



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

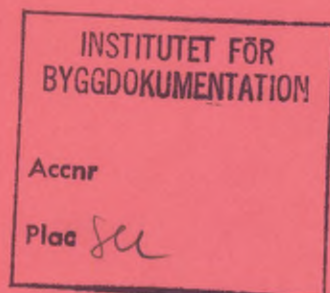
R115:1985

Energi-index

**Lokalklimatets påverkan på
energiförbrukningen**

**Björn Holmer
Hans Linderstad**

R
AM



Byggeforskningsrådet

R115:1985

ENERGI-INDEX

Lokalklimatets påverkan på energiförbrukningen

Björn Holmer
Hans Linderstad

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820047-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Stadsbyggnads-
kontoret, Göteborg.

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

R115:1985

ISBN 91-540-4454-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

Innehåll

	FÖRORD	7
	SAMMANFATTNING	9
1	INLEDNING	13
1.1	Dags att bry sig om lokalklimatet	13
1.2	Energiindex, vad är det?	14
1.3	Vad ska energiindex användas till?	15
1.4	Vad har vi gjort?	17
2	HUSET	19
2.1	Energibalansens enkla princip	19
2.2	Transmissionsförluster	21
2.3	Ventilationsförluster	22
2.4	Solinstrålning	23
2.5	Övriga faktorer	24
3	LOKALKLIMATET	25
3.1	Klimat av olika slag	25
3.2	Var finns skillnader i klimatförhållanden?	26
4	ENERGIINDEX	29
4.1	Vad är energiindex?	29
4.2	Hur beräknas energiindex?	31
4.3	Energiåtgången kan variera med 35 %	33
5	HUSKARAKTÄRISTIK	35
5.1	Hur varierar energiåtgången?	35
5.2	Hur ser typhusen ut?	37
5.3	Hur påverkas luftomsättningen av vinden?	38
5.3.1	Allmänt	38
5.3.2	Olika teorier	40
5.3.3	Valda värden vid S-ventilation	42
5.3.4	Valda värden vid F-ventilation	43
5.3.5	Valda värden vid FTX-ventilation	44

6	KLIMATBESTÄMNING	45
6.1	Den regionala bakgrunden	45
6.2	Lokalklimatkartan	46
6.3	Kalibreringsmätningar	48
6.4	Några olika sätt att beräkna lokala avvikelser	50
6.5	Vår metod att beräkna temperaturavvikelser	51
6.5.1	Kallluftsjöar, kustlägen och värmeöar	51
6.5.2	Gränsvärden för kallluftsjöar	53
6.5.3	Gränsvärden för värmeöar	53
6.5.4	Gränsvärden för dämpat sjöläge	53
6.5.5	Höjdlägen	54
6.5.6	Är värdena sanna?	54
6.6	Vår metod att beräkna vindvariationerna	54
6.6.1	Havsinflytandet	54
6.6.2	Höjdinverkan m m	55
6.6.3	Omgivning	55
6.6.4	Är vindvärdena riktiga?	56
7	BERÄKNINGSMODELL	57
7.1	Modellens uppbyggnad	57
7.2	Beräkningspunkternas parametrar	59
7.3	Klimatstatistik	59
7.4	Sextimmarsloopen	59
7.5	Dygnsloopen	60
7.6	Månadsloopen	61
7.7	Sexårsloopen	61
7.8	Begränsningar och utvecklingsmöjligheter	61
8	RESULTAT	63
8.1	Klimatvariationer	63
8.1.1	Beräkningsprecision	63
8.1.2	Beräknade temperaturer	64
8.1.3	Beräknade vindhastigheter	65
8.2	Energibalanser och index	65
8.3	Gradtimmeindex	68
8.4	Luftomsättningsindex	70
8.5	Energiindex	70
8.6	Temperaturdifferenser	75
8.7	Luftomsättningsdifferenser	76

9	ANVÄNDNING	79
9.1	En varning	79
9.2	I markanvändningsplaneringen	80
9.3	I detaljplaneringen	82
9.4	I husprojekteringen	83
9.5	I energispararbetet	84
10	SLUTSATSER	85
10.1	Är energiindex användbart?	85
10.2	Spelar olika energiindex någon roll?	87
10.3	En checklista	89
●	LITTERATUR	93
●	BILAGOR	97
1.	Typhus	99
2.	Parametervärden	105
3.	Forskningsbehov	109

förord

I och med att energin har blivit dyr har den också blivit viktig i samhällsplaneringen. Det gäller nu att få ned energiförbrukningen, både genom att spara i den befintliga bebyggelsen och genom att bygga energisnåla nya hus. I det arbetet har vi varit medvetna om att olika delar av Göteborg har haft skilda förutsättningar ur klimatsynpunkt. Inom kommunens gränser finns ju såväl södra skärgårdens vindutsatta öar som Vättlefjälls skogsklädda högplatå. Men det har inte varit möjligt att ta hänsyn till detta. Våra kunskaper om hur klimatet varierat har varit för dåliga.

Ett första steg mot att ta in lokalklimatet i planprocessen var att göra en lokalklimatkarta. Denna upprättades av BERGAB Klimatundersökningar 1980/81. Efter komplettering med kalibreringsmätningar var det moget att försöka beräkna lokalklimatskillnaderna. Resultatet av dessa beräkningar föreligger i denna rapport.

Rapporten är upplagd så att kapitel 1-4 ger en introduktion och översikt om metod och resultat. Kapitel 5-7 är en mer noggrann redovisning av beräkningsmetoden. Resultatet av beräkningarna finns i kapitel 8. En diskussion om hur de vunna kunskaperna skall kunna komma in i planeringen finns i kapitlet 9-10.

Vår avsikt med arbetet har varit att testa om det är möjligt att få fram ett enkelt hjälpmedel för energiberäkningarna. Detta hjälpmedel, som vi kallat energiindex, har visat sig vara möjligt att beräkna, ge rimliga resultat och är relativt stabilt vid förändrade grundantaganden. Energiindexet bör alltså kunna vara ett lämpligt hjälpmedel för stadsplanerare, energisparrådgivare, VVS-konsulter m fl.

Rapporten har utarbetats av Hans Linderstad, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, och Björn Holmer, BERGAB Klimatundersökningar. För figurer och teckningar svarar Lisbeth Ek och Andrzej Skorupski. Rapporten har delvis finansierats av Statens Råd för Byggnadsforskning (projekt nr 82 0047-1).

Projektet har vid flera tillfällen diskuterats i seminarier på Naturgeografiska institutionen vid Göteborgs universitet, energitekniskt centrum vid Chalmers och på stadsbyggnadskontoret.

Ett särskilt tack vill vi rikta till professor Sven Lindqvist, Naturgeografiska institutionen, och till referensgrupp bestående av civ.ing Ola Jobring, Göteborgs energisparcentrum, arkitekt Holger Lindelöw och byråchef Olle Örtenblad, Stadsbyggnadskontoret. De har under arbetets gång gett värdefulla impulser och synpunkter.

Till sist ett litet citat hämtat ur Källblad & Adamson (1978). Det får stå som ett motto för rapporten och vi hoppas att eventuella läsare har förståelse för varför det är det.

"De angivna värdena är inte riktigare än varje annat väl motiverat val".

Göteborg i juni 1984

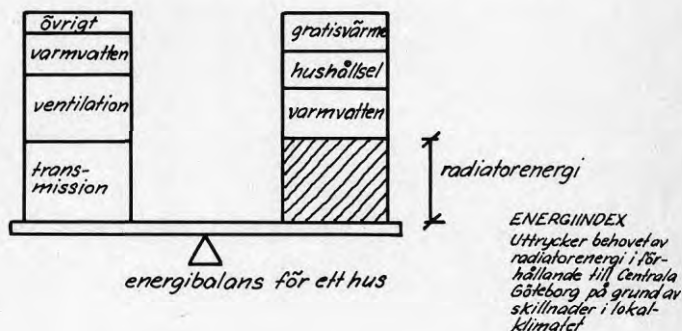
Sammanfattning

Det är ingen nyhet att det finns ett samband mellan klimatförhållandena och hur mycket energi som går åt för att man ska ha det varmt och skönt inomhus. Så har exempelvis antalet graddagar använts för att beräkna energiförbrukningen under många år. Nyheten med den här rapporten är att den presenterar en metod att beräkna sambandet betydligt noggrannare. Genom att ta hänsyn till hur lokalklimatet varierar, kan vi nu beräkna hur energiförbrukningen varierar då ett hus ligger nära havet, i en dal, uppe på en höjd, osv.

Beräkningarna presenteras med hjälp av vad som kallas "energiindex". Energiindexet har beräknats för Göteborg och redovisas på en indexkarta. Med utgångspunkt från resultatet har vi därefter resonerat om hur detta kan användas i markanvändningsplaneringen och i energispararbetet.

Energiindex är ett tal

Samspelet mellan den energi, som tillförs ett hus, och den energimängd som huset förlorar, brukar beräknas i en energibalans. De intressanta delarna i energibalansen i detta sammanhang är ventilations- och transmissionsförlusterna. Storleken på dem beror dels på utomhustemperaturen, dels på luftomsättningen i huset. Luftomsättningen är i sin tur något som påverkas av vindförhållandena.



Energiindexet har vi definierat som ett tal, som varierar efter behovet av energi för uppvärmning, vilket vanligtvis betyder radiatorenergi. Värdet 100 på energiindexet motsvarar förhållandena i centrala Göteborg. Avvikelserna från detta värde anger hur mycket större eller mindre energi för uppvärmning ett hus får i ett annat läge. Att vi valt centrala Göteborg som referenspunkt hänger samman med att klimatstation "Göteborg" ligger i centrala staden.

För att beräkna energiindexet utgår vi från klimatstatistik för Säve flygplats under perioden 1976-81. Beräkningarna av energiåtgången kräver att man hämtar in samtliga värden för temperatur, molnighet, vindriktning och vindhastighet. Dessa värden för Säve förs sedan över till beräkningsspunkten genom antagande om hur olika lokalklimatologiska egenskaper påverkar vind och temperatur.

Lokalklimatet påverkar

Vi har för detta ändamål byggt upp en modell, baserad delvis på empiriska data, delvis på rimlighetsbedömningar. Klimat är ju en oerhörd komplex process och det finns i dag ingen heltäckande teoribildning. Att vi tvingas till olika antaganden, hör också samman med att mätningar som gjorts till största delen avser extremsituationer.

I modellen antas bl a, att den lokala temperaturavvikelsen är omvänt proportionell mot logaritmen av vindhastigheten och proportionell mot en molnighetsfaktor. Vinden antas avta exponentiellt med avståndet från havet. Den lokala klimatavvikelsen antas i beräkningarna styras av följande:

- topografisk temperatureffekt, t ex kallluftsjö
- värmeöeffekt, t ex tät bebyggelse
- topografisk vindeffekt, t ex krönläge
- vindomgivning, t ex skog
- avstånd från kusten

De olika faktorerna hämtas från en lokalklimatkarta. På så sätt kan den lokala vindhastigheten och temperaturen beräknas för fyra tillfällen per dygn.

Hustypen påverkar

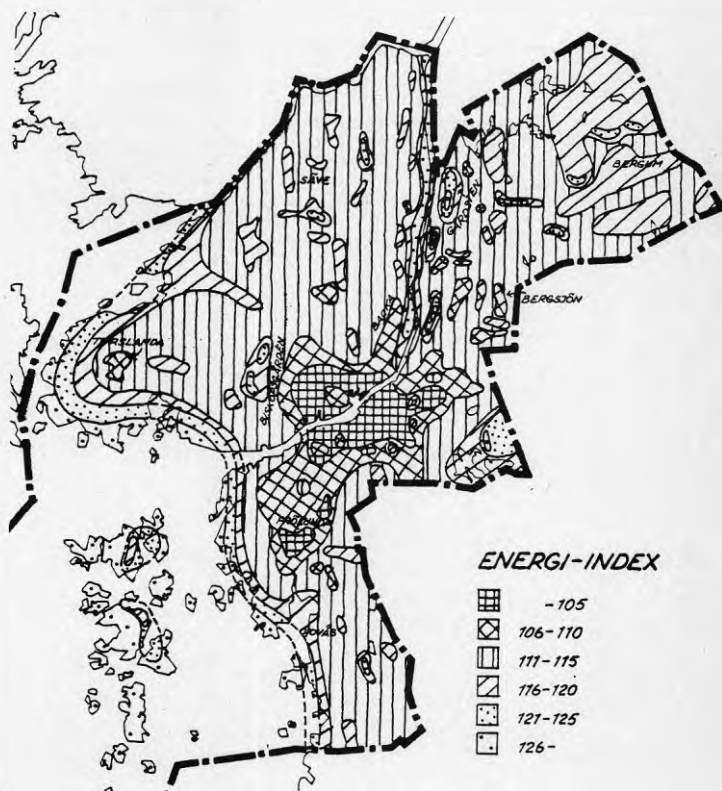
Transmissionsförlusterna beräknas sedan ur temperaturdifferensen inne - ute. Ventilationsförlusterna fås ur denna temperaturdifferens samt ur luftomsättningen. Antalet luftomsättningar per timme antas variera beroende på

- hustyp
- temperaturdifferens
- vindstyrka
- ventilationssystem

De parametrar vi valt innebär, att luftväxlingen är oberoende av vindhastigheten vid låga vindstyrkor. Det är då endast temperaturskillnaden som styr luftomsättningen. Luftomsättningen ökar sedan med både temperaturdifferensen och vindstyrkan men olika kraftigt i olika hustyper. För att testa känsligheten i antagandena har nämligen beräkningarna gjorts för sju olika hus. Indextalen är sedan medelvärden för de olika husen.

Energiåtgången varierar med 35 %

Energiindex i centrala staden är självfallet 100, eftersom det är här referenspunkten ligger. Detta område ligger mitt i värmeöns och här dämpas vinden av alla husen. Området blir därför det varmaste i Göteborg. Indexet kommer därmed att variera mellan 100 och 135, som är det högsta värde vi fått.



Detta högsta värde hittar vi för västra Gårdsten, som ligger uppe på krönet vid Göta älvs östra sida. Området är både extremt vindutsatt och svalt, eftersom det ligger på mer än 100 m höjd. Klimat-skillnaden betyder att en lägenhet här behöver ca 1500 kWh/år mer än en lägenhet i innerstaden.

Normalt ligger energiindextalet mellan 105 och 115. Högre värden finns främst där husen är vindexponerade, då index kan gå upp till 120.

Vindens stora betydelse framgår av att ett hus i ett öppet kustläge får index 125, medan samma hus får 20 enheter lägre värde om det ligger vindskyddat. Omräknas detta i energitermer, betyder det för en villa ca 2500 kWh/år i skillnad. Eller annorlunda uttryckt, havsutsikten kostar ca 600 kr/år i extra värme.

Som komplement till energiindexkartan har vi tagit fram kartor för antalet gradtimmar och luftomsättningen. Gradtimmeindex varierar mellan 100 och 115, luftomsättningsindex mellan 100 och 190.

Gör en energiindexkarta

Våra slutsatser av studien är att

- det är möjligt att ta fram ett energiindex
- tillförlitligheten beror på tillgång på data
- modellen ger rimliga slutresultat
- kostnaderna för att göra en energiindexkarta främst ligger i att göra en lokalklimatkarta.

Skall man i någon kommun ta fram en lokalklimatkarta, bör man alltså samtidigt göra en energiindexkarta. Genom en sådan karta har man möjlighet att förbättra underlaget för både markanvändningsplaneringen, husprojekteringen och energispararbetet. Energiindex är därför ett nytt, bra hjälpmedel i samhällsplaneringen.

1 Inledning

1.1 Dags att bry sig om lokalklimatet

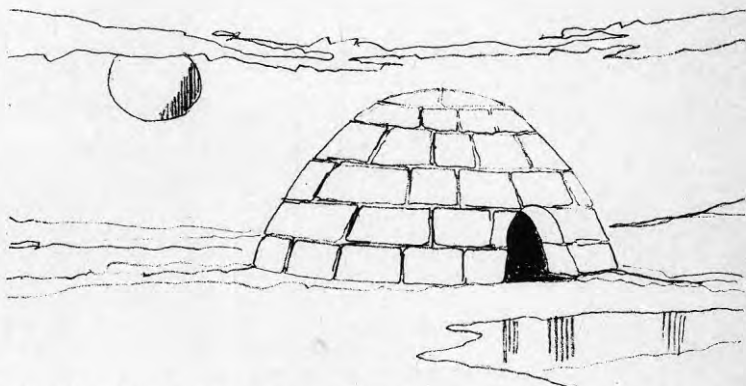


När det är kallt ute, behöver man elda mer i pannan. Blåser det hårt, känns det kallare inomhus.

Två erfarenheter som alla har haft.

Vi vet sedan länge att det finns ett samband mellan vädret och hur mycket energi som går åt för att ha det varmt och skönt inomhus. Men i dag räcker det inte bara med att veta att det finns ett beroende av klimatfaktorerna. Det intresse som finns för energifrågorna nu för tiden gör att man vill veta hur stort sambandet är. Man vill kvantifiera sambandet för att kunna ta hänsyn till det i olika sammanhang. Denna rapport vill försöka ta fram ett sådant material.

Förr i tiden byggdes husen så att de anpassades till de lokala förhållandena och förutsättningarna. Tak, väggar och golv formades och dimensionerades med hänsyn till traktens klimat. Husen placerades i terrängen där man visste att de bästa förhållandena rådde.



Så är igloon ett exempel på hur man i en arktisk miljö med tillgängligt byggnadsmaterial formar en bostad med minimal uppvärmningsvolym. Ökenindia-

nernas ler- och tegelhus med små fönsteröppningar och tjocka väggar visar hur man utjämnar temperaturskillnaden dag/natt. Eller för att ta ett mer närliggande exempel. En svensk lantgård smyger sig gärna intill skogsbrynet och ligger en bit upp på dalgångens sluttning. Ett läge som bygger på generationers erfarenheter.

Vår tids byggande har emellertid sökt göra sig oberoende av naturförhållandena. Det är helt andra faktorer än klimatet som styr var husen placeras och hur de utformas. Detta har naturligtvis inte skett utan konsekvenser. Ibland har det blivit blåsigt mellan husen, "mikroklimatet" är obehagligt. Andra hus har placerats uppe på höjderna. Det har blåst genom väggarna och runt fönstren, men som kompensation har de boende haft en vacker utsikt.

Dessa förhållanden har uppmärksammats. På många håll arbetar man därför med frågan om hur husen skall utformas med hänsyn till lokalklimatet. Kanske främst för att ge så goda vistelsemiljöer som möjligt för dem som ska bo i området. Men också för att åstadkomma hus med lägre energiförbrukning.

1.2 Energi-index, vad är det?



Denna rapport vill vara ett bidrag till kunskaperna om sambandet mellan klimatet och energiförbrukningen. I bästa fall kan den visa på vilket sätt man bör bygga i Göteborg för att - i varje fall ur klimatsynpunkt - få ett energisnålare samhälle.

Vi har valt att presentera resultatet med hjälp av vad som kallas "energi-index".

ENERGI-INDEXT ett tal, som visar hur energiförbrukningen för bostadsuppvärmning varierar i Göteborg, på grund av skillnader i lokalklimat.

Som framgår av den här rapporten (och många andra) är det här med klimat en mycket komplicerad fråga. Så komplicerad att det skall kräva både stora kunskaper och stora datamängder för att på ett riktigt sätt ta hänsyn till klimatfaktorerna i planeringsarbetet. Energi-index är därför med nödvändighet en förenkling av verkligheten. Men förhoppningsvis också en förenkling i arbetet med att planera den befintliga och kommande bebyggelsen.

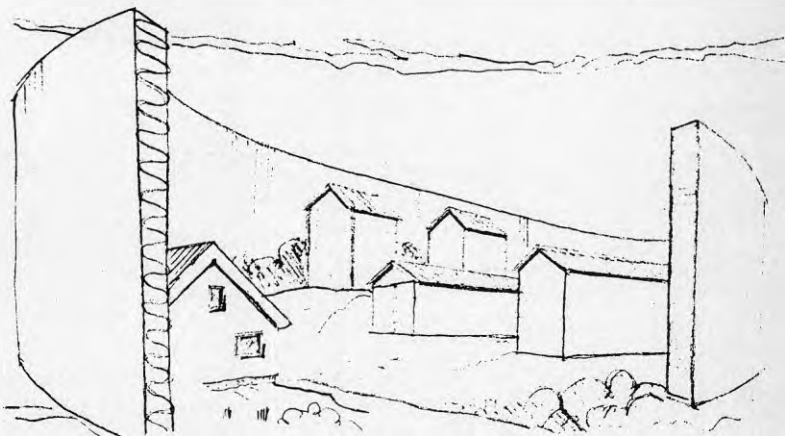
Vårt syfte är att åstadkomma ett enkelt, hanterbart instrument som skall kunna användas av planerare, konsulter, energisparrådgivare m fl. Den komplexa verkligheten tvingar dock den som använder energi-index att göra det med omdöme (vilket för övrigt inte är något unikt krav i planeringen). De resultat som visas i denna rapport bör kunna

vara en bra utgångspunkt för ett resonemang i en aktuell problemsituation. Men man kan inte använda energiindexet helt mekaniskt. Det är ett hjälpmedel och ingen sanning.

1.3 Vad ska energi-index användas till?

Ett energi-index skulle kunna vara till hjälp i exempelvis följande fall:

- . vid översiktlig planering
 - klarlägga energifaktorernas betydelse i relation till andra faktorer
 - vara en faktor i val av exploatering av olika områden
 - peka på behov av att omgruppera bebyggelsen i ett valt exploateringsområde för att undvika kallluftinflytande
- . vid detaljplanering
 - ge varningssignaler om att området har speciella klimatproblem
 - motivera till åtgärder för att minska negativa klimatfaktorer
- . vid husprojektering
 - motivera till särskilda åtgärder för att minska energiförbrukningen
 - ge underlag för en korrektare energibalansberäkning
 - bidra till bedömning av olika åtgärders effekt på energiförbrukningen
- . vid energispararbetet
 - ge underlag för en noggrannare energibalans
 - bidra till bedömning av olika energisparåtgärders effekter.



Möjligheten till att minska energiförbrukningen i befintlig eller ny bebyggelse skall tillvaratas när det är rimligt. Kunskaper om hur stor energiförbrukningen blir vid olika handlingsalternativ är därför väsentlig. Energi-index vill vara ett medel för att ge bitar av denna kunskap till dem, som är inblandade i olika delar av byggprocessen.

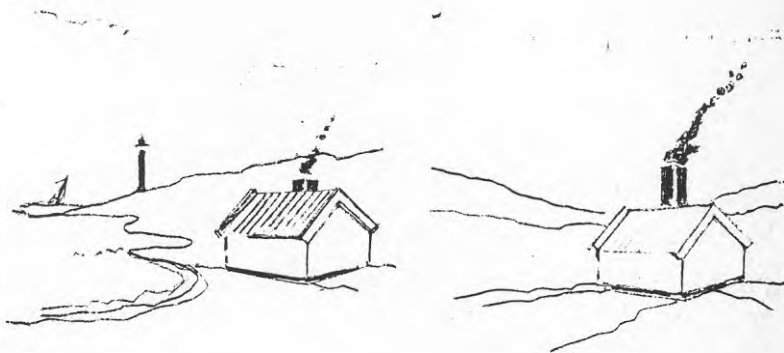
Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har låtit utföra två översiktliga lokalklimatologiska undersökningar - en lokalklimatkarta (Lindqvist & Holmer, 1980) och kalibreringsmätningar av lokalklimatet (Holmer & Lindqvist 1981). Motiven för utredningarna har bl a varit att en ökad kunskap om de klimatomåttliga variationerna i kommunen också kan ge ett bättre underlag för de energimässiga bedömningarna.

Det material som tagits fram ger en översiktlig bild av hur lokalklimatet varierar i olika delar av kommunen. Genom de utförda utredningarna finns en baskunskap om

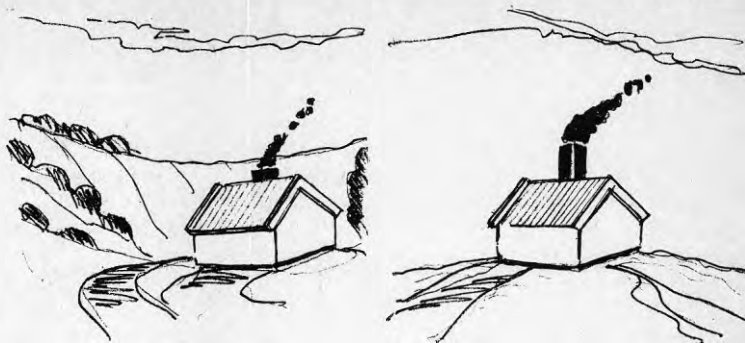
- vindförhållanden
- temperaturnivåer
- kallluftsjöar
- värmeöer

Denna rapport försöker alltså översätta den erhållna klimatbilden till energitermer. Detta innebär att man måste anlägga en helhetssyn på klimatberoendet. På något sätt måste man bestämma den samlade effekten av olika meteorologiska förhållanden. Den lokala variationen i vindförhållanden och temperaturer skall vägas in.

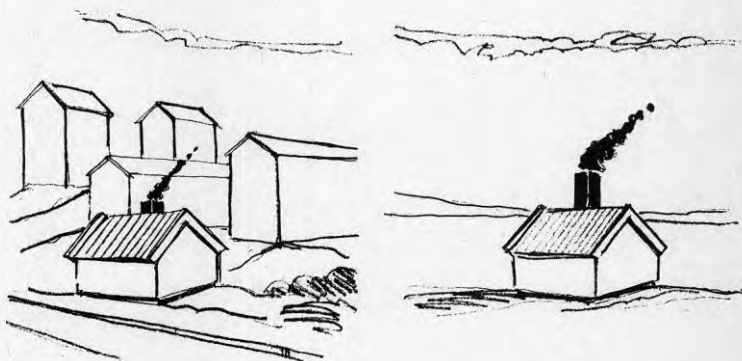
Exempelvis skall rapporten kunna svara på frågor av denna typ:



- är hus i kustbandet mindre energikrävande än hus inne på Bergumsslätten på grund av havets inverkan?



- är hus i en dalgång mer energikrävande än hus på höjdplatån trots att de senare är mer vindutsatta?



- ligger den plats där man får den minsta energiåtgången mitt inne i centrala stadens värmeö?

För svar på dessa frågor se sid 74.

1.4 Vad har vi gjort?

Studien omfattar:

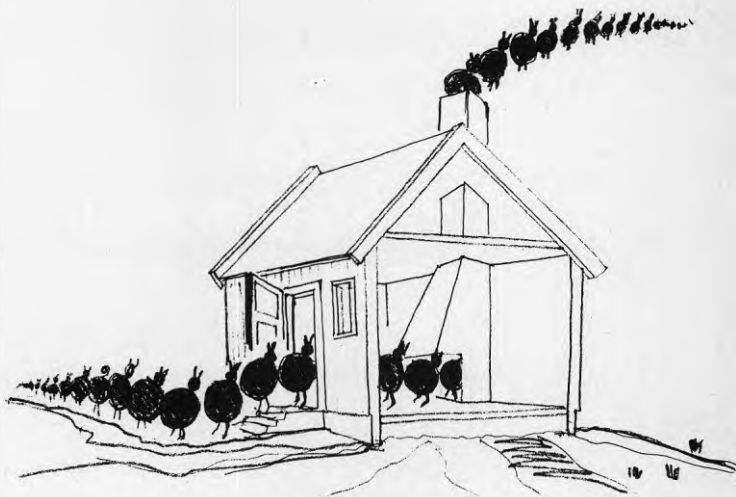
- en analys av de data som lokalklimatundersökningarna gett
- upprättande av en modell för att omsätta klimatdata till energitermer
- upprättande av en modell för att översätta lokalklimatkartans termer till kvantitativa mått
- beräkning av "energi-index" i olika delar av kommunen
- ett resonemang kring vad det erhållna beräkningsresultatet betyder för markanvändningsplaneringen.

Rapporten behandlar dels själva modelluppbyggnaden, dels det specifika beräkningsresultatet som avser Göteborgs förhållanden. Merparten av rapporten är dock av generell karaktär och förhoppningsvis tillämpbar även på andra kommuner. Modellarbetet är självfallet inte speciellt för Göteborg. Däremot förutsätter den här valda modellen data från en närbelägen klimatstation (Säve i detta fall), något som inte är förekommande i alla delar av Sverige.

2 ■ huset

2.1 Energibalansens enkla princip

Samspelet mellan den energi, som tillförs ett hus, och den energimängd som huset förlorar, brukar beräknas i byggnadens energibalans.



Energibalansen har en enkel princip (som gäller i varje fall för en tidsperiod):

"Summa förluster som lämnar byggnaden =
samma tillskott till byggnaden"

Under kortare perioder kan likhetstecknet sättas ur spel genom t ex ändrade inomhustemperaturer eller utnyttjande av lagrad värme i stommen.

Balansen gäller nettoenergi. Omräkning till bruttoenergi sker med hjälp av verkningsgraden för uppvärmningsanläggningen. I denna rapport behandlas dock enbart hur nettoenergibehovet varierar.

Det samband som visas i figuren kan uttryckas så här:

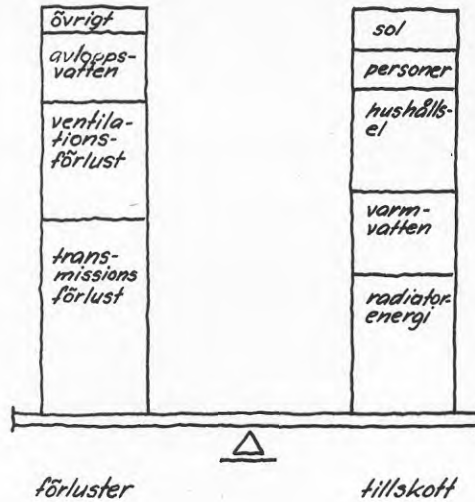


Fig 2.1
Energibalansens olika delar.

$$\text{Summa förluster} = W_{\text{trans}} + W_{\text{vent}} + W_{\text{led}} + W_{\text{ö}}$$

där W_{trans} = transmissionsförlusterna

W_{vent} = ventilationsförlusterna

W_{led} = ledningsförlusterna

$W_{\text{ö}}$ = övriga förluster

På samma sätt kan tillskotten skrivas:

$$\text{Summa tillskott} = W_{\text{rad}} + W_{\text{vv}} + W_{\text{el}} + W_{\text{p}} + W_{\text{sol}}$$

där W_{rad} = energitillskott för uppvärmning av radiatorerna

W_{vv} = energitillskott för varmvattenberedning

W_{el} = "- för hushållsel

W_{p} = "- från personer

W_{sol} = "- från solinstrålning

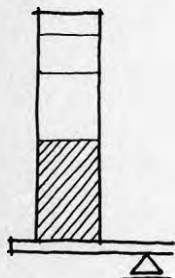
I en beräkning av energibalansen behandlas dessa termer var för sig. Termerna kan beräknas på flera olika sätt och med varierande grad av förfining. Ofta tvingas man till schabloniseringar av vissa faktorer i brist på kunskap om de exakta värdena.

I de beräkningar som gjorts i denna studie har

- förlust- och tillskottssidan satts lika
- transmissions- och ventilationsförlusterna varierats efter klimatdata
- energitillskottet från solinstrålning varierats efter klimatdata
- övriga poster schabloniserats.

Här kommenteras några av de grundläggande antagandena som gjorts. För en noggrannare beskrivning av dessa hänvisas till kapitel 5 och bilaga 1.

2.2 Transmissionsförluster



Då det är kallare ute än inne i huset strömmar värme från insidan till utsidan genom väggar, fönster m m. Dessa energiförluster genom en byggnads begränsningsytor kallas transmissionsförluster. Transmissionsförlustens storlek beror på:

- temperaturskillnaden mellan ute och inne och den tid under vilken temperaturskillnaden råder (gradtimmetalet Q)
- begränsningsytornas förmåga att släppa igenom värme, värmegenomgångskoefficienten (K -värdet)
- respektive byggnadsdels (i) storlek (A_i).

Transmissionsförlusterna blir då

$$W_{\text{trans}} = \sum_i (k_i \cdot A_i) \cdot Q \cdot 0,001 \text{ (kWh)}$$

I den här använda beräkningsmodellen har inomhus-temperaturen satts till 20°C .

Gradtimmetalet Q för en viss tidsperiod får man ur

$$Q = (20-t) \cdot \tau$$

där t = temperaturen utomhus i genomsnitt under beräkningsperioden

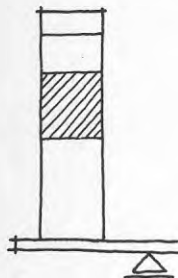
τ = antal timmar under perioden

t beräknas med ledning av temperaturen i Säve under denna period och de avvikelser från denna som lokalklimatet medför. Hur dessa avvikelser beräknas behandlas i kapitel 6.

Transmissionsförlusterna är alltså en funktion av den lokala utomhustemperaturen:

$$W_{\text{trans}} = f_1(t)$$

2.3 Ventilationsförluster



Ventilationsförluster uppstår då uppvärmd inomhusluft ersättes med kallare utomhusluft. Denna ersättning kan ske avsiktligt genom ventilationssystemet eller oavsiktligt genom t ex otätheter mellan byggnadsdelar. Ventilationsförluster brukar sättas som den energimängd som åtgår för att värma ersättningsluften till önskad inomhustemperatur.

Ventilationsförlusternas storlek beror på:

- temperaturskillnaden mellan ute och inne och den tid under vilken temperaturskillnaden råder, dvs gradtimmetalet (Q)
- luftomsättningen, dvs antal luftväxlingar per timma i huset (o)
- effektivitet hos en eventuell värmeväxlare
- husets uppvärmda volym (V).

Ventilationsförlusterna kan skrivas

$$W_{\text{Vent}} = 0,33 \cdot o \cdot V \cdot Q \cdot 0,001 \text{ (kWh)}$$

där 0,33 = luftens värmekapacitet (Wh/m³ och °C)

Luftomsättningen skall enligt Svensk Byggnorm (SBN) motsvara minst 0,35 l/s och m² bostadsyta. Detta motsvarar 0,5 omsättningar per timme för ett normalhus. Hur stor omsättningen blir hör samman med en rad faktorer. I täta hus med styrd ventilation, t ex frånluftsfläkt, kan man hålla luftomsättningen relativt konstant. I hus med självdragsventilation eller hus med otätheter påverkas luftomsättningen lättare av klimatet. Ett av syftet med denna studie är just att utröna på vilket sätt ventilationsförlusterna beror på de olika klimatbetingelser som finns i en kommun.

Ventilationsförlusten blir alltså något, som beror på temperaturskillnaden ute/inne på samma sätt som transmissionsförlusterna, men också på luftomsättningen. Luftomsättningen är i sin tur beroende av såväl temperaturskillnader som vindhastigheten (u). I kapitel 5 redovisas hur luftomsättningen antages påverkas av temperatur- och vindförhållanden och i kapitel 6 hur den lokala vindhastigheten beräknas.

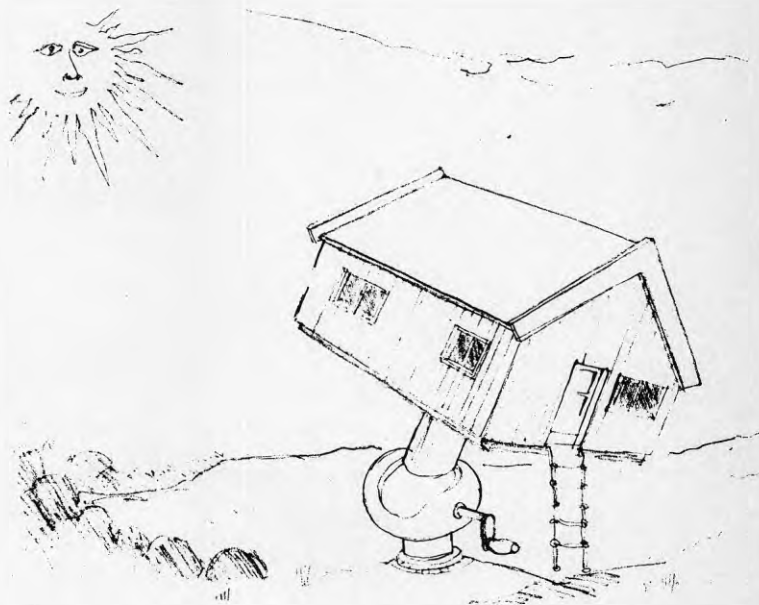
Ventilationsförlusterna blir då sammanfattningsvis

$$W_{\text{vent}} = f_2(u, t) \cdot f_3(u)$$

2.4 Solinstrålning

Solinstrålning genom fönster ger ett avsevärt energitillskott till huset. Hur stor solinstrålningen blir hänger samman med bl a

- utformningen av byggnaden, glasyornas storlek, luftning och typ etc
- byggnadens orientering, dvs hur glasytorna fördelas på olika väderstreck
- beskuggning, vilken kan höra samman med träd och byggnader i omgivningen eller skuggande byggnadsdelar
- den tillgängliga solinstrålningen, som beror på solhöjd, molnighet m m.



I denna studie har solinstrålningen i huvudsak erhållits enligt Källblad & Adamssons (1978) beräkningsmetod. Beroende på aktuell molnighet har solinstrålningen för varje dygn beräknats (se kapitel 7 och bilagorna).

2.5 Övriga faktorer

Övriga poster i energibalansen har troligtvis inget direkt samband med klimatfaktorerna. Denna har därför schabloniserats.

De värden som används är för ett nybyggt småhus:

- varmvatten 4 500 kWh varav 80 % blir ledningsförluster
- hushållsel 5 000 kWh varav 20 % anses ej komma husets uppvärmning tillgodo
- personvärme 900 kWh totalt under eldningssäsongen.

Vi har också gjort beräkningar för andra hustyper. Vilka värden som då använts framgår av bilaga 1.

3 **lokalklimatet**

3.1 Klimat av olika slag

- Vilket förfärligt klimat vi har!

En alltför vanlig replik. Om än inte så vanlig efter de två senaste somrarna.

När vi säger så, menar vi i regel klimatet för stora områden. Vi pratar om klimatet i södra Sverige, Englands klimat osv. Vad som då åsyftas är ett så kallat makroklimat. Detta påverkas av storskaliga faktorer som breddgrad, havsströmmar, atmosfärens cirkulation etc.

Det vi sysslar med i denna utredning är inte makroklimatet utan de klimatskillnader som hör samman med lokala faktorer. Detta klimat, som påverkas av vegetation, topografi, bebyggelse m m kallas inte överraskande för lokalklimat.

Mellan det makroklimatiska och det lokalklimatiska området kan man placera mesoklimatet. Detta avser då klimatet inom en region. Så när man pratar om vädret i göteborgstrakten menar man mesoklimatet i området.

Slutligen finns något som kallas mikroklimatet, dvs det som utmärker skiktet mycket nära markytan. Detta påverkas då av ytans struktur, vegetationstyp etc.

Inom en kommun av Göteborgs storlek förekommer en mosaik av skiftande mikro- och lokalklimat. Variationerna orsakas av skillnader i topografi, vegetation, markbeskaffenhet, bebyggelse osv. Mer systematiskt uppträdande skillnader över lite större områden kan lokaliseras och avgränsas vid en studie av hela kommunen. En sådan studie kan utmynna - och har också gjort det för Göteborgs del - i en lokalklimatologisk karta. En beskrivning av hur en sådan kan utformas och vilken kunskap den ger finns i Lindqvist et al (1983).

3.2 Var finns skillnader i klimatförhållandena?

Effekterna på klimatet av de lokala förhållandena kan grovt indelas i dem som ger skillnader i

- solinfall
- temperatur
- vind
- luftfuktighet

Variationerna hör i sin tur samman med hur topografin ser ut (t ex höjdområden, dalar, vattenområden) och bebyggelsens utbredning.

Hur variationerna är beskrivs i kapitel 6. Här ges dock en enkel orientering om de komplexa samband som finns.

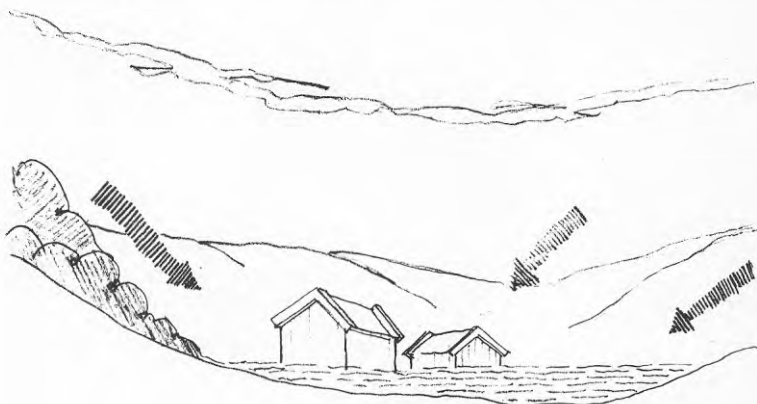
Var skiner solen mest?

Att det är skillnad i solinfall mellan nord- och sydsluttningar är en självklarhet. Enklast kan dessa skillnader observeras i samband med snösmältningen. Sollägen är alltså oskuggade sluttningar mot SO - S - SW. Sådana ytor är normalt varmare och torrare än övriga ytor.

Men solinfallet påverkas också av närheten till havet. Antalet solskenstimmar är åtminstone sommartid högre ute vid kustbandet än några mil in i land.

Var är det kallast?

Havsnärheten påverkar också temperaturförhållandena genom att dämpa variationerna. Dygnet och årets högsta och lägsta temperaturer är inte så extrema som längre in i land. Temperaturdämpningen är i regel någon grad.



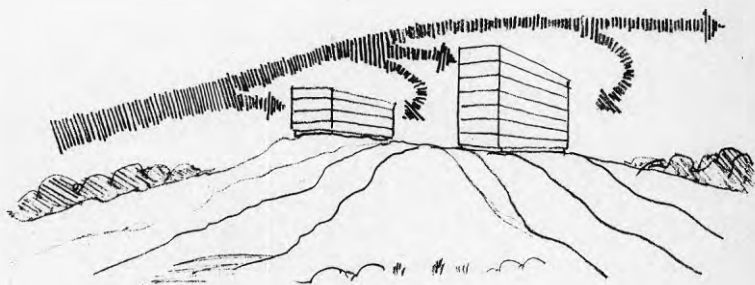
Under klara, kyliga och lugna nätter är det särskilt lätt att luften närmast marken avkyls kraftigt. Finns kalluften över en sluttning strömmar den ned utefter denna för att samlas upp i svackor och dalar. Kalluften stagnerar här och bildar kallluftsjöar. Minimitemperaturen i dalgångar där kallluftsjöar ofta bildas är flera grader lägre än omgivande plan mark vid klara och lugna nätter. Redan vindstyrkor på 3 å 4 m/s ger en sådan turbulens att temperaturskillnaderna till stor del försvunnit.

Även höjden över havet spelar en roll för temperaturen. Temperaturen avtar nämligen med höjden, (trots att det är närmare solen). Effekten uppgår till ca en halv grad per 100 m stigning som ett genomsnitt för året.

I de bebyggda områdena påverkas temperaturerna av den värme som läcker ut genom husen, av den minskade strålningsavkylningen nattetid o s v. Den tätare bebyggelsen är följaktligen varmare än omgivande landsbygd. Detta område bildar en värmeö, mer markerad ju högre exploateringen är. Värmeöeffekten syns tydligast under klara och relativt lugna nätter. Då kan temperaturen i city vara upp mot tio grader högre än den omgivande landsbygdens temperatur. Skillnaderna dämpas dock redan vid måttliga vindstyrkor.

Var blåser det mest?

Staden påverkar även vindklimatet. Den ojämna ytan med omväxlande höga och låga hus, den flikiga strukturen med öppna och slutna rum etc minskar vindens hastighet. Dämpningen är naturligtvis mycket olika beroende på var i bebyggelsen man befinner sig, vilken vindriktningen är och hur husen är placerade. I vissa fall kan ju bebyggelsen t o m förstärka vinden.



Lokala vindförstärkningar beror också på de topografiska förhållandena. Skogfria höjder är ofta vindutsatta liksom vissa kuststräckor. Att slätten är blåsig har påverkat bebyggelsens utformning. I vissa fall kan man få en förstärkning vid krön, i dalgångar etc.

4 ~~energi-index~~

4.1 Vad är energi-index?

Syftet med denna studie är att få fram ett enkelt hjälpmedel för att förbättra planeringen och energisparandet. Detta hjälpmedel - som förhoppningsvis är enkelt - har vi kallat "energi-index".

Energi-index är ett tal, olika för olika delar av kommunen. Detta tal skall vara ett mått på hur energiåtgången för ett hus varierar på grund av skillnader i lokalklimatet. Värdet 100 motsvarar en viss punkt i kommunen, i vårt fall förhållandena i centrala Göteborg. Avvikelsestörrelsen från detta värde anger hur mycket större eller mindre energiåtgång ett hus - befintligt eller tillkommande - får i andra lägen. Detta naturligtvis under förutsättning att inte nybebyggelsen i sig själv påverkar klimatet (vilket exempelvis en tät exploatering kan göra).

Energiindexet beskriver följaktligen energiförbrukningen med utgångspunkt från det utseende och den omfattning stadsbygden i dag har. En nybebyggelse av större omfattning skapas ju en egen värmeö som så att säga lagras ovanpå det som landskapet i sig alstrar.

Energiåtgången kan ju också variera mellan två närbelägna hus, exempelvis på grund av att det ena utgör en vindskärm för det andra. De variationer som vi finner hör därför samman med de storskaliga skillnaderna. Energiindexet för ett område kan därför inte utan vidare sägas gälla alla hus i detta område. Men mer om detta i kapitel 9.

Vad som här benämns energiåtgången behöver definieras. Utgångspunkt är då en energibalans för ett hus. De olika posterna har diskuterats i kapitel 2. I figur 4.1 visas fem olika delar av en energibalans, vilkas variation ett energi-index kan vara ett uttryck för.

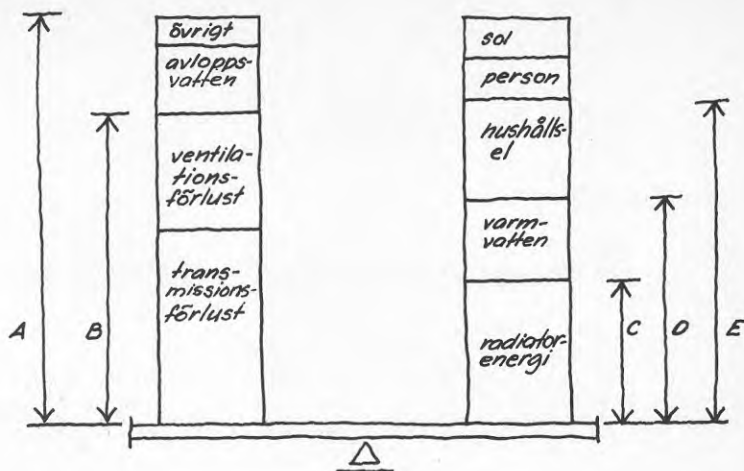


Fig 4.1
Alternativa energiindex.

- A uttrycker storleken på den totala energimängd som ett hus tillskotts- och förlustsida balanserar kring
- B uttrycker storleken på de förluster som är temperatur- och vindberoende, d v s hur lokalklimatet påverkar förlustsidan
- C uttrycker storleken på den tillskottsenergi som behövs för uppvärmning, d v s huvuddelen av den del av tillskottet som är varierande på grund av lokalklimatet
- D uttrycker storleken på den energi som ett normalt flerfamiljshus kräver från sin uppvärmningsanordning (t ex köper från fjärrvärmenätet)
- E uttrycker storleken på den energimängd som ett hus behöver tillföras via ledningsnät o dyl, d v s vad som brukar kallas "köpt energi".

Energi-indexet kan väljas att avse vilket av dessa alternativ som helst. Det finns motiv för att välja vart och ett. Det viktiga är att man är på det klara med vilket av alternativen det avser och använder det för rätt ändamål.

Här har valts att låta energi-index vara ett uttryck som visar hur radiatorenergin varierar, d v s enligt alternativ C. Orsaken till vårt val är främst att denna faktor tydligast visar variationerna p g a lokalklimatet, genom att hushållsenergin och varmvattenenergin, som är konstanta i beräkningarna, inte tas med.

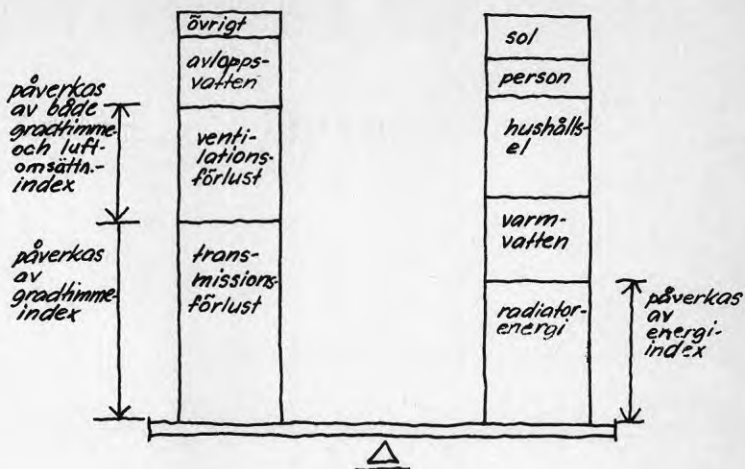


Fig 4.2

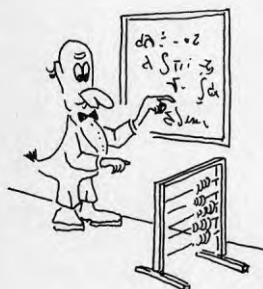
Energiindex visar skillnaden i radiatorenergi.

Detta betyder att lokala skillnader i solinfall (t ex söderslutning) inte påverkar energiindexet. Motivet till detta är att vi antar att huset, resp husgruppens utformning och orientering i väderstreck är oberoende av energiaspekter. Det är i stället miljöfaktorer, entréförhållanden, terränganpassning m m som avgör husens orientering.

Som komplement till detta energi-index har även beräknats ett "gradtimme-index" och ett "luftomsättnings-index". Dessa två är en uppdelning av det som avses med index enligt alternativ B ovan.

4.2

Hur beräknas energi-index



För beräkning av energi-index utgår vi från klimatstatistik för Säve flygplats under en sexårsperiod. Beräkningar av energiåtgången kräver samtidigt värden för temperatur, molnighet, vindriktning och vindhastighet. Dessa värden för Säve justeras sedan beroende på lokalklimatet i varje beräkningspunkt. Justeringarna grundas på

- lokalklimatkartan för Göteborg
- tidigare utförda kalibreringsmätningar
- antagande om hur temperatur och vind påverkas av terräng, bebyggelse, avstånd till havet m m.

Beräkningarna av lokalklimatet och energibalansen utförs av datorprogrammet LENA (Lokalklimatologisk Energianalys). Programmet har utvecklats i detta projekt.

Väderdata för Säve finns sammanställda för sextimmarsperioder. För varje sextimmarsperiod beräknar

programmet den lokala vinden, temperaturen och molnigheten. Husets energiförluster beräknas därefter. Detta kräver antagande om hur transmissions- och ventilationsförlusterna påverkas av temperaturskillnader och vindförhållanden.

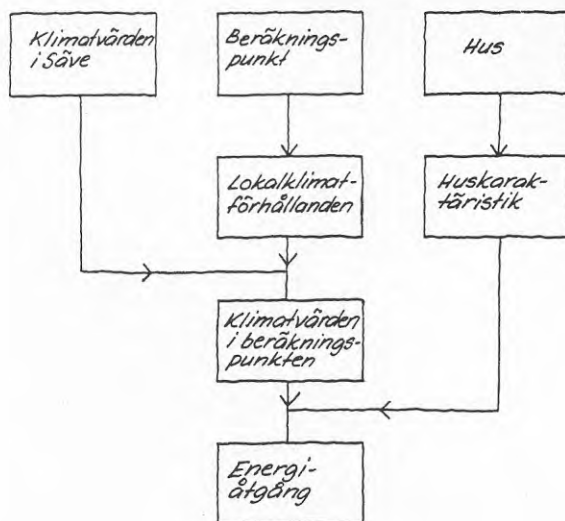


Fig 4.3

Schematisk bild av beräkningsgången.

För varje dygn summeras förlusterna och en energibalans upprättas. Då gratisenergin (sol, personvärme och spillvärme från varmvatten och hushållsel) överstiger förlusterna, sätts behovet av radiatorenergi naturligtvis till noll.

Energibalansens olika poster summeras för hela sexårsperioden. Kvoten mellan behovet av tillförd radiatorenergi i beräkningspunkten och motsvarande värde för referenspunkten (=centrala Göteborg) utgör energi-index i denna beräkningspunkt.

Energi-index (I) beräknas alltså ur

$$E_j = \sum \frac{T \cdot Q_j + L \cdot o \cdot Q_j - W_{\text{sol}} - \text{konst}}{\tau}$$

och

$$I_j = \frac{E_j}{E_{\text{Gbg}}} \quad \text{Där:}$$

E = radiatorenergin för ett hus i beräkningspunkt j

$$T = \sum_i (k_i \cdot A_i) \cdot 0,001$$

Q_j = gradtimmetalet mot inomhustemperaturen 20°C , som är en funktion av
- temperaturen i punkt j

$$L = 0,33 \cdot V \cdot 0,001$$

- o = luftomsättningen, som är en funktion av
- huskaraktäristik
 - temperaturen i punkt j
 - vindhastigheten i punkt j

W_{sol} = energitillskott från solinstrålning

konst = $0,2 W_{vv} + 0,8 W_{el} + W_p$

vilket sätts konstant för resp hustyp

E_{Gbg} = radiatorenergien för huset i referensläget

I_j = energi-index i beräkningspunkt j

Energibalansen och energiindexet blir följaktligen beroende av huskaraktäristiken. Olika hustyper (och även olika hus, som på ritningen är identiska) har sin uppsättning av värden och konstanter. Vi har därför räknat ut energiindexet för olika typer av hus för att testa hur beroende av huskaraktäristiken det är. Det visade sig vara förvånansvärt stabilt, bara en hustyp avvek markant. Det slutliga indextalet har sedan beräknats som ett medeltal av flera olika hustyper.

Den punkt som allt jämförs med är den klimatstation som kallas Göteborg. Klimatstation Göteborg har under årets lopp flyttats runt i olika centrala lägen. F n (och förhoppningsvis lång tid framåt) ligger den vid Energiverkens byggnad vid Rantorget. Detta är ett läge som relativt väl stämmer med Göteborg 1931-60 enligt "Klimatdataboken" och som alltså är den station som refererats till, då Göteborgs graddagstal bestämts.

Detta är också det läge där vi fått den lägsta energiförbrukningen.

4.3 Energiåtgången kan variera med 35 %

Energiindex för referensläget blir självfallet 100. Och eftersom det också visade sig ligga i det energisnålaste området (inne i värmeöns och med vindskyddande hus runt omkring) får hela det centrala stadsområdet värden runt 100.



De högsta framräknade värdena hittar vi i västra Gårdsten. Området ligger högt och exponerat för västvindarna. Indexet här blir 135, vilket betyder ca 1 500 kWh mer för en nybyggd lägenhet här än i innerstaden.

De vanligaste värdena ligger dock lägre. Indexet ligger oftast mellan 105 och 115. Högre värden hittar man främst där husen är vindutsatta.

Vindens stora betydelse illustreras av att hus i ett öppet kustläge får index 125, medan om det ligger nära kustbandet men i vindskydd får den index strax över 100. Omräknas detta i energitermer betyder det för en villa ca 2 500 kWh/år i skillnad. Eller annorlunda uttryckt, havsutsikten kostar ca 600 kr/år i extra värme.

Exemplet visar också havets utjämnande roll. Havet som ger ett varmare klimat vintertid, påverkar energiförbrukningen lika positivt som innerstadens värmeö.

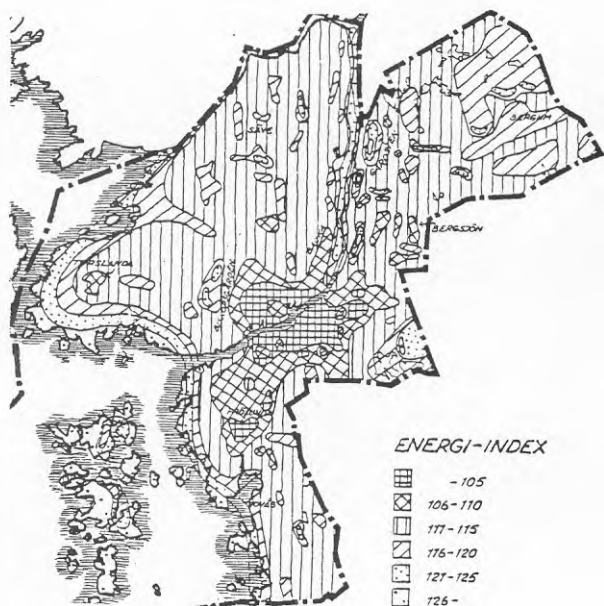


Fig 4.4

Energiindexkarta
för Göteborg.

Kallluftsjöarna har naturligtvis motsatt effekt, de ökar energiförbrukningen. Så ligger t ex Göta älvdalen på värden som är ca 5 enheter högre än vad som omgivningen har. Men sammantaget betyder kallluftlägen och värmeöeffekten mindre än vindförhållandena.

Beräkningsresultaten visas utförligare i kapitel 8. De mer detaljerade studierna visar hur klimatförhållandena separat påverkar transmissions- respektive ventilationsförlusterna, hur det slår på olika hus m m.

5 **huskarakteristik**

5.1 Hur varierar energiåtgången?

Energiåtgången i ett hus varierar med ett stort antal faktorer. Dessa kan delas upp i grupperna

- faktorer som hänger samman med förhållanden utanför huset, t ex värmeförsörjning via fjärrvärme, makro- och lokalklimat, skuggande träd
- faktorer som hänger samman med själva huset, t ex husets utformning, byggnads- och installationstekniska lösningar
- faktorer som hänger samman med hur huset i verkligheten byggts och används, t ex noggrannhet i tätning, brukarbeteendet.

Detta betyder att man inte i förväg exakt kan beräkna energiåtgången i ett hus. Alltför många faktorer är okända. Syftet med denna rapport är inte heller att exakt beräkna energiåtgången. Syftet är ju att genom att hålla ett antal faktorer konstanta få reda på vad klimatskillnader betyder.

Vi får alltså antaga vissa värden på ett antal faktorer och sedan "flytta runt" detta hus i kommunen med dessa faktorer konstanta.



Det är naturligt att faktorer som hänger samman med individuella skillnader mellan på ritningar identiska hus inte kan tas med. Antalet personer per lägenhet, användningen av hushållsel etc har därför hållits konstant för respektive hus (men varierats mellan hustyperna).

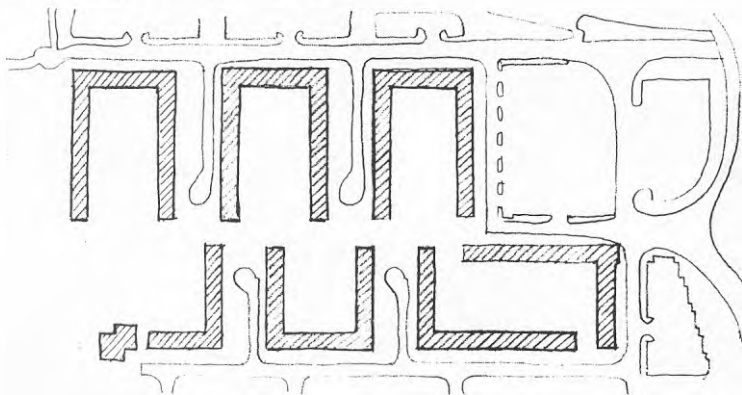
Energiförbrukningens variation med hustyp har behandlats på så sätt att beräkningarna gjorts för flera "typhus". Typhusen har valts så att de åter speglar olika

- hustyper
- ålder
- ventilationsteknik

De olika typhusen används för att testa i vilken utsträckning indextalet varierar beroende på husparametrarna.

Förhållanden i omgivningen varierar naturligtvis mellan de olika beräkningspunkterna. Energiförbrukningen kommer därmed att förändras beroende på olika klimatfaktorer. Husets placering i terrängen och i förhållande till andra hus är också faktorer som är med i beräkningarna. Däremot antas här att skuggning och solinfall inte varierar med läget i kommunen.

Orsaken till detta är att husens exakta placering i ett exploateringsområde normalt bestäms av andra aspekter än energifrågan. Husens gruppering anpassas till vad terrängen anvisar, naturliga och upplevelserika gångstråk, ekonomi, ledningsdragningar, biltrafik m m. Den tidigare förhärskande placeringen av husen i N-S för att ge goda solförhållanden i rum och lekplatser har bytts ut mot en mer fri gruppering.



Här har därför antagits ett "slumpmässigt" grupperat hus, d v s fönsterytorna är inte systematiskt ordnade så att solinfallet maximeras. Beräkningsmässigt betyder detta att fönsterytorna antas jämnt fördelade i alla väderstreck.



5.2 Hur ser typhusen ut?

Beräkningarna har gjorts för fem typhus:

- en ny villa
- ett nytt radhus/låghus
- ett nytt flerfamiljshus
- en äldre villa
- ett äldre flerfamiljshus

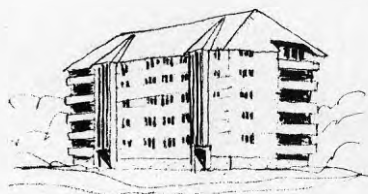
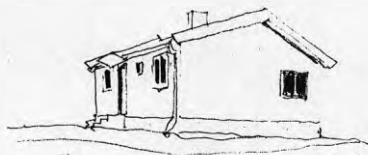


Fig 5.1

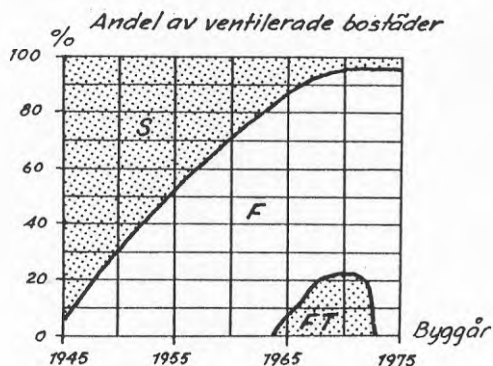
Fem typhus och tre ventilationssystem.

De valda hustyperna avser återspegla de fall där energi-index kan användas. De nybyggda husen är aktuella i samband med planarbete, de äldre i samband med energisparövervägande. Med tanke på husbeståndet i Göteborg har vi valt landshövdingehuset som exempel på äldre flerfamiljshus. Som resultat kommer att visa, är energiindexvariationen även representativ för 50- och 60-talsbebyggelsen.

Data för husen framgår av bilaga 1. I nedanstående tabell anges några av de antagna parametrarna. Ytor etc anges per lägenhet.

Tabell 5.1 Antagna data för typhusen

hus	vy	antal vån	fönster- yta	k- värde vägg	ventila- tions- system
1 ny villa	150	1 1/2	22	0.3	S och F
2 nytt rad- hus	115	2	17	0.3	F
3 nytt fler- fam.hus	87	3-5	13	0.3	F och FTX
4 äldre villa	84	1	16	0.5	S
5 äldre fler- fam.hus	57	3	8	0.8/ 1.2	S



Beräkningarna har gjorts för olika ventilations-system enligt tabellen. Självdragssystem (S) är vanligast i äldre bebyggelse. I nybyggda hus installeras normalt frånluftssystem (F). Från-till-luft med värmepump (FTX) är ett sätt att till-varata energiinnehållet i frånluftens värme, här antaget som ett alternativ i ett flerfamiljshus.

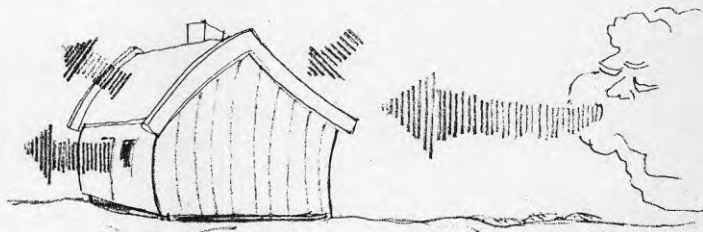
5.3 Hur påverkas luftomsättningen av vinden?

5.3.1 Allmänt

Luftläckningen in eller ut genom byggnadens omgivande skal beror på de tryckskillnader, som är mellan ute och inne. Luftflödet sker genom alla otätheter och ventilationskanaler som finns. Flödet drivs av följande tre krafter:

- aerodynamiska, d v s krafter orsakade av vinden
- termiska, d v s krafter orsakade av tryckskillnader på grund av temperaturdifferenser
- mekaniska, d v s krafter orsakade av fläktar.

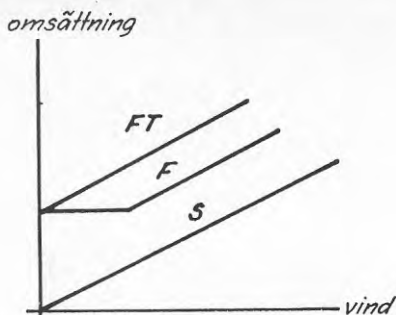
Vinden ger ett övertryck på husets lovvartsida och ett undertryck på läsidan. Hur stort trycket blir bestäms av vindens hastighet, husets form och storlek samt ytornas orientering i förhållande till vinden. Luftomsättningen på grund av de aerodynamiska krafterna blir således en funktion av vindhastigheten och vindriktningen.



Ju kallare luften är desto lägre är dess densitet. Luftrycket avtar med höjden. Dessa båda fysikaliska principer betyder att luftrycket avtar mindre inom en uppvärmd byggnad än utanför denna. Detta skapar ett övertryck i byggnadens övre del och ett utflöde av luft genom otätheterna och ventilationskanalerna i denna del av huset. Det uppkommer härav ett undertryck i byggnadens nedre del, som medför en inströmning av luft här. Detta, kallat skorstenseffekten, kan i höga byggnader svara för en betydande del av ventilationen. I småhus är den av mindre betydelse. Självdragsventilation bygger i stor utsträckning på just denna termiska kraft.

Ventilationen kan styras mer eller mindre beroende på hus och ventilationssystem. Ett tätt hus påverkas naturligtvis mindre av de aerodynamiska och termiska krafterna, eftersom det inte tillåter någon inläckning genom springor i väggen och liknande. Ett fläktstyrt ventilationssystem medför att det, då de termiska och aerodynamiska krafterna är svaga, finns en viss basventilation i huset.

Nylund (1979) har visat hur luftväxlingen påverkas av olika system. Han konstaterar att S-ventilationens storlek är en linjär funktion som helt beror på tryckstörningar och otätheter. F-ventilationen fungerar stabilt, d v s med avsedd omsättning ända tills dess att störningarna når ett visst tröskelvärde. FT-ventilationen ger sällan avsedd luftomsättning. Minsta störning ger omedelbart upphov till oavsiktlig ventilation genom läckning.



5.3.2 Olika teorier

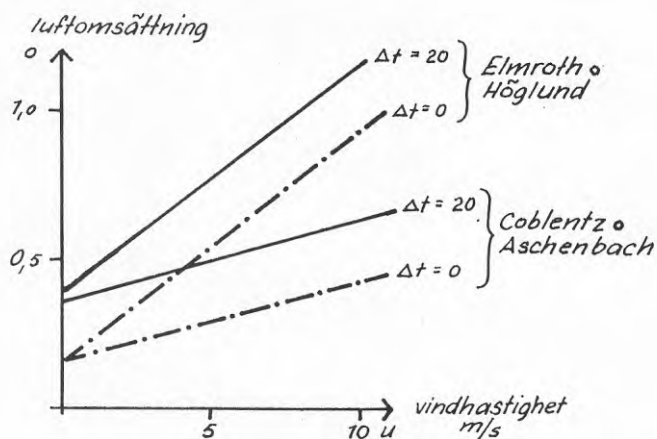


Ventilationens storlek påverkas alltså av både vindhastigheten och lufttemperaturen. Hur detta samband är finns dock inte någon entydig teori om. Olika forskare har satt upp olika teorier, där sedan parametrarna empiriskt kunnat kvantifieras. I de flesta fallen avser mätningarna småhus med självdraftsventilation.

Coblentz & Aschenback (1963) liksom Elmroth & Höglund (1973) satte upp sambandet i formen

$$o = a + b \cdot \Delta t + c \cdot u$$

där o = antalet luftomsättningar per timma
 Δt = skillnaden mellan temperaturen i luften inne och ute
 u = vindhastigheten
 a, b, c = parametrar



Dick (1950) formulerade det som

$$o = a \cdot u^{2.5} \text{ för små } u$$

$$o = a + b \cdot u^{2.5} \text{ för stora } u$$

Åhlander & Pettersson (1982) har med en elegant motivering erhållit sambandet

$$o = a \cdot \Delta t^{0.5} + b \cdot u + c \cdot u^{1.33}$$

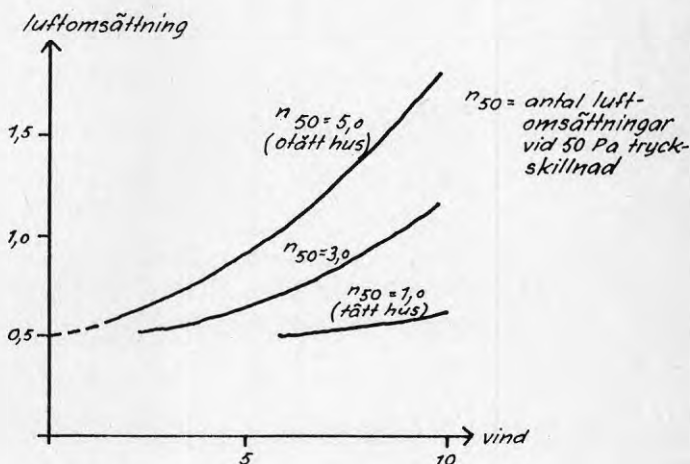
Hammarsten & Hjalmarsson (1982) använder i sina mätningar

$$o = (a \cdot \Delta t + b \cdot u^2)^{0.5}$$

Nylund (1979) har teoretiskt beräknat luftomsättningen för ett småhus med olika ventilationssystem. Luftomsättningen sätts som en funktion av vindhastigheten och husets täthet. Figur 5.2 är ett sammandrag av beräkningsresultaten för ett frånluftsventilerat hus.

Fig 5.2

Samband mellan luftomsättning, hustäthet och vind.



Luftomsättningen får alltså formen

$$o = a + b \cdot u^c$$

där parametrarna a , b och c erhåller olika värden beroende på husets täthet. c kan ur figuren beräknas variera mellan 1,7 och 2,5.

Som synes ger detta inte någon entydig bild av sambandet mellan luftomsättning och vind/temperatur. Detta hör samman med en rad orsaker. En är att de hus som de olika forskarna studerat varit olika. En annan är att det troligen återstår åtskilligt av forskande innan en korrekt teori kan sättas upp, de nuvarande är antagligen inte allmängiltiga för olika hustyper. En tredje orsak till svårigheterna beror på att luftomsättningen i ett hus är en mycket komplicerad företeelse, se t ex Handa et al. (1979). Till synes identiska hus kan ha mycket olika omsättning och luftomsättningen kan variera starkt mellan olika rum i samma fastighet, vilket framgår av mätningar gjorda av Statens Provningsanstalt.

Vi tvingas dock att här på något sätt försöka dra en slutsats av de ovan sammanställda teoribilderna. Detta försök till syntes är i viss mån en gissning men samtidigt finns det logiska förklaringar till de valda värdena och sambanden.

Den modell vi valt är en sammanvägning av främst Elmroth & Höglund resp. Åhlander & Pettersson.

5.3.3 Valda värden vid S-ventilation

Åhlander & Pettersson har visat att luftväxlingen är relativt oberoende av vindhastigheten vid låga vindstyrkor, d v s samma som Dick erhållit. Vi har därför valt att låta vindstyrkor under 2 m/s inte påverka luftomsättningen. Detta kan höras samman med att de boende vid låga vindstyrkor öppnar fönstren i större utsträckning. Gertis (1979) har visat hur starkt detta ökar luftomsättningen.

Luftomsättningen skall enligt SBN uppgå till minst 0.5. Av bl a energiskäl brukar man försöka att åstadkomma ett så tätt hus att luftomsättningen brukar ligga på denna nivå i nya hus. Vi har därför valt parametrarna så att luftomsättningen blir 0.5 vid en väderlekssituation, då utetemperaturen är + 4°C och vindstyrkan 3 m/s, d v s en genomsnittlig situation under eldnings-sässongen. Vårt antagande framgår av figur 5.3.

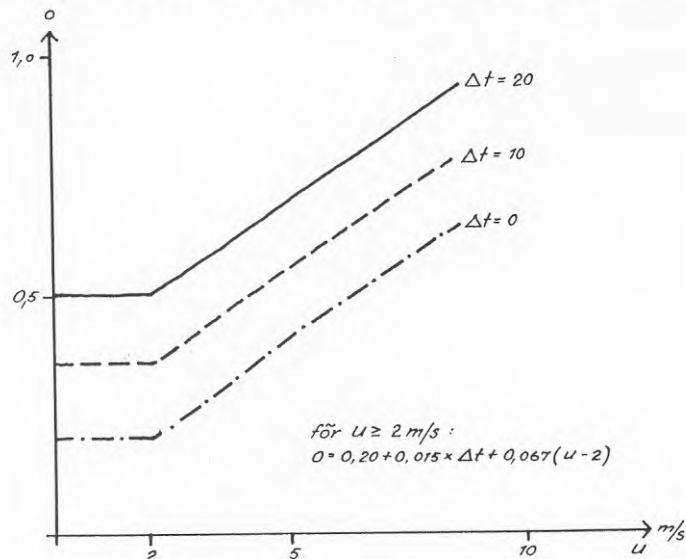


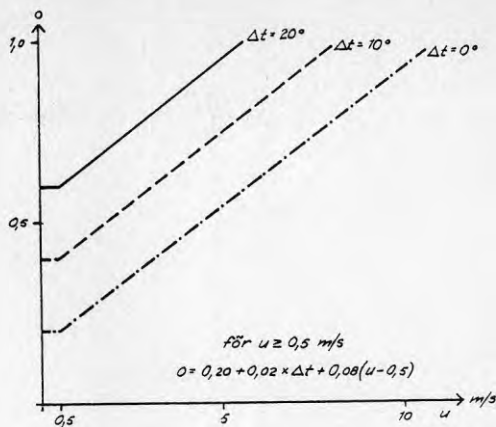
Fig 5.3

Antaget samband i ett nytt hus med S-ventilation.

De äldre typhusens omgivande klimatskärm är byggd med en annan täthet än dagens hus. De påverkas därför snabbare än de nya husen av vindtrycket. Vi har därför antagit dels att omsättningen börjar öka redan vid 0.5 m/s, dels att påverkan är 50 % kraftigare än för nya hus. Vårt antagande visas i figur 5.4

Fig 5.4

Antaget samband
i ett äldre hus
med S-ventila-
tion.



5.3.4 Valda värden vid F-ventilation

Som ovan sagts är F-system mer okänsliga för tryckförändringar än S-system. Ett korrekt inställt ventilationssystem ger den avsedda luftomsättningen till dess att vinden uppnått en viss styrka. Denna vindhastighet motsvarar i princip det läge då det av vinden skapade undertrycket på husets läsida, är lika med det undertryck i huset som frånluftfläkten orsakar. Vid vilken hastighet detta inträffar är en funktion bl a av husets form och vindriktningen. Här antas detta inträffa då vindhastigheten är större än 4 m/s. Vindberoendet antas sedan vara lika som för S-system.

Temperaturberoendet är mindre för F- än för S-system och sätts här till en tredjedel av S-systemets. De antagna värdena resulterar i figur 5.5

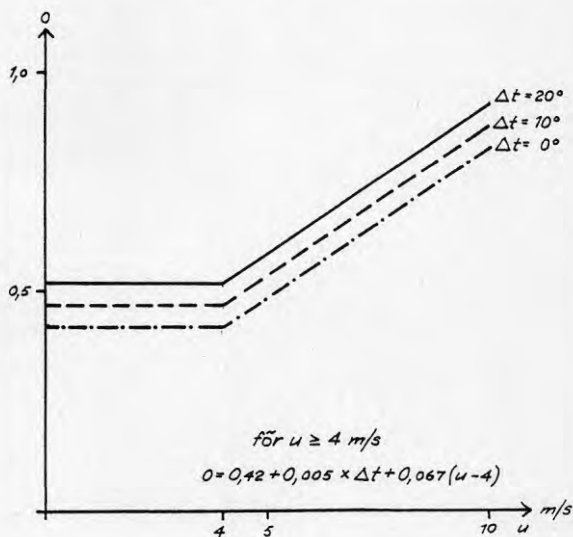


Fig 5.5

Antaget samband
i ett hus med F-
ventilation.

5.3.5 Valda värden vid FTX-ventilation

Vid FT-system uppkommer störningar även vid små vindtryck. Vi antar här att detta uppkommer då vinden är större än 1 m/s. I övrigt sätts parametrar som i fallet med F-system.

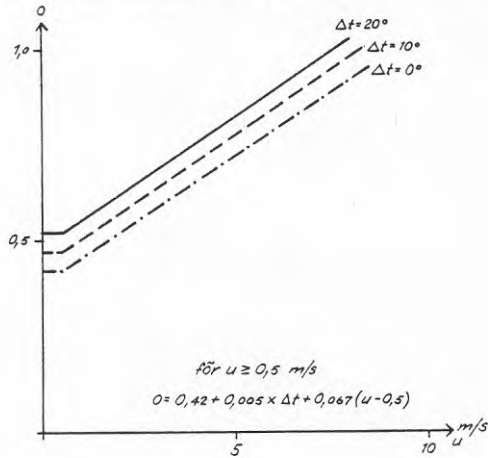


Fig 5.6

Antaget samband i ett hus med FT-ventilation.

De antagna värdena ger en "medelventilation" som är 0.15 omsättningar större än de två andra systemen. Ur energisynpunkt kompenseras detta genom värmeåtervinningen. Denna omfattar dock inte hela den omsatta luftvolymen utan endast det som motsvarar ca 0.5 omsättningar per timme.

Här bör också än en gång poängteras att luftomsättningen är starkt beroende av husets täthet (se t ex fig. 5.2). Vi har för att begränsa antalet varianter räknat med endast ett samband mellan vind och luftomsättning för F- och FT-systemen. Detta avses motsvara ett normalbyggt hus enligt de gällande byggnormerna. I marknaden finns det dock i dag hus som byggs med en högre täthet. För sådana hus blir följaktligen känsligheten för vind betydligt mindre. Den diskussion som förs kring FTX-husen i resultatdelen gäller därmed inte fullt ut hus, som byggs med denna större täthet.

6 klimatbestämning

6.1 Den regionala bakgrunden

Det regionala klimatet bestäms med hjälp av de klimatstationer (några hundra) som SMHI och dess föregångare sköter och har skött sedan 1800-talet. Varje station kommer att representera en stor yta. Man eftersträvar därför att stationerna skall ha neutrala lägen. Avvikande lokala lägen skulle ju annars snedvrída hela bilden av regionens klimat.

I Göteborgsområdet finns nu tre stationer som varit i drift någon längre tid: Vinga, Säve flygplats och Landvetter flygplats. Av dessa är Säve flygplats mest representativ för Göteborgsområdet. Vinga har ett utpräglat havsläge och Landvetter flygplats ett inlandsbetonat höjdläge. Det har också funnits en station "Göteborg" (etablerad 1856). Läget har, som omtalats i kap 4.2, emellertid varierat och stationen upphörde 1975. Publicerad klimatstatistik för Göteborg bygger dock på denna station. Värdena är egentligen inte repre-

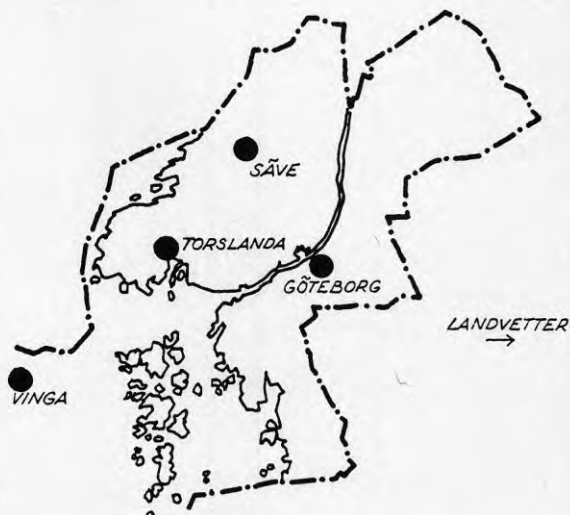


Fig 6.1

Klimatstationer i
göteborgsområdet.

sentativa för Göteborgsområdet eftersom de (oftast) är uppmätta i den centrala bebyggelsen. Sedan drygt ett år tillbaka finns en ny station "Göteborg" belägen vid Energiverket strax öster om centrum.

För vår beräkning har vi valt Säve flygplats för att representera makroklimatet i Göteborgsområdet. Beräkningarna omfattar tiden 1976-81. Önskvärt hade kanske varit att beräkningarna omfattat en längre tid. Tidsåtgång och inte minst kostnader har medfört att vi nöjt oss med den angivna sexårsperioden. Dessutom har det inte varit vår avsikt att ge exakta värden på energiåtgången i Göteborgsområdet. Vår avsikt är att belysa variationerna mellan olika punkter i området och för detta ändamål anser vi perioden tillräcklig.

6.2

Lokalklimatkartan

De lokala avvikelserna från det regionala klimatet orsakas av havets närhet, topografi, bebyggelse och vegetation. Alla lokalklimat effekter uppträder inte samtidigt. Temperatureffekterna är vanligen knutna till klart och lugnt väder. Dessutom brukar de vara störst nattetid. Vindeffekter däremot märks mest under blåsiga perioder.

Med hjälp av topografiska kartor och flygbilder kan en klimatolog tämligen väl avgränsa var olika lokalklimat effekter kan uppträda när lämpliga väderförutsättningar föreligger. Resultatet av denna bedömning, helst kompletterad med vissa mätningar, redovisas lämpligen i en lokalklimatkarta. Fig. 6.2 visar ett utsnitt av lokalklimatkartan för Göteborgs kommun. För detaljer om vad en sådan karta innehåller och hur den upprättas hänvisas till Lindqvist et al (1983).






















	Kommungräns		Svalt höjdområde
	Kallluftsjö, måttligt inflytande		Extremt starkvindsområde
	Kallluftsjö, starkt inflytande		Starkvindsområde
	Kallluftsjö, mycket starkt inflytande		Strålningsdima
	Kallluftproduktionsområde		Adektionsdima
	Kallluftflöde		Orografisk dimma
	Värmeö, måttligt inflytande		Sluttningszon
	Värmeö, starkt inflytande		Solläge, fritt
	Omlandsbris		Solläge, potentiellt
	Dampal sjöläge, stark dämpning		Skuggzon
	Dampal sjöläge, måttlig dämpning		



Fig 6.2
Utsnitt ur lokal-
klimatkarta för
Göteborg.

6.3 Kalibreringsmätningar

Storleken av lokalklimatavvikelserna beror på väderförutsättningarna men även på markens värmegenskaper och detaljer i vegetation och topografi. Det behövs därför kalibreringsmätningar för att mera precist ange storleken av de lokala avvikelserna för olika typiska väderförutsättningar och terränglägen. Sådana mätningar av temperatur och vind har utförts längs två profilsnitt (fig 6.3).

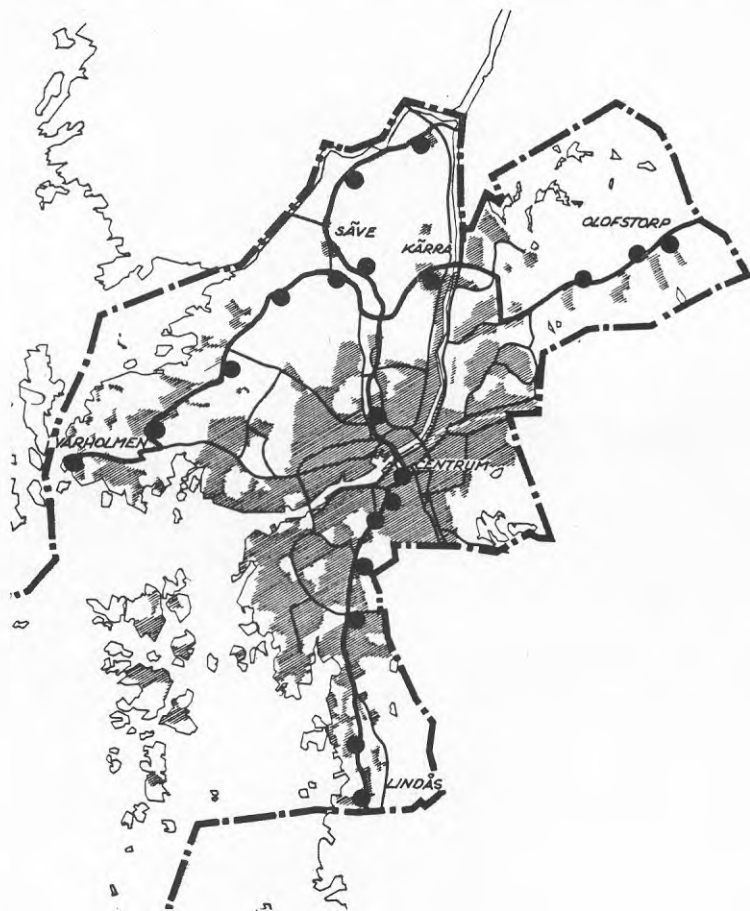


Fig 6.3

Färdvägar vid kalibreringsmätningar.

Avsikten med den ost-västliga profilen var dels att mäta hur temperaturen påverkades av havets närhet och kallluftsjöar av olika storlek, dels att mäta vindens avtagande inåt land samt hur vindhastigheten påverkades av den närmaste omgivningen. I den nord-sydliga profilen avsågs i första hand mätningar för att få fram hur lokalklimatet påverkades av stadsbebyggelsen. Fig 6.4 visar några av vindmätningarna längs den väst-östliga profilen och fig 6.5 några temperaturmätningar längs den nord-sydliga.

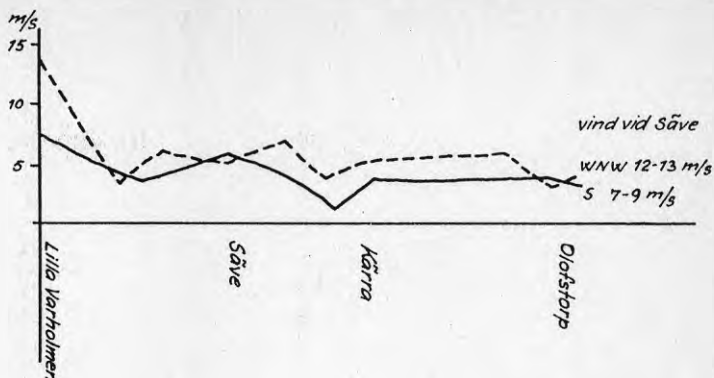


Fig. 6.4

Resultat från vindmätningarna.



Vindmätningarna har utförts genom att en liten skålkorsvindmätare placerats i ett antal punkter efter färdvägen. Mättiden i varje punkt har varit 5 minuter och mätningarna har gjorts på knappt 2 meters höjd över marken. Den förhållandevis korta mättiden har gjort det möjligt att på några timmar mäta vinden på relativt många platser och därmed fånga in vindvariationerna i landskapet. Kontroll av ev. vindändring under en mätfärd har erhållits genom att första och sista mätningen utförts i samma punkt. Mätningarna har gjorts då vinden varit måttlig till frisk.

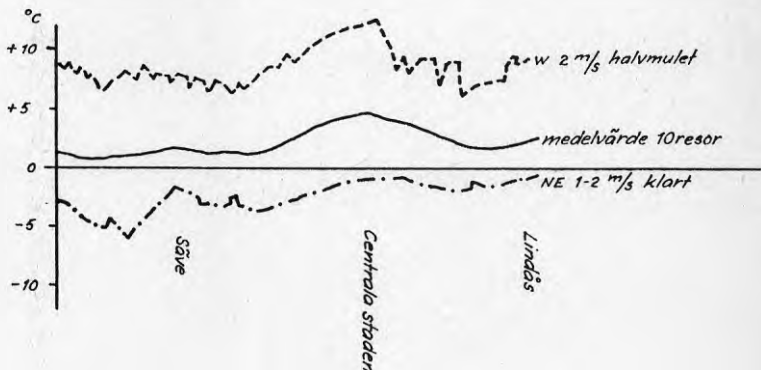


Fig 6.5

Resultat från temperaturmätningarna.

Temperaturmätningarna har utförts med en termistor i strålningsskydd fäst på ett biltak och med skriveareregistrering. Då termistorn reagerar nästan momentan kan alla variationer längs färdvägen kontinuerligt registreras. Temperaturinformationen blir därför rikhaltigare än för vinden. Sträckan körs i båda riktningarna för att vi ska få en god kontroll över den allmänna temperaturändringen under mätperioden. Mätningarna har utförts under vindsvaga klara kvällar. Vid några tillfällen under mätfärden har vindhastigheten mätts upp, detta för att klargöra vindens inflytande på temperaturvariationerna.

Förutom dessa direkta kalibreringsmätningar har vi också utnyttjat andra mätningar utförda i Göteborgsområdet. Resultaten från en del av dessa finns redovisade i Holmer och Lindqvist (1981).

6.4 Några olika sätt att beräkna lokala avvikelser

Avsikten med våra beräkningar är att kunna följa de lokala avvikelserna under en lång tid. Det innebär att det inte endast är de extrema avvikelserna som kan förekomma som är av betydelse utan också de mera vardagliga variationerna.

Studerar man större handböcker t ex Geiger (1965), och Mattsson (1979) finner man att merparten av alla lokalklimatundersökningar berör extremsituationer. Det är endast i fråga om stadens värmeö som bilden är mer nyanserad.

Genom multipel regression har man sökt upprätta samband mellan väderförutsättningar och värmeöns storlek:

Sundborg (1951) erhöill för Uppsala:

$$\Delta t_{\text{natt}} = 2.8 - 0.10N - 0.38u - 0.02T + 0.03p$$

$$\Delta t_{\text{dag}} = 1.4 - 0.01N - 0.09u - 0.01T - 0.04p$$

Lindqvist (1970) erhöill för Lund:

$$\Delta t_{\text{natt}} = 3.01 - 0.31N - 0.29u - 0.06T + 0.16p$$

$$\Delta t_{\text{dag}} = 0.59 - 0.0N - 0.04u - 0.03T + 0.07p$$

där Δt är värmeön, N molnighet, p ångtryck, T temperatur och u är vindhastighet.

Sundborg fann att ovanstående samband underskattade de mest intensiva värmeöarna. Han prövade i stället följande uttryck:

$$\Delta t_{\text{natt}} = \frac{4,6 - 0,28 N}{u}$$

Detta beskrev bättre värmeöns variationer men spridningen var fortfarande avsevärd. När vindhastigheten går mot noll leder naturligtvis uttrycket till orimligheter.

Oke (1973) försökte beskriva hur värmeöns intensitet berodde på stadens storlek (uttryckt i antal invånare, P) och vindhastigheten, U.

$$\Delta t = p^{1/4} / (4 \cdot u^{1/2})$$

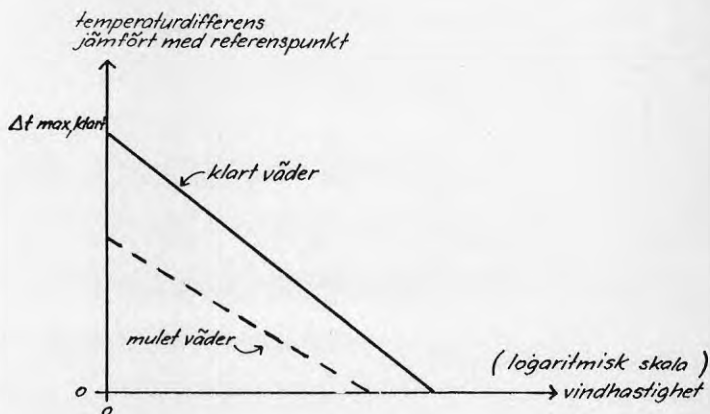
Även detta uttryck leder till orimligheter när vindhastigheten går mot noll. Någon hänsyn till molnigheten tas ej.

6.5 Vår metod att beräkna lokala temperaturavvikelser

6.5.1 Kallluftssjöar, kustlägen och värmeöar...

Inte någon av de beskrivna metoderna att beräkna värmeön ger särskilt god korrelation mot uppmätta värden. Vi har därför provat en annan modell att beräkna hur lokalklimatet varierar med väderförutsättningarna.

Empiriska studier av värmeön i Göteborg och kallluftsjön vid Kärra i Göta älvs dalgång har visat att avvikelsernas storlek var omvänt beroende av logaritmen av vindhastigheten. Man kan därför erhålla ett linjärt samband mellan temperaturavvikelsen och den logaritmerade vindhastigheten.



Sambandet ges av att man definierar två punkter:

1. Δt_{\max} när det är "vindstilla". Vindstilla antages motsvara en vindhastighet på 0,25 m/s vid referensstationen, eftersom det nästan alltid förekommer svaga vindrörelser.
2. den vindhastighet som råder när $\Delta t = 0$.

Linjens ekvation $\Delta t = a + b \cdot \log u$

Linjelutning $b = \frac{0 - \Delta t_{\max}}{\log u_{\Delta t = 0} - \log 0.25}$

$a = \Delta t$ när $\log u = 0$

$a = \frac{\Delta t_{\max} \cdot \log u_{\Delta t = 0}}{\log u_{\Delta t = 0} - \log 0.25}$

Sådana samband uppställs för både helt klart och helt mulet väder.

En temperaturavvikelse kan således beräknas enligt:

$$\Delta t_{\text{klart}} = \frac{\Delta t_{\text{klart, vindstill}} \cdot (\log u_{\Delta t = 0, \text{klart}} - \log u_{\text{aktuell}})}{\log u_{\Delta t = 0, \text{klart}} - \log 0,25}$$

$$\Delta t_{\text{mulet}} = \frac{\Delta t_{\text{mulet, vindstill}} \cdot (\log u_{\Delta t = 0, \text{mulet}} - \log u_{\text{aktuell}})}{\log u_{\Delta t = 0, \text{mulet}} - \log 0,25}$$

För mellanliggande molnighet görs en modifiering enligt:

$$\Delta t_{\text{aktuell}} = \Delta t_{\text{klart}} - \left[\Delta t_{\text{klart}} - \Delta t_{\text{mulet}} \right] \cdot C_m$$

Faktorn C_m är en molnighetsfaktor och erhålles enligt nedan:

Molnighet enl. SMHI (skala i åttondelar)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Molnighets- faktor C_m	0,0	0,05	0,1	0,4	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0

Anledningen till att vi infört en molnighetsfaktor är att erfarenheterna av lokalklimatmätningar visat att påverkan upp till 2 åttondels molnighet är begränsad. Sedan dämpas temperatureffekterna snabbt. Skillnaden mellan 6 åttondels molnighet och helmulet är slutligen liten. Molnighetsfaktorn får därför främst den effekten att den dämpar temperaturavvikelsen vid höga molnigheter.

En komplikation i detta sammanhang är, att molnslag och molnhöjd också påverkar de utstrålningsförhållanden som leder till att det uppstår lokala temperaturskillnader. Högt belägna moln, t ex slöjmoln, har liten effekt medan lågt belägna moln, t ex dimmoln, har stor betydelse. Tillgänglig klimatstatistik skiljer emellertid inte på olika molnslag utan anger endast hur stor del av himlen som är molntäckt. Eftersom beräkningarna ger den samlade temperatureffekten över flera år och inte enskilda värden, är detta antagligen av ringa betydelse.

6.5.2 Gränsvärden för kallluftssjöar

Kallluftssjöar är framför allt ett nattfenomen. Tre storleksklasser urskiljs. För de största kallluftssjöarna antas temperaturavvikelsen vid klart och vindstill uppgå till -6° . Avvikelserna antas nattetid vara oberoende av årstiden. Dagavvikelserna kan däremot vara årstidsbundna. Detta gäller främst de största kallluftssjöarna, där kallluftssjön i försvagad form kan existera även dagtid, medan den sommartid kan övergå till ett temperaturöverskott. De korta dagarna på vintern leder till att medeleffekten för alla typer av kallluftssjöar blir störst på vintern.

Kallluftssjöarna är vindkänsliga. Beroende på storlek och molnighet antas de vara helt borta när det blåser 3-6 m/s. Temperaturöverskottet i de största dalgångarna under somrardagar antas däremot vara oberoende av vinden, vilket medfört att vindgränsen godtyckligt satts till 1 000 m/3.

6.5.3 Gränsvärden för värmeöar

Bebbyggelsens värmeö är också den i första hand ett nattfenomen. Värmeön anges i två klasser. Den maximala avvikelsen kan för Göteborg bli $+5^{\circ}$. Den är således inte lika stor som för de största kallluftssjöarna. Eftersom avvikelserna har olika tecken, kan den maximala differensen i landskapet i Göteborgsområdet bli mer än 10° . Nattvärdena antas vara oberoende av årstiden. Vinterdagar antas värmeön kvarstå även dagtid, medan den somrardagar övergår till ett temperaturunderskott. Det innebär att värmeön liksom kallluftssjöarna får största effekt under vinterhalvåret.

Värmeöar är inte lika känsliga som kallluftssjöar. Detta beror på att vinden dämpas kraftigt mellan husen. Värmeöeffekten antas därför inte vara utplånad förrän det blåser 6-9 m/s. Det innebär att även om den maximala effekten hos en värmeö är mindre än hos en kallluftssjö, kan medeleffekten bli större eftersom den finns vid fler tillfällen.

6.5.4 Gränsvärden för dämpat sjöläge

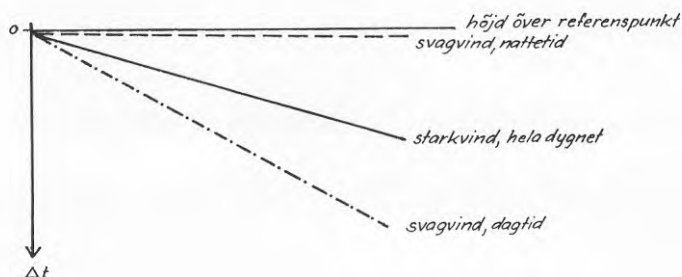
I kustzonen urskiljs två klasser av påverkan. Nattetid blir det alla årstider i gynnsammaste fall en temperaturhöjning med $+2^{\circ}$. Höst och vinter ger havet även dagtid ett temperaturöverskott, medan det vår och sommar ger en temperatursänkning.

Havets temperaturpåverkan antas vara än mindre vindkänslig än för kallluftssjöar och värmeöar, beroende på de stora värmemängder som kan finnas lagrade i vattnet. Natteffekten antas kvarstå till 10-15 m/s och dageffekten till 5-10 m/s.

Förutom denna temperaturpåverkan i en kilometerbred zon längs kusten antar vi att det höst och vår transporteras in mild luft, när det blåser vind med en pålandskomponent. Följden av detta blir ett temperaturavtagande, vilket är större på natten än på dagen. Effekten antas påverka hela Göteborgsområdet, dvs 2-3 mil in från kusten.

6.5.5 Höjdlägen

För höjdlägen har beräkningarna gjorts enklare. Dagtid har temperaturavtagandet med höjden gjorts större när vinden är svag. På natten däremot när luften är mer stabilt skiktad har höjdflytandet satts till noll vid svag vind. Någon inverkan av molnigheten har inte tagits med i beräkningen.



6.5.6 Är värdena sanna?

I bilaga 2 anges alla parametervärden som nyttjats i beräkningarna



Parametervärdena bygger dels på 15 års erfarenhet av mätningar i Göteborg, dels på litteraturuppgifter. Ibland utgör de skattningar på tämligen lös grundval men bitvis är de fastare förankrade. Detta gäller särskilt värmeöarna, där undersökningar av Sundborg (1951), Lindqvist (1970) och Taesler (1980) gett underlag tillsammans med ett antal seminarieuppsatser vid Naturgeografiska institutionen i Göteborg (sammansälda av Rudberg (1970)). Några seminarieuppsatser har också gett god grund för uppskattningar av havets inverkan.

De antagna parametervärdena är sannolikt i en del fall för små och i andra fall för stora. Det är emellertid vår övertygelse att storleksordningarna är riktiga och att den helhetsbild som beräkningarna visar har riktiga proportioner även om vissa justeringar skulle förbättra resultaten.

Den använda metoden medför att parametervärdena lätt kan justeras i takt med att ny kunskap om klimatet kommer fram och de kan också lätt justeras, om beräkningarna skall utföras för ett annat landskap med andra förutsättningar hos de temperaturberoende lokalklimateffekternas storlek.

6.6 Vår metod att beräkna vindvariationerna

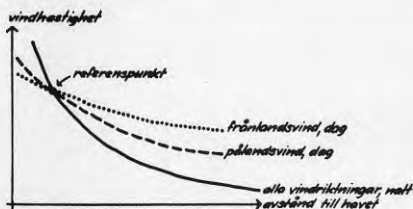
6.6.1 Havsinflytandet

Vi har efter analys av kalibreringsmätningarna funnit att vinden avtar exponentiellt med avståndet från havet för punkter med en likartad omgiv-

ning. Det innebär att vinden avtar snabbt i de mest havsnära delarna för att sedan avta långsammare längre inåt land. Detta stämmer också väl överens med de jämförelser mellan kust- och inlandsstationer som Nord () utfört. Först beräknas hur vindhastigheten för öppna platser avtar med avståndet från havet.

$$u_{\text{öppet}} = u_{\text{Säve}} \times e^{a \cdot b}$$

där a är avståndet från kusten och b är faktor som beror på tidpunkt på dygnet, vidriktning och topografiskt läge.



Dagtid anses vindavtagandet enbart bero på vindriktningen. Vind med större eller mindre pålandskomponent antas avta snabbare med avståndet från kusten än om den har en frånlandskomponent. Detta beror på att när vinden blåser från havet blir det en markerad uppbromsning när friktionen ökar över land. När vinden blåser från land där- emot börjar vinden accelerera i havets närhet men effekten blir inte särskilt stor.

6.6.2 Höjdinverkan

Nattetid anses förhållandena på höjdparter vara samma som på dagen. I dalgångarna däremot medför stabiliseringen av temperaturskiktningen att vinden försvagas kraftigt. Är det svag regional vind och ringa molnighet kan resultatet bli att vinden helt dör ut (medan det fortfarande kan vara blåsigt på höjderna). För måttliga och starka vindar antar vi därför ett mer markerat avståndsinflytande än på dagen men fortfarande olika stort beroende på vindriktningen. Under utstrålningsförhållanden (svag vind och ringa molnighet) antas ett mycket kraftigt avståndsberoende, som är lika för alla vindriktningar.

För att få fram aktuell vindhastighet multipliceras beräknad vindhastighet för en öppen plats med en faktor som beror på den närmaste omgivningen. Dessutom är det nödvändigt att ta hänsyn till den vindökning som förekommer i krönlägen.

6.6.3 Omgivning

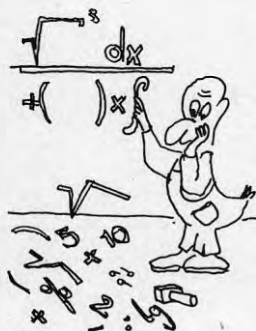
För att få fram aktuell vindhastighet multipliceras beräknad vindhastighet för en öppen plats med en faktor som beror på den närmaste omgivningen. Extremt vindutsatta platser antas få en vindökning med 20 %. Motsatsen är de mest vindskyddade områdena inne i bebyggelsen, som antas få vinden reducerad med 90 % i förhållande till den öppna ytan. Det är också nödvändigt att ta hänsyn till den vindökning som förekommer i krönlägen, här antagen till 30 %.

6.6.4 Är vindvärdena riktiga?

Parametervärdena för vinden är i hög grad en anpassning till kalibreringsmätningarna och kännedomen om vindförhållandena i kommunen. I vilken mån de äger tillämplighet inom andra områden är inte känt, inte heller i vilken utsträckning det finns stöd i andra undersökningar. För beräkningarna i Göteborg beskriver de variationerna på ett tillfredsställande sätt (jfr fig 8.1).

7 beräkningsmodell

7.1 Modellens uppbyggnad



Det finns i dag en rad olika beräkningsprogram som mer eller mindre noggrant kan beräkna energibehovet i ett hus. De flesta av metoderna räknar ut energibehovet månadsvis med hjälp av genomsnittliga temperaturvärden för resp. månad. Eftersom vi i detta sammanhang velat spegla hur klimatet påverkar - och klimatet varierar ju ständigt - har vi utgått ifrån hur klimatstatistiken redovisas. Vi har därför byggt upp en egen modell. Beräkningsantagandena ansluter dock så långt det varit möjligt till planverkets modell ENORM (se Munther 1972). Beräkningsmodellen LENAs (Lokalklimatologiska ENergiAnalys), uppläggning framgår av figur 7.1.

Beräkningsmodellen utgår från två grundmaterial. Dels en lokalklimatkarta, som visar vilka lokalklimat effekter som förekommer, dels en klimatstatistik med fyra observationstillfällen per dygn. Utifrån dessa värden beräknas lokal vind och temperatur. Dessa värden används för att beräkna husets energiförluster genom ventilation resp. transmission. För varje dygn minskas förlusterna av soltillskottet av värme och av brukarvärme (elapparater, varmvatten och de boende). Resten av förlusterna balanseras av radiatorvärme. Detta utföres för sju olika alternativ av bostad och ventilationssystem.

Delsummorna av klimatparametrar och värmebalansposter summeras till månadsvärden och totalvärden för hela beräkningsperioden. Beräkningarna utföres för varje beräkningspunkt i fyra loopar: sextimmarsloopen, dygnsloopen, månadsloopen och sexårsloopen.

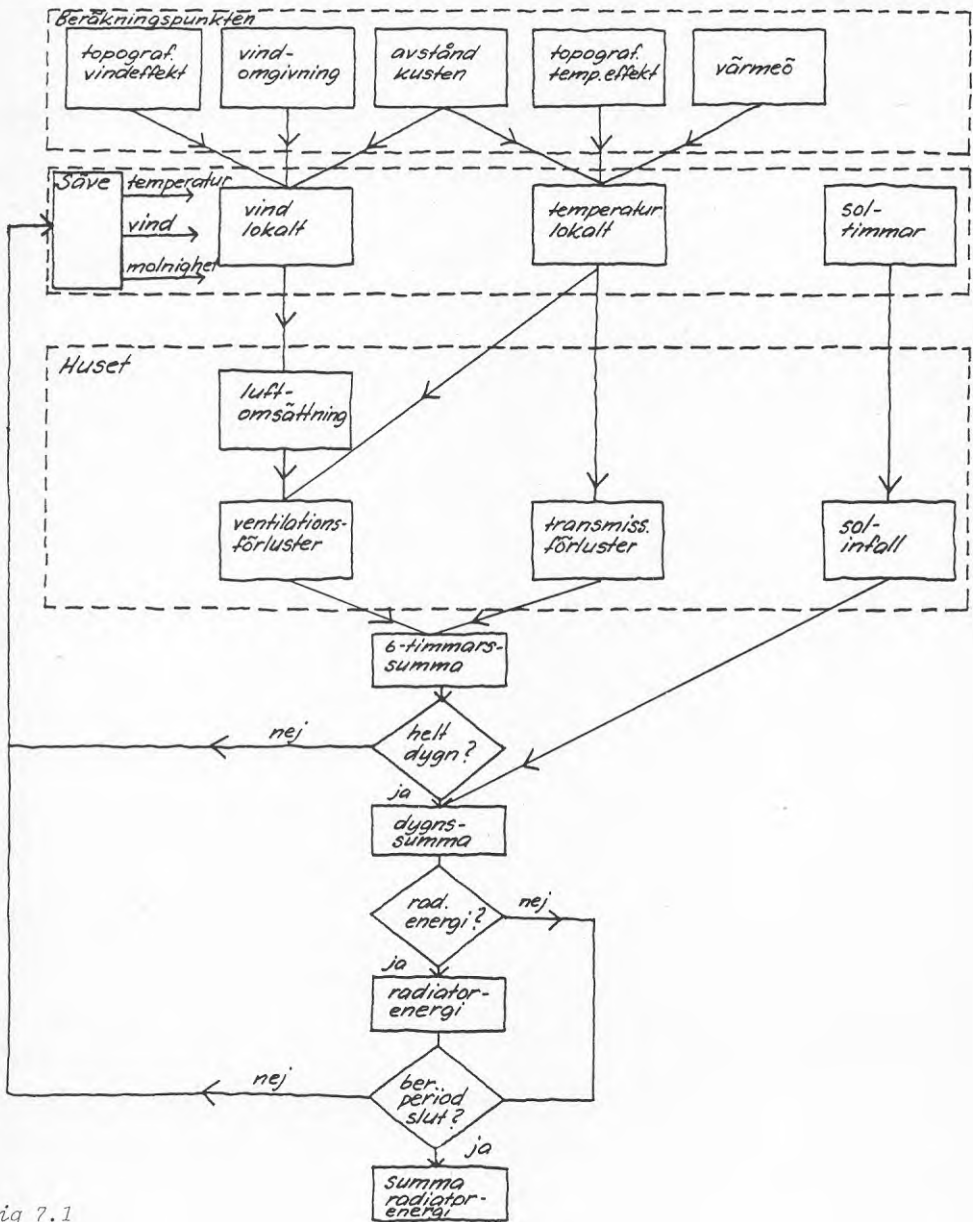


Fig 7.1

Förenklad bild av modellens uppläggning.

7.2 Beräkningspunkternas parametrar

Ur lokalklimatkartan avläses fem värden som skall styra beräkningarna av de lokala klimatavvikelserna.

1. Topografisk temperatureffekt: kallluftsjö K1-K3, dämpat kustläge D1, D2 och höjdläge H.
2. Värmeöeffekt från bebyggelse: V1, V2.
3. Topografisk vindeffekt: krönläge K, höjdläge H och dalläge D.
4. Vindomgivning: skog S1-S3, bebyggelse G1, G2, B och starkvindområde Ö1, Ö2.
5. Avstånd från kusten i km.

För 1-4 finns också alternativet: ingen beteckning -. Närmare specificering på parametervärdena ges i bilaga 2.

7.3 Klimatstatistik

Ur SMHI:s månadssammanställningar för Säve flygplats har lufttemperaturen, vindriktning, vindhastighet och molnighet för kl 01, 07, 13 och 19 lästs in för tiden 1 jan 1976 - 31 dec 1981.

7.4 Sextimmarsloopen

För varje klockslag antas de avlästa värdena vid Säve gälla för en sextimmarsperiod med avläsningstiden i mitten.

Vind

Vindhastigheten för en neutral yta beräknas med hänsyn till om det är dag eller natt, till topografiskt läge, till avstånd från havet och till vindriktning enligt de regler som angetts i kap 6. Beräkningarna utförs för både dag- och nattalternativet och den aktuella vindhastigheten vägs samman efter antalet dag- resp. nattimmar under sextimmarsperioden. Detta värde korrigeras sedan med hänsyn till omgivningen till den beräknade lokala vindhastigheten.

Temperatur

Nästa steg är att beräkna den lokala temperaturen, som delvis är beroende av den lokala vindhastigheten för en neutral yta. (För de minsta kallluftsjöarna, K3, används dock den omgivningskorrigerade vindhastigheten). Beräkningarna utföres för klart resp. mulet och dag resp. natt. Den lokala temperaturen vägs sedan samman på samma sätt som vindhastigheten efter det att korrigeringar gjorts för molnigheten.

Transmissions- och ventilationsförlust

För fem olika bostadstyper och för två av dem med alternativa ventilationssystem (summa sju fall) beräknas transmissionen av värme genom väggar, tak och golv och ventilationsförlusten enligt de samband som redovisats i kap 5.

7.5

Dygnsloopen

Summering

Värdena från sextimmarsloopen av temperatur och vind lokalt samt temperatur, vind och molnighet vid Säve summeras till dygnsmedelvärden. Värme-förlusterna genom transmission och ventilation summeras till dygnsvärden.



Soltillskott

Soltillskottet beräknas under antagande att fönsterytorna är likformigt fördelade på de fyra huvudväderstrecken. Solinstrålningen mot en horisontell yta under klara och mulna dagar samt korrektionsfaktorer för instrålningen genom fönster i olika riktningar under årets månader har hämtats från Källblad & Adamsson (1978). Hänsyn till aktuell molnighet har tagits genom att utnyttja den genomsnittliga molnighetsfaktorn för dygnet (C_m).

Soltillskottet = fönsterarea x instrålning mot horisontell yta x korrektion för instrålning genom fönster x korrektion för skuggning av karmar x korrektion för horisontavskärmning och normal persiennanvändning

$$\text{Soltillskottet} = A \times (ID_h - (ID_h - ID_h) \times C_m) \cdot 0,6 \cdot 0,75$$

Brukarvärme

Gratisvärme erhålles från elapparater, varmvatten och de boende. Värdena antas vara likformigt fördelade över året, vilket naturligtvis är en grov skattning. Någon närmare uppdelning har vi emellertid inte ansett oss kunna gå in på.

Tillgodogjord värme och radiatortillskottet

För varje dygn beräknas energibalansen. Förlusterna genom transmission och ventilation antas i första hand balanseras av soltillskottet genom fönstren, i andra hand genom brukarvärmen och i tredje hand genom radiatorvärme. Dygn med radiatortillskott räknas som uppvärmningsdygn.

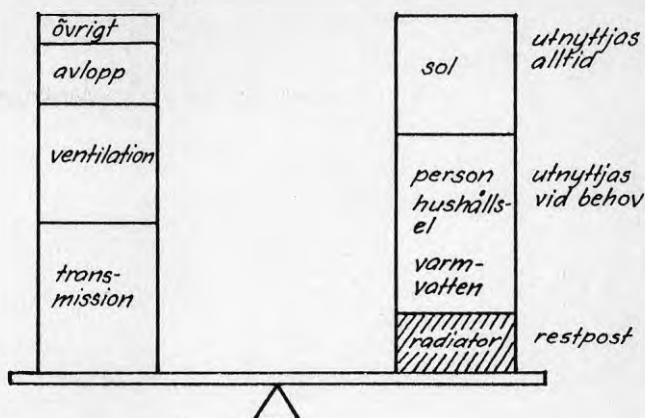


Fig 7.2

Energibalansen
görs för varje dag.

7.6 Månadsloopen

Månadsvis summeras klimatmedelvärden för Säve och för beräkningspunkten och summan av förlusterna genom transmission och ventilation samt tillgodogjorda mängder av soltillskott, brukarvärme och radiatorvärme.

För uppvärmningsdygn summeras luftomsättning, gradtimmar och vindsumma. Gradtimmarna är räknade med utgångspunkt från 20° innetemperatur och vindsumman som vindhastighet gånger tid.

Samtliga dessa månadsvärden lagras på diskett för att vara tillgängliga för närmare analys.

7.7 Sexårsloopen

Månadsvärdena av värmebalansens poster, luftomsättning, grad dagar, vindsumma och antal uppvärmningsdagar summeras tills hela beräkningsperioden på sex år är genomlöst. Genomsnittsvärdena för de sex åren skrivs ut på skrivare och programmet återvänder till utgångsläget och läser in en ny beräkningspunkt. Exempel på utskrift finns i kap 8.

7.8 Begränsningar och utvecklingsmöjligheter

Beräkningarna av temperatur- och vindvariationer i området sker i steg utan hänsyn till att tidigare händelseförlopp hos temperatur och vind kan påverka förhållandena. Naturligtvis finns sådana effekter och de kan ibland förstärka och ibland försvaga den senare utvecklingen. Genomsnittligt kan dessa effekter antas jämna ut varandra och

med den klimatologisk användning av modellen är detta tillfyllest.

Det är emellertid möjligt att vidareutveckla beräkningsmodellen så att den mer dynamiskt beskriver utvecklingen av olika lokalklimateffekter. Ett exempel på en sådan dynamisk beskrivning är en modell för kallluftsjöbildning som Mattsson & Nordbeck (1983) konstruerat. Sådana modeller för beräkning av lokal temperatur och vind fordrar dock god beräkningskapacitet, varför de knappast utan avsevärd förenkling kan ingå i en klimatologisk modell. Däremot kan de säkert vara till god hjälp om man mera i detalj vill följa förändringar i värmebalansen i byggnader.

Beräkningsmodellen tar inte hänsyn till värmelagringseffekter i byggnader. Med en bearbetning som resulterar i medelvärden kan man dock förmoda att lagringseffekterna tar ut varandra. Vill man däremot studera värmebalansen under en följd av dygn, är lagringseffekterna självklart av stor betydelse. Beräkningsmässigt torde det inte vara några större problem att inkorporera lagringseffekter av värme mellan olika dygn i modellen.

Till modellens fördelar hör att parametervärdena för både lokalklimat och byggnadernas egenskaper lätt kan förändras. Modellen kan utvecklas och förändras i takt med förbättrad klimatkunskap och behov av att räkna på andra hustyper. Det blir även enkelt att modifiera modellen för användning i en annan del av Sverige, då detta endast kräver ändrade parametervärden och inte förändrade beräkningstider.

8 **resultat**

8.1 Klimatvariationer

8.1.1 Beräkningsprecision



Innan resultaten av indexberäkningarna presenteras kan det finnas anledning att se något på hur modellen beräknat de genomsnittliga klimatdifferenser som lokalklimatet gett upphov till.

Med utgångspunkt från Säves väderdata har modellen räknat fram årsmedeltemperaturen för Landvetter flygplats. Detta värde har sedan jämförts med den årsmedeltemperatur som SMHI's observationer på flygplatsen gett. Beräkningen har då givit en temperatur som är $0,04^{\circ}$ lägre än den verkligt uppmätta. Denna obetydliga differens kan jämföras med att Landvetters genomsnittligt är $0,75^{\circ}$ kallare än Säve.

Vid Torslanda utförs inte längre några väderobservationer. Men de gamla mätningarna visar en skillnad mellan Göteborgs centrum och Torslanda på $0,4^{\circ}\text{C}$. Den av oss använda beräkningsmodellen ger här en differens på $0,3$ ä $0,4^{\circ}\text{C}$, alltså en god överensstämmelse.

I modellen har vindhastigheten beräknats för nivån 5 m över marken. Vindhastigheten vid Landvetter flygplats är mätt på 10 m höjd. Med en potensfunktion har den uppmätta vinden reducerats med 13 % för att gälla 5m-nivån. Jämförs de uppmätta värdena med de beräknade visar det sig, att de uppmätta är $0,34$ m/s högre, vilket innebär att den verkliga vindhastigheten är 10 % högre än den beräknade.

Som en ytterligare test har vi beräknat den momentana vindstyrkan i ett antal punkter utefter den väst-östliga färdvägen som visas i figur 6.3. De erhållna värdena jämförs med de verkligt uppmätta (figur 8.1). Av figuren framgår att teori och praktik har en relativt god samstämmighet. Den stora avvikelserna vid ca 20 km beror på att en öppning i omgivande buskridå gett en lokal förstärkning.

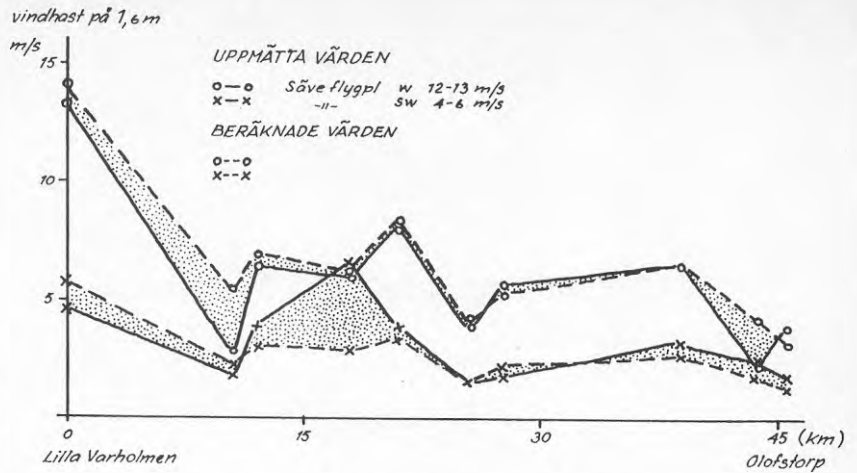


Fig 8.1

Jämförelser uppmätta och beräknade värden för vind.

De båda stickproven på beräkningen av temperaturen visar på en mycket god överensstämmelse med uppmätta värden. För vinden har två olika jämförelser gjorts. Att skillnaderna är så små anses som ett överraskande gott resultat. Dessa kontroller av modellens klimatberäkningar räcker inte för att verifiera att modellen arbetar med optimala parametervärden för lokalklimat effekterna. Men de ger en indikation på att parametervärdena har en rimligt storleksordning.

Så till själva resultaten.

8.1.2 Beräknade temperaturer

De högsta beräknade årsmedeltemperaturerna erhålls i Göteborgs centrala värmeö ($7,2^{\circ}\text{C}$). Den mest havspåverkade kustzonen var nästan lika varm ($7,0^{\circ}\text{C}$).

Normaltemperaturen för Göteborg enligt SMHI:s mätningar är $7,9^{\circ}\text{C}$ och för Torslanda $7,5^{\circ}\text{C}$. Säve flygplats är enligt beräkningarna ca $0,3^{\circ}$ kallare än Torslanda. Den uppmätta temperaturen på Säve för den tidsperiod som ingår i beräkningarna är $6,6^{\circ}\text{C}$. En jämförelse på Göteborgs respektive Säves värden visar att beräkningsperioden varit $0,6-0,7^{\circ}$ kallare än normalperioden 1931-60. Eftersom perioden 1931-60 visat sig vara en ovanligt varm period, kan förmodligen de beräknade värdena anses vara representativa för nutida förhållanden. Och bör väl tilläggas, en ev felaktig genomsnittstemperatur torde inte påverka indextalen.

Från kusten sjunker temperaturen inåt land. Två mil inåt land blir temperaturen på neutrala ytor $6,5^{\circ}\text{C}$, i kallluftspåverkade dalgångar $6,1^{\circ}\text{C}$ och i höjdområden $5,8^{\circ}\text{C}$. Skillnaden i temperatur inom området är således $1,5^{\circ}\text{C}$.

Räknar man om denna lokalklimatskillnad till makroklimatskillnad motsvarar $1,5^{\circ}$ lägre temperatur

ett läge 20 mil längre norrut i landet, om man utgår från de normalkurvor för olika breddgrader som Ångström konstruerat (ursprungligen 1938 men också 1974).

För höjdlägen och neutrala områden avtar temperaturen ca $0,2^{\circ}$ /mil inåt land. För värmeön och kallluftsjöar avtar temperaturen något mer, $0,4-0,5^{\circ}$ /mil.

8.1.3 Beräknade vindhastigheter

De beräknade vindhastigheterna avtar från 6,8 m/s i de mest vindutsatta delarna i skärgården till 0,4 m/s i de tätast bebyggda områdena i Göteborgs centrum. För neutrala ytor ligger vindhastigheten på 2,5-3 m/s. Medelvinden i Säve är 3,4 m/s.

Genomsnittligt avtar vinden med knappt 15 %/mil inåt land och med ca 10 %/mil för övriga lägen. Skillnaderna i vindhastighet inom kommunen är således stor och detta gäller även för närbelägna punkter men med olika omgivning.

8.2 Energibalanser och index

Energibalansernas storlek för de sju beräkningsalternativen (olika hustyp och ventilationssystem) varierar avsevärt. Genomgående har en lägenhet i "nytt flerfamiljshus med FTX-ventilation" den minsta energiförbrukningen och "äldre villa" den största.

I tabell 8.1 ges ett exempel på beräkningsresultaten för en temperaturmässigt gynnad plats vid kusten som dessutom är väl vindskyddad (t ex kan huset ligga i en liten sprickdal och vara omgiven av vindskyddande vegetation). Tillskottet av radiatorenergi är 10 ggr större i den äldre villan än i lägenheten i flerfamiljshuset med FTX-ventilation. Detta trots att ytan per lägenhet är i stort sett lika. Tillskottsvärme behövs 285 dygn/år i den äldre villan medan lägenheten med FTX-ventilation behöver det endast i 165 dygn.

I vindutsatta lägen ökar ventilationsförlusten markant. Olika täthet på husen och olika ventilationssystem gör att ökningen av förlusterna inte blir lika för alla beräkningsalternativ. Hus med F-ventilation påverkas minst medan FTX-huset får en mycket kraftig procentuell ökning. (Se fig 8.2)

En följd av att ventilationsförlusten ökar (medan transmissionsförlusten är samma som tidigare) är att antalet uppvärmningsdagar ökar och därmed även antalet gradtimmar. Detta beror på att gradtimmarna beräknas med utgångspunkt från husets "eldningssäsong". Gradtimmetalet är således inte endast en funktion av temperaturen utan dess storlek beror till viss del även på övriga poster i

Tabell 8.1

Exempel på resultatutskrift.

LILLA VARHOLMEN - VINDSKYDDAT							
D1--S1 0							
ÅRET							
	TEMP-SÅ	VIND-SÅ	MOLNIGH	MOLNFAK	TEMP-BP	VIND-BP	DAGAR
KLIMAT	6.6	3.4	5.2	.68	6.9	.8	365
ENERGIBALANS							
	NY VILLA S-VENT	NY VILLA F-VENT	NYTT RADHUS F-VENT	NYTT FLERFAM. F-VENT	NYTT FLERFAM. FTX-VENT	ÅLDRE VILLA S-VENT	ÅLDRE FLERFAM. S-VENT
TRANSMISSION	15278	15278	11257	4824	4824	20562	8845
VENTILATION	5433	6037	4690	3623	1393	3709	3101
RADIATORVARME	12331	12650	8363	3266	1661	16366	7879
SOLINSTRALNING	3126	3219	2482	1768	1569	2463	1220
BRUKARVARME	5254	5448	5101	3414	2987	5442	2846
LUFTOMSÄTTNING	.45	.48	.48	.49	.51	.55	.56
VINDSUMMA (KM)	18393	19271	17817	15353	12042	21359	20404
GRADTIMMAR	101074	103164	99772	91311	78978	107550	105566
UPPVARMNINGS-DAGAR	246	257	239	205	165	285	271
INDEX							
	NY VILLA S-VENT	NY VILLA F-VENT	NYTT RADHUS F-VENT	NYTT FLERFAM. F-VENT	NYTT FLERFAM. FTX-VENT	ÅLDRE VILLA S-VENT	ÅLDRE FLERFAM. S-VENT
TRANSMISSION	102	102	102	102	102	102	102
VENTILATION	102	102	102	102	106	107	107
RADIATORVARME	102	102	102	102	104	103	103
SOLINSTRALNING	103	102	102	102	103	102	102
BRUKARVARME	101	101	101	101	101	101	102
LUFTOMSÄTTNING	100	100	100	100	104	106	106
VINDSUMMA (KM)	200	201	200	199	201	204	202
GRADTIMMAR	102	102	102	102	102	102	102
UPPVARMNINGS-DAGAR	101	101	101	101	102	102	101
MEDELINDEX (UTOM FTX-HUS)							
TRANSMISSION	102						
VENTILATION	104						
RADIATORVARME	102						
SOLINSTRALNING	102						
BRUKARVARME	101						
LUFTOMSÄTTNING	102						
VINDSUMMA (KM)	201						
GRADTIMMAR	102						
UPPVARMNINGS-DAGAR	101						

energibalansen. Detta framgår tydligt av att antalet gradtimmar skiljer sig högst väsentligt mellan olika hustyper. (se vidare tabell 8.2)

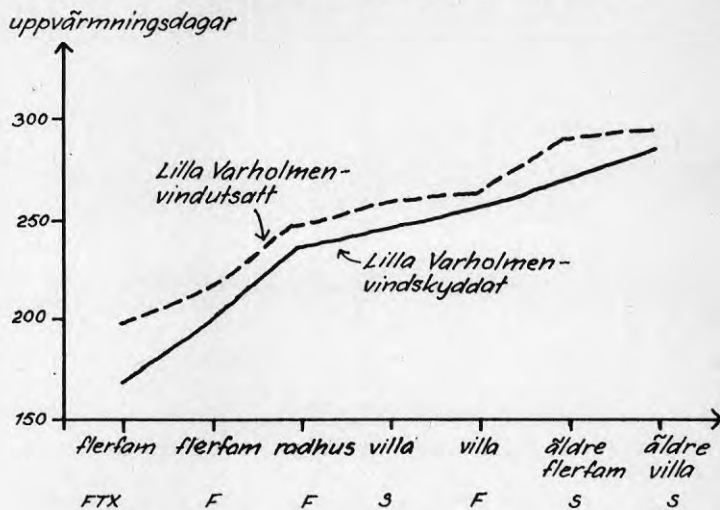


Fig 8.2

Antalet uppvärmningsdagar i de olika husen.

Trots att de absoluta talen i kWh/år har så stora differenser, visar det sig att när de olika posterna i energibalanserna uttrycks i relation till motsvarande värden för centrala Göteborg blir indextalen oftast påfallande lika för de olika beräkningsalternativen. I vindskyddade lägen skiljer sig indexvärdena inte mer än högst 5 enheter och ofta inte mer än en enda enhet. I de kraftigast vindutsatta lägena kommer luftomsättningsindexatt skilja sig med mer än 40 enheter. Detta får till följd att energiindex (=index för tillskottsvärmen) kan få differenser på nästan 20 enheter mellan de olika beräkningsalternativen. Variationsbredden är emellertid systematiskt knuten till medelindex och kan hållas under kontroll med en enkel korrektionsfaktor (se kap 8.7).

Indextalen visar sig således vara nästan oberoende av hustyp för de vindskyddade lägena och måttligt (men kontrollerbart) beroende av hustyp i vindutsatta lägen. Detta gäller med ett undantag. Flerfamiljshus med FTX-ventilation har indextal som ibland är dubbelt så stora som för övriga hus. Den låga energiomsättningen är en orsak till detta. Men den vindkänsliga FT-ventilationen är också väsentlig för den stora indexskillnaden. Att det inte endast är den låga energiomsättningen som reglerar skillnaderna framgår av att motsvarande flerfamiljshus med F-ventilation får samma indexnivå som övriga beräkningsalternativ (villor, radhus och äldre flerfamiljshus).

Vi finner därför att det med undantag för "flerfamiljshus med FTX-ventilation" är möjligt att beräkna ett index som i stort sett är oberoende

av hustyp. Det är naturligtvis av stor betydelse för den fortsatta användningen av energiindex att indextalet inte är husberoende. I den fortsatta presentationen avser därför alla indextal medelvärde av de olika beräkningsalternativen med undantag för FTX-huset.

8.3 Gradtimmeindex (fig 8.3)

Variationsbredden för gradtimmeindex är enligt beräkningarna endast 13 enheter. Den centrala värmeöns har lägst värde (100) men även övriga delar av värmeöns och kustzonen har värden under 105. Från kustzonen ökar index inåt land och är i östra delen en dryg mil från kusten över 110. Värden över 110 nås också på höjdområden närmare kusten. Detta betyder inte att medeltemperaturen är lägre i sådana lägen utan att antalet uppvärmningsdagar ökar i vindutsatta lägen.

Gradtimmeindex visar således en ökning inåt land. För en viss omgivningstyp ökar index med 1 enhet/mil inåt land. Kartan visar emellertid betydligt större ökning av index inåt land. Detta beror på att de östra delarna av Göteborg har många fler lägen som har ogynnsamma temperaturegenskaper (höjdområden och kallluftsjöar).

Index 100 motsvarar för Göteborgs del 100 000 gradtimmar. Detta antal gradtimmar får man både ur våra beräkningar och VVS-handboken. Genomsnittet för husen i city (exkl FTX-huset) är 99 560 i beräkningarna resp 100 640 för genomsnittstemperaturen $7,2^{\circ}\text{C}$ och rumstemperaturen 20° i VVS-handboken. Som framgår av figur 8.2 varierar antalet uppvärmningsdagar kraftigt mellan de olika husen. Antalet gradtimmar varierar dock betydligt mindre. Detta beror på att det är förhållandevis varma dagar under vår och höst, som räknas som uppvärmningsdagar i de mer energikrävande husen. Antalet gradtimmar i de olika husen framgår av tabell 8.2.

Tabell 8.2

Antal gradtimmar
i centrala staden.

hustyp	antal gradtimmar vid index 100
ny villa S,F	100 000
nytt radhus F	98 000
nytt flerfamiljshus F	90 000
" " FTX	78 000
äldre villa S	105 000
äldre flerfamiljshus S	104 000



Fig 8.3

Gradtimmeindex-
karta för Göteborg.

8.4 Luftomsättningsindex (fig 8.4)

Luftomsättningsindex har stor variationsbredd (75 enheter). Lägst index har centrala staden där det dels är varmt, dels är en kraftig vindreduktion. Index under 110 kan dock förekomma såväl ute vid kusten om det är tillräckligt vindskydd och längst bort i öster.

Eftersom vindhastigheten ökar ut mot havet så finner man de allra högsta indextalen i kustområdets vindutsatta krönlägen. Där kan värdena gå upp till 160-170. Index över 150 inåt land finns i krönlägen, t ex på Göta älvs östra sida. Vindutsatta platser har annars indextal på 135-150.

För en viss omgivningstyp avtar indexvärdena inåt land eftersom vindhastigheten gör det. Förändringen är beroende av indexnivån. För index kring 120 avtar värdena med 2 enheter/mil, för index kring 140 med 5 enheter/mil och för index kring 160 med 10 enheter/mil.

Kartbilden visar dock att luftomsättningsindex i första hand beror på omgivningstypen och i mindre grad på avståndet från kusten (trots att avståndseffekten inte är obetydlig).

8.5 Energiindex (fig 8.5)

Variationsbredden för energiindex är 35 enheter. Den är ett mellanting mellan gradtimmeindex och luftomsättningsindex men med en förskjutning mot lägre indextal eftersom temperaturinflytandet på energibalansen är större än vindinflytandet.

I kustzonen gör de stora ventilationsandelarna att index avtar inåt land. Samma gäller också för index för de mest vindutsatta positionerna längre inåt land. Med vindskyddade lägen kommer index att öka något inåt land på grund av de mer ogynnsamma temperaturförhållandena. Kustzonen utmärks således av snabbt avtagande index från över 125 till ca 110. Från en miniminivå ca 5 km från kusten ökar värdena sedan långsamt till 115 i de östligaste delarna av kommunen.

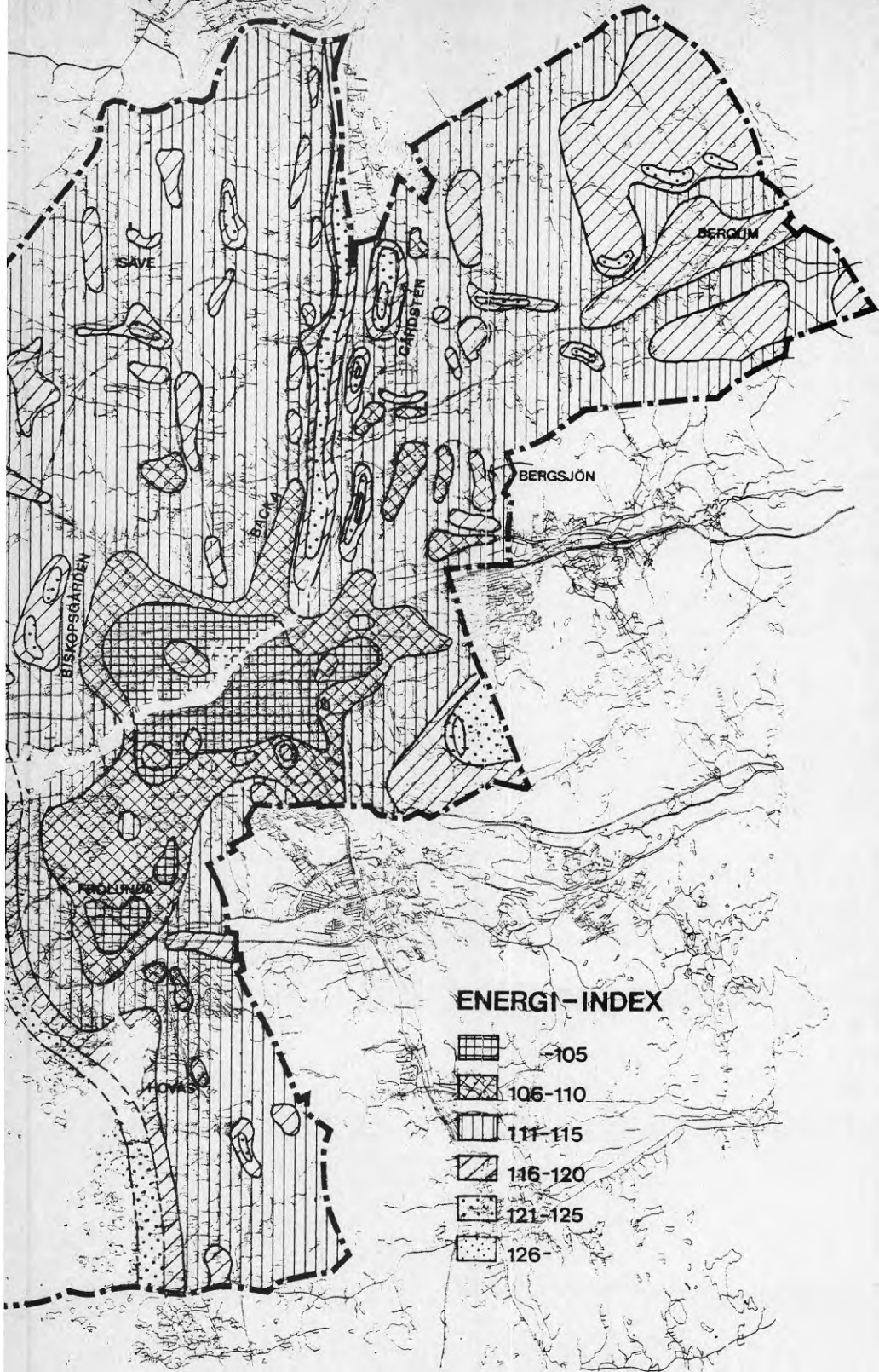


Fig 8.4

Luftomsättnings-
indexkarta för Gö-
teborg.



Fig 8.5
Energindexkarta
för Göteborg.



De lägsta indextalen har värmeön med värden som är mindre än 105. I värmeön uppstickande höjdparterier får emellertid på grund av vindexponeringen index som kan gå upp till 120. Det allra högsta värdet (135) är framräknat för krönlägena vid Göta älvs östra sida. Dessa platser är dels extremt vindutsatta, dels svala på grund av att de ligger på mer än 100 m höjd. Att vindeffekten i dessa krönlägen är mycket stort kan i fält avläsas på vegetationen som är nästan lika deformerad som i kustbandet. Vindutsatta platser i övrigt når vanligtvis upp till index 120.

Vindens betydelse för energiindex framgår också av några alternativa beräkningar i några punkter. Effektivt vindskydd i kustzonen sänker index med över 20 enheter i jämförelse med ett starkt vindexponerat läge. I de östra delarna av Göteborg blir resultatet av ett effektivt vindskydd en sänkning av energiindex med 10 enheter. Detta visar tydligt på de potentiella vinster som kan göras om ett effektivt vindskydd kan erhållas på vindutsatta platser.



Svaren på frågorna som står på sid. 17 blir alltså:

- ja, husen vid kusten kan dra mindre energi än hus på Bergumsslätten, men bara om de ligger vindskyddat.
- nej, energiförbrukningen för hus i dalgångar ökar inte på kallluftsjön så mycket som vinden ökar den för husen på höjderna
- ja, det är bäst ur energisynpunkt inne i centrala staden.

Kommunens olika delar har som ovan framgått, skilda genomsnittstemperaturer beroende på kallluftinflytande, höjd över havet m m. Detta uttrycks i att antalet gradtimmar varierar på det sätt som gradtimmeindex kartan visar. Gradtimmeindex är användbart för energiberäkningar, som görs för ett helt år och med "handberäkningsmetoden".

Moderna energibalansberäkningar arbetar ofta med att dela upp året i kortare tidsperioder, normalt i de 12 månaderna. Beräkningarna är självklart datoranpassade. Energiindexberäkningarna kan också utnyttjas i sådana program.

I figur 8.6 visas månadsmedeltemperaturen på Säve flygplats respektive i centrala staden under beräkningsperioden. Genomsnittstemperaturen i Säve var $6,6^{\circ}\text{C}$ och i centrala staden $7,2^{\circ}\text{C}$.

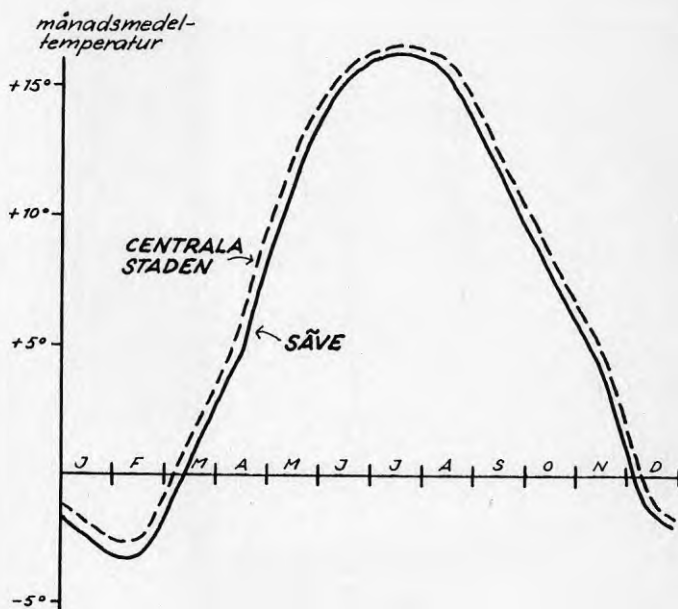


Fig 8.6

Temperaturer 1976-1981 i två platser.

De olika beräkningspunkterna som vi använt har var och en sin temperaturkurva, alla mycket nära de som visas i figur 8.6. För att göra det mer överskådligt redovisas i figur 8.7 därför temperaturdifferensen jämfört med Säve flygplats för några beräkningspunkter.

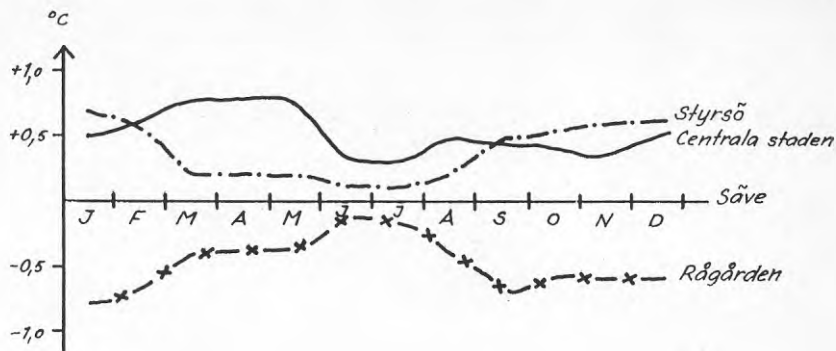


Fig 8.7

Temperaturdifferenser relativt Säve flygplats.

Orsaken till att jämförelsen görs med Säve är att för Säve finns en normal årskurva. För klimatstation Göteborg kan inte någon sådan ännu upprättas eftersom den nyligen har startats. För den som hellre arbetar med den centralt belägna stationen är det enkelt att transformera värdena i figuren.

Av figuren framgår bl a att

- Värmeön i centrala staden ger det största temperaturöverskottet under våren.
- På Styrso ger havet en uppvärmningseffekt under hösten och första delen av vintern.
- Rågårdens mer inlandsbetonade klimat ger störst differens vintertid.
- Temperaturskillnaderna mellan kommunens olika delar är störst vintertid och relativt små under sommaren.

Ett sätt att använda dessa kunskaper i en datorberäkning är att skriva in en månadsvis korrigeringsfaktor av normalårsvärdet för den aktuella beräkningens punkt. Lämpliga värden för denna korrigeringsfaktor kan fås med ledning av figur 8.7.

8.7 Luftomsättningsdifferenser

På motsvarande sätt som resultatet av beräkningarna kan användas för att förfina gradtimmetalet, kan det utnyttjas för att förbättra antagandena om luftomsättningen. Denna antas i de flesta energibalansberäkningar vara 0,5 omsättningar/timme, eventuellt med ett tillägg för den ofrivilliga ventilationen. Resultatet av våra beräkningar gör det möjligt att skatta den ofrivilliga ventilationen med en förbättrad precision.

I kapitel 8.2 resonerar vi om hur ventilationsförlusterna varierar och påstår att de variationer

som finns är systematiska och kan hanteras med korrektionsfaktorer. Detta görs på följande sätt.

Luftomsättningsindex visar hur vindförhållandena varierar i kommunen. Vinden påverkar olika hus på olika sätt som framgår av kapitel 5 och beräkningsresultaten visar naturligtvis samma påverkan. Den större ofrivilliga ventilation som FT-huset har är i genomsnitt 16 % större än den genomsnittliga. De frånluftsventilerade husen har i sin tur 9 % lägre luftomsättning än genomsnittshuset. Detta gör att luftomsättningen i ett hus kan illustreras enligt följande figur.

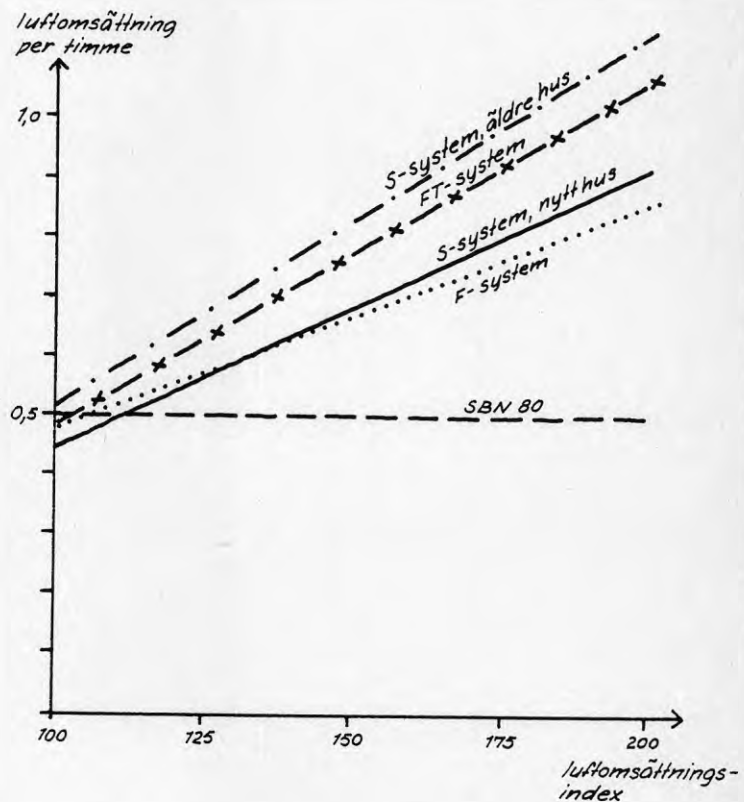


Fig 8.8

Samband mellan
luftomsättning
och ventilations-
system.

Aktuell luftomsättning som skall väljas för en beräkningspunkt erhålles genom att

1. Luftomsättningsindex i punkten hämtas ur figur 8.4.
2. Luftomsättningen i huset erhålles ur figur 8.8 för valt ventilations-system.

Observeras bör dock att de samband som illustreras i figur 8.8 är ett resultat av den modell vi har byggt upp beträffande vindens påverkan. Denna påverkan är naturligtvis inte lika från ett hus till ett annat. Det finns t ex gamla hus som är tätare än vad vi antagit p g a annan byggteknik eller att tilläggsisolering gjorts. Då är lämpligare att använda kurvan för nya hus. En kritisk användning av figuren är därför att rekommendera.

9 **användning**

9.1 En varning



Schabloner är alltid farliga. Det är så lätt att med hjälp av ett förenklat synsätt dra fel slutsatser. Verkligheten är ju ofta komplicerad, så enkla tumregler täcker inte in helheten. Energiindex är en sådan schablon. Därför en varning:

Energiindex är inte den raka vägen till beräkning av energivariationerna i ett område.

Men å andra sidan: Vet man vad man gör, kan man tillåta sig förenklingar och genvägar. Har man klargjort förutsättningarna och utgångspunkterna, kan man - inom de användningsfält tumregeln är definierad för - använda en sådan schablon. Men hela tiden vara på sin vakt, så att man inte hamnar utanför dess giltighetsområde. Och vara medveten om att det är en storleksordning man får fram i beräkningarna.

Inom energiområden torde det också vara tillåtet att fortfarande ha olika schabloner. Dels är det ett relativt nytt forskningsområde, där åtskilliga faktorer och samband inte klarlagts. Dels är det ett område, där människors varierande beteende kommer in. Flera studier (t ex Gaunt och Berggren - 1983) har visat på hur två identiska hus kan ha en starkt varierande energiförbrukning, beroende på de boendes duschvanor, vädringsätt osv.

Vid energiberäkningar är man därför utlämnad åt att göra en rad antaganden. I bästa fall har summan av dessa en förmåga att jämna ut felen i de enskilda antagandena. Den typ av energibalans, som redovisats i kapitel 4, har visat sig användbar i planeringssammanhang. Den totala köpta energin, vilken är den enda post som är någorlunda enkel att fastställa, har ofta visat sig möjlig att beräkna med acceptabel noggrannhet. Fördelningen på de enskilda posterna kan dock i verkligheten avvika från de teoretiskt beräknade.

Vid användandet av energiindex måste alltså uppmärksammas att

- . indextalet är ett schablonvärde och ger därför endast storleksordningar
- . indextalet är anpassat till ett visst sätt att upprätta energibalansen för ett hus.

Om man nu har detta i minnet, hur kan man då använda indextalet?

9.2 I markanvändningsplaneringen

Energiindexet visar ju hur mycket radiatorenergin varierar. Ett lågt index betyder att radiatorenergin, och därmed den köpta energin, är i relation till andra lägen liten.

I en situation inom markanvändningsplaneringen, där olika områden inom kommunen är aktuella för exploatering, kan energiaspekterna komma in som en av kriterierna. Den energiindexkarta, som visas i figur 8.5, kan då vara till hjälp. Så visar kartan t ex att index för Änghagen i västra Göteborg är 110, medan index för Brevik i södra Göteborg är 125. Båda områdena är tänkbara som nya, externt belägna utbyggnadsområden på kort sikt (10 år), enligt Markdispositionsplan för Göteborg.



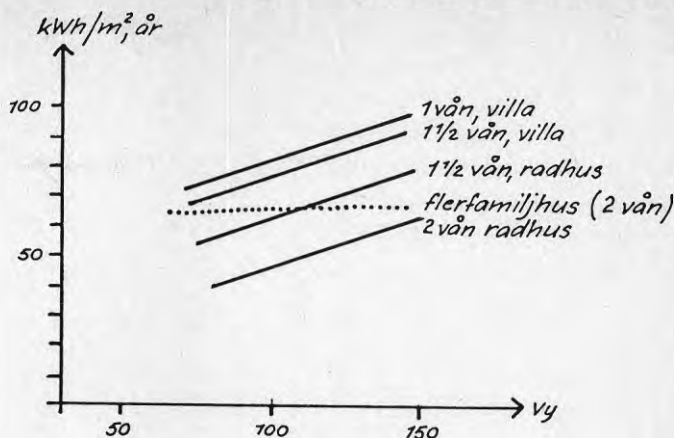
Fig 9.1

Två alternativa utbyggnadsområden.

I detta tidiga planeringsskede är hustyper inte kända. Man måste därför göra vissa antaganden om bebyggelsen, om energidifferenserna skall kunna kvantifieras. Här kan då figur 9.2 vara till hjälp.

Fig 9.2

Behov av radiator-
energi i olika hus-
typer.



Figuren, som är en bearbetning av uppgifter i Göransson et al (1980), visar nivån på den erforderliga radiatorenergin i olika hustyper.

En grov uppfattning om energidifferenserna för uppvärmning av hus i Änghagen och Brevik erhålles ur

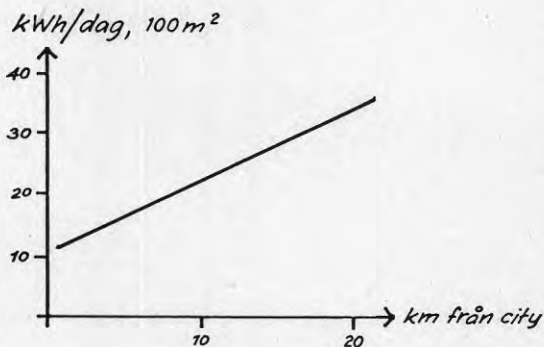
$$65 \text{ kWh/m}^2 \cdot \frac{(125-110)}{100} = 9,75 \text{ kWh/m}^2$$

där värdet 65 erhålles ur ett antagande om blandningen av olika hustyper. Änghagen är således ca 10 kWh fördelaktigare per m^2 vy, under antagandet att hustyper, husutformning etc är lika i de båda områdena.

Nu är detta på intet sätt avgörande för om man skall välja att i en framtid bygga i Änghagen i stället för Brevik. Det är en rad andra faktorer än uppvärmningsenergin som ingår i lokaliseringsavvägningen. Inom energisidan så kan till exempel nämnas skillnader i transportenergi. I en rapport från stadsbyggnadskontoret i Göteborg (Linderstad - 1982) har beräknats hur mycket transportenergin varierar med avståndet från city. Beräkningarna sammanfattas i figur 9.3.

Fig 9.3

Samband transport-
energi och avstånd
från city.



Av figuren framgår, att avståndet har stor betydelse för energiåtgången. I vårt exempel så är skillnaden i cityavstånd ca 2 km (Brevik 14 km, Änghagen 16 km). Dessa 2 km ger enligt diagrammet en skillnad i trafikenergi på 2,5 kWh/dag och 100 m². Omräknas detta till ett helt år, blir resultatet 6 kWh/m² till Breviks fördel. Detta kan jämföras med ovan beräknade 10 kWh/m² p g a klimatvariationer till Änghagens fördel.

En aktuell diskussion gäller "bygga centralt eller perifert". Att bygga centralt, att förtäta den befintliga stadsbygden har blivit allt vanligare. Argumenteringen för det centrala byggandet har fått ytterligare styrka genom de värden som energiindexkartan visar. De lägsta indexvärdena finns i innerstaden, där värdena ligger runt 100. Skillnaden i behov av radiatorenergi ligger då på ca 10 kWh/m² för jämförbara hus.

$$(65 * \frac{(115-100)}{100}) = 9,75)$$

Eftersom innerstadshusen normalt är högre, dvs har mindre omslutande väggyta per m² våningsyta, än ytterområdeshusen, accentueras skillnaden ytterligare.

Nu är ju inte energi den enda aspekten som hittills lagts på ett områdesval. Det är i stället helt andra faktorer (t ex miljö, ekonomi, utbyggnadstakt, service) som spelat in. Energiaspekterna kan här endast vara en av många andra. Men energiindex har gjort det möjligt att använda energimotiveringar med större tyngd, eftersom skillnaderna nu till viss del kan kvantifieras.

9.3 I detaljplaneringen

Det indextal som beräknats avser förhållanden som stadsbygden just nu har. Vid exploatering av ett ytterområde förändras naturligtvis landskapet. Det tidigare obebyggda området blir annorlunda ur klimatsynpunkt genom bebyggelsen, och påverkan blir kraftigare ju hårdare exploateringsgraden är. Ett område beläget i en kallluftsjö kan visa en förhöjning i lufttemperaturen jämfört med omgivningen efter att bebyggelse skett. Det bildas en lokal värmeö i kallluftsjön. Ett sådant exempel är Kärra i Göta älvdalen.

Det går därför inte schablonmässigt att säga hur stor energiförbrukningen blir i ett tidigare ej bebyggt område. Den energiförbrukning, som indextalet är ett uttryck för, gäller dock fortfarande vid gles exploatering (typ villaområde). Vid en högre exploatering kommer bebyggelsens utformning att spela en stor roll för den slutliga energiförbrukningen. Men naturligtvis finns naturförutsättningarna med i bakgrunden.

För stadsplaneförfattaren gäller det att med hjälp av energiindexet göra bedömningar av områdets särdrag. Ett högt indextal är då ett memento, här finns risk för högre energiförbrukning än normalt. I vissa lägen kan det vara mycket svårt att åtgärda, i andra lägen lättare. Hänger det höga energiindexet samman med att området är vindutsatt, kan man t ex gruppera husen på ett lämpligt sätt eller plantera en vindskyddande vegetation.

Ligger bebyggelsen i ett kalluftområde, är naturligtvis effektiva åtgärder svåra att finna. Ibland kan det vara möjligt att dränera bort kalluften genom t ex en lämplig vägsträckning. En omlokalisering, så att parkeringsytor, bollplaner etc läggs i kallluftsjön medan husen läggs i en högre belägen sluttning, kan ibland vara möjlig.



Det är naturligtvis svårt att beräkna hur stor positiv effekt sådana åtgärder kan ha. En förändring av medelvinden på 1 m/s kan ge en årlig ökning/besparing på ca 5 kWh/m² för en nybyggd villa.

En sådan skillnad i närbelägna punkter har vi funnit. Kartan, som visar luftomsättningsindex, visar ju på många platser tätt liggande iso-linjer.

Energiindexkartan har motsvarande kontraster i närbelägna punkter. Det finns alltså ur energisynpunkt anledning att försöka undvika krönlägen och andra vindutsatta platser. Kan man genom olika åtgärder sänka energiindexet för ett bostadsområde med 10 enheter, betyder detta 5 ä 7 kWh/m² lägre energiförbrukning.

Om det är möjligt att erhålla en sådan vindreduktion genom valda skyddsåtgärder är svårt att i förväg fastställa. Modellförsök kan här ge en viss ledning.

9.4 I husprojekteringen

När planeringsprocessen kommit till husprojekteringsstadiet, kan husens egenskaper bättre fastställas. Transmissionen och ventilationssystemen kan beräknas noggrant, och en energibalans kan upprättas. Här kan gradtimme- och luftomsättningsindex enligt figur 8.3 och 8.4 vara till ledning. Antalet gradtimmar resp luftomsättningen justeras med ledning av resp index. Ytterligare förbättring kan erhållas genom att man utnyttjar de resultat, som redovisas i kapitlen 8.6 och 8.7.

Den på så sätt upprättade energibalansen kan ge underlag för diskussioner om olika åtgärder för att minska energiförbrukningen. Åtgärdernas effekt på energiförhållandena bör kunna beräknas med större precision genom detta förfarande än genom användande av schablonvärden för Göteborg.

Att här diskutera vilka åtgärder som bör vara lämpliga, är att föra diskussionen för långt. På detta område finns det en mängd litteratur. Vilka lösningar som bör väljas och vilken ekonomi de ger hör starkt samman med husets utformning och byggteknik, varför detta måste avgöras i varje enskilt fall.

Några enkla tumregler kan dock formuleras:

- . Ett högt energiindex förbättrar ekonomin i extra isolering.
- . Ett lågt gradtimmeindex minskar betydelsen av små fönsterytor.
- . Ett högt luftomsättningsindex gör det extra viktigt med ett tätt hus, vilket bl a betyder att burspråk och andra vinklar bör undvikas.
- . Frånluftsventilationssystem är antagligen att föredra ur energisynpunkt i ett läge med högt luftomsättningsindex.

9.5

I energispararbetet

Efter att ett hus blivit besiktigt av t ex en energirådgivare, gör denne normalt en energibalans för huset. Härigenom får energirådgivaren ett underlag för de förslag till energisparåtgärder som ges. Energibalansen upprättas genom en kombination av kända och okända faktorer, där en av de kända faktorerna är den köpta energin. (Numera har de flesta kloka fastighetsförvaltare en god energistatistik).



Energibalansen kan på så sätt upprättas genom en passningsräkning, där gradtimmetalet och luftomsättningen antas enligt schablon. Här kan gradtimme- och luftomsättningsindex vara till hjälp. Genom att använda dessa index kan hänsyn tas till att fastigheten t ex är belägen i en värmeö eller ligger vindutsatt. Den på detta sätt gjorda energibalansen bör förhoppningsvis vara korrektare än en balans, baserad på schablonvärden.

Med utgångspunkt från denna energibalans kan energirådgivaren sedan ge korrekta råd till fastighetsägaren beträffande lämpliga energisparåtgärder.

10 **slutsatser**

10.1 Är energi-index användbart?



Idén med att beräkna hur energiförbrukningen varierar inom en kommun med hänsyn till lokalklimatet har visat sig hålla. Det går att beräkna ett energiindex. Beräkningarna är dock baserade på teorier om hur klimatet varierar respektive hur hus av olika typ reagerar på de klimatologiska förhållandena. Teorierna är ofullständigt empiriskt bekräftade och de antagna värdena är delvis skattade. Beräkningsantagandena har dock testats gentemot väderstationen vid Landvetter och då visat god samstämmighet. De erhållna resultaten har också verkat rimliga.

Förutsättningarna för att göra en energiindexkarta i en kommun är:

- en god teori och en datorbaserad beräkningsmodell
- kunskapen hur lokalklimatet i kommunen varierar, t ex genom en lokalklimatkarta
- tillgång till klimatdata från en närbelägen klimatstation.

En teori och en beräkningsmodell finns i denna rapport. Men det finns naturligtvis möjlighet att sätta upp andra samband. Dessa kan vara lika riktiga som de som vi använt. Efter hand som kunskaperna ökar bör teoribildningen kunna bli bättre och bättre. Här erfordras det dock åtskilligt av forskning innan allt känns empiriskt bekräftat. Ett antal idéer till fortsatt forskning finns i bilaga 3.

SMHI har ett nät av meteorologiska stationer spritt över hela landet. Från dessa kan erhållas mångåriga detaljerade observationsserier av bl a lufttemperatur, vind, molnighet m m. En del av materialet finns sammanställt i Klimatdataboken. I vissa delar av Sverige kan man dock tvingas att basera energiindexberäkningarna på en obser-

vationsplats relativt långt bort, vilket naturligtvis ökar osäkerheten. Det är inte alla delar i Sverige, som har samma goda förutsättningar som Göteborg. Här finns ju fem olika stationer, som kunnat vara basstation.

För att kunna överföra data från den meteorologiska stationen till aktuell beräkningspunkt erfordras kunskap om lokalklimatet. Avser beräkningarna enbart en punkt, kan dessa bedömningar erhållas förhållandevis enkelt. En kunnig klimatolog torde kunna göra dessa bedömningar utan omfattande mätningar.



Fig 10.1
Klimatstationer i
Sverige.

Gäller det däremot att upprätta en energiindexkarta för hela kommunen bör en lokalklimatkarta upprättas. Denna baseras på såväl bedömningar som mätningar. Upprättande av en fullständig lo-

kalklimatkarta inklusive mätningar är en relativt dyrbar åtgärd. Så har t ex framtagandet av kartan för Göteborg legat i storleksordningen 100 000 kronor. Kostnaderna är naturligtvis starkt beroende på vilken noggrannhet som önskas. Speciellt mätserierna, som är underlag för klassificeringen i olika inverkansgrader, är kostsamma.

Man kan alltså konstatera att:

- . det är möjligt att ta fram ett energiindex
- . tillförlitligheten beror på tillgång på data
- . modellen ger rimliga slutresultat
- . ytterligare forskning behövs för att klargöra olika samband
- . kostnaderna för framtagande av en energiindexkarta främst ligger i upprättandet av en lokalklimatkarta.

Där det finns en lokalklimatkarta och där det finns en närbelägen meteorologisk station bör en energiindexkarta tas fram. Härigenom får stadsplanerare, energisparare m fl ett nytt instrument för att göra bättre bedömningar.

Finns det inget lokalklimatologiskt underlag torde dock inte energiindexets egenskaper motivera framtagandet av ett dylikt. Kostnaderna för ett sådant framtagande står, särskilt inte i dessa kommunalekonomiskt kärva tider, inte i proportion till den ekonomiska nyttan i det förbättrade beslutsunderlaget.

Men å andra sidan finns i dag ett allmänt stort intresse för förbättrade lokalklimatologiska kunskaper. Dessa kunskaper förbättrar ju inte enbart kunskaperna inom energiområdet, utan ger också möjlighet till större hänsyn till dessa frågor på miljösidan.

Vår slutsats är därför:

När en kommun tar fram en lokalklimatologisk karta, bör man också ta fram en energiindexkarta.

10.2 Spelar olika energiindex någon roll?

Kommunen skall i sin planering främja hushållning med energi. Så sägs det i Lag om kommunal energiplanering. Detta bör tolkas så att man, under uppfyllande av en rad andra önskemål, skall åstadkomma en så effektiv användning av energin som möjligt. Målet är alltså inte att få ned energiåtgången hur långt som helst, bara så långt som är rimligt.

Detta bör observeras eftersom energiaspekterna ibland står i motsatsställning till andra mål i bebyggelseplaneringen. Några exempel på sådana konflikterande mål:

<u>ur energisynpunkt</u>	<u>ur andra synpunkter</u>
mindre lägenheter	Ökad boendestandard
tät bebyggelse	fler marklägenheter
energisnåla hus	låg investering
välisolerade hus	varierad fasadutformning
undvik kallluftsjöar	effektiv markanvändning
bygg i värmeön	nära till grönområden
undvik vindutsatta ställen	utsikt

Planeringens uppgift blir bland annat att balansera dessa motstridiga önskemål till en fungerande bebyggelse. De högre energipriserna och det ökade medvetandet om energins begränsningar måste rimligtvis medföra ett ökat hänsynstagande till dessa frågor. Men de kan - så länge vi inte råkat in i en akut energibrist - inte spela mer än en begränsad roll.

En god kunskap om energiförhållandena, exempelvis genom vad som sägs på en energiindexkarta, kan få en viss betydelse för hur ett område byggs. Men betydelsen skall inte överdrivas. Det är främst vid jämförelse mellan alternativ, som ur andra synpunkter är likvärdiga, som energiaspekter kan påverka planformen. Grundkonceptet för ett hus ges av olika funktionskrav, t ex tolkade i byggnormerna. Förändringar av detta på grund av en med hjälp av energiindex förfinad energibalans, torde vara måttliga.

Detta skulle peka på att hela denna utredning vore onödig! Energiindex spelar en obetydlig roll. Men ändå kan det vara skäl för att ta hänsyn till vad en energiindexberäkning ger. Som visats i kapitel 8 kan t ex temperaturindex variera med upp till 15 %. Skall ett hus byggas i ett läge där gradtimmeindex är 115, betyder det att transmissions- och ventilationsförlusterna är ca 15 % högre.

Detta betyder att lönsamheten i en ökad isolering med t ex 5 cm i väggar och tak ökar med 15 %. Detta kan vara skillnaden mellan att denna åtgärd är lönsam eller ej.

Ex. 5 cm extra isolering kostar 3 000 kr	
energibesparing vid index = 100	1100 kWh
"	115 $1,15 \cdot 1100 =$
	=1265
energipris	0,25 kr/kWh
brukstid	40 år
$\frac{e\text{-index} = 100}{\text{energisparkostnad}} =$	$\frac{3000}{1100 \cdot 0,25} = 0,27$
ej lönsamt ($0,27 > 0,25$)	
$\frac{e\text{-index} = 115}{\text{energisparkostnad}} =$	$\frac{3000}{1265 \cdot 0,25} = 0,24$
löst	

Under vissa omständigheter kan alltså ett hänsynstagande till energiindexkartan förändra beslutet. Och om det gör det eller inte, vet man inte förrän man provat frågan. Därför anser vi att

- energiindex är av betydelse även om det inte är ofta.

10.3

En checklista

I samband med planarbetet och projekteringen skall energifrågorna beaktas. Flera paragrafer i byggnadslagstiftningen har ju ändrats för att markera energiaspekternas betydelse numera. Hänsynstagande till energifrågorna måste dock göras med omdöme. Det går inte att säga att det är lämpligt att göra på ett visst sätt - alltför många andra omständigheter kan motivera en annan lösning.

En checklista som visar hur hänsyn till energiaspekterna skall tas, kan därför inte ge några enkla svar. Vi har i stället valt att utforma den som en rad frågor som bör ställas i planarbetet. Här behandlas enbart de frågor, som klimataspekterna aktualiserar. Frågor om uppvärmningsform, byggnadsteknik etc är naturligtvis också viktiga då energin skall vara med i planeringsarbetet.

Lokalklimatet

Kunskap om klimatförhållandena är naturligtvis grundläggande för att kunna ta hänsyn till dessa. Kunskapen kan vara av varierande djup. En översiktlig uppfattning om förhållandena kan man få genom att titta på lokalklimatkartan eller energiindexkartan.



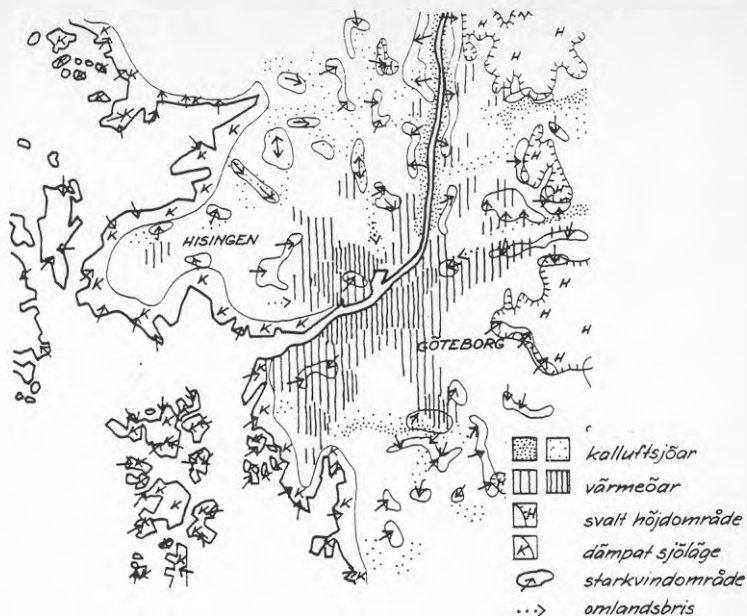


Fig 10.2

De stora dragen i lokalklimatkartan för Göteborg.

- Vad visar lokalklimatkartan? Är något särskilt markerat för aktuellt område? Verkar klimatkartans markeringar rimlig? Är det något du vill lägga till?
- Finns det någon kompletterande lokalklimatundersökning? Om inte, finns det anledning att göra en sådan?
- Har du möjlighet att själv skaffa dig en uppfattning om förhållandena? En enkel metod att få reda på temperaturförhållandena är att studera snösmältningen. Är det tid att göra en sådan studie?
- Kan du intervjua några som redan bor i området? Lantbrukare i området kan vara en bra kunskapskälla.
- Vad säger energiindexkartan? Om du tittar på gradtimme - respektive luftomsättningsindex, ser du då någon förklaring till aktuellt energiindex?

Ett grundläggande hänsynstagande till klimatet finns redan i den normala stadsplaneringen och i SBN's regler. Att göra särskilda åtgärder för att förbättra förhållandena har störst betydelse där t ex lokalklimatkartan visar en avvikelse från det normala. I vissa fall kan det dock vara motiverat med klimatberoende åtgärder för att höja kvaliteten i området. Här nedan ges några exempel på hur lokalklimatkartan och energiindexkartan kan påverka utseende och utformning.

Värmeö

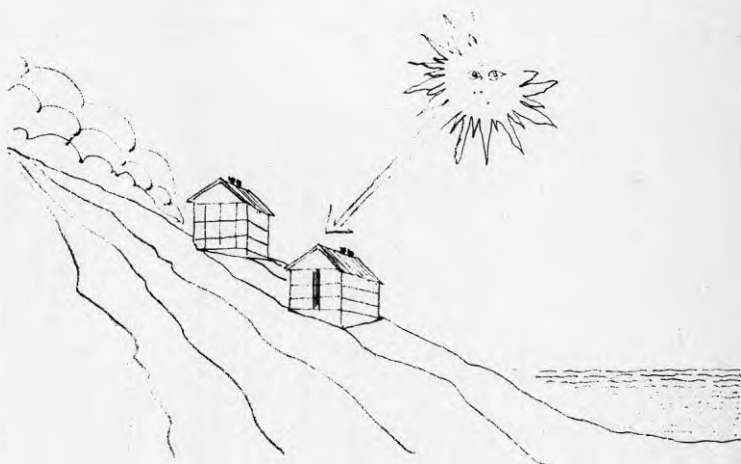
Värmeön i den tätare stadsbygden innebär att antalet gradtimmar är lägre än i omgivande landsbygd. Den täta bebyggelsen gör också att bebyggelsen inte är så vindutsatt som fritt liggande byggnader. Området är alltså fördelaktigt ur energisynpunkt.

- Kan bebyggelsen förtätas, så att flest möjliga antal lägenheter kan dra nytta av värmeeffekten?
- Innebär den planerade bebyggelsen att det bildas en lokal värmeö? Hur kan husen placeras för att så många hus som möjligt kan dra nytta av effekten?

Kallluftsjöar

I dalgångar med vattendrag eller våtmark finns det risk för att det bildas kallluftsjöar. Kallluften rinner ner i dalgången från högre liggande partier.

- Kan man undvika att placera bebyggelsen i kallluftsjöarna? Kan man omlokalisera parkeringsytor, bollplaner etc till dessa områden?
- Finns det möjlighet att dränera bort kallluften? Kan man med hjälp av skärmar av vegetation eller bebyggelse hindra att den kommer in i bebyggelsen?
- Kan man placera bebyggelse eller vegetation på så sätt att en lokal värmeö lättare bildas?
- Är det lämpligt att öka isoleringen?



Vindutsatta lägen

Höjder och öppna områden är särskilt utsatta för vind. Särskilt vindutsatta är lägen i havsbandet. Under uppvärmningssäsongen är västvindarna inte så dominerande i Göteborg som under övriga året. Det är därför viktigt att även skydda sig mot de kalla nordliga och ostliga vindarna. Lokala vindavvikelser beroende på terrängens inverkan är vanliga, varför vindskydd kräver noggranna studier.

- Är området vindutsatt?
- Kan man gruppera husen så att vinden dämpas?
- Finns en möjlighet att utnyttja den befintliga vegetationen som vindskärm? Bör man plantera nya träd och buskar för att få skärmverkan?
- Behövs åtgärder i form av vallar eller vindstaket?
- Är det lämpligt att välja en husbyggnadsteknik som gör husets yttre skal extra tätt? Kan man utforma huset utan burspråk och andra vinklar för att underlätta möjligheten att bygga ett tätt hus?
- Kan man undvika att installera FT-system?

Sol- och skugglägen

Redan med dagens utformning kommer åtskilligt av husens värmestillskott från solen. Ytterligare åtgärder kan dock vara motiverade.

- Finns det möjlighet att placera merparten av bebyggelsen på sluttningar mot söder? Eller i varje fall undvika branta norrsluttningar?
- Kan man orientera och utforma husen för ett maximalt tillvaratagande av solvärmens?
- Går det att gruppera husen så att de inte skuggar varandra? Finns skuggande träd som bör huggas ned?

Detta är några exempel på frågor som kan ställas i samband med ett planarbete. En del av dem har man arbetat med sedan lång tid tillbaka. Andra är nya och hänger samman med att energikostnaderna rakat i höjden. Alla frågor går inte att besvara enkelt utan kräver ett omfattande utredningsarbete. Men det kan vara värt att lägga ned stor omsorg i planläggningen för att ta hänsyn till klimataspekterna. För inte nog med att området kan bli bättre ur trivsel- och komfortsynpunkt, det kan bli energisnålare också.

litteratur



Carlsson, B, Elmroth, A, Engvall, P-A, (1979): Lufttäthet och värmeisolering, byggnadstekniska lösningar (Statens Råd för Byggnadsforskning) T-skrift T24:1979.

Coblentz, CW. & Aschenback, PR., (1963): Field measurements of air infiltration in ten electrically heated houses. (ASHRAE) Transactions 69.

Dick, J.B, (1950): The fundamentals of natural ventilation in buildings. Jnl. IHVE, Vol. 18.

Elmroth, A & Höglund, I, (1973): Värmebalans i småhus. Teoretiska och experimentella undersökningar avseende ett mineralullsisolerat regelhus. (Statens Råd för Byggnadsforskning) Rapport R7:1973.

Erat, B & Björkholtz, D, (1983): Bygg klimatanpassat (Svensk Byggtjänst) Stockholm.

Gaunt, L & Berggren, A-M, (1983): Duschen blir lätt energislukare. Bygghforskning 2:1983.

Geiger, R, (1966): The climate near the ground (Harward University Press) Cambridge, Massachusetts.

Gertis, K, (1979): Fensterlüftung. Sonderdruck aus Docu-Bulletin 11, Heft 4, Seite 4.

Göransson, A, Jansson, B, Lamm, J, Nielsen, B, (1980): Beräkningsmetod för uppvärmning, transporter och försörjningssystem (Statens Råd för Byggnadsforskning) T-skrift T27:1980.

Hammarsten, S & Hjalmarsson, C, (1983): Energisignaturen är en modell som avspeglar boendevanorna, VVS nr 1, 1983.

Handa, K, Kärrholm, G & Lindqvist, T, (1979): Mikroklimat och luftväxling (Statens Råd för Byggnadsforskning) T-skrift T3:1979.

- Källblad, K & Adamsson, B (1978): "BKL-metoden" (Lunds Tekniska högskola) Inst. för byggnadskonstruktionslära.
- Holmer, B & Lundqvist, S, (1981): Bebyggelselandskapets klimat (Statens Råd för Byggnadsforskning). Rapport R81:1981. Stockholm.
- Kratzer, P.A, (1956): Das Stadtklima. Die Wissenschaft, Braunschweig.
- Linderstad, H, (1982): Förtäta och decentralisera men på rätt sätt, Plan nr 1-2, 1982
- Lindqvist, S, (1970): Bebyggelseklimatiska studier. (Meddelanden fr. Lunds universitets geografiska inst.). Avhandlingar LXI. Lund.
- Lindqvist, S & Holmer, B, (1980): Översiktlig lokalklimatologiska bedömning av Göteborgs kommun. (Stadsbyggnadskontoret i Göteborg).
- Lindqvist, S & Holmer, B, (1980): Fortsatta lokalklimatiska undersökningar i Göteborgs kommun (Stadsbyggnadskontoret i Göteborg).
- Lindqvist, S, Mattson, J.O, Holmer, B, (1983): Lokalklimatiska kartor för användning i kommunal översiktlig planering. (Statens Råd för Byggnadsforskning). Rapport R38:1983.
- Mattsson, J.O, (1979): Introduktion till mikro- och lokalklimatologin. (Liber Läromedel). Malmö.
- Mattsson, J.O & Åkerman, J, (1980): Energiförluster genom vind - bedömning av tre förslag till stadsplan för Bulltofta området i Malmö (Statens Råd för Byggnadsforskning) Rapport R176:1980.
- Mattsson, J.O & Nordbeck, S, (1981): Modelling cold air patterns. Geografiska Annaler ser B, 63. Stockholm.
- Munther, K, (1982): Energisnåla småhus (Statens Råd för Byggnadsforskning). Rapport R110:1982.
- Nylund, P.O, (1979): Tjuvdrag och ventilation (Statens Råd för Byggnadsforskning) T-skrift T4:1979.
- Nylund, P.O. (1979): Varför täta hus?, VVS nr 11 1979
- Oke, T.R, (1973): City Size and the Urban Heat Island. Atmospheric Environment 7.
- Rudberg, S, (1970): Naturgeografiska uppsatser vid Göteborgs universitet höstterminen 1959-vårterminen 1969. (Geografiska föreningen i Göteborg) Gothia 10. Göteborg.
- Statens Provningsanstalt (1979): Resultat av mätningar i stadsdelen Sjöbo, Borås.

Sundberg, Å, (1951): Climatological studies in Uppsala (Dept. of Geography, Univ. of Uppsala) Geographica 22, Uppsala.

Taesler, R, (1972): Klimatdata för Sverige.

Teasler, R, (1980): Studies of the development and thermal structure of the urban boundary layer in Uppsala. Part II, Data analysis and results. (Meteorologiska inst. vid Uppsala univ.). Reports 61. Uppsala

Åhlander, G, Pettersson, F, (1982): Energiförbrukningens vindberoende, KTH A4-serien nr 70.

Ångström, A, (1974): Sveriges klimat 3:2 uppl. (GLA). Stockholm.

bilagor

1. Typhus
2. Parametervärden
3. Forskningsbehov

1 typhus

NYBYGGD VILLA

Huset skall motsvara en nybyggd villa, av standard-typ.

1 1/2 våning med 45° taklutning. Ca 150 m² våningsyta.

byggnadsdel	beskrivning	k-värde	yta/lgh m ²
Yttervägg	Regelverk. Isolering med min.ull. Träpanel och tegel.	0,3	108
Fönster	Treglas, kopplade bågar	1,8	22
Tak	Träbjälklag med isolering av min.ull	0,2	125
Golv	Platta på mark	0,3	90

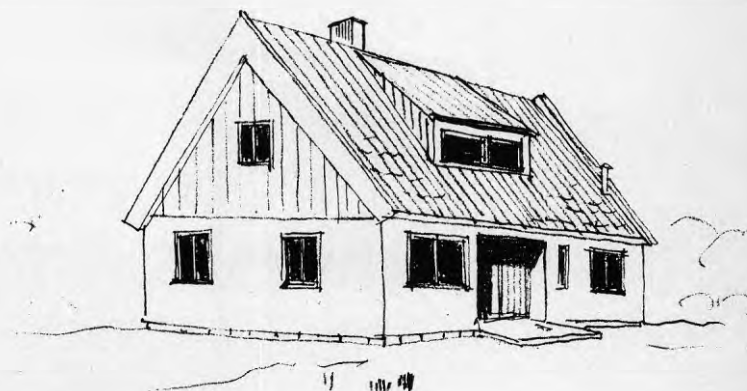
Uppvärmningssystem: Vattenburen elvärme

Ventilationssystem: Beräkningar görs för både självdrag och mekanisk frånluft.

Varmvattenenergi: 4 500 kWh/år

Hushållsel: 5 000 kWh/år

Personvärme: 5,4 kWh/dygn



NYBYGGT RADHUS

Huset skall motsvara en bostad i ett nybyggt radhusområde. Bostaden kan vara privatägd, bostadsrätt eller hyrd.

Hustyp: 2 våningar med relativt flackt tak. Husen inbördes förskjutna för att få variation i utseendet. Ca 115 m² våningsyta.

byggnadsdel	beskrivning	k-värde	yta/lgh m ²
Yttervägg	Regelverk. Isolering med min.ull. Träpanel och tegel.	0,3	105
Fönster	Treglas, kopplade bågar	1,8	17
Tak	Träbjälkar med isolering av min.ull	0,2	60
Golv	Platta på mark	0,3	60

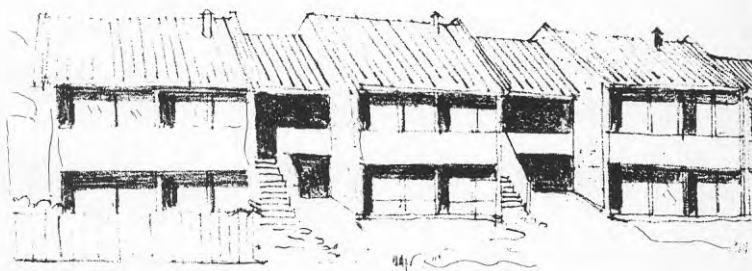
Uppvärmningssystem: Vattenburen elvärme

Ventilationssystem: Mekanisk frånluftssystem

Varmvattenenergi: 4 500 kWh/år

Hushållsel: 5 000 kWh/år

Personvärme: 4,9 kWh/dygn



NYBYGGT FLERFAMILJSHUS

Huset skall motsvara ett exempel på modern högre flerfamiljsbebyggelse, uppfört som ett halvöppet kvarter.

Hushöjd 4-6 våningar. Ytorna räknas som ett genomsnittligt värde för en lägenhet på ca 70 m².

byggnadsdel	beskrivning	k-värde	yta/lgh m ²
Yttervägg	Regelvägg + tegel	0,3	21
Fönster	Treglas	1,8	13
Tak	Träbjälklag med min. ull.	0,2	17
Golv	Betongplatta	0,3	17

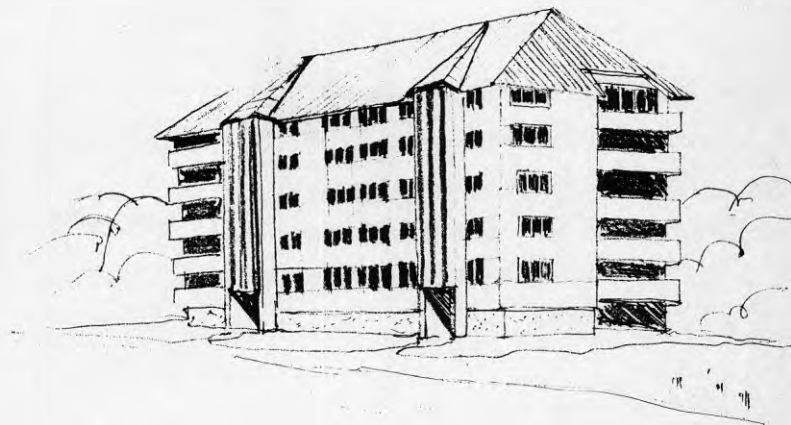
Uppvärmningssystem: Vattenburet system. Fjärrvärme.

Ventilationssystem: Beräkningarna görs för både ett hus med mekaniskt frånluftssystem och ett hus med FTX-system.

Varmvattenenergi: 3 500 kWh/år

Hushållsel: 4 000 kWh/år

Personvärme: 3,0 kWh/dygn



GAMMAL VILLA

Huset skall motsvara en liten enplansvilla, byggd på 30- eller 40-talet. Krypgrund. Ca 80 m² lägenhetsyta.

byggnadsdel	beskrivning	k-värde	yta/lgh m ²
Yttervägg	Regelvägg med isolering av min.ull	0,5	71
Fönster	Tvåglas, kopplade bågar.	2,7	16
Tak	Två bjälklag med min.-ullsfyllning.	0,5	84
Golv	Träbjälklag	0,6	84

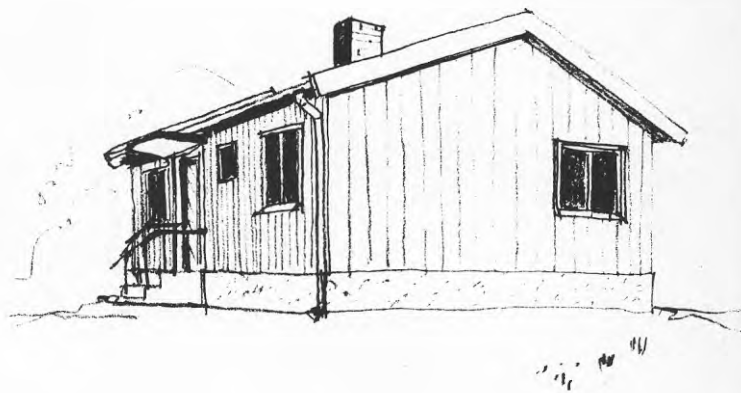
Uppvärmningssystem: Vattenburet system. Oljepanna/elpanna (förbrukningen räknas netto, varför detta inte är av betydelse).

Ventilationssystem: Självdrag

Varmvattenenergi: 4 500 kWh/år

Hushållsel: 5 000 kWh/år

Personvärme: 4,0 kWh/dygn



GAMMALT FLERFAMILJSHUS

Huset skall motsvara ett landshövdingehus från 1930-talet. Hushöjd 3 våningar. Den genomsnittliga lägenhetsytan antas vara 46 m².

byggnadsdel	beskrivning	k-värde	yta/lgh m ²
Yttervägg	Bottenplan tegel	1,2	29
	De två övervåningarna plankvägg med sågspånsfyllning.	0,8	
Fönster	Tvåglas	3,0	8
Tak	Träbjälklag med fyllning av sågspån	0,6	19
Golv	Träbjälklag med fyllning av sågspån.	0,7	19

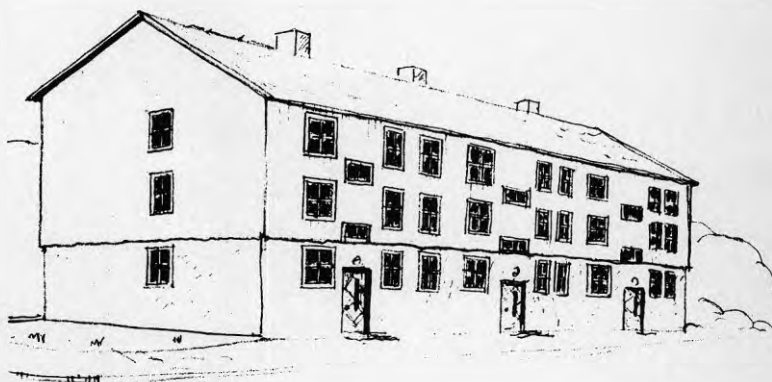
Uppvärmningssystem: Vattenburen värme. Oljeranna/fjärrvärme (förbrukning räknas netto varför detta inte är av betydelse).

Ventilationssystem: Självdrag

Varmvattenenergi: 2 500 kWh/år

Hushållsel: 2 500 kWh/år

Personvärme: 2,4 kWh/dygn





2 parametervärden

Vind

Referensstationens vindhastighet räknas om från 10 m till 5 m höjd enligt

$$\frac{u_5}{u_{10}} = \left(\frac{5}{10}\right)^{0,17}$$

vilket ger

$$u_{\text{ref}} = u_5 = 0,87 \times u_{10}$$

För öppna ytor antas att vindhastigheten förändras med avståndet i km från kustlinjen enligt

$$u_{\text{bpö}} = u_{\text{ref}} \times e^a \times \text{avst.}$$

Topografiskt läge	a	Vindriktning	Tid på dygnet
Höjdläge och neutrala lägen	-0,015	WNW,W,WSW,SW	} dag och natt
	-0,009	NW,NNW,SSW,S	
	-0,007	övriga rikt.	
Dalläge	-0,02	WNW,W,WSW,SW	} natt
	-0,015	övriga rikt.	
	-0,05	alla rikt. om $N < 3/8$ och $u_{10} < 3$	
	-0,015	WNW,W,WSW,SW	} dag
	-0,009	NW,NNW,SSW,S	
	-0,007	övriga rikt.	

Den öppna ytans vind korrigeras med hänsyn till omgivningen enligt

$$u_{\text{bp}} = k_1 \times k_2 \times u_{\text{bpö}}$$

$k_1 = 1,3$ för krönlägen, annars $k_1 = 1$.

Omgivning	k_2
Gbg's centrala bebyggelse	0,1
Övrig bebyggelse	0,3
Skog tät	0,2
"- normal	0,5
"- gles	0,7
Starkvindområde	1,0
Extremt starkvindområde	1,2
Övrigt	0,7

Molnighet

Molnmängd, åttondelar	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Molnfaktor, Cm	0	0,05	0,1	0,4	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0

Temperatur

Temperaturavvikelsen relativt referenspunkten beräknas för klart väder och beroende på aktuell vind enligt

$$T_k = \frac{T_{k, \text{ max eff}} \times (\log u_k, \text{ ingen eff} - \log u_{\text{akt}})}{\log u_k, \text{ ingen eff} - \log u_k, \text{ max eff}}$$

$$u_k, \text{ max eff} = 0,25 \text{ m/s}$$

och för mulet väder beroende på aktuell vind enligt

$$T_m = \frac{T_{m, \text{ max eff}} \times (\log u_m, \text{ ingen eff} - \log u_{\text{akt}})}{\log u_m, \text{ ingen eff} - \log u_m, \text{ max eff}}$$

$$u_m, \text{ max eff} = 0,25 \text{ m/s}$$

Hänsyn till aktuell molnighet tas genom molnighetsfaktorn enligt

$$T_{\text{akt}} = T_k - (T_k - T_m) \times \text{CE}$$

Lokal temp.effekt		Klart		Mulet		Årstid och tid på dygnet
		$T_{k,max}$ °C	$u_{k,ingen}$ m/s	$T_{m,max}$ °C	$u_{m,ingen}$ m/s	
Dämpat sjöläge	D1	+2	15	+1	15	} vinter, natt
	D2	+1	10	+0,5	10	
	D1	+1	10	+1	10	} vinter, dag
	D2	0	0	0	0	
	D1	+2	15	+1	15	} vår, natt
	D2	+1	10	+0,5	10	
	D1	-2	10	0	0	} vår, dag
	D2	-1	5	0	0	
	D1	+2	15	+1	15	} sommar, natt
	D2	+1	10	+0,5	10	
	D1	-2	10	0	0	} sommar, dag
	D2	-1	5	0	0	
	D1	+2	15	+1	15	} höst, natt
	D2	+1	10	+0,5	10	
D1-D2	0	0	0	0	höst, dag	
Kalluftsjö	K1	-6	6	-1	3	} vinter } } vår } } sommar } } höst }
	K2	-4	6	-1	3	
	K3	-2	3	0	0	
	K1	-1	3	0	0	} vinter, dag
	K2-K3	0	0	0	0	
	K1-K3	0	0	0	0	vår, dag
	K1-K2	+0,5	1000	0	0	} sommar, dag
	K3	0	0	0	0	
	K1-K3	0	0	0	0	höst, dag
	Värmeö	V1	+5	9	+2	6
V2		+2	6	0	0	
V1		+2	6	+1	6	
V2		0	0	0	0	} vinter, dag
V1-V2		0	0	0	0	{ vår } { höst } dag
V1		-1	6	0	0	} sommar, dag
V2		0	0	0	0	

I höjdlägen: tempavvikelse $-0,3^{\circ}$ på natten men ingen avvikelse om $u_{bpö} < 2$ m/s

tempavvikelse $-1,0$ på dagen, men $-1,2$ om $u_{ppö} < 4$ m/s

Ingen hänsyn tas till olika årstider.

Havsinflytande:

Under höst och vinter finns dessutom en maritim påverkan. På natten avtar temperaturen med $0,05/\text{km}$ inåt land och på dagen $0,025^{\circ}/\text{km}$.

3 — forskningsbehov —



När vi försökt ta ett samlat grepp på hur lokalklimatet styr variationerna i energiåtgång för husuppvärmning har vi ibland kunnat konstatera en avsevärd brist på systematiska studier av egen-skaper hos klimat och bebyggelse. Sådana studier är av stor betydelse för att förbättra beräkningsresultaten. I några punkter anger vi nedan de viktigaste områdena där mer forskning är angelägen.

Lokalklimat

Vind:

Vindavtagandet från kusten inåt land. Skillnad mellan pålandsvind och frånlandsvind. Men framför allt skillnaden mellan avtagandet dag och natt. I synnerhet gäller detta vindavtagandet under klara nätter när inversioner kan uppstå. Eventuella årstidsvariationer är ej kända.

Temperatur:

För kallluftsjöar är betydelsen av deras storlek väsentlig att undersöka. I större dalgångar finns ibland mycket intensiva kallluftsjöar medan det vid andra tillfällen med till synes liknande väderförutsättningar nästan saknas kallluft.

För samtliga temperatureffekter gäller att randvillkoren för deras storlek behöver preciseras. Detta gäller i mindre grad den maximala effekten. Det är i synnerhet kring de mer all dagliga situationerna med mer eller mindre starka vindar och varierande molnmängd som osäkerheten är störst. Temperatureffekterna är inte särskilt stora vid dessa tillfällen, men genom att de förekommer ofta kan deras samlade effekt vara betydelsefull.

Årstidsvariationerna i effektens storlek är också viktiga för beräkningar av medeleffekten.

Molnighet:

Molnighetsvariationen i lokalklimat-skala är så gott som helt okända. Men de kan vara av avsevärd betydelse både som en styrande faktor för olika temperatureffekter och-inte minst-för att kunna beräkna solin-

fallet genom fönstren. I det senare fallet är också molnighetens dygnsvariation av stort intresse liksom vilka molnslag det är som uppträder.

Husens energibalans

Ventilation: Hur luftomsättningen egentligen varierar i olika hus är förhållandevis dåligt känt. De flesta mätningar som gjorts avser småhus eller särskilda provhus. Hur den ser ut i flerfamiljshus och i hus med F- och FT-system borde utredas bättre. Men det återstår även mycket innan man klarare kan säga hur småhus reagerar. Att få fram modeller som tar hänsyn till husens form och läge är också angeläget.

Luftomsättningens påverkan av tilläggsisolering och tätning i olika hustyper behöver också utvecklas.

Värmelagring:

En enkel modell att ta hänsyn till värmekapaciteten kan eventuellt förbättra beräkningsnoggrannheten. De mer komplicerade datorprogram, som finns typ BRIS, ger en god precision men ett mer approximativt resultat kan accepteras för beräkningar av den karaktär vi här genomfört.

Tillämpning

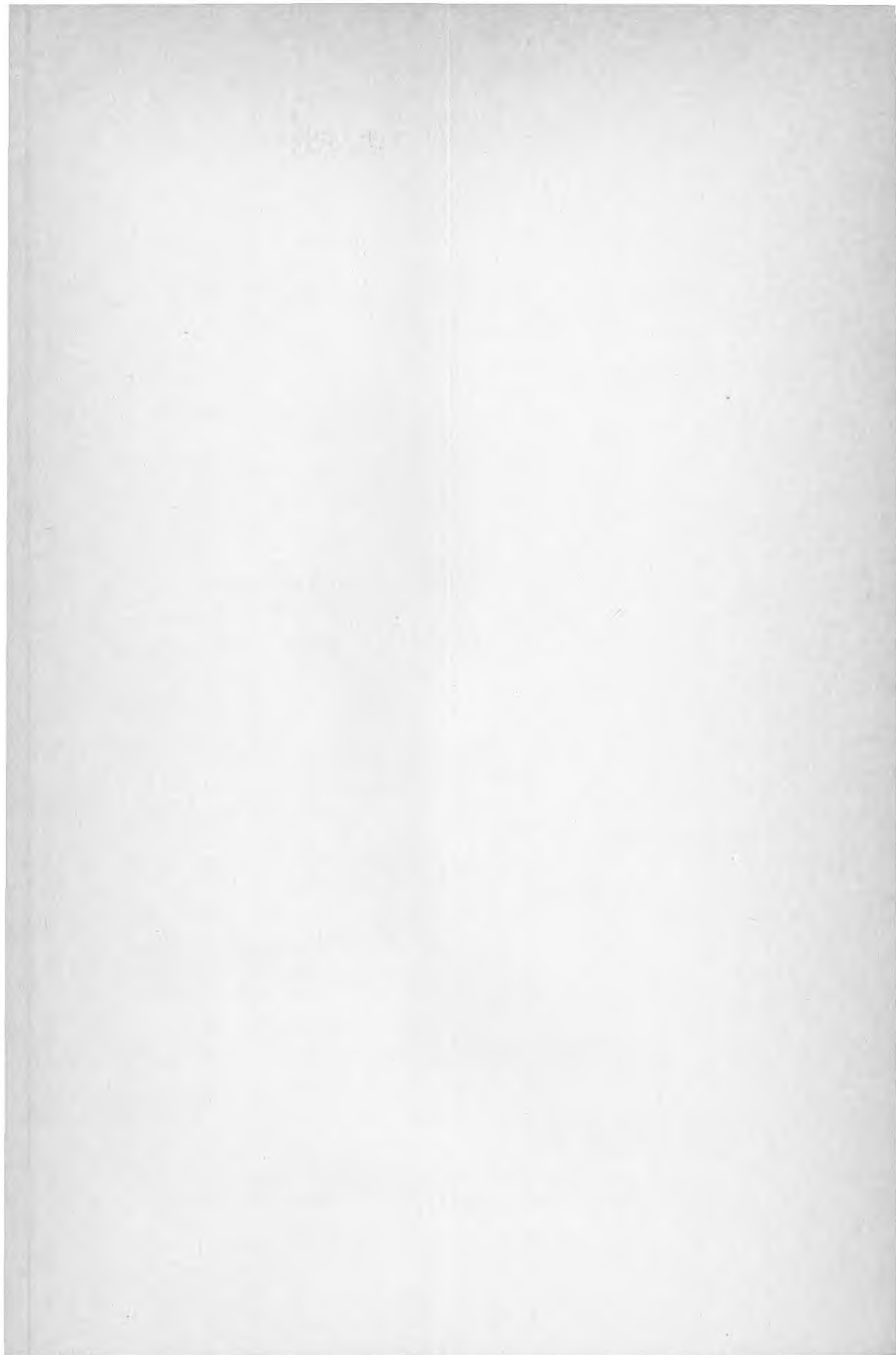
Planering:

Möjligheterna att utnyttja de kunskaper som denna rapport ger har diskuterats i kap 9 och 10. Det vore önskvärt att mer systematiskt utreda i vilken utsträckning det är möjligt att använda klimatkriterierna i planeringen och i vilken mån de är av betydelse för olika val i planprocessen.

En vidareutveckling i beräkningsmodellen till stadsplaneskala är också önskvärd. Detta för att kunna ta hänsyn till hur olika hus i en och samma bebyggelsegrupp reagerar för t ex vindpåverkan.

Energisparandet:

En uppföljning av vad olika kunskaper om lokala klimatförhållanden betyder för energisparrådsgivningen är önskvärd. Sambandet mellan luftomsättning och tätning-/isoleringsåtgärder i befintliga fastigheter behöver utvecklas.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820047-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Stadsbyggnads-
kontoret, Göteborg.**

R115: 1985

ISBN 91-540-4454-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705115

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 40 kr exkl moms