



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

R92:1987

Klimatets inverkan på energiförbrukningen i småhus

Björn Holmer

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Ser*

K/2

Bygghälsningsrådet

R92:1987

KLIMATETS INVERKAN PÅ ENERGIFÖRBRUKNINGEN
I SMÅHUS

Björn Holmér

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810828-6
från Statens råd för byggnadsforskning till BERGAB
Klimatundersökningar, Göteborg.

REFERAT

I sju delområden i Mölnlycke öster om Göteborg, Vallentuna norr om Stockholm och Umeå har ett sextiototal hushåll varje dygn antecknat elförbrukningen i sina eluppvärmda småhus under perioden jan-maj 1983. Samtidigt har mätningar av områdenas lokalklimat utförts för att befästa skillnader i lokalklimat mellan husgrupperna.

Genomsnittligt är elförbrukningen i de sju delområdena 3-5% högre när det är mulet än när det är klart väder. Blåser det friska-hårda vindar är elförbrukningen 12-13% högre än om det är svag vind. Eftersom mulet väder och frisk-hård vind ofta uppträder samtidigt kan elförbrukningen då öka med 16% jämfört med klart och lugnt väder.

Medutgångspunkt från uppmätta storleksordningar på lokalklimatet har beräkningar utförts med datormodellen LENA.

- Jämfört med det vindskyddade läget ger ett vindexponeerat läge en ökning av behovet av radiatorenergi med 5-9%. Störst betydelse har vinden i Göteborgsområdet och minst i Umeå. I Göteborg är det vind från S, W och NE som är mest energikrävande, i Stockholmsområdet vind från S, N och W samt i Umeå vind från N och S. Kallluftsjöar kan ge en ökad energiåtgång med 5-7% och en värmeö en minskning av energiåtgången med 7-8%. I båda fallen är betydelsen störst i Göteborgsområdet och av något lägre men jämnstor betydelse i Stockholms- och Umeåområdena.

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

R92:1987

ISBN 91-540-4785-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLL

1	INLEDNING.....	1
2	UNDERSÖKNINGSOMRÅDENA.....	3
2.1	Klimat.....	4
2.1.1	Temperatur.....	4
2.1.2	Molnighet.....	5
2.1.3	Vindstyrka.....	5
2.2	Klimatpåverkan på husens energi- balans.....	5
2.2.1	Göteborgsområdet.....	5
2.2.2	Stockholmsområdet.....	5
2.2.3	Umeåområdet.....	5
2.3	Topografi och bebyggelse.....	6
2.3.1	Mölnlycke.....	6
2.3.2	Vallentuna.....	6
2.3.3	Umeå.....	8
3	UNDERSÖKNINGSPROGRAM.....	10
3.1	Enkät.....	10
3.2	Elanvändning.....	10
3.3	Väderdata.....	10
3.4	Lokalklimat.....	10
3.5	Databeräkningar.....	11
4	MÅNADSMEDELVÄRDEN.....	12
4.1	Undersökningsperiodens klimat.....	12
4.1.1	Januari 1983.....	12
4.1.2	Februari 1983.....	12
4.1.3	Mars 1983.....	12
4.1.4	April 1983.....	12
4.1.5	Maj 1983.....	12
4.2	Genomsnittlig elförbrukning.....	12
5	VECKOMEDELVÄRDEN.....	15
5.1	Mölnlycke.....	15
5.2	Vallentuna.....	15
5.3	Umeå.....	20
5.4	Diskussion.....	20
6	DYGNSMEDELVÄRDEN.....	24
6.1	Inledning.....	24
6.2	Vindhastighet.....	24
6.3	Molnighet.....	25
6.4	Vindhastighet och molnighet.....	26
7	LOKALKLIMATET.....	29
7.1	Mölnlycke.....	29
7.1.1	Vindmätningar i Skogen o Djupedalsäng	29
7.1.2	Vindmätningar i Råda Portar.....	29
7.1.3	Termografer i Skogen och Djupedalsäng	30
7.1.4	Temperaturmätningar i Råda Portar...	30
7.2	Vallentuna.....	31
7.2.1	Vindmätningar.....	31
7.2.2	Termografer.....	31
7.3	Umeå.....	32
7.3.1	Vindmätningar.....	32
7.3.2	Termografer.....	32
8	DATORBERÄKNINGAR MED LENA.....	33
8.1	Inledning.....	33
8.2	Datormodellen LENA.....	33
8.3	Energiåtgång i olika lokalklimatlägen	34
8.3.1	Makroklimatskillnader.....	34
8.3.2	Vindskyddat läge.....	35

8.3.3	Vindexponerat läge.....	35
8.3.4	Kallluftsjö.....	35
8.3.5	Värmeö.....	37
9	NÅGRA SAMMANFATTANDE RESULTAT.....	38
10	LITTERATUR.....	39

SAMMANFATTNING

I sju delområden i Mölnlycke öster om Göteborg, Vallentuna norr om Stockholm och Umeå har ett sextiototal hus-håll varje dygn antecknat elförbrukningen i sina eluppvärmda småhus under perioden jan-maj 1983. Samtidigt har mätningar av områdenas lokalklimat utförts för att befästa skillnader i lokalklimat mellan husgrupperna.

Områdesvis jämförs månads-, vecko- och dygnsmedelvärden av elförbrukningen med väder och klimat under undersökningsperioden. Särskilt intresse ägnas åt inverkan av vindhastighet och molnmängd.

Genomsnittligt är elförbrukningen i de sju delområdena 3-5% högre när det är mulet än när det är klart väder. Blåser det friska-hårda vindar är elförbrukningen 12-13% högre än om det är svag vind. Eftersom mulet väder och frisk-hård vind ofta uppträder samtidigt kan elförbrukningen då öka med 16% jämfört med klart och lugnt väder.

Medutgångspunkt från uppmätta storleksordningar på lokalklimatet har beräkningar utförts med datormodellen LENA för att för 1976-80 kunna beräkna betydelsen av vindexponerade lägen, vindskyddade lägen, kallluftsjöar och värmeön i tät bebyggelse för de tre klimattyper i Sverige som de tre undersökningsområdena representerar.

Jämfört med det vindskyddade läget ger ett vindexponerat läge en ökning av behovet av radiatorenergi med 5-9%. Störst betydelse har vinden i Göteborgsområdet och minst i Umeå. I Göteborg är det vind från S, W och NE som är mest energikrävande, i Stockholmsområdet vind från S, N och W samt i Umeå vind från N och S. Kallluftsjöar kan ge en ökad energiåtgång med 5-7% och en värmeö en minskning av energiåtgången med 7-8%. I båda fallen är betydelsen störst i Göteborgsområdet och av något lägre men jämnstor betydelse i Stockholms- och Umeåområdena.

1 INLEDNING

Syftet med denna undersökning är att belysa följande problemställningar:

- 1. Hur påverkas energiåtgången för bostadsuppvärmning av väderförhållandena (temperatur, vind och molnighet)?
- 2. Hur mycket skiljer sig energiåtgången i olika lokalklimatlägen (vindutsatta lägen och kallluftutsatta)?
- 3. Hur påverkas betydelsen av problemställningarna 2 och 3 av läget i landet (dvs av makroklimatet)?

För att ge underlag för detta har ett antal familjer i villor och radhus i Mölnlycke strax öster om Göteborg, i Vallentuna norr om Stockholm och i Umeå läst av elförbrukningen i sina eluppvärmda hus varje dygn. Dessa värden har sedan jämförts dels med temperatur, vind och molnighet från en närbelägen flygplats dels med temperatur- och i någon mån vindmätningar utförda inom de undersökta områdena. Som hjälp vid analysen av de uppmätta värdena har de boende fyllt i en enkät om husegenskaper och energivanor. Många av dem har också kompletterat de dagliga avläsningarna med notiser om energianvändningen.

På varje ort har husgrupper valts ut i topografiska lägen där vind och/eller temperatur kan avvika från det normala för orten.

Mätningarna har pågått januari - maj 1983. Samtliga hushåll har inte deltagit under hela denna tid, utan det har varit ett bortfall efter hand. De som hållit ut mer än 2 månader har dock oftast fortsatt till slutet av maj. Analysen bygger huvudsakligen på avläsningar från mitten av januari till mitten av april.

Dessa mätningar visar på betydelsen av vädertyp och lokalklimatläge (samt på olika husegenskaper). För att få fram makroklimatets inflytande har databeräkningar genomförts för en villa av 70-talstyp med klimatdata för de tre orterna för perioden 1976-80.

Temperaturens inverkan på energi åtgången för bostadsuppvärmning är uppenbar och har dokumenterats i åtskilliga undersökningar sedan mer än 100 år tillbaka (för en historik se Werner 1984). Inflytandet av vinden på energiförbrukningen har även det varit föremål för åtskillig diskussion, men dess inflytande har varit svårare att fastställa. Den stora skillnaden mellan möjligheterna att fastställa temperaturens och vindens inverkan är att temperaturen har mycket tydlig årstidsvariation medan blåsiga och lugna perioder avlöser varandra under året. Temperaturens inverkan kan dock bli överskattad om man inte tar hänsyn till att uppvärmningsbehovet under vår och höst blir avsevärt reducerat

på grund av den gratisenergi som den då ökade solinstrålningen ger.

Energiåtgången i bostadshus är sammansatt av många klimatiska och icke-klimatiska faktorer. Det innebär att man måste behandla flera faktorer samtidigt om man vill analysera endast någon enda faktor. Detta görs oftast genom att sätta in någon mer eller mindre avancerad form av multipelregression (t ex Malik 1978, Piehl & Recker 1978, Pentenrieder 1982, Ahlander & Peterson 1982 och Werner 1984).

I denna undersökning är målsättningen att studera inverkan av vind och molnighet på energiförbrukningen, eftersom den dels påverkar husets värmebalans direkt dels påverkar den indirekt genom att lokalklimat kan variera starkt mellan olika platser just beroende på vindhastighet och molnmängd. Temperaturfaktorn och årstidsvariationen i energiförbrukningen begränsas genom att husen jämförs med sig själva under korta perioder där vindhastighet och molnighet varierar med där temperaturfaktorns årstidsvariation kan begränsas. Analysen bygger inte heller på multipelregression utan på en kvalitativ diskussion och en klassning av de uppmätta elförbrukningarna efter vindhastighet och molnmängd.

Insamling och analys av veckovisa energiförbrukningsdata på ett större antal orter och med flera hustyper påbörjades samtidigt med denna undersökning av Statens institut för byggnadsforskning (projektledare Urban Norlén). Målsättningen är dock till stora delar annorlunda, bl a är långsiktiga förändringar en av frågeställningarna (Holgersson & Norlén 1983 och Norlén 1985).

2 UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN

Valet av områden påverkades av flera faktorer - t ex befolkningsunderlag, det regionala klimatet, närhet till en flygplats med avläsningar av temperatur, vind och molnighet fyra gånger per dygn. Efter att olika alternativ övervägts valdes Mölnlycke 1 mil öster om Göteborg, Vallentuna 2 mil norr om Stockholm och Umeå (fig. 1). Detaljlägena bestämdes sedan av tillgången på eluppvärmda hus i lämpliga topografiska lägen.

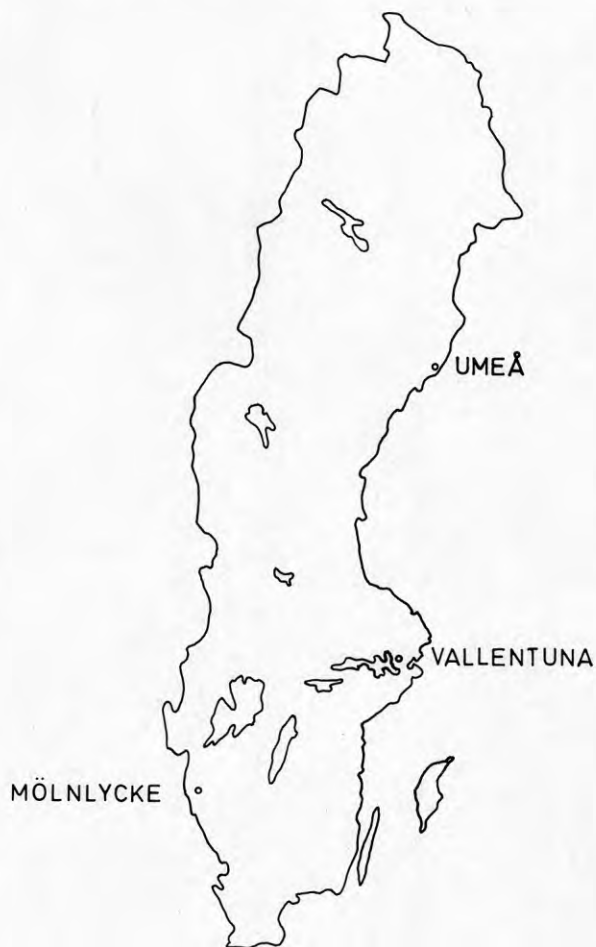


Fig. 1 De undersökta orterna

2.1 Klimat

Klimatdata för de tre områdena har hämtats från "Klimatdata för Sverige" (Taesler 1972) och återges i tabell 1; ibland i lätt bearbetad form.

2.1.1 Temperatur

Sommartemperaturerna skiljer sig inte mycket mellan de tre områdena. Däremot är det på vintern avsevärda skillnader. Helt naturligt är det Umeå som under större delen av eldningssäsongen är klart kallare, men även Stockholmsområdet är kallare, än Göteborg.

Tabell 1 Klimatdata 1931-60 för stationer i anslutning till undersökningsområdena

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatur:												
Umeå	-7,8	-7,7	-4,4	1,3	7,5	12,7	16,3	14,6	9,5	3,5	-0,9	-4,3
Arlanda	-4,3	-4,5	-1,8	3,8	9,7	14,3	17,1	15,7	11,1	5,9	1,7	-1,3
Landvetter	-2,4	-2,5	0,0	4,9	10,5	14,2	16,4	15,6	11,7	6,9	2,8	0,2
Molnighet:												
Mulna dagar ⁺												
Umeå	15,5	12,5	11,9	11,0	8,1	9,4	8,8	10,1	11,5	13,7	17,3	17,0
Stockholm	19,0	16,2	13,5	10,9	9,0	8,1	8,3	9,3	10,8	15,6	20,4	21,0
Göteborg	18,1	14,7	13,7	12,5	10,2	11,0	11,2	12,1	13,0	16,3	20,1	20,5
Klara dagar ⁺⁺												
Umeå	6,1	5,4	7,2	6,2	7,4	5,8	6,1	6,2	4,6	5,4	4,1	4,9
Stockholm	2,9	3,2	6,6	4,9	7,3	5,8	5,9	5,3	4,3	3,6	2,0	1,9
Göteborg	4,1	4,1	7,1	6,2	7,6	5,5	5,0	4,8	4,6	3,8	1,8	2,4
Vindstyrka ^o :												
Svag vind <2,3 m/s												
Umeå	61	63	59	53	43	32	39	47	47	58	61	63
Stockholm	29	34	33	30	25	21	28	29	29	26	28	29
Göteborg	29	31	32	27	29	24	29	31	32	29	30	30
Måttlig vind 2,3-5,8 m/s												
Umeå	24	23	26	30	33	36	36	30	29	27	24	25
Stockholm	49	45	47	49	53	53	53	50	48	51	51	49
Göteborg	39	38	42	42	45	45	45	43	41	38	39	38
Frisk-hård vind >5,8 m/s												
Umeå	15	14	15	17	24	32	25	23	24	15	15	12
Stockholm	22	21	20	21	22	26	19	21	23	23	21	22
Göteborg	32	31	26	31	26	31	26	26	29	33	31	32

⁺ Mulna dagar = summan av molnmängden kl 7, 13 och 19 är större än eller lika med 18

⁺⁺ Klara dagar = summan av molnmängden kl 7, 13 och 19 är mindre än eller lika med 6

^o Uppgifterna bygger på uppskattningar i Beaufort, vilka omvandlats till m/s

2.1.2 Molnighet

Molnigheten är framför allt av betydelse för instrålningen av solenergi, men den påverkar också förlusterna genom utstrålning på natten. Under höst och vår överväger säkerligen den ökade instrålningen, men under högvintern kan kanske utstrålningsförlusten dominera, även om det kan yttre sig indirekt genom att lufttemperaturen sänks under klara nätter.

Umeå har färre molndagar än de båda andra områdena, som vintertid är tämligen lika men med en svag övervikt för Göteborgsområdet.

När det gäller klara dagar har Umeå fortfarande de bästa instrålningsförhållandena, men skillnaden gentemot områdena i södra Sverige är inte lika tydlig. Paradoxalt nog har Göteborgsområdet fler klara dagar än Stockholmsområdet.

2.1.3 Vindstyrka

I Umeå dominerar svaga vindar. Vintertid faller mer än hälften av alla observationer i denna klass. De båda andra områdena har i stort sett endast halva frekvenser.

Måttliga vindar är vanligaste vindstyrka i Göteborg och framför allt Stockholm. Göteborg utmärks av en vintertid tydligt högre frekvens av friska till hårda vindar än Stockholm och i synnerhet Umeå.

2.2 Klimatpåverkan på husens energibalans

2.2.1 Göteborgsområdet

De utmärkande klimatdragen är milda, blåsiga vintrar, hög frekvens av mulna dagar men också ett inte obetydligt antal klara dagar.

Det innebär att man kan förvänta sig att ventilationsförlusterna kommer att svara för en stor procentuell andel av förlusterna vid bostadsuppvärmningen.

2.2.2 Stockholmsområdet

Kallare vintrar och svagare vindar än i Göteborg. Molnigheten är genomsnittligt något högre än i Göteborg. Ventilationsförlusten bör därför vara procentuellt något mindre. Soltillskottet bör också vara något mindre än i Göteborg.

2.2.3 Umeåområdet

Kalla vintrar och svaga vindar bör medföra att ventilationsförlusterna relativt sett blir små i jämförelse

med de båda andra områdena. Molnigheten är låg, men tillskottet från solinstrålningen begränsas av vintertid korta dagar.

2.3 Topografi och bebyggelse

Vid urvalet av husgrupper eftersträvades att de skulle vara belägna på sådant sätt att de kunde bli kraftigt vindutsatta vid blåsigt väder och/eller utsatta för kallluftsjobildning, dvs befinna sig i en sänka eller dalgång, när det nattetid är mer eller mindre klart och lugnt väder.

2.3.1 Mölnlycke

Mölnlycke (fig. 2) delas i ost-västlig riktning av en markerad dalgång. I väster ligger Rådasjön. Söder om dalgången utbreder sig ett kuperat höjdområde med nivå-skillnader på 30-50 m. I norr är dalsidan inte lika brant som den södra.

Tre områden har valts ut:

1. Skogen. Området ligger på nordostsidan av ett krön ca 120 m ö h och är vindexponerat för vindar från NW till E. Husen uppfördes 1978-79. De är av något skiftande konstruktion, men merparten är 1½-plans kedjehus på ca 140 m² utan källare, men ibland av souterrängtyp. De har vanligen 3-glasfönster och ventilationen är av självdragstyp. 11 hushåll förde anteckningar om elanvändningen så länge att de är med i den slutliga bearbetningen.
2. Djupedalsäng. Området ligger en knapp kilometer från Skogen i en väl avgränsad sänka 75 m ö h där det kan samlas kallluft. Husen byggdes 1971. De är 1½-plans kedjehus av enhetlig typ på ca 150 m² utan källare. De har 2-glasfönster och ventilation av självdragstyp. 8 hushåll ingår i den slutliga bearbetningen.
3. Råda Portar. Området ligger på den norra dalsidan 60-70 m ö h i en svacka som i den östra delen är väl skyddad, men som i den västra delen kan vara kraftigt vindexponerat för vindar över Rådasjön. Bebyggelsen uppfördes 1973-75. Utformningen är skiftande. Det är parhus och radhus i 2 plan, 1½-plans kedjehus och souterränghus i 2 plan. Bostadstyporna är vanligen 100-110 m² i par- och radhus samt 150-160 m² i villorna. Husen saknar källare och har ventilation av självdragstyp. 15 hushåll har använts i den slutliga bearbetningen.

2.3.2 Vallentuna

Vallentuna (fig. 3) ligger i och kring ett nord-sydligt dalstråk norr om Vallentunasjön. Höjdskillnaderna är ca 40 m. Husen valdes ut längs en ost-västligt profil

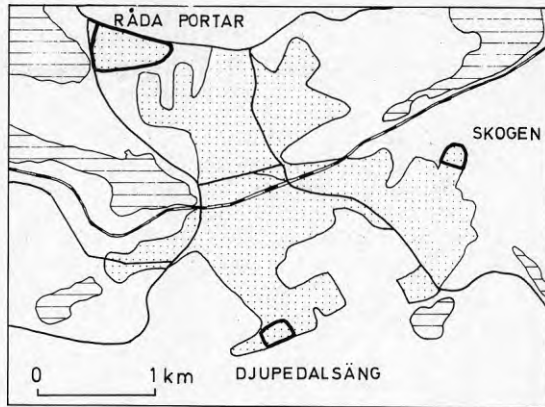


Fig. 2 Undersökningsområden i Mölnlycke

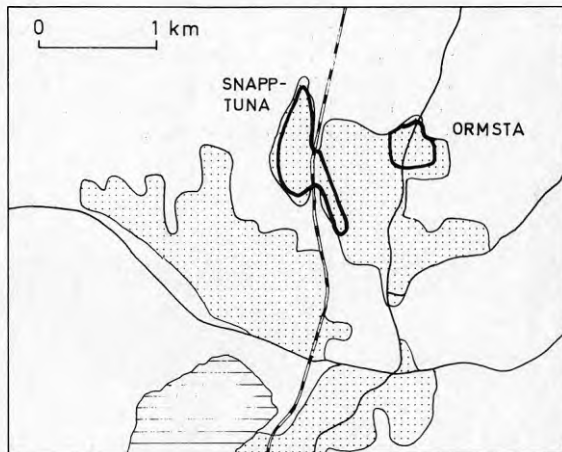


Fig. 3 Undersökningsområden i Vallentuna

och kan delas in i två grupper:

1. Ormsta. Husen ligger på 30-40 m ö h på en skogklädd sluttning mot väster. Husen är källarlösa och av 1½-planstyp. De uppfördes i huvudsak 1973, men något så sent som 1980. Bostadsytan är vanligen 160 m². De har självdragsventilation. 5 hushåll ingår i den slutliga bearbetningen.
2. Snapptuna. Området ligger på dalbotten 15 m ö h i ett öppet läge som både kan utsättas för kallluftsjöbildning och kraftig vind med undantag för vind från ostliga väderstreck. Husen, som är av 1½-planstyp, uppfördes 1956-57 och 1968. De saknar källare och har ventilation av självdragstyp. Bostadsytan varierar kring 125 m². 6 hushåll ingår i den slutliga bearbetningen.

2.3.3 Umeå

Landskapet i Umeå är inte lika sönderstyckat och småkuperat som i Mölnlycke och Vallentuna. Söder om älven är dalgången mycket flack och öppen. Norr och nordost om älven ökar höjden och det blir mer kuperat. Två områden (fig. 4) har valts ut:

1. Trastvägen i stadsdelen Mariehem i nordöstra delen av Umeå. Husen ligger på en sluttning mot sydväst 40 m ö h och kan vara vindexponerade utom från nordost. De är radhus av souterrängtyp i 2 plan och uppfördes 1967. De saknar källare och har självdragsventilation. 7 hushåll ingår i den slutliga bearbetningen.
2. Bigarråvägen i den västligaste delen av stadsdelen Böleäng söder om älven, 10 m ö h. Husen är 2-plans radhus och uppfördes 1979-80. De saknar källare och har frånluftsventilation. Bostadsytan är 110 m². 5 hushåll ingår i den slutliga bearbetningen.

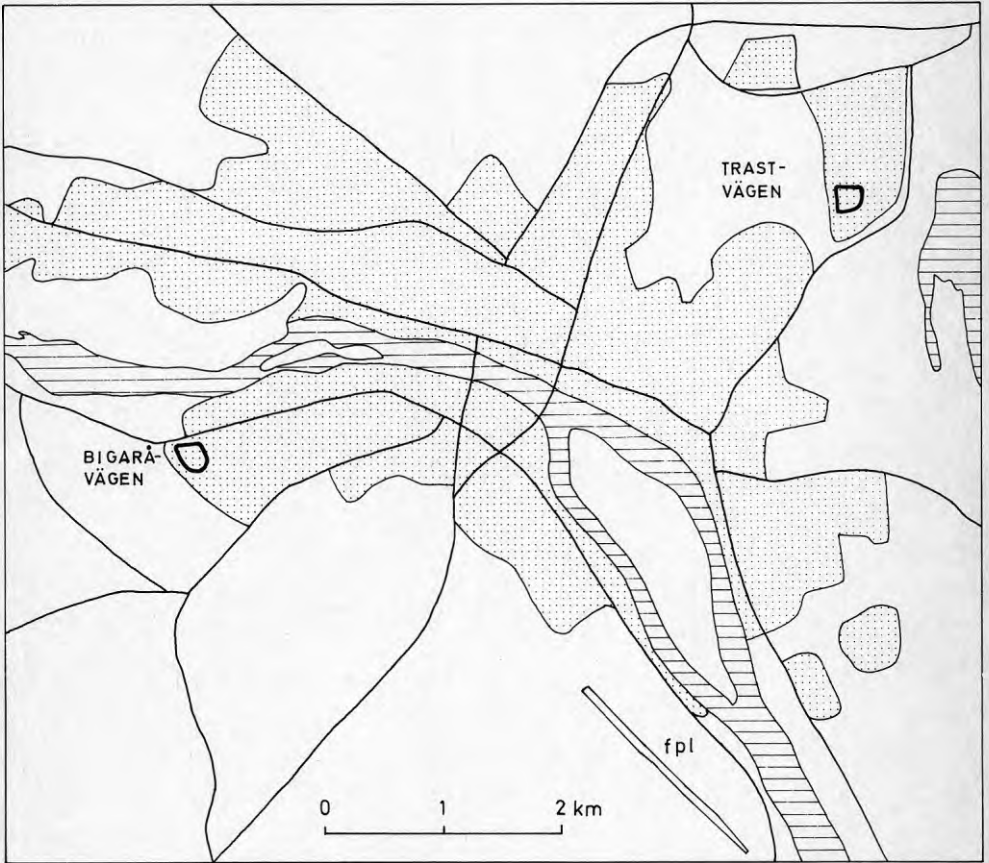


Fig. 4 Undersökningsområden i Umeå

3 UNDERSÖKNINGSPROGRAM

3.1 Enkät

I de utvalda områdena delades en enkät ut tillsammans med en förfrågan om hushållen ville hjälpa till med undersökningen genom att varje morgon anteckna elmätarens värde. Enkäten var uppdelad i två delar. Första sidan upptog information om husets uppbyggnad och olika installationer. Den andra sidan berörde energivanorna, t ex antal boende, innetemperaturer, användning av elapparater.

Avsikten var dels att få fram data som behövdes för olika beräkningar dels att få kompletterande information för tolkningen av elåtgången.

3.2 Elanvändning

Elåtgången skulle läsas av varje morgon och hushållen uppmanades också att göra anteckningar om sådant som kunde påverka elanvändningen, t ex användning av bastu, extra mycket vädring, sänkning av temperaturen på grund av resa. Ibland har man dock glömt bort att läsa av varje dag eller kommit på det först på kvällen. I sådana fall har medelvärdet för dessa dagar använts vid bearbetningen.

3.3 Väderdata

Uppgifter om det regionala vädret insamlades från en närbelägen flygplats (SMHI-station). Landvetter flygplats ligger 10 km öster om Mölnlycke, Arlanda flygplats 16 km nordväst om Vallentuna och Umeå flygplats 5 km söder om Umeå.

De uppgifter som använts är temperatur, molnmängd och vindhastighet samt delvis vindriktning kl 01, 07, 13 och 19.

3.4 Lokalklimat

I varje delområde utom Råda Portar i Mölnlycke har termografer varit uppställda för att ge möjlighet att se hur områdets lokala temperaturförhållanden skiljer sig från varandra och från den regionala stationens.

I Råda Portar bedömdes temperaturen kunna variera avsevärt under nätter med utstrålningsförhållanden. Därför genomfördes ett antal temperaturmätfärder med handburen digital temperaturmätare.

I Skogen och Djupedalsäng i Mölnlycke har registrerande vindmätare varit uppsatta. I de övriga områdena har tillfälliga mätfärder med en transportabel vindmätare fått ge ett visst underlag för att få fram de lokala vindförhållandena.

3.5 Databeräkningar

Beräkningar med vår datormodell LENA (Lokalklimatologisk ENergiAnalys) har genomförts för att få fram betydelsen av vindskydd, kallluftsjöar resp. värmeöar i tätare bebyggelse för de tre orterna. Beräkningarna bygger på klimatdata för perioden 1976-80.

Fältarbetet har utförts av:

Bo Ericsson	
Anders Helgesson	Mölnlycke
Bengt Zetterström	
Nils Ryrholm	Vallentuna
Torbjörn Johnsson	Umeå

4 MÅNADSMEDELVÄRDEN

4.1 Undersökningsperiodens klimat

Klimatet under undersökningsperioden januari - maj 1983 presenteras i tab. 2. Dessa värden kan jämföras med normalvärdena för perioden 1931 - 60 i tabell 1, sid 3, förutom vindvärdena som i tabell 1 avser tätorter men i tab. 2 flygplatser.

4.1.1 Januari 1983

I södra Sverige var det ca 5^o varmare än normalt. Även i Umeå var det varmare, men endast hälften av överskottet i södra Sverige. Umeå och Landvetter hade färre klara dagar än normalt. Frekvensen av friska - hårda vindar var hög i alla tre områdena, men framför allt vid Landvetter där 2/3 av alla värdena hamnade i denna grupp.

4.1.2 Februari 1983

Temperaturen avvek föga från det normala. I södra Sverige var det betydligt mindre molnmängd än genomsnittligt. Särskilt hade Arlanda nästan 10 "mulna dagar" färre. Vindförhållandena var tämligen normala.

4.1.3 Mars 1983

Mars var 1 - 2^o varmare än normalt. Molnigheten var stor. Detta gäller i synnerhet för Västsverige. I Västsverige var det ett överskott av "måttlig vind" på bekostnad av de svaga. I Umeå var det en förhöjd frekvens av "frisk - hård vind".

4.1.4 April 1983

Temperaturen var något över det normala i april. Molnigheten var stor. Umeå och Arlanda hade 12 mulna dagar mer än genomsnittligt. Det var också blåsigare, särskilt vid Arlanda.

4.1.5 Maj 1983

I maj var temperatur- och vindförhållanden normala. Molnigheten var dock hög.

4.2 Genomsnittlig elförbrukning

I tab. 3 redovisas månadsmedelvärden av elförbrukning per m² per dygn för delområdena.

Alla delområden utom Snapptuna i Vallentuna ligger

Tabell 2 Klimatdata för januari - maj 1983

	J	F	M	A	M
Temperatur:					
Umeå fpl	-5,4	-7,6	-3,0	2,4	8,6
Arlanda fpl	0,4	-5,0	-0,5	4,2	-
Landvetter fpl	2,9	-3,4	1,6	5,5	10,3
Molnighet:					
Mulna dagar					
Umeå fpl	16	12	19	23	15
Arlanda fpl	17	7	18	23	13
Landvetter fpl	18	10	25	18	21
Klara dagar					
Umeå fpl	4	5	6	1	4
Arlanda fpl	3	5	2	2	6
Landvetter fpl	2	6	2	0	2
Vind					
Svag vind					
Umeå fpl	42	45	47	44	-
Arlanda fpl	24	35	33	19	-
Landvetter fpl	8	27	12	18	18
Måttlig vind					
Umeå fpl	39	44	38	45	-
Arlanda fpl	46	53	56	61	-
Landvetter fpl	25	54	64	63	64
Frisk vind					
Umeå fpl	19	11	15	11	-
Arlanda fpl	30	12	11	20	-
Landvetter fpl	67	19	24	19	18

Tabell 3 Elförbrukning per m^2 per dygn
(Wh/ m^2 /dygn) 1983

	J	F	M	A	M
Mölnlycke:					
Råda Portar	-	656	506	387	247
Skogen	500	557	467	363	267
Djupedalsäng	499	613	506	378	258
Vallentuna:					
Ormsta	530	640	523	408	226
Snapptuna	951	1140	925	662	354
Umeå:					
Trastvägen	665	689	555	440	264
Bigarråvägen	610	619	538	452	378

tämligen väl samlade för de enskilda månaderna. Snapp-
tuna är det äldsta av delområdena och husen har uppen-
barligen en isolering som inte är av samma kvalitet
som i övriga delområden med yngre bebyggelse.

Ser man på de övriga delområdena finner man att Umeå
i förhållande till den låga utetemperaturen inte har
så mycket större elförbrukning per m^2 än Vallentuna
och Mölnlycke. Detta är mer anmärkningsvärt, eftersom
innetemperaturen är ca 1° högre i Umeå än för de båda
andra orterna. Lägre vindhastighet och således dämpad
ventilation kan vara bidragande orsak, men även bättre
isolering.

Plottas elförbrukningen mot medeltemperaturen under
februari, mars, april och maj ligger punkterna mycket
nära en rät linje utom för Trastvägen i Umeå, som har
tydligare avvikelser. Jämförs detta linjära samband
med elförbrukningen i förhållande till temperatur i
januari månad finner man att i Mölnlycke är förbruk-
ningen 10-15% högre än vad enbart temperaturen borde
ha givit, Vallentuna 5-10% och Umeå ca 5%. Januari
var en månad som både var blåsigare och hade mer moln
än normalt. Det kan således vara antingen en lägre
instrålning eller en högre vindhastighet eller en
kombinerad effekt som ger upphov till den förhöjda
energiförbrukningen.

5 VECKOMEDELVÄRDEN

Månadsmedelvärdena visar något av olika klimateffekters påverkan på elförbrukningen. För att kunna få fram hur vind och molnighet påverkar energiåtgången för uppvärmning är det nödvändigt att ha en bättre tidsupplösning så att olika vädertyper kan framträda tydligare. I fig. 5 - 7 redovisas för varje delområde veckovisa medelvärden av elförbrukning samt temperatur, vindhastighet och molnighet.

5.1 Mölnlycke

Kurvorna över elförbrukningen per m^2 bostadsyta i fig. 5A visar en betydande grad av samvariation. Det innebär att, även om antalet hus i resp. delområde inte är särskilt stort, visar variationerna i kurvorna avvikelser som kan ha sin förklaring i variationer i väderförhållandena.

Den dominerande variationen orsakas av utetemperaturen (fig. 5B), som är omvänt proportionell mot elförbrukningen. De högsta värdena hör samman med köldperioden i början av februari.

För att närmare kunna studera inverkan av vind och molnighet har elförbrukningen korrigerats för skillnaden i inne- och utetemperaturen. Uppgifterna om innetemperatur har tagits från enkäterna. Innetemperaturen har dagtid oftast varit 20°C och nattetid 18°C . I något fall har temperaturen varit 22°C dygnet runt och i något fall så låg som 17° på dagen och 16 på natten. Genom detta förfaringssätt elimineras i stort sett årstidsvariationen i elförbrukningen och variationerna orsakade av andra vädervariabler framträder tydligare (fig. 5C).

Fig. 5D visar vindhastighet och molnmängd. Molnmängden anges i hur många åttandedelar (oktas) av himlen som är molntäckt. Samvariationen mellan vindhastighet och molnmängd är, särskilt under första halvan av undersökningsperioden, betydande. Även jämfört med lufttemperaturen (fig. 5B) kan utläsas en samvariation - milda perioder är molniga och blåsiga medan kalla perioder har lugnare och klarare väder.

Under de blåsiga och mulna veckorna går den temperaturkorrigerade elförbrukningen upp med i runda tal 20%. På grund av samvariationen är det emellertid svårt att särskilja vind- och molnighetseffekten.

5.2 Vallentuna

De samband som visades i Mölnlycke finns även till stor del i Vallentuna. Variationerna i elförbrukningen per m^2 per dygn (fig. 6A) följer varandra för de båda delområdena, även om nivåerna är olika eftersom de

ELFÖRBRUKNING PER DYGN

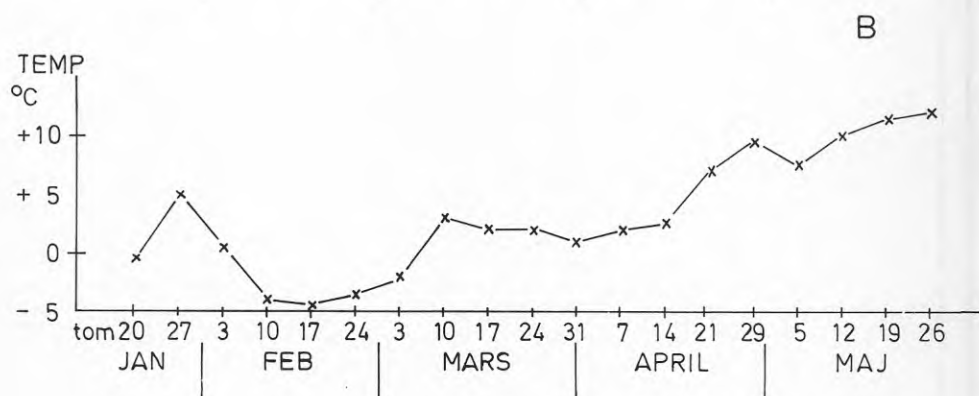
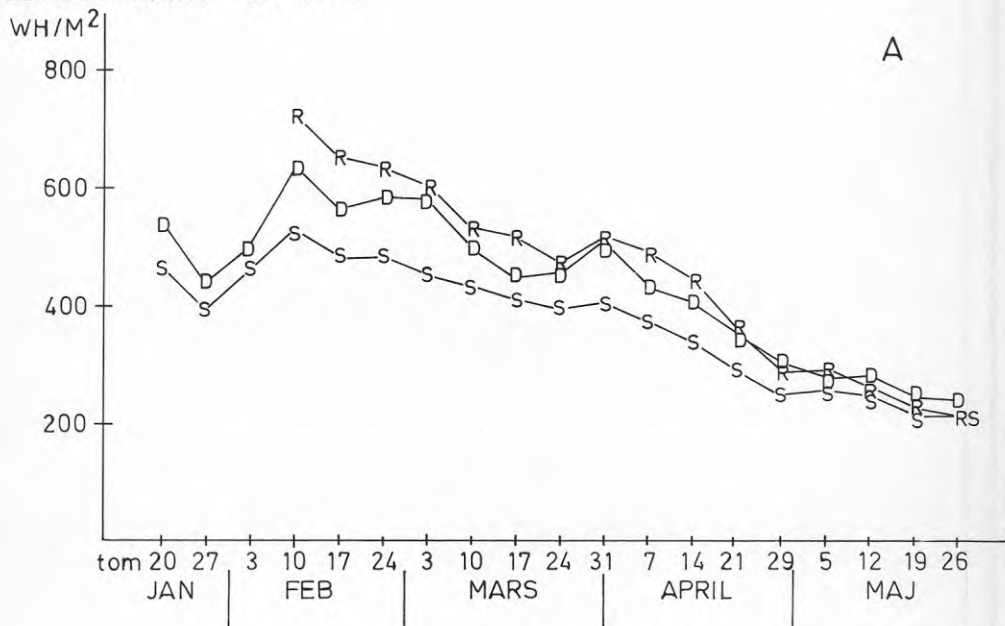
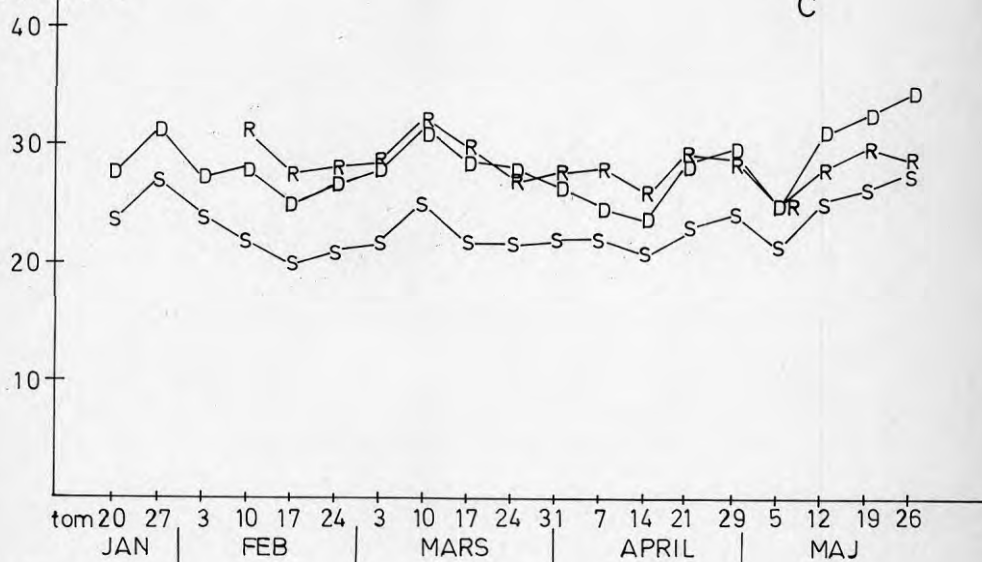


Fig. 5 Veckomedelvärden för delområden i Mölnlycke

A. Elförbrukning per m² bostadsyta
 B. Lufttemperatur vid Landvetter fpl

TEMP-KORRIGERAD
ELFÖRBRUKNING PER DYGN

WH/M²/°C



VIND MOLN
M/S OKTAS

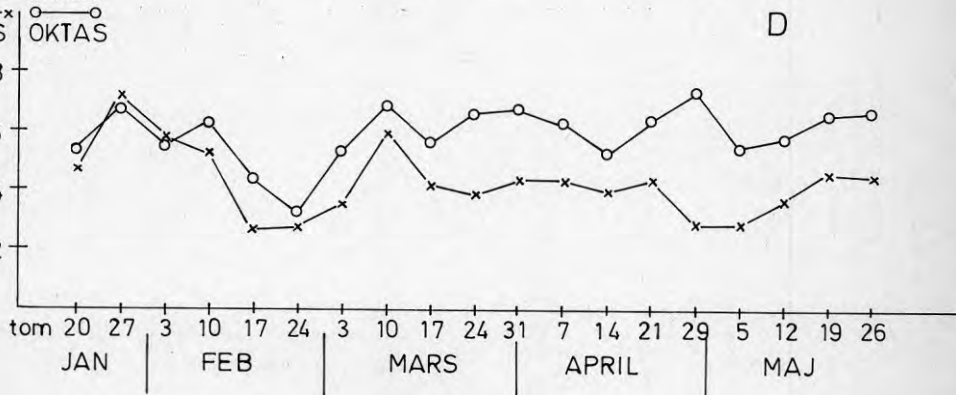
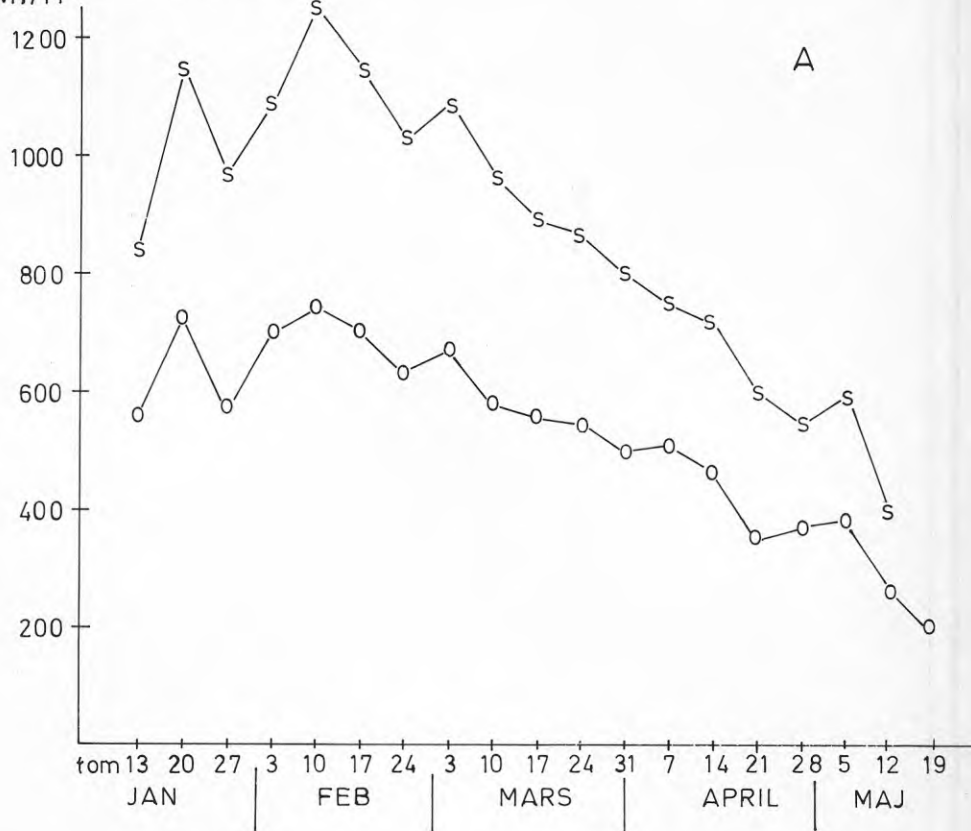


Fig. 5 forts.

- C. Temperaturkorrigerad elförbrukning per m² bostadsyta
D. Vindhastighet och molnmängd vid Landvetter fpl

ELFÖRBRUKNING PER DYGN

WH/M²

TEMP

°C

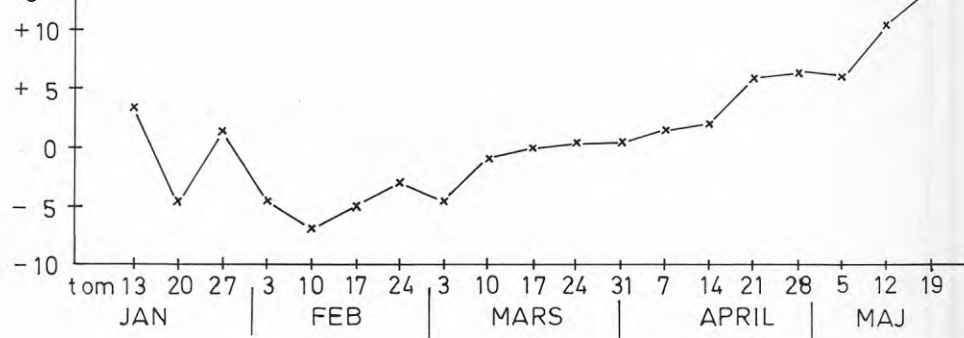


Fig. 6 Veckomedelvärden för delområdena i Vallentuna

A. Elförbrukning per m² bostadsyta
 B. Lufttemperatur vid Arlanda fpl

TEMP - KORRIGERAD
ELFÖRBRUKNING PER DYGN
WH/M²/°C

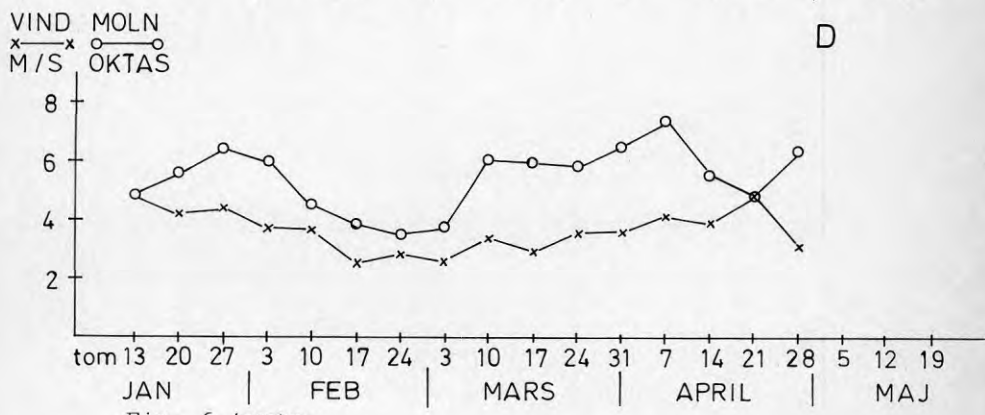
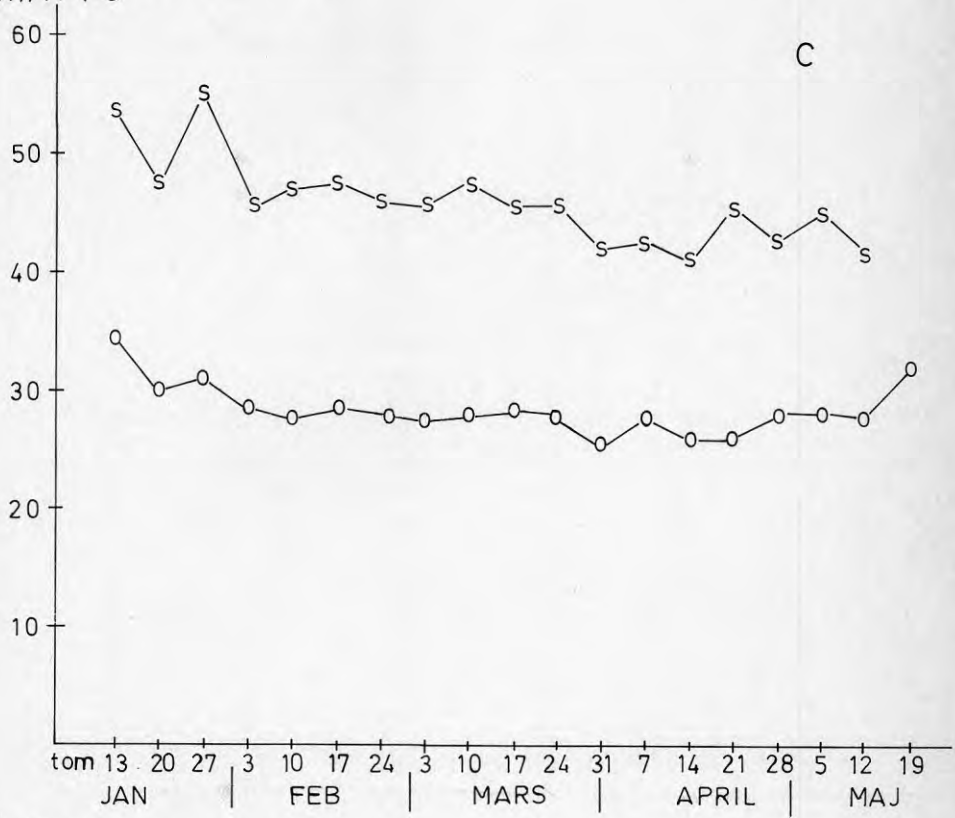


Fig. 6 forts.

- C. Temperaturkorrigerad elförbrukning per m² bostadsyta
- D. Vindhastighet och molnmängd vid Arlanda fpl

äldre husen i Snapptuna har en mindre energisnål konstruktion. Variationerna är omvänt proportionella mot utetemperaturen (fig. 6B).

I den temperaturkorrigerade elförbrukningen (fig. 6C) kan ett nytt drag spåras. Med tiden avtar nämligen elförbrukningen per dygn, m^2 och grad. En förklaring till detta kan vara att ju längre fram på våren desto större chans att solinstrålningen skall stå för en väsentlig del av energitillförseln. Den fallande tendensen finns fram till mitten av april. Efter denna tidpunkt ökar den temperaturkorrigerade elförbrukningen igen. Detta kan bero på att under senvåren kommer en hel del värme att ventileras bort genom ökad vädring medan den instrålade energin tidigare på året till större andel bidrog till husens uppvärmning. Den avtagande effekten framträder tydligt för Snapptuna, som också har det mest solexponerade läget.

Vindhastighet och molnighet (fig. 6D) har inte lika god samvariation som vid Landvetter. Jämförs fig. 6C och 6D kan man se att under vintern avtar den temperaturkorrigerade elåtgången med avtagande vindhastighet. Under mars och april framträder en annan tendens. Det visar sig att, trots ökande vindhastighet avtar den temperaturkorrigerade elförbrukningen, vilket kan tolkas på så sätt att den ökade solinstrålningen ger ett bidrag till energibalansen som överflyglar den ökade ventilationen orsakad av högre vindhastighet.

5.3 Umeå

Temperaturen har under de kallaste perioderna varit betydligt lägre i Umeå än i de båda andra orterna (fig. 7B). Elförbrukningen (fig. 7A) har däremot inte legat på någon nämnvärt högre nivå.

Den temperaturkorrigerade elförbrukningen (fig. 7C) har bortsett från de första veckorna ringa variation. Det kan bero på att vindhastigheten (fig. 7D) ligger på en lägre nivå och inte längre förmår påverka ventilationen annat än tillfälligtvis. Molnmängden varierar inte heller särskilt mycket. Bigarråvägen har särskilt utslätad kurva, vilket kan tolkas som att frånluftsventilationen är mindre vindkänslig än självdragsventilation. Från mitten av april ökar den temperaturkorrigerade elförbrukningen, kanske som en följd av sämre tillvaratagande av den tillförda energin, som i större utsträckning vädras bort.

5.4 Diskussion

Temperaturen svarar för den större delen av variationerna i elförbrukningen. Efter temperaturkorrigerig framträder dock effekten av vindhastighet och molnighet. Med ökande vindhastighet (och molnighet) ökar elförbrukningen i södra Sverige med storleksordningen 20% och i norra Sverige med ca 10%. Skillnaden beror troligen på lägre vindhastigheter i norr. Det finns

ELFÖRBRUKNING PER DYGN

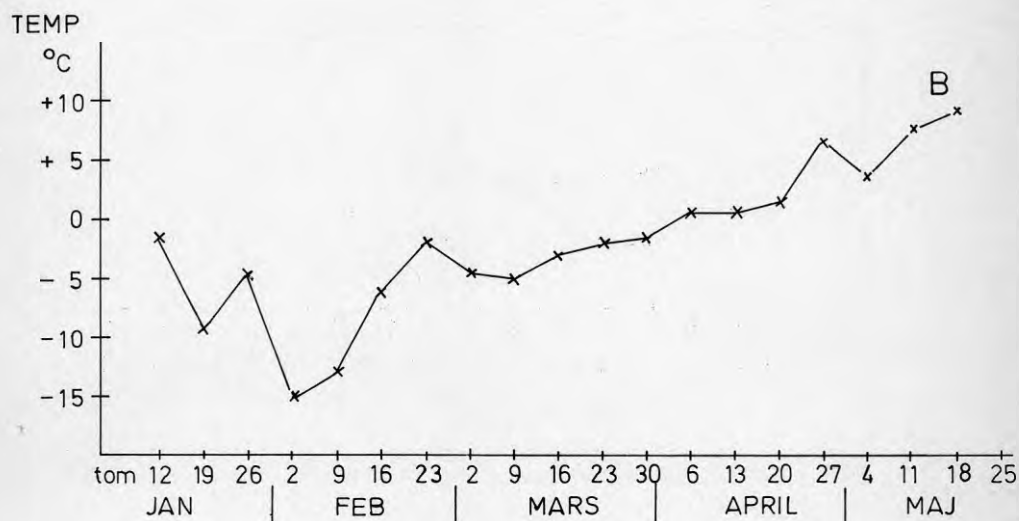
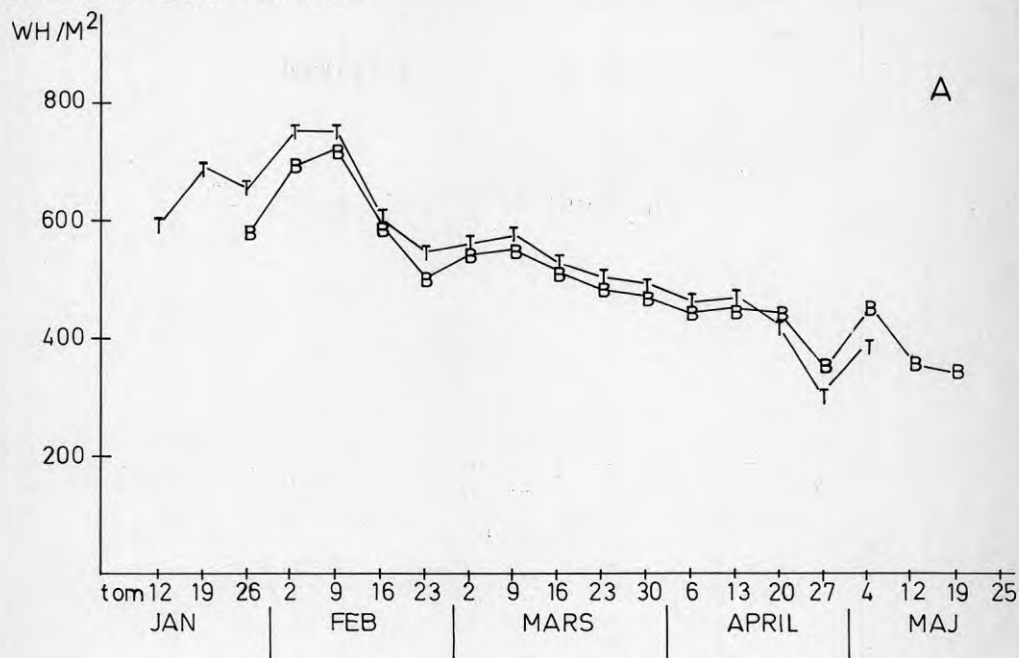
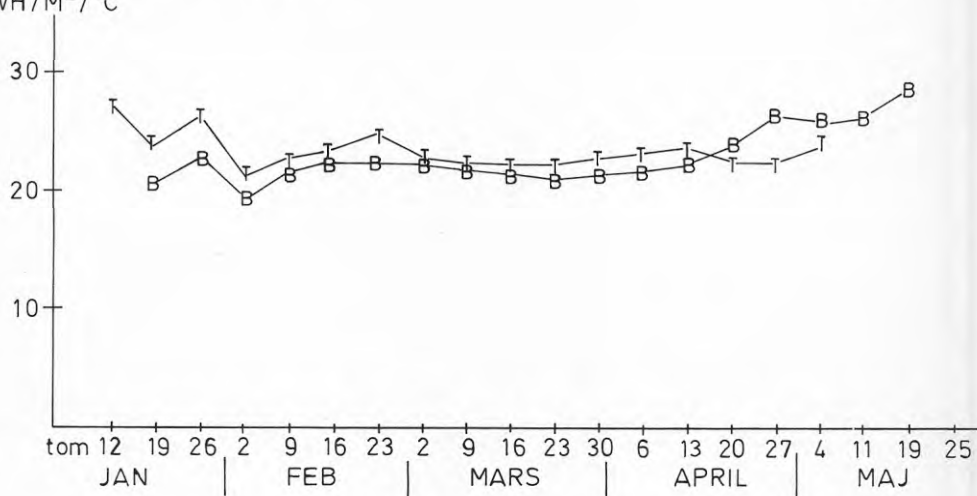


Fig. 7 Veckomedelvärden för delområdena i Umeå

A. Elförbrukning per m² bostadsyta
 B. Lufttemperatur vid Umeå fpl

TEMP - KORRIGERAD
ELFÖRBRUKNING PER DYGN
WH/M²/°C

C



VIND MÖLN
M/S OKTAS

D

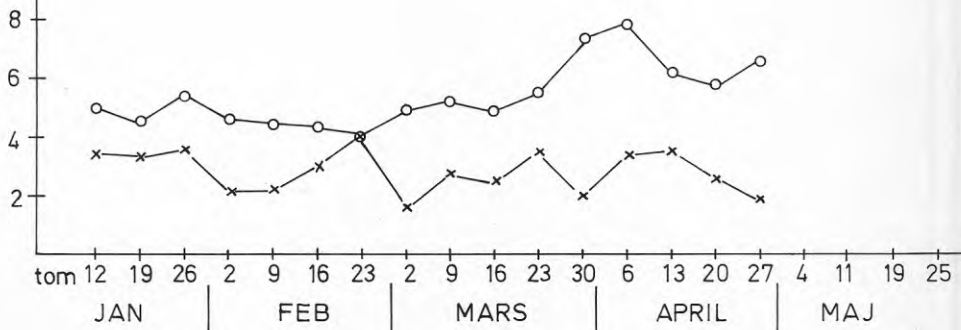


Fig. 7 forts.

- C. Temperaturkorrigerad elförbrukning per m² bostadsyta
D. Vindhastighet och molnmängd vid Umeå fpl

en tendens till avtagande temperaturkorrigerad elförbrukning från högvintern till senvinter och vår. Detta kan bero på att solinstrålningen svarar för en allt större del av energitillförseln. Under april tycks dock ett optimum nås. Senare under våren ger ett ökat (?) vädrande större förluster och beroendet av vädervariationerna dämpas. Dessa tendenser framträder tydligast i Vallentuna.

I Mölnlycke är den avtagande tendensen obetydlig, vilket kan ha sin grund i att alla tre delområdena åtminstone vid låga solstånd får en betydande skuggeffekt från omgivande topografi och vegetation. Med högre solstånd betyder skuggeffekterna mindre, vilket innebär att soltillskottet blir större än vad som behövs för uppvärmningen. All tillförd elenergi används inte för uppvärmning utan vädras bort.

Inte heller i Umeå märks den avtagande tendensen särskilt tydligt, vilket kan tolkas som att den efter hand ökande molnmängden dämpar solinstrålningen eller som att soltillskottet före vårdagjämningen är ringa.

6. DYGNSMEDELVÄRDEN

6.1 Inledning

Genom att använda dygnsvärden är det större möjlighet att få fram elförbrukningar som kan knytas till någon speciell väderkombination och inte döljes av t ex en lugn och en blåsig period inom den tid som använts för medelbärdesberäkningar. Samtidigt är det större risk att värden är påverkade av tillfälligheter som inte har med klimatet att göra.

Vind och molnighet varierade tyvärr inte så mycket under undersökningsperioden som vore önskvärt. Det var ju ofta mer vind och mer moln än normalt. Det innebär att det ibland blir alltför få observationer för beräkning av ett tillförlitligt medelvärde. Eftersom avläsningstidpunkten uppenbarligen varierat en del och naturligtvis olika boendevanor, t ex tvättdagar och resa till fritidshuset, påverkat dygnsvärdena är den icke-klimatstyrda variationen tämligen stor.

Bearbetningen bygger på att dygnsförbrukningen klassats efter vind och molnmängd och omfattar tiden fram till mitten av april, eftersom en avsevärd del av den förbrukade elenergin då inte använts för uppvärmning.

6.2 Vindhastighet

I tabell 4 ges för varje delområde dygnsmedelvärden av den temperaturkorrigerade elförbrukningen för olika vindhastighetsklasser och den procentuella ökningen i förhållande till den lägsta vindhastighetsklassen.

Tabell 4 Temperaturkorrigerad elförbrukning per dygn vid olika vindhastighet

		Vindhastighet (m/s)		
		0 - 3	3 - 5	5 -
Mölnlycke:				
Råda Portar	Wh/m ² /°C	27,7	28,6	30,3
	%		+3,2	+9,4
Skogen	Wh/m ² /°C	20,8	21,9	24,1
	%		+5,3	+15,9
Djupedalsäng	Wh/m ² /°C	25,8	27,3	29,0
	%		+5,8	+12,4
Vallentuna:				
Ormsta	Wh/m ² /°C	27,2	28,1	32,2
	%		+3,3	+18,4
Snapptuna	Wh/m ² /°C	44,9	46,1	51,7
	%		+2,7	+15,1
Umeå:				
Trastvägen	Wh/m ² /°C	23,7	24,9	28,0
	%		+5,1	+18,1
Bigarråvägen	Wh/m ² /°C	21,7	22,9	23,7
	%		+5,5	+9,2
Medelvärde	%		+4,4	+14,1

När vinden ökar från klassen 0-3 m/s till 3-5 m/s ökar den temperaturkorrigerade elförbrukningen med i medeltal 4,4% och vid en ökning till klassen >5 m/s med 14,1%. Ökningen är inte linjär. Det tyder på att det finns ett tröskelvärde som måste överskridas innan det blir någon större vindpåverkan på ventilationsförlusten. Samma tendens som hos medelvärdena finns oftast även för de enskilda huset. Någon tydlig systematisk skillnad mellan delområdena är svår att urskilja.

6.3 Molnighet

Medelvärden för de tre molnighetsklasserna ger en ökning med 3,1% när vinden ökar från 0-3 m/s till 3-5 m/s. När vindhastigheten överskrider 5 m/s är genomsnittsförbrukningen 8% högre än för klassen 0-3 m/s (tabell 5).

Tabell 5 Temperaturkorrigerad elförbrukning per dygn vid olika molnighet

		Molnighet (oktas)		
		0 - 3	3 - 5	5 - 8
Mölnlycke:				
Råda Portar	Wh/m ² /°C	28,0	27,4	29,5
	%		-2,1	+5,4
Skogen	Wh/m ² /°C	20,1	21,6	23,1
	%		+7,5	+14,9
Djupedalsäng	Wh/m ² /°C	26,7	26,1	28,7
	%		-1,2	+6,4
Vallentuna:				
Ormsta	Wh/m ² /°C	28,7	28,2	28,4
	%		-1,7	-1,0
Snapptuna	Wh/m ² /°C	42,1	46,8	46,5
	%		+11,2	+10,5
Umeå:				
Trastvägen	Wh/m ² /°C	22,8	23,8	25,4
	%		+4,4	+11,4
Bigarråvägen	Wh/m ² /°C	21,1	21,9	22,8
	%		+3,8	+8,1
Medelvärde	%		+3,1	+8,0

För de enskilda husen är variationerna mellan molnighetsklasserna stora. I en del fall är förändringen av förbrukningen negativ. Det kan finnas flera orsaker till sådana händelser.

Instrålningen är beroende av inte bara molnmängden utan också på molnslaget och i någon mån på solhöjden. För litet antal observationer kan också ge avvikelser.

6.4 Vindhastighet och molnighet

Som framgått av fig. 5D - 7D har det ofta varit en tydlig samvariation i vindhastighet och molnmängd. Det innebär att det som i avsnitt 6.3 ser ut som att elåtgången ökar med ökande molnmängd egentligen kan vara en konsekvens av att vindhastigheten samtidigt var låg.

Görs indelningen av elförbrukningen efter såväl vindhastighet som molnighet erhålles nio olika kombinationer. Det finns då större möjligheter att analysera både effekten av vind eller molnighet och den samverkande effekten av dem båda.

I de niofältstabläer som ges för de olika delområdena (tab. 6 - 8) anger den övre siffran den temperaturkorrigerade elförbrukningen och den undre den procentuella ökningen relativt klassen "vind 0-3 (m/s)/molnighet 0-3 (oktas)". När något värde beräknats på färre än 5 observationer har det satts inom parentes.

Genomgående kan man se att inom de tre molnighetsklasserna är det en ökning av energiåtgången för bostadsuppvärmning med vindhastigheten. Genomsnittligt ökade elförbrukningen med 4,0% när vindhastigheten ökade från 0-3 m/s till 3-5 m/s och med 15,6%-enheter när vindhastigheten överskrider 5 m/s.

Betraktar man molnighetens inflytande vid en bestämd vindhastighet är det inte ett lika tydligt samband. Det förekommer lägre elvärden än för det som borde vara den gynnsamaste situationen - klart och svag vind, dvs när solinstrålningen gynnas och ventilationsförlusten är liten. Det är ett genomgående drag att det är vid halvklart väder som dessa extremt låga värden förekommer. Orsaken kan vara att vid halvklart väder kan det bli kraftig reflektion mot molnen eller kraftig framåtspridning från molnkanterna, vilket i båda fallen kan leda till högre strålningsvärden än för klart och lugnt väder (t ex Mattsson, 1979). Det förekommer även värden som anger en ökad energiförbrukning med ökande molnmängd, vilket måste bero på den avskärmande effekten hos molntäcket. Det kan därför vara viktigt att också undersöka vilka molnslag som täcker himlen.

Vid klart eller nästan klart väder påverkas inte instrålningen i lika hög grad av molnslag och inte heller vid mer eller mindre helmulet väder, eftersom avskärmningseffekten då blir dominerande, vilket ger högre tal på elförbrukningen. För de svaga vindarna blir ökningen knappt 5% när molnigheten går från 0-3 oktas till 5-8 oktas och för de båda andra vindklasserna 3%.

Medelvärden för alla delområdena (tab. 9) visar att frisk-hård vind i kombination med mulet väder ger en ökning av elförbrukningen med 16,4%. Den rena vindeffekten svarar för ca 13%-enheter och molnen för 3-4%-enheter.

Tabell 6 Temperaturkorrigerad elförbrukning per dygn i Mölnlycke vid olika vind- och molnmängdsklasser vid Landvetter fpl

Molnmängd (oktas)		Vindhastighet (m/s)		
		0 - 3	3 - 5	5 -
Råda Portar:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	(26,8)	28,2	(30,6)
	%		+5,2	(+14,2)
3 - 5	Wh/m ² /°C	27,1	26,5	30,0
	%	+1,1	-1,1	+11,9
5 - 8	Wh/m ² /°C	29,0	29,3	30,4
	%	+8,2	+9,3	+13,0
Skogen:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	(20,6)	20,8	(20,8)
	%		+1,0	(+1,0)
3 - 5	Wh/m ² /°C	19,5	21,8	23,6
	%	-5,3	+5,8	+14,6
5 - 8	Wh/m ² /°C	+5,8	+7,8	+18,9
Djupedalsäng:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	(26,2)	26,8	(26,2)
	%		+2,3	(+2,3)
3 - 5	Wh/m ² /°C	24,5	25,9	28,2
	%	-6,5	-1,1	+7,6
5 - 8	Wh/m ² /°C	26,5	27,9	29,4
	%	+1,1	+6,5	+12,2

Tabell 7 Temperaturkorrigerad elförbrukning per dygn i Vallentuna vid olika vind- och molnmängdsklasser vid Arlanda fpl

Molnmängd (oktas)		Vindhastighet (m/s)		
		0 - 3	3 - 5	5 -
Ormsta:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	27,1	27,5	(34,0)
	%		+1,5	(+25,5)
3 - 5	Wh/m ² /°C	26,6	27,7	36,7
	%	-1,8	+2,2	+35,5
5 - 8	Wh/m ² /°C	27,5	28,2	30,8
	%	+1,5	+4,1	+13,7
Snapptuna:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	44,9	47,5	(52,6)
	%		+5,7	(+17,1)
3 - 5	Wh/m ² /°C	44,7	46,9	(56,0)
	%	-0,4	+4,4	(+24,7)
5 - 8	Wh/m ² /°C	45,0	45,8	50,8
	%	+0,2	+2,0	+13,1

Tabell 8 Temperaturkorrigerad elförbrukning per dygn i Umeå vid olika vind- och molnmängds-klasser vid Umeå fpl

Molnmängd (oktas)		Vindhastighet (m/s)		
		0 - 3	3 - 5	5 -
Trastvägen:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	21,4	(24,2)	(25,8)
	%		(+13,1)	(+20,6)
3 - 5	Wh/m ² /°C	23,0	23,1	28,7
	%	+17,4	+7,9	(+34,1)
5 - 8	Wh/m ² /°C	24,6	25,7	28,5
	%	+15,0	+20,1	+33,2
Bigarråvägen:				
0 - 3	Wh/m ² /°C	20,6	(21,6)	(22,5)
	%		(+4,8)	(+9,2)
3 - 5	Wh/m ² /°C	21,5	21,6	(24,0)
	%	+4,4	+4,9	(+16,5)
5 - 8	Wh/m ² /°C	22,1	23,7	24,1
	%	+7,3	+15,0	+17,0

Tabell 9 Genomsnittlig elförbrukning per dygn för alla delområden vid olika vind- och molnmängdsklasser

Molnmängd (oktas)		Vindhastighet (m/s)		
		0 - 3	3 - 5	5 -
0 - 3	Wh/m ² /°C	26,8	28,1	30,4
	%		+4,9	+13,4
5 - 8	Wh/m ² /°C	28,1	29,0	31,2
	%	+4,9	+8,2	+16,4

7 LOKALKLIMATET

Vid urvalet av delområden var målsättningen att det skulle kunna uppträda lokalklimatskillnader, som skulle kunna påverka elförbrukningen såväl tillfälligt vid speciella väderhändelser som totalt om de uppträder tillräckligt ofta.

7.1 Mölnlycke

7.1.1 Vindmätningar i Skogen och Djupedalsäng

I Skogen och Djupedalsäng mättes vinden kontinuerligt hela tidsperioden jan-maj med oklanderligt fungerande skålkorsanemometrar. Dessa mätte medelvindhastigheten i tiominutersintervall. Värdena sorterades i sju klasser med räkneverk, vilka vanligen avlästes två gånger per vecka. Mäthöjden var ca 5 m.

Skogen var konsekvent betydligt mer vindutsatt än Djupedalsäng. Genomsnittligt var vindhastigheten 58% högre i Skogen. Korrelationskoefficienten för sambandet är så pass hög som 0,97.

Görs en direkt jämförelse med Landvetter flygplats blir vindhastigheten i Skogen 56% och i Djupedalsäng 36% av vinden vid flygplatsen. Mätningarna vid flygplatsen görs emellertid på tio meters höjd. Med hjälp av en potensfunktion kan man räkna om vinden vid landvetter till fem meters höjd. Vindhastigheten reduceras då med faktorn 0,87. För lika mäthöjd blir då den relativa vindhastigheten i Skogen 65% och i Djupedalsäng 41%.

7.1.2 Vindmätningar i Råda portar

I Råda portar utfördes vindmätningarna som mätvandringar i bebyggelsen med en skålkorsanemometer 1,75 m över marken. Antalet mätpunkter varierade mellan 5 och 14. Sju mätomgångar har använts vid analysen av vindförhållandena. Bearbetningen har koncentrerats på två representativa punkter i den västra delen, som ligger på en sluttning mot sydväst, och två punkter i den östra delen, som är belägen i en sänka utsträckt i ENE-WSW.

Jämförs de uppmätta vindhastigheterna direkt med Landvetter var de 25% av vinden vid flygplatsen. Räknas vinden vid Landvetter om till samma mäthöjd som i Råda Portar blir reduktionsfaktorn 0,75. Den relativa vindhastigheten, räknad för samma mäthöjd, i Råda Portar blir då 33% av vinden vid flygplatsen.

Den västra delen är mer utsatt för vind från SW-sektorn än den östra som då får ett mer skyddat läge. Mätningarna visar också att vindhastigheten i den västra delen vid SW-vind är 75% högre än i den östra

delen. När det blåser från NE-sektorn blir förhållandena omvända. Då kan vinden ledas längs sänkan och resultatet blir att vindhastigheten ökar relativt den västra delen. Mätningarna visar att vindhastigheten var 71% högre i den östra delen med vind från NE-sektorn. Vid ett tillfälle med vind från SE, då hela området kommer i lä bakom ett höjdparti, var vindhastigheten likartad över hela området och av lästorlek, vilket motsvarar ca 18% av den uppmätta vinden vid flygplatsen.

7.1.3 Termografer i Skogen och Djupedalsäng

I Skogen, som är ett krönområde, och Djupedalsäng, som ligger i en väl avgränsad sänka, fanns termografer uppställda jan-maj. Efter hand visade det sig att termografen vid Djupedalsäng inte fungerade tillfredställande. Den byttes då ut men det innebar att det endast finns godtagbara registreringar för perioden mars-maj.

Den största temperaturskillnaden var 9°C kallare i Djupedalsäng än i Skogen, vilket innebär att det var en intensiv kallluftsjö i Djupedalsäng. Vid Landvetter flygplats hade det varit klart nela natten och vindhastigheten var 3 m/s. Kallluftsjöar på 4-6°C uppträdde regelbundet när antingen vind eller molnmängd var 2 eller mindre och den andra variabeln 3 eller mindre. Kallluftsjön bildades så snabbt att även en tillfällig upplärning gav en tydlig kallluftsjöeffekt. 1-2°C kallare i Djupedalsäng kan det bli så snart som det blivit halvkänt och vinden gått ner till ca 4 m/s vid flygplatsen.

Kallluftsjöar bildas uppenbarligen lätt i Djupedalsäng. En viktig orsak till detta måste vara den genomsnittligt kraftiga vinddämpningen i Djupedalsäng och som lätt blir ännu större när luften väl börjar stagnera i kallluftsjön.

Temperatursänkningen i Djupedalsäng under nätter med kallluftsjöar motverkas (åtminstone under våren) av att maximitemperaturen under klara dagar blir högre än i Skogen, vilket även det måste bero på det vindskyddade läget i Djupedalsäng.

7.1.4 Temperaturmätningar i Råda Portar

Vid några tillfällen utfördes mätvandringar genom och kring bebyggelsen. Mätningarna gjordes med en termistor i strålningskydd, vilken var kopplad till ett digitalt avläsningsinstrument. Mätningar skedde i drygt 30 punkter vid varje mätvandring.

Under utstrålningsituationer, dvs nätter med helt eller nästan helt klart och lugnt väder, kunde en kallluftsjö avgränsas i den östra sänkan. Temperaturen var där 3°C lägre än i omgivningen och i den västra delen.

7.2 Vallentuna

7.2.1 Vindmätningar

Vid två tillfällen mättes vindförhållandena upp. I det ena fallet blåste det vid Arlanda flygplats från N och vid det andra från SE. Vindhastigheten var vid båda tillfällena 6-7 m/s.

I Vallentuna mättes vinden i vardera omgången i 12 punkter med en skålkorsanemometer som registerade vindväg. I varje punkt mättes 5 min på 1,75 m höjd över marken.

För att jämförelse skulle kunna göras för samma mätthöjd reducerades vinden vid Arlanda med en potensfunktion med faktorn 0,75.

På det öppna dalstråket i Snapptuna var vinden vid båda tillfällena drygt 60% av den reducerade Arlandavinden. Bebyggelsen i norra Snapptuna var vindexponerad när det blåste från N och hade en relativ vindhastighet på 55%. I Ormsta och södra Snapptuna gav omgivningen vindskydd och den relativa vinden var 30%.

När det blåste från SE var vinden i Ormsta 35% av den reducerade Arlandavinden. I södra Snapptuna var vindskyddet sämre, vilket gav vindvärdet 40%. Norra Snapptuna hade nu effektivt vindskydd och den relativa vindhastigheten var endast 20%.

7.2.2 Termografer

Liksom i Mölnlycke var den ena termografen placerad på en höjd, Ormsta, och den andra lågt, i dalstråket vid Snapptuna. Läget i Snapptuna är emellertid inte lika avgränsat åt alla håll som i Djupeålsäng. Termograferna har gett goda registreringar under hela perioden jan-maj.

I januari var det kallluftsamling i Snapptuna under 9 olika dygn, i februari under hela 18 olika dygn, i mars under 12 och i april endast under 7 dygn.

Den största temperaturskillnaden var 11°C kallare i Snapptuna än i Ormsta, men vid flera tillfällen var det endast någon grad mindre temperaturskillnad. Vid dessa tillfällen hade det varit klart eller nästan helt klart under hela kvällen och natten och vinden hade varit obetydlig. Det krävs således liksom i Djupeålsäng tillräckligt med tid för att de allra intensivaste kallluftsjöarna skall kunna uppstå.

Kallluftsjöar på 5-7°C förekom även om det inte varit så lång period med utstrålning. Vindhastigheten var då vanligen 2 m/s eller lägre och molningheten 2 oktas eller mindre. Kallluftsjöar på 1-2°C förekom när det var halvklart och vinden var 2-3 m/s.

Kallluftsjöar bildas inte lika snabbt som i Djupedalsäng och vindhastigheten måste vara något lägre. Orsaken till detta torde vara den större storleken och det öppnare läget på dalstråket vid Snapptuna.

7.3 Umeå

7.3.1 Vindmätningar

Vindmätningar med en skålkorsanemometer har endast utförts vid ett tillfälle i Böleängsområdet där Bigarråvägen är belägen. Måthöjden var 1,75 m och mättiden 6 min i varje punkt.

Vindhastigheten i bebyggelsen var vid detta tillfälle 53% av vinden vid Umeå flygplats om värdena korrigerats att gälla för samma höjd. På en öppet belägen busshållplats var vinden av samma storlek som vid flygplatsen. Dessa väden indikerar att Böleängsområdet är tämligen vindexponerat.

7.3.2 Termografer

Samtidiga mätningar från det högre belägna området vid Trastvägen och dalbotten vid Bigarråvägen finns för perioden feb-april, men det har varit några kortare avbrott inom den tiden.

Temperaturskillnaden mellan de båda termograferna har sällan varit större än 2°C och det finns inte någon urskiljbar systematisk skillnad mellan dem. Den största observerade differensen var 5°C. Vid det tillfället var det Bigarråvägen som var kallast.

En orsak till att det är så små skillnader även vid utstrålningssituationer kan vara att båda termograferna kan påverkas av kallluftbildning. Bigarråvägen ligger på dalbotten där en omfattande inversion kan byggas upp under utstrålningsförhållanden. Trastvägen ligger på slutningen av en sänka på höjdområdet där det kan bildas en lokal kallluftsjö, vilket också framgår av termografkurvans utseende. Vilken punkt som får lägst temperatur kommer då att växla med små variationer i vädret.

8 DATORBERÄKNINGAR

8.1 Inledning

De resultat som framkommit i tidigare avsnitt avser effekten av enskilda väderhändelser. För att få en uppfattning av den samlade effekten av väderhändelser och betydelsen av ett visst läge, t ex där det kan bildas en kallluftsjö, måste man ta hänsyn till hur ofta det finns förutsättningar för detta. Man måste då använda sig av flerårig klimatstatistik. Sedan kan man med hjälp av dessa data beräkna de olika posterna i husets energibalans och summera dessa.

Beräkningarna kan göras mer överslagsmässigt (Holmer & Lindqvist, 1980) eller med högre detaljeringsgrad. I det senare fallet blir beräkningsarbetet mycket omfattande och fordrar en dator som hjälp. En sådan datormodell är SMHI:s ENLOSS-modell. Vi har utvecklat en egen modell, LENA, som inte kräver lika omfattande indata för att vara möjlig att använda för ett större antal klimatstationer.

8.2 Datormodellen LENA

LENA står för Lokalklimatologisk ENergiAnalys. Modellen har utvecklats i samarbete med stadsbyggnadskontoret i Göteborg för beräkning av lokalklimatet i en valfri punkt i anslutning till någon klimatstation och för att utifrån dessa lokala avvikelser beräkna energibalansen för sju olika hustyper.

Modellen fordrar klimatdata för temperatur, molnmängd, vindriktning och vindhastighet kl 01, 07, 13 och 19 varje dygn samt att sex stycken parametrar för lokalklimattypen anges. Lokalklimatparametrarna talar om vilka lokalklimat effekter som kan förekomma på en plats och med hjälp av aktuell molnmängd och vindhastighet beräknas avvikelserna i förhållanden till klimatstationen. För ytterligare information om modellens uppbyggnad hänvisas till Holmer & Linderstad (1985).

För de beräkningar som utförts inom ramen för detta arbete har endast hustypen "70-talsvilla" använts. Beräkningar har gjorts för:

1. Normalt vindskyddat läge
2. Vindexponerat läge
3. Kallluftsjö
4. Värmeö i tät bebyggelse

För 1 och 2 har antagits att temperaturen är densamma som vid klimatstationen. Det vindexponerade läget har vid beräkningarna samma vindhastighet som den flygplats som är klimatstation. Det vindskyddade läget antas ha en vindhastighet som är 25% av vinden på flygplatsen. Kallluftsjön kan vid beräkningarna ha en maximal temperatursänkning av 6°C, vindhastigheten är hälften av

klimatstationens. Värmeön kan ha en temperatur som är 5°C högre än vid klimatstationen, vindhastigheten antas vara 25% av vinden vid klimatstationen.

Beräkningar har utförts för perioden 1976-80.

8.3 Energiåtgång i olika lokalklimatlägen

I tabell 10 visas resultaten för de olika lokalklimatlägena med utgångspunkt från klimatstationerna Säve fpl (istället för Landvetter som inte funnits under hela beräkningsperioden), Arlanda fpl och Umeå fpl. Energivärdena avser den tillförda energin via uppvärmningssystemet. Den energi som tillförs av de boendes kroppsvärme och användning av hushållsström och varmvattenförluster liksom tillförseln av solenergi måste läggas till om man vill ha den totala energiomsättningen.

Tabell 10 Radiatortillförsel av energi för en 70-talsvilla i olika lokalklimatlägen

	Vindskyddat läge	Vindexponerat läge	Kallluft- sjö	Värmeö
Säve fpl: kWh/m ²	98,4	107,5	105,8	90,4
Diff kWh/m ²		+9,1	+7,4	-8,0
Diff %		+9,2	+7,5	-8,1
Arlanda fpl: Kwh/m ²	119,3	127,5	125,7	110,0
Diff kWh/m ²		+8,2	+6,4	-8,3
Diff %		+6,9	+5,4	-7,0
Umeå fpl: kWh/m ²	160,4	167,9	169,5	148,9
Diff kWh/m ²		+7,5	+9,1	-11,5
Diff %		+4,7	+5,7	-7,2

8.3.1 Makroklimatskillnader

Med samma hus som beräkningsgrund blir behovet av energi från radiatorerna för ett hus i Arlanda drygt 20% högre än i Göteborgsområdet och ett hus i Umeå behöver mer än 60% mer energi. För ett hus på, säg, 130 m² ger detta för ett hus vid Säve 12800 kWh per år. Till detta kommer ca 5000 kWh för hushållsel, vilket tillsammans ger 17800 kWh elenergi per år. För Arlanda blir motsvarande slutsumma 20500 kWh och för Umeå 25900 kWh. Räknet på den totala elförbrukningen kräver Arlandavillan 15% mer och Umeåvillan 45% mer elenergi än Sävevillan.

8.3.2 Vindskyddat läge

I tabell 10 får det vindskyddade läget utgöra normalläge och bas för jämförelse med övriga lokalklimatlägen.

8.3.3 Vindexponerat läge

I såväl absoluta som relativa tal avtar betydelsen av vindexponerade lägen norrut i landet. Orsak till detta är att frekvensen av friska-hårda vindar avtar norrut. Vid Säve ökar ett vindexponerat läge uppvärmningskostnaden med ca 9% medan ökningen i Umeå endast är hälften så stor.

Fig. 8 visar förändringen i ventilationsförlust uppdelad efter vindriktning om vinden dämpas från vindexponerat till vindskyddat läge. Detta ger den möjliga besparingspotentialen av ett effektivt vindskydd.

Fig.8 visar några markerade maxima för huvudväderstrecken medan omgivande väderstreck inte har lika höga värden. Tydligaste exemplet på detta är de höga värdena av vind från W i Säve och Arlanda. Det ligger nära till hands att tro att observatörerna antecknat allför många observationer på huvudväderstrecken.

Med reservation för en sådan överrepresentation visar figuren att i Säve bör man i första hand skydda bebyggelsen mot vind från S-SSW, W och NE. Vindskydd mot vind från NW-NNW är däremot av mindre betydelse ur energisynpunkt.

I Arlanda är det vind från S, N-NNE och W som husen särskilt bör skyddas mot. Skillnaderna mellan olika vindriktningar är inte lika stora som i Säve eller Umeå (möjligen med undantag för WNW, om inte detta minimum beror på observatörerna).

I Umeå är N-vind starkt dominerande för ventilationsförlusten i vindexponerat läge och i anslutning till N har också NNW och NW stor betydelse för möjligheten att minska ventilationsförlusten genom vindskydd. Det kan också vara viktigt att skydda husen mot vind från S. Minst betydelse har det att ge vindskydd från E och WSW.

8.3.4 Kallluftsjö

En kallluftsjö uppträder, som framgått av kap. 7, vid situationer med klart väder och svag vind, då den kallluft som bildas på sluttningarna kan rinna ner i sänkor. I tabell 11 ges frekvensen av vädersituationer som är gynnsamma för uppkomsten av kallluftsjöar.

I absoluta tal visar datorberäkningarna med LENA i tabell 10 att kallluftsjöar har störst betydelse i Umeå och därefter i Säve. Av tabell 11 framgår att detta är en naturlig konsekvens av att antalet situationer med

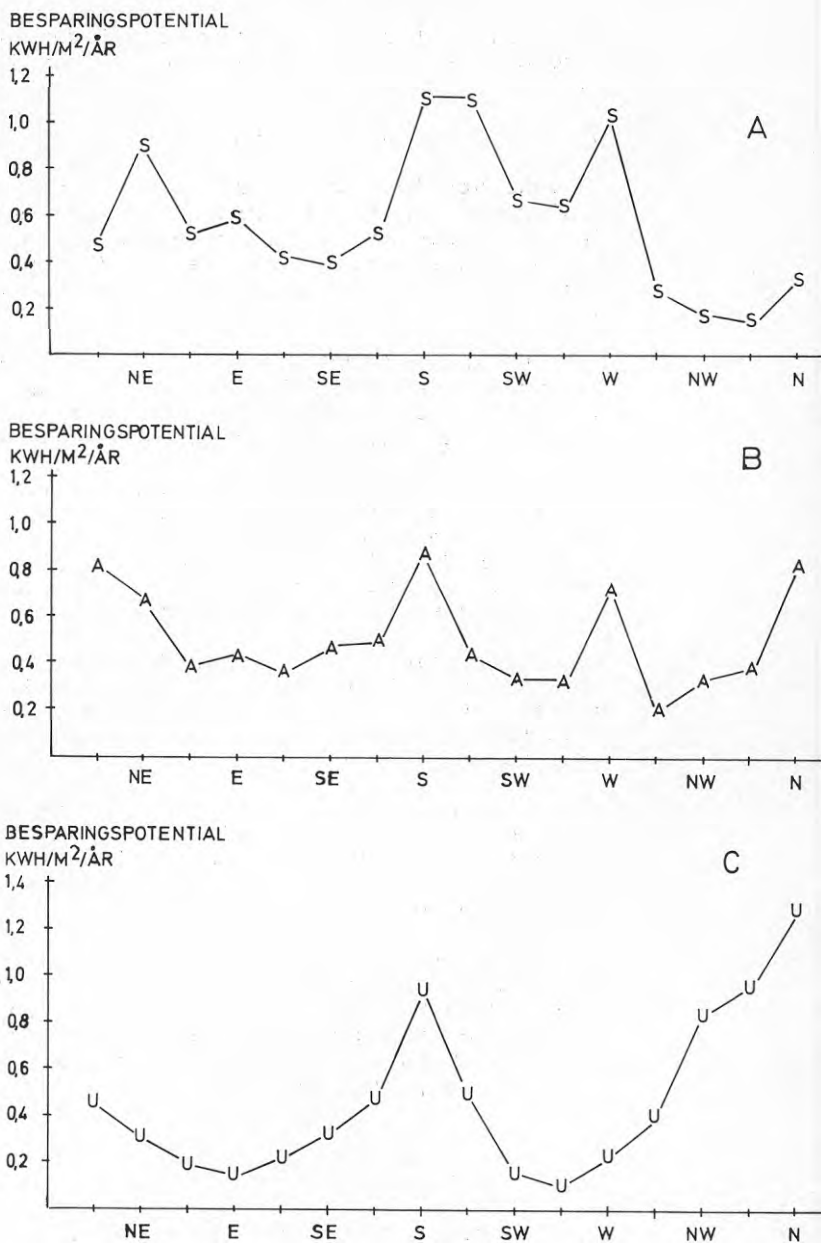


Fig. 8 Besparingspotential av vindskydd i olika vindriktningar enligt beräkningar med LENA för september - maj 1976-80.

A - Säve fpl B - Arlanda fpl C - Umeå fpl

Tabell 11 Procentuell frekvens av samtidig förkomst av låg molninghet och svag vind kl 19, 01 och 07 under sep-maj 1976-80

	1	2	3	4
	Moln \leq 1 Vind \leq 1	Moln \leq 2 Vind \leq 2 men ej 1	Moln \leq 4 Vind \leq 4 men ej 1 el 2	Summa 1+2+3
Umeå fpl	9	10	14	33
Arlanda fpl	6	6	15	27
Säve fpl	8	6	13	27

- 1 - mycket goda förutsättningar för kallluftsjöar särskilt om situationen varar under hela natten
- 2 - inte fullt lika goda förutsättningar, men fortfarande kan kallluftsjöbildningen vara intensiv
- 3 - svag kallluftsjöbildning

de båda bästa klasserna av väderförutsättningar är störst i Umeå och minst i Arlanda. I procent räknat medför den lägre totalsumman på energiförbrukningen i Säve enligt tabell 10 att Säve påverkas mest av kallluftsjöar medan Umeå och Arlanda får lägre procenttal.

8.3.5 Värmeö

En värmeö kan uppstå i ett bebyggt samhälle under klara och lugna nätter, dvs under samma väderförutsättningar som gynnar uppkomsten av kallluftsjöar. Bebyggelsen kommer då att vara varmare än omgivningen bl a beroende på att värme tränger ut från husen men också på grund av att husen ligger så tätt att värmestrålningen från dem reflekteras mellan husen, att vinden reduceras och att byggnadsmaterialen kan lagra upp stora värmemängder. Ett villaområde ger en obetydlig värmeö. Det fordras flervåningshus i tät struktur för att det skall bli någon mer märkbar värmeö.

Värmeön är inte lika vindkänslig som kallluftsjöar. Den kan därför finnas vid fler tillfällen än kallluftsjöar. I gengäld är den maximala intensiteten lägre.

I absoluta tal har värmeön liksom kallluftsjön störst betydelse i Umeå och minst i Arlanda. I procent räknat är det i Säve som värmeön betyder mest för att minska energiåtgången för bostadsuppvärmning. Skillnaden mot de båda andra orterna är dock liten.

9 NÅGRA SAMMANFATTANDE RESULTAT

Månadsmedelvärden visar föga mer än temperaturinflyttandet på elförbrukningen, eftersom vind och molnighet har så stora osystematiska variationer.

Veckomedelvärden ger goda möjligheter att följa hur vind och molnmängd påverkar elförbrukningen.

Dygnsmedelvärden gör det möjligt att fånga in större variationer i vind och molnmängd, men samtidigt är dessa värden känsligare för tillfälliga icke väderberoende variationer i elförbrukningen.

Genomsnittligt är elförbrukningen i de sju delområdena 3-5% högre när det "mulet" (moln 5-8) än när det är "klart" väder (moln 0-3). Blåser det "friska-hårda" vindar (>5 m/s) är elförbrukningen 12-13% högre än när det blåser svag vind (<3 m/s). Eftersom mulet väder och frisk-hård vind uppträder samtidigt kan det ofta uppträda en ökning av elförbrukningen med 16% jämfört med klart och lugnt väder.

De mest vindskyddade områdena visade sig ha vindhastigheter som är mindre än 25% av den närliggande flygplatsens vindhastighet, om värdena jämförs för samma höjd över marken. De mest vindutsatta områdena har förmodligen en vindhastighet av samma storleksordning som flygplatsen.

Kallluftsjöar kan ha en intensitet på ca 10°C men vanligare är ca 6°C vid tillfällena med klart och svag vind. Vindskyddet är måttligt och vindhastigheten kan vara hälften av flygplatsens vind.

Datorberäkningarna med LENA för perioden 1976-80 visar att jämfört med det vindskyddade läget ger det vindexponerade läget en ökning av behovet av radiatorenergi med 5-9% och en kallluftsjö med 5-7%. En värmeö i tät bebyggelse kan ge en minskning av energibehovet med 7-8%. Den relativa betydelsen av lokalklimatläget är störst vid Säve och av något mindre med likstor betydelse i Arlanda och Umeå.

I vindexponerade lägen är det i Säve viktigast att skydda husen från S,W och NE, i Arlanda från S,N och W samt i Umeå från vind från N och S.

10 LITTERATUR

- Holgersson, M. & Norlén, U., 1983, Undersökning av energiförbrukningens utveckling i byggnadsbeståndet. Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande M83:2, 19 s + bilagor.
- Holmer, B. & Linderstad, H., 1985, Energi-index. Manuskript till R-serien, Statens råd för byggnadsforskning.
- Holmer, B. & Lindqvist, S., 1980, Energihushållning i stadsplanen. Lokalklimatologiska studier. Statens råd för byggnadsforskning, T6:1980, 69 s.
- Malik, N., 1978, Field Studies of Dependence of Air Infiltration on Outside Temperature and Wind. Energy and Buildings 1, p. 281-292.
- Mattsson, J.O., 1979, Introduktion till mikro- och lokalklimatologien. 180 s.
- Norlén, U., 1985, Energiförbrukning i byggnader. Delrapport 5: Statistiska metoder. Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande M85:7, 139 s.
- Pentenrieder, J., 1982, Der Energieverbrauch privater Wohnbauten und seine Abhängigkeit von klimatischen Faktoren. HLH 33, 215-220.
- Piehl, E. & Recker, M., 1978, Eine Untersuchung über die Witterungsabhängige Energieaufnahme von elektrischen Speicherheizungsanlagen. Elektrizitätswirtschaft 77, 295-301.
- Åhlander, G. & Peterson, F., 1982, Energiförbrukningens vindberoende. KTH, Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik, A4-serien nr 70, 110 s. + bilagor.
- Werner, S., 1984, The Heat Load in District Heating Systems. CTH, Institutionen för Energiteknik, 161 p. + appendix.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810828-6
från Statens råd för byggnadsforskning till BERGAB
Klimatundersökningar, Göteborg.**

R92: 1987

ISBN 91-540-4785-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707092

**Abonnemangsgrupp:
X. Samhällsplanering
Z. Konstruktioner och material**

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

Cirkapris: 33 kr exkl moms