



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.



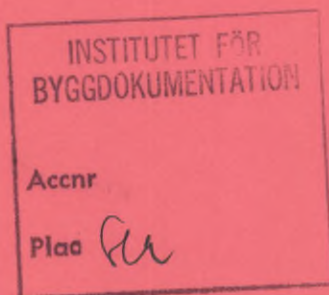
Rapport

R134:1985

Klimatstudier för bebyggelse- planering i Gustavsberg

**Roger Taesler
Sture Lindahl**

*R
Anu*



Bygghforskningsrådet

R134:1985

KLIMATSTUDIER FÖR BEBYGGELSEPLANERING
I GUSTAVSBERG

Roger Taesler
Sture Lindahl

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790095-2
från Statens råd för byggnadsforskning till SMHI,
Norrköping.

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

R134:1985

ISBN 91-540-4492-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL

	Sammanfattning	
1.	INLEDNING	1
2.	UNDERSÖKNINGSOMRÅDET	2
3.	MÄTNINGAR	3
4.	LOKALA KLIMATEFFEKTER	5
4.1	Allmänt	5
4.2	Lokala strålningsförhållanden	7
4.3	Lokala temperaturförhållanden	12
4.4	Lokala vindförhållanden	16
5.	BERÄKNING AV LOKAL KLIMATSTATISTIK	18
5.1	Vind	18
5.2	Temperatur	20
5.3	Samvariation vind-temperatur	21
6.	ENERGIFÖRLUSTER I BYGGNADER	22
6.1	Överslagsberäkningar	22
6.2	ENLOSS-beräkningar	22
6.2.1	Energiförluster för medelår	23
6.2.2	Energiförluster år för år 1955-79	23
6.2.3	Energiförluster på g a vind från olika riktningar	24
7.	PASSIVT SOLVÄRMETILLSTÅND	25
8.	DISKUSSION	28
	Litteratur	30
	Figurer	31

SAMMANFATTNING

Föreliggande studie utgör en fristående fortsättning på ett tidigare projekt (Marko, m fl, 1982), där vissa kvalitativa bedömningar gjordes av lokalklimatet och därav betingade krav på bebyggelseplaneringen i Mossen-området, Gustavsberg. Genom lokala klimatmätningar i området har dessa bedömningar delvis bekräftats och preciserats. Mätningarna ger emellertid också anledning att i vissa avseenden revidera de tidigare bedömningarna.

Mätningarna har analyserats i syfte att fastställa karakteristiska lokala skillnader i strålnings-, temperatur- och vindförhållanden inom området. Vidare har skillnader analyserats i vind- och temperaturförhållanden relativt en meteorologisk referensstation. På grundval av dessa analyser har lokalt korrigerad klimatstatistik beräknats för två olika lägen i området. Denna statistik har använts för beräkningar med SMHIs ENLOSS-modell av klimatberoende energiförluster genom transmission och infiltration i ett modernt småhus i två olika lägen inom området. Beräkningsresultaten har analyserats med avseende på olika vindriktningars betydelse för energiförlusten samt lägesberoende skillnader. Vidare har energiförlustens variation mellan olika år studerats. Passivt solvärmestillskott genom fönster har beräknats för olika byggnadsorienteringar och i läge med fri horisont respektive karakteristisk, lokal horisontavskärmning.

Rapporten demonstrerar tillämpningar av metoder, som utvecklats vid SMHI i samband med tidigare BFR-projekt, för kvantitativa beräkningar av klimatberoende energiförluster. Härvid diskuteras också olika problem och osäkerhetsfaktorer i samband med sådana beräkningar.

Fältmätningarna har utförts med SMHIs mobila mätsystem. I projektarbetet har, förutom författarna, medverkat Ingemar Leandertz och Lars Peter Lindh (fältmätningar), Christina Wallentin och Cari Andersson (datorprogrammering), Kerstin Fabiansen (maskinskrivning) samt Anita Bergstrand (figurritning). Projektledare har varit Roger Taesler.

1. INLEDNING

Lokalklimatstudier som underlag för bebyggelseplanering och energihushållning kan utföras på flera sätt. Enkla bedömningar i ett tidigt planeringsskede kan ge en kvalitativ uppfattning t ex om gynnsamma eller ogynnsamma lägen för bebyggelsens lokalisering eller om behov av vindskyddande planutformning. Mer preciserade beräkningar av möjliga energibesparingar genom vindreduktion, passivt solvärmestillskott eller val av lägen med hänsyn till lokala temperaturvariationer fordrar dock att lokalt representativa klimatdata kan bestämmas med utgångspunkt från observationer vid en lämplig meteorologisk station.

I ett tidigare BFR-projekt (Marko, m fl, 1982) utförde vi bl a vissa bedömningar av lokalklimatet i området Mossen i Gustavsberg, Värmdö kommun. Dessa bedömningar var baserade på kartmaterial och inspektioner av området men utan tillgång till lokala klimatmätningar. I det projekt, som här redovisas, har vi utfört sådana mätningar inom en del av området i syfte bl a att verifiera och kvantifiera de tidigare bedömningarna.

En målsättning med detta projekt är också att testa och tillämpa metoder för att räkna fram flerårsserier av vind, temperatur och solstrålning för olika lägen i komplicerad terräng. Detta utförs genom att transformera data från meteorologiska referensstationer till aktuella lokala lägen med hjälp av olika omräkningsmodeller. I detta fall har Tullinge flygplats valts som lämplig referensstation.

Syftet är vidare att studera hur de lokala klimatdifferenserna inom området kan komma att påverka energihushållningen efter exploatering av området. Härvid används modeller (ENLOSS, SOLTIMSYN), som utvecklats vid SMHI för kvantitativa analyser av klimatberoendet i byggnaders energibehov.

De lokalklimatologiska mätningarna utfördes under mars-maj 1982. Fältmätningar, som utförs under de vädermässigt normalt variationsrika perioderna mars-maj, alternativt september-november, bör ge en god uppfattning om väsentliga lokala effekter i olika typer av vädersituationer.

2. UNDERSÖKNINGSOMRÅDET

Mossen-området, som är beläget i Stockholms innerskär-gård strax öster om Gustavbergs tätort, har mycket varierande topografi och vegetation. Det gränsar i norr till en sjö, Ösbyträsk. Mätningarna utfördes i områdets nordvästra del, se figur 1. Inom undersök-ningsområdet finns flera branta bergspartier, huvud-sakligen bevuxna med barrskog. Mellan bergspartierna sträcker sig ett öppet åkerstråk med nord-sydlig orientering. Åkerstråket innehåller i sin södra del ett mindre, låglänt kärrområde. Mindre grupper av lövskog förekommer på flera platser.

Områdets läge i Stockholms innerskärsgård innebär att det ligger i en övergångszon mellan hav och inland. I denna zon förändras vind- och temperaturklimatet kraf-tigt. Det havsnära läget medför t ex att området är mera utsatt för nederbördsförande vindar än ett in-landsområde. Vidare kan sjöbrisen sommartid ge upphov till lägre dagstemperaturer än i inlandet. Vintertid gör närheten till havet samt den större blåsigheten att temperaturförhållandena blir mildare än i inlandet.

Topografi och vegetation är sådana att relativt stora lokala klimatvariationer bör uppträda. Här finns lång-sträckta fält omgivna av vindexponerade höjder med risk för vindförstärkning och markerade lågpunkter med risk för kallluftsansamling.

3. MÄTNINGAR

Mätningar genomfördes under tiden mars-maj 1982 i syfte att bestämma dels lokala variationer inom en del av området dels skillnader mellan området i stort och en meteorologisk referensstation. SMHIs mobila mätsystem användes för undersökningarna. Mätpunkterna framgår ur figur 1. Två 18 m höga master med instrument restes, en på det högsta berget i området (A) och en på det lågt belägna fältet (B). I "gattet" norr om fältet placerades en 5 m hög mast (C) och i skogen nedanför bergmasten en 3 m hög mast med instrument (D). Samtliga instrument anslöts till en minidator-enhet och datalogger i SMHIs mätvagn som ställts upp utanför läkarstationen (E).

Mätvärden från samtliga givare registrerades ca 2 gånger/sekund. I datorenheten omräknades dessa primärdata till 5-minuters medelvärden, vilka lagrades på kassettband för fortsatt bearbetning.

Nedan beskrivs mätstationernas instrumentering och förklaras valet av lägen.

Berget (A)

18 m mast med instrumentering enligt figur 2, placerad på den högsta och mest vindexponerade platsen i området. Vindhastighets- och vindriktningsgivarna i toppen bedömdes med aktuell masthöjd ge representativa värden på den överlagrade (lokalt opåverkade) vinden över området. Nettostrålningsgivaren (högt placerad) visar skillnaden mellan in- och utstrålning i ett läge där strålningen inte hindras av skärmande föremål som träd etc. Instrumentet "ser" en yta med ca 200 m radie, övervägande bestående av kuperad skogsterräng. Ytan är karakteristisk för Mossenområdet i stort. De lägre (under trädtoppsnivå) placerade hastighets- och temperaturgivarna visar de förhållanden som t ex ett tvåvåningshus skulle utsättas för i detta relativt vindexponerade läge.

Fältet (B)

18 m mast med instrumentering enligt figur 2, placerad i en sank lågpunkt med stor risk för kallluftsansamling nattetid. Temperaturgivarna på de lägre mätnivåerna visar effekterna av denna kallluftsansamling. Vindhastighetsgivarna ger en uppfattning om den skärmande effekten av skogen runt fältet.

Strålningsgivarna (netto och global) ger information om förhållandena i en punkt omgiven av relativt hög och skärmande terräng och vegetation. Horisontavskärmningen i olika riktningar framgår av figur 3.

Gattet (C)

5 m mast med instrumentering enligt figur 2, placerad i ett smalt nord-sydligt orienterat åkerparti med troligen starkt vindriktningsstyrande och vindhastighetspåverkande effekt. Möjligheten för kallluftsansamling är stor även här.

Bergssluttningen (D)

3 m mast med instrumentering enligt figur 2, placerad i ett mycket vindskyddat läge i låg skog, beläget i sluttning mot sydost.

- 1) Nettostrålning = differensen mellan nedåt- och uppåtriktad strålning inom våglängdsintervallet 0.3 - 100 μm , omfattande både solstrålning (0.3 - ca 10 μm) och värmestrålning (ca 4 - 100 μm).
Globalstrålning = Nedåtriktad, direkt + diffus solstrålning.

4. LOKALA KLIMATEFFEKTER

4.1 Allmänt

Lokala variationer i olika klimatement orsakas av skillnader i underlagets topografi och skrovlighet, strålningsegenskaper och termiska egenskaper. Effekterna av dessa olika parametrar är allmänt sett icke additiva och växelverkar dessutom på ett mycket komplicerat sätt. Stora lokala skillnader i något klimatement uppträder framför allt i speciella meteorologiska situationer, då effekten av någon eller några av dessa parametrar blir dominerande. För att statistiskt beskriva lokalklimatet i ett område behöver man emellertid bestämma variationernas storlek under olika allmänna meteorologiska förutsättningar, dels inom området dels i förhållande till en klimatologisk referensstation. Mätningarna i Mossen-området syftade bl a till att ge underlag för lokal korrigering av fleråriga observationsserier från en sådan referensstation.

Som bakgrund till den följande redovisningen av mätresultaten lämnas här först en kort översikt av vissa grundläggande orsakssamband.

Nettostrålningen (Q^*) är den parameter, som primärt styr markytans dagliga energibalans och i stor utsträckning också temperaturens dygnsvariation i marknära luftskikt. Definitionsmässigt gäller,

$$Q^* = G(1-A) + L_{\downarrow} - L_{\uparrow} \quad (1)$$

där G är globalstrålningen (direkt + diffus solinstrålning)

A är underlagets albedo (reflexionsförmåga)

L_{\downarrow} , L_{\uparrow} är nedåt- respektive uppåtriktad långvågig strålning.

L_{\downarrow} och L_{\uparrow} bestäms av himlens respektive underlagets temperatur enligt

$$L = \epsilon \sigma T^4 \quad (2)$$

där ϵ är emissiviteten för respektive yta

T är ytans temperatur (K)

σ är Stefan-Boltzmanns konstant

($5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)

Nattetid (då $G = 0$) utgörs nettostrålningen enbart av balansen mellan de långvågiga strålningsflödena.

$$Q^* = L^* = L_{\downarrow} - L_{\uparrow} \quad (3)$$

Vid klar himmel är L^* praktiskt taget alltid negativ, d_s utgör en energiförlust för markytan. Nattetid är L^* vid klar himmel i regel -75 - -100 W/m^2 , men kan i extrema fall nå högre värden.

Förekomsten av moln har en mycket stark effekt på strålningsbalansen under både dagen och natten. Speciellt vid täta moln i låg nivå (molnbas ~ 100 m) blir $L_{\uparrow} \approx L_{\downarrow}$ samtidigt som globalstrålningen under dagen reduceras kraftigt, vilket medför att lufttemperaturens dygnsförlopp blir nära konstant.

Emissiviteten (ϵ) är > 0.90 för de flesta naturliga ytor och även för moln. Albedot (A) varierar däremot kraftigt mellan olika typer av ytor (t ex ≈ 0.05 för mörk, våt jord, ≈ 0.95 för torr nysnö). Värdet varierar, för vissa ytor, även med strålningens infallsvinkel.

Nettostrålningen i en viss punkt påverkas också av horisontavskärmningen runt punkten. Den relevanta parametern härvid är den relativa fria rymdvinkeln mot himlen, ψ_s , som kan beräknas teoretiskt eller bestämmas t ex ur "fish-eye"-foton. Effekten av horisontavskärmningen blir mera påtaglig först vid avskärmningsvinklar $> 30^\circ$ då L_{\downarrow} nattetid reduceras med lågsammare strålningsavkyllning som följd. I tät centrumbebyggelse kan denna effekt bli betydande och medföra en lokal temperaturhöjning av luften med upp till ca 10°C . Detta innebär bl a att tendenser till kallluftsbildning i öppen, låglänt terräng till stor del kan "byggas bort" genom en tät bebyggelse.

I renodlade utstrålningssituationer (klar himmel, vindstill) kan markytans och det lägsta luftskiktets temperatursänkning, ΔT , efter solnedgången ofta med god approximation beräknas (Oke, 1981), enligt

$$\Delta T(t) = - \frac{2 \cdot L^*}{\sqrt{\pi} \cdot k \cdot C} \cdot t^{1/2} \quad (4)$$

där T är lufttemperaturen
 t är tiden efter solnedgången
 k är underlagets temperaturledningstal
 ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)

c är underlagets värmekapacitet ($\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$)

Ekvation (4) förutsätter att det turbulenta värmeflödet i skiktet närmast ovanför markytan är försumbart. I det allmänna fallet, då detta villkor inte är uppfyllt, styrs temperaturändringen av ett samspel mellan de vertikala gradienterna av nettostrålning och turbulent värmeflöde,

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho \cdot c_p} \left(\frac{\partial Q^*}{\partial z} + \frac{\partial Q_H}{\partial z} \right) \quad (5)$$

där ρ är luftens densitet (kg m^{-3})
 c_p är -" - specifika värme ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)
 Q_H är det turbulenta värmeflödet (W m^{-2})

Effekten av nettostrålningen - uppvärmning under dagen, avkylning under natten - motverkas i regel av det turbulenta värmeflödet, som alltså har en dämpande effekt på temperatursvängningen under dygnet. Effekten är speciellt märkbar under natten, då avkylningen blir starkt beroende av strömningens stabilitet och turbulensgrad. I vindskyddade lägen eller svackor, där strömningen lätt stagnerar, kan temperatursänkningen gå avsevärt snabbare än i andra lägen. De lokala kallluftsbildningar, som uppstår nattetid vid kraftig strålningsavkylning, är känsliga för tillfälliga ändringar i molnigheten eller den överlagrade vinden, varigenom det idealiserade avkylningsförloppet enligt ekv (4) lätt störs eller t o m hejdas helt.

Lokala variationer i markytans och det marknära luftskiktets energibudget kan även under dagtid orsaka lokala temperaturskillnader. Dessa blir dock svagare än under natten, eftersom vindhastigheten oftast är högre under dagen.

Genom friktionen mot underlaget förlorar strömningen ständigt rörelseenergi. Denna förlust motverkas genom att turbulensen orsakar en nedåtriktad transport av rörelseenergi. Under dagen kan strömningens hastighet härigenom bevaras eller t o m ökas. Nattetid medför avkylningen av luften närmast marken att turbulensen dämpas, vilket i sin tur leder till att strömningshastigheten avtar - med ytterligare försvagning av turbulensen och förstärkt avkylning som följd.

Ovanstående utgör en starkt förenklad sammanfattning av de komplicerade mekanismer, som styr vind- och temperaturförloppen i det marknära luftskiktet och uppkomsten av lokala differenser. En generell teori för beräkning av sådana lokalt betingade skillnader saknas ännu. Man är därför hänvisad till metoder, som på ett mer eller mindre approximativt sätt inkluderar effekterna av de ovan nämnda mekanismerna. Som närmare framgår i kapitel 5 har en sådan, enkel metod använts i detta projekt för att korrigera vind- och temperaturobservationer från Tullinge till att gälla för Mossen-området. Härvid har en enkel stabilitetsparameter, som kan beräknas ur meteorologiska rutinobservationer, använts för att karakterisera den vid en viss timme rådande turbulensgraden. I ett så komplicerat område som det här aktuella är det emellertid även nödvändigt att utföra lokala mätningar som underlag för denna temperaturkorrigering.

4.2 Lokala strålningsförhållanden

Nettostrålningsmätningarna i punkt A (berget) och punkt B (fältet) visar avsevärda skillnader. I figur 4 har uppritats regressionskurvor över nettostrålningen på fältet (Q_B) som funktion av strålningen på berget (Q_A). Kurvorna representerar tre olika delar av mätperioden med karakteristiskt skilda markförhållanden.

Regressionssambanden för kurvorna är följande

Period 1 (stabil snötäcke, 03-12--03-25)

$$Q^* \geq 0: Q_B^* = 0.834 \cdot Q_A^{*0.912}; \quad r = 0.98$$

$$Q^* \leq 0: Q_B^* = 0.437 \cdot Q_A^{*1.12}; \quad r = 0.96$$

Period 2 (snösmältning, 03-26--04-08)

$$Q^* \geq 0: Q_B^* = 1.154 \cdot Q_A^{*0.98}; \quad r = 0.98$$

$$Q^* \leq 0: Q_B^* = 0.606 \cdot Q_A^{*1.10}; \quad r = 0.83$$

Period 3 (barmark, 04-28--05-18)

$$Q^* \geq 0: Q_B^* = 0.614 \cdot Q_A^{*1.05}; \quad r = 0.996$$

$$Q^* \leq 0: Q_B^* = 1.15 \cdot Q_A^{*0.82}; \quad r = 0.69$$

Den nattliga nettostrålningen ($Q^* = L^* = L\downarrow - L\uparrow$, <0) är avsevärt svagare för fältet än för den skogsklädda terrängen både under period 1 och 3 men är däremot endast obetydligt svagare under snösmältningsperioden (period 2). Ovanstående regressions samband ger (för $Q^* < 0$) följande värden på kvoten $\alpha = Q_B^*/Q_A^*$

Q_A^* (W/m^2)	Period		
	1	2	3
- 50	0.70	0.90	0.57
- 75	0.73	0.93	0.53
-100	0.76	0.96	0.50

Skillnaderna i Q^* nattetid mellan de två lägena kan i princip ha tre olika orsaker,

- olika horisontavskärmningar i respektive punkt
- olika emissivitet (ϵ) hos underlaget -"-
- olika ytemperatur -"- -"-

Effekten av respektive faktor på förhållandet $\alpha = Q_B^*/Q_A^*$ kan belysas genom följande uppskattningar.

Som framgår av figur 3 är horisontavskärmningen i punkt B (fältet) relativt betydande, framför allt i sektorn N-SO, och värdet för den relativa fria rymdvinkeln, inkluderande effekten av topografi och skogsvegetation (ca 10 m hög), är $\phi_s = 0.75$.

I punkt A (berget) råder däremot fri horisont i alla riktningar' $\psi_s = 1.0$. Om horisontavskärmningen vore den enda orsaken till den svagare nettostrålningen på fältet borde kvoten Q_B/Q_A vara konstant ≈ 0.75 . Detta är approximativt fallet under perioden med snötäcke (period 1) men däremot inte under period 2 och 3.

Emissiviteten hos den effektivt strålade ytan torde under period 2 och 3 ha varit mycket lika ($\epsilon \approx 0.95$) i båda punkterna. Under period 1, med gammalt snötäcke, kan emissiviteten på fältet ha varit något lägre, $\epsilon_B \approx 0.85$. Kvoten Q_B/Q_A torde dock inte ha varit mindre än 0.9 p g a lokala skillnader i ϵ under någon period.

För att uppskatta de skillnader i ytemperatur, som skulle motsvara ovan erhållna värden för kvoten $\alpha = Q_B/Q_A$ kan följande uttryck uppställas

$$T_B^4 = \alpha \cdot T_A^4 + \frac{L + (1 - \alpha)}{\epsilon \sigma} \quad (6)$$

Med $\epsilon = 0.95$ och rimliga värden på L och T_A samt α enligt tabellen nedan erhålles följande differenser $\Delta T = T_B - T_A$ för respektive period

Temperaturskillnaden $\Delta T = T_B - T_A$ med T_B beräknad enligt ekv (6).

T_A (°C)	P e r i o d								
	1 ($\alpha = 0.73$)			2 ($\alpha = 0.93$)			3 ($\alpha = 0.53$)		
	$L + (W/m^2)$			$L + (W/m^2)$			$L + (W/m^2)$		
	200	250	300	200	250	300	200	250	300
-10	-4	-1	+3	-1	± 0	+2	-7	-1	+5
0	-6	-3	± 0	-2	-1	± 0	-11	-5	± 0
+10	-8	-5	-3	-2	-1	-1	-15	-10	-4

De beräknade temperaturdifferenserna är alla av rimlig storlek, vilket alltså innebär att de observerade skillnaderna i nattlig nettostrålning mellan punkt A och B skulle kunna bero - åtminstone delvis - på skillnader i ytemperatur. Av tabellen framgår också att $T_B < T_A$ (utom för $L = 300 W/m^2$) i kombination med relativt låga T_A -värden, vilket torde vara en något orealistisk kombination). Förklaringen till denna skillnad måste sökas i den aktiva (effektivt strålade) ytans egenskaper i respektive punkt. Fältet består av tung, tidvis vattendränkt lerjord med gammal stubb medan "ytan" i punkt A utgörs av en svårdefinierad blandning av trädronor och gräs - eller mossbevuxen, kuperad berggrund.

Sammanfattningsvis kan man ur mätningarna dra slutsatsen att markytan på fältet avkyls kraftigare nattetid än den effektivt strålände ytan på den skogsklädda bergshöjden, trots att utstrålningen från fältet reduceras genom horisontavskärmningen.

Under dagtid ($Q^* > 0$) styrs nettostrålningen framför allt av solinstrålningen och underlagets albedo. Den långvariga delen ($L^* = L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$) utgör då endast 10-20% av Q^* . Horisontavskärmningen på fältet medför en lokal försening av soluppgången med ca 2 timmar (se solbanorna i figur 3), vilket kan orsaka en del av reduktionen i Q_B^* under dagtid. Vid större positiva Q^* -värden är emellertid skillnaderna för stora för att kunna förklaras av horisontavskärmningen. En något approximativ beräkning (se vidare nedan) av albedovärdena för fältet (A_B) respektive berget (A_A) ger följande värden,

$$\begin{aligned} \Delta A &= A_A - A_B \approx 0.4 \text{ för period 1} \\ \Delta A &= \text{"} \approx 0 \quad \text{"} \quad 2 \\ \Delta A &= \text{"} \approx 0.2 \quad \text{"} \quad 3 \end{aligned}$$

Under dagtid gäller approximativt $\Delta Q^* \approx G \cdot \Delta A$ (jfr ekv (1)). I nedanstående tabell jämförs denna uppskattning med motsvarande värden enligt ovanstående regressions samband för $Q^* > 0$.

G (W/m ²)	$\Delta Q^* = Q_B^* - Q_F^*$ (W/m ²)					
	Period 1		Period 2		Period 3	
	$\approx G \cdot \Delta A$	enl repr samband	$\approx G \cdot \Delta A$	enl repr samband	$\approx G \cdot \Delta A$	enl repr samband
100	40	39	0	-5	20	20
200	80	83	0	-7	40	38
400	160	177	0	-9	80	65
600	240	274	0	-9	120	88

Överensstämmelsen är som synes god, utom möjligen för höga globalstrålningsvärden vid barmark (period 3), och tyder på att de uppmätta, lokala skillnaderna i $Q^* (> 0)$ väsentligen återspeglar skillnader i underlagets albedo.

En indirekt bestämning av albedot för berget (skogen) respektive fältet har gjorts med hjälp av mätningarna av globalstrålning (G_B) och nettostrålning (Q_B, Q_A). Metoden, som beskrivs nedan, bygger på antagandet att $L^* = L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$ kan betraktas som konstant under vissa, utvalda dygn med stationärt helmulen himmel (låga moln, molnbas 100-300 m) och svag dygnsvariation i lufttemperaturen. Antagandet innebär att temperaturdifferensen mark-molnbas, $\Delta T_{S,C}$, är oförändrad under dygnet. En enkel feluppskattning på basis av ekv (3) och (4) ger att felet i L^* p g a en ändring i temperaturdifferensen mark-molnbas under dygnet är

$$\delta L^* \approx 5 \cdot \delta(\Delta T_{S,C}) \quad (7)$$

Under dygn med ovan nämnda karakteristika är skiktningen neutral eller svagt stabil, vilket innebär att temperaturdifferensen, $\Delta T_{S,C}$, mellan marken och molnbasen bör vara $\sim \pm 0-3^\circ\text{C}$. Ändringen i $\Delta T_{S,C}$ bör vara mindre, $\sim \pm 1-2^\circ\text{C}$, vilket ger en osäkerhet $\delta L^* \sim 5-10 \text{ w/m}^2$.

Om det stationära, nattliga värdet på L^* ($L_{\text{natt}}^* = Q_{\text{natt}}^*$) antages gälla även under den efterföljande dagen kan albedot (A) beräknas ur ekv (1) enligt

$$A \approx 1 - \frac{Q_{\text{dag}}^* - L_{\text{natt}}^*}{G} \quad (8)$$

Globalstrålningen (G) i ekvation (8) kan i dessa vädersituationer antagas vara densamma i båda punkterna.

Värdet beräknas för successiva timmar under den efterföljande dagen så länge molnighetsförhållandena kan betraktas som stationära. Resultaten har sammanställts i följande tabell, där standardavvikelse avser timvärdenas variation mellan olika timmar under respektive dag.

Tabell 1

Albedo-värden (medelvärde och standarddeviation) beräknade för utvalda dygn

DATUM	BERGET	FÄLTET	ANM
03-20	0.11±0.06	0.50±0.12	Gammalt snötäcke
03-22	0.12±0.05	0.55±0.09	-"-
03-23	0.12±0.05	0.57±0.10	-"-
04-03	0.10±0.03	0.10±0.04	Smältande snö,
04-07	0.03±0.03	0.03±0.03	vattensamling på
04-17	0.02±0.02	0.09±0.05	fältet
04-30	0.01±0.01	0.11±0.05	-"-
05-08	0.07±0.02	0.21±0.05	Barmark
05-13	0.08±0.03	0.27±0.02	-"-
05-17	0.08±0.03	0.25±0.05	-"-
05-18	0.03±0.02	0.18±0.06	-"-

Resultaten är fullt rimliga vid jämförelse med publicerade data (WMO, 1981, Sellers, 1965). Av tabellen framgår också att skogens albedo förändras betydligt mindre än fältets från perioden med snötäcke till perioden med barmark. Det endast något högre albedot för berget före snösmältningsperioden kan tolkas som en effekt av att reflexionen från den snötäckta markytan mot rymden dämpas kraftigt i skogen. Träden bör även under denna period ha varit i huvudsak fria från snö. För fältet medför snösmältningen en kraftig sänkning av albedot. Orsaken är sannolikt att en vattensamling uppstod, som täckte en stor del av fältet.

4.3 Lokala temperaturförhållanden

Skogsterrängen tillförs alltså, särskilt vid snötäckt mark, väsentligt större energimängder än det öppna fältet genom absorption av solinstrålningen. Effekten härav på lufttemperaturen är i regel liten men kan vid vissa tillfällen bli påtaglig.

För att exemplifiera interna temperaturvariationer i undersökningsområdet redovisas i figur 5 temperaturförlopp för två lägen, berget (A, 2.6 m) och gattet (C, 1.8 m), vindhastigheten i toppen av masten på berget (A) och variationen i luftskiktningens stabilitet (Pasquill-Turner klass, PT, Ring, m fl, 1973). Figuren innehåller data från ca 2 veckors mätningar och representerar förhållandena dels under perioden med stabilt snötäcke (t o m 03-24) dels under avsmältningsperioden. Temperaturen i gattet är i regel nära densamma som i punkt B men uppvisar något lägre värden ($\sim 0.5^{\circ}$) vid tillfällen med kallluftbildning. Stabiliteten är framräknad ur Tullingedata och representerar den allmänna vädersituationen. Denna första del av perioden kännetecknades av mulet och nederbördsrikt väder med liten eller måttlig daglig temperaturvariation. Perioden 1982-03-25--04-01 visar karakteristiskt annorlunda förhållanden.

Av figuren framgår att temperaturdifferenserna mellan de två lägena är små under dagtid för hela perioden. Skiktningen i luftlagren är samtidigt instabil - svagt stabil (stabilitetsklass 3-5), vilket också visar att luftmassorna i området under dagen bör vara relativt väl omblandade. Natttid 1982-03-21--25 uppstår kortvarigt mindre temperaturdifferenser mellan stationerna. Detta sker i samband med tillfälliga ökningar av stabiliteten (6-7) och vindstyrkor lägre än 3.5 m/s i toppen av bergmasten. Den maximala temperaturskillnaden under dessa nätter uppgår till ca 0.7°.

Under några soliga dagar, 03-27--04-01 i början av snösmältningsperioden sker en viss lokal temperaturförhöjning ($\sim 0.8^{\circ}\text{C}$) på berget mitt på dagen. Skiktningen är vid dessa tillfällen instabil - neutral (3-4) och vindhastigheten 3.5-4 m/s. Under fyra nätter 1982-03-27--30 och 1982-03-31--04-01 uppstår betydande temperaturskillnader mellan stationerna med som mest 2.5°C lägre temperatur i gattet (C). Vid dessa tillfällen är skiktningen stabil - mycket stabil (6-7) och vindhastigheten 1-3 m/s. Denna markerade differens uppkommer däremot inte natten 1982-03-30--31 när stabiliteten är svagare och vindhastigheten högre.

Läget i gattet har avsevärt större horisontavskärmning än läget på fältet och bör därför ha en något reducerad nattlig nettostrålning i jämförelse med fältet, (punkt B). De beskrivna situationerna visar att man vid stabil skiktning och svag vind natttid får en lokal stagnation av luftströmningen i gattet (C). Trots den svagare strålningsavkyllningen (jfr figur 4) medför utstrålningen en större temperatursänkande effekt i gattet (och på fältet) än i det mera vindutsatta läget på berget. I och med att temperaturen sänks förstärks dessutom stabiliteten lokalt i gattet, vilket ytterligare ökar stagnationen och möjligheterna för temperatursänkning.

Soliga dagar under barmarksperioden (fr o m omkring 04-28) ger ett något ökat temperaturöverskott ($1-2^{\circ}\text{C}$) på berget relativt fältet, trots att skillnaden i albedo och i positiv nettostrålning är mindre än under perioden med snötäcke. Ökningen kan förklaras av en snabbare vattenavrinning och upptorkning av markytan på berget än på fältet. Härigenom åtgår den absorberande solstrålningen i mindre utsträckning för avdunstning av vatten på berget än på fältet. Det nattliga temperaturunderskottet på fältet är i stort oförändrat under barmarkperioden jämfört med perioden med snötäcke.

Förloppet av de lokala temperaturdifferenserna vid kraftig instrålning under dagen och stor nattlig utstrålning under barmarksperioden exemplifieras i figur 6 i form av ett höjd-tidssnitt. Figuren visar temperaturdifferensen i respektive mätpunkt och vid respektive tidpunkt relativt temperaturen på den högst belägna mätnivån (berget, 17 m ö m; ca 57 m ö h). På denna referensnivå bör temperaturen vid varje tidpunkt vara nära konstant över hela området.

Marknivån i mätpunkt D (bergsslutningen) har markerats över hela figuren. Som framgår av figuren är differenserna störst närmast den lokala markytan. Under dagen blir luften över bergets övre del något varmare än över fältet. Avkylningen under natten är kraftigast över fältet, där temperaturen blir som mest ca 2.5^o lägre än på berget.

Den maximala nattliga temperaturdifferensen över det ca 43 m djupa skiktet mellan fältet (punkt B, 3.4 m ö m) och referensnivån på berget (punkt A, 17.2 m ö m) har analyserats som funktion av vindhastigheten, \bar{u} , på fältet (punkt B, 10.9 m ö m) och nettostrålningen, Q^* , på fältet (2.8 m ö m).

Regressionsanalys har gett sambandet (för $\bar{u} \geq 0.5 \text{ m s}^{-1}$)

$$T_B(3.4) - T_A(17.2) = a \cdot Q_B^* \cdot \bar{u}_B^b \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{med } a &= 0.03 \\ b &= -1.65 \\ \text{korr koeff} &= -0.67 \end{aligned}$$

Detta ger följande approximativa tabell över det maximala temperaturunderskottet nära marken över fältet vid olika lokal vindhastighet och nettostrålning. Värdena avser en tidpunkt i genomsnitt ca 7 timmar efter solnedgången.

Q (W/m ²)	\bar{u} (10 m ö m)			
	0.5 m/s	1.0 m/s	2.0 m/s	3.0 m/s
-100	-9.5	-3.0	-1.0	-0.5
-75	-7.0	-2.0	-0.7	-0.4
-50	-4.5	-1.5	-0.5	-0.2
-25	-2.5	-0.8	-0.2	-0.1

Resultatet visar tydligt hur känslig kallluftbildningen är för vindhastigheten. Vid mycket svag vind blir också nettostrålningen betydelsefull, jfr ekv (4).

Verifiering av ekvation (4) försvåras av att endast ett fåtal nätter under mätperioden uppvisade renodlad strålningsavkylning (~ vindstill, klar himmel). I många fall med kraftigt negativ nettostrålning ($> -75 \text{ W/m}^2$) på fältet störs avkylningsförloppet under natten efter några timmar av en svag vindökning, som möjligen kan representera ett begynnande kallluftsflöde (se nedan, avsnitt 4.4).

Totalt 9 nätter under mätperioden uppvisar nettostrålning $\leq -50 \text{ W m}^{-2}$ och vindhastighet $\leq 2 \text{ m s}^{-1}$ under hela avkylningsförloppet.

Regressionsanalys av avkylningsförloppet på fältet och på berget enligt ekvation (4) under dessa nätter gav följande resultat

Natt	Fältet			Berget		
	Q^* W/m ²	\sqrt{kC} Jm ⁻² s ^{-1/2} k ⁻¹	korr koeff	Q^* W/m ²	\sqrt{kC} Jm ⁻² s ^{-1/2} k ⁻¹	korr koeff
03-25/26	-54	1874	0.986	-71	2502	0.987
26/27	-71	2406	0.904	-90	2416	0.943
29/30	-56	2044	0.823	(-64	5586	0.746)
31/01	-59	1702	0.978	-77	3537	0.946
04-04/05	-100	2458	0.966	-103	2044	0.946
05-09/10	-53	933	0.792	-71	3197	0.956
11/12	-61	1198	0.819	-92	2752	0.971
13/14	-59	694	0.957	-89	2386	0.837
14/15	-55	691	0.978	-89	3799	0.966
M v	-63	1556	0.911	-83	3135	0.922

Storheten $\mu = (kc)^{1/2}$, som här har karaktären av en materialkonstant, visar stora variationer från fall till fall. Värdena är dock, utom i ett fall (berget, 03-29/30) av rimlig storlek, se (Oke, 1981). Även skillnaden i medelvärdena mellan (fältet lerjord) och berget (sten) är kvalitativt rimliga. För fältet finns en tendens till minskande μ -värden, vilket kan motsvara en successiv upptorkning under barmarksperioden.

Ekvation (4) bör kunna användas för en schematisk beräkning av den maximala temperatursänkningen efter solnedgången under ideala - men sällsynta - utstrålningsförhållanden. Om temperatursänkningen på fältet respektive berget beräknas, med ovanstående medelvärden, över 7 timmar erhålles en temperatursänkning från solnedgången på -9.5°C resp -4.7°C och, följaktligen en inbördes temperaturdifferens mellan punkterna på ca 5°C .

4.4 Lokala vindförhållanden

Vindmätningarna inom området uppvisar betydligt mer svårtolkade inbördes skillnader mellan olika mätpunkter än strålnings- och temperaturmätningarna. Redovisningen har därför begränsats till vissa huvudsakliga karakteristiska lokala effekter samt till jämförelse med vindmätningarna från den meteorologiska referensstationen Tullinge flygplats.

Vindriktning

I ett område, med så komplex topografi som i undersökningsområdet, kan man normalt vänta sig stora lokala vindvariationer. Av figur 7a framgår att vindriktningarna på berget (A; 18.1 m) och i Tullinge i stort sammanfaller, vilket visar att mätpunkten på berget bör vara relativt opåverkad av lokal styrning och att huvudströmningsriktningen över Tullinge och Gustavsberg i stort är densamma. I figur 7b redovisas vindriktningssamband för gattet (C, 5.2 m) och Tullinge. Här framträder den lokala styrningen tydligt med huvuddelen av den uppmätta vindriktningarna i gattet centrerade kring värdena 170° och 360° , riktningar som stämmer väl överens med gattets nord-sydliga huvudriktning.

Vindriktningen på fältet överensstämmer i regel nära med riktningen över berget.

Vindhastighet

En jämförelse mellan uppmätta vindhastigheter för två nivåer på berget (A) presenteras i figur 8a. Här har kvoten mellan vindhastigheterna på 10.2 och 17.5 m plottats mot den samtida vindriktningen på berget (A, 18.1 m). Det generaliserade sambandet i figuren visar att kvoten mellan hastigheterna är högst i intervallet $330-110^{\circ}$ (≈ 0.9) och minst i intervallet $200-310^{\circ}$ (≈ 0.7). Förklaringen till variationen är huvudsakligen att söka i vegetationsförhållandena runt mätplatsen. I det första riktningsintervallet saknas skärmande högre träd nästan helt eftersom berget faller brant här, medan vinden i det senare intervallet går över skog med större hastighetsnedsättande effekt i den lägre nivån.

Motsvarande sammanställning av kvoten för gattet (C, 5.2 m) till berget (17.5 m) finns i figur 8b. Av den framgår att de högsta relativa vindhastigheterna i gattet förekommer vid vind i gattets huvudriktning (N-S). I denna led går vinden fram över åker med liten hastighetsnedsättande effekt. Dessutom tillkommer här en hastighetsökning på grund av sammanträngning av strömningen i gattet, varigenom hastigheten ibland blir t o m högre i gattet än över berget.

Sambandet för kvoten mellan vindhastigheten på 10.9 m höjd på fältet (B) och 17.5 m höjd på berget (A) och vindriktningen på berget (figur 8c) visar en tendens till svag relativt hastighetsmaximum på fältet vid vindar runt 140° och ett starkare maximum omkring 350° .

Spridningen av kvoterna i figur 8a är betydligt mindre än i figur 8c - och även mindre än i figur 8b. Detta återspeglar den större förekomsten av vindstilla (< 0.5 m/s) i de lågt liggande partierna, speciellt i punkt (B). Stagnation av strömningen över fältet inträffar under ett fåtal nätter med svag överlagrad vind från N-O och kraftig utstrålning.

Mätningarna visar, som redan nämnts, att kallluftsbildningar över det låglänta fältet lätt störs av tillfälligt ökad molnighet eller av även en måttlig ökning av den överlagrade vindhastigheten. I flera fall med stor negativ nettostrålning nattetid visar vindmätningarna först ett vindavtagande under första kvällstimmarna, vilket på fältet leder till att strömningen i det närmaste stagnerar. Senare på natten sker ofta en viss vindökning, som möjligen kan representera ett kallluftflöde ned mot den lågt liggande åkern.

5. BERÄKNING AV LOKAL KLIMATSTATISTIK

5.1 Vind

För att räkna fram flerårsserier av vind för olika lägen har använts en tidigare utvecklad generell metod (Högström o Högström, 1978, Taesler o Karlsson, 1980, Glaumann o Taesler, 1984, Taesler, 1984). Metoden, som testats bl a i några tidigare BFR-projekt, går i korthet ut på att transformera data från lämplig meteorologisk referensstation med hänsyn till markens skrovlighet, vindriktning i olika sektorer omkring både referensstationen och den lokala platsen och luftlagrens stabilitet (PT-klass) för varje timme. Den meteorologiska station som har använts är Tullinge.

Framräkning av flerårsserier har gjorts enligt ovan nämnda metod för berget (A) gällande för nivån 10 m. Nivån 10 m har valts för att möjliggöra direkt jämförelse med vindmätningar enligt meteorologisk standard. Metodiken medger dock beräkning av vindstatistik för godtycklig nivå.

Figur 9 visar dels sambandet mellan samtidigt uppmätta vindhastigheter (10 min-medelvärden) på Tullinge och på berget (9a) respektive fältet (9b) dels motsvarande samband för de beräknade och uppmätta hastigheterna på fältet (9c) respektive berget (9d). Figur 9a visar systematiskt högre uppmätta hastigheter över berget än på Tullinge i hastighetsområdet $< 5 \text{ m s}^{-1}$. Denna förstärkning kan vara rent dynamisk - representerande en lokal acceleration i strömningen över berget. Orsaken kan dock - speciellt vid svaga vindar, som i regel är förenade med stabil skiktning nattetid - vara att strömningen tenderar att stagnera över flygplatsen tidigare än över det lokalt högre belägna berget.

Både de uppmätta och beräknade hastigheterna visar stor spridning. En jämförelse mellan fig 9a och 9c visar en endast något förbättrad centrering av de beräknade hastigheterna omkring 1:1 linjen. Detta tyder på att avvikelserna mellan hastigheten i Tullinge och på berget inte helt kan förklaras av den vid en viss tidpunkt rådande kombinationen av vindriktning och stabilitet. Vindriktningen på de båda platserna är, som framgått ovan (figur 7), i huvudsak densamma. Orsaken till den stora kvarstående spridningen i figur 9c har t v inte närmare kunnat klarläggas. Flera förklaringar är möjliga. Även mindre inbördes avvikelser i vindriktningen kan i vissa fall innebära väsentligt olika skrovlighetsförhållanden uppströms respektive punkt. Eliminering av sådana fel fordrar troligen en mycket detaljerad skrovlighetskartering. Stabilitetsklassificeringen ur Tullinge-observationerna kan ha otillräcklig representativitet för Gustavsberg i vissa situationer.

Vidare kan spridningen delvis bero på att flygplatsobservationerna endast har en upplösning i vindhastighet på 0.5 m s^{-1} (vilket även återspeglas i figur 9a). Noggrannheten i dessa observationer är dessutom sannolikt ej bättre än $\pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$. Utgångsvärdet för beräkningen av den lokala vindhastigheten kan därför ha ett slumpmässigt fel av ca $\pm 1 \text{ m s}^{-1}$.

Utöver de nämnda felkällorna tillkommer, även vid en medelvärdestid av 10 min, också effekten av turbulenta hastighetsvariationer i respektive punkt. Under stickprovsmässigt utvalda perioder med stationär medelvindhastighet visar 10-min medelvärdet av vindhastigheten på berget en standarddeviation på ca 15% av medelvindhastigheten. Om strömningen antages vara densamma i båda punkterna och om de turbulenta fluktuationerna i respektive punkt antages inbördes okorrelerade är standardavvikelsen för hastighetsskillnaden ca 20%. Detta är då den minsta spridning man kan förvänta i de samtidigt uppmätta hastigheterna. Trots de ovan nämnda osäkerheterna ger dock figur 9c vid handen att omräkningsmetoden inte orsakar något väsentligt, systematiskt fel i det aktuella fallet. Metoden har därför använts för att generera vindstatistik för den lokala referensnivån (berget, 10 m).

Figur 9b visar dels att fältet är väl vindskyddat av den omgivande terrängen vid de flesta vindhastigheter (\bar{u} Tullinge $> 2.5 \text{ m s}^{-1}$). Vid de högsta vindhastigheterna, som observerades på Tullinge under mätperioden, är hastigheten på fältet endast ca hälften av dessa. Reduktionen är även approximativt densamma i förhållande till hastigheten på berget. Vid de svagaste vindarna (\bar{u} Tullinge $< 2 \text{ m s}^{-1}$) är dock hastigheten något högre på fältet, vilket, som nämnts ovan, eventuellt kan representera ett lokalt kalluftsflöde.

Vindhastigheten på fältet (B) har beräknats ur hastigheten på berget genom empiriskt bestämda korrektioner. Korrektionsfaktorer beräknades först ur uppmätta data från perioden 1982-03-12--05-03 som medelkvoter över alla hastigheter för 10° vindriktningsintervall av hastigheten på fältet och på berget. Den ovan nämnda tendensen till kalluftsflöde har inkluderats schematiskt i omräkningen genom att addera en konstant korrektion (0.7 m s^{-1}) till den ur medelkvoten primärt beräknade hastigheten vid stabil skiktning. Korrektionen är emellertid för grov, vilket framgår ur figur 9d genom att den uppmätta hastigheten överskattas vid de svagaste vindarna ($> 1.5 \text{ m s}^{-1}$).

Omräkningen ger i övrigt en acceptabel överensstämmelse utan större systematiska fel, jfr figur 9d, men med stor spridning även i detta fall.

Flera olika orsaker till denna diskrepans är möjliga. Bl a kan orsaken vara att Tullinge ligger längre från kusten än Gustavsberg. I stabila svagvindssituationer kan man, speciellt vid vindar från N-O, vänta sig att den allmänna strömningen stagnerar tidigare eller i högre grad längre inåt land än nära kusten.

Ovanstående diskussion visar att bestämningen av lokala vindförhållanden i ett område med så komplex beräkning som i det aktuella fallet erbjuder avsevärda svårigheter. Den här prövade metodiken kan vara användbar som en första approximation men behöver utvecklas vidare. Detta har dock inte varit möjligt inom ramen för detta projekt.

5.2 Temperatur

För att ta fram en metod för framräkning av flerårsserier av temperatur för olika lägen i Gustavsbergsområdet har en statistisk analys av uppmätta data från Gustavsberg och Tullinge utförts. Data från berget (A, 2.6 m) och från fältet (B, 3.4 m) har jämförts timme för timme med Tullingedata. Ur denna jämförelse har medelavvikelsen vid olika stabilitet, beräknade ur Tullinges observationer, instabilt - mycket stabilt = PT3-PT7) räknats fram. Dessutom har korrektioner för ett specialfall, representerande strålningsdominerade temperatureffekter, tagits fram. Medelavvikelserna (normalkorrektion) plus specialkorrektionerna har sedan utnyttjats vid omräkningen av Tullingedata till de två lägena berget (A, 2.6) och fältet (B, 3.4). Korrektionerna sammanfattas i tabell 2 och 3.

Tabell 2

Temperaturtermer (°C) som adderas till Tullingedata vid omräkning till temperatur på berget (A, 2.6)

Stabilitet, Normal-PT-klass	Normal-korrektion	Korrektion vid vindhastighet < 1.5 m/s och molnighet 0-2/8
3	-0.2	-0.2
4	-0.2	-0.2
5	±0.0	±0.0
6	+0.8	+3.8
7	+1.7	+2.9

Tabell 3

Temperaturtermer (°C) som adderas till Tullingedata vid omräkning till temperatur på fältet (B, 3.4)

Stabilitet, Normal-PT-klass	Normal-korrektion	Korrektion vid vindhastighet < 1.5 m/s och molnighet 0-2/8
3	-0.3	-0.3
4	-0.1	-0.1
5	+0.2	+0.2
6	+0.6	+2.7
7	+1.0	+2.0

Den genomsnittliga, årliga frekvensen (%) av olika stabilitetsklasser enligt Tullinge-observationerna är följande,

PT = 3	10.8%
PT = 4	36.6%
PT = 5	19.5%
PT = 6	21.3%
PT = 7	11.8%

Detta ger, med användande av normalkorrektionerna ovan, en genomsnittlig, årlig temperaturdifferens relativt Tullinge, enligt

Berget: $\Delta T = +0.3^{\circ}\text{C}$
 Fältet: $\Delta T = +0.2^{\circ}\text{C}$

Avvikelserna är alltså mycket små både relativt Tullinge och inom området.

5.3 Samvariation vind-temperatur

Med användande av de ovan nämnda metoderna för omräkning av timvisa vind- respektive temperaturopbservationer har lokala frekvensfördelningar beräknats på basis av Tullinge-observationerna under 25-års-perioden 1955-79. Härvid har använts programsystem, som utvecklats vid SMHI i samband med ett tidigare BFR-projekt (Taesler, 1984). Exempel på dessa frekvensfördelningar redovisas i tabellform i figur 10, avseende den kallaste månaden (februari). Tabellerna i figuren ger samvariationen av vindhastighet och vindriktning i form av relativa frekvenser för olika vindklasser samt medeltemperaturer för varje vindklass, dels för referensstationen Tullinge dels efter omräkning till lokal plats. (Det fullständiga tabellmaterialet, omfattande samtliga kalendermånader, är alltför omfattande för att publiceras här. Tabellkopior av denna typ kan dock erhållas från SMHI för olika stationer i landet). Tabellerna har även lagrats på datormedium, dels för hela perioden 1955-79 dels för varje enskilt år. Detta material användes för de i följande avsnitt redovisade beräknade energiförlusterna för en byggnad.

6. ENERGIFÖRLUSTER I BYGGNADER

6.1 Överslagsberäkningar

För jämförelse med följande resultat från ENLOSS-beräkningarna har först gjorts en enkel uppskattning av energiförlusten för en byggnad med givna data enligt 6.2 nedan.

Det genomsnittliga antalet gradtimmar/år vid en bas-temperatur av +20°C är ca 129000 för Tullinge. Detta ger en transmissionsförlust

$$Q_T = 0.15 \cdot 220 \cdot 129000 = 4260 \text{ kWh/år}$$

Vid en konstant, fläktstyrd ventilation på 0.5 oms/h blir ventilationsförlusten

$$Q_V = 0.5 \cdot 330 \cdot 129000 = 21285 \text{ kWh/år}$$

Den totala energiförlusten är alltså ca 25500 kWh/år.

Om man räknar med att fläktsystemet är försett med en värmväxlare med ca 60% verkningsgrad reduceras Q_V till ca 8500 kWh/år och totalförlusten till ca 12800 kWh/år.

Transmissions- och ventilationsförlusterna ovan, liksom motsvarande data enligt ENLOSS-beräkningarna nedan avser hela året, inklusive sommarmånaderna. Värdena utgör alltså bruttoförluster och avser de totala energimängder, som avges från huset p g a yttre klimatpåverkan. Nettobehovet av "köpt" energi är givetvis betydligt lägre p g a "gratisvärme" från personer, belysning m m. Solvärmestillskott behandlas längre fram.

6.2 ENLOSS-beräkningar

För att beräkna energiförlusten i byggnader i olika lägen i området har den s k ENLOSS-modellen använts. Modellen är utvecklad vid SMHI och beskrivs i en kommande rapport (Taesler, 1985). Vid beräkningarna bestäms förluster p g a transmission och infiltration (läckflöde) separat. Summor beräknas för varje månad och olika vindriktningar. Beräkningar med modellen har utförts för två lägen i undersökningsområdet, berget (A) och fältet (B), för ett "testhus", definierat som ett mycket välisolerat enplanshus med planmått 12 x 8 m, totalhöjden 5 m och taklutningen 35°. Byggnadens ytterarea (väggar + tak) är 220 m² och den uppvärmda volymen 330 m³. k-värdet för huset har satts till 0.15 och läckfaktorn till 0.4 för väggarna och 0.2 för taket. Formfaktorer har valts enligt SBN-75. Byggnadens längdaxel (taknock) har antagits orienterad i O-V. Vid beräkningarna har vind- och temperaturdata för perioden 1955-79 använts, vilka är framräknade ur Tullingedata med de metoder som beskrivits i tidigare kapitel.

6.2.1 Energiförluster för medelår

I tabell 4 presenteras beräknade årsmedelvärden, grundade på de omräknade 25-års-serierna för punkt A (berget) och B (fältet), avseende totala energiförluster. Transmissionsförluster repektive läckflödesförluster redovisas separat.

Tabell 4
Energiförluster för testhus beräknade med ENLOSS-
modellen (kWh/år). Medelvärden 1955-79.

	<u>Berget (A)</u>	<u>Fältet (B)</u>
Total förlust	9 155	8 486
Transmissionsförlust	4 809	4 817
Infiltrationsförlust	4 346	3 669

I jämförelse med den överslagsmässiga beräkningen ovan ger ENLOSS-modellen ca 15% högre transmissionsförluster. Detta beror på att modellen innehåller ett vindhastighetsberoende för det yttre värmeövergångstalet.

Infiltrationsförlusterna är däremot mycket mindre. Förklaringen härtill är att luftomsättningen p g a yttre vindtryck och temperaturdifferens ute-inne blir betydligt lägre än 0.5 oms/timme under den övervägande delen av årets timmar.

Betydelsen av exponering för olika vindar blir därför beroende av om, eller i vilken grad, de beräknade infiltrationsförlusterna kan adderas till fläktsventilationen, vilket i sin tur beror av, vilken typ av ventilationssystem som användes. Den fortsatta diskussionen av resultaten avser därför främst sådana fall, där infiltrationsförlusterna kan betraktas som approximativt additiva till övriga ventilationsförluster.

Resultaten visar att transmissionsförlusten är så gott som identisk för de båda lägena, medan infiltrationsförlusten är avsevärt större på berget p g a de högre vindhastigheterna. En slutsats, som kan dras av detta, är att de kallluftsbildningar, som tidvis kan förekomma på fältet, är för små eller sällsynta för att ha någon påtaglig inverkan på den i huvudsak temperaturberoende transmissionsförlustens årsmedelvärde. Detta strider mot vår tidigare, kvalitativa bedömning att lågt liggande, kallluftutsatta områden ej bör användas för småhusbebyggelse.

6.2.2 Energiförluster år för år 1955-79

Förloppen av den totala energiförlusten år för år under 25-års-perioden för berget (A) och fältet (B) är uppräntade i figur 12. Skillnaderna mellan olika år är betydande, som mest 2500 (10500 - 8 000) kWh/år på berget och 2350 (9750 - 7400) kWh/år på fältet. Skillnaden mellan de båda lägena varierar mellan 525 och 875 kWh/år och är i medeltal 669 kWh/år eller ca 8%.

I figur 13 jämförs transmissionsförlusten år för år för de två lägena. Motsvarande kurvor för infiltrationsförlusten visas i figur 14. Transmissionsförlusterna är praktiskt taget identiska lika för båda lägena varje år. De skillnader i energiförlust, som uppträder mellan de två lägena, beror så gott som uteslutande på differensen mellan infiltrationsförlusterna. Figurerna 15 och 16 visar de årliga transmissions- och infiltrationsförlusterna för berget respektive fältet.

6.2.3 Energiförluster p g a vind från olika riktningar

Energiförlusterna varierar med anblåsningsriktningen mot huset. Den största andelen av förlusterna erhålls vid anblåsning från 150-250° och från 300-20° (figur 17). Dessa riktningar stämmer väl överens med de mest frekventa vindriktningarna på Tullinge (Taesler, 1972) liksom med gradtimmarnas riktningsfördelning, figur 11.

Den största procentuella skillnaden mellan lägena uppträder i intervallet 170-280°.

Andelen förlust på grund av läckflöde respektive transmission för olika anblåsningsriktningar framgår av figurerna 18 och 19. Man ser här tydligt läckflödets ökade effekt på berget.

Ovanstående resultat innebär att bebyggelse på berget (eller i andra motsvarande lägen inom Mossenområdet) med hänsyn till energihushållningen främst behöver skyddas mot NV-vindar och mot vindar inom sektorn S-SV. Detta resultat strider delvis mot vår tidigare, kvalitativa bedömning (Marko m fl, 1982), där lägen i högre terräng bedömdes behöva skyddas främst för vindar mellan O och SV. Däremot har de betydligt kallare N-O-vindarna relativt liten betydelse, främst p g a sin låga frekvens men också p g a relativt svagare vindstyrkor.

Samma vindriktningar ger även i läget på fältet (och andra, liknande lågt liggande partier i Mossen-området) de största relativa bidragen till energiförlusten. Fältet är emellertid redan i nuläget väl vindskyddat vid S-V vindar (jfr figur 8), varför besparingsmöjligheterna genom skydd mot dessa vindar, är begränsade. Däremot bör vindskydd mot NV-vindar vara mer motiverat, eftersom fältet är avsevärt exponerat för dessa vindar.

7. PASSIVT SOLVÄRMETILLSTÅND

Beräkningarna i föregående kapitel avser endast för-luster av värme. För att något belysa möjligheten till passivt solvärmestillskott har följande överslagsmässiga beräkningar gjorts.

Instrålningen mot vertikala ytor med olika orientering har beräknats som medelvärden över 10-års-perioden 1965-74 med utgångspunkt från de meteorologiska timobservationerna från Hårsfjärden. Denna station valdes i stället för Tullinge med hänsyn till att speciellt molnighetsförhållandena bedömdes vara mer representativa för Gustavsbergområdet. Motsvarande beräkningar med utgångspunkt från Tullinge visar dock endast obetydliga skillnader. Beräkningarna har utförts med en datormodell (SOLTIMSYN), som utvecklats vid SMHI i samband med ett annat BFR-projekt (Taesler o Andersson, 1984). Resultat, avseende dels fri horisont motsvarande punkt A, berget dels horisontavskärmning motsvarande punkt B, fältet, redovisas i tabell 5.

Tabell 5

Beräknade månadssummor av solinstrålning (kJWh/m^2 , mån) mot vertikala ytor orienterade mot olika väderstreck samt mot horisontell yta. Gustavsberg, Hårsfjärden, medelvärden 1965-74

- a) Fri horisont, motsvarande läge A (berget)
b) Lokal horisontavskärmning motsvarande läge B (fältet)

Ytans orientering	M å n a d												Året
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
N a	7.0	18.6	42.2	44.4	52.2	62.7	56.2	40.4	24.3	12.7	6.8	4.1	371.8
	7.0	18.6	42.2	43.5	47.9	56.2	51.3	39.1	24.3	12.7	6.8	4.1	353.7
ND a	7.0	19.1	46.5	56.1	72.7	85.6	76.6	56.3	30.5	13.8	6.8	4.1	475.1
	7.0	18.7	43.6	50.0	63.8	71.8	66.5	50.6	27.3	13.1	6.8	4.1	423.2
O a	9.9	27.9	66.0	79.2	101.0	114.6	102.8	83.5	49.8	25.3	11.9	6.1	677.8
	9.7	25.2	59.9	70.6	91.6	100.9	92.5	76.3	44.0	22.6	11.5	5.7	610.5
SO a	19.7	45.6	91.7	96.2	111.2	119.7	109.6	100.4	69.2	44.9	26.3	14.9	849.4
	16.4	41.9	86.0	90.2	106.9	114.1	105.1	96.0	64.2	41.8	24.6	9.5	796.7
S a	24.9	56.1	108.0	101.3	106.9	110.8	102.5	103.1	78.3	57.1	34.3	19.3	902.5
	19.0	50.5	105.1	100.9	106.8	110.8	102.5	103.1	76.9	54.0	29.7	11.4	870.8
SV a	19.5	45.5	94.7	97.5	112.6	120.6	107.6	102.2	67.9	45.5	26.2	14.9	854.8
	14.6	40.5	92.1	95.9	111.8	120.2	107.1	101.5	67.2	42.9	21.5	8.9	824.2
V a	9.8	27.8	68.4	80.8	102.8	116.1	100.4	85.7	48.7	25.7	11.8	6.1	683.9
	8.4	24.3	65.5	78.0	100.5	114.8	98.7	84.4	47.8	23.5	9.3	5.3	660.5
NV a	7.0	19.1	46.9	57.1	73.8	86.8	75.2	57.6	30.2	13.8	6.8	4.1	478.4
	7.0	18.7	45.5	54.8	71.5	85.3	73.3	56.5	29.7	13.2	6.8	4.1	466.4
Horis. yta	9.2	26.4	70.1	102.2	151.8	179.9	158.0	126.2	69.4	33.5	12.6	5.8	945.2
	8.5	25.6	68.9	100.4	149.7	176.4	155.5	124.7	68.3	32.9	12.3	4.9	928.2

Ur dessa värden har därefter solvärmertilskott genom fönster beräknats. Härvid har antagits att den totala fönsterarean utgör 24 m², fördelad enligt följande (för testhuset med orientering i O-V).

Längsida mot S: 10 m²
 -"- -"- N: 2 "
 Gavel -"- O: 6 "
 -"- -"- V: 6 "

Fönstrens transmissionsförmåga har antagits vara 0.65, oberoende av strålningens infallsriktning.

Beräkningen har upprepats under antagande att byggnaden orienterats med den uppglasade längsidan mot O, SO, SV och V. Resultaten, avseende samtliga orienteringar, är sammanställda i tabell 6.

Tabell 6

Beräknad solvärme (kWh/mån) genom fönster för testhus med olika orientering, beläget på berget respektive fältet.

	Läge berget					Läge fältet				
Månad	Längsidan orienterad mot					Längsidan orienterad mot				
	O	SO	S	SV	V	O	SO	S	SV	V
J	202	241	248	240	201	175	200	203	195	169
F	509	573	606	573	508	465	528	545	524	460
M	1104	1208	1281	1217	1116	1049	1147	1227	1168	1078
A	1188	1299	1340	1305	1196	1123	1227	1292	1254	1162
M	1411	1541	1558	1548	1420	1329	1473	1506	1505	1376
J	1572	1695	1701	1701	1580	1456	1601	1634	1652	1529
J	1418	1529	1532	1520	1405	1329	1455	1479	1478	1362
A	1214	1346	1383	1354	1225	1160	1291	1348	1320	1202
S	787	873	925	869	781	743	824	889	839	763
O	470	541	587	543	472	438	507	547	510	442
N	253	308	324	308	252	229	279	283	271	218
D	138	176	178	176	139	104	118	122	116	102
År	10265	11330	11660	11352	10296	9603	10650	11077	10834	9862

Av tabellen framgår att den totala solvärmeinläckningen under året är av samma storleksordning som den totala årliga energiförlusten enligt föregående. Andelen nyttigjord solvärme är givetvis betydligt mindre. Summering av bidragen under eldningssäsongen (approx. oktober-april) ger värden mellan 3500 och 4500 kWh, beroende på orientering och läge. Läget på fältet ger 7-8% lägre tillskott under dessa månader än läget på berget. Dessa senare solvärmertilskott är jämförbara med "gratisvärme" - tillskotten från hushållsel och personvärme (ca 4000 kWh) i ett normalt småhus under eldningssäsongen (Statens planverk, 1980). I sektorn SO-SV spelar byggnadens orientering relativt liten roll för solvärmertilskottet. Värdena blir dock något högre om långsidan är orienterad mot SV jämfört med mot SO.

Det är av visst intresse att konstatera att den procentuella skillnaden i beräknat solvärmertilskott mellan berget och fältet är större än skillnaden i transmissionsförluster.

8. DISKUSSION

Klimatmätningarna i området bekräftar vissa, men ej alla, av de kvalitativa bedömningar av lokala klimat-effekter, som gjordes tidigare på grundval av allmän klimatologisk kunskap och kartmaterial. Studien illustrerar emellertid också de svårigheter, som man måste räkna med vid lokalklimatologiskt fältarbete. Mätperioden (mars-maj) valdes för att under så kort tid som möjligt erhålla ett brett spektrum av vädersituationer och säsongmässiga skillnader. Detta medför emellertid att olika karakteristiska renodlade vädersituationer endast förekommer kortvarigt och att antalet fall blir litet. En längre mätperiod skulle ge ett bättre statistiskt urval men också innebära ökade kostnader.

Även med en väsentligt längre mätperiod är det omöjligt att på rent empirisk väg bestämma det lokala klimatets statistiska egenskaper med större noggrannhet, speciellt vad gäller frekvens och varaktighet av olika anomalier. Syftet med fältmätningar bör därför vara att testa och/eller lokalt kalibrera teoretiska lokalklimatmodeller, vilka kan appliceras på tillgängliga, mångåriga serier av meteorologiska standardobservationer. Vi arbetar sedan några år vid SMHI med att utveckla eller vidareutveckla samt testa och tillämpa sådana modeller, bl a i samband med olik BFR-projekt. Tidigare erfarenheter visar att man i topografiskt enkla situationer kan erhålla en god statistisk representation av lokala vind- och solstrålningsförhållanden. Temperaturklimatet är svårare att modellera, även om det teoretiska avkylningsförloppet (ekv (4)) i renodlade Extremsituationer ofta kan simuleras framgångsrikt. I ett område med så komplicerad topografi och vegetation som det här aktuella blir, såsom framgår av mätningarna, bestämningen av speciellt det lokala vindklimatet mera osäker. Den allmänna strömningens riktning och hastighet över området kan dock bestämmas utan större systematiska fel, även om spridningen i samhörade timvärden är avsevärd.

Vindförhållandena i området visar stora systematiska skillnader mellan olika punkter. Detsamma gäller nettostrålningen och därmed energitillförseln till underlaget, där markytans tillstånd spelar en stor roll. De resulterande effekterna på temperaturförhållandena är emellertid mindre framträdande i genomsnitt, även om avsevärda skillnader uppträder i renodlade strålningssituationer både dag och natt.

Lokalklimatets betydelse för energihushållningen i bebyggelse är nära förknippad med byggnadernas tekniska konstruktion och utformning. I ett modernt, välisolerat och tätt småhus blir de beräknade transmissionsförlusterna praktiskt taget oberoende av det lokala läget inom det aktuella området.

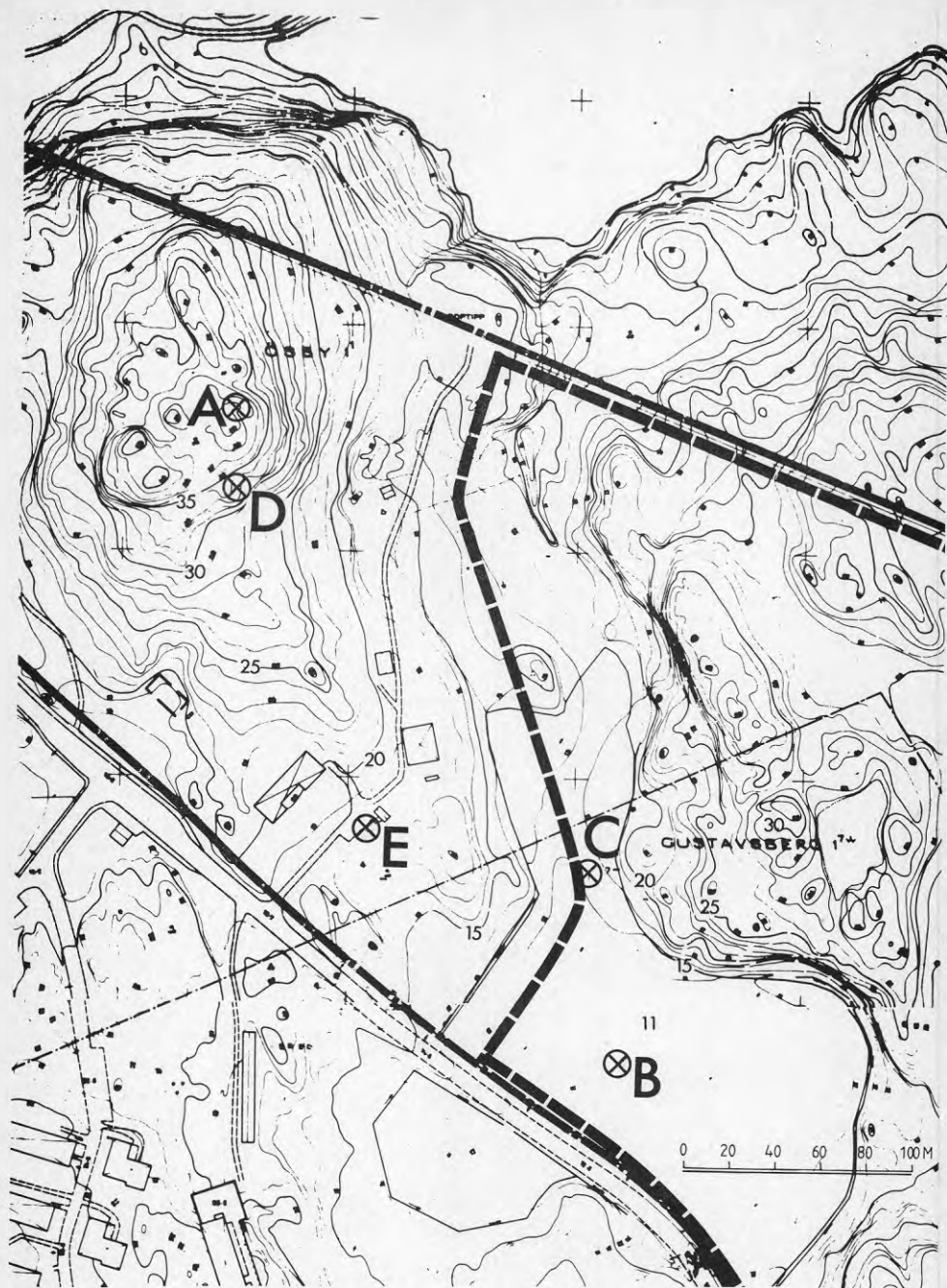
Det bör dock påpekas att mätningarna och de därpå baserade temperaturkorrektionerna inte omfattade högvintern. Vidare dominerades perioden före snösmältningen av mulet och nederbördsrikt väder (se 4.3) med svagt utvecklade lokala temperaturdifferenser. Det är därför möjligt att de lokala skillnaderna i årliga transmissionsförluster kan vara underskattade i beräkningarna. Infiltrationsförlusterna kan skilja sig avsevärt på olika vindexponering. Denna förlustterm är av samma storleksordning som transmissionsförlusten. Betydelsen härav beror emellertid på vilken typ av ventilationssystem som användes - eller i vilken grad infiltrationsförlusten adderas till fläktventilationen. Den senare utgör den dominerande förlusttermen förutsatt att en minimiventilation på 0.5 oms/timme upprätthålles.

Solvärmetillskottet under eldningssäsongen kan bli av samma storleksordning som både transmissions- och infiltrationsförlusterna och är även jämförbart med det interna energitillskottet från hushållsel och personvärme. Trots den relativt begränsade horisontavskärmningen blir solvärmetillskottet på fältet påtagligt (7-8%) mindre än i ett läge med fri horisont.

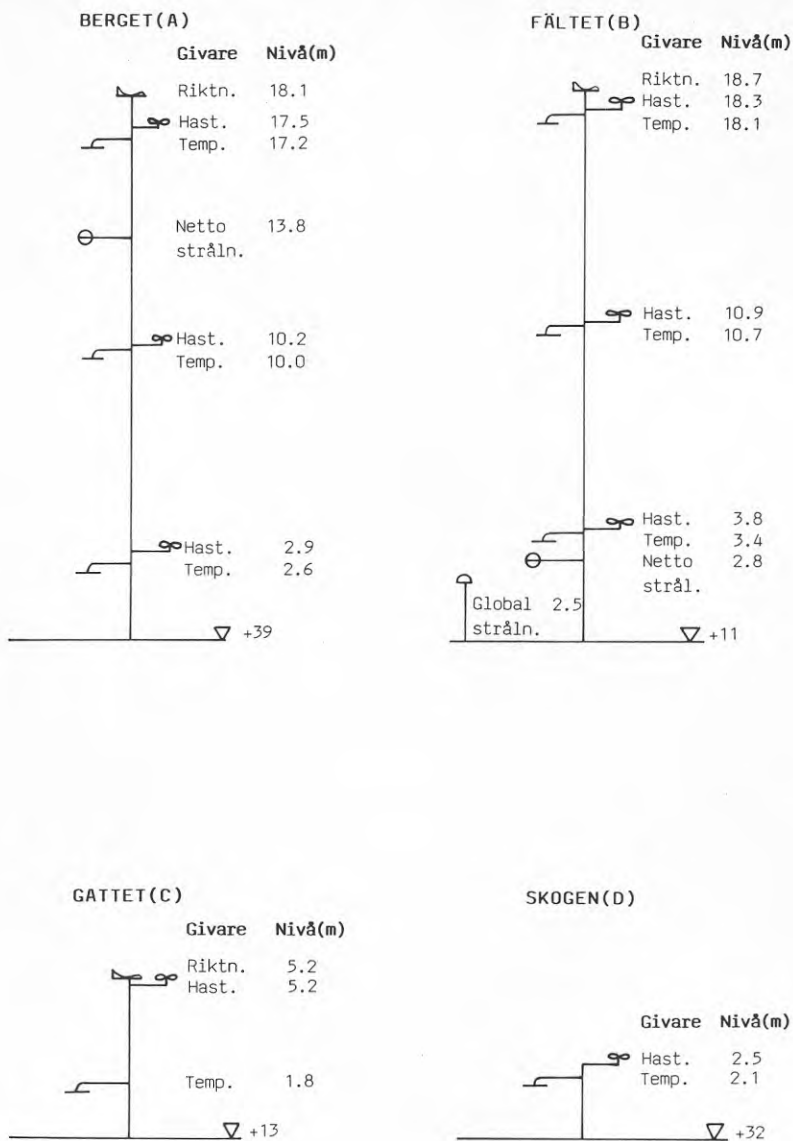
De klimatberoende energiförlusterna varierar avsevärt mellan olika år. Detta kan medföra problem och osäkerheter vid utvärderingen av energisparåtgärder i existerande bebyggelse. En intressant fråga i detta sammanhang är också, vilken effekt en vindskyddande och, eventuellt, temperaturhöjande kompletteringsbebyggelse (inklusive vegetationsridåer) kan få på energihushållningen i äldre hus med sämre isolering och lufttäthet.

Litteratur

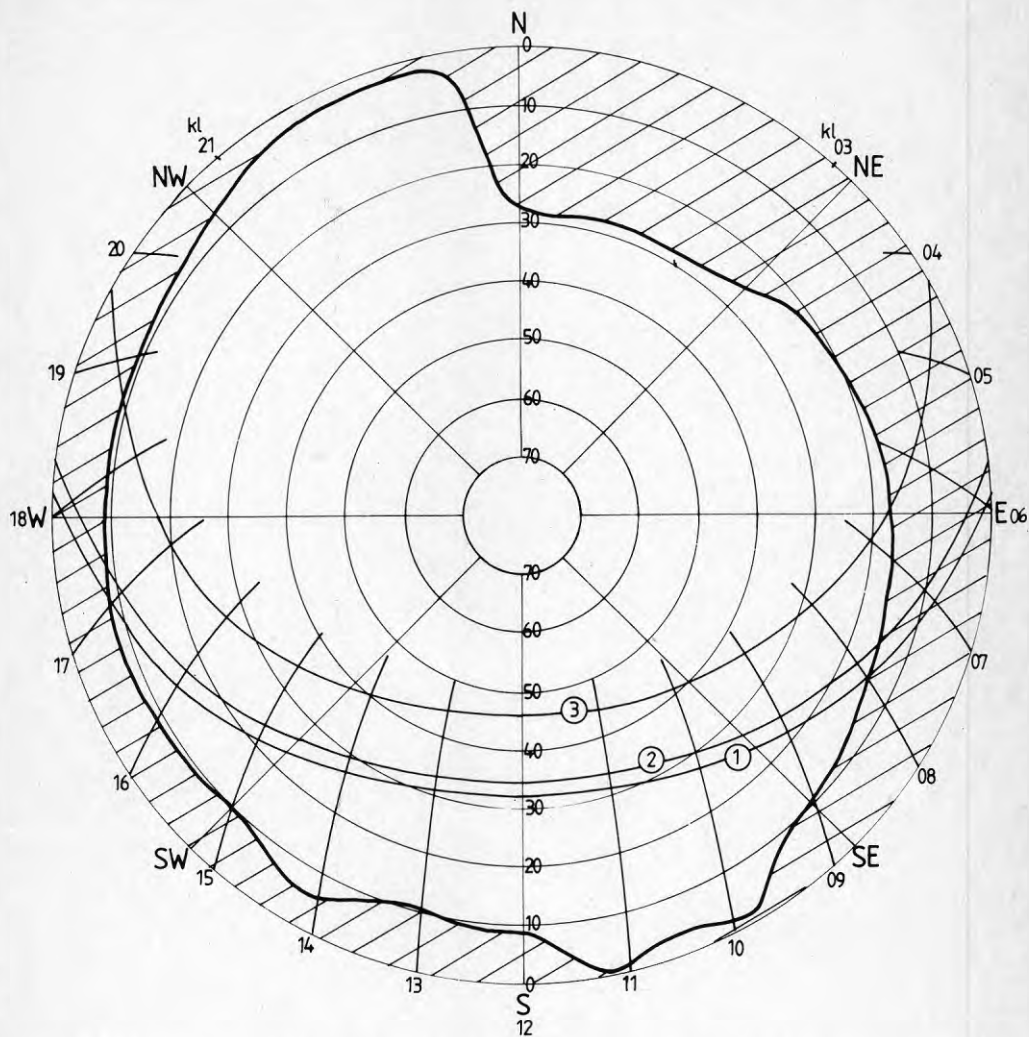
- Glaumann, M. och Taesler, R., 1984, Klimatstudier inför planeringen av energisnål bostadsbebyggelse i Södertuna, Södertälje. BFR-rapport under publicering.
- Högström, A-S. och Högström, U., 1978, A practical method for determining wind frequency distributions for the lowest 200 meters from routine meteorological data. J. Appl. Meteorology, Vol. 17.
- Marko, L., Rydén, B. och Werner, G., 1982, Energistudie Gustavsberg, plankrav och plansekvenser vid områdesplanering. T12: 1982, Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Oke, T.R., 1981, Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. Journal of Climatology, Vol. 1, Royal Meteor. Soc.
- Ring, S., Olsson, L., Ljungkvist, S., 1973, Undersökning av "Pasquill-Turner"-klasser. Intern rapport, SMHI, Norrköping.
- Sellers, W.D., 1965, Physical Climatology, Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Statens Planverk, 1980, Solvärme i bebyggelseplaneringen. Statens Planverk, rapport 53, Stockholm.
- Taesler, R., 1972, Klimatdata för Sverige. Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Taesler, R. och Karlsson, S., 1980, Power-law estimates of the urban wind profile. Reports No 59, Meteor. Inst. Uppsala Univ.
- Taesler, R. och Andersson, C., 1984, A method for solar radiation computations using routine meteorological observations. Energy and Buildings, Vol. 7, Elsevier (under publicering).
- Taesler, R., 1984, Klimatförutsättningar för luftridåportar. BFR-rapport under publicering.
- Taesler, R., 1985, Klimatberoendet i bebyggelsens energibudget - data och beräkningsmetoder. BFR-rapport under publicering.
- WMO, 1981, Meteorological aspects of the utilization of solar radiation as an energy source. WMO Techn. Note No. 172, Genève.



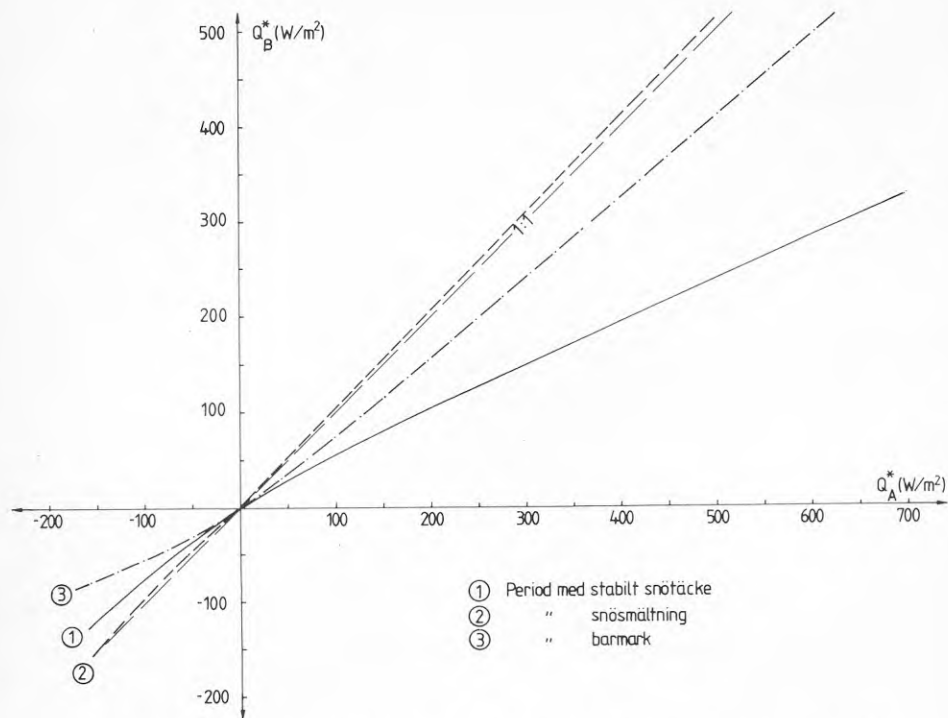
Figur 1 Försöksområdet i nordvästra delen av Mossen-området, Gustavsberg.
 A-D mätpunkter.
 E uppställningsplats för mätvagn.
 Höjdlinjer 1 m ekvidistans.



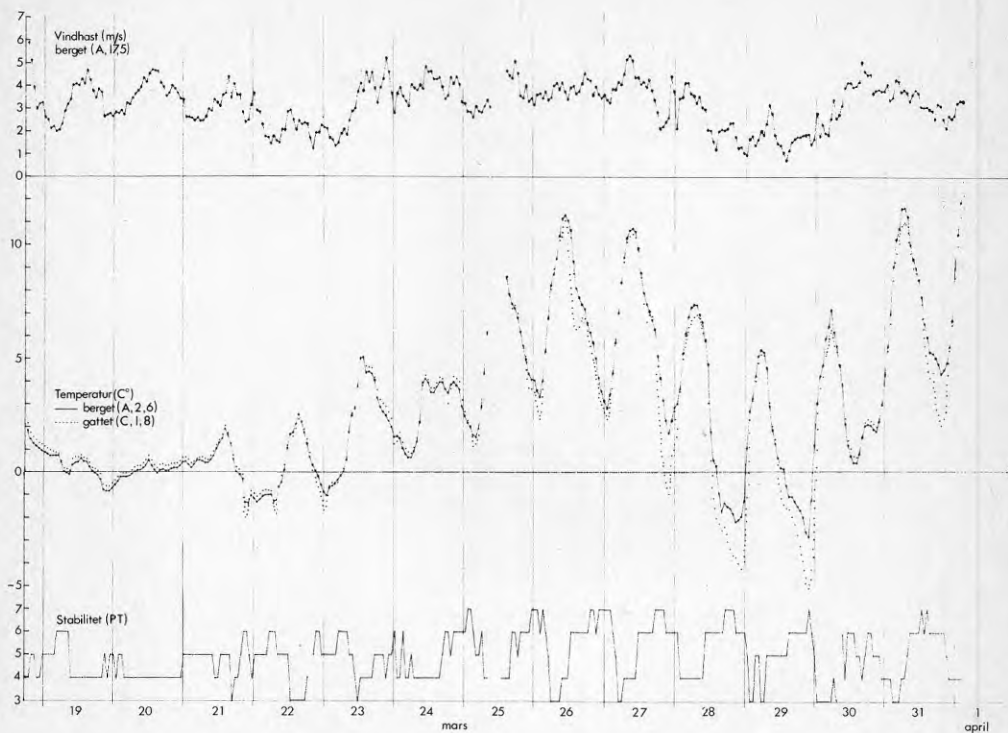
Figur 2 Givare och mätnivåer i mätmaster placerade i punkt A-D.



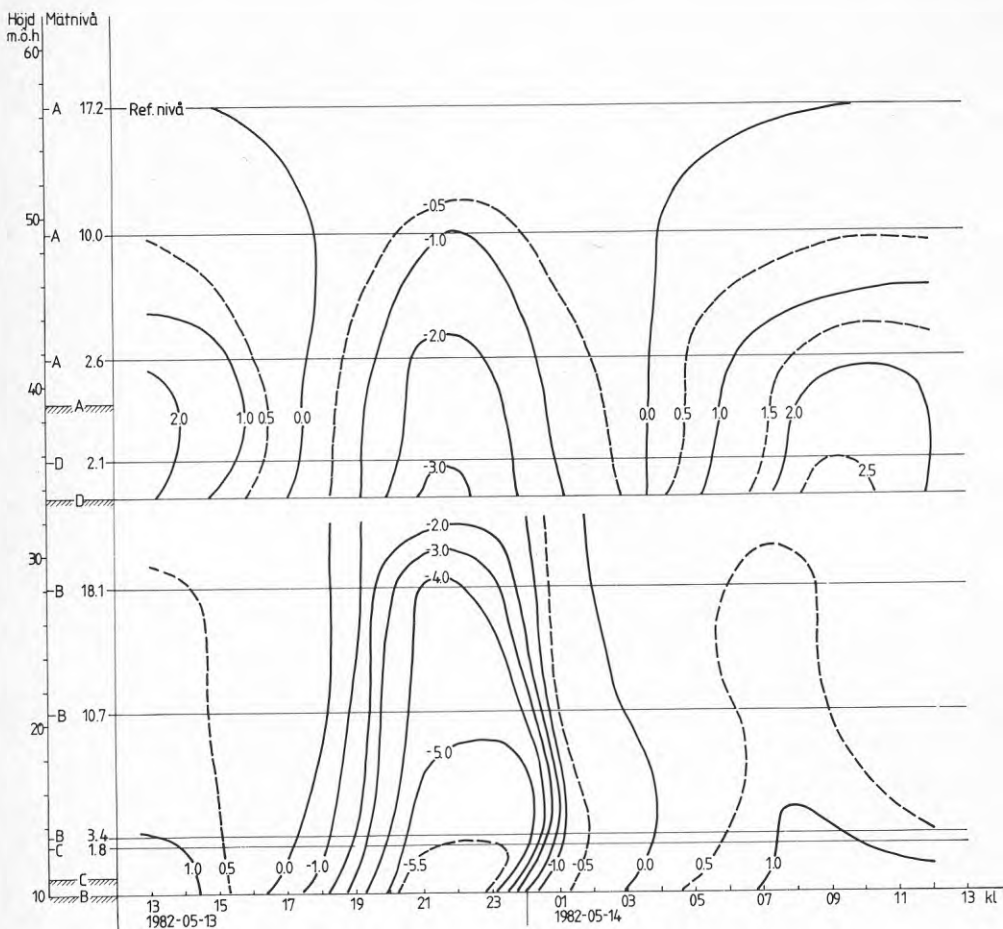
Figur 3 Horisontavskärning (grader) i olika riktningar från punkt B, fältet.
 Rel. fri rymdvinkeln, $\phi_s = 0.75$.
 Figuren visar också solens position på himlen vid olika klockslag (sann soltid) i mitten av mätperioderna 1, 2 resp 3.



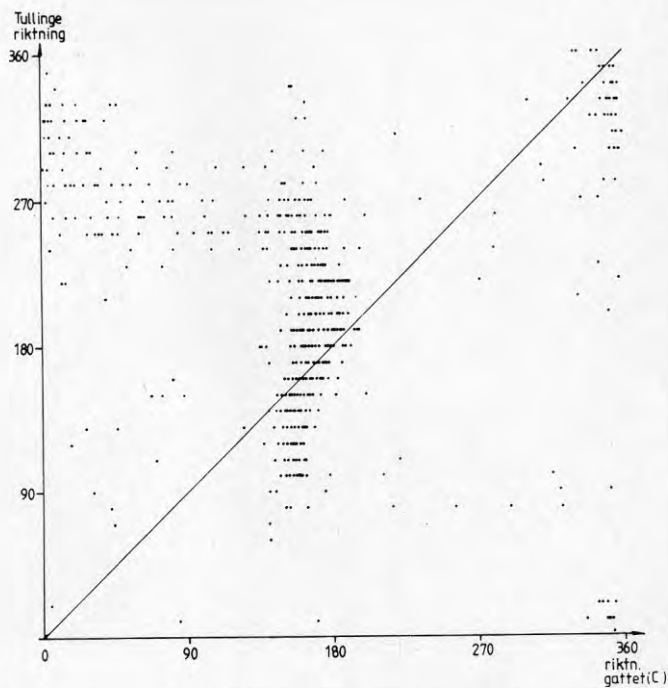
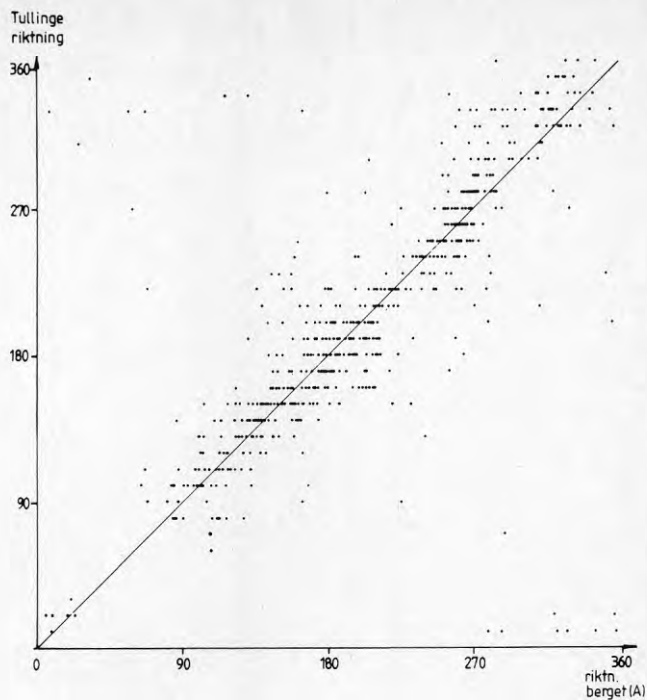
Figur 4 Regressionskurvor över samtidig nettöstrålning på berget (Q_A^*) och på fältet (Q_B^*) beräknade ur uppmätta timmedelvärden.
 (1) Period med stabilt, gammalt snötäcke.
 (2) -"- smältande snötäcke.
 (3) -"- barmark.



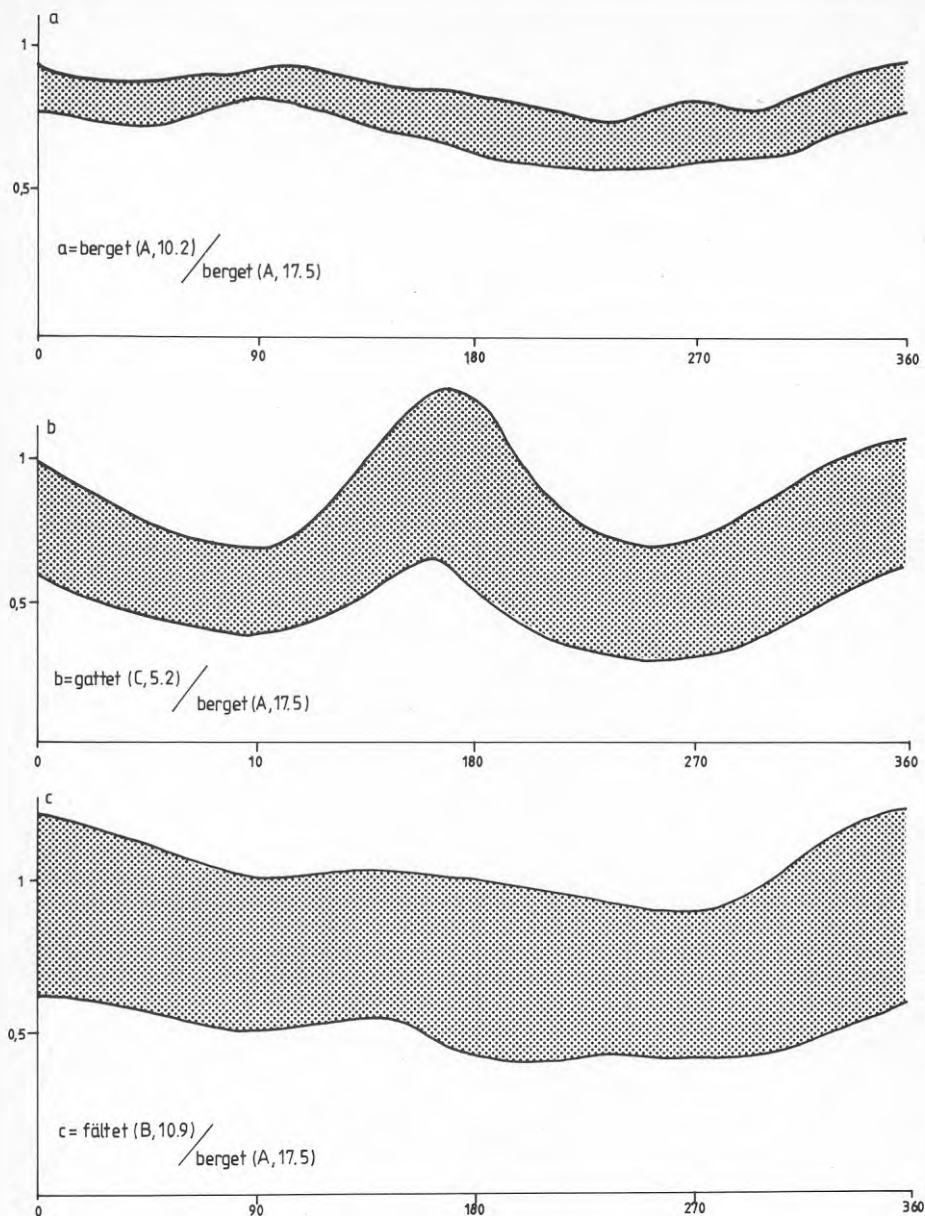
Figur 5 Temperaturförlopp, vindhastighet och stabilitet (PT-klass) i olika punkter under perioden 1982-03-18--04-01.



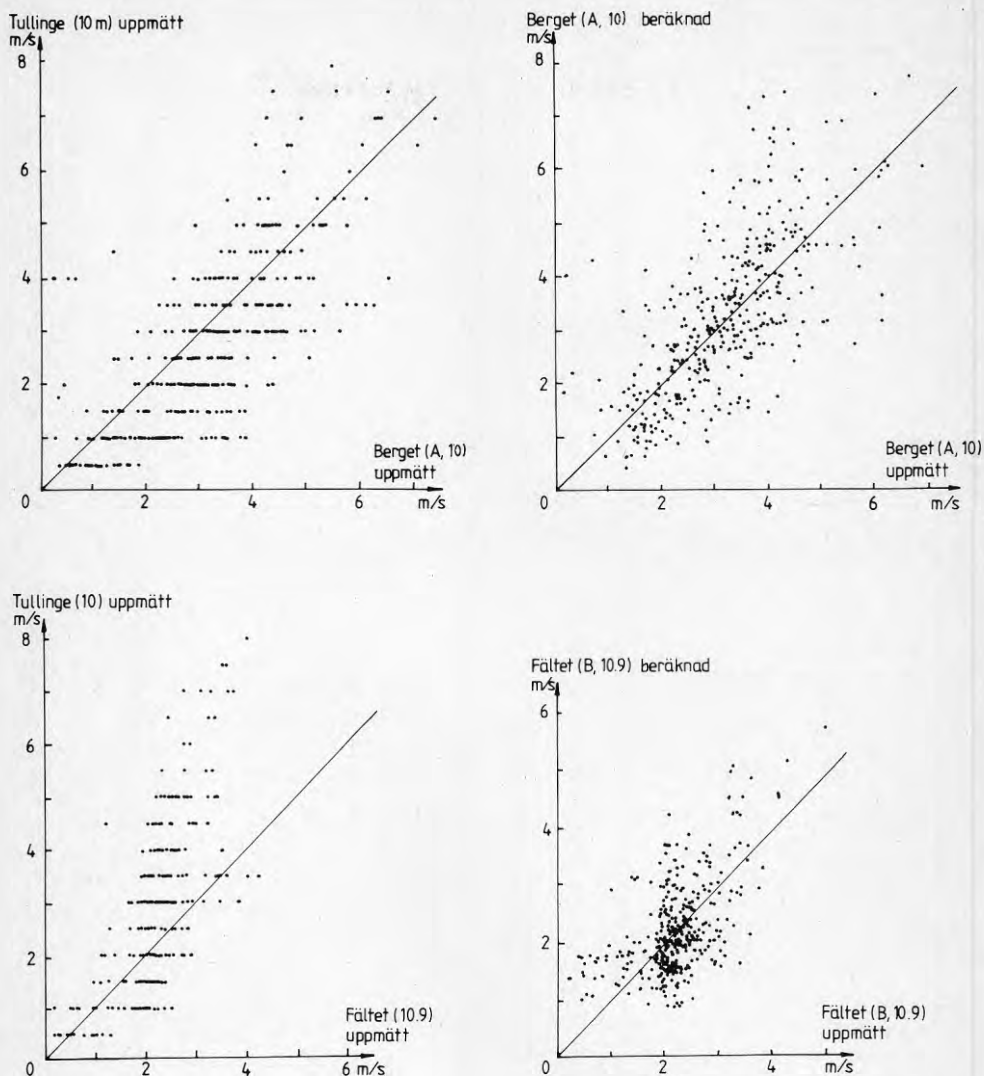
Figur 6 Temperaturavvikelse relativt referensnivån (punkt A, 17.2 m ö m) under loppet av ett renodlat strålningsdygn.



Figur 7 Samband mellan uppmätta vindriktningar på Tullinge flygplats och på berget (punkt A) respektive gattet (punkt C). 10 min-medelvärden vid hel timme 1982-03-12--05-03.



Figur 8 Vindhastigheten i olika mätpunkter relativt referenshastigheten över berget (punkt A, 18.1 m ö m) vid olika vindriktning i punkt A. Figuren baserad på uppmätta 5-min medelvärden 1982-03-12--05-03.



Figur 9 Samtidiga värden på uppmätta vindhastigheter (9a, b) 10 m ö m i Tullinge och på berget (punkt A) respektive fältet (punkt B). Beräknade och uppmätta vindhastigheter (9c, d) 10 m ö m i samma punkter.

Tullinge flygplats, februari

RISEN 1366 LÖBET 477 -10 -8	VINDHASTIGHET I M/S												SUMMA 1366 LÖBET 477 -10 -8					
	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24		25-26	27-28	29-30	31-32	33-34
218	188	85	15	1														
-7	9	-3	10	-5	-7	-7	-15											
167	110	27	17	7														
167	110	44	11	2														
-4	-4	-6	-6	-6	-7	-7	-4											
280	180	73	17															
137	102	50	11															
-4	-4	-4	-4	-4	-3													
112	119	82	6	3														
-2	-2	-2	-2	-3	-1	-2	-6	-1	-2									
194	162	86	28	7														
110	95	43	14	5														
-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1											
210	221	137	84	33	11	4												
-3	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
284	274	171	86	32	12	8	1											
185	165	98	34	14	7	5	1											
-3	-3	-1	0	1	0	-1	0	-1	0	2	-2	-2						
382	315	135	49	13	1													
-4	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
252	218	139	56	17	5	1												
180	158	78	25	14	4	1												
-5	-4	-2	-1	1	4	4	4	4	4	4	3							
265	227	97	40	7	1	1												
128	125	62	30	5	5	5												
-5	-5	-2	-1	0	1	2	5	5										
485	426	226	123	50	4	1												
-7	-7	-6	-5	-4	-3	-4	0	0	0									
353	277	181	71	22	4	1												
173	179	105	35	17	4	1												
-8	-8	-7	-6	-7	-5	-4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3437	2823	1389	555	177	38	14	1											
1000	771	428	157	51	14	5												
REBET -10 -8	-5	-4	-3	-3	-2	-2	-1	0	0	0	1	-2	-2					

Tabell A

Figur 10 Frekvenstabeller över samvariation av vindriktning, vindhastighet och lufttemperatur. A - tabellen avser Tullinge flygplats, B - tabellen motsvarande data efter omräkning till fältet (punkt B), timobservationer under februari, perioden 1955-79.

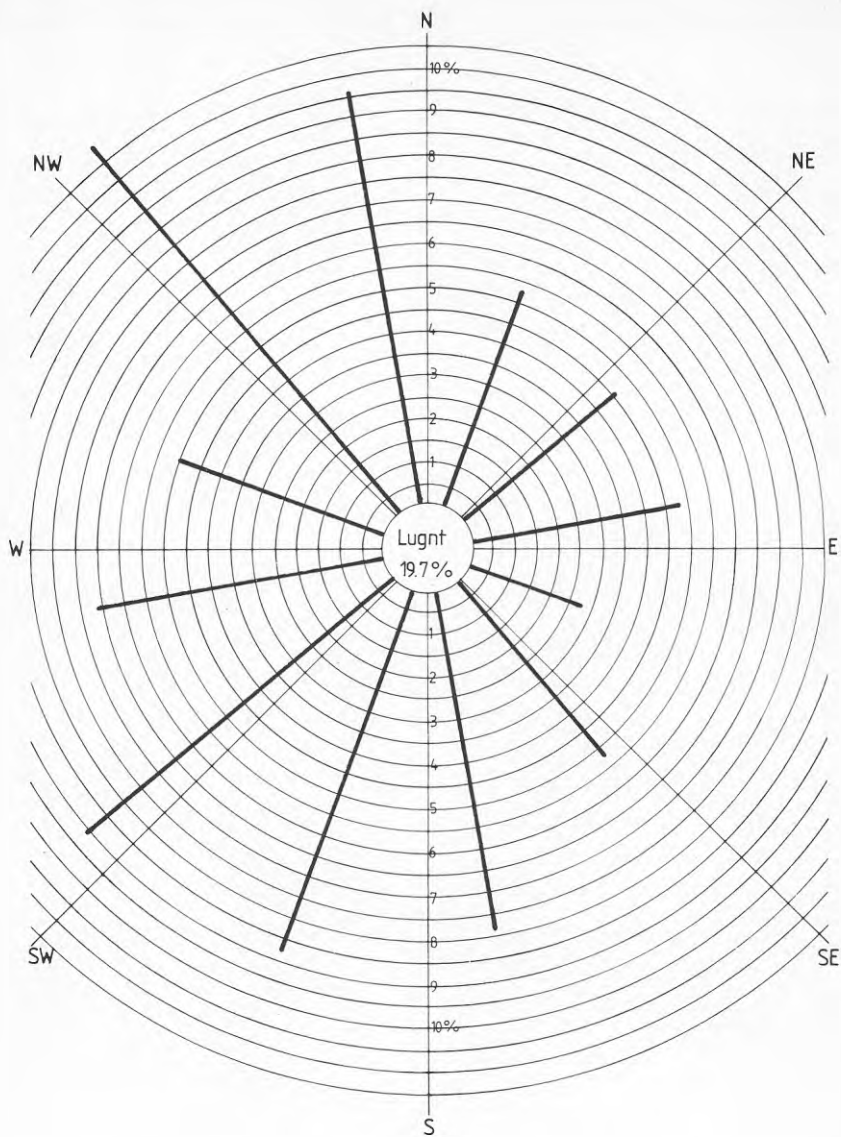
För varje kombination av vindhastighet och vindriktning anges den relativa frekvensen (10 000-delar) och tillhörande medeltemperatur, dels för hela dygnet (övre frekvenstal, vänster temperaturvärde) dels för dagtid, kl 07-18 (undre frekvenstal, höger temperaturvärde).

Gustavsberg, fältet (punkt B)

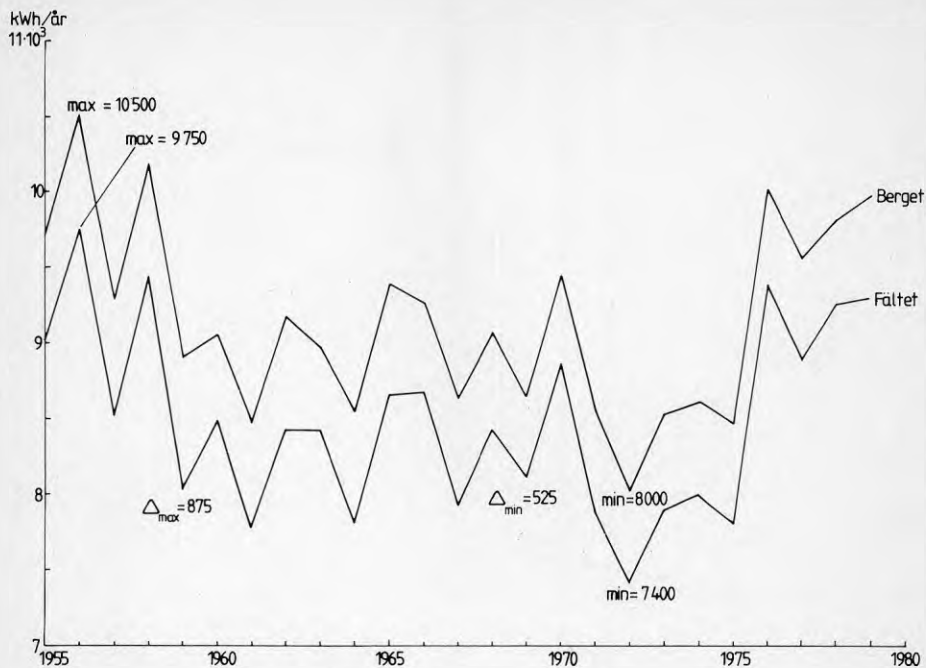
LUGNET 1082 372	MINDRETTIGT LUGNET												10808 1082 372
	01-03	04-06	07-09	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33	34-36	
	164 251 167 22 7												551
	0 152 57 10 11-15												282
	-7 -1 -6 26 -8 2 -10 -8 -11-15												48
	151 148 94 31 4 2												454
	74 188 51 14 4												354
	-4 -3 -5 -5 -6 -7 -8 -9 -9 -7 -16												55
	257 358 26												599
	125 169 18												312
	-4 -4 -4 -4 -4												44
	143 191 17												362
	-2 -2 -2 -2 -3 -5												72
	182 253 41 5												481
	164 141 22 5												271
	-2 -1 -1 -1 -2 -2												11
	384 276 152 16 7												786
	-2 -1 -1 -1 -1 0 0 1												487
	508 316 38 6												876
	278 170 20 6												471
	-2 -1 1 0 0 1 0 1												11
	526 319 18												683
	217 182 21 1												445
	-2 -2 -1 0 3 1												41
	339 362 37 1												775
	217 182 21 1												445
	-3 -3 -1 0 4 4 3 3												41
	327 303 15 1												648
	185 152 13 5												353
	-3 -1 -2 -1 3 6 5												21
	322 276 186 15 1												1488
	367 276 186 15 1												1488
	-6 -6 -5 -5 -5 -5 -4 -5 -1 -2												6
	269 487 189 71 1												888
	133 250 77 17 1												481
	-7 -1 -7 -7 -6 -6 -1 -1 -1 -1												7
	3627 4191 845 124 26												10000
	3627 4191 845 124 26												5177
	-3 -1 -1 -1 -1 -4 -4 -4 -4 -7 -7 -16												2

Tabell B

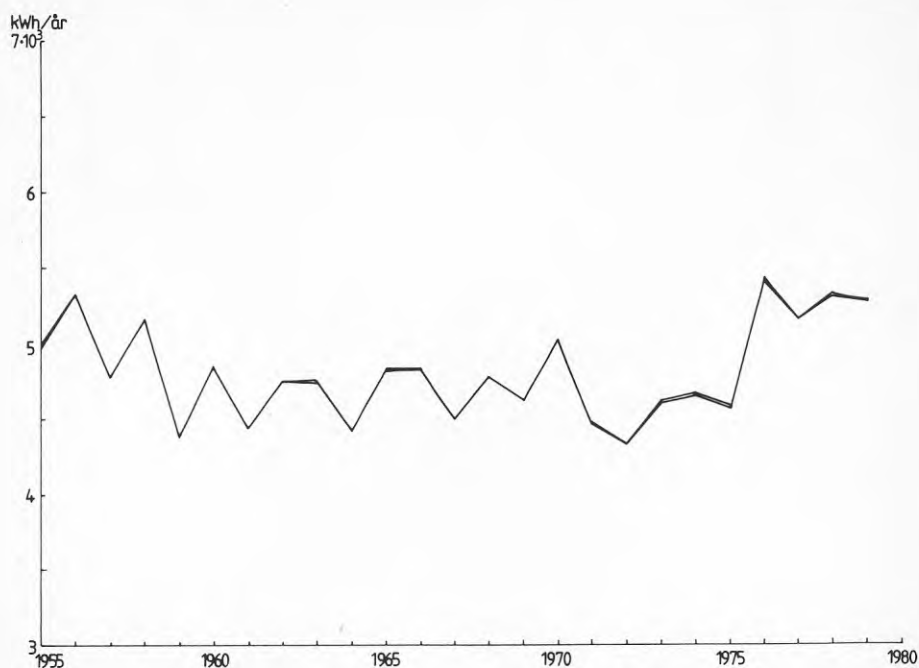
Figur 10 Frekvenstabeller över samvariation av vindriktning, vindhastighet och lufttemperatur. A - tabellen avser Tullings flygplats, B - tabellen motsvarande data efter omräkning till fältet (punkt B), timobservationer under februari, perioden 1955-79. För varje kombination av vindhastighet och vindriktning anges den relativa frekvensen (10 000-delar) och tillhörande medeltemperatur, dels för hela dygnet (övre frekvenstal, vänster temperaturvärde) dels för dagtid, kl 07-18 (undre frekvenstal, höger temperaturvärde).



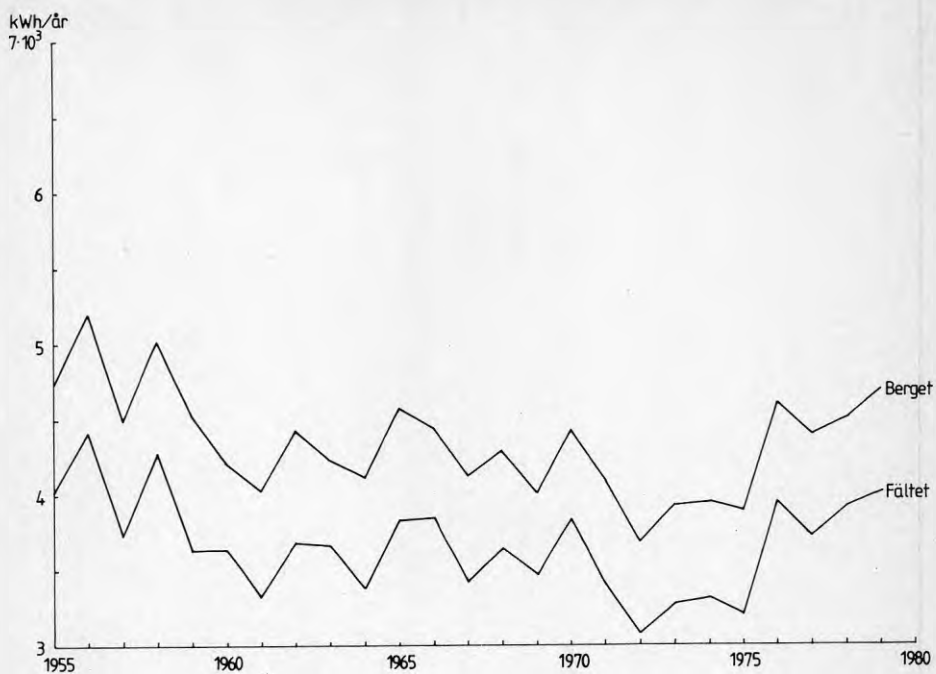
Figur 11 Medelantal gradtimmar/år vid vind från olika riktningar i % av totalsumman (129.000 gradtim), Tullinge.
Bastemperatur + 20°C.



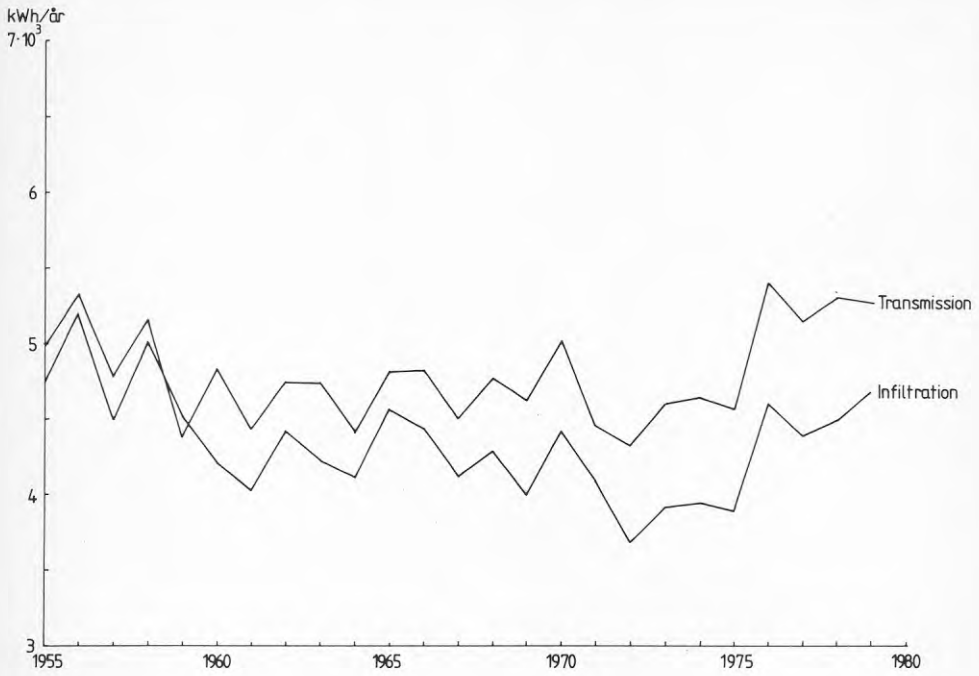
Figur 12 Arlig total energiförlust (QLOSS) 1955-79, beräknad med ENLOSS-modellen för ett typfall (1 1/2 plans friliggande, modernt småhus) med tänkt läge på fältet (punkt B).



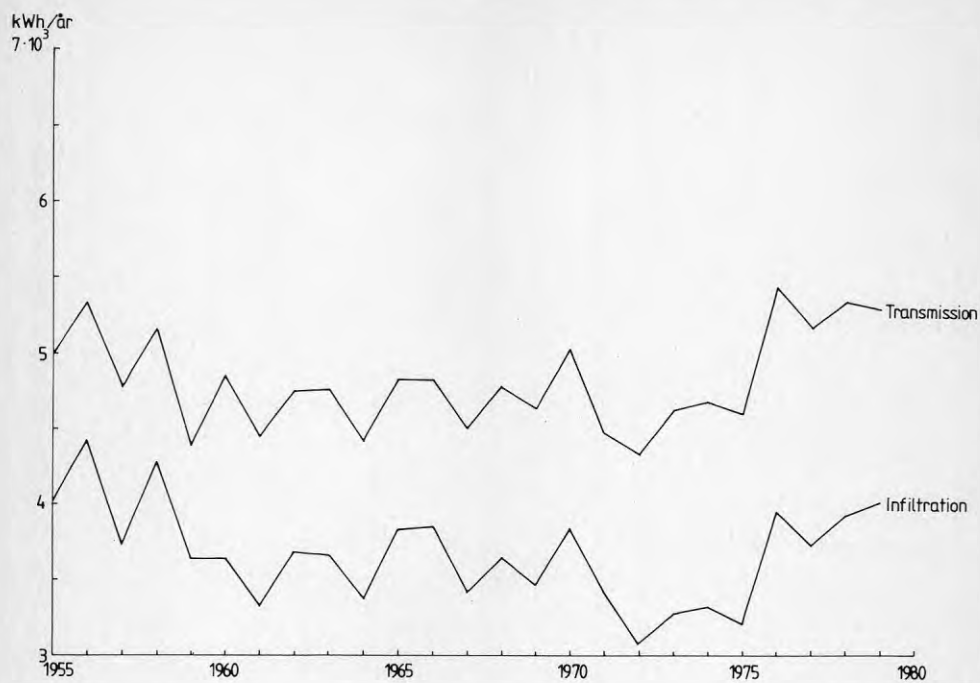
Figur 13 Arlig transmissionsförlust (TLOSS) 1955-79, beräknad för samma typfall som i figur 12, läge berget (punkt A) respektive fältet (punkt B).



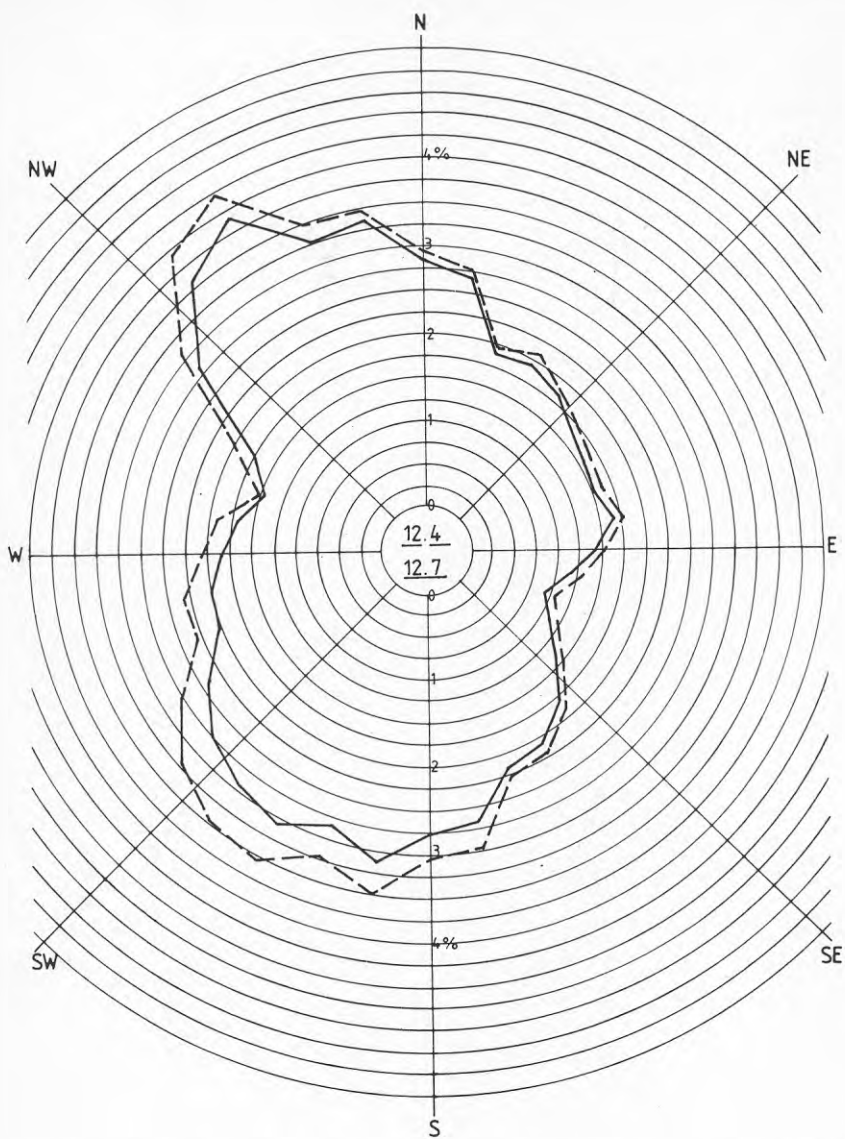
Figur 14 Årlig infiltrationsförlust (VLOSS) 1955-79, beräknad för samma typfall som i figur 12, läge berget (punkt A) respektive fältet (punkt B).



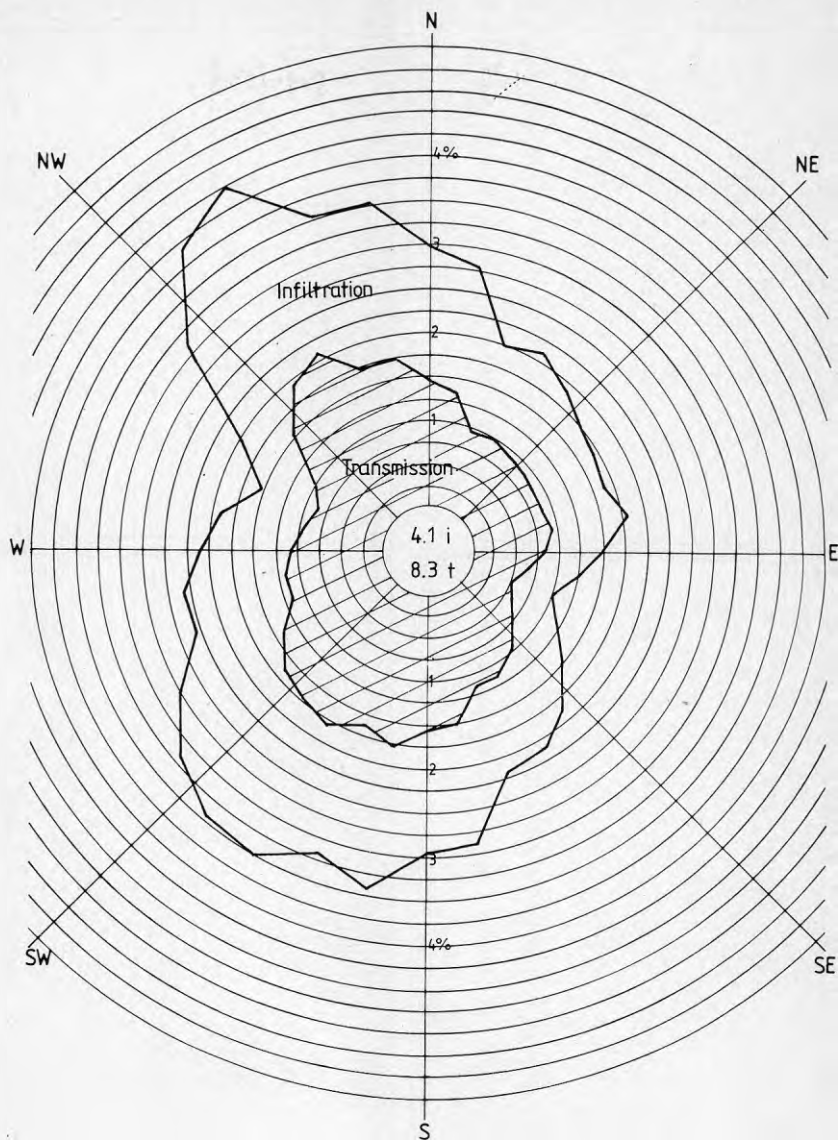
Figur 15 Beräknade transmissions- och infiltrationsförluster år för år 1955-79 för typfallet, läge berget (punkt A).



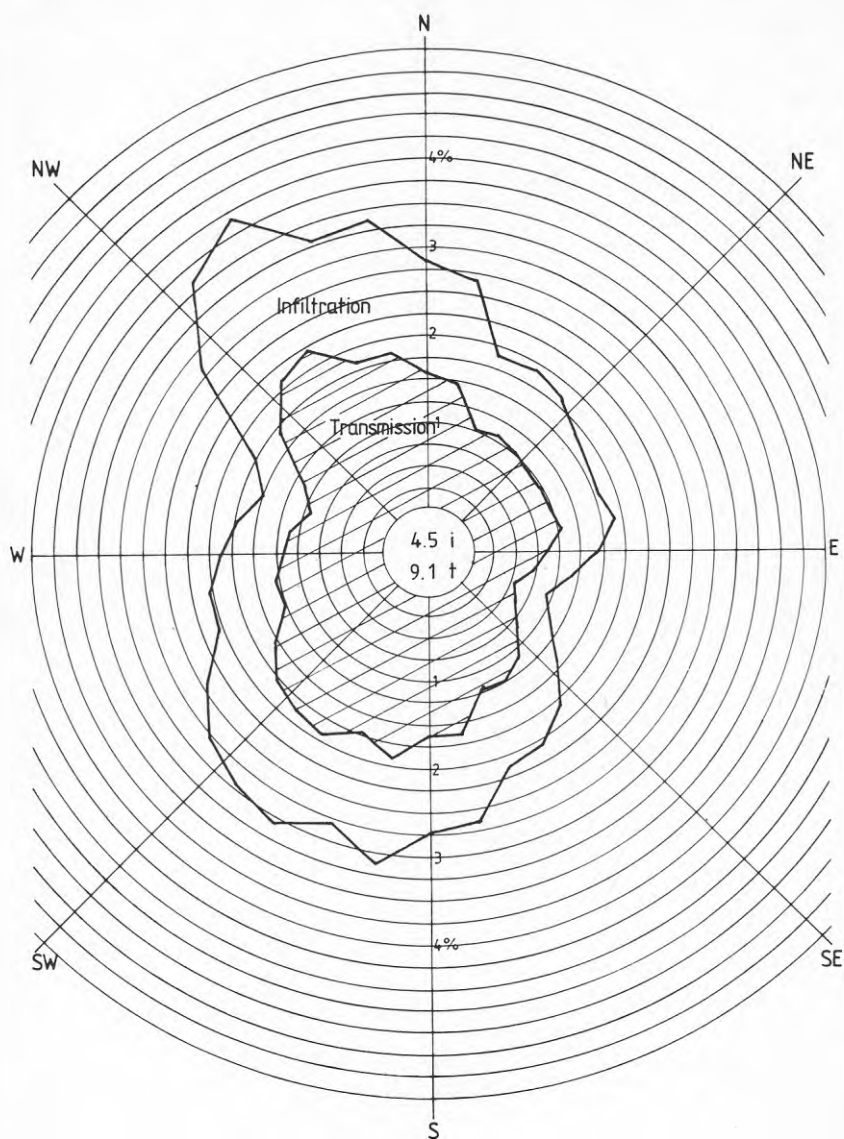
Figur 16 Som figur 15, läge fältet (punkt B).



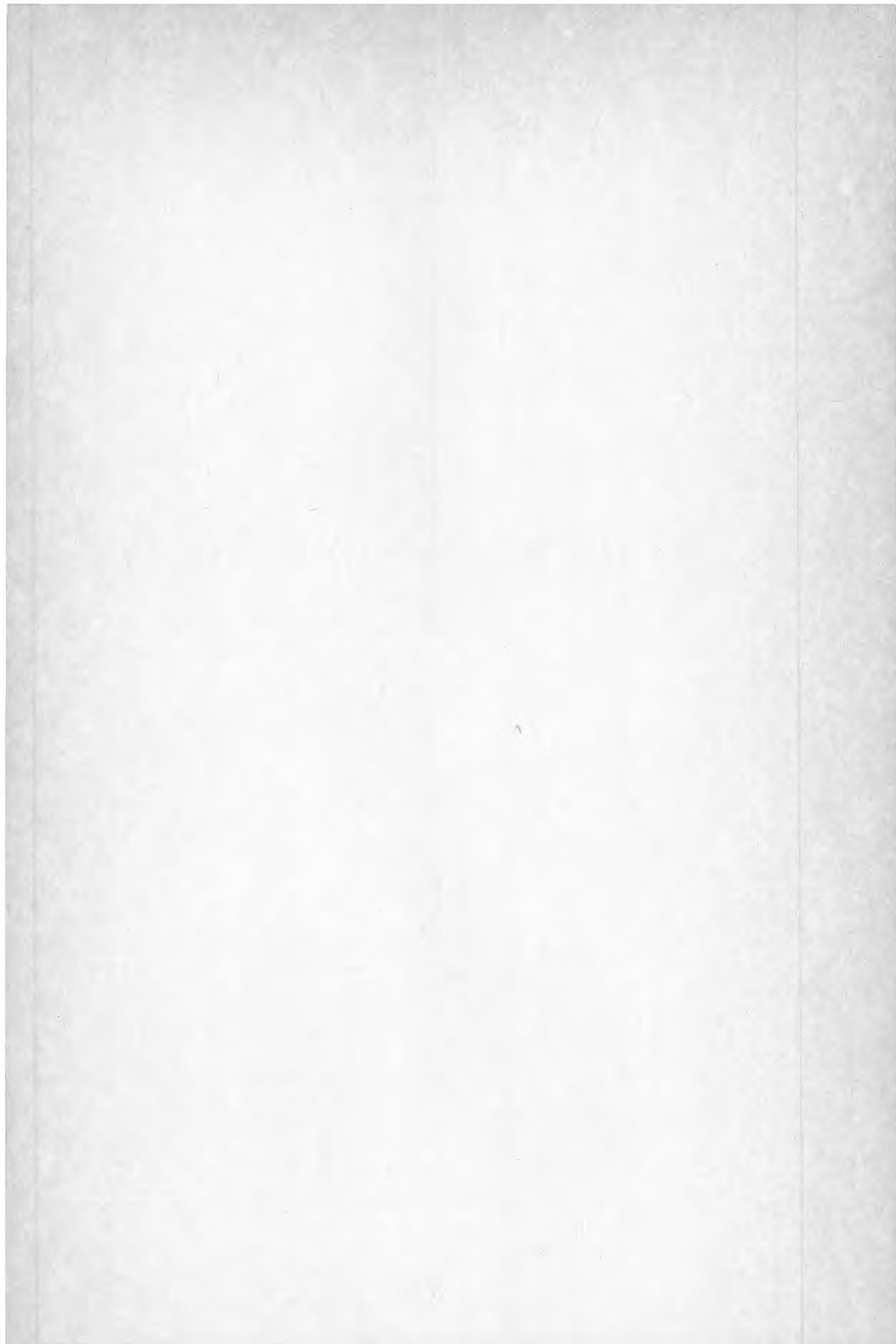
Figur 17 Den totala årliga energiförlustens (QLOSS) fördelning över olika vindriktningar i % av totalsumman för berget (9155 kWh/år). Yttre kurvan avser läget på berget, inre läget på fältet. Förlusten vid vindstilla anges i centrum av figuren. Medelvärde 1955-79.



Figur 18 Fördelningen av de årliga transmissions-, infiltrations- och totalförlusterna över olika vindriktningar i % av totalförlusten (9155 kWh/år). Värdet i centrum avser vindstilla. Läge berget, medelvärden 1955-79.



Figur 19 Fördelning av de årliga transmissions-, infiltrations- och totalförlusterna över olika vindriktningar i % av totalförlusten (8486 kWh/år). Värderna i centrum avser vindstilla. Läge fältet, medelvärden 1955-79.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790095-2
från Statens råd för byggnadsforskning till SMHI,
Norrköping.**

R134: 1985

ISBN 91-540-4492-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705134

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms