således kan man även för enkelt byggda och icke uppvärmda inglasningarna ha önskemål om att de under soliga dagar under tidig vår och sen höst skall kunna utnyttjas mitt på dagen. Under 5-6 månader om året kan de eventuellt utnyttjas mer frekvent under dagtid och då även under molniga dagar. Har man en icke uppvärmd inglasning, som får en förhållandevis

hög temperatur även vintertid på grund av ett gynnsamt förhållande mellan värmande och kylande effekt från byggnad resp inglasning, kan man också ställa krav på lägsta temperatur vintertid.

Man kan däremot alltid ställa krav på en högsta temperatur under en normal sommar vilket kan åstadkommas genom byggnadstekniska åtgärder. Genom självdragsventilation via stora lämpligt placerade vädringluckor kombinerat med solavskärmade gardiner kan man i regel hålla temperaturen på en rimlig nivå. Detta gäller även de uppvärmda inglasningarna.

De uppvärmda inglasningarna ger naturligtvis större möjligheter att hålla temperaturen på en behaglig temperaturnivå även vintertid. Man måste emellertid avväga de byggnadstekniska och de installationstekniska åtgärderna på ett ekonomiskt sätt. Ofta kan också det arkitektoniska konceptet behöva justeras och ibland omprövas. Det generella kravet på god energihushållning begränsar i dag möjligheterna till utformningen av en inglasning. Önskemålet är ju ofta att hålla en hög temperatur i ett utrymme som begränsas av stora, ofta dåligt isolerade glasytor.

Temperaturen i inglasningen är väsentlig, och det man främst måste ta hänsyn till, då man ställer kravet på lägsta temperatur i en inglasning är installationer, växter och människors önskemål. Installationer som är känsliga för kyla är kallvattenledningar och avloppsrör. De klarar normalt inte temperaturer under 0°C. Växtligheten är också problematisk, speciellt om man vill ha gröna växter året om. Många växter från sydligare breddgrader klarar inte minusgrader medan många svenska växter kräver låga temperaturer vintertid för att kunna leva vidare. Det är också de snabba och omväxlande temperaturväxlingarna i inglasningen under den kalla årstiden som är ogynnsamma för växtligheten. Människans preferanser är givetvis individuella och kopplade dels till de aktiviteter som förväntas förekomma i inglasningen och dels till det pris man måste betala för att uppnå den önskade temperaturen.

Hur man än väljer att dela in inglasningar finns det fall som inte passar in i någon kategori. Ett exempel är om man använder infravärme under korta perioder, kanske totalt 100 timmar på ett år. Trots detta kan man knappast kalla denna inglasning för uppvärmd.

I de nämnda indelningarna har inte ordet energibesparing nämnts. Om inte inglasningen har ett direkt bruksvärde kan man i regel på ett billigare och

bättre sätt spara energi. Skall kostnaden för en inglasning bedömas måste en jämförelse göras med motsvarande projekt utan inglasning. De besparingar man kan göra som en eventuell energibesparing, förenklad fasadbeklädnad m m måste då vägas in. Har man förlagt sekundära utrymmen till inglasningen kan det hända att ytan i huset kan behöva utökas om man slopar inglasningen.

För att beräkna temperaturvariationerna inom inglasningar mer exakt måste datorprogram som tar hänsyn till dynamiken användas. De datorprogram typ DEROB-LTH som inkluderar erforderliga parametrar i sina beräkningar kräver en validering mot uppmätta värden innan de lämpar sig för kommersiellt bruk. Institutionen har uppnått mycket bra överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta siffror sommartid då temperaturen tillåts variera fritt (se kapitel 7) men vintertid vid användning av tillsatsvärme blir överensstämmelsen något sämre. En kontinuerlig utveckling av detta program sker emellertid inom institutionen. Under 6.4 visas några simuleringar med DEROB-LTH av klimatet i en överglasad gård.

3.1 Den icke uppvärmda inglasningen

I denna grupp återfinns den "påbyggda" inglasningen. Den är ofta utförd i efterhand eller ger åtminstone det intrycket. Inglasningen utgör alltså inte termiskt en integrerad del av byggnaden och är i regel skild från dess uppvärmnings- och ventilationssystem.

Enligt den gängse uppdelningen i tre kategorier kallas kategorin oklimatiserad men man brukar se tillägget att man kan få tillsätta en del energi (=klimatisera) för att klara den önskade temperaturnivån under vissa perioder vintertid. Enligt vårt sätt att se det hamnar dock alla inglasningar som värms upp inom en egen grupp oavsett klimatkrav och mängd tillsatt energi.

Inom gruppen icke uppvärmda inglasningar kan man få mycket varierande spontana temperaturer vintertid beroende på förhållandet mellan värmande effekt från huset och förlusterna ut genom inglasningen. Ett ogynnsamt förhållande kommer att ge en lägsta temperatur i inglasningen vid dimensionerande utetemperatur på strax över utetemperaturen. Ett gynnsamt förhållande kan ge flera plusgrader i inglasningen vid dimensionerande utetemperatur.

Inglasningar med ett ogynnsamt förhållande mellan värmestillskott och värmeförluster har alltså större värmeförluster ut genom inglasningen än de tillskott man får från den varma byggnaden. Här visar beräkningar att man får en temperatur i det inglasade utrymmet som ligger endast någon grad över utetemperaturen. Visserligen kan man få mycket höga temperaturer även vid låga utetemperaturer på grund av solinstrålning men någon timme efter mörkrets inbrott är man tillbaka igen. Möjligheterna att utnyttja dynamiken och att upprätthålla temperaturen genom att utnyttja energi som passivt lagrats i tunga material i inglasningen som t.ex. betonggolv på mark är små. Den tillgängliga energin från dessa ytor är i regel förhållandevis liten i förhållande till de stora värmeförlusterna.

Vid inglasningar av denna enklare typ, exempelvis Kv.Tärnan i Landskrona samt inglasade verandor och balkonger bör man alltså inte ställa krav på en viss temperaturkomfort under vintern. Låt temperaturen bli vad den blir. Njut av den tidiga vårsolen i en veranda på 20 - 25 °C medan kanske ännu snön ligger utanför. Förläng den ibland varma men alltid korta årstiden något, möjligen med hjälp av en infravärmare. Man bör inte tala om att spara energi i dessa sammanhang. Har man inte integrerat inglasningen i byggnaden genom speciallösningar på uppvärmnings- och ventilations-systemet lär man inte spara något nämnvärt.

Har man ett gynnsamt förhållande tillskott-förluster kan man spontant komma upp i högre temperaturer i inglasningen. Exempel på denna typ av icke uppvärmd inglasning redovisas i avsnitt 6.3 och 6.4 med beräknings-exempel samt i kapitel 8 där planerade mätprojekt av denna typ beskrivs.

En typ av inglasning som med fördel kan utföras som icke uppvärmd är den inglasade gården i anslutning till en äldre byggnad. I stället för att tilläggsisolera ytterväggarna in mot gården och byta ut de gamla fönsterna till moderna treglasfönster kan man i stället fundera på att glasa över gården. En sådan överglasning har alla förutsättningar att lyckas även energimässigt om man ger den nya konstruktionen yttervägg + överglasning en god isolerförmåga. De gamla oisolerade ytterväggarna är mycket lämpliga, dvs oisolerade och tunga. Fönsterna kan ju vara i bra skick och klara sig även i fortsättningen med det yttre skydd som överglasningen utgör. Fönsterna är normalt 2-glasfönster och ofta upptar de en stor del av ytterväggsytan, kanske 25%, vilket är en fördel. Man får alltså stora värmeförluster ut mot gården som gör att man erhåller ett behagligt klimat utan att tilläggsvärme behöver vara nödvändig. En överglasning av denna typ ersätter alltså en konventionell tilläggsisolering.

3.2 Den uppvärmda inglasningen

Denna kategori kallas enligt den gängse uppdelningen i tre kategorier halv eller helt klimatiserad därför att den håller en högre temperatur, upp mot +10 till 15°C. Detta uppnår man i regel genom ett gynnsamt förhållande mellan förluster ut genom glaset och tillskott från byggnaden kombinerat med tillsatsvärme. Ofta är åtminstone byggnadens ventilationssystem sammankopplat på något sätt med inglasningen. I vissa fall har också uppvärmningssystemet ingått i systemet.

Enligt vårt sett att se det är det emellertid inte klimatet och temperaturnivån som avgör hur inglasningen skall kategoriseras utan med vilka medel man uppnår den önskade temperaturen, dvs enbart byggnadstekniska åtgärder vid icke uppvärmda inglasningar respektive en avvägd kombination av byggnads- och installationstekniska åtgärder vid den uppvärmda inglasningen.

De uppvärmda inglasningarna ser man i dag uppförda ofta i form av överglasade gårdar eller inglasningar över någon verksamhet som restaurang, hotell eller kontor och ibland även bostäder. Ofta har man här ett för inglasningen mycket gynnsamt förhållande mellan kylande glasytor och värmetillskott från byggnaden, installationer m.m. som bidrager till den höga temperaturen.

I vissa fall rör det sig om nyuppförda byggnader med en inglasad eller "inplastad" gård där man medvetet minskat på isoleringen i väggen och på glasantalet i fönsterna ut mot det inglasade utrymmet. Man flyttar i stället ut "isoleringen" och gör ett transparent tak med relativt god isolerförmåga. Taket och den blygsamt isolerade ytterväggen utgör nu tillsammans en termisk enhet, dvs en "yttervägg" med upp emot samma isoleringsvärde (k-värde) som om man inte haft inglasningen och i stället isolerat väggen enligt normala krav.

Denna typ av inglasning kan mycket väl utföras som en icke uppvärmd inglasning. Vissa inglasningar har projekterats som icke uppvärmda, men en dag upptäcker att man inte nöjer sig med temperaturen i det inglasade utrymmet. Man har ju en stor yta som kan utnyttjas mer effektivt om man har ett bättre inneklimat. Man börjar nu att värma upp inglasningen till inomhusklimat och då är hela tanken förfelad. Man får nu en betydligt större energiförbrukning totalt för byggnaden jämfört med om man inte

haft inglasningen. Visserligen har man fått en stor yta som kan utnyttjas effektivt men hade man på projekteringstadiet insett detta hade troligen fördelningen av "isoleringen" mellan ytterväggen och inglasningen blivit annorlunda. Ytterväggen hade kunnat göras med mindre isolering och inglasningen kunde utförts med ett mera lämpligt isoleringsvärde.

Tyvärre förekommer också inglasningar där inglasningen visar upp alla kännetecken på en inglasning som inte bör värmas, t ex stora förluster, men som värms ändå. Det är svårt att utvärdera anledningen till detta men för stora förhoppningar på det spontana klimatet och ett bristfälligt dimensioneringsförfarande såväl med avseende på byggnads- som installations-tekniska åtgärder spelar in.

Gårdsåkraprojektet är ett exempel på detta, där relationen mellan värmeförluster ut från glasgatan och det energitillskott man får från husen samt isolerade rör och belysning i gatan är mycket ogynnsamt. Räknar man in att man får ett visst energitillskott från betonggolvet m.m. i gatan kan man möjligen täcka upp mot 20 % av värmeförlusterna med "gratisenergi" vid +5°C i glasgatan när det är -18°C ute. Detta redovisas i avsnitt 7.3.5.

Att ställa krav på en minimitemperatur på låt säga +5 °C i dessa inglasningar låter sig göras om man är villig att betala för komforten. Även mycket måttliga temperaturkrav i inglasningen vid låga utetemperaturer kan få uppvärmningskostnaderna att skjuta i höjden. Utöver det rent energi och därmed kostnadsmässiga problemet tillkommer det ett annat problem, nämligen hur man skall kunna få in den stora energimängd som krävs vid låga utetemperaturer. Man får alltså ett stort effektbehov. I fallet Gårdsåkra kan man säga att när det krävs en energimängd som motsvarar en stor oljepanna för att värma 15 000 m² bostäder m.m. till 20 °C så krävs det två oljepannor för att hålla +5 °C i 5 000 m² glasgata vid en utetemperatur på -18°C.

4 ENERGI- OCH KLIMATKRAV PÅ EN INGLASNING.

För att inte falla i de allra största groparna på vägen mot en bra inglasning bör man ställa krav och önskemål inom alla de områden som nämndes i kapitel 2. Nedan uppräknade krav på klimat och energianvändningen kan vara lämpliga.

Krav 1 Enheten byggnad-inglasning måste tillsammans hålla samma isoleringsstandard som motsvarande byggnad utförd utan inglasning och med kraven enligt SBN 80 uppfyllda. Byggnaden med inglasning skall alltså inte totalt ha större förluster. Detta krav skall uppfyllas vid lägsta dimensionerande utetemperatur och med den då lägsta acceptabla temperaturen i inglasningen

Utgångspunkten för allt resonemang om energianvändning och energibesparing bör vara Byggnormen. En byggnad måste alltså hålla en viss standard på t.ex. isoleringsgraden för att godkännas. Samma standard och krav måste också gälla om byggnaden är försedd med en inglasning, åtminstone så länge vi betraktar inglasningen som "utomhus". Betraktar man inglasningen som fullvärdig del av huset och alltså "inomhus" med avseende på klimat och energi får man ställa krav på helheten och låta inglasningen bära sin del av energikostnaden.

Våra erfarenheter hitintills från inglasningsprojekt ger inget stöd åt avsteg från detta krav. Möjligen kan man acceptera mindre avvikelser om man kan påvisa att man balanserar de ökade förlusterna med ett högre gratisenergiutnyttjande så att den årliga energiförbrukningen inte ökar. Det kan också vara lämpligt att definiera energibesparingen för ett glashus som skillnaden i energiförbrukning mellan byggnaden med inglasning och energiförbrukningen för samma byggnad utan inglasning, utförd med gällande isoleringsstandard.

Det kan tyckas märkligt att tala om olika temperaturer när man diskuterar isolering men utan detta tillägg är kravet utan värde. Tag t.ex. ett mycket välisolerat hus och förse det med en påbyggd glasad veranda typ växthus. Utan tvekan förbättrar denna veranda isoleringsgraden för huset totalt även om det är marginellt. Vi har alltså uppfyllt den första delen av kravet. Låt oss anta att vi kan acceptera vilken lägsta temperatur som helst i verandan. Då har vi uppfyllt hela kravet. Antag nu att vi inte accepterar lägre temperatur än 0°C på grund av växterna på verandan. Då klarar vi

inte längre kravet eftersom enheten hus - glasveranda kommer att få mycket större förluster och därmed energiförbrukning jämfört med huset utan glasveranda. Vid riktigt låga utetemperaturer kan glasverandan använda lika mycket energi för att hålla plusgrader som hela huset gör för att hålla +20°C.

Krav 2 Dokumentation av inglasningens förväntade klimat, dess effekttillskott och effektförluster samt energianvändningen.

Ett absolut minimikrav för att man skall få använda sig av ordet energibesparing är att man på papperet kan påvisa att en sådan åtminstone är teoretiskt möjlig. Vad som skall åstadkommas i den vägen, och framförallt hur skall alltså redovisas.

En uppställning, som visar inglasningens förluster, skall upprättas. En uppställning som redovisar hur dessa förluster skall täckas, är nödvändigt om man planerar att använda tillskottsvärme. Den förväntade årliga energiåtgången av tillsatsvärme för uppvärmning till önskad temperatur måste givetvis också beräknas och redovisas.

Lägsta temperatur och dimensionerande uppvärmningseffekt i inglasningen kan i många fall beräknas för ett stationärt fall. Då förhållandet mellan värmeförluster från inglasningen och värmetillskott till inglasningen från byggnaden är gynnsamt eller då det kan påvisas att en ovanligt hög värmekapacitet påverkar temperatursvängningarna i glasrummet måste mer komplicerade beräkningsmodeller tillgripas. Även i dessa fall ger emellertid ett stationärt fall åtminstone en indikation om vilken lägsta temperaturnivå man kommer att ligga på. De "stationära beräkningarna" ger ett begrepp om vilken typ av inglasning man har och vad man kan förvänta sig beträffande klimat och energianvändning. Mätningar visar samstämmigt att den termiska dynamiken är liten i inglasningar med begränsade värmemagasinerande ytor. Detta gäller speciellt om man använder tillsatsenergi för att upprätthålla en önskad temperaturnivå.

Om man genom inglasningen får en effektmässigt något sämre byggnad kan man möjligen kompensera detta genom ett ökat solvärmeutnyttjande. För att beräkna det årliga energitillskottet kan man använda någon enkel beräkningsmetod typ BKL-metoden eller Adamsson och Hidemark 1986 dock tillämpad med stor försiktighet. Exempel på enkla beräkningar enligt ovan redovisas i kapitel 6.

5 ALLMÄNT OM KLIMATET I EN INGLASNING

5.1 Relationen värmertilskott - värmeförluster

Det som kommer att bestämma den spontana temperaturen i inglasningen är förhållandet mellan inglasningens värmertilskott och dess förluster. Det är vinterfallet med låga temperaturer utomhus, kombinerat med begränsad solinstrålning, som är avgörande för lägsta temperatur i inglasningen. Även vintertid kan man vid solinstrålning temporärt komma upp i helt andra temperaturnivåer, men här tas endast det s.k. nattfallet upp. Upplagrad energi har också betydelse för temperaturnivån vilket avhandlas i nästa avsnitt.

De tillskott som främst är aktuella är värme från byggnaden, värmertilskott från golv m.m., installationer inom inglasningen samt belysning. De förluster som är aktuella är förlusterna genom glaset, eventuellt glas i kombination med en isolerings/skuggardin samt övriga ytor mot det yttre. Dessa ytor brukar vanligtvis utföras helt iosolerade, som t.ex. regnvattenrännor, och kan ibland stå för en stor del av inglasningens transmissionsförluster.

Man kan likna inglasningen vid en tilläggsisolering eller en komplettering med en tilläggsruta. Inglasningen utgör alltså rent termiskt en del av ytterväggen. Temperaturen i inglasningen kommer att bestämmas av hur stor del av isoleringen som ligger på ytterväggen i förhållande till den del som ligger på själva inglasningen. En dåligt isolerad yttervägg, kombinerat med en inglasning med bra isoleringsförmåga, gör att temperaturen närmar sig inneklimatet utan tillsatsvärme. En bra isolerad yttervägg, kombinerat med en inglasning med kanske enkelglas, gör att temperaturen närmar sig utetemperaturen. Det är alltså förhållandet mellan den värmende och kylande effekten som är avgörande. Det är här inte enbart ytornas storlek utan också deras respektive isoleringsgrad som spelar in. I kapitel 6 redovisas tre enkla exempel på olika typer av inglasningar som ger olika förhållande, och därmed olika temperaturer i inglasningen.

5.2 Värmelagring - dynamik

Vid dimensionering av uppvärmningssystemet i en bostad behöver man inte ta hänsyn till dynamiken eftersom målet är att hålla temperaturen konstant. I en inglasning är det, eller åtminstone borde det vara, annorlunda. Här kan (bör) man tillåta kraftiga temperaturvariationer som också leder till att man kan utnyttja värmekapaciteten i de olika massorna som finns i det glasade utrymmet. Temperaturen i inglasningen kommer alltså inte enbart att bero på relationen värmertilskott - värmeförluster, utan också på i vilken omfattning man kan utnyttja upplagrad energi.

Generellt kan man säga att i t.ex. en inglasad veranda (se exempel 6.1) som har stora förluster och mycket liten massa för energilagring så spelar dynamiken ingen roll. Temperaturen bestäms nästan helt av relationen värmertilskott utan bidrag från upplagrad värme och värmeförlusterna.

I en inglasning med relativt små förluster och stor värmekapacitet i t.ex. golv och omgivande ytterväggar (se exempel 6.4) kan dynamiken spela större roll. När temperaturen under kvällen-natten tillåts sjunka kommer inte enbart värme från omgivande hus att bestämma temperaturen. Även upplagrad energi i olika massor som golv och väggar kommer att hjälpa till att hålla temperaturen uppe. Under perioder med värmertilskott kommer energi åter att lagras i dessa material. Ju högre lufttemperatur man kan acceptera i inglasningen desto effektivare blir lagringen. Man får alltså dygnsutjämning av klimatet i inglasningen. Genom att värmen lagras, i stället för att kanske vädras ut, kan den genomsnittliga temperaturen i inglasningen öka vid en effektiv lagring.

På Mätgruppen har vi enbart erfarenheter av mätningar ifrån inglasningar med ett ogynnsamt förhållande tillskott : förluster. Taberg med sin inglasade veranda har ett ungefärligt förhållande på 1 : 20, Tärnan och Gårdsåkra har förhållanden på något mindre än 1 : 10. Utvärderingarna inkluderar parameterstudier med främst datorprogrammet DEROB-LTH. Exempel på detta redovisas i 6.4. Kompletterande mätningar kommer att genomföras på andra typer av inglasningar, främst med inriktning på inglasningar med ett gynnsammare förhållande värmertilskott värmeförluster. Det är alltså för tidigt att ge något heltäckande svar på den termiska dynamikens inverkan på temperaturnivån. Det vi idag kan konstatera är att dynamiken spelar en underordnad roll för temperaturen i inglasningar med stora värmeförluster i förhållande till värmekapaciteten. Om man dessutom

som på Gårdsåkra försöker värma för att hålla en viss mintemperatur kan bidraget från upplagrad värme helt upphöra.

5.3 Uppvärmningsanordningar i inglasningar

En lämplig målsättning vid uppförandet av inglasningar torde vara att så långt som möjligt klimatitera inglasningen med passiva åtgärder. Vid högt ställda temperaturkrav får man emellertid tillgripa även installationstekniska åtgärder, dvs att värma upp inglasningen med tillskottsvärme. Inglasningen måste då dimensioneras med hänsyn till kravet på god energihushållning.

Det är inte god energihushållning att värma upp inglasningar med mycket stora förluster. Infravärmaren kan väl accepteras för att förlänga kvällen i en glasveranda liksom den gör på uteplatsen men att ställa krav på en minimitemperatur på låt säga $+5^{\circ}\text{C}$ kan inte motiveras utan att minska förlusterna.

Det vi har sett beträffande uppvärmning pekar på att man har lika stora problem med effekten som med energin. Visserligen kan energikostnaderna bli mycket stora men problemet är också att inglasningar ofta behöver värmas med en stor effekt, framförallt när det är mycket kallt. Detta är ett problem när man är ansluten till el och fjärrvärme. Man betalar här en effektagift och den installerade effekten för inglasningen kan bli lika stor eller större än den man har för resten av byggnaden. Den fasta kostnaden blir hög trots att man kanske bara utnyttjar effekten under en bråkdel av årets timmar. Egentligen bör man då ha en egen värmeanläggning med t.ex. oljedrift som visserligen ger ett högt energipris men kan ge en hög effekt under kortare perioder och därför ändå kan motiveras ekonomiskt.

Den metod, som vanligen används för att få in värmen i glasbyggnaden, är luftburen värme. Den är praktisk, eftersom man i regel redan har någon form av ventilatiossystem. Radiatorer, som bygger på strålning och konvektion, är troligen mer kostsamma. Människans temperaturupplevelse i en inglasning, där strålningen kan ingå som en viktig del, är lite studerad. Möjligheter med just strålningsvärme kan emellertid öppna sig, om man kan påvisa att växter kan acceptera en lägre lufttemperatur, men då kompenserad med en högre strålningsandel. Även tankar på uppvärmning under-

ifrån, att värma "fötterna" på människor och växter, har framförts. Detta innebär någon form av golvvärme. Det känns emellertid fel att med köpt energi värma upp den ibland enda delen av en inglasning som kan utnyttjas till upplagring av energi under perioder med överskottstemperaturer.

Den effekt, för vilken värmarna skall dimensioneras, har i en del av inglasningsprojekten varit föremål för diskussioner. Allmänt kan sägas att värmarna i de flesta fall bör dimensioneras efter de stationära förlusterna utan hänsyn tagen till den eventuella värmekapaciteten. Ju högre krav man har på temperaturnivån desto mindre inverkan har värmekapaciteten.

Studerar man en icke uppvärmd glasgård, t.ex. Kv Tärnan, ser man att man har upp mot 0°C i gården vid -10°C utetemperatur. Detta uppnår man dels genom förluster från byggnaderna och dels genom tillskott från golvet och andra tunga massor samtidigt som man håller nere förlusterna med värmeisolerande gardiner. Vill man nu hålla $+10^{\circ}\text{C}$ i stället och skall dimensionera en värmare för detta, räcker det inte att värma resterande 10°C från 0 till $+10^{\circ}\text{C}$. Värmaren måste dimensioneras för att klara i stort sett hela uppvärmningseffekten, från -10°C till $+10^{\circ}\text{C}$. Detta beror dels på att den värmande effekten från byggnaderna minskar och dels på att möjligheten till utnyttjandet av upplagrad energi kraftigt minskar. När man med hjälp av tillsatsvärmern når upp till omgivande ytors temperatur slutar dessa att ge ifrån sig värme. En del av den temperaturhöjning som man uppnår med tillsatsvärmern hade man fått ändå, utan att värma.

5.4 Ventilationsbehov i inglasningar

Givetvis måste ordentligt tilltagna vädringsluckor finnas för att man skall kunna vädra ut värme på sommaren men det är inte det vi här avser med ventilation. Inte heller avses de krav som från brandmyndigheternas sida ställs på brandventilation behandlas. Här skall enbart komfortventilation diskuteras.

I mindre inglasningar såsom glasverandor finns inget uttalat behov av ventilation utöver den naturliga ventilationen. I inglasningarna i Taberg, som är byggda som växthus, har vi mätt upp den naturliga ventilationen till ca 12 omsättningar/h. Efter omsorgsfull tätning med tape kom vi ner till 3 oms/h som kan jämföras med hygienkravet inomhus på 0,5 oms/h.

I större inglasningar finns ibland ett väl tilltaget ventilationssystem. I en del större inglasningar sker vädring genom naturlig ventilation som t.ex. kv. Stettin i Stockholm med två stora gårdar med varierande aktiviteter. På Tärnan och Gårdsåkra ingår emellertid inglasningen delvis i ventilationssystemet genom att tilluften till bostäder och institutioner tas från inglasningen.

En del frågor uppstår när man inlemmar inglasningen i ventilationssystemet och delvis använder den som ventilationskanal. En viktig fråga är då inglasningens täthet. Hur tät kan man egentligen göra inglasningen eller hur tät bör man göra den. Vi har inga svar på dessa frågor men vi planerar mätningar av den naturliga ventilationen inom inglasningar på upp till några tusen m³. Det är emellertid klart att man måste ställa krav på inglasningens täthet om man har förväntningar på ett visst klimat eller då inglasningen ingår i ventilations- och uppvärmningssystemet.

En annan fråga är om inglasningen skall ventileras utöver den naturliga ventilationen. Räcker de ibland stora luftmängder som passerar inglasningen på väg in i byggnaderna för att också ventileras inglasningen? Vi har exempel på olika lösningar. Glasgatan i Gårdsåkra har t.ex. ventilerats enligt samma krav som för en bostad. Till detta kommer sedan naturlig ventilation samt de stora luftmängder som passerar glasgatan på väg in i lägenheterna. Vid den planerade ombyggnaden kommer dock den styrda ventilationen att miskas avsevärt.

I vårt fortsatta arbete planerar vi att studera dessa frågor.

6 BERÄKNINGSEXEMPEL PÅ INGLASNINGAR

För att mer praktiskt kunna peka på de konsekvenser som utformningen av inglasningen och omgivande byggnadsdelar har för temperaturnivån och energianvändningen under den kalla delen av året redovisas här enkla beräkningar på tre inglasningar. De representerar nästan hela skalan från uteklimat till mer behaglig temperaturer. Möjligheterna att lagra värme har som tidigare framhållits en viss betydelse för temperaturnivån. I enkla beräkningar försummas emellertid värmekapaciteten. Följden av detta blir att minimitemperaturen i verkligheten möjligen blir högre än den beräknade. För att ge en indikation på vilken betydelse värmekapaciteten kan få, redovisar vi under 6.4 exempel på mer avancerade datorberäkningar som också tar hänsyn till värmekapaciteten.

Temperaturnivån sommartid utgör enligt våra mätningar och enligt växt-husfabrikanter inget större problem och behandlas inte i denna rapport. Tomaterna lär vara känsligare än människan för höga temperaturer och detta problem klaras med skugggardiner och vädring.

I alla exempel beräknas transmissionsförlusterna enligt:

$$\text{Specifika förlusten (W/}^{\circ}\text{C)} = \text{ytan (m}^2\text{)} \times \text{k-värdet (W/m}^2\text{,}^{\circ}\text{C)}$$

Ventilations- och infiltrationsförlusterna beräknas enligt (0,33 är specifika värmen x specifika vikten per m³ luft):

$$\text{Specifika förlusten (W/}^{\circ}\text{C)} = \text{luftvolymen (m}^3\text{)} \times \text{luftomsättningen (oms/h)} \\ \times 0,33 \text{ (Wh/m}^3\text{,}^{\circ}\text{C)}$$

Vi försöker i de enkla exempel som visas i 6.1 - 6.3 att få svar på frågorna:

- Hur är relationen värmande effekt : kylande effekt, som i sin tur ger svar på hur varmt det blir i inglasningen, utan tillskottsvärme, vid dimensionerande förhållanden vintertid?
- Hur stort är det totala k-värdet på yttervägg + inglasning?
- Är detta k-värde bättre eller sämre jämfört med om samma byggnad skulle utförts i SBN 80-standard utan inglasning? (Har byggnaden större eller mindre förluster jämfört med SBN 80?)
- Kommer inglasningen att spara energi jämfört med samma byggnad utförd enligt SBN 80 standard utan inglasning?

6.1 Exempel 1 - Inglasad veranda

Vi tänker oss en inglasad veranda på ca 20 m² (4x5x2,5m) påbyggd i efterhand på en relativt ny villa längs 5 meter av dess fasad. Den är byggd av ca 50 m² enkelglas med k-värde 5 W/°Cm². Den har en naturlig ventilation av 2 luftomsättningar/h. Väggen på 2,5x5 m² som verandan är byggd mot innehåller 5 m² treglasfönster k-värde 1,8 och resterande väggyta har k-värde 0,3.

Detta ger specifika förlusten för glasverandan:

$$50 \text{ m}^2 \text{ glas} \times 5 = 250 \text{ W/}^\circ\text{C i transmission}$$

$$50 \text{ m}^3 \times 0,33 \times 2 = 33 \text{ W/}^\circ\text{C i ventilation}$$

$$\text{Summa förluster} = 283 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Tillskottet från byggnaden blir:

$$5 \text{ m}^2 \text{ glas} \times 1,8 = 9 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$7,5 \text{ m}^2 \text{ vägg} \times 0,3 = 2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\text{Summa tillskott} = 11 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Dessa siffror ger ett förhållande mellan tillskott : förluster på ca 1 : 26. Temperaturen i verandan kommer alltså att ligga mycket nära utetemperaturen eftersom förlusterna från verandan är mycket stora jämfört med tillskottet från byggnaden. Vid +20°C inne i huset och -15°C ute får man verandatemperaturen T_V . Följande ekvation kan ställas upp där förlusterna sätts lika med tillskottet.

$$(T_V - (-15)) \times 283 = (20 - T_V) \times 11 \quad ; \text{dvs } T_V = -13,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Verandatemperaturen blir alltså vid en ihållande utetemperatur på -15°C endast någon grad över utetemperaturen. Värmekapaciteten i denna veranda är liten i förhållande till de stora förlusterna varför ev dynamik spelar en liten roll för temperaturen. Tilläggas kan att de specifika förlusterna från denna veranda jämfört med de specifika förlusterna från själva huset är åtminstone dubbelt så stora eller till och med tredubbelt om villan råkar vara ett lågenergihus.

Vi inför här ett begrepp: förlustvärde förkortat till f-värde vilket är inglasningens samlade förluster dividerat med inglasningens totala yta. Detta

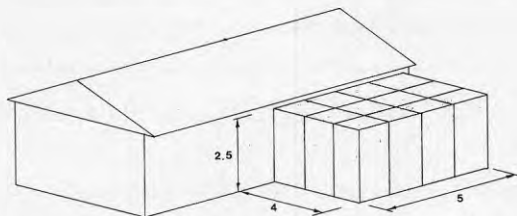
förlustvärde är mycket användbart i kommande beräkningsexempel. Man skulle kunna säga medel k -värde men eftersom det även innefattar ventilationsförluster är det mindre lämpligt. Det kan dock behandlas som ett k -värde och t.ex. jämföras med det totala k -värdet för inglasningen.

Ytterväggens medel k -värde är $11/12,5 = 0,88 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2$. Glasverandans f -värde = $283/50 = 5,66 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2$ vilket motsvarar ett värmemotstånd på $1/5,66 = 0,177 \text{ }^\circ\text{Cm}^2/\text{W}$. Fördelas detta värmemotstånd på husets väggyta $12,5 \text{ m}^2$ liksom en tilläggsisolering får vi $0,177 \times 12,5/50 = 0,044 \text{ }^\circ\text{Cm}^2/\text{W}$. Den härigenom förbättrade ytterväggen på $12,5 \text{ m}^2$ får ett nytt värmemotstånd:

$$M_{\text{tot}} = 1/0,88 + 0,044 = 1,18 \text{ vilket ger totala } k\text{-värdet} = 0,847 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2.$$

Glasverandan motsvarar en förbättring av k -värdet utslaget på väggens $12,5 \text{ m}^2$ (inklusive fönster) på $0,880 - 0,847 = 0,033 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2$ vilket ger en teoretisk årlig besparing på ca 35 KWh/år eller ca 10 kronor/år för hela väggen till följd av minskade transmissionsförluster. Utöver detta tillkommer eventuella besparingar som följd av temperaturhöjningar vid solinstrålning som visserligen kan bli större men definitivt inte ensamt motiverar byggandet av verandan. Tar man den genomsnittliga temperaturhöjningen för glasverandan i Taberg under eldningssäsongen kan man teoretiskt uppnå en maximal teoretisk besparing på några tiar. Glasverandan reducerar dessutom solinstrålningen in i huset med ca 10 % vilket gör att eventuell energibesparing minskar.

I praktiken är denna energimängd så liten att man även med ett bra regler-system knappast uppnår någon besparing. Brukarens beteende måste i detta sammanhang tas upp. Vid höga temperaturer på glasverandan kan man genom att öppna dörren mellan t.ex. vardagsrum och veranda få in en del energi som kan komma lägenheten tillgodo. Svårigheten är emellertid att stänga i rätt tid så att man inte får omvända förhållandet att vardagsrummet med sina termostatreglerade elradiatorer värmer glasverandan.



Glasveranda monterad på en villa enligt exempel 6.1

6.2 Exempel 2 - Inglasad "kall" gård

Vi tänker oss här två radhuslängor om vardera 4 hus i två plan som ligger parallellt, 8 m från varandra. Den gård på 240 m² som bildas mellan husen gläser över och dessutom gläser gavlarna in, allt med enkelglas. Taket förses med dubbla skugg/isoleringsgardiner. Den inglasade gården får måtten 30x8x5 m. Husens ytterväggar ut mot gården håller SBN 80 standard, $k=0,25 \text{ W/}^\circ\text{Cm}^2$, medan fönsterna är enbart med två glas ($k=3,0$ jämfört med SBN kravet $k=2,0$). Vi förutsätter att gården ventileras naturligt med 1 omsättning i timmen.

Detta ger specifika förlusten för glasgården:

240 m ² tak+gardin x 3,5	= 840 W/°C
80 m ² gavel x 5	= 400 W/°C
Ventilation 0,33 x 1200	= 395 W/°C

Summa förluster = 1635 W/°C

"Kylande" yta = 320 m² vilket ger f-värde = 5,11.

Specifika tillskottet från byggnaden blir:

45 m ² fönster x 3,0	= 135 W/°C [15% av väggen]
255 m ² vägg x 0,25	= 64 W/°C

Summa tillskott = 199 W/°C

"Värmande" yta = 300 m² vilket ger medel k-värdet = 0,66.

Specifika förlusten enligt SBN 80 standard utan inglasning:

45 m ² fönster x 2,0	= 90 W/°C
255 m ² vägg x 0,25	= 64 W/°C

Summa förluster = 154 W/°C

"Kylande" yta = 300 m² vilket ger medel k-värdet enl SBN 80 = 0,51.

Det sammanlagda värmemotståndet (M_{tot}) för yttervägg+inglasning vilket ger medel k-värdet som skall jämföras med SBN kravet enl ovan är:

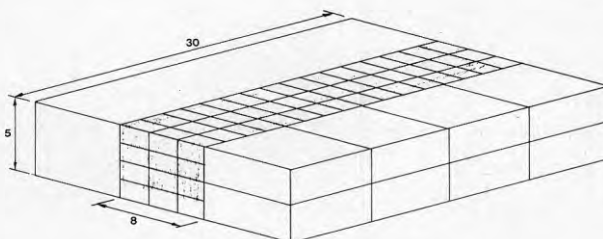
$$M_{tot} = 1/0,66 + 1/5,11 \times 300/320 = 1,70 \text{ vilket ger } k = 0,59$$

Anmärkningsvärt är att man genom att glasa in gården och samtidigt sätta in något sämre isolerande fönster får en byggnad som totalt sett kräver större uppvärmningseffekt. Den totala ytans medelförlust ökar alltså från

0,51 till 0,59 W/°Cm². Att man får en byggnad som effektmässigt är sämre behöver inte betyda att man får en större årlig energiförbrukning även om det inte kan uteslutas. Möjligen kan man beräkningsmässigt uppnå energibesparingar men aktiva insatser krävs troligen av uppvärmnings och ventilationssystemet, om man även i praktiken skall kunna utnyttja temperaturhöjningar i glasgården.

Siffrorna ger ett förhållande mellan tillskott : förluster på ca 1 : 8. Detta innebär att temperaturen i glasgården kommer att ligga relativt nära utetemperaturen under t.ex. nätter och andra perioder utan tillskott i form av sol. Vid +20°C i lägenheterna och -15°C ute kan gården komma ner i en temperatur på lägst ca -10 °C.

Vi ser också att man genom inglasningen inte har minskat den kylande ytan, jämför med nästa exempel där den kylande ytan reduceras avsevärt.



Inglasad "kall" gård enligt exempel 6.2

6.3 Exempel 3 - Inglasad "varm" gård

Vi tänker oss nu en U-formad byggnad i fyra våningar med en inglasad gård med måtten 10x20x10 m. Inglasningen är utförd med 2-glas isolerruta på söderfasaden som utgör öppningen i U-et (100 m²) samt med ett 3-skikts plasttak (200 m²). Ytterväggarna ut mot den glasade gården är isolerade med 50 mm mineralull och försedda med 2-glas isolerrutor. Under hela gården finns en källare med inomhustemperatur. Gården ingår i byggnadens ventilationssystem och ventileras utan att energi behöver tillsättas (jämfört med samma hus utan inglasning). Utöver detta har gården en ofrivillig infiltration på 0,1 luftomsättningar/h på hela volymen 2000 m³ (motsvarar 0,4 oms/h med normal rumshöjd). Temperaturen i inglasningen tillåts att variera fritt utan begränsningar liksom i de tidigare exemplen.

Detta ger specifika förlusten för glasgården:

200 m ² plasttak x 2,0	= 400 W/°C
100 m ² glasfasad x 3,0	= 300 W/°C
2000 m ³ x 0,33 x 0,1	= 66 W/°C

Summa förluster = 766 W/°C

"Kylande" yta = 300 m² vilket ger f-värdet = 2,55.

Tillskottet från byggnaden blir:

100 m ² fönster x 3,0	= 300 W/°C (20% av väggytan)
400 m ² yttervägg x 0,7	= 280 W/°C
200 m ² golv x 1,0	= 200 W/°C

Summa tillskott = 780 W/°C

"Värmande" yta = 700 m² vilket ger medel k-värdet = 1,11.

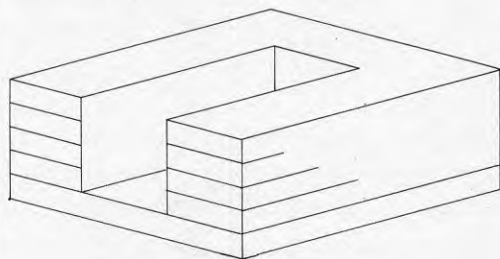
Specifika förlusten enligt SBN 80 standard utan inglasning:

100 m ² fönster x 2	= 200 W/°C
400 m ² yttervägg x 0,25	= 100 W/°C
200 m ² källartak x 0,3	= 60 W/°C

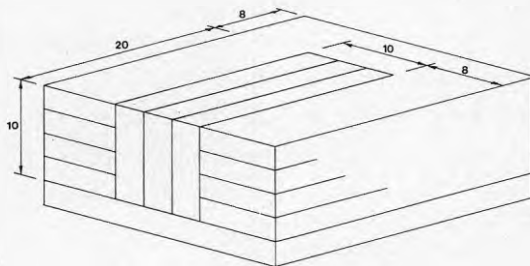
Summa förluster = 360 W/°C

"Kylande" yta = 700 m² vilket ger medel k-värdet = 0,51.

Totala k-värdet för yttervägg+inglasning som alltså skall jämföras med SBN kravet enligt ovan fås via det totala värmemotståndet (M_{tot}):



Byggnaden i exempel 6.3 enligt SBN 80 standard



Byggnaden i exempel 6.3 med inglasad gård

$$M_{\text{tot}} = 1/1,11 + 1/2,55 \times 700/300 = 1,82 \text{ vilket ger } k = 0,55.$$

Siffrorna 780/766 W/°C ger ett förhållande på tillskott/förluster på 1:1. Detta innebär att temperaturen i glasgården kommer att minst ligga på medelvärde av ute och innetemperaturen utan tillsatsvärme. Vid +20 i lägenheterna och -15°C ute så får inglasningen en temperatur på ner mot ca +3°C.

Som synes har den nu skisserade glasgården den nackdelen att den har större specifika förluster än motsvarande gård utan inglasning utförd enligt SBN 80. Skillnaden blir $(0,55 \times 700) - 360 = 25 \text{ W/}^\circ\text{C}$ och är mycket liten. Det innebär ökade förluster på ca 2500 kWh/år vilket man troligen får igen genom solinstrålning.

Skulle detta ändå åtgärdas finns det olika möjligheter. Vill man bevara den höga temperaturen i gården vintertid måste en förbättring av k-värdet ske av inglasningen och ytterväggen samtidigt så att förhållandet 1 : 1 står sig. Vill man ha en höjning av temperaturen får det bli en förbättring av k-värdet på enbart inglasningen. Tar man till den enklaste metoden att förbättra k-värdet i ytterväggen sker det på bekostnad av temperaturen i glasgården. Man kan byta ut en del glas/plast mot bättre isolerande men då mörka material. Detta leder till en mörkare gård och minskade möjligheter till solvärmeynyttjande. Möjligen kan man också ta igen det man förlorar på inglasningen genom att förbättra andra delar av byggnaden som t.ex. resterande ytterväggars isolering.

6.3.1 Beräkning med BKL-metoden

Före beräkningsresultatens redovisning är ett varningens ord på sin plats. Denna beräkningsmetod beräknar liksom de flesta andra program den energimängd som kommer in i byggnaden med givna förutsättningar. Den räknar alltså ut den besparingspotential som finns tillgänglig. Likhetsstecken får inte automatiskt sättas mellan infångad energi och energi som utnyttjas för att sänka uppvärmningskostnaderna. Det gäller alltså att välja realistiska ingångsvärden på t.ex. solvärmeutnyttjandet, som ofta är överskattat till följd av en övertro på reglersystemet. Man måste också se till att åtgärder är vidtagna på installationsidan för att utnyttja temperaturhöjningar i inglasningen till att spara energi.

Genom en inglasning av den här typen "byter man ut" de inre och delvis skuggade väggarna mot gården mot en helt inglasad och mer oskuggad söderfasad samt ett glasat tak. Det öppnar sig möjligheter att samla in solenergi i en annan omfattning än motsvarande gård utan inglasning. Beräkningsmässigt kan man visa att man trots den något försämrade "väggen" (yttervägg + inglasning) kommer att få en något lägre energiförbrukning med inglasningsalternativet. Som framgår av resultaten av beräkningarna är den möjliga sparpotentialen blygsam och tillåter inga större avvikelser från byggnormen. Givetvis förutsätts också att man inte använder tillsatsvärme utöver förlusterna från byggnaden. Det är sannolikt att byggnadens uppvärmningssystem måste anpassas genom t.ex. en zonindelning för att konststycket att spara in förlusterna också skall lyckas i verkligheten. En energiförlust, till följd av en ökad specifik förlust, får man som tidigare nämnts garanterat utan att behöva göra något. Ett energitillskott för att täcka samma förlust får man emellertid jobba för, både på ritbordet och vid driften av den färdiga anläggningen.

Här redovisas beräkningsgången och resultaten av några enkla beräkningar med BKL-metoden på den inglasade gården i exempel 6.3. För att få det hela realistiskt säger vi att huskroppen är 8 m bred och isolerad enligt SBN 80 standard. Totala fönsterytan är ca 15% av golvytan $2112 \text{ m}^2 = 317 \text{ m}^2$. Källaren håller liksom övriga huset $+20^\circ\text{C}$ året om och saknar här både ventilation och infiltration. Förlusterna från källaren sätts till en klumpsumma $400 \text{ W}/^\circ\text{C}$ förutom tillskott/förluster från gårdsbjälklag. Huset har mekanisk från- och tilluft motsvarande 0,5 oms/h med värmeväxling, verkningsgrad 65%. Infiltrationen i huset sätts till 0,1 oms/h. Bovärmetnyttjandet (personvärme + hushållsel) sätts till 5 KWh/dygn och lägenhet vilket blir 140 KWh/dygn för samtliga 28 lägenheter.

I SBN 80 alternativet har vi utetemperatur på gården. Gårdsbjälklaget har ett k-värde på 0,3. Den totala specifika förlusten för hela huset är:

Ytterväggar	$(1480 - 317) \times 0,25$	= 291 W/°C
Fönster	$317 \times 2,0$	= 634 W/°C
Tak	$528 \times 0,2$	= 106 W/°C
Källare		= 400 W/°C
Gårdsbjälklag	$200 \times 0,3$	= 60 W/°C
Ventilation	$0,5 \times 5280 \times 0,33 \times 0,35$	= 305 W/°C
Infiltration	$0,1 \times 5280 \times 0,33$	= 174 W/°C
Summa specifika förluster enligt SBN 80		= 1970 W/°C

I inglasningsalternativet gäller de förutsättningar som tidigare redovisats i exempel 6.3 i detta kapitel. För att kunna tillämpa BKL-metoden krävs emellertid en smärre förenkling. Vi antar att vi håller inomhustemperatur i hela inglasningen och kompenserar detta genom att "flytta ut" det sammanlagda k-värdet på yttervägg+inglasning till inglasningen. Medel k-värdet för ytterväggen mot gården fördelat på väggen var 0,55. Fördelat på inglasningen blir det $0,55 \times 700/300 = 1,28 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Infiltrationen skall också nu inkludera 0,1 oms/h för glasgården men denna förlustpost är medräknad i medel k-värdet. I gengäld drar vi av alla ytor som vänder sig in mot gården. Byggnadens specifika förluster i det skisserade inglasningsalternativet blir:

Ytterväggar	$(980-217) \times 0,25$	= 191 W/°C
Fönster	$217 \times 2,0$	= 434 W/°C
Tak	$528 \times 0,2$	= 106 W/°C
Källare		= 400 W/°C
Inglasningsyta	$300 \times 1,28$	= 384 W/°C
Ventilation	$0,5 \times 5280 \times 0,33 \times 0,35$	= 305 W/°C
Infiltration	$0,1 \times 5280 \times 0,33$	= 174 W/°C
<hr/>		
Summa specifika förluster med inglasning		= 1994 W/°C

Skillnaden blir alltså 24 W/°C med givna siffror vilket ökar de årliga förlusterna med ca 2500 kWh eller ca 1000 kr/år. Den dimensionerande effekten ökar marginellt med ca 1 kW till 70 kW (temperskillnad 35°C).

För samtliga glastyper sätter vi en reduktionsfaktor på 10% och för plast-taket en reduktionsfaktor på 30%. Solfaktorn som anger hur mycket av den infångade solenergin som utnyttjas till att sänka energiförbrukningen har varierats från 25% till 100 %.

Det totala årliga energibehovet som skall täckas med köpt energi och gratisenergi, beräknat med BKL-metoden med en inomhustemperatur på 20°C ger (100 000 °Ch):

Med inglasad gård	199 200 kWh eller	94,3 kWh/m ²
SBN 80 utan inglasning	196 800 kWh eller	93,2 kWh/m ²
Skillnad	2 400 kWh eller	1,1 kWh/m ²

Motsvarande totala behov dock med mer realistiska + 22°C inomhus:

Med inglasad gård	234 200 kWh eller	110,9 kWh/m ²
SBN 80 utan inglasning	231 300 kWh eller	109,5 kWh/m ²
Skillnad	2 900 kWh eller	1,4 kWh/m ²

Årligt uppvärmningsbehov enligt BKL-metoden för hela byggnaden, med hänsyn taget till angivet utnyttjande av gratisenergi, fördelat på lägenhetsytan 2112 m² med inomhustemperaturen +20 och +22°C och vid varierande utnyttjande av solenergi (kWh/m²år):

	Sol 100% +20°C	Sol 50% +20°C	Sol 25% +20°C	Sol 25% +22°C
SBN 80 utan inglasning	44,0	52,3	59,1	71,8
Med inglasning	33,8	45,4	54,1	65,7
Skillnad	9,2	6,9	5,0	6,1

Enligt denna beräkning finns det en sparpotential på drygt 9 kWh/m²år som alltså skall jämföras med 1 kWh/m²år i ökade förluster. Vid 25% utnyttjande av solenergi kan man spara ca 5 kWh/m²år.

Det som man kanske inte väntar sig är att utnyttjandet av gratisvärmen, både bovärme och sol, har väldigt stor inverkan på energiförbrukningen, betydligt större inverkan än inglasningen. Byggnaden enl SBN 80 använder mindre energi (52,3 kWh/m²år), om den utnyttjar tillgänglig solenergi från fönsterna till 50%, jämfört men inglasningsalternativet om man där endast utnyttjar 25% av solenergin genom fönster och inglasning (54,1 kWh/m²år).

Den sannolika inomhustemperaturen enligt våra erfarenheter från mätprojekt kommer att bli närmare +22°C än 20°C. Gratisvärmeutnyttjandet är vanligtvis dåligt och tas ut i form av temperaturhöjningar, och kan inte utnyttjas till att sänka energiförbrukningen. Den årliga energiförbrukningen kommer troligen att hamna på upp mot 100 kWh/m² för uppvärmning och ventilation även om ca 70 kWh/m² som framgår av tabellen är fullt möjligt, både med och utan inglasning.

6.4 Datorberäkningar med DEROB-LTH

Beräkningar med avancerade och tidskrävande datorprogram som DEROB-LTH behöver normalt inte utnyttjas för att beräkna lägsta temperatur i inglasningen, ev dimensionerande effekt mm. För att jämföra resultaten av de enkla beräkningarna (avsnitt 6.1 - 6.3) med avancerade datorberäkningar har vi valt att här presentera några datorberäkningar på den i avsnitt 6.3 behandlade "varma" gården. Vi visar simuleringar av vinter- och vårfallet och ser om man kommer ner i den lägsta temperatur som enkla beräkningar på ett stationärt dimensionerande fall anger. För att ge ett exempel på parameterstudier, och samtidigt få en indikation på dynamikens betydelse, har olika väggmaterials inverkan på temperaturvariationerna inom glasgården studerats.

Resultaten av de beräkningar på den "varma" inglasade gården som presenteras i detta avsnitt kan sammanfattas:

Trots ett gynnsamt förhållande mellan värmestillskott och värmeförluster kombinerat med tunga väggmaterial i inglasningen, visar simuleringarna att vi under vinterfallet inte kommer att få några dramatiska skillnader i temperaturnivån inom denna glasgård, jämfört med de enkla beräkningarna av ett stationärt fall. Maximalt ca 2 - 3°C kan vi konstatera under den aktuella vinterveckan nattetid. Simuleringarna pekar också på att man under perioder utan sol kommer ner i de temperaturer som betydligt enklare beräkningar ger oss. Minskningen i uppvärmningseffekt till följd av solinstrålning är måttlig och under perioder utan sol kommer man upp i de nivåer som konventionella metoder anger.

Till skillnad från de enklare beräkningsprogrammen hanterar DEROB-LTH strålningsutbytet och konvektionen vid t ex väggytor var för sig. Värmemotståndet för varje yta kommer därför att variera under simuleringen. Strålningsandelen för en enskild yta varierar i tiden pga dess egna och motstrålande ytors temperaturvariationer samt solinstrålningens variation. Värmemotståndets konvektionsandel är beroende av temperaturskillnad mellan ytan och rumsluft samt ytans orientering.

Datorprogrammet beräknar alltså det aktuella k -värdet för konstruktionen genom att variera inre och yttre värmeövergångsmotstånd (m_i och m_u) efter gällande strålnings- och temperaturförhållanden. En inglasning kan i detta avseende skilja sig markant från en konventionell välisolerad yttervägg. Den konventionella ytterväggen har normalt endast ett m_i och m_u

och summan utgör endast en liten del av det totala värmemotståndet. Eventuella variationer av m_i och m_u spelar därför en mycket liten roll för det totala värmemotståndet. Konstruktionen vägg + ev gardin + inglasning utgör tillsammans en yttervägg med ibland samma goda isolerförmåga som en väl isolerad vägg. Man har dock flera skikt vars m_i och ev m_u tillsammans kan utgöra en stor del av konstruktionens totala värmemotstånd. Som framgått av exemplen i detta kapitel kan ytrelationen yttervägg inglasning spela en stor roll vid beräkning av konstruktionens totala värmemotstånd. Detta gör m_i och m_u ännu mer betydelsefullt. T ex kommer summa $m_i + m_u$ för den glasade delen att få än större betydelse, fördelat på ytterväggarna i inglasningen genom "reduceringen" av ytterytan. I exempel 6.3 ca 3 gånger större genom reduceringen av ytan till en tredjedel.

En omfattande mängd indata krävs normalt för att geometriskt beskriva huset. Mått och placering av varje vägg, storlek och placering av varje fönster, eventuell skuggning mm måste anges. I dessa datorberäkningar har vi valt att förenkla byggnaden till ett utseende som visas i figur 6.1 och 6.2. Bilderna av byggnaden är ritade med hjälp av datorprogrammet. Av figurerna framgår den uppdelning av huskroppen som beräkningsmässigt skett i 5 "volym". Källaren och glasgården utgör var sin volym medan övriga byggnaden delats i tre delar: norr, öster och väster. Som synes har hela fönsterytan placerats centralt på väggarna i öster och väster med den uppdelning i ytor som gäller i exempel 6.3.1. Fig 6.1 visar byggnadens yttre omslutande ytor och man kan se in genom fönsterna. I Fig 6.2 betraktas byggnaden från en punkt där solen befinner sig 20/4 kl 11⁰⁰. Byggnadens samtliga väggar är här utritade. Vi har valt att visa huset så att man kan se igenom tak och ytterväggar.

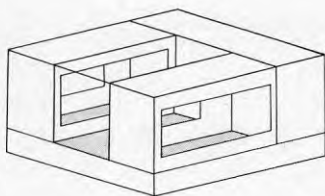


Fig 6.1 Byggnaden i exempel 6.4

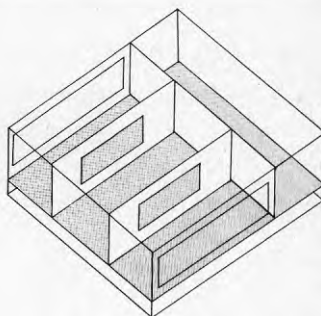


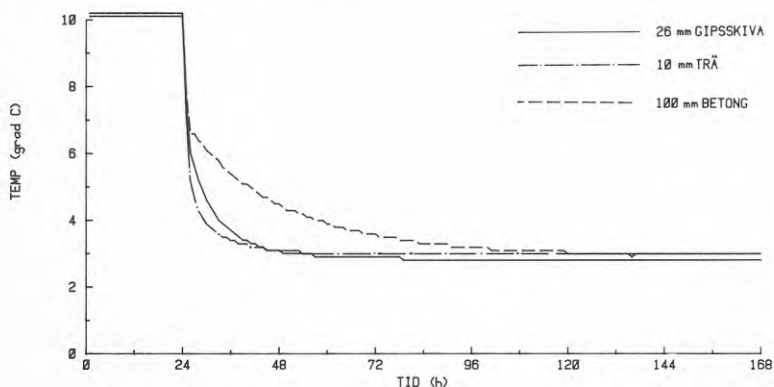
Fig 6.2 Byggnaden i exempel 6.4

6.4.1 Värmekapacitetens betydelse

Beroende på om ytterväggarna i den inglasade gården är lätta eller tunga kommer temperaturvariationerna och möjligen också lägsta temperatur att påverkas. Dessa skillnader i gårdstemperatur kan åskådliggöras genom en enkel parameterstudie, se Fig 6.3. Här får man fram hur temperaturen inom glasgården sjunker olika snabbt med varierande material i väggarna mot glasgården. Med ledning av de beräknade temperaturvariationerna kan tidskonstanten beräknas. Figuren visar ett hypotetiskt fall utan sol med $+20^{\circ}\text{C}$ inomhus och en utomhustemperatur som en längre tid legat på konstant 0°C , för att sen omedelbart sänkas till konstant -15°C .

Tre väggtyper har studerats, 100 mm betong, 26 mm gips samt 10 mm träpanel. Alla väggtyperna är isolerade med ca 60 mm mineralull. Väggar med ett ytskikt av 100 mm betong ger som synes det bästa resultatet och håller temperaturen längst även om det bara är skillnader på upp mot 2°C jämfört med lättare väggtyper. Oavsett lätt eller tungt väggmaterial sjunker temperaturen kraftigt och stort sett lika mycket den första timmen. Simuleringen visar också att glasgården med betongväggar har en tidskonstant på 10 h. Tidskonstanten är den tid som förflutit tills dess 63 % av den slutliga temperaturförändringen från $10,1$ till $2,9^{\circ}\text{C}$ i gården har erhållits efter temperatursänkningen utomhus. Väggarna med dubbla gipsplattor på 26 mm och 10 mm träpanel har betydligt sämre värmelagrande förmåga. Tidskonstanten för dessa gårdar kan här mätas upp till ca 3 h med gipsväggar respektive under 2 h med träpanel.

I nästa avsnitt kommer temperaturnivån att simuleras, under verkliga förhållanden för en vintervecka, med gips och betong som väggmaterial.



EXEMPEL 6.4
PARAMETERSTUDIE VÄGGMATERIAL

Fig 6.3 Parameterstudie med olika väggmaterial i gården

6.4.2 Simulering av temperaturen vintertid

I en första beräkning kontrolleras vad den spontana temperaturen blir i den inglasade gården vid konstant utetemperatur -15°C , $+20^{\circ}\text{C}$ inomhus i hela byggnaden inklusive källare samt utan solinstrålning. Isoleringvärden för väggar och bjälklag inom den glasade gården har valts så att temperaturen stabiliseras efter någon dag på strax under $+3^{\circ}\text{C}$, vilket är det värde som en enkel beräkning med konstanta värmeövergångsmotstånd ur SBN80 visar man ligger på, för motsvarande stationära fall. Vi har alltså ingen inverkan av dynamiken i denna beräkning. Denna nivå, som alltså kan beräknas med enkla metoder enl 6.3, kommer i en del figurer att redovisas för att visa temperaturavvikelsen till föjd av dynamiken.

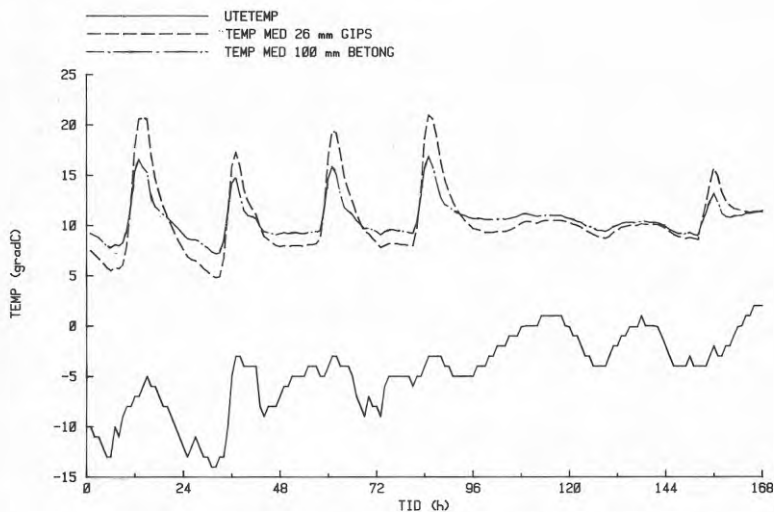
Efter kontrollberäkningen mot stationära fall har den spontana temperaturen i den glasade gården simulerats för en vintervecka med varierande uteklimat, se Fig 6.4. Två beräkningar har utförts med olika ytmaterial i inglasningens väggar, 100 mm betong respektive dubbla gipsplattor på totalt 26 mm. Båda väggtyperna är isolerade med ca 60 mm mineralull. Under de soliga och kalla dygnet i början av veckan får man dagtid en kraftig temperaturhöjning i glasgården. Väggar av betong ger upphov till lägre temperaturer i inglasningen vid solinstrålning beroende på den ökade möjligheten att passivt lagra energi. I gengäld får man något högre temperaturer i inglasningen under natten då den upplagrade energin frigörs. Eftersom lika mycket värme kommer in i båda fallen och ingen värme har behövts vädras ut kommer medeltemperaturen för veckan att bli lika i båda fallen, $+10,5^{\circ}\text{C}$.

Ytterligare en beräkning har utförts med ett hypotetiskt fall för att visa temperatursvängningarna i gården som följd av enbart utetemperaturens variationer. Detta har skett genom att hela byggnaden försetts med en fullständig skuggning, (inklusive samtliga fönster och inglasning) och därefter simulerats under den aktuella vinterveckan. Resultatet redovisas i Fig 6.5 där temperaturen i gården visas som funktion av utetemperaturen. Temperaturen varierar någon grad på grund av värmekapaciteten, men ligger hela tiden på den nivå som de enkla beräkningarna anger.

I Fig 6.6 redovisas temperaturen för glasgården med gipsplattor som ytmaterial enligt Fig 6.4, nu som funktion av utetemperaturen under den aktuella veckan. Man kan se att temperaturen når ner till den nivå som de enkla stationära beräkningarna anger, åtminstone under de solfattigare

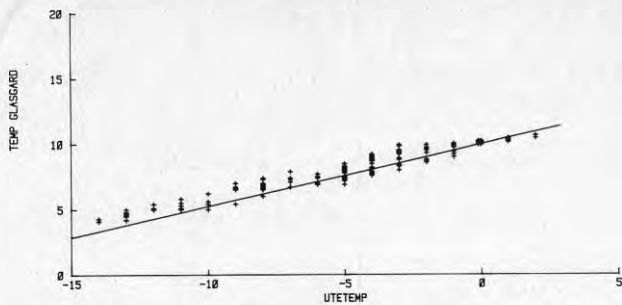
och varmare dygnen. Denna nivå är markerad med en linje. Eventuell skillnad mot denna nivå är inverkan av glasgårdens förmåga att passivt lagra värme. Av figuren framgår också att man dagtid, trots utetemperaturer på -5°C till $+5^{\circ}\text{C}$, får en temperatur i glasgården på drygt 20°C under några timmar vid solinstrålning.

Fig 6.7 visar motsvarande gårdstemperatur för ytterväggar med 100 mm betong. En markant skillnad för både den lägsta och högsta temperaturen i inglasningen kan konstateras. Under kalla nätter ligger temperaturen ett par grader högre, $7 - 8^{\circ}\text{C}$ jämfört med motsvarande gård med gipsväggar som ligger på $5 - 6^{\circ}\text{C}$. Dagtid kommer man upp i som mest $16 - 17^{\circ}\text{C}$ jämfört med $20 - 21^{\circ}\text{C}$ med gipsväggar. Gården med betong skiljer sig i ett avseende från gården med gips och det är under kalla nätter. Man ser att vid temperatursänkningar utomhus kommer temperaturen i gården att ligga $2 - 3^{\circ}\text{C}$ över den nivå som de enkla beräkningarna anger. Gården med gips låg endast ca 1°C över denna nivå.



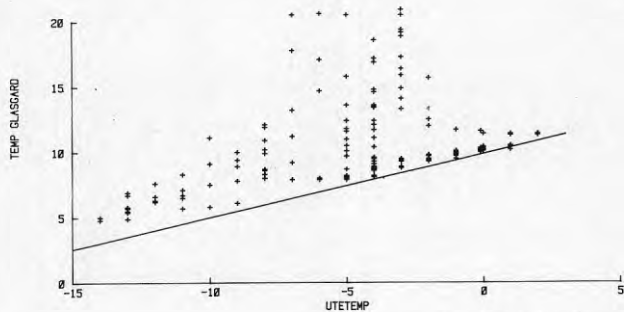
EXEMPEL 6.4
SIMULERING 1-7/1

Fig 6.4 Simulering av gårdstemperaturen under en vintervecka



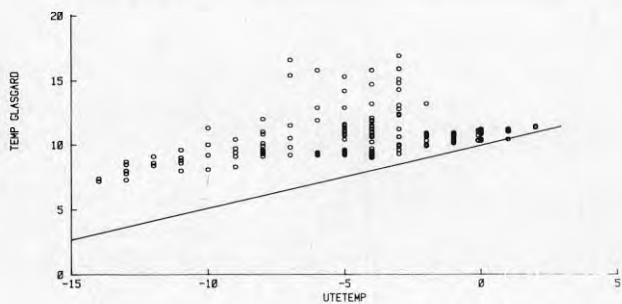
EXEMPEL 6. 4
SIMULERING 1-7/1

Fig 6.5 Gårdstemperaturens förhållande till utetemperatur, skuggat hus



EXEMPEL 6. 4
SIMULERING 1-7/1

Fig 6.6 Gårdstemperaturens förhållande till utetemperatur, gipsväggar



EXEMPEL 6. 4
SIMULERING 1-7/1

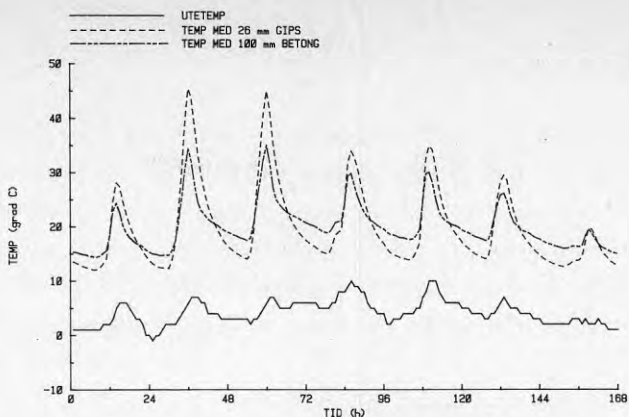
Fig 6.7 Gårdstemperaturens förhållande till utetemperatur, betongväggar

6.4.3 Simulering av temperaturen under tidig vår

I detta avsnitt har den spontana temperaturen i glasgården simulerats för en relativt solig vårvecka. Två beräkningar har utförts med olika ytmaterial i inglasningens väggar, 100 mm betong respektive dubbla gipsplattor på totalt 26 mm. Båda väggtyperna är isolerade med ca 60 mm mineralull. Fig 6.8 visar temperaturerna under veckan utomhus samt för glasgården med de två väggtyperna. Man ser nu tydligare än vid vinterfallet betongens utjämnande verkan på temperaturen i inglasningen. Soliga dagar kan den högsta temperaturen i inglasningen skilja ca 10°C med de olika väggmaterialen. Under nätterna får man en skillnad på 3 - 5°C.

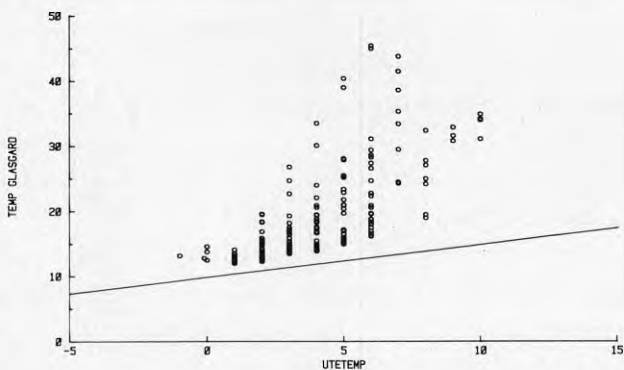
Under dessa simuleringar har vi tillåtit temperaturen i inglasningen att stiga okontrollerat. I praktiken kan man inte tillåta temperaturnivåer på mer än 25 eller möjligen upp mot 30 sommartid. Genom skuggning och vädring kan man hålla temperaturen på en rimlig nivå, framförallt under denna tidiga vårvecka med relativt måttliga temperaturer utomhus även dagtid. Vid vädring kommer emellertid värme som annars till en del skulle ha lagrats inför natten att försvinna. Förutom att temperaturen då blir lägre under nätterna kommer medeltemperaturen som helhet att minska. Med betongväggar eller andra tunga material i inglasningen krävs mindre vädring och medeltemperaturen kommer att öka under veckan.

I Fig 6.9 och 6.10 redovisas gårdstemperaturen för gips- respektive betonggården, nu som funktion av utetemperaturen. Här kan man också se den dämpande effekten av gårdens betongbeklädnad. Den markerade linjen är den temperaturnivå som inglasningen får vid hypotetiska fall utan sol med konstant utetemperatur en längre tid. Det är samma temperaturnivå som man kommer fram till med enkla beräkningar av stationära fall. Trots de höga temperaturerna på över 40°C i glasgården med gips kommer temperaturen endast att ligga ca 1°C över denna nivå framåt morgonen. Glasgården med betong klarar sig bättre i detta avseende och ligger regelmässigt åtminstone ca 4°C över denna nivå.



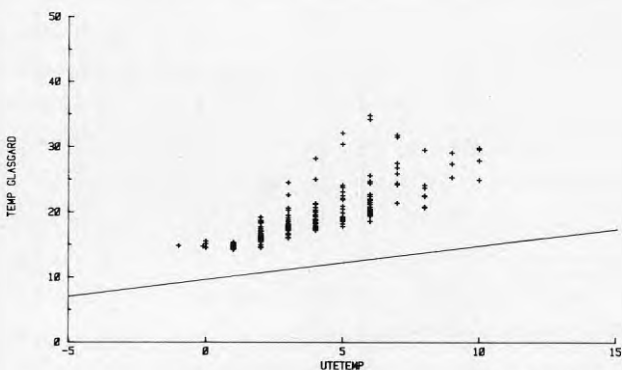
EXEMPEL 6. 4
SIMULERING 16-22/3

Fig 6.8 Simulering av gårdstemperaturen under en vårvecka



EXEMPEL 6. 4
SIMULERING 16-22/3

Fig 6.9 Gårdstemperaturens förhållande till utetemperatur, gipsväggar



EXEMPEL 6. 4
SIMULERING 16-22/3

Fig 6.10 Gårdstemperaturens förhållande till utetemperatur, betongväggar

6.4.4 Simulering av uppvärmningsenergin

Byggnaden med den inglasade gården i 6.3 och 6.4 kan betraktas som en tung byggnad. Den har bjälklag och ytterväggar av betong i alla beräkningar, förutom väggarna mot glasgården. Tar man hänsyn till värmekapaciteten kommer byggnadens uppvärmningseffekt att avvika från det behov som kan beräknas med konventionella metoder, se 6.3.1. Man tar normalt hänsyn till detta vid dimensioneringen av uppvärmningssystemet genom att använda en högre dimensionerande utetemperatur för en tung byggnad.

En simulering av den erforderliga uppvärmningsenergin med ideal reglering, har först utförts med hela huset fullständigt skuggat under den aktuella vinterveckan. Härigenom kan ett renodlat fall, där enbart inverkan av byggnadens egen värmekapacitet studeras. Resultatet redovisas i Fig 6.11. Vid kortvariga temperatursänkningar nattetid behöver man teoretiskt inte den med enklare metoder framräknade effekten, vilken är utritad med en heldragen linje. Man ligger i stället på den streckade linjen, som är "medeleffekten" för veckan, vilken datorn har räknat ut med minsta kvadratmetoden. Det är denna nivå vi måste utgå ifrån när vi bedömer reduktionen i effekt till följd av solinstrålning.

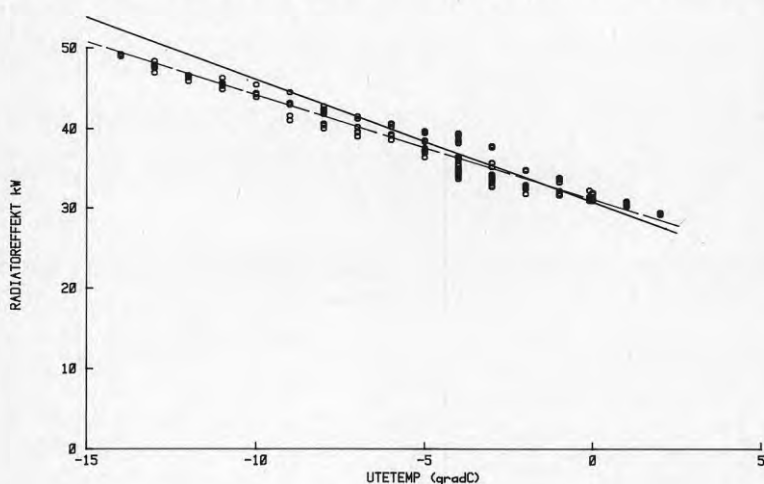
På grund av förenklingar som tidigare gjorts, som t ex att källaren i 6.3.1 har konstanta förluster på $400 \text{ W}/^\circ\text{C}$, får vi avvikelser på den beräknade maximala effekten jämfört med tidigare redovisade stationära beräkningar. Avsikten med detta avsnitt är emellertid att visa den maximala reduktionen av uppvärmningsenergin totalt för byggnaden till följd av solinstrålningen under denna vintervecka.

Den beräknade ideala uppvärmningsenergin beroende av utetemperaturen redovisas i Fig 6.12, nu för den oskuggade byggnaden. Beräkningen är gjord under vinterveckan med gårdsväggarna försedda med gipsbeklädnad. Den totala uppvärmningseffekt som byggnaden enligt datorprogrammet behöver, efter insvängningsförlopp på flera dygn utan solinstrålning vid konstanta utetemperaturer, är inritad med en heldragen linje. Den redovisade medeleffekten för den skuggade byggnaden enl Fig 6.11 är i Fig 6.12 utritad med en streckad linje. Avvikelsen från den streckade linjen är den maximala reduktionen av radiatoreffekten vid ideal reglering till följd av solinstrålning genom fönster och glasgård. Som synes ligger man för de kallaste och soliga dygnen på ca 2 - 3 kW reduktion i genomsnitt.

I Fig 6.13 visas uppvärmningsenergin i förhållande till utetemperaturer under den aktuella vårveckan. Möjligheterna till energibesparing är relativt större genom den ökade solinstålningen och det mindre uppvärmningsbehovet. Vi har här inte räknat ut den effektiva nivå som den skuggade byggnaden kräver med normala temperaturvariationer ute. Den nivå som de stationära beräkningarna anger och som ligger något högre är utritad med en linje. Avvikelserna från denna linje ligger på i storleksordningen samma nivå som i vinterfallet även om de relativt sett är större i detta vårfall.

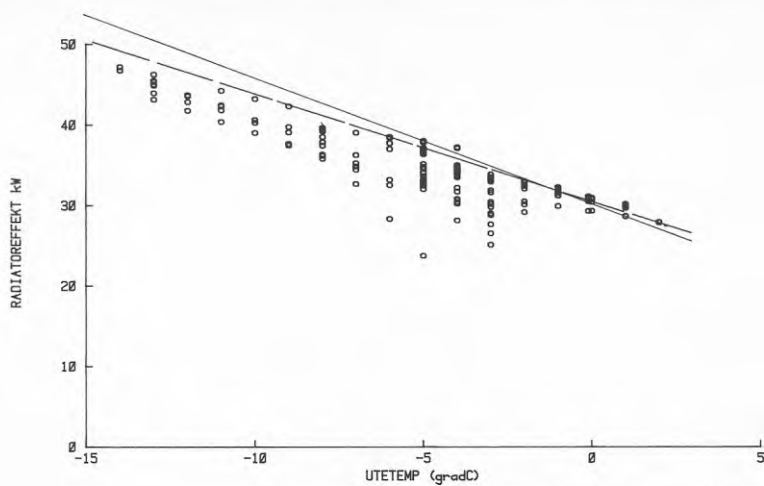
Reduceringen i effekt erhålles därför att vi i exemplet har ett hus av betong, och att solen genom byggnadens förenklade utförande och fönstrens placering får bra möjligheter att belysa och värma upp stora betongytor inomhus, både genom fönster och via inglasningen. Hur stor del av effektminskningen som beror på inglasningen och hur mycket som beror på fönsterna har vi inte undersökt.

För att studera inglasningens eventuella betydelse på uppvärmningsenergin måste jämförande beräkningar göras på motsvarande byggnad utan inglasning, utförd med gällande isolerstandard. Längre och mer noggranna simuleringar måste då genomföras. Detta har vi inte gjort och vi kan därför inte ange den årliga besparingspotentialen till följd av inglasningen. Oavsett beräkningsmetod lär den dock inte bli större än den i 6.3.1 framräknade. Att man trots låga utetemperaturer under vinterveckan ligger på temperaturer i glasgården på mellan +5 och +10°C utan tillsatsvärme och att man stundtals ligger på rumstemperatur får betecknas som den stora vinsten.



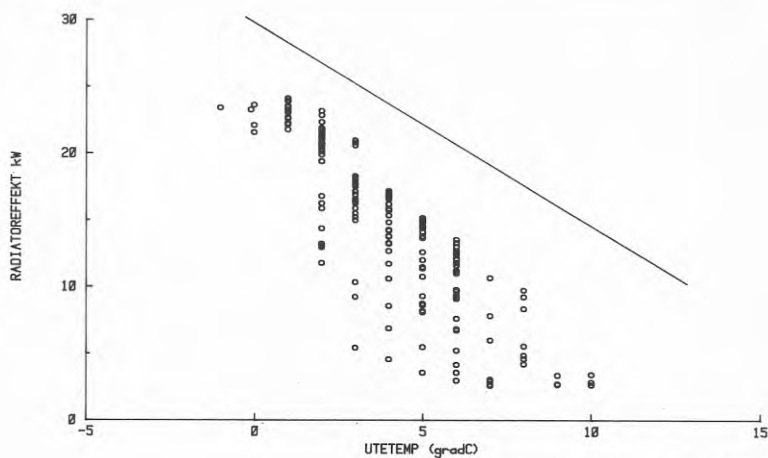
EXEMPEL 6.4
SIMULERING 1-7/1

Fig 6.11 Uppvärmningseffektens förhållande till utetemperaturer, skuggat hus



EXEMPEL 6.4
SIMULERING 1-7/1

Fig 6.12 Uppvärmningseffektens förhållande till utetemperaturen, vinterveckan



EXEMPEL 6.4
SIMULERING 16-22/3

Fig 6.13 Uppvärmningseffektens förhållande till utetemperaturen, vårveckan

7 MÄTRESULTAT FRÅN NÅGRA INGLASNINGAR

Det är tre projekt som kommer att beskrivas här. Två av projekten beskrivs mycket kortfattat, Taberg och Tärnan. De utgör fristående forskningsprojekt och kommer att behandlas ingående i respektive projektrapport. Gårdsåkraprojektet ingår i ett större projekt och kommer inte att avrapporteras separat på samma sätt. Det har därför behandlats mer ingående i denna rapport. Vi har dessutom genom Gårdsåkraprojektet fått värdefulla insikter i bl a uppvärmning av inglasningar.

Taberg som är arbetsnamnet på en grupp med fyra huskroppar om totalt 32 lägenheter belägna i Smålands Taberg strax söder om Jönköping. Området byggdes 1980 och varje lägenhet har sin ouppvärm� glasveranda typ växthus på 10 - 16 m². Projektet är avslutat och avrapportering sker våren 1986 genom Bertil Fredlund.

Tärnan som består av 9 småhus varav 7 radhus omger en icke uppvärmd överglasad gård på ca 200 m². Projektet som är beläget i Landskrona innefattar även grundvattenvärmepumpar och omfattande undersökningar av marktemperaturer ner till 80 m djup. Mätningarna beräknas pågå fram till sommaren 1986 och avrapportering sker då genom Egon Lange och Maria Wall.

Gårdsåkraprojektet i Eslöv, även kallat Nya Esle är kanske det mest omtalade. Mätningarna där ingår i två samlande projekt under temat "Inglasade rum" som Maria Wall och Mätgruppen genom Egon Lange arbetar med. Kv. Gårdsåkra består av en delvis uppvärmd inglasad gata på 5000 m² som är 375 m lång. Den är omgiven av 126 lägenheter och olika institutioner på tillsammans drygt 15000 m². Mätningarna är här begränsade till själva glasgatan och väntas pågå fram till sommaren 1986. En rapport om mätningarna och driftserfarenheter fram till 1985 kommer att publiceras av Egon Lange i BKL:s rapportserie (nr BKL 1986:1). Mätresultaten har legat till grund för en energiteknisk utvärdering av glasgatan och lett till en planerad ombyggnad av anläggningen inför vintern 1986.

7.1 Smålands Taberg - glasverandor

I Smålands Taberg strax söder om Jönköping finns ett mindre bostadsområde med 32 lägenheter. Husen som byggdes 1980-81 är relativt väl isolerade och varje lägenhet är försedd med en inglasad veranda på 10 till 16

m². Man har vid projekteringen av husen och inglasningarna haft god kännedom om de begränsade möjligheterna till energibesparing. Vid framtoningen av projektet i olika media har trots detta energiaspekterna på glasverandan fått en framträdande plats. Man har emellertid inte ens en teoretisk möjlighet att spara energi i en omfattning som är värd att nämna med hjälp av den inglasade verandan. Siffror på några tiotal kronor per år kan det på sin höjd bli tal om per år. Som ett komplement till bostaden måste man säga att inglasningen är en fullträff liksom området i övrigt är. Totalt sett har det blivit ett verkligen lyckat projekt speciellt med tanke på att det var ett av pionjärprojekten som har gett många nya idéer och uppslag till inglasningstekniken. Liknande glasverandor kan nu återfinnas på flera håll runt om i landet.

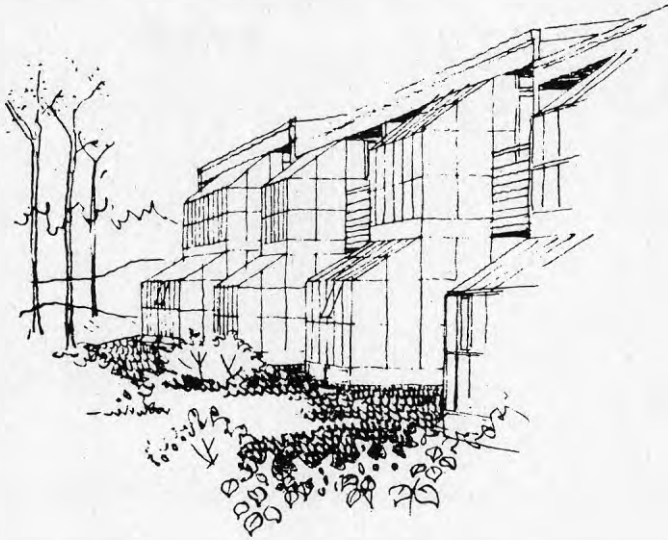
7.1.1 Mätresultat - beräkningar

Under två säsonger har intensivmätningar utförts på klimatet i några lägenheter med tillhörande glasverandor varav en har varit obebodd hela perioden. Som exempel på genomförda undersökningar kan nämnas att vi under en säsong demonterade alla glasrutor i verandan tillhörande den tomma mätlägenheten och jämförande mätningar utfördes samtidigt i grannens veranda. Vi har alltså gjort mätningar på samma lägenhet både med och utan veranda. Även försök med ett glaubersaltlager för utjämning av dygnsvariationer hos temperaturen, har utförts i verandan.

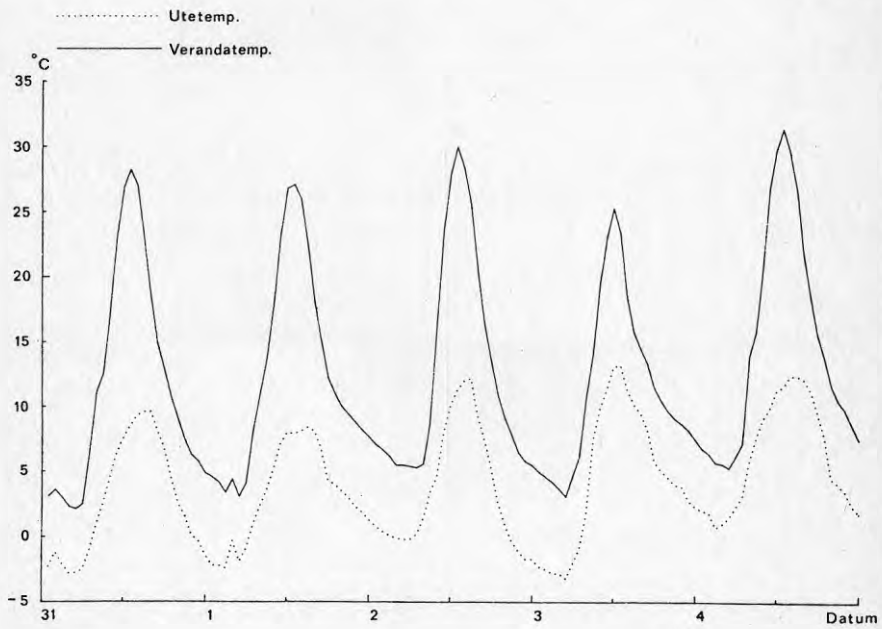
Fig 7.1 visar en av verandans positiva sidor, den kraftiga temperaturhöjningen som följd av den tidiga vårsolen.

Fig 7.2 visar en sammanställning av hur många dagar man minst haft en viss temperatur i en oskuggad och stängd glasveranda under ett år under olika angivna tider på dygnet. Från solen ofullständigt avskärmade temperaturgivare gör att den angivna temperaturen kan vara aningen för hög, främst kl 12 och kl 16.

Fig 7.3 visar resultatet av en beräkning med datorprogrammet DEROB-LTH vars resultat jämförs med de uppmätta temperaturerna. Som synes är överensstämmelsen mycket god trots att de aktuella dygnet var mycket soliga. Överensstämmelsen gäller också de sista molniga dygnet. Den lilla temperatursvackan i uppmätta värden mitt på dagen som inte återfinns i de beräknade värdena beror på ett skuggande träd framför verandan.



Inglasade verandor i Smålands Taberg



82.03.31 - 82.04.04

Fig 7.1 Lufttemperaturen i verandan under några soliga vårdygn

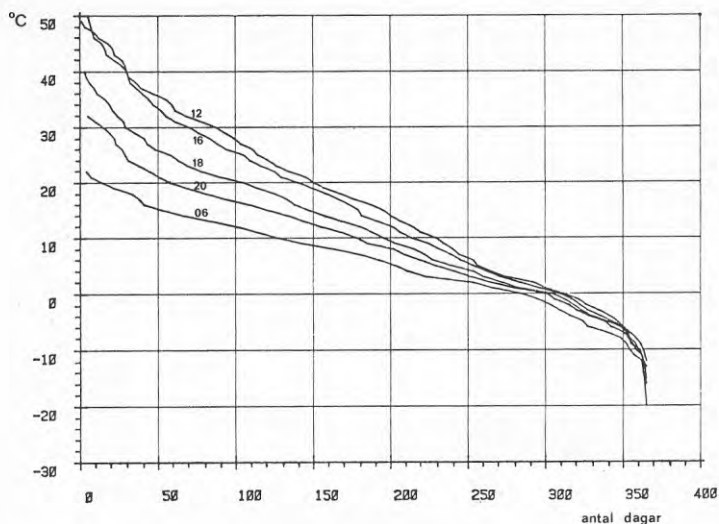
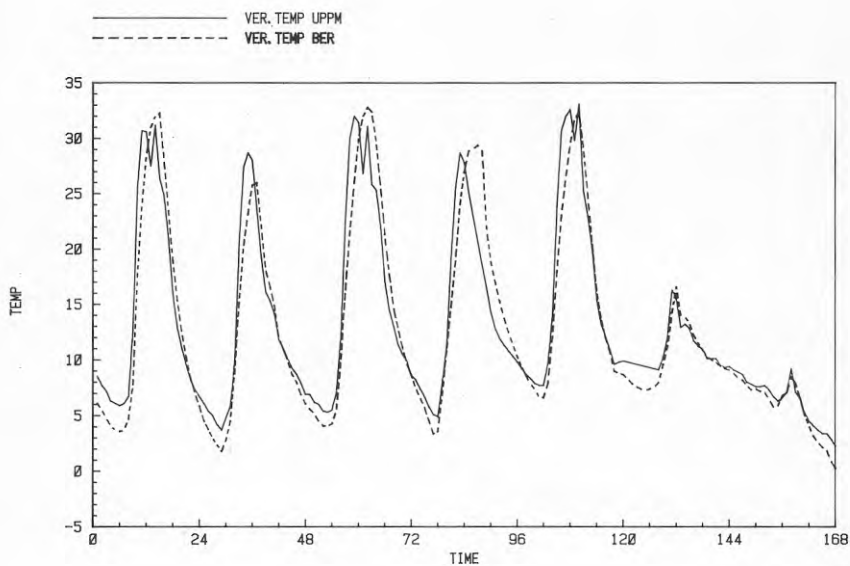


Fig 7.2 Frekvensen av verandatemperaturen under olika tider på dygnet under ett år



TABERG
2/4-8/4 1983

Fig 7.3 Beräknade och uppmätta temperaturer på verandan

7.2 Tärnan - en inglasad gård

Kv. Tärnan i Landskrona med sina totalt 9 småhus varav 7 radhus kring en inglasad gård på ca 200 m² var tänkt som ett pilotprojekt till det större Gårdsåkraprojektet. Av olika anledningar försenades projektet och blev klart i stort sett samtidigt med Gårdsåkra. Likhetererna är alltså stora rent byggnadstekniskt mellan projekten, men glasgården i Tärnan saknar helt uppvärmningsanordningar. Glasgården med radhusen i norr och söder och glasgavlar i öster och väster har ett ogynnsamt förhållande mellan värmeförlust tillskott från byggnader och värmeförluster genom glaset, 1:6. Krypgrunden under husen har förbindelse med gården genom att friskluft den vägen tas in till gården. Därmed ökar tillgänglig värmekapaciteten. Man lyckas hålla plusgrader i inglasningen ända ner mot -10°C ute, vilket visas i nästa avsnitt. Genom att maximalt utnyttja tillgänglig värme från byggnader och upplagrad energi från golvet har man utan tillskottsenergi till en stor del lyckats nå upp till den temperaturhöjning som man i Gårdsåkra erhåller genom att tillsätta köpt värme.

Den energitekniska utvärderingen är ännu inte slutförd, men om ingen uppvärmning sker i glasgatan kommer man att få en teoretisk besparing relativt SBN 80. Detta beror dels på minskade transmissionsförluster och dels på att tilluften till lägenheterna tas från glasgården. För de 7 radhusen tillsammans kan komma upp i siffror på upp mot 10 000 kWh/år. Genom värmepumpsdriften är energipriset lågt på Tärnan, kanske 10 öre/KWh, mot normalt ca 30 öre/KWh. Även med det högre energipriset tar det emellertid hundratals år att betala igen kostnaden för inglasningen, som var ca 500 000 kr om man nu anser att att kostnaden skall täckas med lägre energikostnader. Inglasningar her emellertid många andra värden och denna gård utnyttjas flitigt av de boende.

Några direkt tekniska problem med inglasningen har man inte haft. Sommartid kan man begränsa temperaturen till någon grad över utetemperaturen genom de automatiskt styrda vädringsluckorna och skuggardinerna. Vintertid har man visserligen kallt i gården men det har man accepterat. Den växtlighet som valdes inför första vintern klarade inte av de låga temperaturerna men nya och mer hårdiga växter har nu med gott resultat ersatt de gamla.

Den värmepumpsanläggning som installerats höll inte måttet de kalla nätterna i januari-februari 1985. Detta åtgärdas nu inför vintern 1985/86.

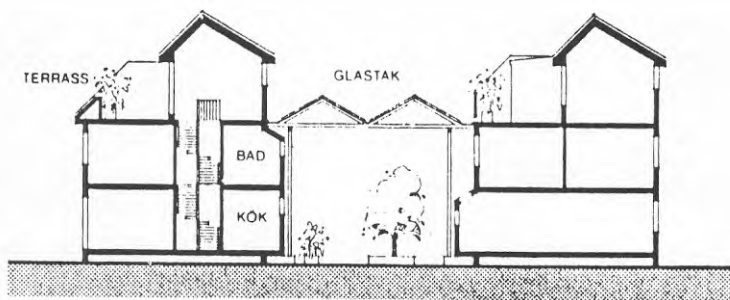
Värmepumparna tar sin värme från ca 10^o grundvatten ner till 80 m djup från den så kallade Alnarpströmmen. Denna del har fungerat väl och vi har sedan 2,5 år tillbaka följt upp temperaturförändringarna i akviferen på uppdrag av geologer och forskare, som studerar värmelagring i mark.

7.2.1 Mätresultat - beräkningar

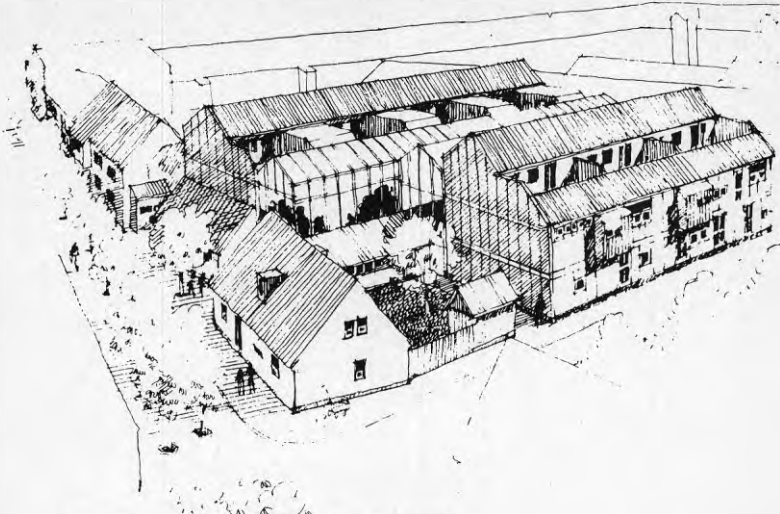
I figur 7.4 redovisas glasgårdens temperatur på 1,5 m höjd vid varierande utetemperatur. Figuren innefattar timmätningar från olika perioder vintern 1983/84. Vid ca -10^oC får man ungefär 0^oC i glasgården. Jämför med motsvarande figur för Gårdsåkra, Fig 7.7.

Temperaturvariationerna för några vårdygn 1984 redovisas i Fig 7.5. Några av de första dyggen var solfattiga och temperaturen i gatan ligger liksom under natten endast några grader över utetemperaturen. De sista soliga dagarna får man en kraftig temperaturhöjning i glasgården under dagtid.

De första försöken att beräkna temperaturvariationerna med DEROB-LTH i en befintlig inglasning och jämföra med uppmätta värden utfördes på Tärnan av Maria Wall. Genom mångfalden av mätresultat har vi mycket goda möjligheter att validera beräkningarna. Fig 7.6 visar resultatet av den datorberäknade temperaturen jämfört med den uppmätta. Som synes är överensstämmelsen mycket god.



Sektion av den glasade gården inom Kv Tärnan med omgivande radhus



Kv Tärnan med sin inglasade gård

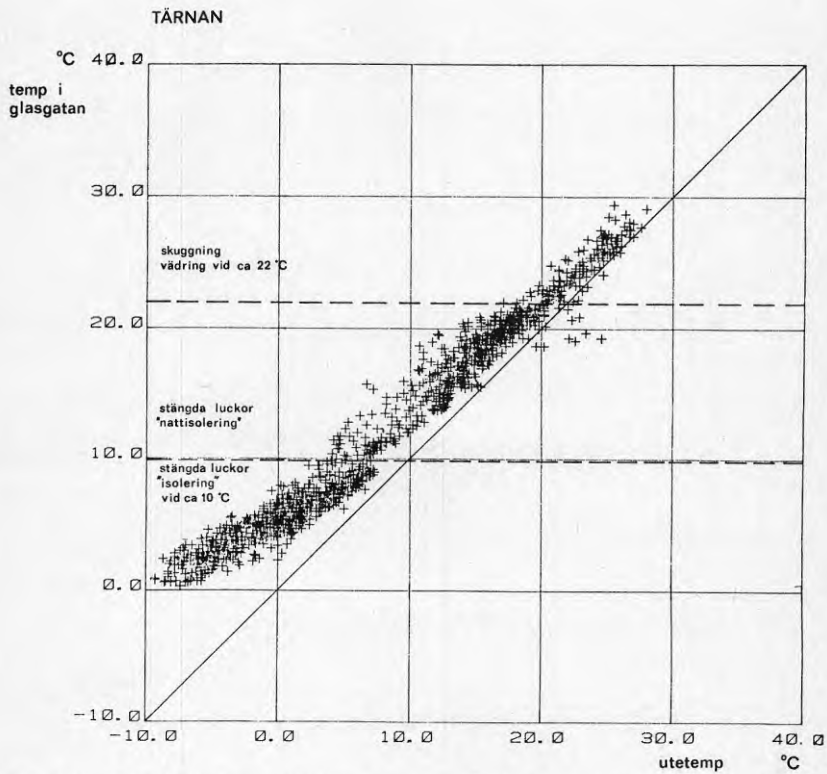


Fig 7.4 Glasgårdens lufttemperatur på 1,5 m höjd vid varierande utetemperaturer

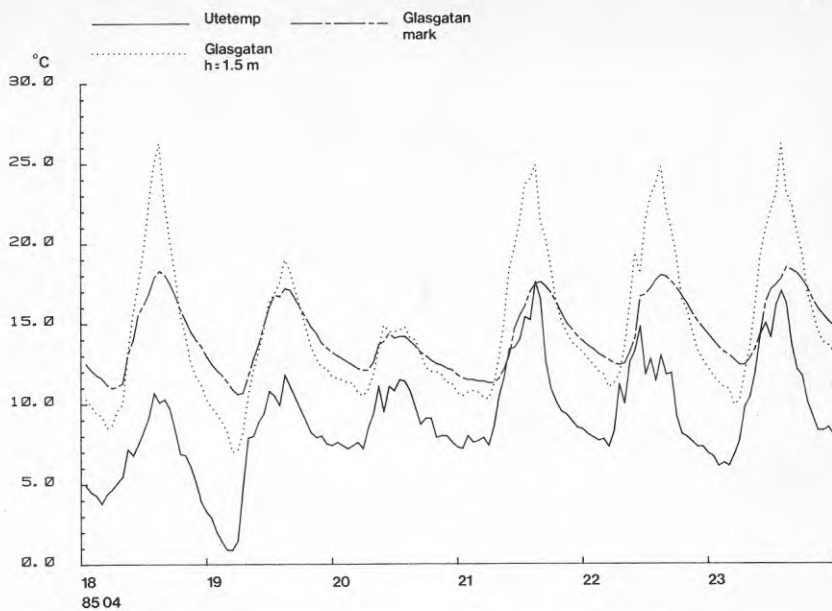


Fig 7.5 Temperaturvariationerna i glasgården under några vårdygn

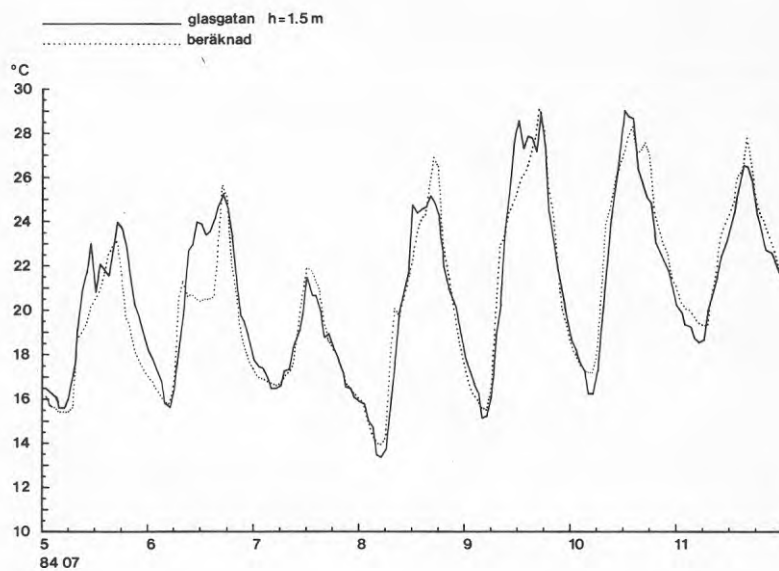


Fig 7.6 Beräknade och uppmätta temperaturer inom glasgården

7.3 Gårdsåkra - en inglasad gata

7.3.1 Förväntningarna

Glasgatan utgör en stor passiv solfångare som enligt siffrorna från ritbord-
et skall lämna ett väsentligt bidrag till uppvärmningen av bostäderna. Man
talar fortfarande, snart tre år efter färdigställandet, om gatan som en
solfångare och vindbegränsare och nämner siffror på 80 % energibesparing
för hela kvarteret. Att få fram ett underlag för denna och andra siffror
som förekommer utgör liksom i andra projekt ett forskningsprojekt bara
det. På Gårdsåkra torde dock den största besparingen erhållas genom en
värmepump och av "förtätad bebyggelse". Först på tredje plats med 10
- 20% kommer inglasningens förväntade energibidrag även om man kan
få ett annat intryck av brochyrer. Hur denna besparing skall uppnås har
inte kunnat utredas men behagliga temperaturer i glasgatan, minskad vind-
påverkan och andra diffusa begrepp nämns i sammanhanget och då tycks
energibesparing vara ofrånkomlig och självskriven. Beställaren HSB har
haft en mer realistisk inställning till besparingsmöjligheterna för Gårdsåkra
och har uppgett siffran 40%, vilket då till största delen skulle uppnås
genom värmepumpar. Trots diverse problem med energianvändningen i
glasgatan kan man totalt uppvisa en låg energianvändning för hela bebygg-
elsen vilket redovisas senare i detta kapitel.

7.3.2 Beskrivning av anläggningen

Glasgatan med sina 5000 m² golvyta är byggd i öst-västlig riktning och
omges i norr och söder av 2,5 - våningsbyggnader innehållande 126 lägen-
heter på 10753 m² och institutioner på 4711 m². Glasgatan är 375 m lång
och bredden varierar mellan 11 och 22 m. Inglasningen innefattar vertikala
partier på ca 900 m² och taket består av ca 5000 m², allt i härdat 6 mm
enkelglas.

För att klara sommarfallet med höga temperaturer samt brandventilation
finns väl tilltagna vädringsluckor och taket är nästan helt försett med en
enkel skuggardin som även gör stor nytta som isolering i vinterfallet. Man
har med dessa funktioner, som styrs helt automatiskt, inte längre några
problem med höga temperaturer sommartid.

För att klara vinterfallet hade ursprungligen installerats 16 st eltemprar på totalt 160 kW utspridda i gatan. Dessutom blåses förvärmad tilluft in i gatan med en uppvärmningseffekt på upp mot 300 kW. Dessa installationer var emellertid otillräckliga för att klara +5°C i glasgatan under dimensionerande förhållanden vintertid. Vattenburna luftvärmare på ytterligare 210 kW monterades därför inför vintern 1984. Även denna åtgärd visade sig vara otillräcklig och en fullständig utvärdering av anläggningen baserad på LTH:s mätningar utfördes av en konsultfirma. Denna utredning resulterade i ett åtgärds paket som utförligt presenteras i rapporten "GÅRDSÅKRA Energi och klimat i en glasad gata", Rapport BKL 1986:1.

Uppvärmningssystemet inom husen bygger på stora värmepumpar (totalt 560 kW uteffekt) som tar sin värme dels från det kommunala avloppsnätet och dels från frånluften från lägenheter och institutioner. Vid toppbelastning så finns två oljepannor om vardera 440 kW tillgängliga. Radiatorsystemet är ett konventionellt tvårörs lågtemperatursystem och merparten av alla ledningar är liksom varmvattenledningarna förlagda i glasgatan. Returledningen för radiatorsystemet utnyttjas för luftvärmarna i glasgatan.

Ventilationssystemet bygger på att luft centralt förvärms och blåses in i glasgatan. Den sugts därefter in i bostäder och institutioner efter värmväxling med den varma frånluften från dessa. Den något avkylda frånluften, kanske 10 - 15°C samlas upp i en i glasgatan placerad frånluftskanal där den transporteras till fläkt- och pannrum. Värmepumpen hämtar där en del av sin energi från den och sänker därmed temperaturen till ca 0 till +5 °C. Utöver den luftmängd som passerar glasgatan på väg till bostäder och institutioner ventileras gatan mekaniskt med en luftmängd motsvarande kraven för bostäder.

7.3.3 Energibesparing

Energisituationen på Gårdsåkra har följts upp genom kontinuerliga mätningar på klimatet och sedan något år tillbaka delvis också på energianvändningen i glasgatan. Systemet är komplext och det är svårt att kortfattat beskriva de delresultat som finns idag. Mer ingående beskrivs anläggningen och driftsresultaten i den tidigare nämnda rapporten BKL 1986:1. Mätningarna fortsätter ett år till, nu kompletterade med mätutrustning som registrerar energiförbrukningen timme för timme i glasgatan, något som tidigare saknats.

Först skall här upprepas vad vi menar med energibesparing:

- Det är skillnaden i energiförbrukning mellan kv. Gårdsåkra inklusive glasgatan och energiförbrukningen för motsvarande kvarter utan inglasning men med normal isoleringsstandard i de väggar och fönster som idag vätter mot glasgatan.

Med denna tolkning av begreppet energibesparing har man inte uppnått någon sådan. Tvärtom har man genom att värma upp glasgatan till en temperatur som idégivarna till projektet trots man spontant eller med ett blygsamt tillskott av tillsatsvärme skulle uppnå använt betydligt mer energi än man annars skulle gjort. Orsaken är att man har valt att hålla en temperatur i glasgatan som den inte är byggd för om man skall ställa krav på god energihushållning.

Kvarteret som helhet använder emellertid relativt lite energi. Under 1984 använde man $170 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ eller $179 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ justerat efter normalår (avser 15464 m^2 varav 10753 m^2 bostadsyta). Av denna energimängd får man i storleksordningen en tredjedel från avlopps nätet och från avluften från lägenheter och institutioner. Man köpte alltså endast $120 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ eller normalårsjusterat $126 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ vilket får betecknas som en bra siffra med tanke på att den innefattar all uppvärmning både inomhus och i gatan, varmvatten samt all fastighetsel såsom el till tvättstugor, belysning m.m. Normalt redovisas förbrukningssiffror som endast innehåller posterna uppvärmning och varmvatten. Justerar man de ovan redovisade siffrorna så att de blir jämförbara med normal förbrukningsstatistik får man ta bort fastighetsel samt kompensera för längre driftstörningar med värmepumpen. Man kommer då normalårsjusterat fram till uppskattningsvis $110 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ i köpt energi och ca 170 kWh/m^2 i använd energi. Tar man dessutom hänsyn till att man från 1985 ersatt en del av eltemperarna i glasgatan men energi från värmepumpen och att man från 1986 planerar att reducera förlusterna i glasgatan finns förutsättningar för att minska dessa siffror ytterligare.

Det är bl.a. den rena uppvärmningen till bostäder och institutioner som uppvisar mycket låga siffror enligt vad vi kan bedöma efter tillgänglig energistatistik. Utan tvekan spelar den konstant höga temperaturen i gatan en roll genom att under hela eldnings säsongen minska husens transmissionsförluster och ventilationförluster. En konstant hög temperatur är mer gynnsam i glasgatan än en kraftigt varierande med stundtals låga temperaturer. Vid en konstant hög temperatur finns förutsättningar att använda en konse-

kvent lägre temperatur på radiatorerna i husen vilket leder till en minskad uppvärmningsenergi. En del av den uppvärmning som skett av glasgatan har alltså kommit husen tillgodo även om "verkningsgraden" får betecknas som dålig. Faktum kvarstår; en ännu lägre förbrukning totalt sett hade uppnåtts om man inte hade värmt upp glasgatan i den omfattning som skett. Efter planerad ombyggnad och delvis ändrad driftstrategi kommer värmeförlusterna från gatan och därmed mängden erforderlig tillsatsvärme att minska. Kvarteret som helhet kommer då att använda mindre energi och glasgatan uppvisa en mer gynnsam energianvändning.

7.3.4 Förslag till ombyggnad

Genom mätningarna har det visat sig att de förutsättningar och bedömningar som totalentreprenören låtit projektera anläggningen efter delvis varit felaktiga. Utvärderingen av mätningarna har lett fram till ett förslag till ombyggnad av anläggningen som ger lägre energiförbrukning och lägre erforderlig effekt.

Målet med de föreslagna åtgärdspaketet är att säkerställa $+5^{\circ}\text{C}$ i glasgatan även vid utetemperaturer ner till -18°C . Denna temperatur måste man ha som dimensionerande utetemperatur eftersom glasbyggnaden är en extremt lätt byggnad. Det enda acceptabla sättet att åstadkomma detta är genom att minska värmeförlusterna från gatan. I nästa avsnitt finns sammanställningar på gatans specifika förluster före och efter ombyggnad samt med och utan gardin. Genom det föreslagna åtgärdspaketet kommer man också åt det andra stora problemet, nämligen de höga uppvärmningskostnaderna för glasgatan. Man uppnår samma temperatur i glasgatan med lägre uppvärmningseffekt. De effektoppar som man på detta sätt kapar är mestadels olja och direktel. Priset för en kWh producerad av olja är ca 40 öre/kWh. Energipriset för el är normalt väsentligt lägre men högre fast avgift till följd av eltempererna i gatan och straffavgifter på alltför stora effektuttag gör att marginalkostnaden för en kWh el kan bli väsentligt högre. Stora delar av den resterande erforderliga uppvärmningsenergin belastar värmepumpen som sänker priset per kWh till en tredjedel.

De installationstekniska åtgärderna som diskuterades var:

- 1 Reducering av tilluftsflödet till glasgatan
- 2 Slopad mekanisk frånluft från glasgatan utöver de luftmängder som passerar gatan till bostäder och institutioner
- 3 Återcirkulation av tilluft från glasgatan
- 4 Ändrad driftstrategi för tilluftstemperaturen till glasgatan
- 5 Utnyttjande av uteluft till värmepumpen

De byggnadstekniska åtgärderna som diskuterades var:

- 6 Isolering av samtliga regnvattenrännor
- 7 Allmän översyn av glastakets täthet
- 8 Allmän översyn av isolergardinernas täthet
- 9 Komplettering av gardiner i taket
- 10 Gardiner på vertikala glaspartier
- 11 Fast vinterisolering på vertikala glaspartier
- 12 Omläggning av driftsstrategin i glasgatan

Efter dikussioner finns det idag ett förslag till åtgärdspaket som innefattar punkterna 1,2,3,4,6,7,8 och 12. De effektmässiga konsekvenserna av detta paket på förlustsidan och tillskottsidan redovisas i nästa avsnitt.

7.3.5 Glasgatans värmetilskott och värmeförluster

Glasgatans specifika förluster i befintlig anläggning utan isoleringsgardin:

Denna värmeförlustberäkning är utförd för befintlig anläggning (vintern 1985) med ventilationsflödet konstant = 39 000 m³/h (inkl.institutioner), utan isoleringsgardiner samt med antagna k-värde och ytor enligt nedan. Infiltrationen är vald till 0.5 oms/h.

Transmission

	Area	k-värde	kW/°C	% av tot.
Glastak	4400	5	22,0	43
Regnvattenrännor	1300	5	6,5	13
Vertikala glasytor	870	5	4,4	9
Golv	5000	-	-	-
Summa transmission			32,9	65
<u>Ventilation</u>				
39 000 m ³ /h x 0,33 x 1 =			12,9	25
<u>Infiltration</u>				
0,5 oms/h på volymen 30 000 m ³ ger			5,0	10
Summa förluster (kW/°C , %)			50,8	100

Glasgatans specifika förluster i befintlig anläggning med isoleringsgardin:

Lika beräkningen ovan bortsett från gardinen.

Transmission

	Area	k-värde	kW/°C	% av tot.
Glastak	4400	3,5	15,4	35
Regnvattenrännor	1300	5	6,5	15
Vertikala glasytor	870	5	4,4	10
Golv	5000	-	-	-
Summa transmission			26,3	60
<u>Ventilation</u>				
39 000 m ³ /h x 0,33 x 1 =			12,9	29
<u>Infiltration</u>				
0,5 oms/h på volymen 30 000 m ³ ger			5,0	11
Summa förluster (kW/°C , %)			44,2	100

Glasgatans specifika förluster efter föreslaget åtgärds paket:

De föreslagna åtgärderna kommer att ge följande värmebalans under icke kontorstid (de mot befintlig anläggning förändrade siffrorna med fetstil):

Transmission:

	Area	k-värde	kW/°C	% av tot.
Glastak	4400	3,5	15,4	49
Regnvattenrännor	1300	1,0	1,3	3
Vertikala glasytor	870	5	4,4	14
Golv	5000	-	-	-
Summa transmission			21,1	66

Ventilation

13 000 m³/h x 0,33 x 1 = **4,3** **14**

Infiltration

4000 m³ + 0,5 oms/h på 30 000 m³/h **6,3** **20**

Summa förluster (kW/°C , %) **31,7** **100**

Den tidigare använda luftmängden 39 000 m³/h (varav institutioner ca 14 000, bostäder ca 17 000 och glasgatan ca 8 000 m³/h) i tilluft reduceras till 13 000 m³/h i tilluft kompletterat med en ökad infiltration på 4 000 m³/h som täcker lägenheternas behov. Glasgatans mekaniska frånluft på 8000 m³/h slopas helt. Under dagtid när institutionerna är i drift får deras tilluftsbehov på 14 000 m³/h täckas av infiltrationen, som då ökar.

Maximal tillgänglig effekt i glasgatan med befintlig anläggning

Flertalet effekttillskott är uppmätta eller på annat sätt verifierade. De poster som kan vara något osäkra är tillskott från golvet och övrig massa, samt bidraget från byggnaderna. Vid beräkning av effekttillskott från golvet och övrig massa har en övergångskoefficient på $\alpha = 8 \text{ W/m}^2\text{°C}$ använts. Den uppmätta temperaturskillnaden mellan golvet (-0,05 m), och temperaturen på 1,5 m höjd, vilken under extremt kalla nätter legat på 3 - 4 °C, har använts tillsammans med ytan 5 000 m². Bidraget från byggnaderna fås genom ytan 4 500 m², medel k-värdet 0,5 och 17 °C temperaturskillnad mellan hus och gata.

Det maximala effekttillskottet uppnås vid $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ utetemperatur. Även om utetemperaturen minskar ytterligare så ökar i stort sett inte den tillgängliga effekten. Siffrorna i tabellen nedan är hämtade från mätningar vid en utetemperatur på $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ men gäller i princip även vid $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Förvärmning friskluft via TA-71 39 000 m ³ /h	300 kW
Luftvärmare 12 st full effekt	210 kW
Eltemprar 16 st á 10 kW	160 kW
Effekttillskott från golv m.m.	120 kW
Effekttillskott från byggnader	40 kW
Effekttillskott från isolerade rör	30 kW
Effekttillskott från belysning	10 kW
 Summa tillförd effekt i glasgatan	 870 kW

Av totalt 870 kW har 300 kW åtgått till att förvärma tilluft och har alltså inte bidragit till glasgatans uppvärmning räknat från $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Resterande 570 kW (ca 25 kW/ $^{\circ}\text{C}$) har använts till att täcka transmissions och infiltrationsförlusterna.

Den totala effekten 870 kW ger ca 40 kW/ $^{\circ}\text{C}$ vilket skall jämföras med en beräknad total värmeförlust med gardin på ca 44 kW. Skillnaden måste betraktas som helt acceptabel på grund av osäkerheterna i en del siffror.

Maximal tillgänglig effekt i glasgatan vid ombyggd anläggning:

De tillskott som man i en ombyggd anläggning har att tillgå är följande (de mot befintlig anläggning förändrade siffrorna i fetstil):

Förvärmning friskluft 13 000 m³/h friskluft samt	
13 000 m³/h återluft	176 kW
Luftvärmare 12 st full effekt	210 kW
Eltemprar 16 st á 10 kW	160 kW
Effekttillskott från golv, byggnader, rör och belysning	200 kW
 Summa tillförd effekt i glasgatan	 746 kW

Den ovan redovisade förlustsidan och tillskottsidan kommer att ge en temperaturskillnad mellan glasgatan och ute på 23 °C vilket innebär +5°C vid en utetemperatur på -18°C.

7.3.6 Temperaturmätningar i glasgatan

I detta avsnitt redovisas endast glasgatans temperaturer under den kalla årstiden. Sommartid har man lyckats att hålla behagliga temperaturer i gatan med hjälp av vädringsluckor och skugggardiner. Detta redovisas i kommande rapporter där även siffror på energiåtgången för glasgatan vintern 1985/86 kommer att visas.

Först redovisas i Fig 7.7 timmätningar av glasgatans temperatur (mittpunkten $h=1.5$ m) vid olika utetemperaturer vintern 84/85. Som synes har man inte lyckats undvika temperaturer under +5°C vilket var kravet.

I följande figurer visas timvisa temperaturmätningar i glasgatan under de för skånska förhållande extrema dygnen 9 - 12 februari 1985. Dessa mycket kalla, men också soliga dygn, var kulmen på en vinter där man efterhand vidtagit åtgärder i glasgatan för att få ut mesta möjliga uppvärmningseffekt. Omständigheterna var alltså perfekta för en kontroll av "vinterfallet".

Fig 7.8 visar temperaturerna dels ute och dels på olika höjder i glasgatan vid "Mittpunkten". Denna är belägen ca 1/3 från ena gaveln av gatan. Ute-temperaturen ligger nedåt -18 till -19°C under flera timmar varje natt och även dagtid är det kallt. Om vi börjar med dagtid, ser vi att man på 1.5 m nivå när upp till +5 - +10°C. Längst upp på 5.5 m höjd har man temperaturer som närmar sig +20°C. Skiktningen är alltså avsevärd. I övrigt kan man konstatera att temperaturen mellan glas och gardin ligger ungefär mitt mellan ute och temperaturen på +5.5 m nivå. Det innebär att den horisontella gardinen med sin något mindre yta än inglasningens har ungefär samma isoleringsvärde som denna. Golvet (temperaturen mätt 5 cm under golvnivån) laddas upp under dagen och sjunker sen långsamt i temperatur under natten medan det lämnar i från sig sin upplagrade energi. Två "missöden" har inträffat under dessa dygn. Vid två tillfällen har gardinerna dragits ifrån och vädringsluckorna gått upp, troligen till följd av en felaktig indikation från en rökdetektor. Detta syns tydligt på temperaturerna morgonen 9/2 samt sent på kvällen den 10/2. Detta visas också senare i Fig 7.12 och Fig 7.13.

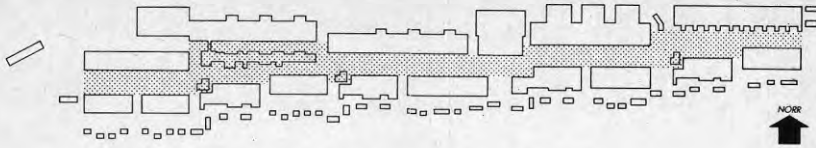
Fig 7.9 visar en del av temperaturerna från förra figuren men nu i större skala. Här ser man tydligare temperaturfördelningen i höjdlid. I brösthöjd, $h=1,5$ m har man alltid den lägsta lufttemperaturen. En bit ovanför huvudhöjd på 3 m höjd har tydligen temperaturerna jämnat ut sig, åtminstone nattetid med gardinerna fördragna (se Fig 7.12). Man har i stort sett samma temperatur som på 5,5 m höjd strax under gardinen. Dagtid blir emellertid skillnaderna mycket större. Vid solinstrålning dagtid dras gardinerna från och gatan värms upp kraftigt trots den låga utetemperaturen och de därigenom ökade förlusterna till följd av att gardinerna dras från. Nu har vi flera graders temperaturskillnad mellan de olika nivåerna. Den 11/2 har vi t.ex. 10°C skillnad mellan 1,5 och 5,5 m nivån. I denna figur syns också missarna då rökdetektorerna felaktigt öppnat luckor och gardiner.

Drygt 100 m från mittpunkten i vardera riktning finns två "torg", Östertorg och Västertorg. Här har vi placerat mätpunkter på 3 m höjd vars temperaturer visas i Fig 7.10 som skall jämföras med temperaturerna i Mittpunkten. Som synes är temperaturnivån tämligen konstant i gatan. Här syns också att missödet med luckor och gardinöppningar inte hade någon större, om ens någon, inverkan på dessa delar av gatan. Detta bekräftas också av att man t.ex inte haft något problem med döda växter i västra delen av gatan vid Västertorg.

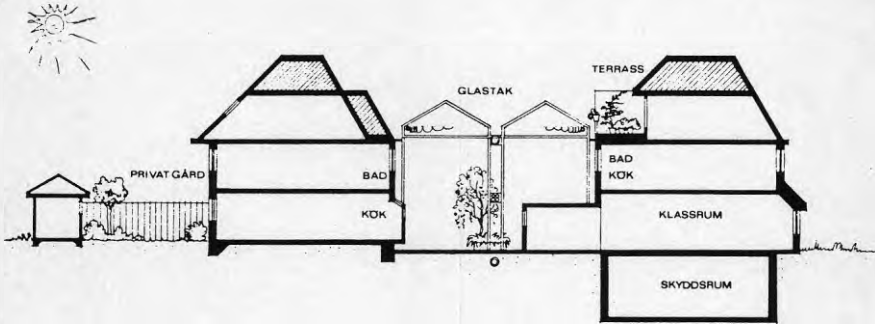
Om man tar Fig 7.8 och endast redovisar nattvärden mellan 01⁰⁰ och 06⁰⁰ så visas detta i Fig 7.11. Här ser vi att temperaturnivån både ute, i gatan och i golvet är mycket stabila. Det handlar om maximalt 2°C temperatursänkning under 6 timmar. Vi ser att dynamiken spelar en underordnad roll men att man trots allt har en temperaturskillnad på 3 - 4°C mellan lufttemperaturen och golvtemperaturen på - 0,05 m nivå.

Gardinernas öppningsgrad i genomsnitt under timmen registreras och redovisas för de aktuella dygnen i Fig 7.12. Gardinerna har varit öppna varje dygn från sent på förmiddagen till slutet av eftermiddagen. I övrigt har de varit stängda förutom vid de missöden som tidigare omnämnts.

Vädringsluckornas öppningsgrad i genomsnitt under timmen visas i Fig 7.13. De har som synes varit stängda hela tiden, förutom vid de tillfällen som tidigare omnämnts. Då var de öppna en tidsperiod motsvarande ca 30% respektive ca 20% av fullt utslag under en timme.



Plan av Kv Gårdsåkra med sin inglasade gata



Sektion av den inglasade gatan med omgivande bostadshus

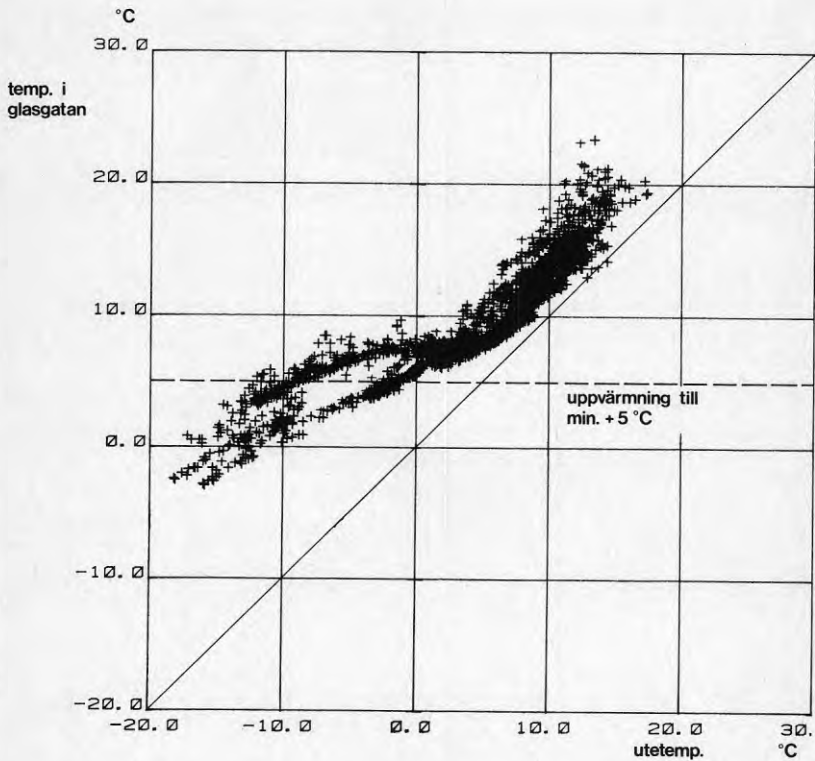


Fig 7.7 Glasgatans temperatur vid Mittpunkten på 1.5 m höjd vid varierande utetemperaturer

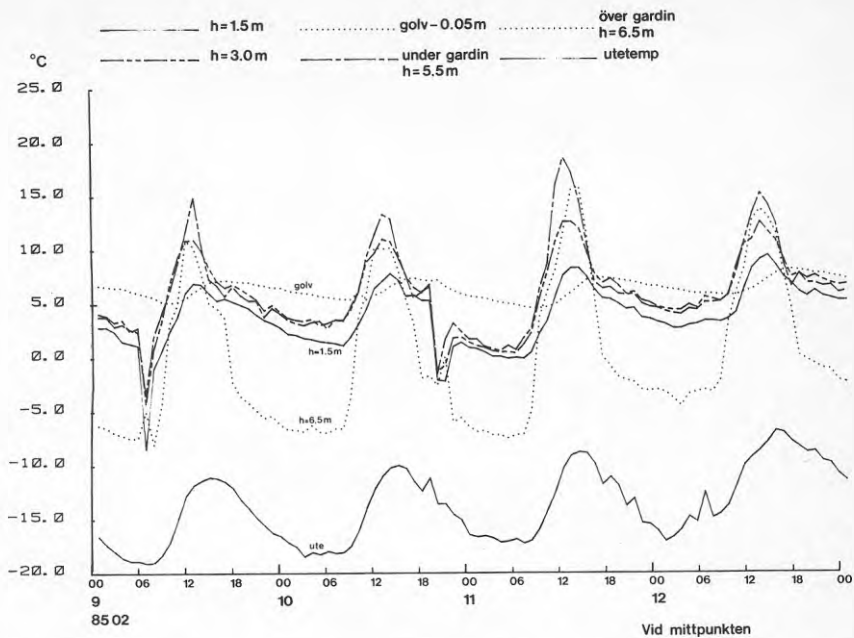


Fig 7.8 Utetemperaturen och temperaturen på olika höjd i glasgatan vid Mittpunkten

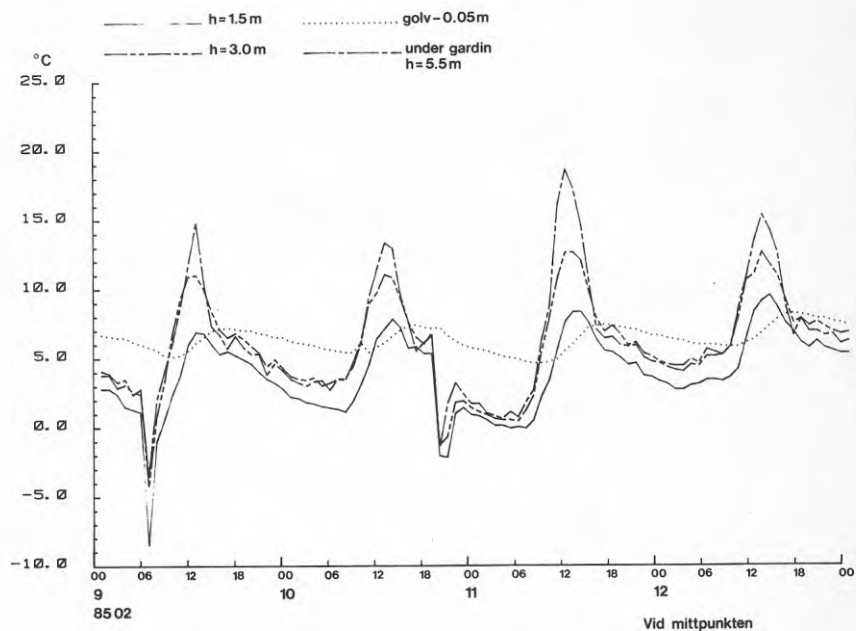


Fig 7.9 Temperaturen på olika höjd i glasgatan vid Mittpunkten

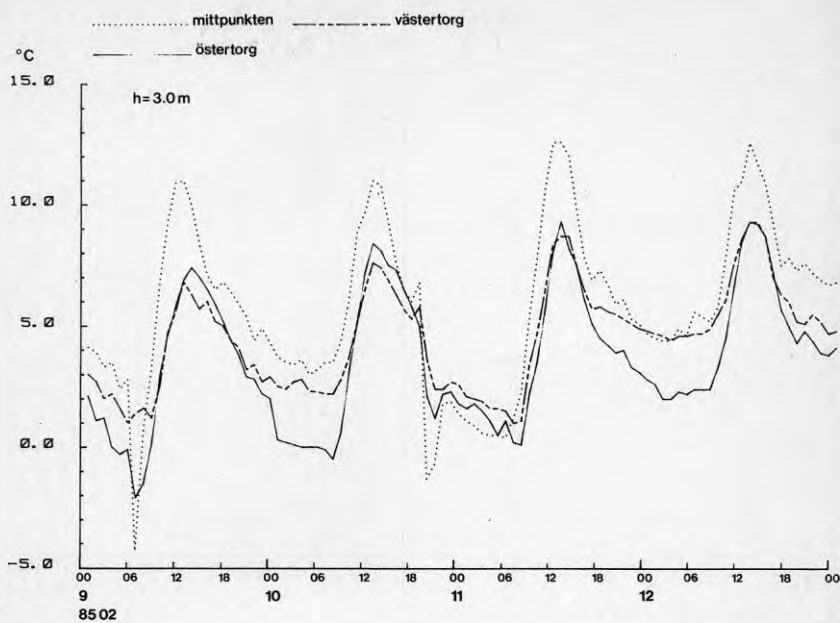


Fig 7.10 Temperaturen på 3.0 m höjd vid de tre torgen i glasgatan

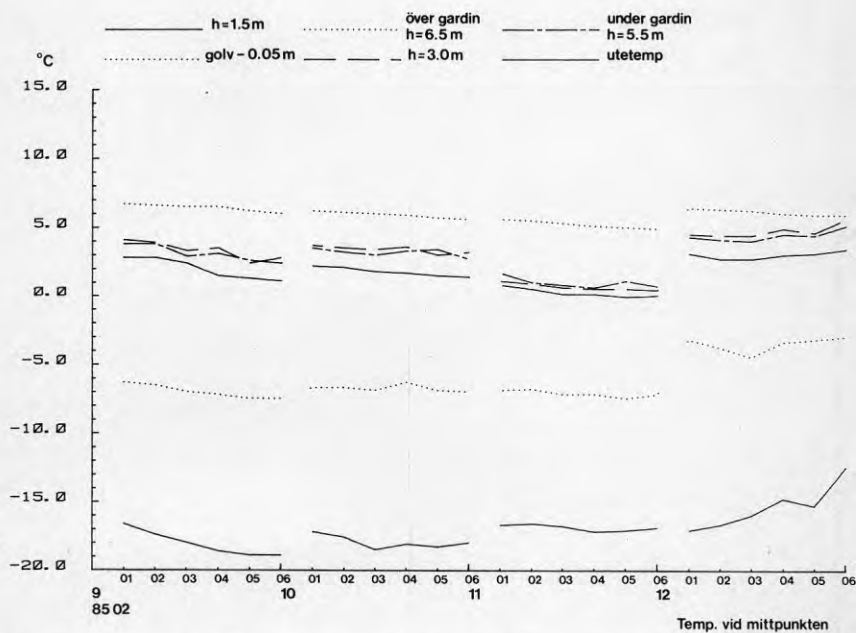


Fig 7.11 Temperaturerna i Fig 7.8 men endast redovisade under nattimmarna

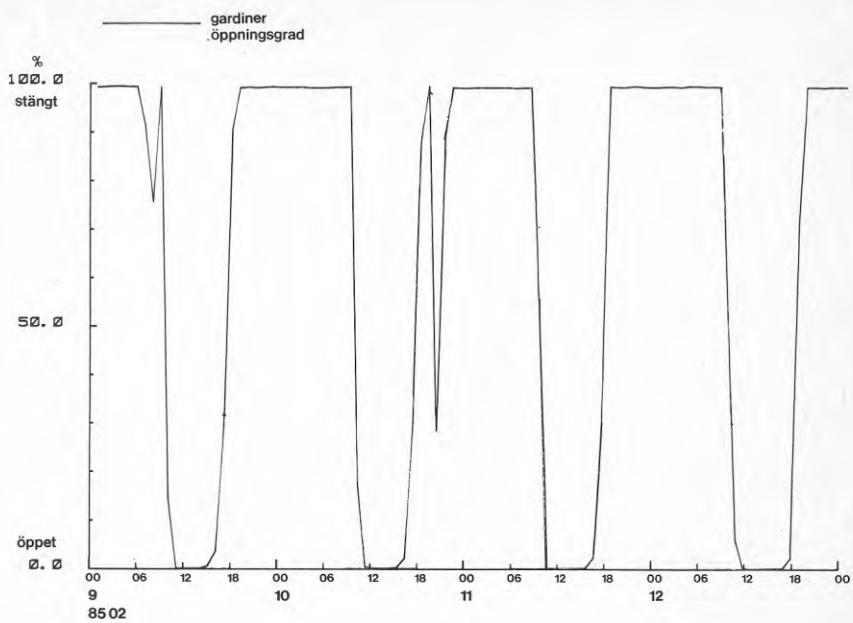


Fig 7.12 Gardinernas öppningsgrad

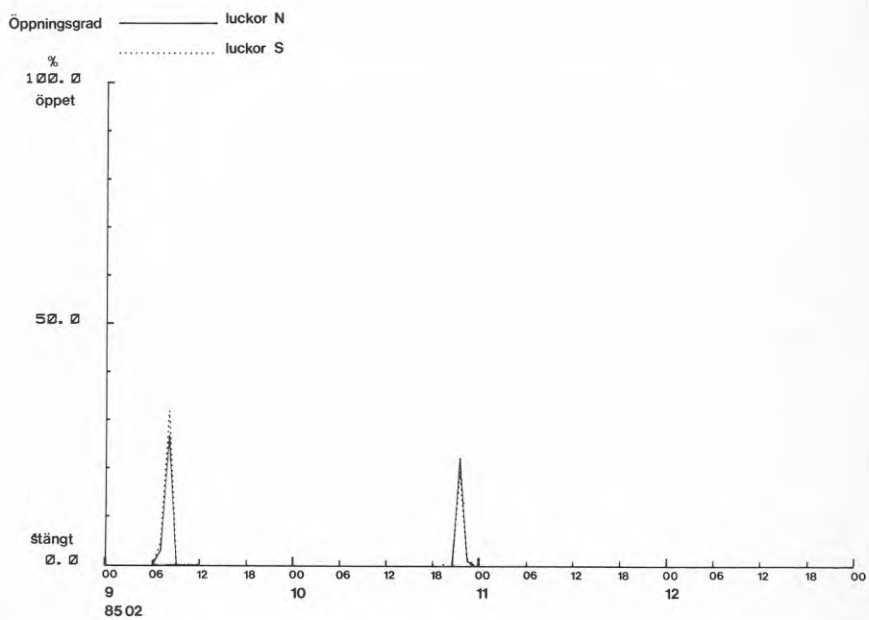


Fig 7.13 Vådringsluckornas öppningsgrad

8 PLANERADE MÄTPROJEKT

Det är väsentligt att öka kunskapen om hur inglasade rum fungerar med avseende på klimat och energianvändning. Eftersom "att mäta är att veta" så hoppas vi på att få fortsätta mäta. Det är också bättre med ett uppmätt värde från verkliga och kontrollerade förhållanden än 10 beräknade värden som inte är verifierade. Det är med andra ord av största vikt att de beräkningsprogram som man idag utnyttjar vid projektering av inglasningar valideras mot mätningar.

Vi avser att mäta vidare på Tärnan och Gårdsåkra. Att vi fortsätter på Tärnan beror inte främst på inglasningen. De långsiktiga temperaturförändringarna i akviferen skall registreras och då mäter vi samtidigt i glasgården. Gårdsåkra står inför förändringar som vi finner angeläget att följa upp. Inför denna eldningssäsong har vi installerat mätutrustning för att registrera energianvändningen i glasgatan timme för timme vilket vi saknat tidigare.

I övrigt har utvecklingen gått mot inglasningar med allt högre krav på temperaturen och därmed integreringen i byggnaden och dess uppvärmnings- och ventilationssystem. De mätprojekt som skisseras i detta kapitel finner vi lämplig att satsa på för att följa upp utvecklingen inom inglasningstekniken.

8.1 Reimersholme

I Stockholm på Reimersholme uppförde HSB 1983 ett O-format bostadshus med 42 lägenheter runt en med plast övertäckt gård. Gården, som är på 170 m² och i fyra våningar, fungerar som trappuppgång med loftgångar i varje plan. Taket, som är av 3-lags ljuspanel med ett k-värde som för en treglasruta, har relativt små förluster jämfört med tillskotten från huset. Ytterväggarna mot gården består av 95 mm stålreglar med mineralullsisolering och med dubbla gipsplattor på gårdssidan. I övrigt kan man säga att gården ger ett mycket gott intryck och utgör en trevlig och ombonad miljö.

Genom det fördelaktiga förhållandet tillskott : förluster har man enligt uppgift klarat sig genom vintern med behagliga temperaturer i gården möjligen med ett visst bidrag av tillskottsenergi. Sommarens varmare

perioder har emellertid stundtals förorsakat besvärande övertemperaturer i gården. Tänkbara orsaker torde vara otillräcklig ventilation av gården som dels har relativt små vädringsluckor i taket och dels både saknar friskluftintag vid golvnivå och skuggningsgardiner. Stora temperaturvariationer mellan golv och tak har också konstaterats.

De mätningar som planeras under kommande vinter och sommaren 1986 kommer att vara begränsade till timvisa temperaturmätningar i upp till 8 punkter.

8.2 Piggvaren

Den forskning och de mätningar som mätgruppen arbetat med de senare åren inom olika inglasningsprojekt har gett värdefulla insikter i de tekniska problem som uppstår vid olika driftsfall. Dessa erfarenheter har kommit till användning i ett nytt projekt i Malmö, Piggvaren, där personal från Mätgruppen deltagit i projekteringen. Byggherre är Wihlborg & Son AB i Malmö och entreprenören är PEAB/Wihlborgbyggen AB. Krav på klimat och möjligheter till energibesparing har styrt utformningen av glasgården och dess installationer.

Den glasade gården på 230 m² inom kv. Piggvaren omges av en U-formad byggnad i 3,5 plan och utgör termiskt en del av husets yttervägg. Byggnaden innehåller 26 lägenheter och glasgården med sina loftgångar utgör trapphuset. Inglasningen som i huvudsak består av tak samt en vertikal söderfasad ger tillsammans med den blygsamt isolerade ytterväggen mot gården ett sammanlagt k-värde motsvarande kraven på en yttervägg i SBN 80. I praktiken har vi alltså fått en "yttervägg" som består av vägg+inglasning med ett k-värde som en väl isolerad vägg. Samtidigt som man har fönstrets fördelar med möjligheten att fånga in solenergi slipper man nackdelen med stora transmissionsförluster.

Fördelningen av transmissionsförluster och ventilationsförluster mellan yttervägg och glasdel på ca 1:1 kommer att ge gården en temperatur som ligger strax över medelvärdet mellan ute- och innetemperaturen. Detta erhålls med gardiner vintertid och under mörker, och man är alltså inte beroende av eventuell solinstrålning för att nå minimitemperaturen.

Vid solinstrålning värms glasgården upp av solen och temperaturökningen kommer att reducera byggnadens energibehov dels genom minskade transmissionsförluster till glasgatan och dels genom att tilluften till lägenheter-
na tas från den varmare gården. För att garantera en energibesparing vid temperaturöverskott i glasgården är det vattenburna uppvärmningssystemet sektionerat så att värmeförseln till rum belägna mot gården kommer att få minskad uppvärmning i takt med stigande temperatur i glasgården. Förutom dessa åtgärder är det övriga uppvärmningssystemet sektionerat för styrning av värmeförseln separat för öster och västerfasad.

Beräkningar med BKL-metoden ger besked om att en sparpotential på ca 10 kWh/Ighyta år finns tillgänglig om all solenergi blir nyttiggjord värme. Detta är emellertid orealistiskt då en stor del av solenergin ger upphov till en temperaturhöjning i glasgården. Detta är i sig positivt men får alltså inte förväxlas med energibesparing. Det är alltså relativt små vinster som kan göras i denna byggnad som redan energimässigt har en hög standard.

Ventilationssystemet är av typ FTX där den från lägenheterna evakuerade frånluften först värmer upp kvarterets källare, som utnyttjas som garage, för att sen värmväxlas. Den nu förvärmade friskluften som håller ungefär samma temperatur som glasgården blåses därefter in i glasgården och ventilerar densamma innan den sugas in i lägenheterna. Innan luften sugas in bakom radiatorerna i sovrum och vardagsrum, vilka är belägna i byggnadens ytterzon, skild från glasgården, har den passerat genom kanaler i betongbjälklaget. Där har den möjlighet att avlämna och lagra ett eventuellt energiöverskott till lägenheten eller eftervärmas av bjälklaget till behaglig temperatur om man för tillfället har lägre temperatur i glasgården.

Ovanstående funktionsbeskrivning vittnar om att de olika delsystemen samverkar för att uppnå de uppställda målen för temperaturnivå och energibesparing.

Projektet kommer att stå färdigt till sommaren 1986 och då ingå som ett demonstrationsprojekt i Bo-86 i Malmö. Vi avser att genomföra timvisa mätningar under åtminstone ett år efter färdigställandet. Dessa kommer att innefatta klimatet inom den glasade gården men även byggnaden och dess installationer.

9 LITTERATUR

Den litteratur som utnyttjats vid utarbetandet av rapporten är:

Christersson M och Olsson P, 1984, Inglasade rum, (Lunds tekniska högskola, Inst. för byggnadskonstruktionslära) Examensarbete.

Källblad K och Adamson B, 1984, BKL-metoden, Byggnaders energibalans - en handberäkningsmetod (Statens råd för byggnadsforskning) R19:1984

Adamson B et al, 1986, Energy conservation, climate control and moisture in buildings. Research at Department of Building Science (Statens råd för byggnadsforskning) D2:1986 (Tabergsprojektet p 70 - 82, Fredlund B)

Övrig litteratur som kommer att publiceras inom ämnet med anknytning till Institutionen för Byggnadskonstruktionslära:

Lange E, 1986, Gårdsåkra - Energi och klimat i en glasad gata (Lunds tekniska högskola, Inst. för byggnadskonstruktionslära) BKL 1986:1

Adamson B, Hidemark B, m fl, 1986, Sol - energi - form, Utformning av lågenergihus med solvärmeutnyttjande (Statens råd för byggnadsforskning) T2:1986

Fredlund B, Slutrapportering av Tabergsprojektet, prel. sommaren 1986

Fredlund B, Lange E och Wall M, Slutrapportering av Tärnanprojektet, prel. 1987

Fredlund B, Lange E och Wall M, Slutrapportering av projektet glasade rum, bl a med Gårdsåkraprojektet, prel. 1987

Wall M, Slutrapportering av projektet Inglasade rum och utemiljöer, prel 1988



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830327-0
från Statens råd för bygnadsforskning till Lunds Tekniska
Högskola, Institutionen för bygnadskonstruktionslära,
Lund.**

R35: 1986

ISBN 91-540-4535-5

Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706035

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 35 kr exkl moms