

Vindförhållanden i ett höghusområde

Janis Kursis
Jan O Mattsson
Mauritz Glaumann

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>ser</i>

*K
AND*

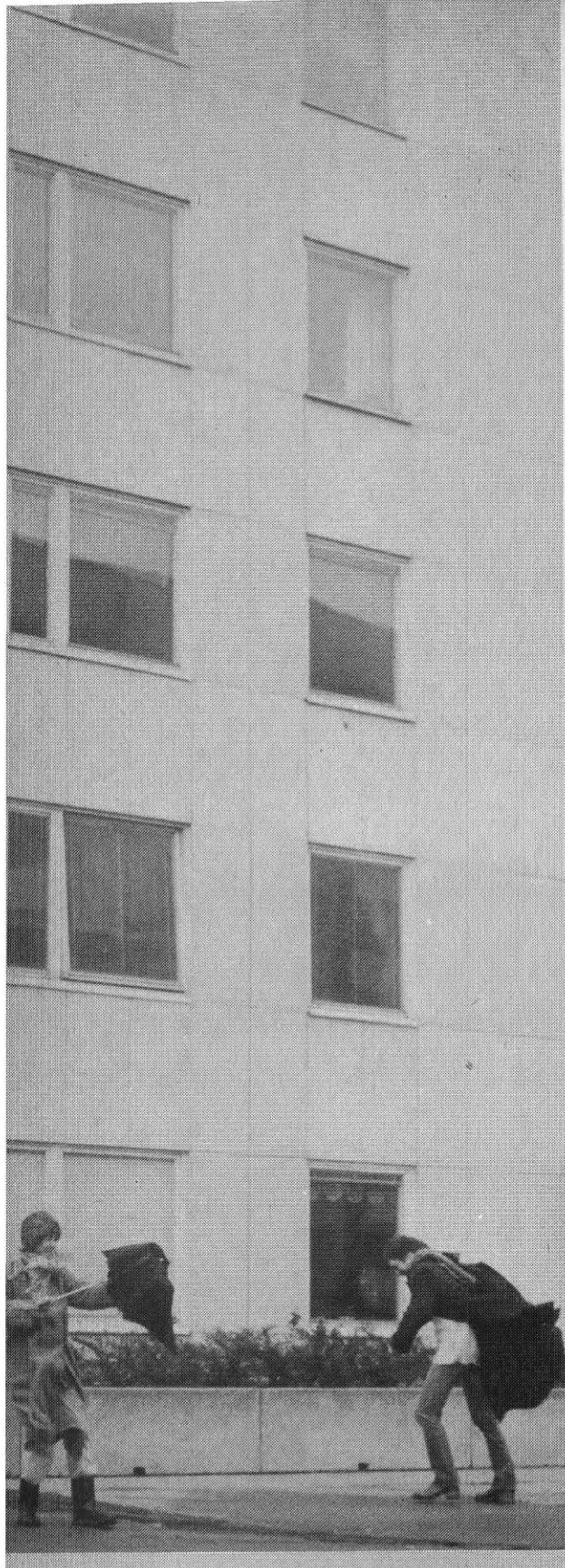
R91:1982

VINDFÖRHÅLLANDEN I ETT HÖGHUSOMRÅDE

Mauritz Glaumann
Janis Kursis
Jan O Mattsson
Bengt Wirén

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790893-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Naturgeografiska institutionen vid Lunds
Universitet och FOJAB arkitektkontor i Lund.

Byggnadsforskningsrådet



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

R91:1982

ISBN 91-540-3760-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

I N N E H Å L L

A.

H U V U D D E L

VINDFÖRHÅLLANDEN I ETT HÖGHUSOMRADE

Förslag till åtgärder för att förbättra utemiljön

Janis Kursis

B.

B I L A G O R

BILAGA I

KLIMATET I REGIONEN

Jan O. Mattsson

BILAGA II

VINDSTATISTIK FÖR MALMÖ (BULLTOFTA)

Jan O. Mattsson

BILAGA III

KOMFORTVÄRDERING AV VINDRIKTNINGARNA I BULLTOFTA OCH SÖRBÄCK

Jan O. Mattsson

BILAGA IV

VINDMÄTNING I SÖRBÄCK

Beskrivning, värdering och behov av vindsydd. Metodstudie.

Maurtiz Glaumann

BILAGA V

VINDTUNNELUNDERSÖKNING AV MARKVINDFÖRHÅLLANDEN I SÖRBÄCK

Bengt Wirén

BILAGA VI

STUDIER AV VINDFÄLT MED ENKLA INDIKATORER

Jan O. Mattsson, Peter Schlyter

F Ö R O R D

Naturgeografiska institutionen vid Lunds universitet och FOJAB arkitektkontor har av Statens råd för byggnadsforskning beviljats anslag för att genomföra studier av vindförhållanden i bostadsområdet Kroksbäck i Malmö, samt föreslå åtgärder i samband med pågående miljöförbättringsarbeten. Ledare för projektet har varit Jan O Mattsson vid Naturgeografiska institutionen och Janis Kursis vid FOJAB arkitektkontor.

Jan O Mattsson ansvarar för analys av klimatet i malmöregionen samt för referensmätningar gjorda vid Bulltofta vilka redovisas i bilagorna I, II och III. Peter Schlyter, också vid naturgeografen, har gjort vindmätningar med droppanemografer vilka redovisas i Bilaga VI. Mauritz Glaumann vid Statens institut för byggnadsforskning (SIB) ansvarar för vindmätningar i full skala med institutets klimatbuss vilka redovisas i Bilaga IV. Vid mätningarna medverkade Anita Eliasson, Olle Holmgren och Margitta Nord. Bearbetning och analys av mätdata har till stor del utförts av Anita Eliasson.

Bengt Wirén vid SIB ansvarar för modellstudier i vindtunnel där bl.a. olika utformningar och placeringar av vindskydd har testats, vilka redovisas i Bilaga V. Vid modellproven har också Leif Claesson och Lars Hedlund medverkat.

Janir Kursis ansvarar för utformning av förslag till olika förbättringsåtgärder samt rapportens huvuddel (A). Ulla Knutsson från FOJAB har gjort huvuddelen av illustrationerna.

Projektet har följts av en referensgrupp bestående av: Eva Gustavsson, Malmö Stadsbyggnadskontor, Albert Karlberg, Malmö Kommunala Bostads AB (MKB), Gerhard af Malmborg, Malmö Stadsbyggnadskontor, Samuli Mustajärvi, Hyresgästföreningens kontaktkommitté, Kjell-Ake Nilsson, MKB och Thomas Schlyter, Statens institut för byggnadsforskning i Lund.

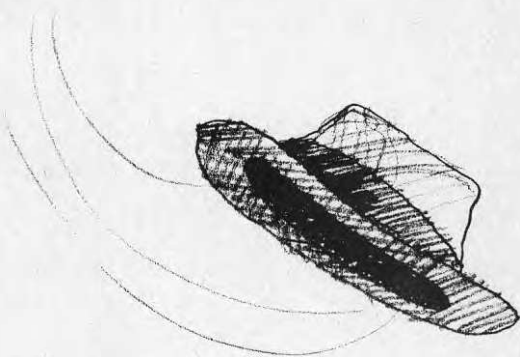
Syftet med det projekt som här rapporteras är dels att kartlägga vindklimatet i Kroksbäcksområdet, dels att ta fram underlag för detaljutformning av vindskydd, som kan användas av planerare och boende i samband med miljöförbättringsarbeten i såväl det studerade bostadsområdet som andra bostadsområden av liknande karaktär. Stadsplanen för Kroksbäck är representativ för många av miljonprogrammets bostadsmiljöer.

Denna rapport riktar sig därför i lika hög grad till personer som berörs av ombyggnaden av Kroksbäck som till andra personer med anknytning till områden med liknande karaktär.

De flesta rapporter om vindförhållanden kring byggnader har ett övervägande tekniskt redovisningssätt. De är svårtillgängliga för lekmän och används därför sällan av andra än fackmän. Avsikten med denna rapport är att den skall kunna tjäna som en länk mellan forskning och tillämpning. Rapporten består av två delar. Den första delen (A), är en populariserad sammanfattning av projektet. Den andra, delen (B), utgörs av bilagor med de primärdata som ligger till grund för slutsatser redovisade i sammanfattningen. Vi har valt detta redovisningssätt för att den i strömningsteknik oinvidde läsaren inte skall tröttnas av detaljer kring undersökningsmetodik för att komma fram till resultat och slutsatser. I bilagorna kan fackmannen kritiskt granska underbyggnaden av de slutsatser och påståenden som finns i första delen.

Vår förhoppning är att rapporten skall bidra till att öka intresset för klimatförhållandena i utemiljön och inspirera till liknande undersökningar och förbättringsarbeten.

A. HUVUDEL



VINDFÖRHÅLLANDEN I ETT HÖGHUSOMRÅDE

Förslag till åtgärder för att
förbättra utemiljön

Janis Kursis

INNEHALL

sid

Inledning	(A.3)	11
Förutsättningar	(A.4)	12
Klimatet i regionen	(A.7)	15
Besvärande vindar	(A.8)	16
Vind i bebyggelse	(A.10)	18
Vindmätningar i full skala och modell	(A.14)	22
Mätresultat	(A.17)	25
Sammanfattning av mätresultat	(A.29)	37
Vindskyddsåtgärder	(A.34)	42
Slutord	(A.46)	55
Förteckning över illustrationer	(A.47)	56
Litteratur	(A.48)	54

INLEDNING

Den äldre bebyggelsen uppfördes ofta av människor som var väl förtrogna med lokala förhållanden, byggnadsmaterial, byggnadsmetoder, klimat m.m. Ofta anpassades bebyggelsens utformning och orientering till klimatiska förhållanden. De traditionella skånegårdarnas boningshus och uthus byggdes exempelvis samman kring en gårdsplan. Byggnaderna tillsammans med skyddande träd och buskar gav skydd mot blåsten i det flacka landskapet.

Sedan industrialismens genombrott har bebyggelsen på ett genomgripande sätt förändrats. Stark befolkningstillväxt i kombination med ökad industrialisering och urbanisering ledde till en stor bostadsbrist i städerna. Byggnadsindustrin mekaniserades för att öka sin kapacitet och kunde genomföra allt större bostadsbyggnadsprojekt. Stadsplanering och projektering produktionsanpassades. Ett högt markutnyttjande med stora friytor kunde uppnås genom höghusbebyggelse.

Under de så kallade rekordåren i slutet av sextiotalet byggdes många av våra storskaliga bostadsområden. Det gällde i första hand att bygga mycket, snabbt och billigt. De flesta bländades av teknikens möjligheter att snabbt kunna massproducera bra och billiga bostäder. Trafikfrågor och lägenhetsstandard kom att få stor uppmärksamhet vid planering av bostadsområden. Den yttre miljön blev ofta försummad. Effekterna av bl.a. torftiga och monotona utemiljöer, dåligt utbyggd social och kommersiell service, dålig kontakt med omgivande områden och stadscentrum, lät inte vänta på sig. Segregation, anonymitet, vandalisering, bristande underhåll och förfall började under 70-talet bli allt vanligare kännetecken för många av det så kallade miljonprogrammets bostadsområden.

Många av dessa områden är byggda utan att hänsyn tagits till lokalklimatet. Med tilltagande höjd och storlek på byggnaderna ökar risken för ogynnsamma vindförhållanden vid marknivå. Husens placering i räta led längs kranbanor kan därtill ge oönskade förstärkningseffekter av vinden.

Debatten om våra tråkiga bostadsmiljöer har intensifierats och på senare år har flera miljöförbättringsarbeten påbörjats i samarbete mellan boende, projektörer, kommunala myndigheter och fastighetsförvaltare. Som exempel på områden där sådana arbeten genomförts eller pågår kan nämnas Rosengård, Lindängen och Kroksbäck i Malmö. I stockholmsområdet märks Granängsringen i Bollnora, Norsborg, Traneberg, Hjorthagen m.fl. Dessa arbeten bekräftar att gårdsmiljöerna upplevs som otrivsamma inte minst på grund av blåsten.

Vindutsatta ytor i bebyggelsens närhet begränsar möjligheterna till uteaktiviteter och hämmar växtligheten.

Vindskyddsåtgärder är därför ofta en förutsättning för att en upprustning av den yttre boendemiljön skall vara framgångsrik.

Kunskapen om hur man skyddar sig mot vinden är emellertid inte lättillgänglig och sällan direkt tillämpbar i den skala som här är aktuell. En mängd studier både i full skala och i modell har gjorts av vindförhållanden kring byggnader. Den litteratur som finns ger vissa riktlinjer vid nyplanering men få anvisningar om hur vindklimatet i befintliga bostadsområden skall kunna förbättras. Sälunda saknar planerare råd beträffande detaljutformning av olika slag av vindskydd.

I bostadsområdet Kroksbäck i Malmö pågår miljöförbättringsarbeten som syftar till en totalupprustning av boendemiljön. I detta arbete bedöms det vara av stor betydelse att planerad kompletterande bebyggelse, plank, vegetation etc. placeras och utformas på ur vindklimatsynpunkt lämpligaste sätt.

FÖRUTSÄTTNINGAR

KROKSBACK

Bostadsområdet Kroksbäck är beläget i södra delen av Malmö. Malmö Kommunala Bostads AB, MKB, förvaltar ca 1000 lägenheter i området. MKB:s bostäder uppfördes 1966-68 och är indelade i tre kvarter, Norrbäck, Mellanbäck och Sörbäck. Norrbäck består av fyra 8-våningshus, Mellanbäck av fyra 3-våningshus och Sörbäck av fyra 8-våningshus och en 3-våningslänga.

Väster om Kroksbäck ligger ett villaområde som skiljs från höghusen av ett ca 90 m brett gaturesservat. Det senare var avsett att möjliggöra en förlängning av Lorensborgsgatan till en framtida ringväg söder om Kroksbäck. Gaturesservatets framtida användning är för närvarande oviss.

Norr om Kroksbäck finns andra höghusområden. I öster ligger Kroksbäcksparken med LM-skola och de s.k. Kroksbäcksskullarna, formade av överblivna schaktmassor. Befintlig vegetation består huvudsakligen av öppna gräsytor och enstaka träd. Söder om området utbreder sig det flacka odlingslandskapet. Till området kommer man via Hyllievångsvägen genom angöringsgatorna Norrbäcksgatan och Sörbäcksgatan. Samtliga dessa gator är nedsänkta i förhållande till gårdarna. Över gatorna löper gång- och cykelbroar.

Parkering finns i gatuplan/källarplan under gårdarna. Nästan alla gårdar ligger alltså på betongdäck, vilket ger dåliga förutsättningar för växtlighet. Den vegetation som finns är buskar planterade i jordfyllda betonglådor. Utrymmena mellan husen 10 och 11 samt öster och väster om området (fig.A.2.) är dock utgrävda eller återfyllda och lämpar sig därför väl för plantering.

Från angöringsgatan leder entrégångar in i höghusens källarplan. Härifrån leder hissar vidare upp till den våning man önskar nå. Husens inre kan också nås från gårdarna genom trapphusentréer. Dessa används i liten utsträckning, då de flesta som kommer till och från området, använder källargången.

Kroksbäck har en mycket dåligt utbyggd service. Behov av och önskemål om kompletteringsbyggnader finns.

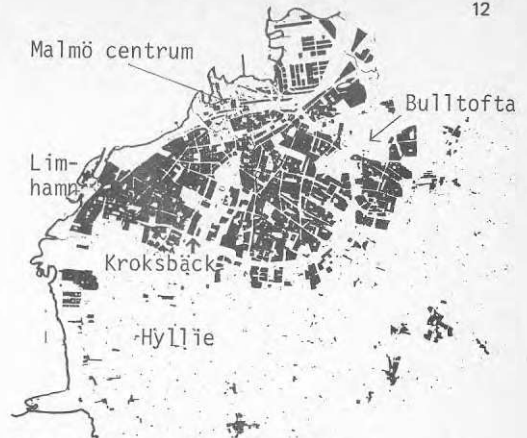


Fig. A.1. Karta över Malmö.

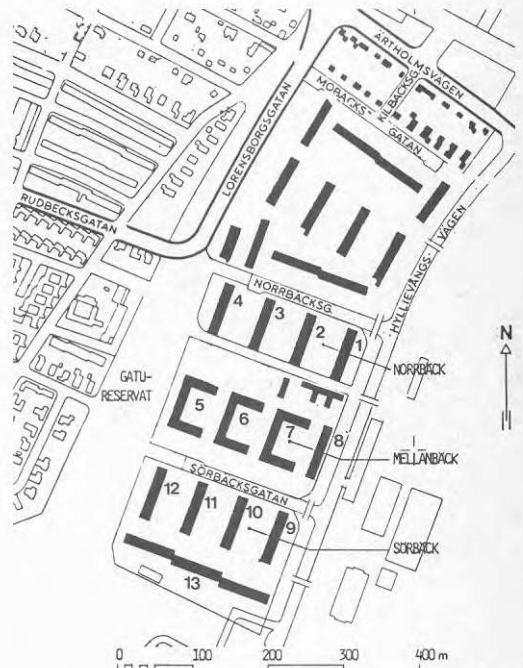


Fig. A.2. Karta över Kroksbäcksområdet.



Fig. A.3. Flygfoto över Kroksbäck.

Det ursprungliga invånarantalet på c:a 3000 personer inom MKB:s bostäder i Kroksbäck sjönk kraftigt några år efter inflyttningen och uppgick till c:a 1600 personer 1978.

De tomma lägenheterna återfinnes främst i 8-våningshusen. Sociala problem, vandalisering och dåligt rykte drabbade området som kommit in i en ond cirkel.

Under arbetsnamnet Kroksbäckprojektet påbörjade Sociologiska institutionen vid Lunds universitet 1976 ett forskningsprojekt i området. Projektet initierade och stödde fritidsverksamhet i området och försökte bygga upp gårdsföreningar kring närlokaler. Befolkningsstruktur och stor omflyttning gjorde arbetet svårt. Hösten 1977 ställde sig kommunen avvisande till ett fortsatt engagemang i projektet. MKB och Malmö kommun beslutade sig för att genom ett kraftfullt helhetsgrepp försöka vända utvecklingen i Kroksbäck.

Malmö Stadsbyggnadskontor utarbetade en översiktlig utredning med förslag till miljöförbättrande åtgärder i området. Förslaget syftade till förändringar av lägenhetssammansättningen, uteplatser för lägenheter i markplanet, trappor från entrégata till gårdar för att ändra entréförhållandena från källarentré till gårdsentré, nya byggnadsrätter för kompletterande service, park med läplanteringar i reservatet för Lorensborgsgatan m.m. Förslaget presenterades för hyresgästerna bl.a. vid en utställning i området i januari 1978 med påföljande debatter och diskussioner. Stadsbyggnadskontorets planutredning har legat till grund för det fortsatta planarbetet och förbättringen av Kroksbäck.

FOJAB Arkitektkontor, engagerades våren 1978 och påbörjade då planeringen av en omfattande fysisk omdaning. Planeringen av förbättringsarbetet sker i samverkan mellan boende, projektörer, fastighetsförvaltare och kommunala myndigheter. Ombyggnadsarbeten av två höghus (hus 9 och 10) i kvarteret Sörbäck påbörjades under våren 1980 och slutfördes under april 1981. I maj samma år startade ombyggnaden av två höghus i Norrbäck (hus 3 och 4). Den fysiska omdaning av hela MKB Kroksbäck uppskattas vara avslutad under 1984. Utöver ombyggnadsarbeten och upprustning av utemiljön pågår planering av kompletterande bebyggelse i området innehållande bl.a. förskolor och gemensamhetslokaler.



Fig. A.4. Infarten till Sörbäcksgatan.



Fig. A.5. Ombyggnad av två höghus har påbörjats.



Fig. A.6. Byggnad av gårdstrappa vid Sörbäcksgatan.



Fig. A.7. Utomhusytorna är ofta blåsiga.

Området har ett mycket blåsigt läge i utkanten av Malmös bebyggda delar. Dess höga byggnadskroppar inverkar kraftigt på luftens strömning. Byggnaderna har en sådan orientering och inbördes placering att utomhusytorna ofta är kalla och blåsiga. Skydd mot vind saknas.

Vid upprustning av utemiljön är det viktigt att föreslå åtgärder (kompletterande byggnader, plank, växtlighet m.m.) lokaliseras och utformas på ett sätt som kan bidra till att förbättra närklimatet.

FOJAB Arkitektkontor och MKB tog 1979 kontakt med Statens institut för byggnadsforskning, SIB, och Naturgeografiska institutionen vid Lunds universitet för att kunna kartlägga vindförhållandena och utforma förslag till förbättringsåtgärder.

För studien begränsades undersökningsområdet till kvarteret Sörbäck.



Fig. A.8. Byggnaderna inverkar kraftigt på luftens strömning.

KLIMATET I REGIONEN

Malmö är beläget i en del av Sverige där en dominerande västströmning, speciellt vintertid, medför att varma maritima luftmassor får tillträde. De kontinentala, under vintern kallare luftmassorna i öster har däremot svårare att utbreda sig västerut och påverkar endast periodvis Sydsverige. Vintrarna i Skåne är därför liksom i övriga Nordvästeuropa avsevärt varmare än genomsnittet för breddgraden.

I den allmänna västströmningen förekommer störningar, särskilt under vinterhalvåret, i form av vandrande lågtryck.

Med sina fronter, moln- och nederbördsområden och vindfält ger de regionen ett omväxlande och blåsigt väder. Lågtryckens centra passerar oftare norr än söder om regionen. Detta medför att Sydsverige ofta hamnar i lågtryckens varmsektorer, där fuktig, disig varmluft från söder och sydväst dominerar.

Malmö är en av de blåsiga orterna i Sverige. Vid ungefär 80 % av vindobservationerna vid Bulltofta blåser det 1,6 m/s eller mer, och vid endast 5 % är det vindstilla.

Höga vindhastigheter är vanligare under vintern än under sommaren. Under vintern blåser det 5,5 m/s ca 40 % av tiden, medan motsvarande värde under sommaren är ca 25 %. Nämda gränsvärden (1,6, 5,5 och 10,8 m/s) motsvarar olika vindstyrkeklasser enligt Beaufortskaflan (se Bilaga II).

I samband med regn dominerar vindar från sektorn S-V. Vid snöfall är vindar från N-0 vanligast.

Ca 45 % av observationerna anger vindar från sydväst, väst och nordväst och motsvarande värde för ostsektorn är ca 35 %. Årsmedelvärdet av vindhastigheten i Malmö är omkring 50 % högre än motsvarande värde i Stockholm.

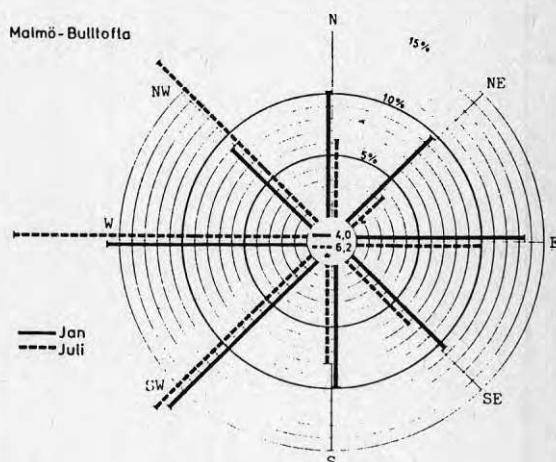


Fig. A.9. Vindens fördelning på olika riktningar under sommar och vinter i Malmö (Bulltofta 1949-61).

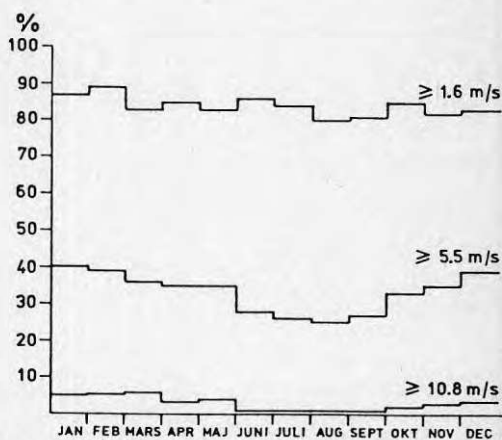


Fig. A.10. Vindhastighetsfördelning under året i Malmö (Bulltofta 1931-60).

BESVARANDE VINDAR

Vinden påverkar människan i flera avseenden. Den ger upphov till en kraft mot kroppen, och bidrar också till dess avkylning. Kraften ökar med kvadraten på vindhastigheten och varierar i storlek och riktning beroende på vindens byighet.

Denna effekt på människan, verksam i olika sysselsättningar, har studerats både i naturlig miljö och i vindtunnel. Man har härvid försökt dra slutsatser om vilka vindförhållanden som kan anses vara acceptabla i olika utemiljöer.

Medräknas vindavkylningen på människan, d.v.s. människans värmebalans, blir förhållandena betydligt mer komplicerade. Försök har dock gjorts att uttrycka graden av termisk komfort vid olika kombinationer av solexponering, temperatur och vindhastighet och med beaktande av klädedräkt och fysisk aktivitet. Man har också sökt sammanställa komfortkriterier för olika stadsmiljöer.

En inledande uppgift i undersökningen har varit att med hjälp av statistiska uppgifter om de allmänna vindförhållandena i regionen, söka urskilja de ur komfortsynpunkt mest ogynnsamma vindriktningarna. Dessa har sedan ägnats särskild uppmärksamhet vid vindtunnelstudierna.

Vind från en viss riktning har sålunda räknats som obehaglig när den förekommer ofta och när samtidigt ett eller båda av nedanstående kriterier uppfylles:

- dess medelhastighet är större än medelhastigheten för samtliga vindriktningar under aktuell tidsperiod.
- den uppträder med hög frekvens under perioder med låg temperatur.

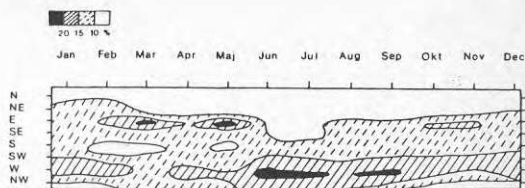


Fig. A.11. Procentuell frekvens av olika vindriktningar för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931-1960.

Ett sätt att illustrera vindriktningarnas relativa komfort redovisas i fig. A.12. Figuren består av fyra s.k. isopletdiagram, vilka med gråtoner åskådliggör vindriktningarnas komfortvärde för olika tider på året. Ökande obehag anges med mörknande gråton. Siffrorna till höger om diagrammen anger att vid bedömningen ökad hänsyn tagits till temperaturen. Beträffande operationella definitioner se Bilaga III. Som framgår av diagrammen är riktningarna inom sektorn nord-sydost mest besvärande under vinterhalvåret. Om vid värderingen ingen hänsyn tas till lufttemperaturen så uppfattas också västsektorns riktningar som diskomfortabla under denna årstid. Då emellertid västvindarna under vintern är relativt milda, kommer de att värderas som allt mindre besvärande vid ökat hänsynstagande till temperaturfaktorn. Under sommaren "koncentreras" diskomforten till västsektorn, oavsett om temperaturen beaktas eller ej. Ur vindkomfortsynpunkt är senhösten och vintern ogynnsamma årstider. Vår- och höstmånaderna är också relativt ogynnsamma, vilket främst sammanhänger med de kraftiga, kalla och högfrekventa vindarna från riktningar inom ostsektorn. Av analyserna torde sammanfattningsvis framgå, att den under året ur komfortsynpunkt mest besvärande vindriktningen i regionen är östlig följt av västlig och nordöstlig. Den gynnsammaste vindriktningen är sydlig.

Vindriktningarna i Sörbäcksområdet har också bedömts ur komfortsynpunkt. Vid en sådan analys av vindriktningarna har vindar från N, NO, O och SO framstått som mest besvärande.

Vindförhållandena inne i bebyggelsen bestäms till stor del av huskropparna. Lokalt höga vindhastigheter, som sänker komforten, kan därför uppträda i andra vindriktningar än de som anses ogynnsamma enligt ovan redovisade värdering.

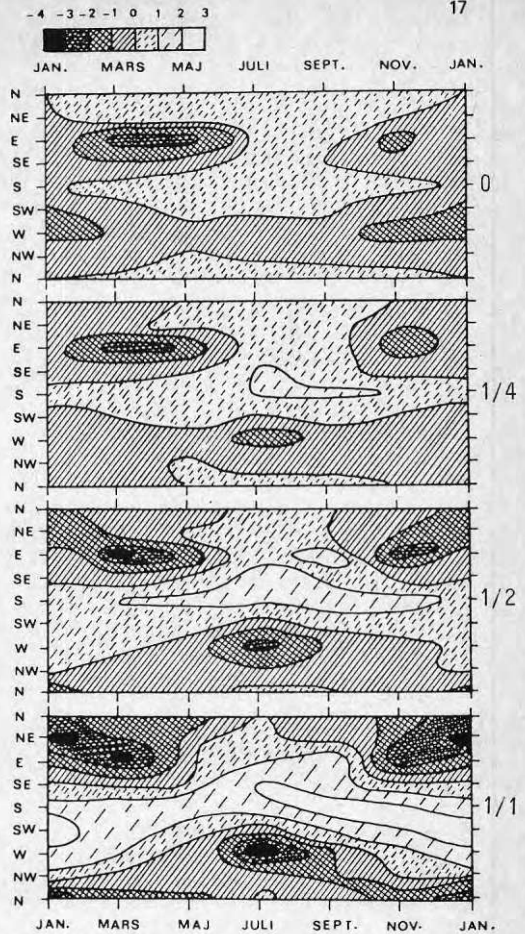


Fig. A.12. Isopletdiagram över vindriktningarnas relativa komfort under året vid Bulltofta, 10 m över markytan. 0-1/1 anger ett ökande hänsynstagande till temperaturfaktorn.

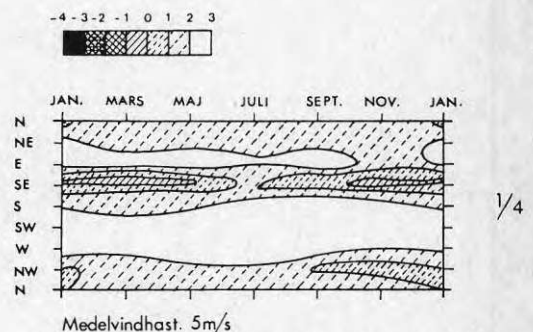


Fig. A.13. Isopletdiagram över vindriktningarnas relativa komfort under året i Sörbäck, 2 m över markytan. Ökande diskomfort anges med mörknande gråton. Diskomforten har relaterats till vindriktningarnas frekvens och till deras avvikelser från medelhastighet och medeltemperatur.

VIND I BEBYGGELSE

(Bengt Wirén)

Vindars beteende kring schematiska huskroppar är relativt väl känt genom framför allt mängder av försök i vindtunnel. För att underlätta förståelsen av mätresultaten redovisas här några principer om vindens strömning kring byggnader.

Vindförhållandena i luftskiktet nära marken - upp till några hundra meters höjd - påverkas i hög grad av markytans topografi liksom av vegetation och bebyggelse. Berg och kullar kan ge upphov till lokalt höga vindhastigheter i vissa områden, speciellt om vinden kanaliseras mellan två höjdformationer, men också skapa lä. Vegetation i form av skogspartier eller, i mindre skala, trädbälten och häckar kan ge en kraftig reduktion av vindhastigheten nära marken inom ett begränsat område. Alla större ojämnheter i markytan ger upphov till turbulens eller byighet, som innebär att vindhastighet och vindriktning varierar på ett slumpmässigt sätt.

Hur luften strömmar kring en byggnad beror huvudsakligen av vindriktningen, byggnadens form och omgivningens karaktär. Luftrörelserna kring en fristående byggnad som är anbläst vinkelrätt mot en långsida visas i figurerna t.h.

På lovartsidan, fig. A.14, pressas luften dels uppåt och ut mot sidorna, dels nedåt mot marken, där den rullas upp i en kraftig virvel som ger upphov till höga lufthastigheter vid marknivån. Hastigheten blir störst på ett avstånd av ca 1/3 hushöjd framför fasaden. Vindförhållandena där kan förbättras genom en utdragning av byggnadens markvåning, fig. A.15. En sådan åtgärd kan också, liksom en porös skärm vid byggnadens hörn, fig. A.16, reducera de höga lufthastigheter som annars uppträder vid hörnen.

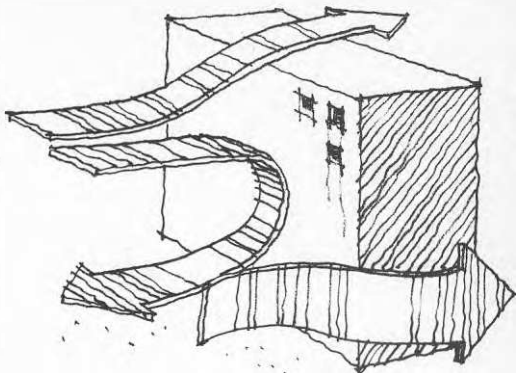


Fig. A.14. På lovartsidan av en byggnad pressas luften uppåt, ut mot sidorna och nedåt mot marken.

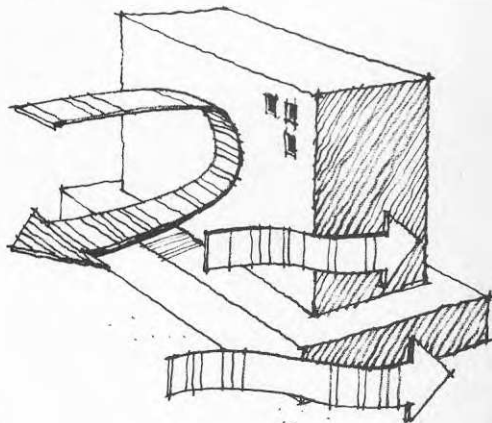


Fig. A.15. Vindförhållandena i markplan kan förbättras genom en utdragning av byggnadens markvåning.

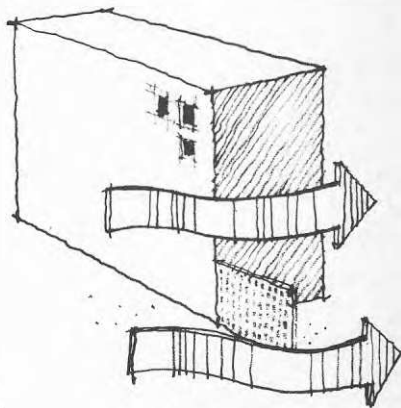


Fig. A.16. En porös skärm vid byggnadens hörn kan reducera de höga lufthastigheter som annars uppträder vid hörn.

På byggnadens läsida, fig. A.17, bildas flera virvelsystem som tillsammans ger upphov till ett komplicerat strömningsmönster. Inom en stor del av läsområdet strömmar luften in mot byggnaden, dvs mot huvudriktningen, och rullas upp i två virvlar vid läfasadens ändar. Lufthastigheten blir hög i virvlarna men är annars genomgående lägre än i den ostörda vinden på samma höjd över marken. Byggheten är däremot kraftigare.

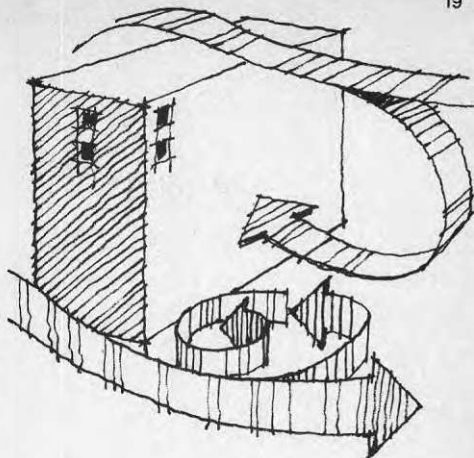
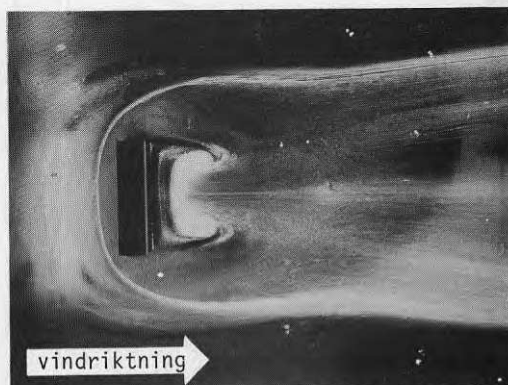


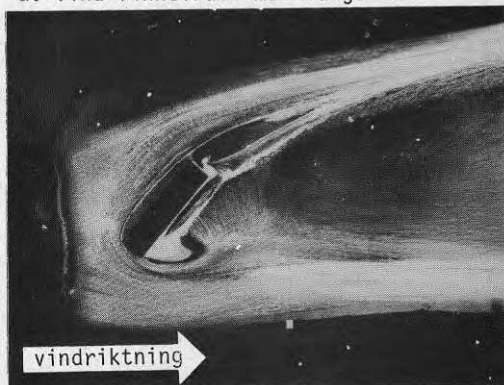
Fig. A.17. Virvelsystem på läsidan av en byggnad

Strömningsmönstren nära marken kan åskådliggöras med hjälp av färgemulsion vid modellprov i vindtunnel, fig. A.18.a.



a. vind vinkelrätt mot långsida

Då vinden blåser snett mot en byggnad blir det tidigare beskrivna strömningsmönstret deformerat men karakteriseras fortfarande av en virvel framför lovartfasaden och ett virvelsystem med återströmning av luft mot byggnaden på läsidan, fig. A.18.b.



b. sned anblåsning.

Fig. A.18. Visualisering av strömningen nära marken kring en byggnad (vindtunnelprov enl. Wirén, 1972)

De ogynnsamma vindeffekter som kan uppträda intill en fristående byggnad blir ofta förstärkta av en intilliggande byggnad. Så blir t.ex. vindhastigheten högre i en passage mellan två byggnader än den är nära hörnet på en enskilda byggnad med samma höjd, fig. A.19 och A.20. Vidare kan vindhastigheten under virveln framför en lovartfasad förstärkas av en framförliggande byggnad, fig. A.21.

Allmänt gäller att de markvindeffekter som orsakas av en byggnad blir kraftigare ju högre byggnaden är medan byggnadens längd har mindre betydelse.

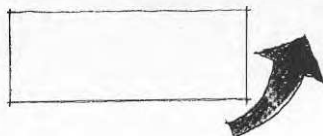


Fig. A.19. Höga vindhastigheter uppstår vid hörn.

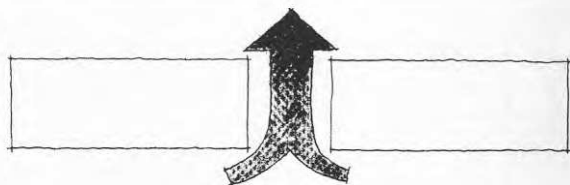


Fig. A.20. Mycket höga vindhastigheter uppstår i en passage mellan två byggnader.

I tätbebyggelse blir vindhastigheterna vid marknivå som regel låga utom i bebyggelsens utkanter, längs långa öppna stråk och i närheten av byggnader som är avsevärt högre än omgivningen. Sådana höga byggnader leder ned stora luftmängder mot marken med lokalt höga vindhastigheter som följd. Denna effekt kan förstärkas om flera stora huskroppar är placerade nära varandra. Bebyggelsens täthet och orientering i förhållande till förhärskande vindriktningar är andra faktorer som påverkar vindförhållandena i gatuplanet. Eftersom de storskaliga luftströrelserna i bebyggelse styrs av huskropparna är det önskvärt att vindproblemen beaktas redan vid planutformningen; kostsamma åtgärder för att i efterhand vindskydda lek- och viloplattor, gångstråk etc kan då ofta undvikas.

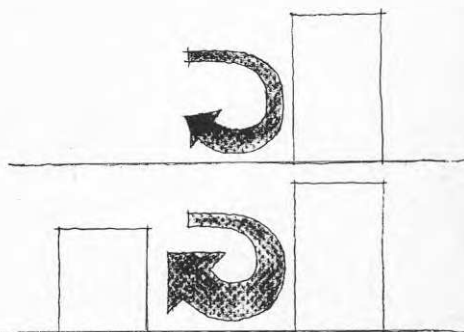


Fig. A.21. Vindhastigheten under virveln framför en lovartfasad kan förstärkas av en framförliggande byggnad.

Vindskydd i form av skärmar, häckar och trädgångar kan utnyttjas för att skapa lä över begränsade ytor. Fig. A.22. visar vindhastigheten (i % av den ostörda vindens hastighet) bakom ett 3 m högt vindskydd. Hastigheten är mätt på 1,5 m höjd och kurvorna avser dels en solid skärm, dels en genomsläpplig skärm eller häck med 50% porositet.

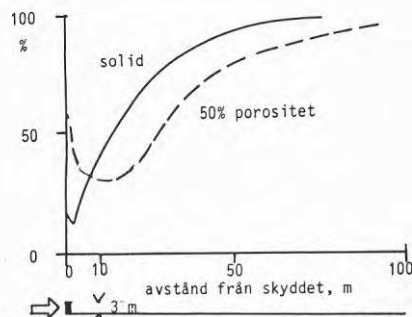
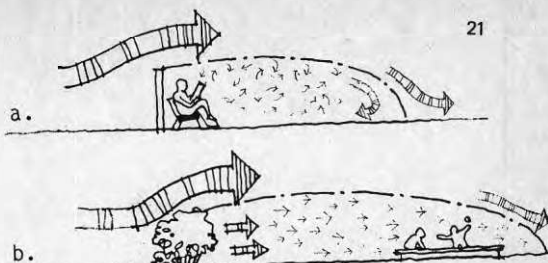


Fig. A.22. Vindhastigheten i % av den ostörda vindens hastighet, bakom ett tre meter högt vindskydd.



En solid skärm bör användas för att skapa lä över t. ex. en mindre viloplats med sittbänkar, som då placeras intill skyddet, A.23.a.

En porös skärm eller häck är lämplig som vindsydd för ett större område, t. ex. en lekplats, fig. A.23.b.

Fig. A.23. En tät skärm (a) ger en kraftig reduktion av vindhastigheten alldeles intill skärmen, medan en porös skärm (b) ger ett längre läområde och en svagare turbulens än den tätta skärmen.

En rad med stamträd på en slät markyta kan ge en ökning av vindhastigheten nära marken på grund av att luft pressas ned under kronorna, fig. A.24. Denna effekt kan även uppträda då en häck är placerad på lovartsidan, fig. A.25.

En kombination av häck och trädrad blir därför mera effektiv om häcken placeras närmast det område som skall vindsyddas, fig. A. 26.

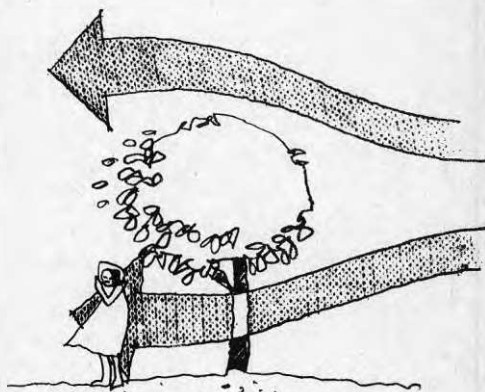


Fig. A.24. Träd kan orsaka en ökning av vindhastigheten nära marken.

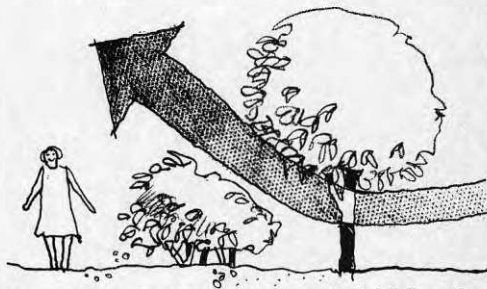


Fig. A.26. En häck vid ett träd bör placeras närmast det område som skall vindsyddas.



Fig. A.25. Om en häck finns på lovartsidan av ett träd kan också en ökning av vindhastigheten uppkomma.

VINDMÄTNINGAR I FULL

SKALA OCH MODELL

Det lokala vindklimatet i Sörbäck har undersökts genom fältmätningar och modellprov i vindtunnel. För att kunna bedöma modellteknikens tillförlitlighet har mätprogrammen för fältmätningar och modellprov utformats så att resultaten i vissa delar blir jämförbara.

Fältmätningar

För fältmätningarna har SIB:s klimatbuss använts. Bussen är en mobil mätcentral med utrustning speciellt avsedd för att kartlägga klimatvariationer i bebyggelse. Mätningarna har utförts med propelleranemometrar som placerats i 22 punkter på 2 m höjd i västra delen av Sörbäck. Med tre propellrar på samma stativ uppmättes horisontal- och vertikalkomponenterna av vindhastighet och vindriktning. Data från varje vindgivare lagrades på skivor och band i bussens datainsamlingssystem. Genom samtidiga mätningar i flera punkter har vindens hastighetsfördelning och rörelse inom området kunnat kartläggas för olika vindriktningar.

Mätvärden i varje punkt jämfördes med värden på 2 och 10 m höjd, uppmätta i en referensstation ca 100 meter sydväst om Sörbäck. Referensstationens mätvärden jämfördes i sin tur med värden från samtidiga mätningar i Bulltofta. Lokala vindhastigheter och -riktningar inom Sörbäck svarar mot en bestämd vindhastighet och -riktning på Bulltofta. På så vis har vindstatistik från Bulltofta kunnat användas för att bestämma förekomsten av olika vindhastigheter och riktningar inom Sörbäck.

Som komplement till mätningarna med klimatbussen gjordes några enstaka registreringar i Sörbäck med enkla bläckdroppsanemografer samt några översiktliga karteringar av vindfältet genom studier av vindspår i snö.



Fig. A.27. SIB:s klimatbuss.

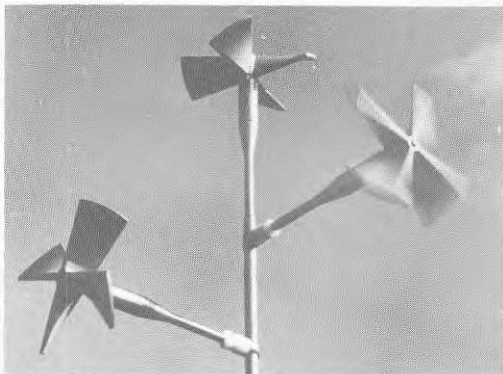


Fig. A.28. Propelleranemometer.

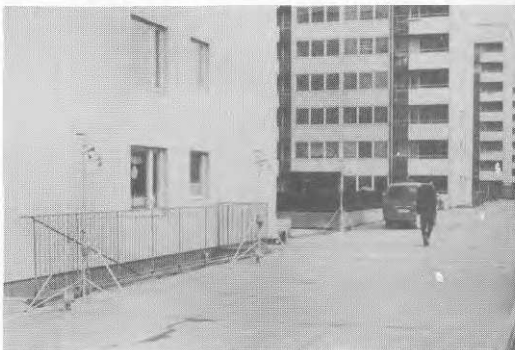


Fig. A.29. Mätning med propelleranemometrar.

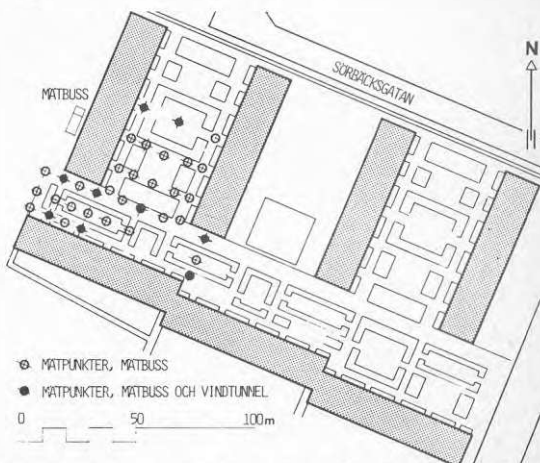


Fig. A.30. Mätpunkter vid fältmätningarna.

Vindtunnelprov

Modellstudier har utförts i SIB:s vindtunnellaboratorium. SIB:s vindtunnel är avsedd för modellstudier av vindeffekter på byggnader samt markvindförhållanden i bebyggelse. Den är störst i sitt slag i Norden med en total längd av 28 meter och ett tvärsnitt av 1,5 x 3,0 meter i mätsträckan. Vindtunneln består av ett slutet kanalsystem. Luften sätts i rörelse av ett fläktaggregat. Den modell som ska undersökas placeras på en vridbar skiva, infälld i golvet i tunnelns mitt. Skalan kan variera mellan 1:50 och 1:1000.

Med hjälp av speciella arrangemang på mätsträckans golv kan man skalenligt efterbilda den naturliga vindens struktur i luftskiktet närmast marken, t.ex. den vertikala vindhastighetsgradienten och vindens byighet (turbulens). På så vis kan man efterlikna strömningsförhållanden kring motsvarande objekt i full skala. Vindtunnelprov har utförts med två modeller av Sörbäck, en i skala 1:400 och en i skala 1:200.

Kvalitativa undersökningar med färgemulsion har gjorts i båda modellerna för att åskådliggöra vindströmningen nära marken i området. En emulsion av titanvitpulver i varnolén fördelas jämnt på modellplattan. Luftströmmarna i vindtunneln driver emulsionen i de lokala vindriktningarna. Den lättflyktiga vätskan avdunstar, och lämnar kvar pulvret i ett mönster som beskriver vindförhållandena i markplanet. Visualisering av strömningsmönster med denna metod har genomförts för de åtta huvudvindriktningarna (N, NO, O, SO, S, SV, V och NV).

Kvantitativa mätningar med varmtrådsanemometrar har gjorts i modell i skala 1:200. Mätsonden, se fig. A.33., innehåller en tunn metalltråd (diameter 0,05 mm) som är spänd mellan två spetsar och värms på elektrisk väg. Den spänning som fordras för att hålla trådens temperatur konstant - vid en vindhastighetsberoende avkylning - är ett mått på vindhastighetens storlek. Med hjälp av sonden kan man också bestämma turbulensintensiteten i luftströmmen.

Mätningar har gjorts i 23 punkter av vilka 7 punkter varit gemensamma med fältmätningarna.

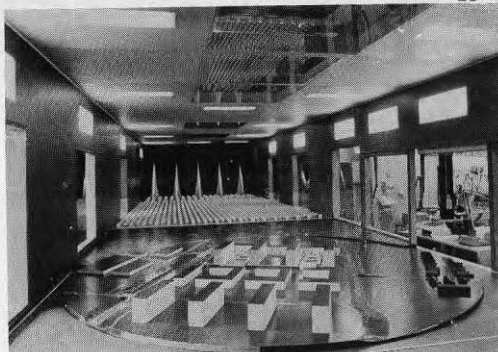


Fig. A.31. Modell av Kroksbäck i SIB:s vindtunnel.

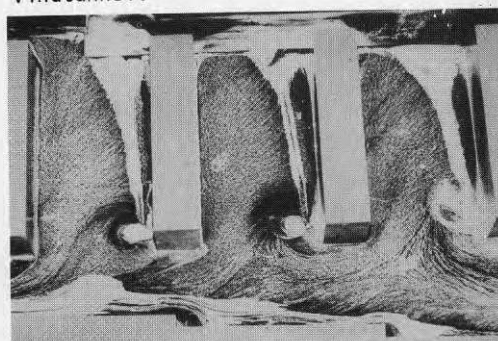


Fig. A.32. Exempel på visualisering med färgemulsion av luftströmning i modell av Sörbäck. Sydostlig vind.

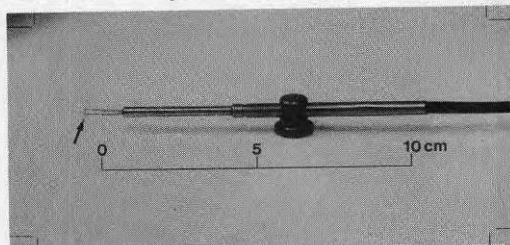


Fig. A.33. varmtrådsanemometer.

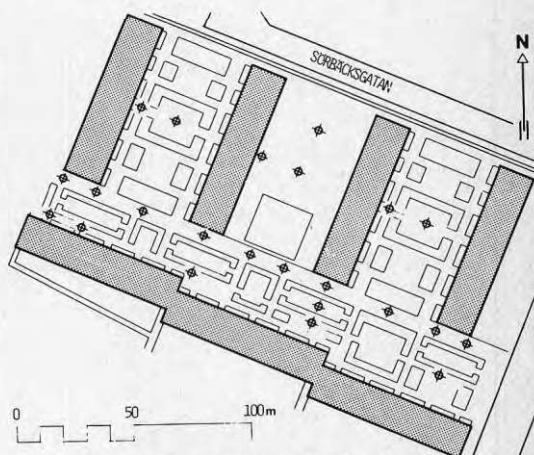


Fig. A.34. Mätpunkter vid mätningar med varmtrådsanemometer i modell av Sörbäck.

I samtliga mätpunkter har horisontalkomponenterna av medelvindhastighet och turbulensintensitet på två meters höjd (fullskala) uppmätts. Referensvindhastigheter på 2 och 10 m höjd har mätts i en mätstation ca 100 meter sydväst om Sörbäck (måtten avser fullskala).

Efter en kartläggning av vindförhållandena i området undersöktes utformning och placering av olika skärmarrangemang för att reducera lokalt höga vindhastigheter, t.ex. på gångvägar och vid lek- och uppehållsplatser. Vid undersökningen användes skärmar som i full skala motsvarar 5 m höjd med ca 40 % porositet. I några fall provades också skärmar vars nedre halva var tät medan övre halvan hade 40 % porositet. Placeringen av dessa skärmar framgår av fig. A.35. I stället för skärmar kan man använda vegetationsbälten (häckar och trädtrader) som med rätt utformning ger samma läeffekter.

Mätningarna utfördes vid de fem vindriktningar (NO, O, SO, SV, och V) som i förväg bedömts som mest kritiska ur komfortsynpunkt vid analysen av klimatet i sörbäcksområdet och i regionen i övrigt.

I några punkter har kompletterande mätningar utförts vid vindriktningarna S, NV och N. Vid en vindriktning, NV, har vindhastigheten mätts i ca 70 punkter på västra gården i Sörbäck för att få underlag för detaljerade jämförelser med resultaten från fältmätningarna.

Över vissa ytor, t.ex. lekplatser för småbarn är det speciellt viktigt att skapa lä. Effekten av ett skärmarrangemang kring en sådan lekplats provades i skala 1:200, se fig. A.36.

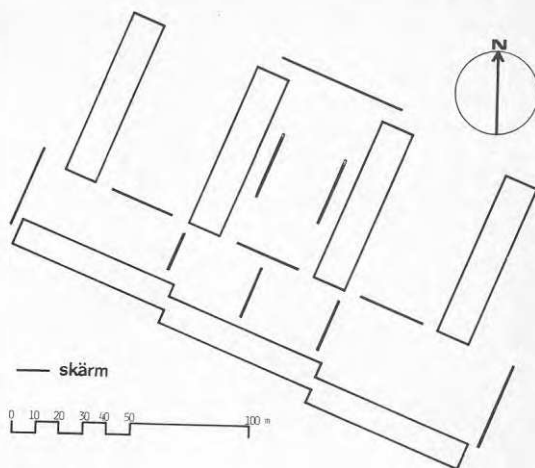


Fig. A.35. Skärmlaceringar som provats i vindtunnel.

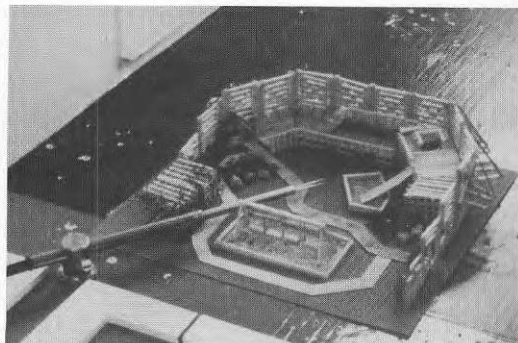


Fig. A.36. Mätning med varmtrådsanemometer i modell av en vindskyddad lekplats.

MATRESULTAT

Markströmning vid olika vindriktningar

Luftströmningen nära marken vid olika vindriktningar har visualiserats med hjälp av färgemulsion vid vindtunnelproven. Dessa strömningsbilder redovisas i Bilaga V. Färgmönstret på modellplattan har sedan omtolkats till "strömningslinjer" vilka anger lokala vindriktningar. Fig. A.37 visar ett sådant strömningsmönster.

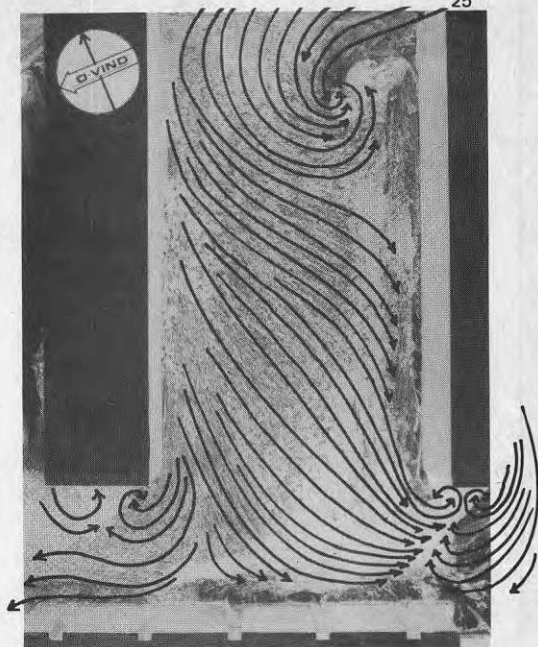
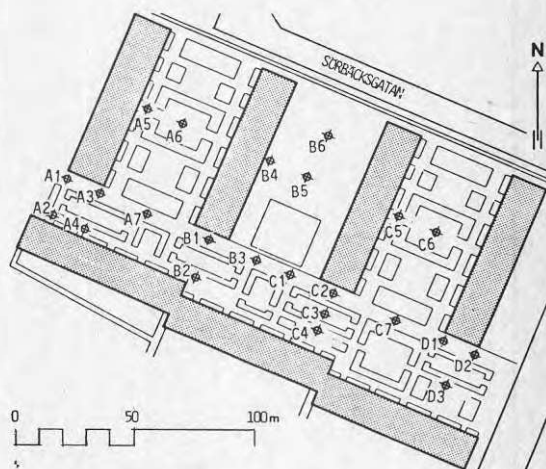


Fig. A.37. Tolkning av färgemulsionsmönster till strömningslinjer.

Förhållandet mellan lokala vindhastigheter och ostörda vindhastigheter (uppmätta i referensstationen) har räknats fram för varje mätpunkt för såväl fullskale- som modellmätningarna. Vid vindtunnelproven uppvisade de tre gårdarna i stort sett samma fördelning av lokala vindhastigheter och -riktningar vid given vindriktning. Med ledning av värden från fältmätningarna på västra gården kunde därför vindhastighetsfördelningar på de två andra gårdarna grovt uppskattas. För varje vindriktning har sålunda särskilt vindutsatta ytor kunnat lokaliseras.



Nedan följer en översiktlig beskrivning av vindförhållandena i Sörbäck för de åtta huvudvindriktningarna. Som ytor med lokalt höga vindhastigheter anges ytor där de högsta vindhastigheterna förekommer vid respektive vindriktningar. Ytor har medtagits där den lokala vindhastigheten överskrider vindhastigheten på samma höjd (2 m) vid referensmasten. Dessa ytor har tagits fram med ledning av vindtunnelprov och fullskalemätningar.

mätptk nr	\bar{U}_{fri}	mätptk nr	\bar{U}_{fri}	mätptk nr	\bar{U}_{fri}
A1	1,60	B1	0,99	C1	0,70
A2	1,11	B2	1,15	C2	1,10
A3	0,93	B3	1,39	C3	1,20
A4	0,98	B4	0,83	C4	1,25
A5	0,55	B5	1,09	C5	0,93
A6	1,06	B6	1,54	C6	1,13
A7	0,96			C7	1,13
				D1	1,23
				D2	1,26
				D3	1,21

$\frac{\bar{U}}{\bar{U}_{fri}}$ = förhållande mellan lokal och fri vindhastighet

Fig. A.38. Mätvärden vid mätningar i modell med varmträdsanemometer vid västlig vind.

Nordlig vind

Anblåsande vindar delas av höghusens norra gavlar. Vid östra gavelhörnen uppstår en virvel. Vindriktningen på gårdarna är i stort sett parallell med höghusens långfasader. Vid södergavlarna möts "de delade" vindarna i två motroterande virvlar. Framför låghusets fasad delas vinden i en uppgående och en nedgående ström. Den uppgående strömmen häver sig över och förbi hustaket. Den nedgående strömmen möter markplanet, strömmar ut från fasaden och förenas med vindarna som virvlas upp mot höghusens södergavlar. Huset erbjuder föga hinder för nordliga vindar, vilka relativt obehindrat sveper genom området.

De högsta vindhastigheterna uppträder vid höghusens hörn mot NO, SO och SV.

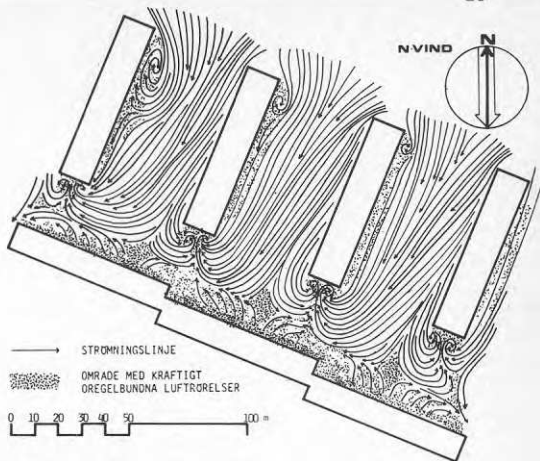


Fig. A.39. Luftströmning nära marken vid nordlig vind.

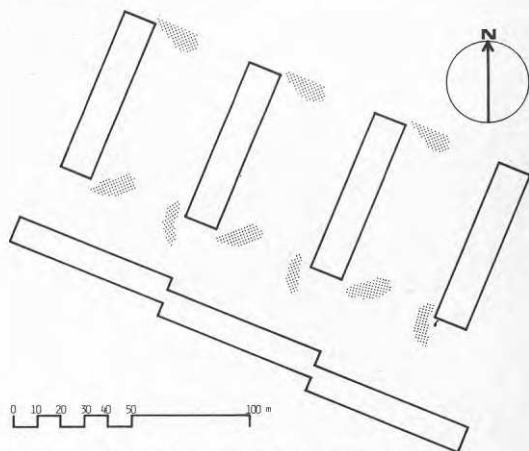


Fig. A.40. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid nordlig vind angivna med raster.

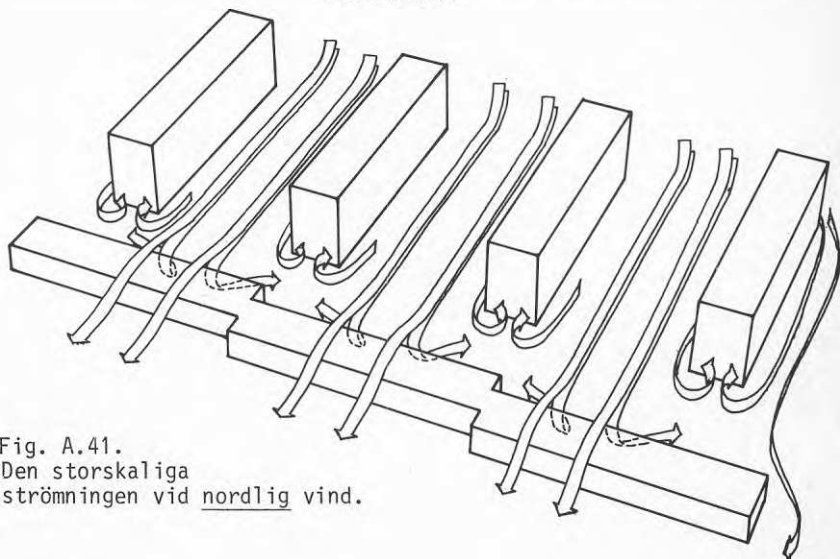


Fig. A.41.
Den storskaliga strömningen vid nordlig vind.

Nordostlig vind

Anblåsande vindar delas av höghusens norra gavlar. Vindriktningen på gårdarna är liksom vid nordlig vind i stort sett parallell med höghusens fasader.

Vid södergavlarna möts "de delade" vindarna i två motroterande virvlar. Framför låghusens fasad delas vinden i en uppgående och en nedgående ström. Den uppgående strömmen häver sig över och förbi hustaket.

Den nedgående strömmen möter markplanet, strömmar ut från fasaden och förenas med vindarna som virvlas upp mot höghusens södergavlar.

Husen erbjuder föga hinder för nordostliga vindar, vilka relativt obehindrat sveper genom området.

Vindhastigheterna är relativt höga i hela området, speciellt intill höghusens hörn mot SO och NV.

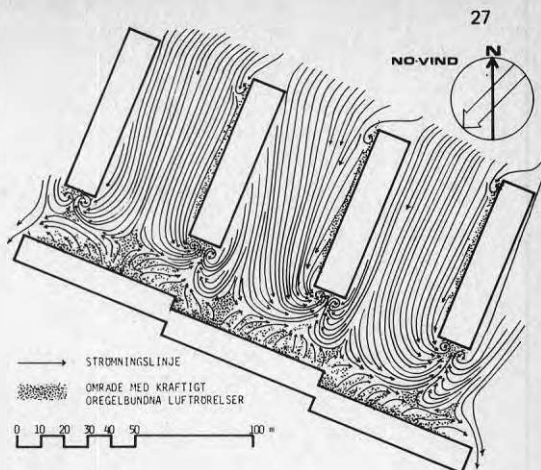


Fig. A.42. Luftströmning nära marken vid nordostlig vind.

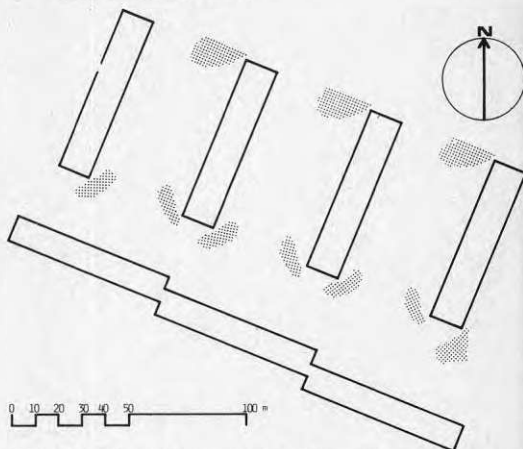
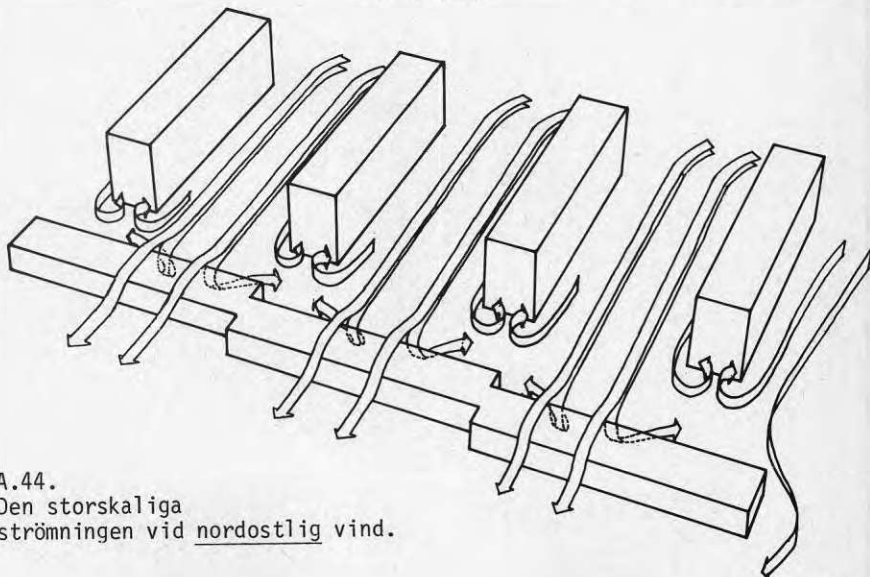


Fig. A.43. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid nordostlig vind angivna med raster.



A.44.
Den storskaliga strömningen vid nordostlig vind.

Ostlig vind

Den luft som strömmar mot det ostliga höghusets långfasad pressas först uppåt över huset och sugas sedan ned över gårdarna, där den rullas upp i stora virvlar med skruvformad luftrörelse. Dessa virvlar drar också in luft från gårdarnas öppning i norr. Nära marken strömmar luften diagonalt över gårdarna mot SO och höga hastigheter uppträder i de områden där virvlarna tangerar markytan. Vindhastigheten blir också hög i gatten mot ost och väst, där luftströmmen pressas samman mellan byggnaderna. Vid höghusens södergavlar möts motriktade luftströmmar som ger upphov till kraftig byghet. På var och en av gårdarna utbildas en stående virvel med vertikal axel intill höghusens nordvästra hörn.

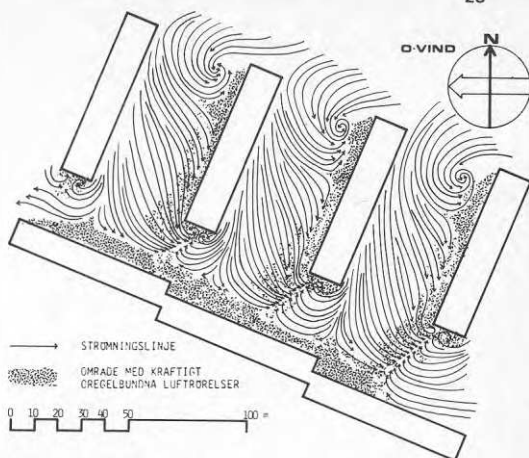


Fig. A.45. Luftströmning nära marken vid ostlig vind.

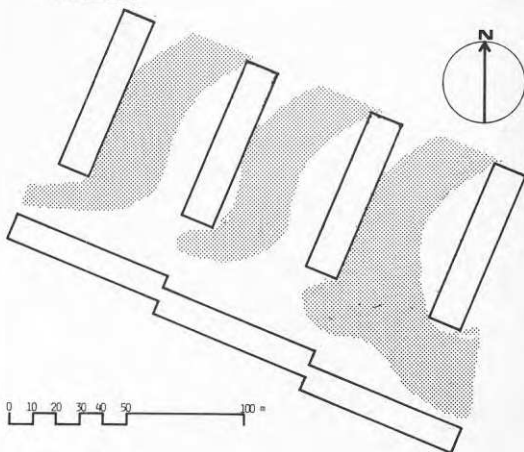
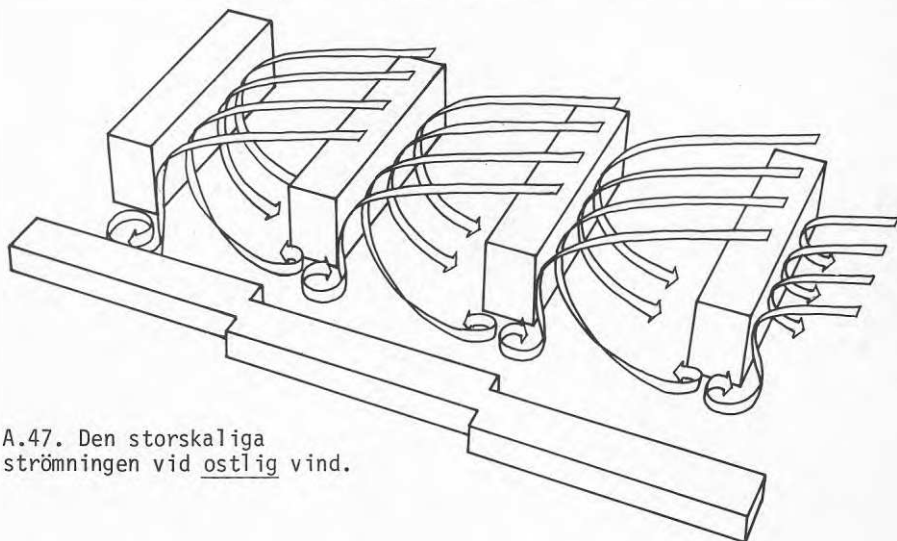


Fig. A.46. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid ostlig vind angivna med raster.



A.47. Den storskaliga strömningen vid ostlig vind.

Sydostlig vind

Luftströmningen över gårdarna har samma karaktär som vid östlig vind med stora virvlar mellan höghusen och diagonal strömning (mot NO) längs markytan. Stående vertikala virvlar bildas intill höghusens sydvästra hörn. Längs hela stråket söder om höghusen strömmar luften parallellt med låghuset.

Vindhastigheterna är måttliga i större delen av området. De högsta hastigheterna uppträder i gårdarnas nordvästra del och intill de sydvästra hörnen på höghusen.

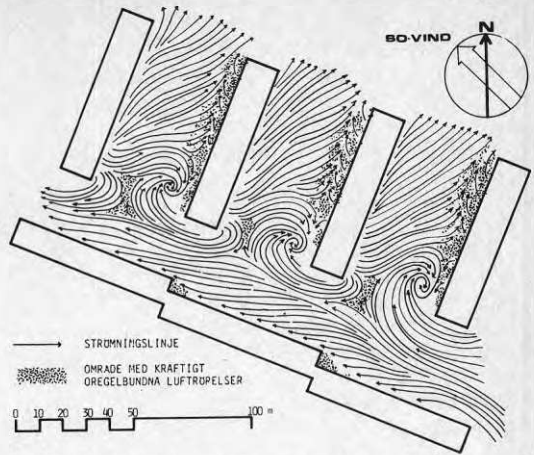


Fig. A.48. Luftströmning nära marken vid sydostlig vind.

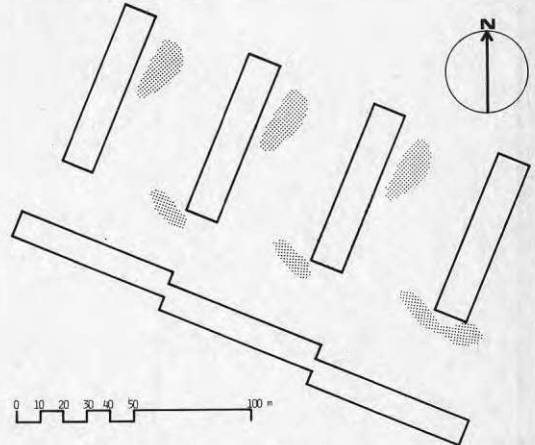
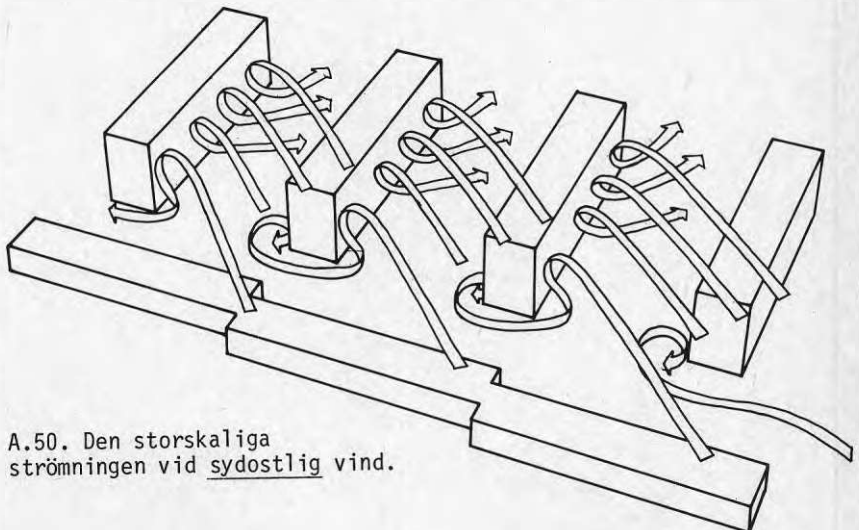


Fig. A.49. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid sydostlig vind angivna med raster.



A.50. Den storskaliga strömningen vid sydostlig vind.

Sydlig vind

Strömningsmönstret är i stort detsamma som vid sydostlig vind med diagonal strömning (mot NO) längs markytan mellan höghusen. Virvelrörelsen mellan höghusen är svagare och lufthastigheten på gårdarna är lägre.

De vertikala virvlarna på gårdarnas sydöstra delar har mindre utbredning än vid sydostlig vind.

Inom större delen av det öst-västliga stråket strömmar luften i stråkets längdriktning (mot V).

Höga vindhastigheter uppträder endast intill höghusens sydvästra hörn.

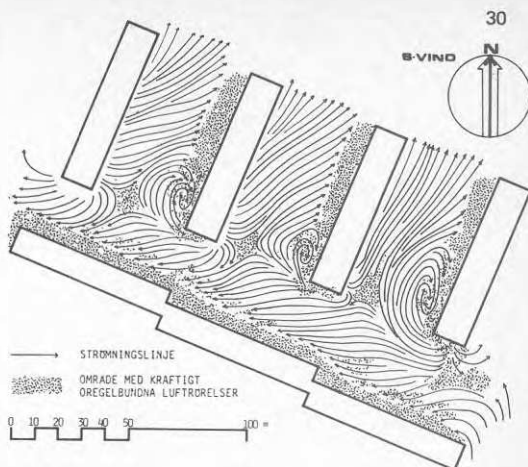


Fig. A.51. Luftströmning nära marken vid sydlig vind.

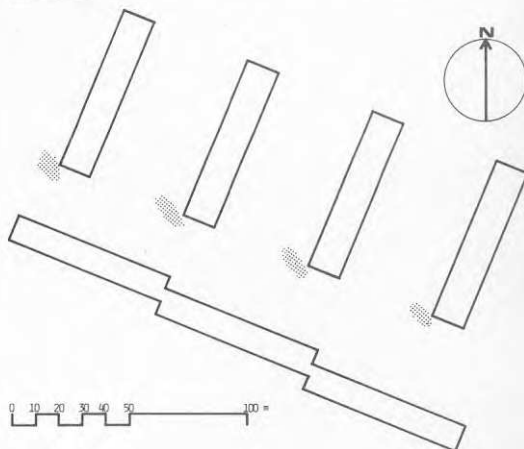
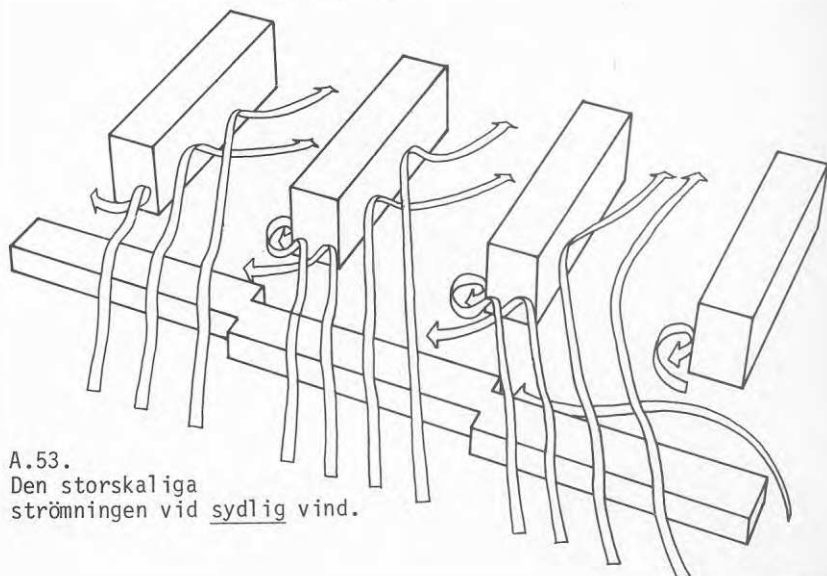


Fig. A.52. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid sydlig vind angivna med raster.



A.53.
Den storskaliga strömningen vid sydlig vind.

Sydvästlig vind

Den diagonalt riktade luftströmningen över höghusgårdarna (mot NV-N) utgör i stort spegelbilden av strömningsmönstret vid sydlig vind.

I det öst-västriga stråket strömmar luften huvudsakligen i stråkets längdriktning (mot S0).

Den luft som förs ned längs höghusens södra gavelväggar ger upphov till kraftig byighet nära markytan i områden framför gavlarna.

Kraftiga vertikala virvlar intill höghusens sydöstra hörn ger där lokalt höga vindhastigheter.

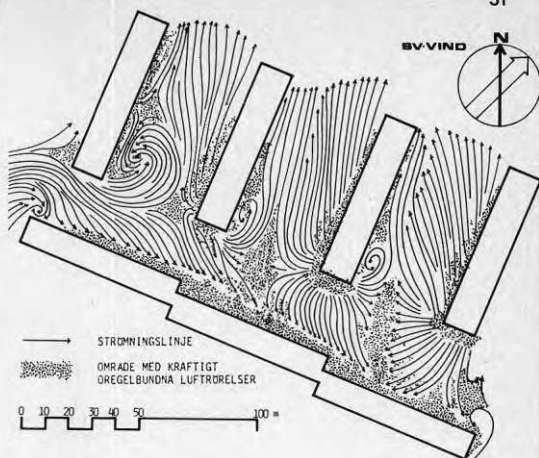


Fig. A.54. Luftströmning nära marken vid sydvästlig vind.

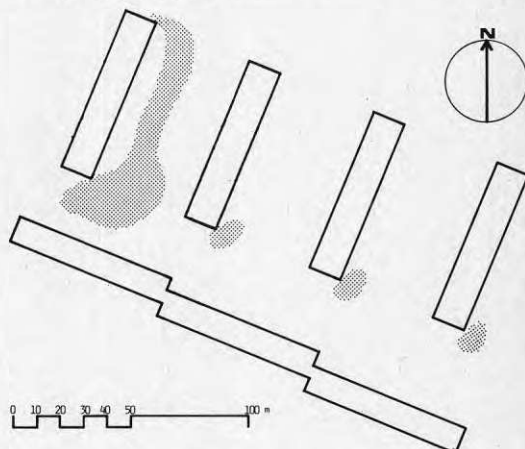
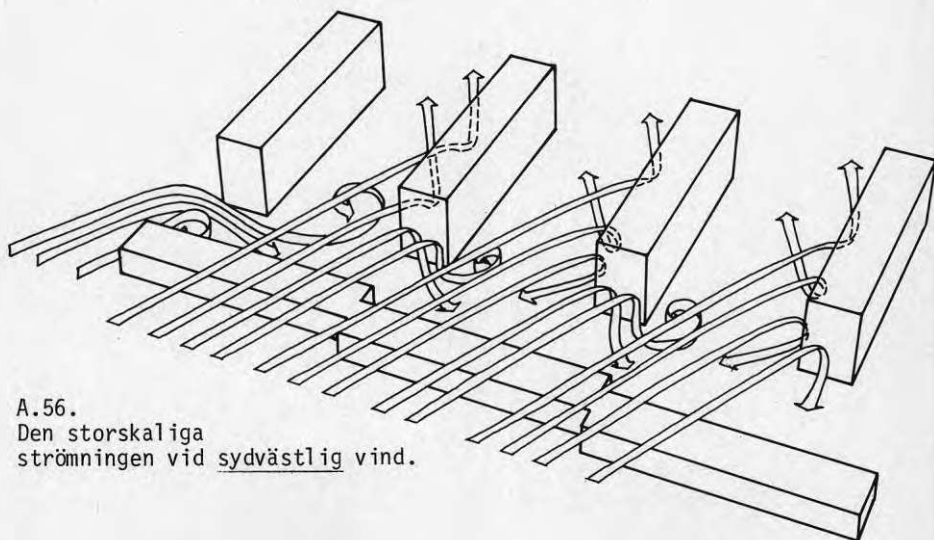


Fig. A.55. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid sydvästlig vind angivna med raster.



A.56.
Den storskaliga strömningen vid sydvästlig vind.

Västlig vind

Strömningsmönstren på gårdarna utgör i stort spegelbilder av motsvarande mönster vid sydostlig vind och vindhastigheterna nära marken är av samma storlek, störst på den västra gården och i det västra gattet.

Från gårdarnas södra delar strömmar luften mot sydost in i det öst-västliga stråket.

De vertikala virvlarna intill höghusens sydöstra hörn ger upphov till höga lufthastigheter, störst vid det västliga höguset.

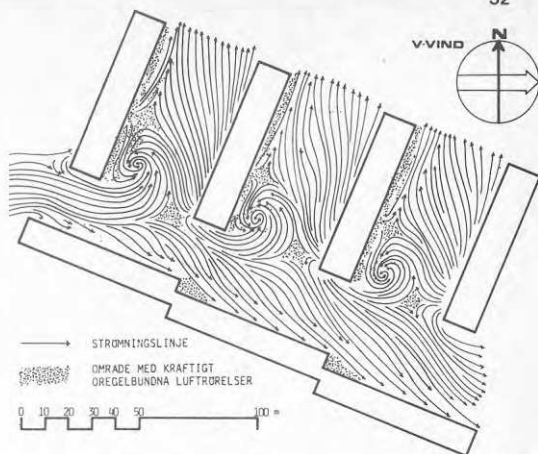


Fig. A.57. Luftströmning nära marken vid västlig vind.

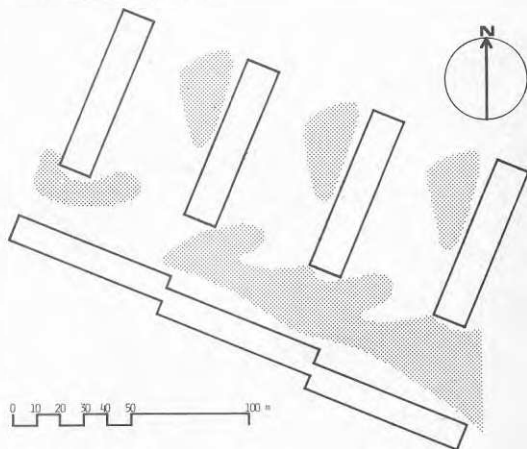
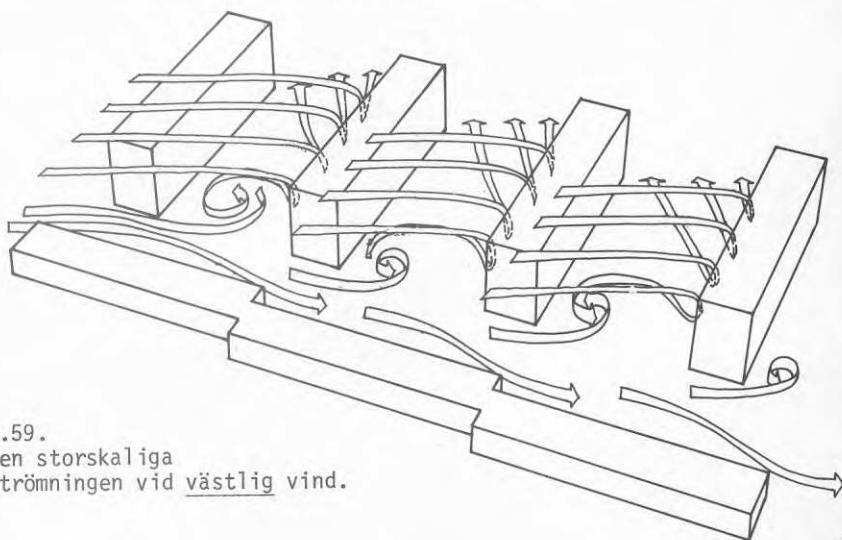


Fig. A.58. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid västlig vind angivna med raster.



A.59.
Den storskaliga strömningen vid västlig vind.

Nordvästlig vind

Strömningsmönstren på gårdarna har samma principiella utseende som spegelbilderna till mönstren vid östlig vind. De kraftiga stående virvlarna mellan höghusen ger upphov till diagonala luftströmmar (mot V-SV) över gårdsytorna.

Kraftig byghet uppstår på södra delen av den västra gården, när luftströmmen från det västra gattet - där vindhastigheterna är höga - möter den motriktade luftströmmen från gården.

I gårdarnas nordvästra delar bildas vertikala virvlar som ger höga luft-hastigheter, störst på den västra gården.

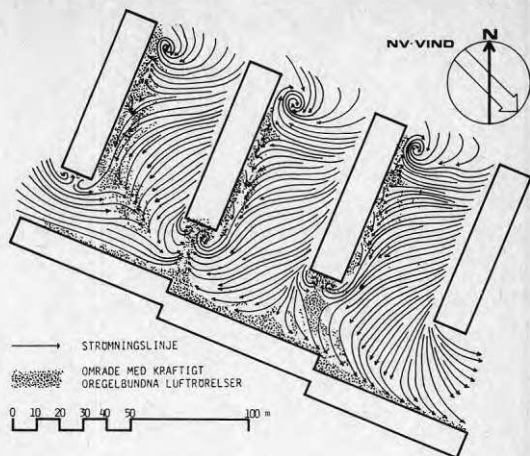


Fig. A.60. Luftströmning nära marken vid nordvästlig vind.

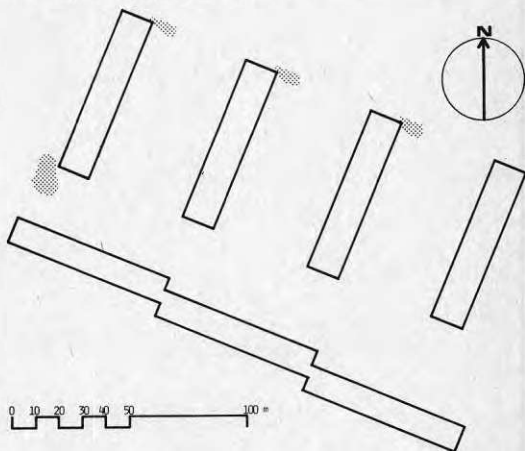
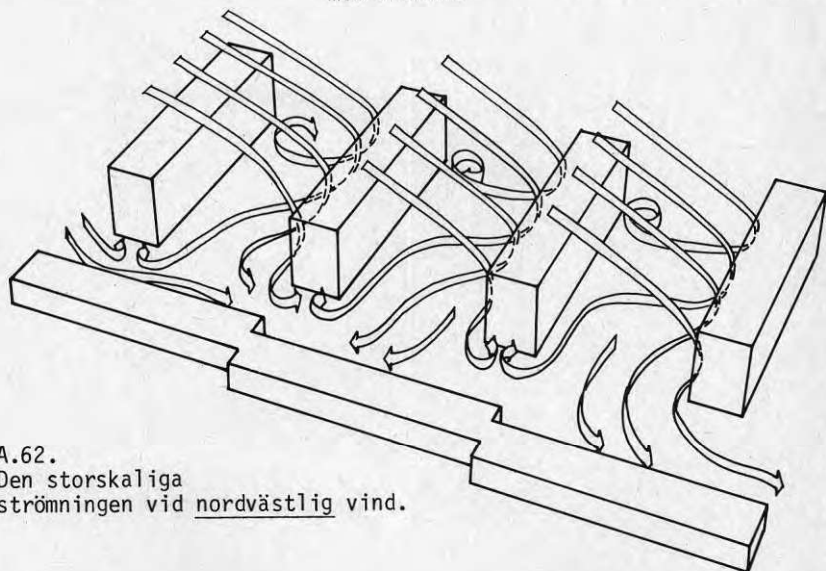


Fig. A.61. Ytor med lokalt höga vindhastigheter vid nordvästlig vind angivna med raster.



A.62. Den storskaliga strömningen vid nordvästlig vind.

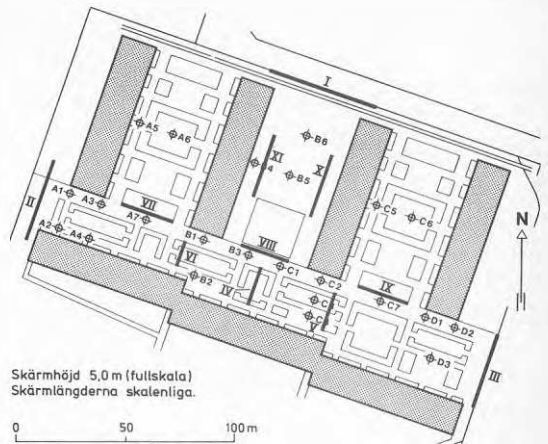
Läbildningen bakom skärmar

(Bengt Wirén)

De höga vindhastigheter som uppträder lokalt i området kan reduceras med hjälp av skärmar, kombinerade med vegetationsbälten. Effekten av olika skärmarrangemang, se fig. A.63, har provats vid vindtunnelundersökningen. Den vägledande principen bakom valet av skärmlaceringar har varit att skärmarna dels skall hejda luftströmmarna genom de stora öppningarna in till området, dels skapa lä över mindre ytor som sannolikt kommer att utnyttjas för lek- och viloplatsar samt gångstråk. Något förslag till gårdsutformning förelåg inte då proven genomfördes. De provade skärmarrangemangen är därför av schematisk karaktär och anger riktlinjer som bör följas vid en senare detaljplanering.

Provresultatet, som i sin helhet redovisas i Bilaga V, kan sammanfattas enligt följande:

- Skärm I, norr om mellersta gården, skapar lä över gårdens norra del vid vind från N. Vindhastighetsreduktionen är större än 25% inom ett avstånd av ca 35 m från skärmen och ca 10% på 50 m avstånd. Vid andra vindriktningar än N är skärmeffekten av försumbar storlek.
- De östra och västra gårdarna får skydd för nordliga vindar av de planerade tillbyggnaderna vid gårdarnas norra del.
- Skärm II, vid den västra öppningen in till området, ger en måttlig hastighetsreduktion över gångstråkets västra del vid vind från S-V. Lä-effekten förstärks om skärmen istället placeras i liv med höghusets västfasad, se fig. A.82. och V.9, och kompletteras med vegetation intill hushörnen för att reducera vindhastigheten i öppningarna mellan skärmen och intilliggande huskroppar.
- Skärm III, vid den östra öppningen in till området, är mindre effektiv än skärm II (vid motsvarande vindriktningar, dvs vind från S-O), beroende på att det västra höghuset leder in stora luftmängder bakom skärmen. Skärmen bör därför kompletteras med ytterligare en skärm



Skärmhöjd 5,0 m (fullskala)
Skärm längderna skalensliga.

Fig. A.63. Skärmlaceringar vid vind-tunnelproven.

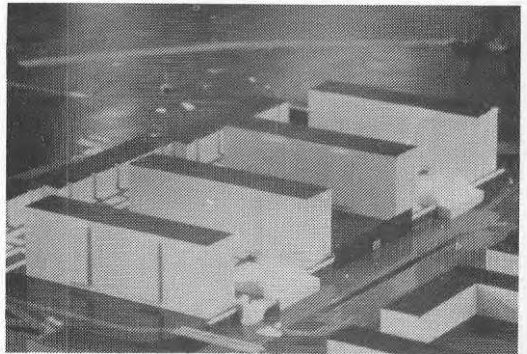


Fig. A.64. Skärm I och planerade tillbyggnader vid gårdarnas norra del. Foto från vindtunnelmodell i skala 1:200.

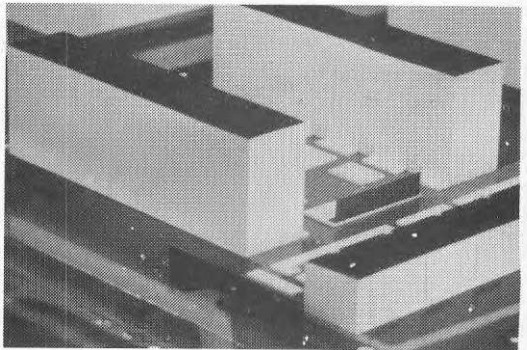


Fig. A.65. Skärmarrangemang i syd-västra Sörbäck. Foto från vindtunnelmodell i skala 1:200.

och/eller tät vegetation vid höghusets sydöstra hörn.

- Skärmarna IV, V och VI - kompletterade med flera parallella skärmar (vegetationsbälten) mot gångstråkets östra och västra ändar - bryter luftströmmen längs gångstråket vid vind från SO och SV-V. En skärm skapar lä endast över en begränsad sträcka i vindriktningen och läbildningen måste därför upprepas med hjälp av en serie parallella skärmar eller liknande med ett inbördes avstånd av 5 å 7 skärmhöjder.
- Skärmarna VII, VIII och IX ger en kraftig hastighetsreduktion över delar av gångstråket vid vind från N-O men är mindre effektiva när det gäller att skapa lä över gårdarnas södra delar vid vind från SO och SV. Luftströmmningen in mot gårdarna sker då huvudsakligen via de stora virvlarna mellan höghusen och strömningsriktningen nära marken är sådan att diagonalt placerade skärmar ger det bästa vindskyddet.

Vid vind från S OCH SSV skyddas gårdarnas södra del av den 3-våningslänga som avgränsar området mot söder.

- Skärmarna X och XI är avsedda att skapa lä för entréer och gångvägar längs höghusens fasader vid vindriktningar som ger diagonal luftströmning över gårdarna. Hastighetsreduktionen på gångvägen bakom en sådan skärm, placerad 7 m från husfasaden, uppgår till ca 70% vid V-vind och ca 30% vid NV-vind. Dessa skärmar bör kombineras med diagonalt placerade vindskydd (skärmar eller vegetationsbälten) för att skapa lä över gårdarnas mittpartier.

Vindskyddad lekplats

För vindkänsliga aktiviteter bör man lägga särskild omsorg vid utformning av vindskydd. Detta gäller för t.ex. uteplatser för samvaro, plats för pingis och badminton, lekplatser m.m. Olägenheter kan uppstå när exempelvis sanddytor på en lekplats utsätts för starka vindar.

Bästa sättet att skapa lä över en lekplats är att kringbygga den med en hög skärm. Då kan man dock komma i konflikt med kravet på soltimmar. En skärm skuggar ju också. För att maximalt vindskydda en lekplats utan att minska solinstrålningen bör skärmen öppnas upp mot söder. Lekplatsens planform blir då en 3/4 cirkel, eller en kvadrat/rektangel, öppen mot söder. För att ge effektivt vindskydd bör man ta i med en rejäl höjd på skärmen.

En modell av en lekplats byggdes i skala 1:200 och testades i vindtunnel. Planket kring modellekplatsen gjordes 5 meter högt (2,5 cm i 200-dels modell) mot norra sidan och trappades successivt ner till höjden 1,5 meter längs öst- och västsidorna. Vid en mindre storlek på lekplatsen kan skärmhöjden minskas. Vid lägre skärmhöjd minskar den vindskyddade ytan på lekplatsen.

Mätningar med varmtrådsanemometer visar att vindhastigheten på 2 m höjd mitt på lekplatsen reduceras till en femtedel av den hastighet som råder utan vindskydd.

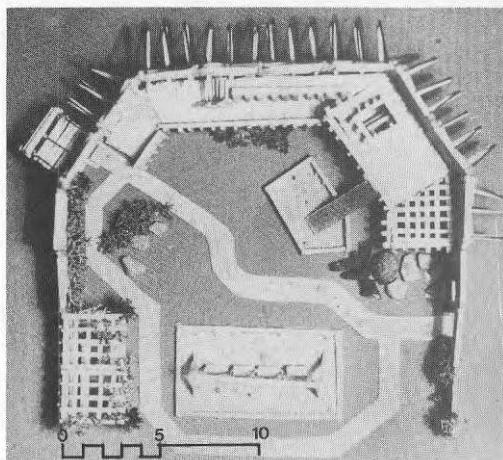


Fig. A.66. Modell av lekplats som provats i vindtunnel.

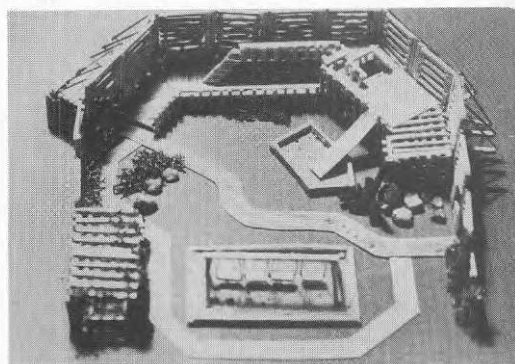


Fig. A.67. Modell av lekplats som provats i vindtunnel.

SAMMANFATTNING AV MÄTRESULTAT

Symmetriförhållande

Höghusen i Sörbäck är i stort sett symmetriskt orienterade i förhållande till huvudväderstrecken (fig.A.68).

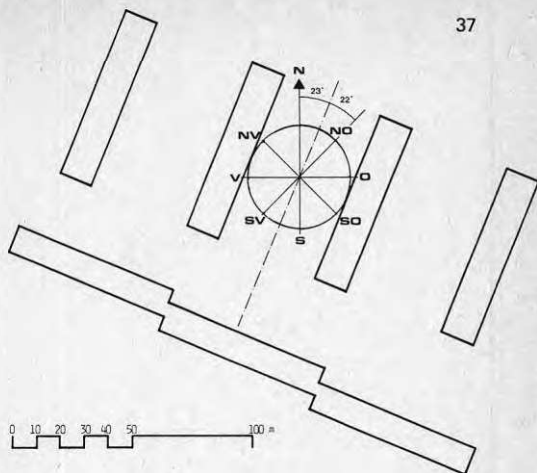


Fig. A.68. Höghusens symmetriförhållande till huvudväderstrecken.

Av strömningskartorna framgår att strömningsmönstret för nordlig vind motsvarar spegelbilden av mönstret för nordostlig vind. Även strömningsmönstren för övriga vindriktningar bildar spegelpar. Följande par av strömningsmönster för huvudriktningarna har härvid urskiljts:

norr - nordost
nordväst - öster
väster - sydost

Att spegelbilderna av strömningsmönstren för sydväst och söder avviker något från varandra torde förklaras av den södra trevåningslängans asymmetriska förhållande till höghusen.

Det är vanligast med diagonala luftströmmar över gårdarna.

Vertikal luftcirkulation

Höghusens inverkan på vinden ger upphov till komplicerade strömningsmönster i markplanet, vars uppkomst förklaras av vindens tredimensionella rörelser. Vid de höga husen förs stora luftmängder från högre luftlager ner till markplanet och ger där upphov till höga vindhastigheter. Vid nästan alla vindriktningar uppkommer stora skruvformade virvlar mellan höghusen. Den vertikala luftcirkulationen har alltså stor inverkan på strömningsförhållandena i markplanet, och bidrar till uppkomsten av lokalt höga vindhastigheter på gårdarna.

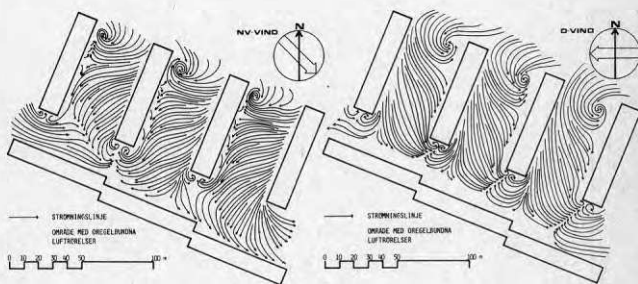


Fig. A.69. Strömningsmönstren för nordvästlig och östlig vind utgör i stort varandras spegelbilder.

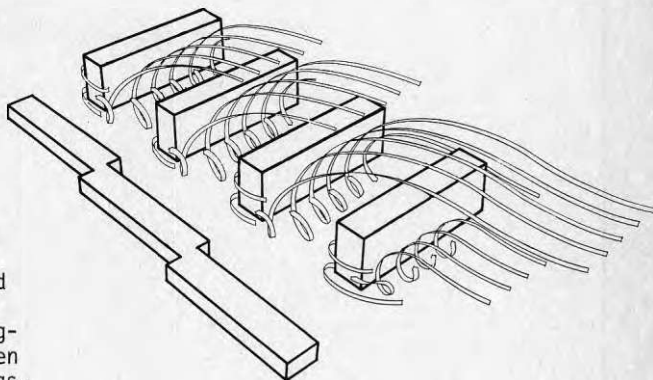


Fig. A.70. Stora skruvformade virvlar uppkommer mellan höghusen vid de flesta vindriktningar.

Vindar från nord- och nordost är ovanligast. Syd-, sydost- och nordvästvindar är ungefär dubbelt så vanliga, och ost-, sydväst- och västvindar förekommer ungefär tre gånger så ofta som de förstnämnda (se fig. A.71.).

Efter fältmätningar med propelleranemometrar kunde relativa vindhastighetsfördelningar på den västra gården fastställas för olika vindriktningar. Med hjälp av de samtidiga mätningarna i referensmasten i Sörbäck och i en mast på Bulltofta kunde de enskilda mätpunkterna i Sörbäck anknutas till den officiella vindstatistiken för Bulltofta. Härigenom kunde man sedan beräkna den ungefärliga sannolikheten för hur ofta och var inom Sörbäck vissa hastigheter överskrids. Fig. A.72. visar en karta som anger sannolikheten för att medelhastigheten 5 m/s överskrids på olika delar av den västra höghusgården. Samtliga vindriktningar och vindhastigheter under hela året är inräknade.

Av kartan framgår att det blåser mest i gårdens mittparti och i passagen mellan det västra höghuset och trevåningshuset. De mest vindutsatta ytorna finns vid det västra höghusets sydöstra hörn och i mittpartiet av norra gårdshalvan, där medelhastigheten 5 m/s överskrids ca 1/4 av tiden.

Till underlaget för denna karta bidrar SV-vindar med ca 25-40%. Vindar från O och V med ca 20% vardera, S- och SO-vindar med ca 10% vardera och vindar från övriga riktningar, N, NO och NV, med nästan ingenting (jfr. kap. "Klimatet i regionen" och "Besvärande vindar", där andra vindriktningar anges som besvärande). Sydvästvindens dominans beror på att denna vindriktning är vanlig och att den västra gården öppnar sig mot västsektorn. Ost- och västvindarnas stora bidrag förklaras av att de också förekommer relativt ofta, samt att de virvlar som bildas på höghusgårdarna vid dessa vindriktningar orsakar höga lokala vindhastigheter (se föreg. kapitel). Sydost och sydvindarna är mindre vanliga men orsakar lokalt höga vindhastigheter. Nord- och nordostvindar är mest sällsynta, och när de förekommer uppträder endast måttliga förstärkningseffekter av vindhastigheten. Nordvästvindar är relativt vanliga, men ger de minsta förstärkningseffekterna.

Hur man upplever vinden beror inte bara på medelvindhastigheten utan också på vindens byighet. Genom att sammanväga dessa två storheter kan man definiera en "upplevd vindhastighet". En sådan ligger till grund för Fig. A.73.

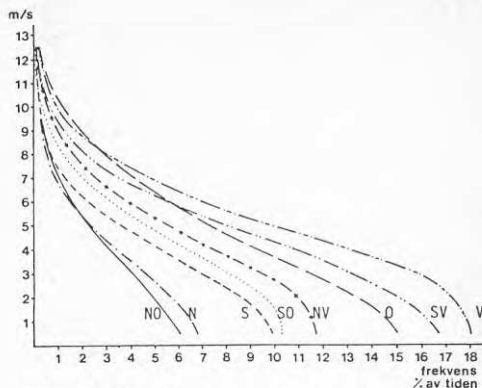


Fig. A.71. Vindhastighetsfördelning under året vid Bulltofta. Kumulativa frekvenser. Observationsperiod 1949-69.

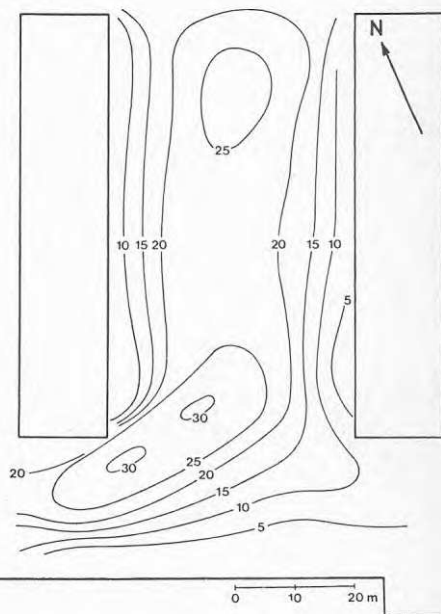


Fig. A.72. Del av tiden (%) under året som medelvindhastigheten 5 m/s överskrids på västra gården i Sörbäck.

En detaljerad kartering av "blåsigheten", med hänsyn tagen till de frekvenser med vilka de olika vindriktningarna uppträder har kunnat genomföras endast på den västra gården, där vindhastigheter mätts i fullskala vid samtliga vindriktningar. Genom ett förenklat förfarande har karteringen utsträckts till de övriga gårdarna för att åskådliggöra blåsigheten där.

Resultatet av detta förfarande visas i fig. A.74. Denna figur har gjorts genom att väga samman figurerna för "ytor med lokalt höga vindhastigheter" för de åtta huvudvindriktningarna (se sid A.18-A.25). Den lokala vindhastigheten har här karaktäriserats som "hög" då den överskrider vindhastigheten på samma höjd vid referensstationen. Vid denna sammanvägning har rastering i figurerna för nord- och nordostvindar gjorts glesast. För syd-, sydost- och nordvästvindar har rasteringen gjorts dubbelt så tät, och för vindar från ost, sydväst och väst tre gånger så tät. På så vis bidrar varje vindriktning med sina "blåsiga ytor" ungefär i proportion till hur ofta vindriktningen förekommer. Tillvägagångssättet brister i exakthet, men ger ändå en god uppfattning om vilka delar av Sörbäck som är mest vindutsatta.

Att den västra gården är mer vindutsatt än den mellersta och östra, förklaras av att sydväst- och västvindar är vanliga samt att den västra gården öppnar sig mot dessa riktningar.

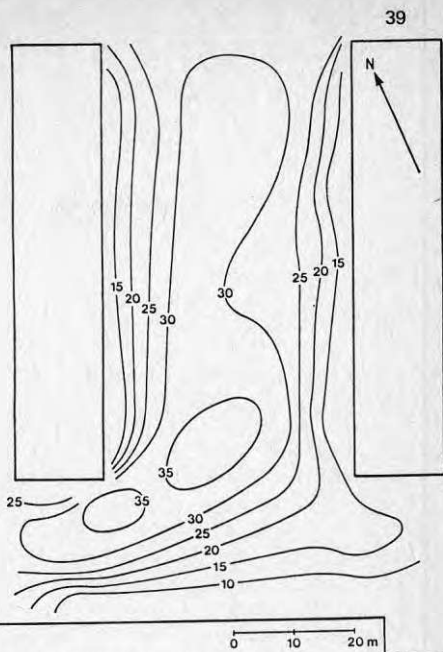


Fig. A.73. Del av tiden (%) under året som den upplevda vindhastigheten 5 m/s överskrids.

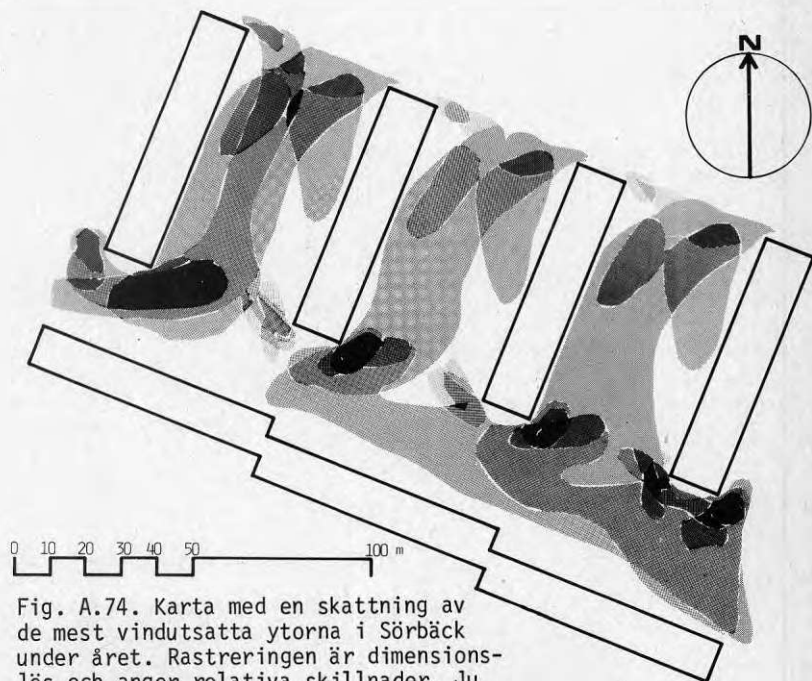


Fig. A.74. Karta med en skattning av de mest vindutsatta ytorna i Sörbäck under året. Rasteringen är dimensionslös och anger relativa skillnader. Ju tätare raster, desto mer vindutsatt yta.

Solskenstid i Sörbäck

Eftersom Sverige är ett förhållandevis kallt och solfattigt land bör stora hänsyn tas till solförhållanden vid planering av utemiljön. Fig. A.75. anger ytor med antal timmar möjlig solskenstid. I fig. A.76. visas ytor med minst 5 timmar möjlig solskenstid vid vår- och höstdagjämnning.

Närklimatzoner, ytanvändning och vindskydd

Utomhusytorna i Sörbäck kan indelas i följande lokalklimatzoner med hänsyn till vindförhållanden och solskenstid (jfr fig. A.77):

1. Fasadzonen med stort inslag av vertikala luftströmmar. Dessa strömmar kan brytas med skärmtak. Luftströmning i sidled längs fasaden kan i markplanet brytas med skärmar vinkelrätt ut från fasaden. Hushörnen är särskilt blåsiga, varför t.ex. gångvägar bör läggas en bit ut från hörnen. Ytorna framför trevåningslängans norrsida är mycket solfattiga.
2. Ytor mellan höghusens södergavlar och trevåningslängan. Här möts motriktade luftströmmar vid vindar från sektorn NV-N-NO-O och ger upphov till kraftig byighet. Vid vindar från sektorn SO-S-SV-V leds luftströmmar längs det öst-västliga stråket (obs. att strömningsmönstret vid SV-vind avviker något). Tvärställda hinder, t. ex. skärmar och planteringar, bör anläggas för att bryta luftströmmarna. Kraftiga vindskydd vid öppningarna i öster och väster är nödvändiga för att bryta luftströmningen mot gårdarna.
3. Södra delen av höghusgårdarna har störst antal möjliga soltimmar, varför dessa ytor är mest lämpade för lokalisering av uppehållsplatser. Eftersom dessa ytor också är mycket blåsiga (jfr. fig. A.72 - A.74), bör de kringbyggas med vindskydd.

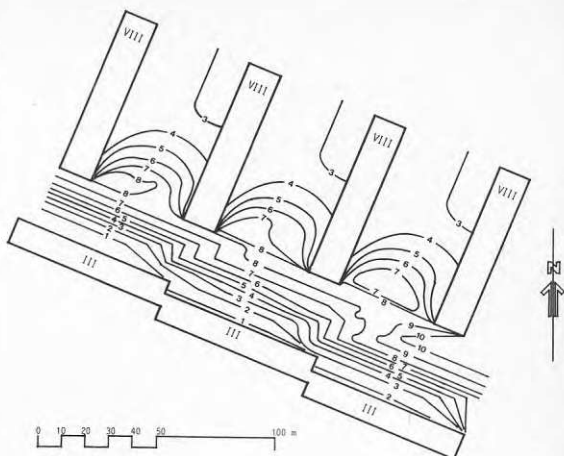


Fig. A.75. Solskenskurvor för Sörbäck vilka anger ytor med antal timmar möjlig solskenstid vid vår- och höstdagjämnning.

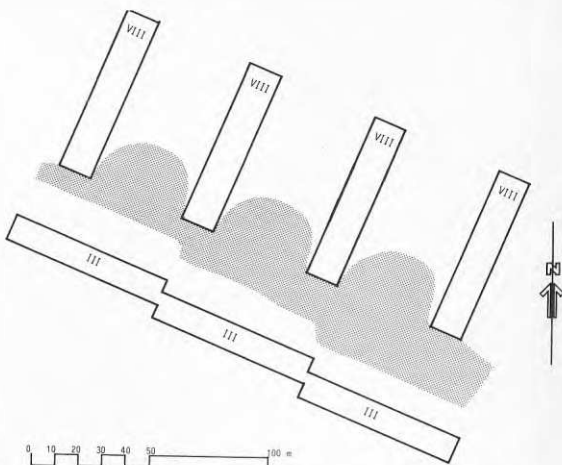


Fig. A.76. Karta över ytor (rastrerat) med minst 5 soltimmar möjlig solskenstid vid vår- och höstdagjämnning.

4. Norra halvan av höghusgårdarna är solfattig. O-, SV-, och V-vindar bidrar mest till blåsigheten. Eftersom luftströmningen vid vind från dessa riktningar huvudsakligen strömmar diagonalt över gårdarna, NNW-SSO, så bör skärmar och planteringar ställas vinkelrätt mot denna riktning, dvs VSV-ONO.
5. Norra öppningen av höghusgårdarna är mycket solfattig och mycket blåsig. Vindskydd bör tvärställas mellan höghusens nordgavlar. Eftersom lokalklimatet är dåligt och angöringsgatan ligger norr om höghusen är detta den lämpligaste zonen för kompletterande bebyggelse.

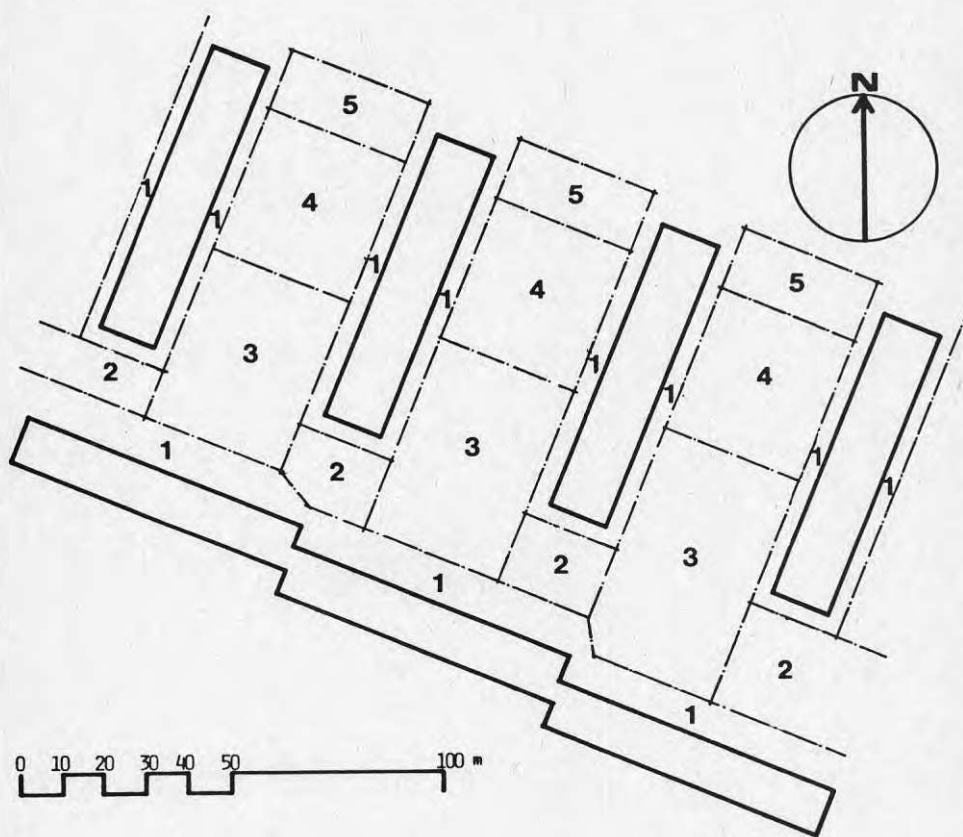


Fig. A.77. Närlimatzoner i Sörbäck
(se text ovan)

VINDSKYDDSATGÄRDER

Vad kan då göras för att minska blåsten? Att bygga långa och stora skärmtak eller att bygga över gårdarna är orealistiskt. Att skapa helt läskyddade gårdar ter sig omöjligt med hänsyn till framkomlighet och solvärden. Ansträngningar för att förbättra vindklimatet bör inriktas på att:

- dämpa vinden utanför området
- dämpa vinden lokalt inom området

De anblåsande vindarna kan minskas genom att man skapar barriärer utanför kvarteret vilka bryter ner vindarna innan de når fram till byggnader och gårdar. De ur olika synpunkter mest lämpliga barriärerna utanför kvarteret torde vara vegetation, vilket idag saknas. De flesta gårdar ligger på betongdäck och har dåliga förutsättningar för växtlighet (se fig. A.78). Omfattande planteringar av dungar och ridåer av vuxna träd och snabbväxande trädarter utanför området och på "outgrävda" gårdar kan effektivt dämpa vinden, se fig. A.79.

Inom området kan man skapa lä över begränsade ytor, t.ex. lek- och viloplatsar, som av olika skäl (solskenstid, tillgänglighet) måste förläggas till platser där de lokala vindhastigheterna är oacceptabelt höga. Gångstråk och ytor framför entréer är andra områden som kan fordra vindskydd.

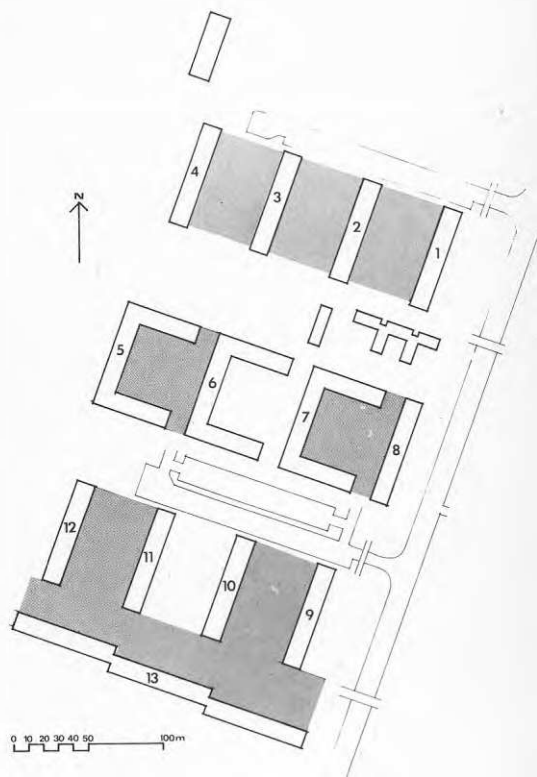


Fig.A.78.Gårdar i Kroksbäck som ligger på betongdäck angivna med raster.

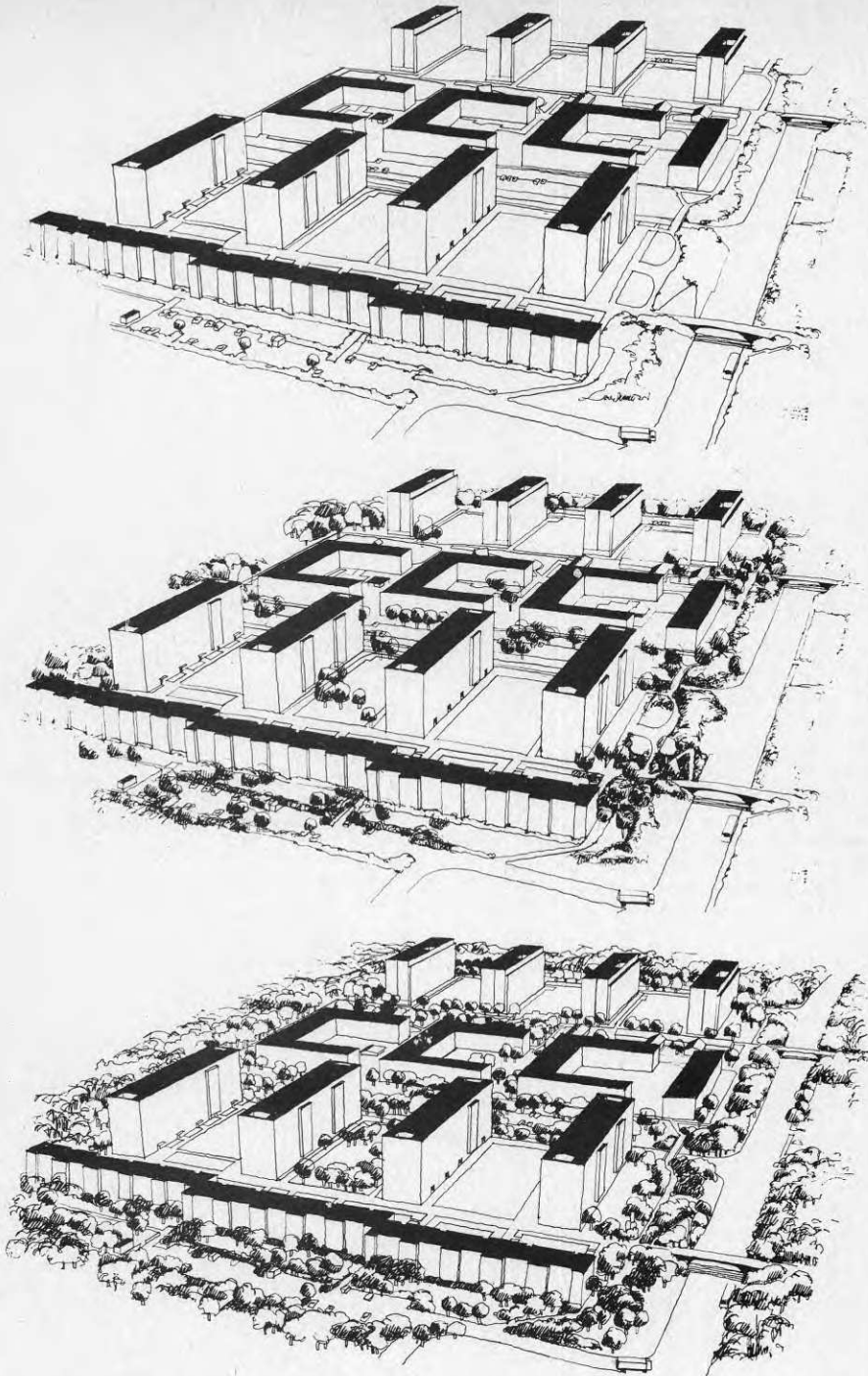


Fig. A.79. Omfattande planteringar av dungar och ridåer av vuxna träd och snabbväxande trädarter utanför området och på "outgrävda" gårdar kan minska blåsten.

- a. Kroksbäck idag med sparsam vegetation,
- b. med planteringar vid öppningar och
- c. med planteringar vid öppningar och utanför kvarteret

Blåsten inom området kan dämpas genom att:

- vindskydda öppningar mellan husen
- blockera husgavlar
- bryta strömning längs fasader
- bryta luftströmmar över gårdar
- skapa särskilt vindskyddade platser

Detta kan åstadkommas genom riktig utformning och placering av vindskyddande skärmar och/eller vegetation.

Läbildningen bakom en skärm beror av skärmens genomsläpplighet (porositet). En tät skärm ger den kraftigaste reduktionen av vindhastigheten alldeles intill skärmen, medan en porös skärm ger ett längre läområde och en svagare turbulens än den täta skärmen. Lämplig porositetsgrad är 30-50%. De gynnsamma egenskaperna hos respektive skärmtyp kan förenas om skärmens nedre del görs tät - för att ge skydd för t.ex. en sittbänk - medan den övre delen görs genomsläpplig.

Ett vindskydd bör kunna ges flera funktioner än att enbart dämpa vind. Ett vindskyddande plank kan användas för bollekar, byggas på med sittbänkar och pergolatak för uteplatser m.m. Det kan också byggas samman med eller utgöra en del av t.ex. en cykelbod (fig. A.80).

Skärmar kan företrädesvis användas på gårdar på betongdäck där förutsättningarna för högre växtlighet är dåliga. Där dessa förutsättningar finns kan man i stället för skärmar använda vegetationsbälten som med rätt utformning ger samma läeffekt. Snabbväxande trädarter och buskar som under etableringsperioden skyddas av en låg skärm kan efter relativt kort tid ge ett gott vindskydd. En lämplig utformning av ett effektivt vindskydd av växtlighet visas i fig. A.81.

Läbildningar bakom ett vindskydd avtar i vindriktningen och måste "förnyas" efter en viss sträcka. För att vindskydda de långa gårdarna fordras därför flera parallella skärmar.

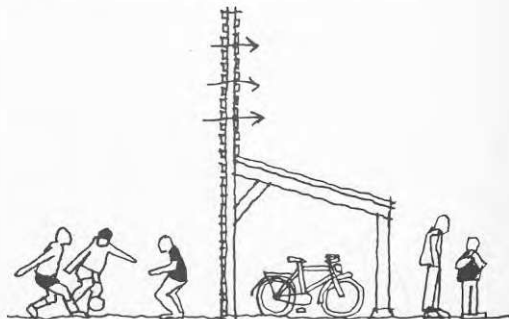
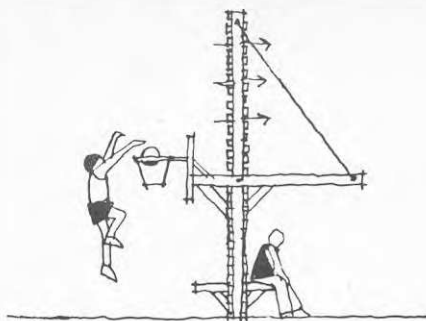


Fig. A.80 Ett vindskydd bör kunna ges flera funktioner än att enbart dämpa vind.

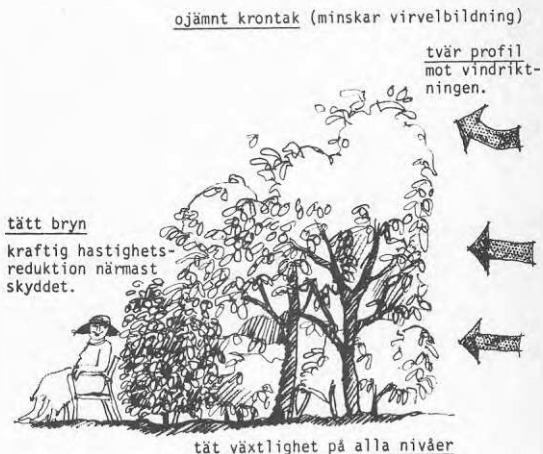


Fig. A.81 Lämplig utformning av vindskydd med växtlighet.

Vindskydd vid öppningar

De stora öppningarna in till området bör i möjligaste mån vindskyddas. Härigenom åstadkommer man en minskning av luftflödet genom öppningarna och därmed en allmän reduktion av vindhastigheterna i stora delar av området.

En kombination av skärmar och tät växtlighet ger den bästa läeffekten, men lokalt höga vindhastigheter kan inte undvikas i de öppningar som måste finnas för gångvägar och liknande.

Läggs skyddet framför gårdsöppningen enl. fig. A.82a kommer vid vissa vindriktningar en del av den luft som fångas upp av höghuset att pressas in genom den ena öppningen med hög lokal vindhastighet som följd.

Denna effekt kan undvikas om skyddet placeras i liv med höghusets fasad, fig. A.82b, vilket också ger lägre vindhastigheter över den långa gårdens västra del. Hastigheten i öppningarna mellan skydd och huskroppar blir dock fortfarande hög, speciellt vid vindar från väst till nordväst. Dessutom kommer den del av låghuset i söder som skjuter ut förbi skyddet att fånga upp luft som sedan pressas in genom den södra öppningen och ökar vindhastigheten där.

En lämplig utformning av vindskyddet visas i fig. A.82.c och A.83.

Skärmar placerade (i öppningarna) mellan höghusen på norra delen av gårdarna ger ett gott vindskydd mot vindar från nordnordost. Vid vind från nordväst- eller ostsektorn ger en sådan skärmpacering dåligt skydd eftersom strömningen av luft mot gårdarna då huvudsakligen sker via den stora virvel som utbildas mellan höghusen. För att skydda gårdar från blåst behövs sålunda fler vindskyddande åtgärder än enbart skärmar vid öppningarna. Vindtunnelproven med olika skärmarrangemang visar att vindskydd bör placeras relativt tätt för att ge god effekt.

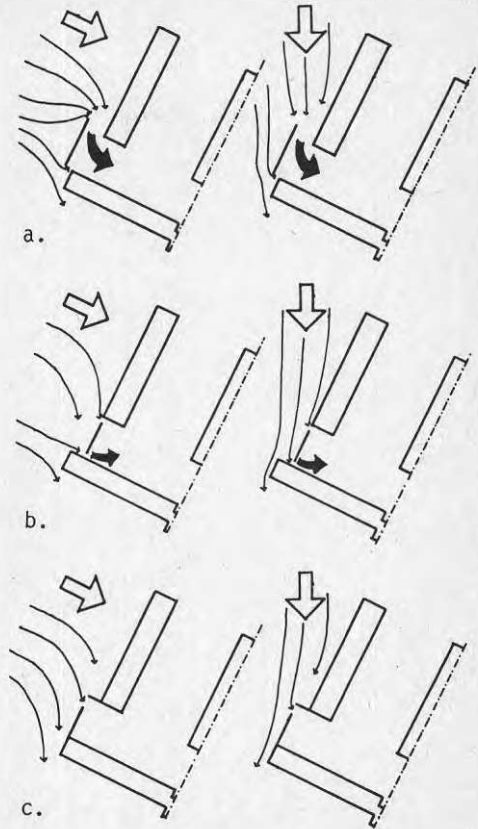


Fig. A.82 a-c. Effekten av olika vindskydd vid en gårdsöppning.

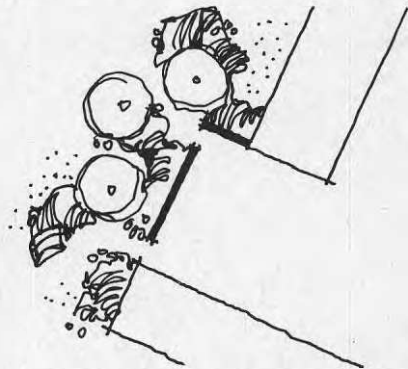


Fig. A.83. En kombination av skärmar och tät växtlighet ger den bästa läeffekten.

Hög vindhastighet och virvlar vid husgavlarna

Vid husens hörn blir vindhastigheten hög och turbulensen kraftig, fig. A.84. Gångvägar bör därför inte dras intill hörnen utan förläggas några meter utanför gavelväggen, fig. A.85.

Utnyttjas området intill gaveln som vistelseyta kan en porös skärm och/eller vegetation utnyttjas för att förbättra vindförhållandena.

En gångväg bör här förläggas ett stycke från vindskyddets kant, fig. A.86.

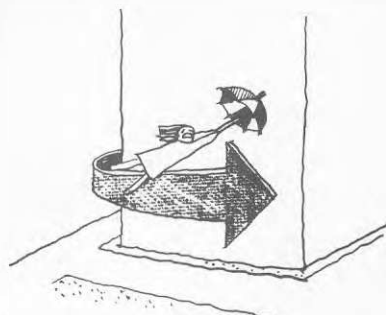


Fig. A.84. Höga vindhastigheter uppstår vid hörn.

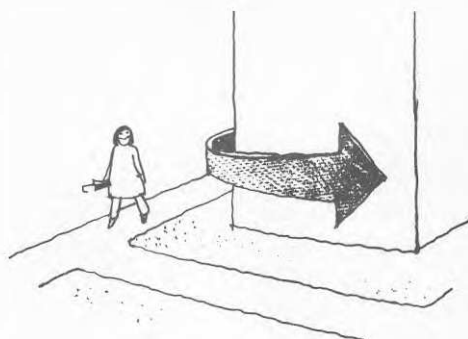


Fig. A.85. Gångvägar bör flyttas ut från hörn.

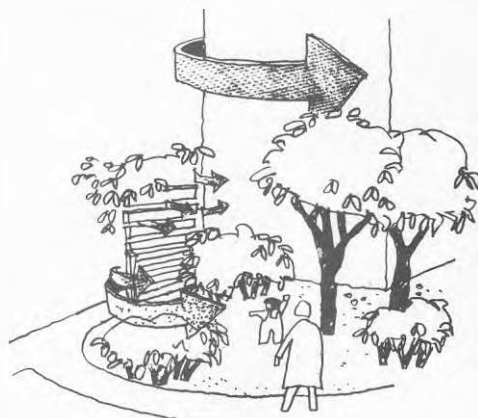


Fig. A.86. Exempel på utformning av vindskydd vid hörn.

Strömning längs fasader

Vid de flesta vindriktningar uppstår både vertikala och horisontella luftströmmar utmed fasaderna, fig. A.87 och A.89. I markplanet orsakar dessa strömmar obehag vid entréer och lägenhetsanknutna uteplatser. De vertikala luftströmmarna kan lokalt brytas med skärmtak, fig. A.88. De horisontella strömmarna längs fasaden kan brytas med från fasaden utskjutande plank eller murar, fig. A.90.

Väl kringbyggda lägenhetsanknutna uteplatser behövs alltså inte enbart ur "intimitetssynpunkt" utan även för att förbättra det lokala vindklimatet.

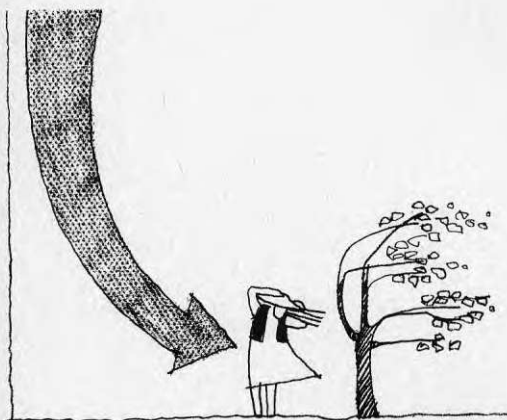


Fig. A.87.
Vertikala luftströmmar längs fasaden.....

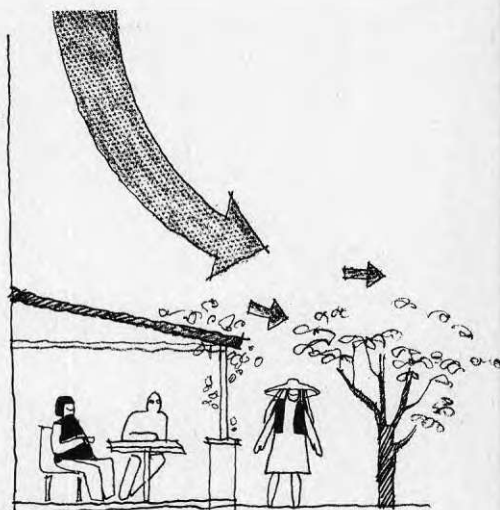


Fig. A.88.
kan brytas med skärmtak

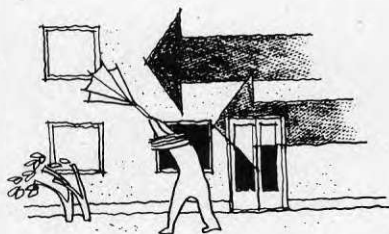


Fig. A.89.
Horisontella luftströmmar längs fasaden....

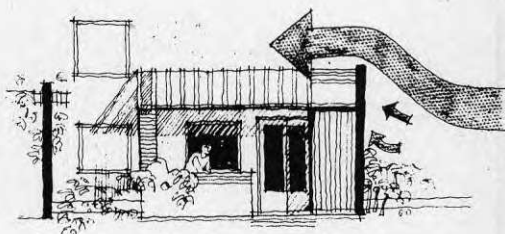


Fig. A.90.
kan brytas med från fasaden utskjutande skärmar.

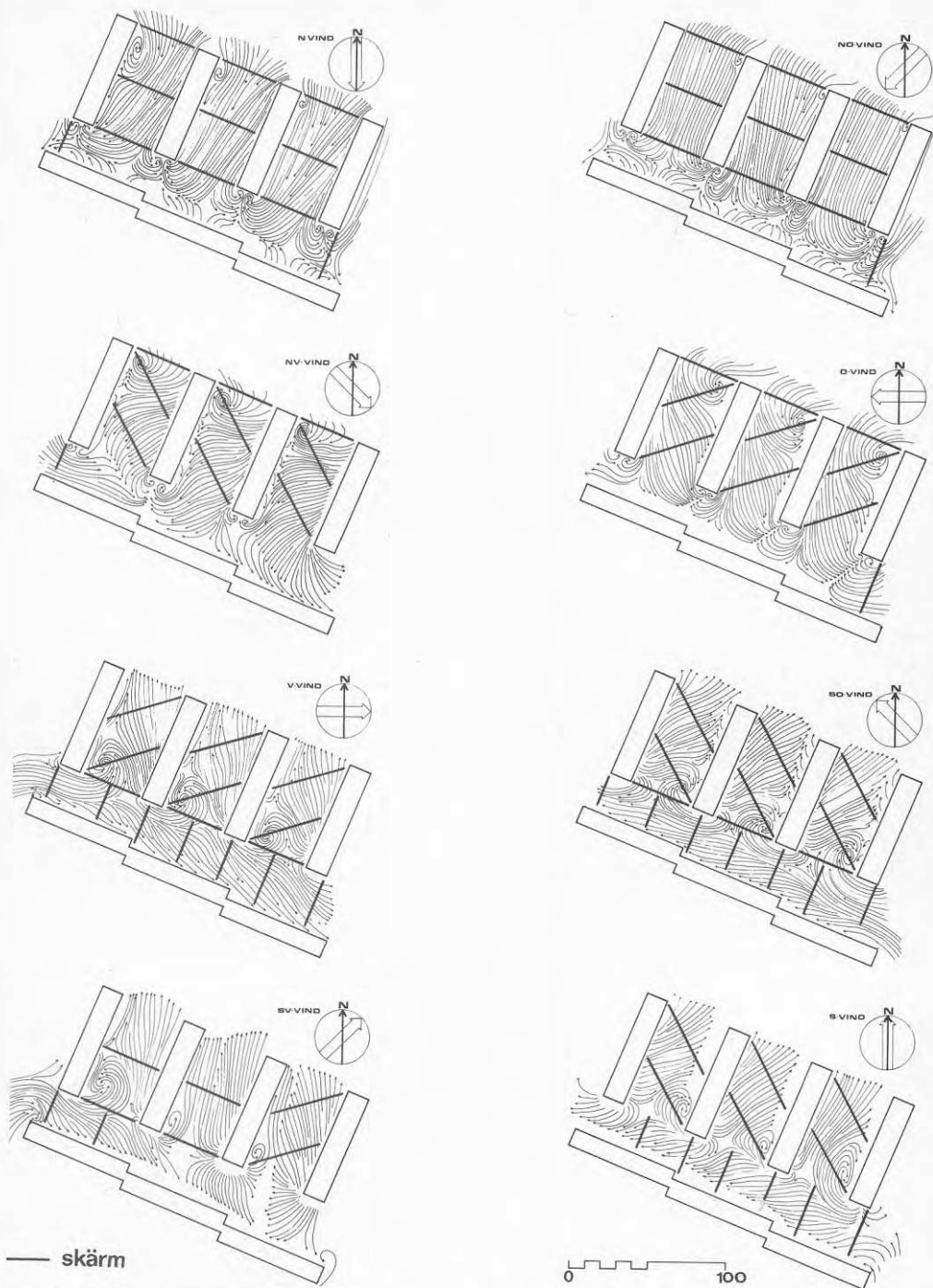


Fig. A.91. Bildserie som schematiskt visar de mest fördelaktiga placeringarna av skärmar för att skydda mot vind från de åtta huvudriktningarna. Obs att

de tre övre bildparen i stort utgör varandras spegelbilder. Strömningslinjerna visar strömningsmönster utan skärmar.

I fig.A.92. visas summan av alla schematiska skärmlaceringar för att skydda mot vindar från de åtta huvudriktningarna enligt fig.A.91.

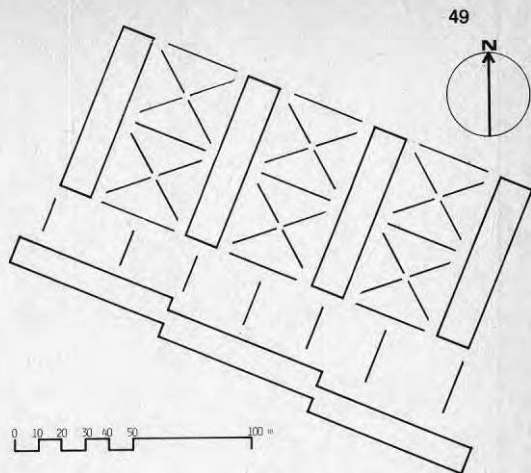


Fig.A.92. Summan av alla schematiska skärmlaceringar.

Vindar från SV, V och O bidrar mest till blåsten på gårdarna i Sörbäck, jfr. avsnitt "vindutsatta ytor" sid A.30.

Vid vind från dessa riktningar uppkommer diagonalt riktade luftströmmar, NNW-SSO, över höghusgårdarna.

Dessa luftströmmar kan brytas med hinder i form av plank, murar, vegetation m.m., som placeras vinkelrätt mot de diagonala strömmarna.

Fig. A.93 visar schematiskt den mest fördelaktiga placeringen av skärmar för att skydda mot vindar från de mest besvärande riktningarna.

Dessa skärmlaceringar har visserligen inte provats, men effekten av en skärm placerad vinkelrätt mot vinden som i detta fall - har bestämts på andra platser i området, t.ex. vid gångstråkets västra öppning (se bilaga V).

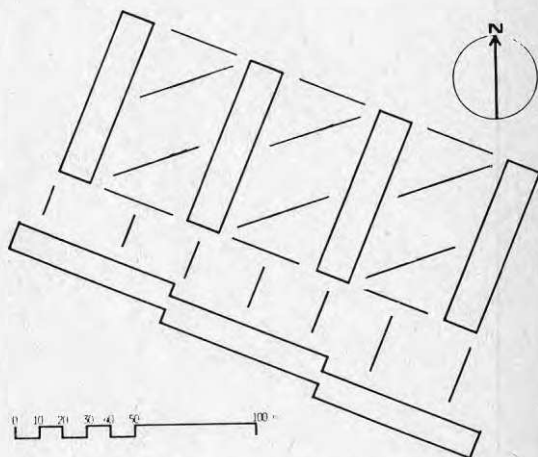


Fig.A.93. Schematisk placering av skärmar för att skydda mot vindar från de tre mest besvärande riktningarna, O, SV och V.

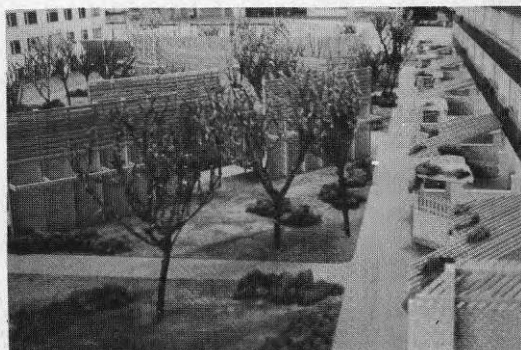


Fig. A.94. Diagonalställda skärmar på gården och uteplatser med skärmtak, Modellfoto.

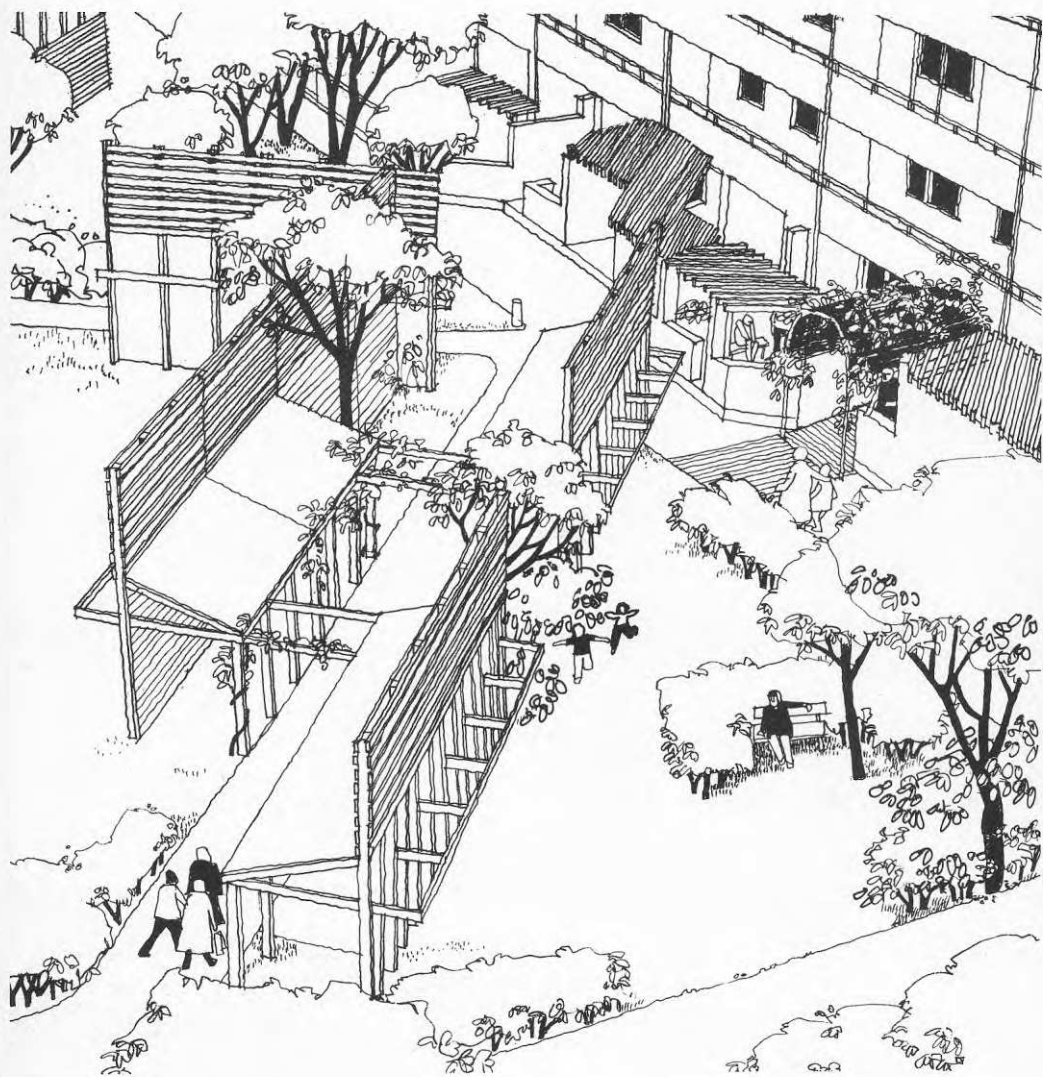


Fig.A.95. Exempel på placering av skärmar på höhusgårdarna.

Det öst-västliga stråket

Det öst-västliga stråket mellan trevåningslängan och höghusen är helt öppen för vindar från sydost-, sydväst- och västsektorerna.

Inga barriärer som kan dämpa vindens framfart finns längs stråket. Den breda och raka gångvägen genom området förstärker känslan av monotonitet och torftighet. Vindskyddande skärmar samt en minskad bredd och ändrad sträckning av gångvägen är därför åtgärder som kan bidra till att förbättra såväl lokalklimatet som trivsel.

Stråket är så långt att flera vindskydd fordras för att skapa lä för vindar från sydost och sydväst-väst. Vindskydden utmed stråket bör vara ganska tätt placerade och kan göras lägre än de som finns vid stråkets ändar.

Gångvägarna bör dras så att man i möjligaste mån kan utnyttja läbilden bakom vindskydden.



Fig. A.96. En bred, rak gångväg går genom området.

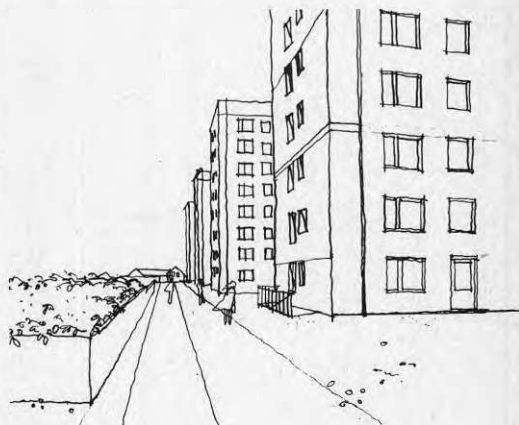


Fig. A.97. Skydd mot vinden saknas utmed gångvägen.

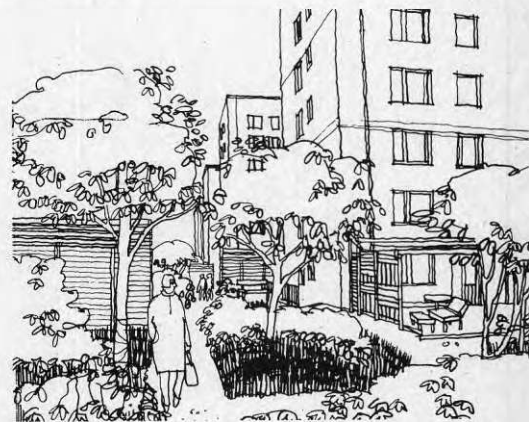


Fig. A.98. Gångvägens bredd och sträckning kan ändras. Med skärmar, växtlighet samt ändrad bredd och sträckning av gångvägen kan lokalklimatet förbättras.

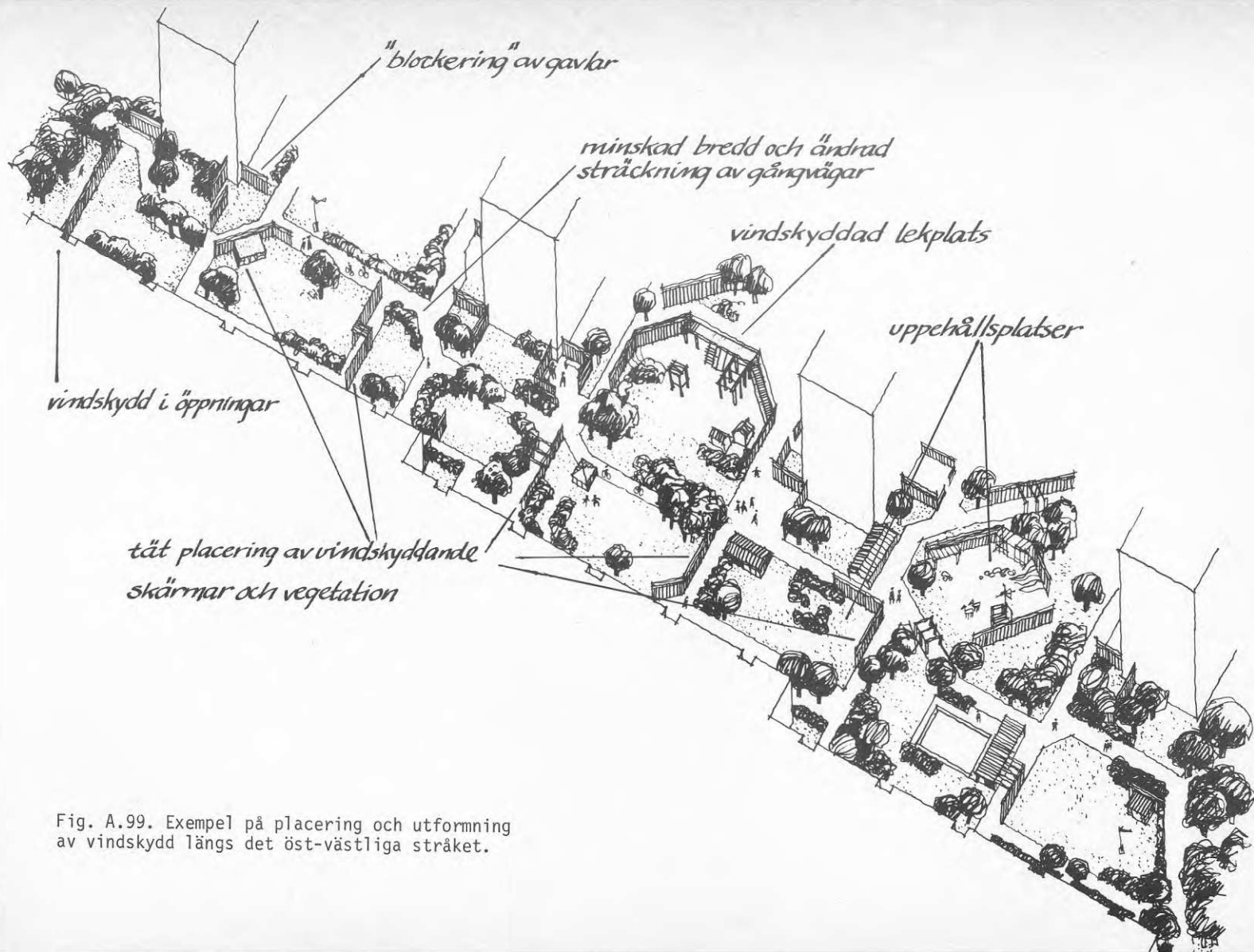


Fig. A.99. Exempel på placering och utformning av vindskydd längs det öst-västliga stråket.

P.g.a. de blåsigaste förhållandena i Kroksbäck bör uppehållsplatser särskilt vindskyddas för att kunna bli attraktiva. En uppehållsplats bör därför i möjligaste mån omges med skärmar och växtlighet.

Eftersom Sverige är ett förhållandevis kallt och solfattigt land bör stor hänsyn tas till solförhållandena vid placering och utformning av sådana platser. Med tanke på antalet soltimmar (se fig. A.75. och A.76) är södra delarna av höghusgårdarna lämpligast för lokalisering av uppehållsplatser. Övriga ytor är mindre lämpliga med hänsyn till dåliga solvärden.

Inom ramen för detta projekt har ett förslag till en vindskyddad lekplats utarbetats.

Bästa sättet att vindskydda en lekplats är att kringbygga den med en skärm.

För att maximalt vindskydda en lekplats utan att minska antalet soltimmar, bör skärmen öppnas upp mot söder. Ett solbelyst och vindskyddat uterum mottar ett betydande värmetillskott, vilket gynnar växtlighet och kan öka uteplatsens användbarhet.

För att dubbelutnyttja skärmen föreslås att en mängd olika lekfunktioner byggs samman med den, klätterställningar, rutschbana, lekhus, bänkar m.m.

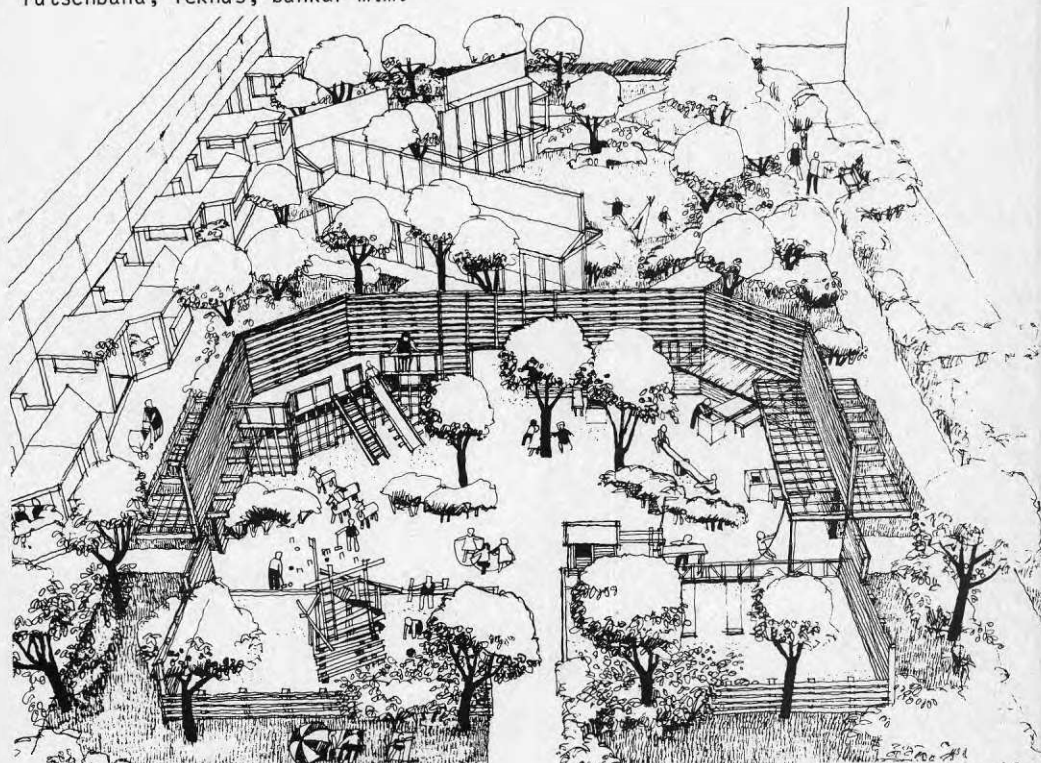


Fig. A.101. Förslag till utformning av en vindskyddad lekplats. Observera att förutsättningar för en rik växtlighet



Fig. A.100. Vindskyddade lägenhetsuteplatser, diagonalställda skärmar och del av en vindskyddad lekplats. Modellfoto.

endast finns på gården mellan hus 10 och 11. Övriga gårdar ligger på betongdäck, se fig. A.78.



S L U T O R D

De förslag till utformning av gårdsmiljöer som ges i denna rapport har utformats innan MKB tillsammans med landskapsarkitekter och hyresgäster påbörjat arbetet med att förbättra den yttre miljön.

Aerodynamikern, hus- och landskapsarkitekten, klimatologen eller brukaren kan knappast ensam föreslå en utformning som samtidigt uppfyller rimliga krav på vinddämpning, ekonomi, trivsel och andra funktionella krav (t.ex. tillgänglighet för uttyckningsfordon).

För att kunna åstadkomma optimala vindskyddsåtgärder som också är praktiskt genomförbara ställs därför stora krav på samordning mellan företrädare för dessa grupper. Det är vår förhoppning att en sådan samordning kommer till stånd i Kroksbäck och i andra miljöförbättringsprojekt av liknande slag.

Förteckning över illustrationer:

- fig. A.1. Karta
 A.2. Karta
 A.3. Flygfoto, Malmö Stads-
 byggnadskontor
 A.4. Foto, FOJAB
 A.5. Foto, FOJAB
 A.6. Foto, FOJAB
 A.7. Foto, FOJAB
 A.8. Foto, FOJAB
 A.9. Diagram, SIB
 A.10. Diagram, SIB
 A.11. Diagram, J.O. Mattsson
 A.12. Diagram, J.O. Mattsson
 A.13. Diagram, J.O. Mattsson
 A.14. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.15. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.16. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.17. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.18. a och b, B Wirén
 A.19. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.20. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.21. Teckning, U Knutsson, B Wirén
 A.22. Diagram, B Wirén efter Naegli
 1953, se bilaga V
 A.23. a,b, teckn. U Knutsson, B Wirén
 A.24. Teckningar, U Knutsson, B Wirén
 A.25. Teckningar, U Knutsson, B Wirén
 A.26. Teckningar, U Knutsson, B Wirén
 A.27. Foto, FOJAB
 A.28. Foto, SIB, Gävle
 A.27. Foto, FOJAB
 A.28. Foto, SIB, Gävle
 A.29. Foto, FOJAB
 A.30. Karta FOJAB
 A.31. Foto, Ateljé J-Berg, Gävle
 A.32. Foto, SIB
 A.33. Foto, SIB
 A.34. Karta, FOJAB
 A.35. Karta SIB
 A.36. Foto, FOJAB
 A.37. Fotomontage, FOJAB
 A.38. Karta, Fojab
 A.39. Karta, J Kursis
 A.40. Karta, J Kursis
 A.41. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.42. Karta, J Kursis
 A.43. Karta, J Kursis
 A.44. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.45. Karta, J Kursis
 A.46. Karta, J Kursis
 A.47. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.48. Karta, J Kursis
 A.49. Karta, J Kursis
 A.50. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.51. Karta, J Kursis
 A.52. Karta, J Kursis
 A.53. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.54. Karta, J Kursis
 A.55. Karta, J Kursis
 A.56. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.57. Karta, J Kursis
 A.58. Karta, J Kursis
 A.59. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.60. Karta, J Kursis
 A.61. Karta, J Kursis
 A.62. Perspektiv, J Kursis,
 A Ruckemann
 A.63. Karta, SIB
 A.64. Foto, FOJAB
 A.65. Foto, FOJAB
 A.66. Foto, FOJAB
 A.67. Foto, FOJAB
 A.68. Karta, FOJAB
 A.69. Kartor, J Kursis
 A.70. Perspektiv, J Kursis
 A.71. Diagram, M Glaumann
 A.72. Karta, M Glaumann
 A.73. Karta, M Glaumann
 A.74. Karta, J Kursis
 A.75. Karta, FOJAB
 A.76. Karta, FOJAB
 A.77. Karta, J Kursis
 A.78. Karta, FOJAB
 A.79. a, b och c, perspektiv,
 U Knutsson
 A.80. Teckning, U Knutsson
 A.81. Teckning, U Knutsson
 A.82. Karta, FOJAB
 A.83. Teckning, U Knutsson
 A.84. Teckning, U Knutsson
 A.85. Teckning, U Knutsson
 A.86. Teckning, U Knutsson
 A.87. Teckning, U Knutsson
 A.88. Teckning, U Knutsson
 A.89. Teckning, U Knutsson
 A.90. Teckning, U Knutsson
 A.91. Kartor, J Kursis
 A.92. Karta, FOJAB
 A.93. Karta, FOJAB
 A.94. Foto, FOJAB
 A.95. Teckning, U Knutsson
 A.96. Foto, FOJAB
 A.97. Teckning, U Knutsson
 A.98. Teckning, U Knutsson
 A.99. Perspektiv, U Knutsson
 A.100. Foto, FOJAB
 A.101. Teckning, U Knutsson

LITTERATUR

- Bjerregaard E. & Nielsen E., 1981: Vindmiljø omkring bygninger. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm.
- Bucht E. & Schlyter T., 1976: Klimatet i nya bostadsområden. Statens institut för byggnadsforskning. Meddelande 20:1976.
- Gandemer J. & Guyot A., 1981: La protection contre le vent. Centre Scientifique et Technique du Batiment. Paris.
- Glaumann M. & Wirén B., 1981: Klimat. Handboken Bygg del F (Fysisk planering). Liber Förlag. Stockholm.
- Hellers B.G. & Lundgren S., 1974: Blåsighet kring enstaka byggnader och i passager - modellprov. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R21:1974.
- Jansson T. & Wirén B., 1975: Modellstudie i vindtunnel av lämbildningen bakom kombinationer av schematiserade häckar och trädbälten. KTH AERO RAPPORT BA 1. KTH. Stockholm.
- Mattsson J.O., 1979: Introduktion till Mikro- och lokalklimatologin. Liber Läromedel. Malmö.
- Melander U. & Ljungström S. & Törnsäter G., 1975: Vinden, människan, arkitekturen. KTH, Sekt. för Arkitektur, avd för formlära. Stockholm.
- Olesen F., 1979: Læplantning. Landhusholdningselskabets Forlag. Köpenhamn.
- Olgay V., 1963: Design with Climate. Princeton University Press. Princeton, N.J.
- Penwarden A.D., 1975: Wind environment around buildings. Department of the Environment Building Research Establishment. London.
- Taesler R., 1972: Klimatdata för Sverige. SMHI. Stockholm.
- Wirén B., 1972: Modellstudie i vindtunnel av vindströmningen nära marken kring schematiska huskroppar. KTH AERO MEMO FI 173. KTH. Stockholm.
- Wirén B., 1975: Byggnadsaerodynamiska vindtunnelförsök. Statens råd för byggnadsforskning. B3:1975.
- Wirén B., 1977: A wind tunnel study of wind velocities in passages between and through buildings. Proc. 4th Intern. Conf. on Wind Effects on Build. and Struct. Heathrow 1975. Cambridge Univ. Press.

B. BILAGOR

KLIMATET I REGIONEN

Jan O. Mattsson

KLIMATET I REGIONEN

Västra Skåne liksom övriga delar av sydligaste Sverige har ett klimat som under praktiskt taget hela året domineras av en allmän luftströmning från västliga riktningar. Denna strömning medför att maritima och, särskilt under vintern, varma luftmassor ofta får tillträde till regionen. De kontinentala, under vintern kallare luftmassorna i öster har däremot svårare att utbreda sig västerut och påverkar därför endast periodvis Sydsverige. Vintrarna i Skåne och övriga Nordvästeuropa är därför avsevärt varmare än genomsnittet för breddgraden. I Malmöregionen (Bulltofta) upptar vindar från sydväst, väst och nordväst tillsammans 44,4% av observationerna, medan ostsektorns vindar observeras i 34,1% av fallen. Resterande andel utgörs av observationer av vindar från syd, 11,1%, nord, 7,4%, och lugnt, 3,0%. Med avståndet från kusten ökar antalet observationer av lugnt och torde vara särskilt stort i de skogrika inre delarna av provinsen. Björka, en station belägen vid Vombsjön, ca 36 km från Öresund, har sålunda 18,6% lugnobservationer i genomsnitt för året. Vindfördelningen i övrigt bibehålles dock också för stationer i inlandet med västvinddominans och sekundärt maximum för östvindar. Mera omfattande vindstatistik för Malmöregionen (Bulltofta) lämnas i Appendix II.

I den allmänna västströmningen förekommer störningar i form av vandrande lågtryck, som särskilt under vinterhalvåret berör bl.a. Sydsverige. Med sina fronter, moln- och nederbördsområden och vindfält ger de regionen ett omväxlande och ofta blåsigt väder. Lågtryckens centra passerar oftare norr än söder om regionen på grund av dennas sydliga läge. Detta medför att sydligaste Sverige ofta hamnar i lågtryckens varmsektorer, där fuktig, disig varmluft från söder och sydväst dominerar.

På grund av sitt maritima läge är västligaste Skåne tillsammans med övriga västkusten den i genomsnitt för året varmaste delen av landet. Särskilt vintrarna är milda. I tabell I:1 redovisas månads- och årsmedeltemperaturen för några västskånska stationer och som jämförelse motsvarande värden för Björka, ca 36 km från Öresund.

	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Året
Falsterbo	0,3	-0,3	1,4	5,3	10,2	14,5	17,2	17,0	14,3	9,9	5,9	2,8	8,2
Malmö flygplats (Bulltofta)	-0,5	-0,7	1,4	6,0	11,0	15,0	17,2	16,7	13,5	8,9	4,9	2,0	8,0
Alnarp	-0,8	-1,0	1,2	5,9	11,1	15,0	17,1	16,6	13,3	8,5	4,6	1,8	7,8
Lund	-0,7	-0,8	1,3	6,2	11,3	15,2	17,4	16,8	13,5	8,7	4,8	1,9	8,0
Ven	-0,1	-0,5	1,3	5,6	10,8	14,8	17,3	17,0	14,0	9,4	5,2	2,3	8,1
Kullen	-0,3	-0,9	1,0	5,5	10,8	14,8	17,1	16,8	13,8	9,2	5,0	2,2	7,9
Björka	-1,4	-1,4	0,9	5,7	10,9	14,8	17,1	16,4	12,8	8,1	4,1	1,2	7,4
Differens Malmö - Björka	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,7	0,8	0,8	0,8	0,6

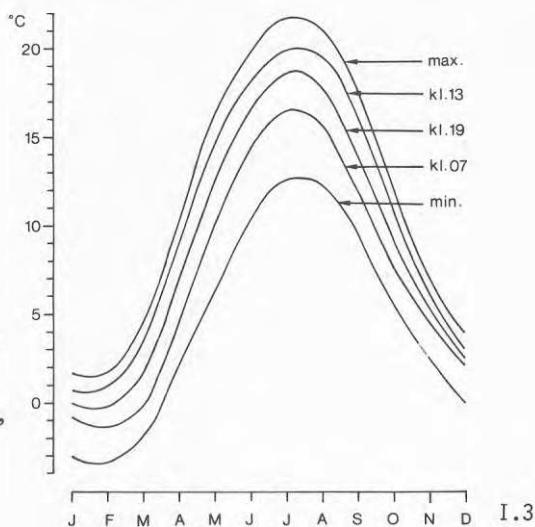
Tabell I:1. Normaltemperatur, °C, för månaderna och året 1931-1960

Av tabellen framgår bl.a., att temperaturklimatet ändras påtagligt med avståndet till havet. Kustområdet är särskilt under hösten och vintern betydligt varmare än längre in belägna delar av Skåne.

I fig I:1 redovisas ytterligare temperaturstatistik för stationen Malmö flygplats (Bulltofta). Figuren visar sålunda månadsmedeltemperaturens årsvariationer för några olika tidpunkter på dygnet samt årsvariationen av månadsmedelvärdet av dygnets maximi- respektive minimitemperaturer.

Som framgår av figuren uppvisar maximitemperaturen den största och minimitemperaturen den minsta årsamplituden, 20,1 respektive 16,0 °C. Respektive årsamplituderna för temperaturen kl. 07, 13 och 19 är 17,8, 19,2 och 18,6 °C. Vidare framgår att temperaturens dygnsvariationer är särskilt stora under våren och sommaren, medan vintern har förhållandevis små dygnsvariationer.

Fig. I:1. Medeltemperatur, °C, kl 07, 13 och 19 samt månadsmedelvärdet av dygnets maximi- respektive minimitemperatur, °C. Malmö flygplats (Bulltofta) 1931-1960.



Nederbördsmängderna i Skåne utmärks av stora regionala variationer, som främst beror på topografin. De högtliggande terrängpartierna i det inre av landskapet får vanligen större nederbördsmängder än kustslätterna. I nordligaste delarna av provinsen med bl.a. Hallandsås samt på Söderåsen överskrider sålunda årsmedelnederbörden 800 mm, medan kustremsan från Barsebäck till Trelleborg normalt får årliga mängder kring 550 mm eller något mindre. Tabell I:2 redovisar normalnederbörden vid stationen Malmö flygplats (Bulltofta) jämte några andra klimatelement med anknytning till den atmosfäriska fuktigheten.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
Normalnederbörd	48	36	30	32	38	45	65	62	52	54	44	44	550
Rel. fukt. kl. 07	88	89	88	82	76	77	81	85	88	89	89	89	
Rel. fukt. kl. 13	85	82	74	65	60	62	66	67	70	76	83	87	
Rel. fukt. kl. 19	88	86	83	75	70	71	74	75	83	86	88	89	
Rel. fukt. dygnet	87	86	83	76	73	74	78	77	82	85	87	89	
Medelsnödjup 15:e	1	4	2										1
Medelsnödjup siste	3	3									1	1	
Max. snödjup, m.-v.	7	9	7	1							1	4	14

Tabell 1:2. Normalnederbörd, mm, för månaderna och året, relativ luftfuktighet, %, kl. 07, 13, 19 och i genomsnitt för dygnet, medelvärde av snödjup, cm, den femtonde och den sista dagen i varje månad samt månads- och årsmedelvärde av snötäckets maximala djup, cm. Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960

Av tabellens uppgifter skall här endast nederbördsvärdena något kommenteras. De största mängderna inträffar som synes under hög- och sensommaren och betingas av konvektion (skurnederbörd). Den kraftiga cyklonaktiviteten under höst och vinter ger visserligen upphov till ett sekundärt maximum, som är särskilt uttalat för oktober, men mängderna är avsevärt mindre än de mängder som normalt uppnås under den nämnda sommarperioden. Årets minsta månatliga nederbördsmängder inträffar under perioden februari - maj med minimum för mars.

Trots att de största nederbördsmängderna sålunda inträffar under juli och augusti, är den relativa solskensstiden, dvs kvoten bildad av medelantalet registrerade solskensstimmar per månad och år och antalet timmar per månad och år som solen varit över den

terrestra horisonten (maximal registrering under klara dagar) förhållandevis stor under sommaren (tabell I:3). Detta bekräftar att sommarnederbörden är väsentligen av typen kortvarig skurnederbörd. Jfr även medelantalet klara och mulna dagar per månad för Malmö flygplats (Bulltofta) redovisat i tabellen I:3. Denna upptar också data över totalstrålningen vid en Bulltofta relativt närbelägen station, Svalöv.

	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Året
Tot.strålning	1315	2942	7113	11228	15540	17855	15658	13300	8534	4666	1875	1113	101139
Solsk.tid													
Svalöv	140	255	345	438	488	604	478	519	435	325	208	157	409
Alnarp	176	264	340	405	480	573	474	496	429	330	203	155	401
Klara dag.	3,1	3,0	6,2	5,5	7,6	6,5	5,2	5,2	5,6	3,8	1,8	2,0	
Mulna dag.	19,2	16,4	13,4	11,6	8,1	8,4	8,8	9,6	9,1	14,4	18,8	21,1	

Tabell I:3. Totalstrålning (sol och himmel) på en horisontell yta, mWh/cm^2 , i medeltal för månaderna och året för Svalöv (1961-1975), relativ solskenstid, %, i medeltal för månaderna och året för Svalöv (1961-1975) och Alnarp (1961-1970) samt medelantal klara och mulna dagar per månad för Malmö flygplats (Bulltofta), 1931 -1960

Beskrivningen har hittills avsett de storskaliga klimatförhållandena i västra Skåne, regionens s.k. makro- och mesoklimat. Ett landskapsområde utmärks emellertid också av mera småskaliga klimat, s.k. lokal- och mikroklimat (Mattsson, 1979), vilka i den aktuella regionen torde i särskilt hög grad betingas eller påverkas av markanvändningen, särskilt fördelningen av bebyggda ytor och mera öppen landsbygd men även av regionala variationer i fråga om topografi, vegetation etc. Vi vet dock föga om denna småskaliga klimatvariation inom den aktuella regionen, eftersom studier härav endast utförts inom mycket begränsade delområden. Vi kan därför endast uttala oss i allmänna termer om t.ex. vilka klimatskillnader som existerar mellan Bulltoftaområdet och området kring Sörbäck (se appendix III).

Litteratur

Mattsson, J.O., 1979. Introduktion till mikro- och lokal-klimatologin. (Liber Läromedel.) Malmö.

VINDSTATISTIK FÖR MALMÖ (BULLTOFTA)

Jan O. Mattsson

INNEHÅLL

Vindhastighetsfrekvens	II.3
Vindriktningsfrekvens	II.5
Samvariation vindriktning - vindhastighet och nederbördvind	II.6
Samvariation vindhastighet - lufttemperatur och vindriktning - lufttemperatur	II.12
Litteratur	II.22

VINDSTATISTIK FÖR MALMÖ (BULLTOFTA)

Vindstatistik för Malmöregionen kan erhållas ur data från den nu nerlagda meteorologiska stationen Malmö flygplats (Bulltofta). Stationen var i drift åren 1926 - 1932 och 1936 - 1972. Dess koordinater och altitud var $55^{\circ} 36'N$, $13^{\circ} 04'E$ och 6 m ö.h. Stationen var belägen i ett flackt, öppet landskap med omfattande stadsbebyggelse i W och SW. Mindre bebyggelsekoncentrationer på någon km avstånd finns också i andra riktningar. Minsta avståndet till kusten utgjorde ca 3 km (NW). Avståndet mellan platsen för stationen och det aktuella bostadsområdet är 6,2 km. Bulltoftastatistikens representativitet och giltighet för undersökningsområdet diskuteras i Appendix III. De statistiska uppgifterna från Malmö flygplats (Bulltofta), redovisade i det nedanstående, har huvudsakligen hämtats ur Klimatdata för Sverige av Taesler (1972). Uppgifter om samvariationen av vindriktning och lufttemperatur har dock sammanställts direkt ur primärdata från stationen.

Vindhastighetsfrekvens

Tabell II:1 visar den kumulativa frekvensen av olika vindstyrkor under året och dess månader. Talvärdena anger medelfrekvensen och baseras på tre dagliga observationer under normalperioden 1931-1960 (korrektion gjord för luckor i observationsmaterialet).

Vindstyrka (Beaufort)	Året	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
0	3	2	3	3	3	3	3	3	5	5	4	3	3
≥ 1	97	98	97	97	97	97	97	97	95	95	96	97	97
≥ 2	84	87	89	83	85	83	86	84	80	81	85	82	83
≥ 3	67	73	65	69	68	67	68	66	61	63	68	65	71
≥ 4	33	40	39	36	35	35	28	26	25	27	33	35	39
≥ 5	11	17	17	16	11	13	6,2	4,4	5,3	6,9	12	14	15
≥ 6	3,1	5,3	5,5	6,0	3,5	3,9	1,0	0,7	0,9	1,2	2,2	3,2	3,7
≥ 7	0,6	1,2	1,5	1,5	0,9	0,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,5
≥ 8	0,15	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3		0,0				0,2	0,1
≥ 9	0,03	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0						0,0	0,0
≥ 10													
≥ 11													
≥ 12													

Vindstyrka, Beaufort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vindhastighet, m/s	0- 0,2	0,3- 1,5	1,6- 3,3	3,4- 5,4	5,5- 7,9	8,0- 10,7	10,8- 13,8	13,9- 17,1	17,2- 20,7	20,8- 24,4	24,5- 28,4	28,5- 32,6	≥32,7

Tabell II:1 Procentuell frekvens av olika vindstyrkor (Beaufort) för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931-1960. Efter Taesler (1972)

Redovisade siffror är procenttal, vilka anger hur stor del av samtliga observationer som gjordes vid respektive vindstyrka eller vid högre vindstyrkor. Exempelvis anger siffran 11 i kolumnen för året, att 11 % av samtliga observationer under året gjordes vid vindstyrkan 5 Beaufort eller högre.

Uppgifterna i tabellen redovisas grafiskt i fig. II:1.

De tre övre frekvenskurvorna i diagrammet har sina lägsta värden för månaderna augusti och september. Detta innebär, att dessa månader har en stor andel svaga vindar och att färre observationer av vindar över angivna styrkevärden gjorts. Av de nedre kurvorna i diagrammet framgår, att perioden januari - mars har särskilt stor andel höga vindstyrkor, medan sådana observerats i något mindre utsträckning under perioden juni - september.

Årsvariationerna överstiger dock aldrig 15 %. Största frekvensintervalllet finns mellan kurvorna ≥ 3 och ≥ 4 Beaufort, vilket betyder att de flesta observationerna utgjorde vindstyrkan 3 Beaufort, d v s vindhastigheten 3,4 - 5,4 m/s, fig. II:1.

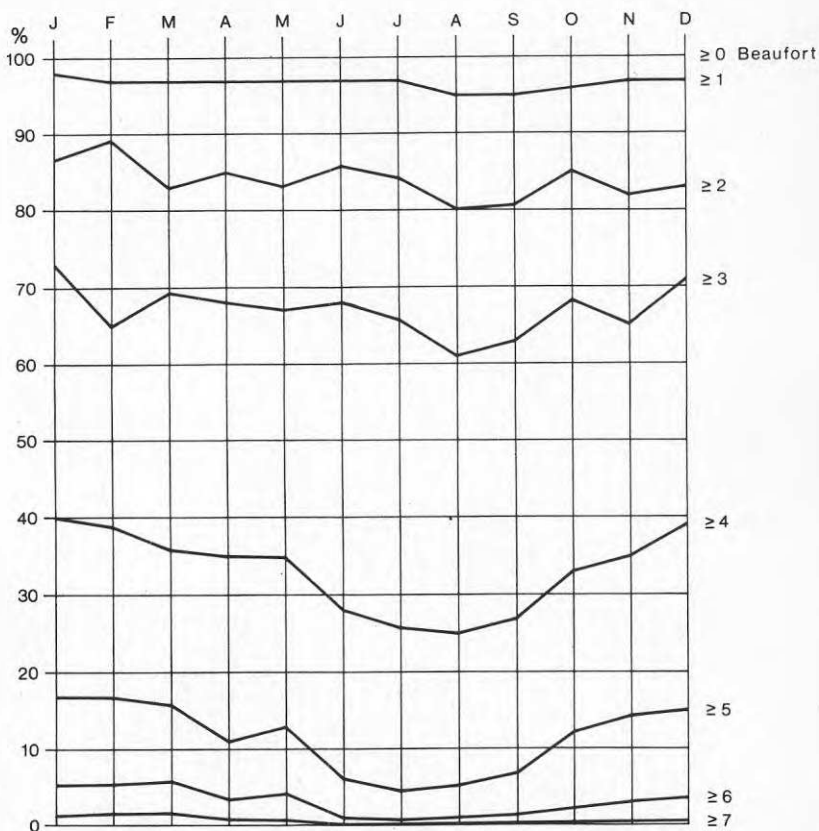


Fig. II:1. Kumulativa frekvenser av olika vindstyrkor (Beaufort) för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931-1960.

Vindhastigheten i de lägre luftskikten (kring standardhöjden 10 m) uppvisar också en påtaglig dygnsvariation med högre värden under dagen och lägre under natten. Variationen är störst under sommarhalvåret och är nästan utplånad under vintermånaderna.

Vindriktningsfrekvens

Tabell II:2 visar den procentuella medelfrekvensen av olika vindriktningar under året och dess månader för normalperioden 1931 - 1960 (tre dagliga observationer). Uppgifterna i tabellen redovisas grafiskt i fig. II:2. Av tabell och figur framgår, att vindar från riktningar inom västsektorn dominerar under en stor del av året. Rena västvindar har särskilt hög frekvens under sommaren och den tidiga hösten. Under perioden oktober - januari förskjuts frekvensmaximum till sydväst. Också ostvindar har tidvis hög frekvens. Detta gäller i synnerhet vårmånaderna men i viss mån också hösten. Nordliga och nordostliga vindar däremot visar låg frekvens under hela året, vilket också gäller frekvensen av lugnt.

Vindriktning	Året	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
N	7,4	7,8	9,8	8,5	7,4	7,4	6,9	8,0	6,2	6,1	6,9	7,2	7,2
NE	7,7	11,8	11,4	8,8	6,4	7,1	4,0	4,5	5,4	6,7	8,6	8,2	9,9
E	14,4	13,4	15,4	20,3	14,4	22,0	10,7	8,9	12,5	10,7	16,0	16,3	12,4
SE	12,0	12,9	11,1	14,0	13,2	10,5	10,0	9,3	10,7	11,3	12,0	15,3	13,5
S	11,1	11,9	8,9	8,5	11,8	9,5	12,0	11,1	10,7	10,8	11,6	14,1	12,1
SW	16,0	17,3	14,2	11,5	14,4	11,8	17,5	17,7	16,8	17,0	18,7	15,9	19,3
W	17,2	15,9	16,6	14,2	15,5	15,2	21,2	20,7	19,3	21,9	15,4	14,2	16,9
NW	11,2	6,8	9,3	11,8	14,6	14,7	15,7	17,2	14,2	11,1	7,0	6,0	5,8
Lugnt	3,0	2,3	3,2	2,6	2,4	2,0	2,1	2,8	4,3	4,6	3,7	2,9	3,0

Tabell II:2. Procentuell frekvens av olika vindriktningar för Malmö flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960. Efter Taesler (1972)

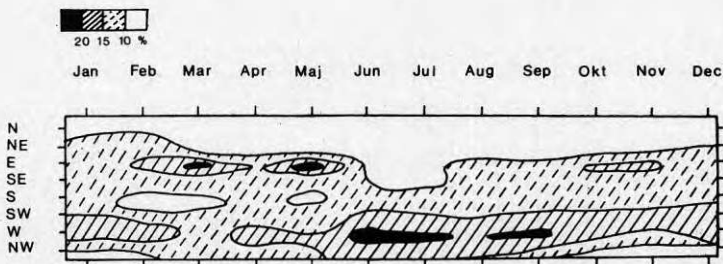


Fig. II:2. Procentuell frekvens av olika vindriktningar för Malmö Flygplats (Bulltofta) 1931 - 1960.

Samvariation vindriktning-vindhastighet och nederbörd-vind
I tabellerna II:3 - II:9 redovisas relativa medelfrekvenser
av samtida värden på vindriktning och vindhastighet samt
av regn och snöfall för respektive vindklass för året och
några av dess månader.

Tabellerna II:3 - II:9. Relativa frekvenser (‰) av samtida
värden på vindriktning och vindhastighet (mellersta värdet)
samt av regn (övre värdet) och snöfall (undre värdet) för
respektive vindklass. Tabellerna avser Malmö flygplats (Bull-
tofta) 1949 - 1969. Efter Taesler (1972)

Året	Vindhastighet m/s	Vindriktning									Summa
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	
	2 57 0										2 97 0
1-3	2 24 1	3 46 1	3 30 1	4 38 0	4 46 0	2 38 0	2 32 0	2 28 0	1 21 1	21 278 9	
4-6	3 23 2	6 56 3	5 47 1	8 44 1	11 76 1	8 86 1	3 53 0	2 28 1	2 413 10	46 488 10	
7-9	1 10 2	4 32 2	3 21 1	5 14 0	8 36 1	5 46 1	1 24 0	1 9 0	1 192 7	27 192 7	
10-12	0 2 1	1 14 2	1 5 0	1 2 0	3 8 0	1 11 0	0 7 0	0 2 0	0 9 3	8 90 3	
13-15	0 0 0	0 3 0	0 0 0	0 0 0	0 1 0	1 2 0	0 1 0	0 0 0	0 0 1	1 9 1	
16-18		0 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 1 0	0 1 0	
19-21		0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
22-24									0 0	0 0	
25-27			0							0	
28-30											
31-33											
34-36											
37-39											
40-42											
Summa	57	60	150	103	89	167	108	117	68	1000	

Tabell II:3. Året

Jan	Vindhastighet m/s	Vindriktning									Summa
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	
	2 40 2										2 40 2
1-3	0 29 3	2 43 4	3 30 2	2 26 2	6 31 0	2 31 1	3 24 1	1 36 1	1 19 14	19 292 14	
4-6	0 42 8	4 57 11	3 44 4	9 47 3	15 72 2	11 66 1	2 37 1	1 42 3	1 408 32	46 408 32	
7-9	1 22 4	1 27 8	3 25 4	3 19 0	8 30 2	15 49 1	9 17 1	1 19 1	1 224 22	35 224 22	
10-12	3 0 0	8 5 1	5 6 0	13 13 0	12 7 2	7 6 0	6 0 0	6 0 0	60 8	60 8	
13-15		1 2 1	2 1 0	1 1 0	1 2 0	1 3 0	2 0 0	2 0 0	2 15 2	2 15 2	
16-18					0 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0	0 2	0 2	
19-21								0 0	0 0	0 0	
22-24											
25-27											
28-30											
31-33											
34-36											
37-39											
40-42											
Summa	40	97	136	109	100	169	102	89	102	1000	

Tabell II:4. Januari

Mars	Vindhastighet m/s	Vindriktning									Summa	
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
	Lugnt	40										40
		1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	10
1-3		30	45	29	26	33	29	29	29	2	2	291
		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7
4-6		0	2	9	6	6	7	1	0	0	0	27
		34	82	42	35	50	71	49	27	2	3	391
		4	6	1	2	1	2	2	3	3	3	20
7-9		2	3	3	11	9	0	1	1	2	2	29
		9	61	29	10	38	38	19	12	2	0	215
		2	7	2	0	1	1	0	0	0	0	16
10-12		0	1	0	3	3	1	0	0	0	0	8
		2	32	12	2	8	14	13	3	1	1	87
		1	5	0	0	0	1	1	1	1	1	8
13-15		0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	14
		0	6	1	0	0	3	3	0	0	0	1
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16-18			2									2
19-21			8									8
22-24							1					1
25-27												
28-30												
31-33												
34-36												
37-39												
40-42												
Summa		40	75	229	112	73	129	197	114	72	1000	

Tabell II:5. Mars

Maj	Vindhastighet m/s	Vindriktning									Summa	
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
	Lugnt	2										2
		54										54
1-3			3	5	2	2	5	4	3	4	2	27
			17	42	18	35	47	39	43	32	2	273
4-6			4	5	5	5	5	7	5	3	4	41
			16	71	50	40	71	89	67	28	2	431
7-9			1	6	1	2	1	2	3	2	2	17
			6	49	27	9	18	35	28	12	2	184
10-12			0	2	4		5	8	1	3	2	3
			0	27	4		9	8	3	2	2	46
13-15			0	0			2	0	1			1
			1	5			2	0	1			9
16-18				1								1
19-21												
22-24												
25-27												
28-30												
31-33												
34-36												
37-39												
40-42												
Summa		54	40	193	98	84	144	172	141	73	1000	

Tabell II:6. Maj

Juli	Vindhastighet m/s	Vindriktning									Summa	
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
	Lugnt	2										2
		62										62
1-3		2	2	4	3	6	4	3	1	2	1	26
		19	36	28	31	50	47	43	27	2	2	282
4-6		4	9	4	10	11	7	2	2	2	2	49
		13	38	34	43	89	119	91	29	2	2	494
7-9		0	2	1	2	6	7	2	1	1	1	21
		2	20	8	5	31	69	42	9	5	5	178
10-12		0	4	0		1	1	0	0	0	0	3
		0	4	2		4	6	5	1	1	1	22
13-15						1	1					2
			0			1	2					3
16-18												
19-21												
22-24												
25-27												
28-30												
31-33												
34-36												
37-39												
40-42												
Summa		62	34	99	72	80	179	239	181	62	1000	

Tabell II:7. Juli

Sept	Vindhastighet m/s	Vindriktning									Summa	
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
	Lugnt	2										2
		71										71
1-3			2	4	2	4	1	4				17
			20	57	38	42	51	53	28	25	1	314
4-6			3	4	6	10	11	6	4	1	1	43
			14	49	50	41	80	105	54	19	2	412
7-9			0	2	1	4	6	4	0	1	1	18
			2	19	17	14	29	52	29	9	5	183
10-12			0	1	0	0	2	2	0	0	0	7
			1	5	3	0	6	11	8	0	0	35
13-15						0	0		2	2		0
						1	0		2	2		5
16-18												0
19-21												0
22-24												
25-27												0
28-30												
31-33												
34-36												
37-39												
40-42												
Summa		71	56	131	108	98	166	224	117	50	1000	

Tabell II:8. September

Nov	Vindhastighet m/s	Vindriktning								Summa	
		Lugnt	NE	E	SE	S	SW	W	NW		N
	4 55										4 95
1-3		4 33 0	7 55 1	5 32 0	4 45 1	3 44 0	4 27 0	2 15 0	3 24 0	33 273 3	
4-6		9 30 1	16 59 1	9 55 0	7 57 0	14 67 0	7 57 1	3 18 1	4 32 1	70 374 4	
7-9		5 20 1	13 32 0	6 34 1	6 22 0	9 37 0	6 45 1	0 16 0	6 6 0	46 212 4	
10-12		2 6 0	9 18 0	2 8 0	2 3 0	4 12 0	3 17 0	0 6 0	2 2 0	10 71 1	
13-15		1	2 9	1	0		0 4	0		2 11	
16-18			0 2			1	0			0 3	
19-21											
22-24											
25-27											
28-30											
31-33											
34-36											
37-39											
40-42											
Summa	55	59	170	129	127	161	158	59	64	1000	

Tabell II:9. November

Medelfrekvenser av de samtida vindriktnings- och vindhastighetsvärdena för tre klasser med hög vindhastighet redovisas dessutom grafiskt i fig. II:3. Vindhastigheten avser tiominutersmedelvärden vid fyra dagliga observationer (kl.01, 07, 13 och 19).

Som framgår av tabeller och diagram bibehåller vindar från riktningar inom västsektorn en relativt hög frekvens också inom klasser med hög vindhastighet. Övriga vindriktningskaraktistika beskrivna ovan i anslutning till tabell II:2 och fig. II:2 gäller också dessa klasser. En skillnad är dock, att ostvindarna i klasserna med de höga vindhastigheterna har den största relativa frekvensen för året. Särskilt under vårmånaderna är kraftiga ostvindar frekventa. För klasser med små till måttliga vindhastigheter gäller då omvänt att västvindarna har förhållandevis hög relativ frekvens.

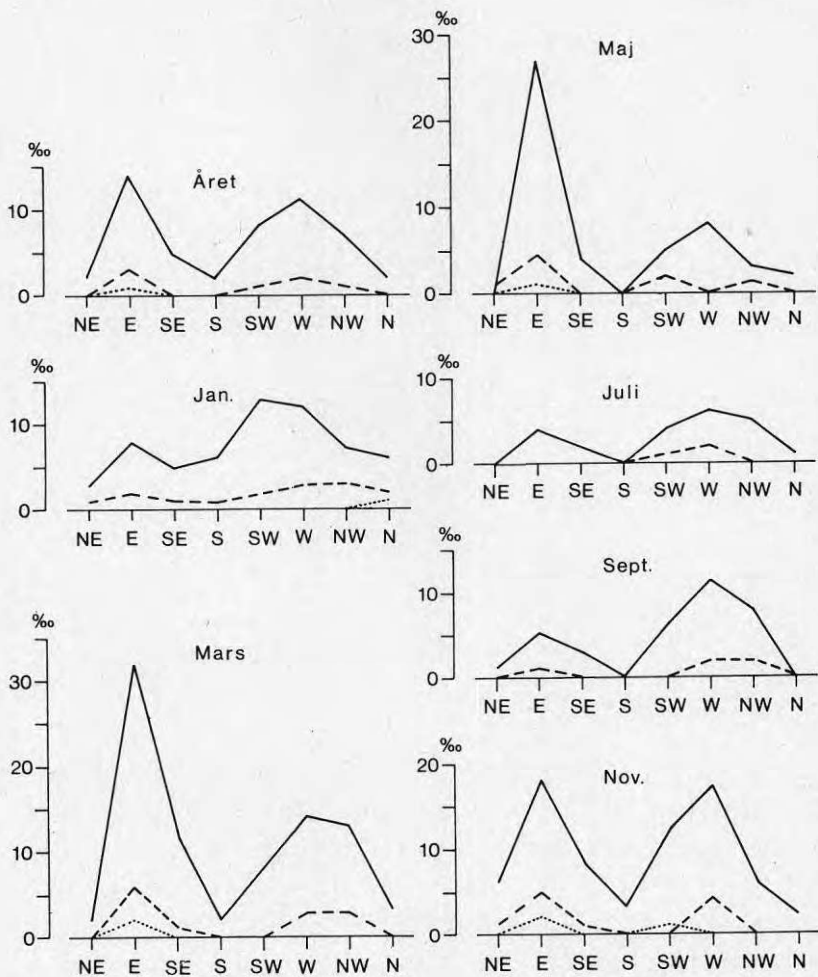


Fig. II:3. Relativa frekvenser (‰) av samtida värden på vindriktning och -hastighet för vindhastighetsklasserna 10 - 12 m/s (heldragna kurvor), 13 - 15 m/s (streckade kurvor) och 16 - 18 m/s (prickade kurvor) för Malmö flygplats (Bulltofta) 1949 - 1969.

En grov uppskattning av medelvindhastigheten för de enskilda vindriktningarna kan erhållas ur uppgifterna i tabellerna II:3 - II:9. Denna hastighet utgör summan av produkterna av medelvindhastighet och frekvens för de olika vindhastighetsklasserna dividerad med totala frekvensen för respektive vindriktning (jfr Melander et al., 1975). Vid beräkning av årets och månadernas medelvindhastighet oavsett riktning har frekvensen av lugntillfällen (medelvindhastighet utgörande 0,2 m/s) också beaktats. (Tabell II:10)

Tabell II:10. Medelvindhastighet (m/s) för olika vindriktningar ävensom oavsett vindriktning för året och några av dess månader. Malmö flygplats (Bulltofta) 1949-1969

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Året
N	5,0	4,5	4,4	4,0	3,7	4,3	4,3
NE	5,1	4,3	4,4	3,5	3,8	5,1	4,4
E	5,2	6,4	6,3	4,7	4,4	6,1	5,6
SE	5,3	5,7	5,6	4,3	5,0	5,5	5,0
S	5,2	4,5	4,1	4,0	4,1	4,6	4,3
SW	5,9	5,5	4,7	4,9	4,8	5,4	5,2
W	5,9	5,8	5,2	5,4	5,3	6,3	5,7
NW	5,5	5,8	4,9	5,2	5,5	5,7	5,2
Medeltal oavsett riktning	5,3	5,4	4,9	4,6	4,5	5,1	4,86

Tabellen visar, att under januari har västliga och sydvästliga vindar den största medelhastigheten. Under våren blir ostvindarna starka, och tabellens högsta värde redovisas för ostvindarna i mars. Under sommaren sjunker medelhastigheten generellt för att åter öka under hösten, då både väst- och ostvindar har höga medelhastigheter. Också i genomsnitt för året har väst- och ostvindarna de högsta hastigheterna. Vidare framgår av tabellen, att av de redovisade månaderna är mars den i genomsnitt blåsigaste, tätt följd av januari och november.

Tabellerna II:3 - II:9 redovisar också relativa frekvensen av regn- och snööbserveringar för de olika vindklasserna. Man noterar att relativt höga frekvenstal med regn präglar kombinationen sydvästvind - hastighetsintervall 4 - 6 och 7 - 9 m/s. Detta gäller samtliga redovisade månader utom maj (jfr allmänna klimatbeskrivningen).

Relativt höga frekvenstal med regn ges vidare av ostvindar under november för nämnda hastighetsintervall. I januari ger dessutom ostriktningen ett relativt stort antal snöobservationer för intervallet 4 - 6 m/s, och under sommaren och den tidiga hösten ger kombinationen syd och hastighetsintervall 4 - 6 m/s relativt många regntillfällen. Detta hastighetsintervall kombinerat med västvind producerar också i januari en relativt hög regnfrekvens.

Ur nederbörds materialet i tabellerna II:3 - II:9 framgår också, att av de redovisade månaderna har januari och november de största antalen nederbördstillfällen (189 respektive 178 ⁰/oo av det totala antalet observationer), trots att dessa månader ej har de största nederbörds mängderna. Juli, som är årets nederbördsrikaste månad, har däremot ringa antal observationer med nederbörd (97 ⁰/oo). Detta avspeglar nederbördens typ. Under vinterhalvåret är den övervägande cyklonal och advektiv och därmed långvarig men ej särskilt intensiv. Under sommarhalvåret är nederbörden huvudsakligen konvektiv, d v s kortvarig och faller ofta som mera intensiva skurar. (Jfr Appendix I.) Övriga månader i tabellerna har värdena 129 ⁰/oo (mars), 91 ⁰/oo (maj) och 86 ⁰/oo (september). Arsvärdet är 130 ⁰/oo.

De relativa frekvenserna av regn- och snöobservationer som finns i tabellerna II:3 - II:9 anger hur stor andel i ⁰/oo av samtliga observationer som gjordes i samband med nederbörd av angivet slag och inom angivna vindklasser. Det kan emellertid också vara intressant att undersöka hur stor andel (%) av observationerna inom en viss vindklass eller av totala antalet observationer för en viss vindriktning som gjordes i samband med nederbörd. Denna andel, vindklassens eller vindriktningens nederbördsbenägenhet, är oberoende av vindfrekvensen för klassen eller riktningen och kan sägas vara ett mått på sannolikheten för att nederbörd av angivet slag skall uppträda i samband med en viss vindriktning - vindhastighetskombination eller totalt för en viss vindriktning. Jfr även Melander et al. (1975). I tabell II:11 redovisas vindriktningarnas nederbördsbenägenhet (regn och snö) och snöbenägenhet för året och några av dess månader.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Året							
N	6,9	4,9	13,9	11,1	12,3	0	6,5	0	6,0	0	12,5	1,6	8,8	2,9
NE	17,5	16,5	13,3	12,0	20,0	0	17,6	0	13,9	0	22,5	1,1	20,0	10,0
E	25,0	19,9	10,9	8,3	9,3	0	9,1	0	6,9	0	26,5	1,2	14,7	5,3
SE	18,1	9,5	13,4	3,6	9,2	0	12,5	0	8,3	0	17,8	0,8	15,5	2,9
S	28,0	6,0	17,8	2,7	10,7	0	18,8	0	18,4	0	15,7	0,8	19,2	1,0
SW	27,2	2,4	19,4	2,3	7,6	0	14,3	0	12,0	0	18,6	0	16,8	1,2
W	15,4	3,1	15,9	2,5	7,6	0	8,5	0	7,1	0	14,0	0,7	10,6	1,1
NW	10,1	3,4	4,4	2,6	8,5	0	3,9	0	3,4	0	12,7	1,8	5,1	0
Lugnt	10,0	5,0	2,5	2,5	3,7	0	3,2	0	2,8	0	7,3	0	3,5	0

Tabell II:11. Nederbördsbenägenhet (första värdet) och snöbenägenhet (andra värdet) i % för Malmö flygplats (Bulltofta)1949 - 1969

Av tabellen framgår, att nordostliga och sydliga vindar hade en genomgående stor nederbördsbenägenhet. Sydvästvindarna var särskilt nederbördsbenägna under senhösten, vintern och den tidiga våren, och ostvindarna gav särskilt stora värden i januari och november. Snöbenägenheten var speciellt uttalad i januari för ostliga och nordostliga vindar.

Medelvärden av vindhastighet vid nederbörd vid olika mängder och vid olika lufttemperaturer kan erhållas i Klimatdata för Sverige. Detta material kommer inte att närmare behandlas här.

Samvariation vindhastighet - lufttemperatur och vindriktning - lufttemperatur

Samvariationen vindhastighet och lufttemperatur finns tabellerad i Klimatdata för Sverige av Taesler (1972). Tabellerna II:12 - II:18 baseras på detta datamaterial, som inhämtats under en tjugoårsperiod i samband med fyra dagliga observationer (kl. 01, 07, 13 och 19).

Som framgår av tabellerna uppvisar kombinationen av temperatur och vindhastighet stor spridning. Denna är naturligt nog störst i datamaterialet för året (tabell II:12). I denna tabell förekommer två frekvensmaxima, vid 0 - +3,9°C och vid +14,0 - +15,9°C, båda i kombination med vindhastigheter inom intervallet 4 - 6 m/s. Det första maximet avspeglar den långa milda och ganska blåsiga vintersäsongen i Sydsverige. Det andra maximet betingas av vanliga temperaturnivåer under senvåren, sommaren och den tidiga hösten. Ett genomgående drag hos tabellerna är att de lägsta

temperaturerna uppträder vid svaga vindar eller lugnt väder (vinterhögtryck med allmänt låga temperaturer eller eljest vid högtrycksbetonat väder med stora strålningsförluster under nätterna). Under vintern kombineras de högsta temperaturerna med måttliga - friska vindar (varmluftsadvektion i lågtryckens varmsektorer), medan de kraftigaste vindarna ger större temperaturspridning (nu tillkommer effekt av kallluftadvektion bakom kallfronter).

Den samtidiga lufttemperaturen och vindhastigheten är av stor betydelse för hur utevistelse vintertid upplevs.

Tabell II:12 - II:18. Relativa frekvenser (‰) av samtidiga värden på lufttemperatur och vindhastighet för Malmö flygplats (Bulltofta) 1949 - 1969. Efter Taesler (1972)

Vindhast. m/s	Lufttemperatur												Summa							
	- °C						+ °C													
	2,5-0-20,1	5,0-15,1	7,5-10,1	10,0-8,6,1	8,5-0,6,1	4,0-2,1	2,0-0,1	0,5-0,1	3,0-3,9	4,0-5,9	5,0-7,9	8,0-9,9	10,0-11,9	12,0-13,9	14,0-15,9	16,0-17,9	18,0-19,9	20,0-24,9	25,0-29,9	
lugnt	0	1	3	1	3	3	6	5	4	5	5	5	6	4	2	1	0	0	0	57
1 - 3	0	2	2	4	8	12	37	32	21	23	21	23	26	27	19	10	10	1	1	278
4 - 6	0	2	2	4	8	16	46	47	34	31	30	32	39	43	34	21	18	2	2	413
7 - 9	0	1	0	2	4	8	20	23	20	18	15	15	16	17	14	9	7	1	1	192
10 - 12	0	0	0	1	2	3	6	7	5	6	4	3	4	3	2	1	2	0	0	50
13 - 15	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	9
16 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19 - 21																				0
22 - 24																				0
25 - 27																				0
Summa	0	1	6	8	13	25	42	116	115	86	83	76	80	92	95	71	43	37	4	1000

Tabell II:12. Året

Vindhast. m/s	Lufttemperatur												Summa																	
	- °C						+ °C																							
	25-30	20-25	15-20	10-15	5-10	0-5	1-6	2-7	3-8	4-9	5-10	6-11	7-12	8-13	9-14	10-15	11-16	12-17	13-18	14-19	15-20	16-21	17-22	18-23	19-24	20-25	21-26	22-27	Summa	
lugnt	1	4	2	2	3	6	6	6	5	1	2	0	0	2	5	0	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	4	41
1 - 3	0	1	1	5	8	22	27	78	66	22	12	5	2	12	66	22	12	5	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	250
4 - 6		2	1	3	12	20	40	116	98	52	25	14	5	25	98	52	25	14	5	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	390
7 - 9			0	0	2	7	17	58	60	34	20	12	4	20	60	34	20	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215
10 - 12			0		1	5	9	20	25	13	7	5	1	7	25	13	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
13 - 15						1	2	5	3	0	2	1		2	3	0	2	1												14
16 - 18							1	1	1																					2
19 - 21								0																						0
22 - 24																														1
25 - 27																														
Summa	1	7	4	11	26	60	102	288	258	121	69	36	12	4	2	0	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1000

Tabell II:14. Mars

Vindhast. m/s	Lufttemperatur												Summa						
	- °C						+ °C												
	25.0-20.1	20.0-15.1	15.0-10.1	10.0-5.1	5.0-0.1	0.0-2.1	2.0-3.9	3.0-5.9	5.0-7.9	7.0-9.9	9.0-11.9	11.0-13.9	13.0-15.9	15.0-17.9	17.0-19.9	19.0-21.9	21.0-24.9	24.0-29.9	Summa
lugnt						1	6	9	12	13	9	3	2	5	3				55
1 - 3						2	8	15	43	53	68	40	26	10	5	3			272
4 - 6						0	4	19	49	96	88	71	47	29	14	12			431
7 - 9							1	9	26	36	34	33	17	15	8	6			184
10 - 12							0	1	7	10	5	9	6	3	3				48
13 - 15								2	0	1	2	1	1	1					9
16 - 18										0			0						1
19 - 21																			
22 - 24																			
25 - 27																			
Summa						4	19	56	138	210	206	157	98	58	31	24			1000

Tabell II:15. Maj

Vindhast. m/s	Lufttemperatur												Summa					
	- °C						+ °C											
	25.0-20.1	20.0-15.1	15.0-10.1	10.0-5.1	5.0-0.1	0.0-1.9	2.0-3.9	4.0-5.9	6.0-7.9	8.0-9.9	10.0-11.9	12.0-13.9	14.0-15.9	15.0-17.9	18.0-19.9	20.0-22.9	23.0-24.9	25.0-29.9
lugt						1	4	8	12	18	12	10	4	2	0	0	0	71
1 - 3					1	2	10	21	35	61	71	61	30	12	9	0	0	314
4 - 6						0	2	6	19	59	119	102	66	22	15	1	1	412
7 - 9								2	5	25	37	40	33	14	7	1	1	163
10 - 12									2	5	12	8	5	2	0	0	0	35
13 - 15										1	2	1	0	0	0	0	0	5
16 - 18																		0
19 - 21																		
22 - 24																		
25 - 27																		
Summa						2	6	20	41	79	163	251	216	136	51	32	3	1000

Tabell II:17. September

Vindhast. m/s	Lufttemperatur												Summa						
	- °C						+ °C												
	25.0-20.1	20.0-15.1	15.0-10.1	10.0-5.1	5.0-0.1	0.0-2.1	2.0-0.1	0.0-3.9	3.0-5.9	5.0-7.9	7.0-9.9	9.0-11.9	11.0-13.9	13.0-15.9	15.0-17.9	17.0-19.9	19.0-24.9	24.0-29.9	Summa
Luft	0	1	1	1	8	7	11	10	6	9	1	1	1	1	1	1	1	1	55
1 - 3			1	1	4	11	41	64	64	25	2	1							273
4 - 6			0	3	3	7	36	59	90	102	63	9	2	1					374
7 - 9			0	2	2	6	14	20	42	62	50	14	1						212
10 - 12				0	1	1	4	9	12	22	14	6	1						71
13 - 15					0		0	0	2	4	4	1							11
16 - 18										1	1	1							3
19 - 21																			
22 - 24																			
25 - 27																			
Summa	0	1	2	8	19	32	105	162	213	263	157	33	4	1					1000

Tabell II:18. November

Medeltemperaturen för olika vindriktningar redovisas ej i Klimatdata för Sverige. Denna temperatur är emellertid också en viktig faktor i sammanhanget och har därför beräknats för några av årets månader ur ett observationsmaterial hämtat direkt från de meteorologiska dagböckerna för Malmö flygväderstation (Bulltofta). Beräkningarna avser samtida observationer av vindriktning och lufttemperatur utförda varje dag kl. 13 under perioden 1960 - 1972. Värden från dygnets övriga observationer har ej medtagits, vilket eliminerar den störande effekten på samvariationen av temperaturens dygnsvariationer. Noterade temperaturvärden för vindriktningar mellan de åtta huvudvindriktningarna, alltså för NNE, ENE, ESE, etc., har fördelats lika mellan de intilliggande huvudvindriktningarna. Datamaterialet är för litet för att tillåta en uppdelning också i vindhastighetsklasser. Ej heller är det stort nog att tillåta framräkning av ett signifikant medelvärde för temperaturen vid lugnt väder. Medeltemperaturen för de åtta huvudvindriktningarna redovisas i tabell II:19.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov
N	-4,5	0,6	11,3	18,6	14,0	2,3
NE	-3,5	-0,4	13,1	18,8	13,4	2,7
E	-1,4	2,2	15,0	20,5	17,7	4,4
SE	0,0	3,0	15,2	22,2	17,2	6,3
S	1,6	5,0	14,7	19,9	17,5	7,0
SW	2,4	4,8	14,0	19,0	16,5	7,2
W	1,8	4,9	13,5	17,6	15,6	7,4
NW	0,8	3,6	13,7	19,3	15,3	6,7

Tabell II:19. Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) för olika vindriktningar kl. 13 för några av årets månader. Malmö flygplats (Bulltofta) 1960 - 1972

Som framgår av tabellen är sektorn nord till ost i genomsnitt kall under vintern och den tidiga våren. Advektion av kallluft är då ej ovanlig från riktningar inom denna sektor. Den varmaste riktningen under januari är sydväst. Införsel av mild tropikluft under vintern sker ofta från denna riktning. Under våren övertar syd och senare sydost rollen som varmaste riktning. Temperaturkontrasterna är då ofta stora mellan nordliga och sydliga - sydostliga delar av Europa. Sydostriktningen är också under sommaren varmest, medan kallaste vindriktning då är väster.

Vindar från detta håll förekommer nämligen ofta vid störd väderlek (lågtrycksaktivitet) under sommaren. Under den tidiga hösten är fortfarande sektorn ost till syd varmest. Senare på hösten är de varmaste riktningarna väster - sydväst. Nordost är kallaste riktningen i september och nord kallast i november. Skillnaderna mellan varmaste och kallaste riktning är störst under senhösten - vintern - tidiga våren. Av redovisade månader uppvisar januari det största differensvärdet, 6,9⁰C. Maj har lägsta värdet på skillnaden, 3,9⁰C.

Litteratur

Melander, U., Ljungström, S & Törnsäter, G., 1975.

Vinden, människan, arkitekten. (KTH Formlära.)
Examensarbete.

Taesler, R., 1972. Klimatdata för Sverige. (SMHI.) Stockholm.

KOMFORTVÄRDERING AV VINDRIKTNINGARNA
I BULLTOFTA OCH SÖRBÄCK

Jan O. Mattsson

KOMFORTVÄRDERING AV VINDRIKTNINGAR I BULLTOFTA OCH SÖRBÄCK

Den officiella vindstatistik för Malmö som lämnades i Appendix II är inte tillräcklig för att möjliggöra en mera fullständig analys av vindförhållandena ur komfortsynpunkt. En sådan analys måste nämligen utöver uppgifter om vindhastighet, lufttemperatur och vindriktningsfrekvens också ta hänsyn till turbulens- och strålningsförhållandena, de vindutsatta personernas kondition, aktivitet, inställning och klädedräkt m m. En grov bedömning av vindklimatet inom regionen ur komfortsynpunkt kan dock göras med hjälp av den lämnade statistiken och en sådan bedömning redovisas i detta appendix. Avsikten har härvid bl.a. varit att inför vindtunnel- och fullskalemätningarna söka urskilja de mest "otrivsamma vindriktningarna", till vilka mätningar i laboratorium och fält eventuellt skulle koncentreras. En helt säker uppskattning av komfortförhållandena inom området kan dock knappast göras utan mätningar i anslutning till bebyggelsen och till modeller av denna vid skilda vindriktningar, vilket ju också är undersökningens syfte.

Vid denna förberedande bedömning av vindriktningarna ur komfortsynpunkt har följande vindriktningsegenskaper ansetts vara av betydelse: Vindhastighet, lufttemperatur och vindriktningsfrekvens. Man kan naturligtvis diskutera, huruvida också andra egenskaper hos vinden, t.ex. vindriktningarnas nederbördsbenägenhet, bör beaktas vid värderingar av detta slag. Sannolikt är dock dessa faktorer av mindre betydelse i sammanhanget och bör därför ges mindre vikt, om de överhuvudtaget skall medtas vid värderingarna (jfr nedan).

En första enkel vindriktningsvärdering kan åstadkommas genom tabellering av de olika vindriktningarnas hastighetsavvikelser från årets medelvindhastighet beräknad ur samtliga riktningensvärden (tabell III:1). Då i detta sammanhang blåst vanligen upplevs som en negativ faktor för komforten, har det varit motiverat att uttrycka hastighetsöverskotten som negativa tal och hastighetsunderskotten som positiva tal.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	0	+0,5	+0,6	+1,0	+1,3	+0,7	+0,68
NE	-0,1	+0,7	+0,6	+1,5	+1,2	-0,1	+0,63
E	-0,2	-1,4	-1,3	+0,3	+0,6	-1,1	-0,52
SE	-0,3	-0,7	-0,6	+0,7	0	-0,5	-0,23
S	-0,2	+0,5	+0,9	+1,0	+0,9	+0,4	+0,58
SW	-0,9	-0,5	+0,3	+0,1	+0,2	-0,4	-0,20
W	-0,9	-0,8	-0,2	-0,4	-0,3	-1,3	-0,65
NW	-0,5	-0,8	+0,1	-0,2	-0,5	-0,7	-0,43
Medeltal	-0,39	-0,31	+0,05	+0,50	+0,43	-0,38	

Tabell III:1. Skillnader (m/s) mellan årsmedelvindhastigheten för de olika vindriktningarna och månadsmedelvindhastighet för respektive vindriktning för Malmö flygplats (Bulltofta), 10 m över markytan

1) Årsmedelvindhastighetens värde har beräknats ur samtliga vindhastighetsvärden för de valda månaderna, alltså ur totalt 48 värden (tabell II:10) och utgör 5,0

Som framgår av tabellen uppvisar riktningarna W, E och NW särskilt stora negativa hastighetsavvikelser, d v s är blåsigare än genomsnittet. Också SE och SW har negativa värden.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	0	+0,35	+0,36	+0,66	+0,65	+0,42	+0,41
NE	-0,10	+0,51	+0,35	+0,56	+0,66	-0,07	+0,32
E	-0,22	-2,35	-2,37	+0,22	+0,53	-1,49	-0,95
SE	-0,32	-0,81	-0,52	+0,54	0	-0,63	-0,29
S	-0,20	+0,35	+0,71	+0,92	+0,80	+0,47	+0,51
SW	-1,29	-0,48	+0,29	+0,15	+0,28	-0,52	-0,26
W	-1,18	-0,94	-0,25	-0,68	-0,54	-1,52	-0,85
NW	-0,28	-0,78	+0,12	-0,28	-0,46	-0,35	-0,34
Medeltal	-0,45	-0,52	-0,16	+0,26	+0,24	-0,46	

Tabell III:2. Produkten av vindhastighetsskillnaderna reviderade i föregående tabell och kvoter bildade av vindriktningarnas genomsnittliga månadsfrekvenser och deras genomsnittliga årsfrekvens¹⁾ för respektive vindriktning för Malmö flygplats (Bulltofta), 10 m över marken

1) Årsmedelfrekvensen har beräknats ur samtliga frekvensvärden för vindriktningarna (tabell II:2) och utgör 12,1

En komfortvärdering av vindriktningar som endast utnyttjar vindhastigheten är emellertid alltför grov. Vid en något säkrare bedömning beaktas också vindriktningsfrekvensen (tabell III:2).

Det är härvid rimligt att bilda produkter av vindhastighetskillnaderna redovisade i tabell III:1 och kvoter bildade av vindriktningarnas genomsnittliga månadsfrekvenser och deras genomsnittliga årsfrekvens. Är månadsfrekvensen större än årsfrekvensen, innebär produktbildningen, att ett talvärde ur föregående tabell ökar, vilket som regel uttrycker ökad diskomfort, om värdet är negativt, och ökad komfort om det är positivt. I förra fallet kommer ofta förekommande situation med relativt hög vindhastighet till särskilt uttryck i värderingen och i senare fallet ofta förekommande situation med relativt låg vindhastighet. Är månadsfrekvensen mindre än årsfrekvensen, innebär produktbildningen en dämpning av de negativa eller positiva talvärdena. Den ogynnsamma eller gynnsamma situationen förekommer ju då inte så ofta. Är slutligen månadsfrekvensen lika med årsfrekvensen, är ju kvoten av dessa frekvenser lika med 1, vilket betyder, att talvärdenas storlek ej påverkas. Som framgår av tabell III:2, är fortfarande E och W särskilt ogynnsamma riktningar. NW, SE och SW har också negativa medeltal.

Svårigheterna ökar, då man vid värderingarna av vindriktningarna också skall beakta lufttemperaturen. Vilken vikt skall läggas vid denna faktor ?

Det kan vara rimligt att som utgångsmaterial utnyttja de olika riktningarnas genomsnittliga, månatliga temperaturavvikelser från temperaturmedelvärdet bildat ur samtliga lufttemperaturvärden för respektive månad. Motivet för att månads- och ej årsmedelvärden utnyttjas är, att människan

psykologiskt och klädesmässigt och möjligen också fysiologiskt kan förmodas anpassa sig till den allmänna temperaturnivå som utmärker årstiden (månaden). Avvikelser från denna nivå kommer härvid att upplevas som mer eller mindre ogynnsamma eller mer eller mindre gynnsamma. En viss vindriktning kan därför också under sommaren kännas obehagligt kylig och under vintern behagligt mild. Avvikelser från lufttemperaturens månadsmedelvärde enligt ovan kan anses vara ett mått på denna vindupplevelse. Svårigheterna hur lufttemperaturen skall vägas in i bedömningen kvarstår dock.

En viss möjlighet att prova temperaturinflytandet erbjuds, om beräkningarna utförs med olika grad av tyngd lagd vid temperaturavvikelserna. Följande metodik har härvid utnyttjats. Till vindhastighetsskillnaderna i tabell III:1 har adderats temperaturavvikelserna enligt ovan (negativa avvikelser betyder lägre temperatur än månadsmedeltalet och positiva avvikelser högre temperatur än detta). Temperaturavvikelserna har i en första beräkningsomgång reducerats till en fjärdedel (tabell III:3), i en andra beräkningsomgång reducerats till hälften (tabell III:4) och i en tredje beräkningsomgång bibehållits oförändrade (tabell III:5). Efter addering enligt ovan multipliceras de så erhållna summorna med vindriktningarnas frekvenskvoter. Produkternas storlek indikerar den relativa komfort eller diskomfort som präglar respektive riktning i de tre fall som undersökts avseende lufttemperaturens antagna inflytande. Resultatet av beräkningarna redovisas i första hand i tabellerna III:3 - III:5.

Som framgår av tabellerna kvarstår riktningarna E och W som de mest ogynnsamma också då vid bedömningen viss vikt läggs vid lufttemperaturen. Även riktningar inom nordsektorn erhåller negativa värden. Vid större vikt lagd vid lufttemperaturen får NE och N de största negativa talvärdena, men både E, W och NW kvarstår som riktningar med negativa värden.

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	-0,64	-0,07	0	+0,53	+0,40	-0,06	+0,03
NE	-0,88	-0,15	+0,24	+0,48	+0,33	-0,54	-0,09
E	-0,56	-2,69	-1,82	+0,44	+0,97	-1,89	-0,93
SE	-0,21	-0,81	-0,17	+1,08	+0,28	-0,38	-0,04
S	+0,29	+0,70	+0,87	+1,01	+1,16	+0,94	+0,83
SW	-0,29	0	+0,39	0	+0,57	0	+0,11
W	-0,39	-0,35	-0,38	-1,54	-0,72	-0,94	-0,72
NW	-0,11	-0,59	+0,12	-0,43	-0,64	-0,20	-0,31
Medeltal	-0,35	-0,56	-0,09	+0,20	+0,29	-0,38	

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	-1,34	-0,49	-0,43	+0,33	+0,15	-0,54	-0,39
NE	-1,67	-0,73	+0,12	+0,41	-0,06	-1,02	-0,49
E	-0,78	-3,02	-1,27	+0,59	+1,32	-2,30	-0,91
SE	-0,11	-0,81	+0,09	+1,62	+0,65	-0,13	+0,22
S	+0,78	+1,05	+1,11	+1,10	+1,51	+1,40	+1,16
SW	+0,72	+0,38	+0,39	-0,29	+0,71	+0,66	+0,43
W	+0,26	+0,23	-0,50	-2,39	-0,91	-0,35	-0,61
NW	+0,06	-0,49	0	-0,43	-0,74	-0,05	-0,28
Medeltal	-0,26	-0,49	-0,06	+0,12	+0,33	-0,29	

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Medeltal
N	-2,62	-1,33	-1,16	+0,07	-0,30	-1,50	-1,14
NE	-3,14	-1,97	-0,06	+0,30	-0,72	-1,97	-1,26
E	-1,33	-3,70	-0,18	+0,96	+2,11	-2,97	-0,85
SE	+0,11	-0,81	+0,70	+2,62	+1,21	+0,38	+0,70
S	+1,76	+1,75	+1,42	+1,29	+2,23	+2,22	+1,78
SW	+2,72	+1,24	+0,49	-0,58	+1,14	+1,70	+1,12
W	+1,70	+1,29	-0,63	-3,93	-1,09	+0,70	-0,33
NW	+0,39	-0,20	0	-0,57	-1,01	+0,25	-0,19
Medeltal	-0,05	-0,47	+0,07	+0,02	+0,45	-0,15	

Tabell III:3 - III:5. Värdering av vindriktningar med beaktande av vindhastighet, lufttemperatur och riktningsfrekvens. (Metodiken beskrivs i texten.) Tabellerna redovisar värderingar med successivt ökande temperaturvikt (temperaturfaktorn reducerad till 1/4, 1/2 respektive 1/1)

De data som redovisats i tabellerna III:2 - III:5 visar sålunda, hur bedömningsresultatet påverkas av ökat hänsynstagande till lufttemperaturen. Värdena har också legat till grund för konstruktion av isopletdiagram, vilka mera åskådligt visar temperaturinflytandet vid bedömningen och som också särskilt tydligt illustrerar variationerna under året (fig. III:1). Som framgår

av dessa diagram, är riktningarna inom sektorn N - SE mest besvärande under vinterhalvåret. Också västsektorns riktningar kan då uppfattas som diskomfortabla, om vid värderingen ingen hänsyn tas till lufttemperaturen. Då emellertid västvindarna under vintern är relativt milda, kommer de att värderas som allt mindre besvärande vid ökat hänsynstagande till temperaturfaktorn. Under sommaren "koncentreras" diskomforten till västsektorn, oavsett om temperaturen beaktas eller ej vid värderingarna.

Senhösten och vintern är inte oväntat en ur vindkomfortsynpunkt ogynnsam årstid (se medeltalen för månaderna i tabell III:2 - III:5). Men också vårmånaderna är relativt ogynnsamma, vilket främst sammanhänger med de kraftiga, kalla och högfrekventa vindarna från riktningar inom ostsektorn under denna årstid.

En faktor som i vindvärderingssammanhang kan synas betydelsefull är vindriktningarnas nederbördsbenägenhet. Bortsett från de svårigheter som uppstår, då man söker väga in denna faktor vid en värdering, kan man dock diskutera huruvida den bör beaktas i värderingar av detta slag. Om emellertid så sker, försämras ostriktningen ytterligare på grund av dess stora nederbördsbenägenhet under särskilt senhösten och vintern. Också nordost- och sydvästriktingarna försämras på grund av stor nederbördsbenägenhet.

De vindriktningsbedömningar som redovisats ovan är grova. Exempelvis har materialet inte varit tillräckligt omfattande för att tillåta framtagandet av en samordnad statistik beträffande samtidig storlek och varaktighet av i första hand vindhastighet, vindriktning och lufttemperatur. Avsikten med bedömningen har heller inte varit att i absoluta tal precisera vindriktningarnas värde ur komfortsynpunkt, vilket för övrigt knappast låter sig göras. Bedömningarna har i stället syftat till att finna de riktningar som ur nämnd synpunkt får anses vara mest ogynnsamma.

Av analyserna torde framgå att den under året ur komfortsynpunkt mest besvärande vindriktningen i Bulltofta är E följt av W och NE. Gynnsammaste vindriktningen är S.

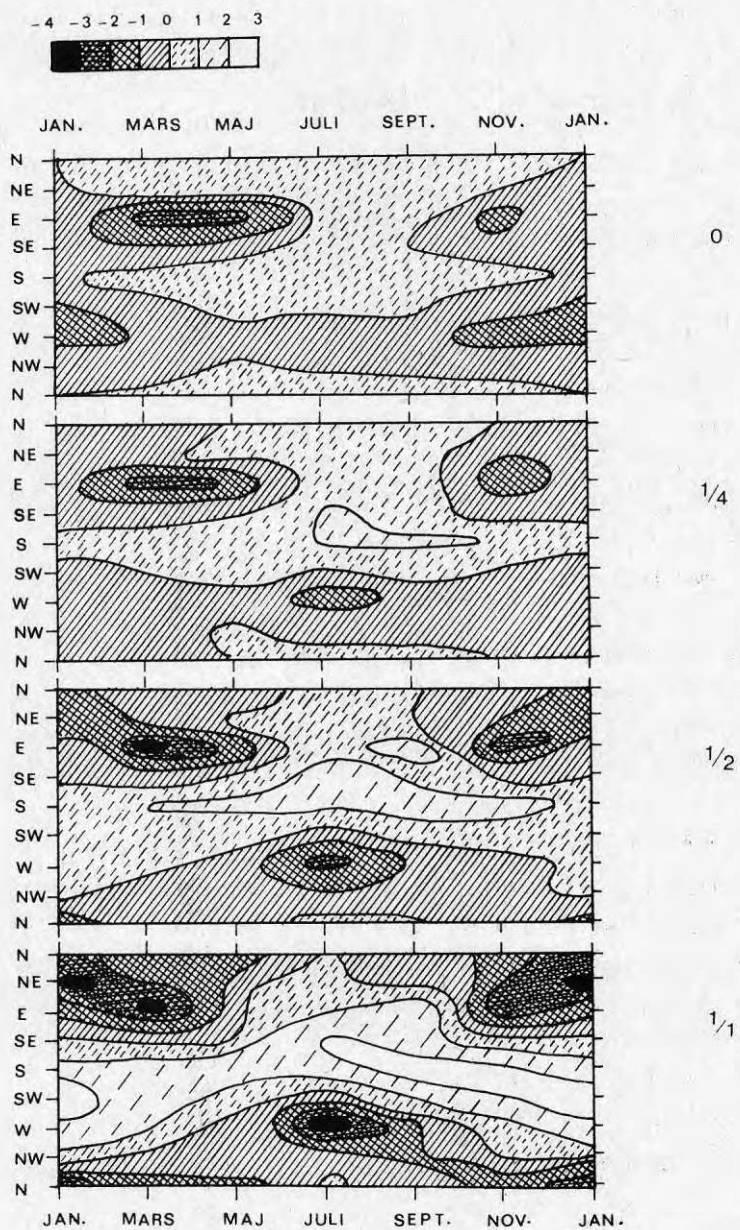


Fig. III:1. Isopletdiagram över vindriktningarnas relativa komfort under året vid Bulltofta, 10 m över markytan. 0 - 1/1 anger ett ökande hänsynstagande till temperaturfaktorn (se vidare texten).

Resultatet av komfortvärderingen av vindriktningar vid Bulltofta avser ett ur vindsynpunkt ganska fritt och ostört läge i staden nordöstra del. Är de särskilt besvärade vindriktningarna som därvid kunde urskiljas också de mest besvärade riktningarna i den del av Malmö i vilken Sörbäck är belägen? Med hänsyn till de skillnader i fråga om inverkan på vindförhållanden som lokala faktorer kan ha i de båda områdena, har det ansetts befogat att något närmare söka analysera sådana faktorerens betydelse.

Sörbäck är beläget omkring 6,2 km från den numera nerlagda flygväderstationen Malmö - Bulltofta, vars vinddata m.m. ju begagnats som bakgrundsinformation i denna rapport. Då det tyvärr saknas vindstatistik för Sörbäck eller dess omedelbara omgivningar, har det inte varit möjligt att bestämma de eventuella skillnader hos vindklimatet som förekommer mellan detta område och Bulltofta. En grov bedömning härav kan dock göras med ledning av kartografiska studier av stadsplan, topografi etc. och genom besiktning av platsen. Bedömningen avser endast vindhastighet och gäller stadsområdet i allmänhet utan lokalt inflytande av själva Sörbäck-bebyggelsen.

Resultatet av bedömningen har för vissa riktningar i någon mån senare kunnat kontrolleras med hjälp av samtidigt utförda vindhastighets- och vindriktningsmätningar tillfälligt utförda vid Bulltofta och i Sörbäck under mätperioderna i Sörbäck.

De tillfälliga vindmätningarna vid Bulltofta gjordes ungefär på den plats där de statistikgrundande mätningarna tidigare pågått och på samma mäthöjd, 10 m. Motsvarande mätningar i Sörbäck gjordes i referensvindmasten, också på 10 m höjd, placerad på gatureservatet sydväst om Sörbäck-bebyggelsen. Resultatet av de samtidiga vindmätningarna vid Bulltofta och i Sörbäck redovisas på annan plats i denna rapport (Bilaga IV).

Båda områdena är belägna i flack terräng i det bebyggda stadsområdets utkanter, Bulltofta i nordöst och Sörbäck i söder till sydsydväst. Kortaste avståndet till havet är för båda områdena drygt 3 km i nordväst. Platsen för mätningarna vid Bulltofta är fritt belägen med öppna fält inom sektorerna sydväst-väst och nordnordost-ostsydost. Inom den förra sektorn förekommer dock på större avstånd, ca 1,5 km, omfattande stadsbebyggelse.

I nordväst - nord och sydost - syd finns på relativt nära avstånd, 200 à 300 m, villabebyggelse.

Sörbäck har omfattande stadsbebyggelse i norr och nordöst och i någon mån också i öster. Sektorn söder - sydöst är här förhållandevis fri mot flack, öppen terräng. I tabell III:6 presenteras mera detaljerat Sörbäcks och Bulltoftas omgivningar.

Riktn.	Sörbäck	Malmö (Bulltofta)
N	Rel. öppet åt NNW med villabebyggelse (enplanshus) på ca 200 m avstånd. I N-NNE hyreshus (trevåningshus och längre bort sexvåningshus)	Rel. öppet med villabebyggelse på ca 250 m avstånd
NE	I N-NNE hyreshus (se N). I NE-ENE rel. öppet. Skolbyggnader (enplanshus) på ca 100 m avstånd	Öppet
E	Rel. öppet, ehuru låga skolbyggnader i närheten (se NE) och högre bostadsbebyggelse på ca 600 m avstånd. Jordkullar av samma höjd som höghusen, på ca 200 m avstånd	Öppet
SE	Öppet	Rel öppet med villabebyggelse på ca 300 m avstånd.
S	Rel. öppet med transformatoranläggning på ca 100 m avstånd (ringa hinderverkan) och tennishallar (rel. låga byggnader) på ca 200 m avstånd	Rel. öppet med villabebyggelse på ca 300 m avstånd
SW	Rel. öppet med villabebyggelse (enplanshus) på ca 500 m avstånd	Öppet
W	Rel. öppet med villabebyggelse (tvåplanshus) på 150-250 m avstånd	Öppet
NW	Rel. öppet med villabebyggelse (tvåplanshus) på 150-250 m avstånd	Rel. öppet med villabebyggelse på ca 250 m avstånd

Tabell III:6 Sörbäcks och vindmastens vid flygväderstationen Malmö (Bulltofta) omgivningar i olika väderstreck

Vindprofilen över skrovlig mark brukar ibland approximeras med en potenssats. Davenport (1960) har i bebyggelsemeteorologiska sammanhang föreslagit ekvationen

$$\frac{\bar{u}}{V_G} = \left(\frac{z}{z_G} \right)^\alpha \quad (1)$$

där \bar{u} är medelvindhastigheten på höjden z , V_G gradientvindens hastighet på höjden z_G , som är gränsskiktets övre yta och över vilken vindhastigheten antas vara konstant med höjden, och α ett tal vars storlek beror av skrovligheten hos underlaget.

I ett annat arbete (Davenport, 1968) anges några genomsnittsvärden för z_G och α (tabell III:7).

	z_G (m)	α
Plant, öppet landskap	270	0,16
Förortsområden	390	0,28
Bebyggda stadscentra	420	0,40

Tabell III:7. Genomsnittsvärden för z_G och α för några olika typer av terräng. Efter Davenport (1968)

Det är självfallet vanskligt att i en studie som denna utan nödvändiga mätdata söka tillämpa Davenports värden på gränsskiktets maktighet och exponenter. Ett försök har dock gjorts att jämföra vindklimatet i Bulltofta- och Sörbäcksregionerna med Davenports ekvation. I tabell III:8 anges de värden på z_G och α som bedömts rimliga för olika vindriktningar inom de båda områdena. Riktningar som varit helt öppna mot plant, öppet landskap har erhållit värdena 270 respektive 0,16. Riktningar som haft höghusbebyggelse i såväl den omedelbara närheten av bedömningspunkten som på större avstånd från denna har fått värdena 390 respektive 0,28. Det bör noteras att båda platserna har förortskaraktär. Övriga, relativt öppna riktningar med som regel villabebyggelse har erhållit värdena mitt mellan de för öppet land och de för förorter.

	Sörbäck		Bulltofta	
	z_G	α	z_G	α
N	390	0,28	330	0,22
NE	390	0,28	270	0,16
E	330	0,22	270	0,16
SE	270	0,16	330	0,22
S	330	0,22	330	0,22
SW	330	0,22	270	0,16
W	330	0,22	270	0,16
NW	330	0,22	330	0,22

Tabell III:9. Bedömda värden för z_G och α gällande för Sörbäck- och Bulltoftaområdena (jfr Davenport, 1968)

För Bulltofta gäller (anemometerhöjden över markytan 10 m):

$$\bar{u}_B = V_G \cdot \left(\frac{10}{z_{G_B}} \right)^{\alpha_B} \quad (2)$$

För Sörbäck gäller ("fotgängarnivån" 2 m):

$$\bar{u}_S = V_G \cdot \left(\frac{2}{z_{G_S}} \right)^{\alpha_S} \quad (3)$$

I ekvationerna (2) och (3) anger indexen B och S att värdena hänför sig till Bulltofta respektive Sörbäck. Efter logaritmering av ekvationerna och kombination av dessa erhålles

$$\log \bar{u}_S = \log \bar{u}_B - \alpha_B \cdot \log \left(\frac{10}{z_{G_B}} \right) + \alpha_S \cdot \log \left(\frac{2}{z_{G_S}} \right) \quad (4)$$

Med denna ekvation kan genomsnittliga vindhastigheten för 2 m-nivån i Sörbäckområdet, \bar{u}_S , framräknas (tabell III:9).

	Jan	Mars	Maj	Juli	Sept	Nov	Året
N	2,5	2,2	2,2	2,0	1,8	2,1	2,1
NE	2,0	1,7	1,7	1,4	1,5	2,0	1,7
E	2,9	3,5	3,5	2,6	2,4	3,4	3,1
SE	5,2	5,6	5,5	4,2	4,9	5,4	5,1
S	3,7	3,2	2,9	2,8	2,9	3,2	3,1
SW	3,3	3,0	2,6	2,7	2,6	3,0	2,9
W	3,3	3,2	2,9	3,0	2,9	3,5	3,1
NW	3,9	4,0	3,4	3,6	3,9	4,0	3,8
Medeltal oavsett riktning	3,4	3,3	3,1	2,8	2,9	3,3	3,1

Tabell III:9. Bedömd medelvindhastighet (m/s) för olika vindriktningar ävensom oavsett vindriktning för året och några av dess månader. Sörbäck, 2 m höjd

Vindriktningarna i Sörbäck har bedömts ur komfortsynpunkt på liknande sätt som riktningarna i Bulltofta. Syftet med värderingarna är fortfarande att jämföra riktningarna inbördes vad avser komforten. Deras relativa placering härvidlag påverkas som tidigare av hur stor vikt man ger temperaturfaktorn. En viss påverkan på den inbördes placeringen beror också på vilken medelvindhastighet som väljs som "noll-nivå" (se exemplet i fig. III:2). Värderingarna utfördes därför med utnyttjande av både bulltoftavärdet (5,0 m/s) och sörbäckvärdet (3,1 m/s).

Vid ringa hänsynstagande till temperaturfaktorn framstod i båda fallen SE som mest besvärande riktning, följd av NW. Om större vikt läggs vid temperaturen, uppfattas N, NE och E som besvärande riktningar. Om också nederbördsbenägenheten beaktas vid värderingen, försämras riktningarna E, NE och SW. Denna bedömning, som alltså gjordes före mätningarna i Sörbäck, är dock mycket grov. Värderingar av detta slag har egentligen sin största betydelse i de fall då man utför vindtunnelprov utan tillgång till värden från fullskalemätningar.

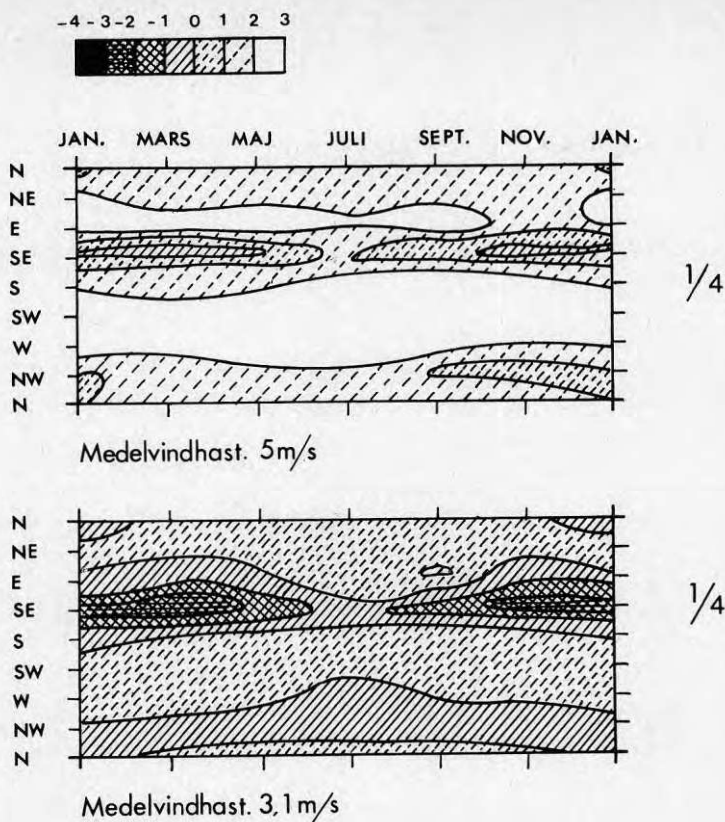


Fig. III:2. Isopletdiagram över vindriktningarnas relativa komfort under året i Sörbäck, 2 m över markytan. Beräkningarna för övre diagrammet utgår från medelvindhastigheten i Bulltofta (10 m) och beräkningarna för nedre diagrammet från medelvindhastigheten i Sörbäck (2 m).

Litteratur

Davenport, A.G., 1960. Rationale for determining design wind velocity. Journal of Structural Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineering. ST 5 May 1960.

Davenport, A.G., 1968. The dependence of wind loads on meteorological parameters. (Seminar on Wind Effects on Buildings and Structures, Ottawa, 1968. University of Toronto Press.)

VINDMATNING I SÖRBACK

Beskrivning, värdering och
behov av vindskydd. Metod-
studie.

Mauritz Glaumann

INNEHÅLL

Inledning	1
Hur vinden upplevs	2
Inventering av vindförhållanden i Sörbäck	3
Bestämning av kvoten r_0	4
Bestämning av kvoten r_1	5
Beskrivning av blåsigheten	7
Värdering av blåsigheten	9
Skydd mot vinden i Sörbäck	11
Diskussion av säkerheten i resultaten	11
Sammanlagda felet och slutsatser	16

BETECKNINGAR

u	=	hastighet i vindens riktning
\bar{u}	=	medelvindhastighet i vindens riktning under minst 10 min.
\bar{u}_B	=	medelvindhastighet i Bulltofta
\bar{u}_{ref}	=	medelvindhastighet vid referensstationen
r	=	vindreduktionsfaktor
u_e	=	upplevd vindhastighet
u_{es}	=	upplevd vindhastighet vid standardförhållanden
σ	=	standardavvikelse för vindhastigheten
I	=	turbulensintensitet ($\frac{\sigma}{\bar{u}}$)
\bar{u}_i	=	medelvindhastighet vid mätpunkt nr i
r_0	=	vindreduktionsfaktor mellan Kroksbäck och Bulltofta
r_1	=	vindreduktionsfaktor mellan punkt i inom Kroksbäck och referensstationen

INLEDNING

Sörbäck är ett blåsig bostadsområde genom sitt läge och den ur vindsynpunkt ogynnsamma utformningen. Att kompletterande vindskydd borde ingå som en del i den planerade upprustningen av områdets yttre miljö stod tidigt klart. Genom vindtunnel-försöken kunde lämplig placering och utformning t ex av olika skärmar studeras. Men för att få ett grepp om hur pass besvärlig blåsigheten i Sörbäck är och därmed bättre kunna bestämma behovet av vindskydd borde också vindmätningar på plats genomföras. Genom att göra vindmätningar på många punkter inne på gårdarna skulle man också kunna få en värdefull jämförelse mellan fullskale- och modellförsök.

Att kvantifiera blåsigheten i ett område av Sörbäcks storlek genom mätningar under kort period är emellertid besvärligt eftersom vinden ständigt varierar i hastighet och riktning överallt. Därför gjordes fullskalemätningar i 22 punkter enbart i den mest vindutsatta delen under några veckors tid. Under denna period bestämdes också sambandet mellan vindhastigheter i Sörbäck och på Bulltofta varifrån det finns vindstatistik. Därmed kunde den under året genomsnittliga blåsigheten på olika ställen inom Sörbäck uppskattas.

Till följd av ogynnsam fördelning av vindriktningar vid mät-tillfällena och ett visst databortfall har mätunderlaget i vissa avseenden blivit knappt. För att få bättre grepp om problem och svårigheter förknippade med en sådan här studie har likväl en yttäckande kvantifiering genomförts. Säkerheten i resultaten har bedömts tillräckliga för en markprojektörs åtgärder. Arbetet har kallats metodstudie eftersom det fortfarande finns många problem och frågetecken kring mätning, analys och värdering av blåsighet.

HUR VIND UPPLEVS

Vind upplevs som vindtryck och vindavkylning. Bådadera ökar snabbt med vindhastigheten.

Över ca 5 m/s börjar vindtrycket bli besvärande - kläder och hår börjar fladdra, papper och damm blåser upp från marken /1/. Jämför tabell 1, sid 17. Redan vid betydligt lägre vindhastigheter är det obehagligt att sitta stilla ute, besvärligt att läsa tidningar osv. Engelska byggforskningen (BRE) har angett följande gränser för hur vinden upplevs på marknivå:

över 5 m/s börjar vindtrycket bli besvärande,
vid 8-10 m/s är det klart obehagligt,
och 15-20 m/s innebär olycksrisk /2/.

Hur ofta gränsvärden av detta slag överskrids kan användas som mått på vindmiljön på en viss plats. Genom att relatera vind-effekterna till meteorologernas standardmätningar kan vindstatistiken användas för att bestämma frekvenserna av olika vindhastigheter.

Vindavkylningen beror på vindhastigheten, men även på utetemperatur, klädsel och aktivitetsnivå (människans värmeproduktion). Ju lägre lufttemperaturen ute är desto mer ökar vindavkylningen med ökad vindhastighet. Den förhållandevis största ökningen i avkylning sker vid övergång från vindstilla till svag blåst.

I den här delstudien tar vi enbart upp vindens mekaniska verkningar. Det är topphastigheten snarare än medelhastigheten som man bedömer vindstyrkan efter. Förhållandet mellan de högsta hastigheterna och medelhastigheten under en period varierar från plats till plats och med väderleken. Hastighetsvariatio- nerna beskrivs genom den s k turbulensintensiteten, I.

$$I = \frac{\sigma}{\bar{u}}$$

där σ = hastighetens standardavvikelse

\bar{u} = vindens medelhastighet.

Ju högre turbulensintensitet desto ostadigare, byigare, är således vinden. Eftersom virvelbildningen bakom hinder är främsta orsaken till att vinden blir ojämn är turbulensinten- siteten alltid hög i stadsmiljö, upp till ca 0.6 omedelbart i lä av en byggnad, medan den på ett öppet fält kan ligga omkring 0.15. Den upplevda vindhastigheten, u_e , brukar be- skrivras genom ett uttryck av följande slag:

$$u_e = \bar{u} + k \cdot \sigma = \bar{u} (1 + k \cdot I)$$

där k är en konstant med ett värde mellan 1 och 3. Vindens maxhastighet (3 sek värde) under 10 min, som är meteorolo- gernas standardtid för vindmätningar, brukar nämligen kunna skrivas:

$$u_{\max} \approx \bar{u} + 3\sigma$$

Eftersom det är oklart vilket värde på k som är lämpligast att använda vid vindmiljöstudier har vi gjort samma beräkningar för både $k = 1$ och $k = 3$.

Vindens verkningar på land i tabell 1, grundas bl a på Beaufortskalan, vilken kopplats till medelvindhastigheter uppmätta enligt meteorologisk standard, dvs på 10 m höjd, på öppen yta (ofta flygfält) och under 10 min. Vill man jämföra upplevd vindhastighet u kring byggnader och på öppet fält enligt tabell 1 måste således hänsyn tas till skillnaden i turbulensintensitet. $u_s = u$ (standardförhållande) gäller således för följande samband mellan medelvindhastigheter och turbulensintensiteter:

$$\bar{u}_s (1 + k \cdot I_s) = \bar{u} (1 + k \cdot I)$$

Om $I_s = 0.18$ (öppet fält) och $k = 1$ resp $k = 3$ erhålles:

$$\bar{u}_s = 0.85 (1 + I) \bar{u} \quad /3/ \quad (1)$$

$$\bar{u}_s = 0.65 (1 + 3I) \bar{u} \quad /4/ \quad (2)$$

Sammanfattningsvis syftar fullskalemätningarna till att ge underlag för att beskriva var och hur ofta den upplevda vindhastigheten $u = 5$ m/s överskrids statistiskt inom undersökningsområdet. För jämförelsens skull har beräkningen skett både enligt sambandet (1) och (2) samt för medelvindhastigheten $u = 5$ m/s beräknad på vanligt sätt. Därefter diskuteras vilka gränsvärden som kan anses acceptabla för olika vistelsezoner.

INVENTERING AV VINDFÖRHÅLLANDEN I SÖRBÄCK

Beräkningarna av vindförhållandena har genomförts i tre steg:

1. Bestämning av förhållandet mellan vindhastigheten på en oskyddad plats i Sörbäck (referensstation) och en meteorologisk observationsstation med vindstatistik (Bulltofta).
2. Bestämning av hastighetsfördelningar mellan husen vid olika vindriktningar.
3. Beräkning av hur ofta besvärande vindhastigheter uppträder inom olika delar av mätområdet.

De första två stegen bygger på förutsättningen att det finns ett bestämt förhållande mellan vindhastigheterna i två skilda punkter vid en och samma vindriktning. Det betyder att kvoten mellan vindhastigheter i en punkt bland husen och vid referensstationen eller Bulltofta ligger nära ett konstant värde vid en viss vindriktning. Om hastighetskvoterna kallas reduktionsfaktorer och betecknas med r blir då:

$$\bar{u}_{\text{ref}} \approx r_o \cdot \bar{u}_B$$

$$\bar{u}_i \approx r_i \cdot \bar{u}_{\text{ref}}$$

dvs

$$\bar{u}_i \approx r_o \cdot r_i \cdot \bar{u}_B \quad (3)$$

där \bar{u} betecknar medelvindhastigheter i referenspunkten, vid Bulltofta och mätpunkten i inom Sörbäck.

När detta samband gäller kan vindstatistiken på Bulltofta utnyttjas för att bestämma frekvensen av olika vindhastigheter på olika punkter inom Sörbäck.

Vid vindhastigheter över ett par meter i sekunden brukar reduktionsfaktorer lokalt vara relativt konstanta och oberoende av absoluthastighet. Reduktionsfaktorer till den meteorologiska stationen kan däremot variera mer, framför allt när avståndet dit ökar. Inom en stad kan man i regel få fram ett r -värde med måttlig spridning för varje vindriktning efter en viss tids mätning. Detta brukar tas för givet i vind-tunnelstudierna. Vid låga medelvindhastigheter kan det däremot bli stor spridning i uppmätta reduktionsfaktorer.

BESTÄMNING AV KVOTEN r_o MELLAN VINDHASTIGHETER I SÖRBÄCK OCH BULLTOFTA

Sörbäck är en del av Kroksbäcksområdet, som är beläget i södra utkanten av Malmö ca 5 km från centrum. Söder om Sörbäck är landskapet flackt och öppet, i öster och väster har det samma karaktär men där finns lägre bebyggelse. I norr och nordost utbreder sig stadens högre bebyggelse.

För att fastställa de "neutrala" vindförhållandena i Sörbäck på ett sätt som motsvarar standardmätningar placerade vi en 10 m hög referensstation på det öppna fältet ca 100 m SV om bebyggelsen, fig 1. Denna plats är inte idealisk för referensmätningar eftersom den ligger klart i lä av de höga Sörbäckshuset vid NO-vindar. Inom bebyggda områden är det emellertid nästan aldrig möjligt att finna idealiska referenspunkter, varför valet får bli en kompromiss mellan att välja en närbelägen eller ostörd referenspunkt. (I det här fallet var förutsättningen att referenspunkten också skulle få plats på modellplattan vid de parallella vindtunnelförsöken).

Vid referensmätningen mättes vindhastighet och vindriktning i sammanlagt 249 timmar under en period i mars och en i september 1980. Under marsperioden ordnades tillfälliga parallella vindhastighetsmätningar vid Bulltofta, eftersom SMHI:s mätstation där är flyttad och förändrad. Under septemberperioden jämfördes Sörbäcksvärdena med samtidiga värden vid Sturup och hamnen varifrån även finns vindstatistik.

De tillfälliga mätningarna på Bulltofta genomfördes av naturgeografiska institutionen i Lund vilka också medverkade vid

bestämning av r_o $\left(\frac{\bar{u}_{\text{ref}}}{\bar{u}_B} \right)$.

Fig 2 visar samtidiga vindriktningar vid referensmastens 10 m nivå i Sörbäck och SMHI:s nya mast på Bulltofta under 165 timmar i mars 1980. Varje punkt anger medelvärdet under 80 min. Sörbäcksvärdena utgör medelvärden baserade på registrering varannan sekund. Bulltoftavärdena har beräknats på ett antal medelvindriktningar avseende 10 min. Trots dessa skillnader överensstämmer vindriktningarna väl.

Fig 3 visar kvoter (r_o) mellan medelvindhastigheter under 80 min i referenspunkten och den tillfälliga masten på Bulltofta vid vindhastigheter i Sörbäck på över 2 m/s. Spridningen är relativt stor. För västliga vindriktningar saknas mätdata.

Under septembermätningarna förekom inga jämförbara vindmätningar vid Bulltofta. För att få kvoter även för de under mars dåligt representerade vindriktningarna SV, V och NV jämfördes referensstationens septembervärden med samtidiga vindhastigheter i hamnen där man även bedrivit regelbunden vindmätning sedan lång tid tillbaka. Vindstatistiken för hamnen jämfördes sedan med den från Bulltofta. Genom beräkning på hela materialet bestämdes därefter för varje vindriktning följande närmevärden på r_o :

$$r_o = \bar{u}_{ref} / \bar{u}_B \quad \text{till:}$$

NO	0.7
O	0.9
SO	1.1
S	1.4
SV	1.2
V	0.9
NV	0.9
N	1.1

Dessa kvoter innehåller en viss osäkerhet eftersom underlaget har ganska stor spridning. Uppskattade kvoter för SV och NV överensstämmer inte heller helt mellan mars och september. I dessa fall har septembervärdena använts. Utrustning och omfattning av denna försöksstudie har inte medgivit en längre referensmätperiod. Konsekvenserna av fel i r_o diskuteras i slutet av denna delrapport.

BESTÄMNING AV KVOTEN r_i MELLAN VINDHASTIGHETER INOM SÖRBÄCK OCH I REFERENSPUNKTEN

När vinden möter ett hinder ändras både dess hastighet och riktning. Hastigheten ökar kring hindret och minskar i lä där virvelbildningen blir särskilt stor och hastigheten därigenom ojämn. Det innebär att man kring byggnader har mycket stora hastighetsvariationer. Mönstret ändras med vindriktning. För att beskriva vindhastighetsvariationer krävs därför mätning för många vindriktningar med ett relativt tätt nät av mätpunkter. Genom interpolation kan sedan en karta ritas upp över relativa hastighetsvariationer i form av nivåkurvor - isoveler - för varje vindriktning.

Behovet av ett tätt nät av mätpunkter omöjliggjorde fältmätningar över hela området. Eftersom väst- och sydvästvindar totalt hör till de mest frekventa vindriktningarna antogs den västligaste delen av området vara den mest utsatta. Här fanns också den trängsta passagen varför denna del valdes som plats för fältmätningarna, jfr. fig 1.

Mätpunkternas placering under mars- och septemberperioden framgår av fig 4, där även mätpunkter gemensamma med vindtunnelförsöken markerats. De är företrädesvis ordnade så att det skulle vara möjligt att studera mätresultat i korsande sektioner. Vindgivarna består av tre ortogonalt riktade propellrar i toppen på 2 m stativ. Varje givare är via kabel förbunden med en minidator som registrerar pulserna från de roterande propellrarna och beräknar vindens hastighet och riktning. Kortaste mättid är en sekund (beträffande utrustning i övrigt, se bilaga). Antalet tillgängliga mätpunkter för samtidig mätning var 22 st plus 1 st vid vardera referensmastens 2 och 10 m nivå.

För att inte vindens slumpmässiga variationer skall påverka medelvärdena krävs relativt långa medelvärdestider. För att beräknade medelvärden också skall motsvara verkliga genomsnitt på vindhastighet och turbulensintensitet måste samplingstiderna vara korta. Vid varje mätpunkt i Sörbäck mättes vindens horisontal- och vertikalkomponent samt horisontella riktning varannan sekund. På dessa bildades sedan medelvärden över 60 min (80 min valdes av programmeringstekniska skäl som medelvärdesperiod för marsmätningarna) vilka användes för den vidare bearbetningen.

Under mätperioden i mars förekom alla vindriktningar dock med sämre representation av vindar från SV, V och NV. Under september erhöles ett rikt material av vindar från S till N över V. På grund av ett tekniskt fel är endast värden från station 1, 2 och 9-15 från marsmätningen tillförlitliga.

Fig 5 visar exempel på resultat av septembermätningen i form av vindriktning och -hastighet under 60 min. Fig 6 visar samma period med hastigheterna relativt referensmastens 2 m nivå i form av isoveler, som har konstruerats med ledning av mätvärdena i fig 5 och strömningsbilder från vindtunneln. Fig 7 visar vertikalhastigheter vid samma tillfälle.

Eftersom mätresultaten från en mätperiod på ett par veckor innehåller en mängd dataset med låga vindhastigheter, vindvridningar m m började vi med att plocka ut de tider under vilka vindriktningen var något snär stabil och låg nära någon huvudvindriktning samt hade en vindhastighet som inte var alltför låg. Vi utgick då från de 84 timmarnas mätning i september. Efter jämförelse dem emellan utvaldes slutligen de dataset om 60 min som bäst ansågs representera varje huvudvindriktning. Eftersom mätresultaten skulle kunna jämföras med dem från vindtunnelförsöken måste vi arbeta med 8 klart bestämda vindriktningar trots att varje riktning i vindstatistiken i själva verket innefattar ett riktningsintervall på 45° . Genom detta urval erhöles representativa dataset för vindriktningarna S, SV, V, NV och N. För dessa låg vindriktningens standardavvikelse på 10 min medelvärden ungefär mellan 5 och 10 grader.

Timmedelvärdet för vindhastigheten i referensstationen varierade mellan 2.5 - 8.1 m/s. På de utvalda perioderna beräknades sedan r_i -värdena (\bar{u}_i/\bar{u}_{ref}). Spridningen i dessa mellan olika dataset exemplifieras genom fig 8, gällande för NV-vind vilken var särskilt vanlig under septembermätningarna. Spridningen är störst där de största hastigheterna uppmättes.

BESKRIVNING AV BLÅSIGHETEN INOM VÄSTRA DELEN AV SÖRBÄCK

Blåsigheten under året i varje undersökt mätpunkt kan uttryckas som summan av frekvenserna av upplevda vindhastigheter över 5 m/s för alla vindriktningar. Enligt (1), resp (2) och (3) är för varje vindriktning t ex:

$$\bar{u}_s = 0.65(1+3I)r_o \cdot r_i \bar{u}_B \quad \bar{u}_s = 0.85(1+I)r_o \cdot r_i \bar{u}_B$$

dvs för $\bar{u}_s = 5$ m/s är

$$\bar{u}_B = \frac{5}{0.85(1+I)r_o \cdot r_i} \quad (4)$$

$$\bar{u}_B = \frac{5}{0.65(1+3I)r_o \cdot r_i} \quad (5)$$

Den hastighet i Bulltofta, \bar{u}_B , som motsvarar upplevda 5 m/s i Sörbäck för varje vindriktning överskrids under en viss del av tiden under året f_φ (φ anger viss vindriktning) enligt vindstatistiken från Bulltofta. Den sammanlagda tiden (%) under året då vindhastigheten i Sörbäck kan upplevas vara över 5 m/s blir således för varje punkt:

$$F_i(u_{es} = 5) = \sum_{\varphi=1}^8 f_\varphi \quad (6)$$

där φ antar de olika huvudvindriktningarna, N, NO, O osv.

För att kunna konstruera nivåkurvor över blåsighetsfrekvenser på den västra gården krävs ett relativt tätt nät av värden på r_o (\bar{u}_{ref}/\bar{u}_B), r_i (u_i/\bar{u}_{ref}) och turbulensintensiteter för varje vindriktning.

Genom att rita upp mätresultaten i alla tänkbara sektioner och sammanjämka interpolationerna för varje snitt konstruerades därpå isoveler för mätpunkternas närmaste omgivning. En ytterligare extrapolering. Genom noggrann jämförelse mellan resultaten från symmetriska vindriktningar med avseende på höghusen, jfr. fig 9, resultaten från strömningsvisualiseringen i vindtunneln samt de användbara marsresultaten konstruerades slutligen isoveler (r_i) för samtliga vindriktningar, även för de områden på gården där direkta mätningar inte förekommit, fig 10 a-h. På motsvarande sätt konstruerades också nivåkurvor över turbulensintensiteten för varje huvudvindriktning, fig 11 a-h.

Med hjälp av nivåkurvorna över hastighet och turbulensintensitet (fig 10 och 11) bestämdes därefter ett värde på r_i och I för varje mittpunkt av ett rutnät på 4 x 4 m över gårdsytan. Genom fig 12, som visar kumulativa frekvenser av vindhastigheter på Bulltofta hämtade ur "Klimatdata för Sverige" /5/ kunde sedan beräknas frekvensen av överskridande av upplevda 5 m/s för varje gårdsruta enligt (4).

På summafrekvenserna har därefter utarbetats nivåkurvor, fig 13. Denna bild utgör således en sammanfattning av blåsigheten i den undersökta delen av Sörbäck, dvs frekvenser av överskridande av 5 m/s upplevd vindhastighet under hela året när samtliga vindhastigheter och vindriktningar är inräknade. Det framgår att den upplevda vindhastigheten 5 m/s enligt beräknings sättet överskrids under nästan 1/3 av tiden inom en mycket stor del av området omfattande mittpartiet av den stora gården och passagen i söder. Särskilt blåsigt är det kring det västra höghusets södra hörn och i ändarna av gårdens mittparti. Passagen mellan det östra höghuset och trevåningslängan är påtagligt mindre blåsig än motsvarande passage längre västerut.

Granskas underlaget till fig 13 finner man i stort sett att SV-vindar bidrar till summan med ca 25-40%, O och V med ca 20% vardera, S och SO med omkring 10% vardera och övriga riktningar, dvs N, NO och NV med nästan ingenting. Sydvästvindens klara dominans beror på att den är mycket vanlig och att området ligger öppet för sydvästvindar med öppna fält, låg bebyggelse och Öresund i denna riktning. Om än i mindre grad gäller detsamma för vindriktningarna O, V och S. Området är väsentligt mer skyddat mot vindar från NV, N och NO där staden breder ut sig och där den ökade markskrovligheten genom högre bebyggelse reducerar den allmänna vinden kraftigt.

Använder man istället sambandet (2) som rekommenderas av Jackson för att räkna fram en motsvarande bild som fig 13, finner man att frekvenserna ökar med ca 7-10%, fig 14. Procentskillnaderna inom området ökar lite genom turbulensens större inflytande, men mönstret består. Om man inte tar hänsyn till turbulensen alls utan enbart ser till medelvindhastigheterna minskar frekvenserna med ca 5-8%, fig 15.

Skillnaden mellan fig 14 och 15 visar vilken inverkan ett stort turbulensinflytande ger. Bortsett från absolutnivån så har den blåsigaste delen i söder vidgats och kurvfigurens mittparti förskjutits något under inverkan av turbulensintensiteten.

VÄRDERING AV BLÅSIGHETEN

Genom frekvenser för besvärande vindhastigheter, t ex genom att ange hur ofta vindhastigheten 5 m/s överskrids, kan man således beskriva blåsigheten för en viss plats.

Olika forskare har kommit till olika resultat beträffande vad som ska betraktas som acceptabla vindförhållanden för olika vistelsezoner. Engelska byggforskningen anger exempelvis att medelvindhastigheter över 5 m/s under 10-20% av dagtid på gator och torg leder till klagomål över blåsigheten, men först vid högre frekvenser blir missnöjet så stort att någon form av vindskydd måste byggas /6/. Eftersom det genomsnittligt blåser lite mer under dagtid skulle kravet skäras något om blåsigheten skulle beräknas för hela dygnet, så som vi gjort i Sörbäck. AG Devenport var den första som gjorde en finare uppdelning av dessa kriterier kopplade till aktivitetsnivåer på olika slags ytor /7/.

WH Melbourne har gjort en sammanställning av olika författares vindkriterier uttryckt som sannolikheter att överskrida olika medelvindhastigheter, fig 16, /8/. Kriterierna avser öppna ytor och medelvindhastigheter uppmätta på 10 m höjd. Vissa av kriterierna är kopplade till olika typer av aktivitet som i sin tur kan kopplas till olika slags vistelsezoner. De streckade kurvorna utgör Melbournes egna kriterier extrapolerade med hjälp av en uttagen vindhastighetsfördelning. De vindkriterier som tillämpas i Sörbäck bör sammanfalla något sänkt med andras kriterier. Möjligen kan hävdas att våra kriterier borde vara något strängare än de ovannämnda som alla tagits fram i länder med varmare klimat. Att vi räknar frekvenser för hela dygnet är ytterligare en anledning att skärpa kriterierna eftersom det blåser mindre under natten än under dagen.

Fig 16 ger möjlighet att uttyda en mängd olika gränsvärden i form av kombinationer av frekvenser och medelvindhastigheter för olika aktiviteter. Men i bebyggelseplaneringen arbetar man inte med aktiviteter utan med ytor avsedda för olika ändamål, och det skulle därför underlätta om vindkriterierna knöts direkt till olika slags ytor, t ex uppehållsytor och kommunikationsytor. Upphållsytor kan vidare indelas i ytor där man håller sig stilla och vistas ganska länge och ytor där man rör sig mer eller bara vistas under korta stunder. Även ett ganska måttligt drag kan göra en sittplats eller sandlåda mindre attraktiv medan svagare vindar på en bollplan eller kvarterslekplats inte nämnvärt påverkar deras användbarhet.

Med dessa utgångspunkter kan fig 16 omformas till fig 17, ur vilken följande konkreta värden är tagna:

	5 m/s upplevd vindhastighet bör inte överskridas mer än x% av tiden	under 20% av tiden bör inte upplevd vindhastighet överskrida x m/s
Kommunikationsytor t ex gång- och cykel- vägar	45	7
Uppehållsytor där man rör sig eller vistas kort tid	20	5
Uppehållsytor där man sitter stilla länge	1	2.5

Tabell 2. Föreslagna vindkriterier.

Gränsdragningar av det här slaget blir relativt osäkra. Det har gjorts få studier som baseras på mätningar av vindförhållandena i verkligheten. Ovanstående gränser får därför tills vidare betraktas som arbetshypoteser som kan behöva förändras efter fortsatta undersökningar. De kan behöva anpassas till vad som är rimligt och möjligt att åstadkomma ifråga om vindskydd.

Vindkriterierna och den upplevda vindhastigheten gäller vindförhållandena på en öppen yta, där turbulensintensiteten är mindre och medelvindhastigheten i allmänhet större än inne bland bebyggelsen. I beräkningarna av den upplevda vindhastigheten i Sörbäck har vi utgått från formeln $u = u + k \cdot \sigma$, men frågan var vilket värde som skulle sättas k . Den upplevda vindhastigheten ligger någonstans mellan medelvindhastigheten \bar{u} och maximihastigheten för en period som är ungefär $u + 3 \sigma$. Den grundas på en bedömning av vindens verkningar under en begränsad tid, kanske 5-10 min men inte en timme som Sörbäcksvärdena gäller. Sannolikheten för att timmens maxvärde skall inträffa under den tiden är inte särskilt stor. Inte heller är det säkert att man utsätts för en vindhastighet över $u + 2\sigma$, vilken överskrids under ungefär 4 min av timmen. Däremot överskrids säkert $u + \sigma$ vilket inträffar under så lång tid som 1/3 av timmen. Tiden för överskridande av medel- respektive maxhastigheten i Sörbäck representeras av fig 14 och 15. Fig 14 innebär vindförhållanden som gränisar till det farliga enligt fig 17 och stämmer inte med våra erfarenheter av verkligheten. Å andra sidan kan man vara säker på att den upplevda vindhastigheten är större än timmedelvärdet för hastigheten såsom vindförhållandena framställs i fig 15. Tiden för överskridandet av $u + \sigma$, fig 13, ser bäst ut att motsvara upplevd vindhastighet och tas därför till utgångspunkt för de vidare diskussionerna.

Hela det här resonemanget bortser från att utomhusaktiviteterna varierar med årstiden liksom utomhustemperatur, solstrålning m m. Men i Sverige är det nästan alltid negativt med blåst inom ett bostadsområde, bortsett från om man behöver ventilerar bort luftföroreningar vilket är ett helt annat problem. Vindkriterier baserade på människans värmebalans skulle bli betydligt mer komplicerade. Vi tror att kriterier enbart för vinden är tillräckliga för att värdera vindmiljöer i planeringssammanhang.

Ett helt annat angreppssätt, där man utgår från positiva och negativa avvikelser från normalförhållanden, har prövats i bilaga III.

SKYDD MOT VINDEN I SÖRBÄCK

Även om de krav på vindmiljön som kan ställas enligt tabell 2 är något osäkra kan man i fig 13 konstatera att blåsigheten på den undersökta gården definitivt är av sådan omfattning att så gott som hela ytan är olämplig som uppehållsplats (> 20%). Det visar även fig 15 som vi vet klart underskattar den upplevda blåsigheten.

Att skapa vindskydd är därför mycket väsentligt om man vill förbättra utemiljön här. Ett vindskydd bör ha minst två sidor i vinkel mot varandra. Ett rakt plank är mindre effektivt eftersom vinden vid sned anblåsning i stor utsträckning kommer att följa planket även på läsidan. Vindskydd i Sörbäck bör i första hand skydda mot SV-vindar eftersom dessa har en dominerande inverkan på blåsigheten här. Skydden mot SV-vindar går lätt att bygga ihop med skydd mot västvindar som tillsammans med ostvindar närmast har störst inverkan på vindförhållandena.

50% reduktion av medelvindhastigheten för SV- och V-vindar minskar den upplevda vindhastigheten i fig 13 med upp till ca 17% inom de värst utsatta delarna av gården. Med sådana vindskydd bör den största delen av gården således kunna göras acceptabel som uppehållsyta för kortvarig utevistelse. Motsvarande siffra för reduktion av medelvindhastigheten till 50% av O- och SO-vindar är knappt 10%. Vindskydden mot sydliga vindriktningar (SV-SO) ger skugga och minskar soluppvärmningen. Barriärer mot nordliga riktningar minskar blåsigheten obetydligt, men tjänstgör i soliga lägen som solreflektorer och bidrar till uppvärmningen. Den lilla låzonen på lovartsidan om ett hinder kan utnyttjas för sittplatser.

Hur ser då ett vindskydd ut som ger 50% lå för V, SV, O och SO-vind? Fig 18 visar en vertikalsektion av läbildningen bakom en tät skärm som är ca 2 m hög /9/. 50%-området sträcker sig ca 14 m bort. Upp till ca 5 m avstånd från skärmen har man mycket kraftig vindreduktion. En gles skärm ger ett större läområde men mindre vindreduktion. Ett andra hinder inom det förstas läområde förstärker vindreduktionen mellan hindren. 2-3 hinder efter varandra skulle därför minska blåsten avsevärt på Sörbäcksgårdarna. Alternativ utformning och placering av skärmar diskuteras i avd. I.

DISKUSSION AV SÄKERHETEN I RESULTATEN

De tidigare redovisade resultaten skall betraktas som närmevärden till hjälp för värdering och planering av utemiljön ur klimatsynpunkt. För detta syfte behövs inte värden med mycket hög precision vilket knappast heller går att få fram, eftersom resultaten grundas på flera steg med osäkerheter i varje led. Vissa steg kommer i framtiden att kunna göras säkrare, men beräkningar av detta slag kommer alltid att innehålla en viss osäkerhet. Vad som måste klaras ut är emellertid om felen i slutresultaten är så stora att de inte ens duger för att bedöma vindmiljön och användas som underlag för planering. Här följer ett försök att klarlägga detta och diskutera osäkerheten i varje led.

För att få fram en medelvindhastighet i Bulltofta \bar{u}_B som skulle motsvara 5 m/s upplevd vindhastighet i Sörbäck användes samband av följande slag:

$$\bar{u}_B = \frac{5}{0.85 r_0 \cdot r_i (1 + I)}$$

För ett \bar{u}_B per huvudvindriktning avlästes en frekvens ur vindstatistiken för Bulltofta vilka därefter adderades (8 st) till en slutlig frekvens för överskridande av upplevda 5 m/s i Sörbäck. I hela kedjan av multiplikationer och additioner kan felen successivt öka. Att felen i varje parameter skulle slå åt samma håll hela tiden är dock osannolikt om de inte är systematiska. Det systematiska fel som kan uppträda här är främst mätfel. I övrigt är det troligt att parameterfelen slår slumpmässigt och därmed i viss utsträckning kommer att ta ut varandra. Därför verkar det här föga meningsfullt att göra en studie av det teoretiska maxfelet bestående av summan av ogynnsammaste möjliga fel i varje led. Istället kommer troliga fel i varje parameter och dess inverkan på slutresultatet att diskuteras. Först därefter förs ett resonemang om summafelet och dess betydelse för tillämpningen.

Fel i r_0

Genom jämförelser av vindhastigheter vid referensstationen i Sörbäck och en tillfällig mast på Bulltofta i mars samt via hammens vindregistreringar i september uppskattades hastighetsförhållandet r_0 för olika vindriktningar mellan de olika platserna.

Institutet har gjort jämförelser av mätresultat från vindmätare av den typ som SMHI använder och vår egen och funnit att skillnaderna på medelvärden blir mycket små - storleksordningen någon procent i genomsnitt. Vår propelleranemometer kan systematiskt underskatta vindhastigheten något vid sned anblåsning, dvs för vindriktningarna NO, SO, SV och NV eftersom dessa är orienterade i N-S och O-V riktning. Detta är inte korrigerat för.

Såsom framgår av fig 3 är emellertid spridningen i medelvindhastigheter stor under samma 80 min period vid Sörbäck och Bulltofta då vindriktningen också varit i stort sett densamma. Den tillfälliga mastens värden (endast från mars) har bildat underlag för uppskattningar av r_0 för alla vindriktningar utom SV, V och NV. Mätunderlaget är knappt (ca 3 veckor). För de övriga riktningarna användes en jämförelse mellan Sörbäck, hamnen och Bulltofta (september). Mellan hamnen och Bulltofta finns sedan gammalt statistik. Denna studie gav följande resultat för r_0 :

	\bar{u}_{ref}/\bar{u}_B	
	$\leq 8 \text{ m/s}$	$> 8 \text{ m/s}$
SV	1.20	-
V	0.96	0.89
NV	1.09	0.88

SMHI:s gamla mätstation vid Bulltofta, varifrån vindstatistiken härrör sig, låg öppet för samtliga vindriktningar. På samma ställe placerades den tillfälliga stationen. Referensmasten i Sörbäck har höghusen relativt nära inpå sig i NO. Längre uppströms i denna riktning ligger stadens högre bebyggelse som minskar vindhastigheten. I N, NV och O om Sörbäck utbreder sig villaområden och lägre stadsbebyggelse. I SO, S och SV är landskapet öppet och flackt med mycket åkermark. Bulltofta har högre bebyggelse främst i NV och V samt lägre hus i S och SV. Eftligt uppskattningen av r_0 hade Sörbäck genomsnittligt klart lägre vindhastigheter än Bulltofta vid NO-vind och något lägre vid vindriktningarna O, V och NV. I Sörbäck var hastigheterna klart högre vid vindriktningen S och något högre vid SV, SO och N. Detta mönster stämmer väl med landskapets förmodade läverkan på de två platserna.

Om man ändå för ett ögonblick antar att Sörbäck inte för någon vindriktning ligger mer utsatt än Bulltofta men fortfarande har lägre hastigheter i vissa riktningar enligt uppskattningen kommer frekvenserna över upplevda 5 m/s att minska med knappt 5% i genomsnitt (lite mer bland de högre värdena och lite mindre bland de lägre), enligt en stickprovsberäkning.

Gör man en mindre sänkning av r_0 enbart för de vindriktningar där Sörbäcksvärdena är högre än Bulltoftavärden, dvs tar för N 1.0 istället för 1.1, för S 1.2 istället för 1.4 och SV 1.0 istället för 1.2 minskar frekvenserna för upplevd vind över 5 m/s med ca 3%. Minskas r_0 enbart för SV från 1.2 till 0.8 minskar slutfrekvensen med ca 5%.

Utjämnar man slutligen skillnaderna helt och använder Bulltoftavärden direkt, minskar de slutliga frekvenserna med 1 å 2%. Minskar man de höga Sörbäcksvärdena SV och S med 0.2 och ökar de som var låga i Sörbäck med 0.1, dvs NO, O, V och NV ökar slutfrekvenserna med knappt 1%.

Att mätningarna skulle överskattat r_0 -värdena enbart för de vindriktningar som resulterat i högre vindhastigheter i Sörbäck än i Bulltofta verkar osannolikt. Detta gav ca 5% lägre värden på blåsigheten.

Att r_0 -värdena skulle vara underskattade mycket kraftigt, dvs motsvarande 5% på slutfrekvenserna, förefaller också osannolikt. Ett måttligt fel på ca 10-20%, främst till följd av litet mätunderlag, och som något tar ut varandra förefaller sannolikast. Möjligen ligger en underskattning närmast, pga instrumentets egenskaper. Slutsatsen blir då att troliga fel i uppskattningen av r_0 ger ett fel i slutresultatet av storleksordningen $\pm 3\%$.

Fel i r.

I frekvenskurvorna, fig 10 och 11, för varje vindriktning ligger naturligen vissa fel. Varje konstruktion av en isolinje innebär en interpolation och säkerheten i resultatet beror på botennätets täthet. Här har vi enbart ett relativt glest nät av mätpunkter i södra delen av gården. Det stöd vi har i norra delen av gården är att isolinjerna där måste utgöra en fortsättning av dem från södra delen. Vi känner också strömningsmönstret väl från vindtunnelvisualiseringen.

På gården svänger vindriktningen så mycket att endast en del av hastigheterna kommer att vara uppmätta under ogynnsam vinkel för givaren. Eftersom r_i är en kvot grundad på värden från två av våra vindmätare bör instrumentunderskattningen spela mindre roll. Vi räknar därför inte med något systematiskt instrumentfel i r_i . Däremot finns naturligtvis ett fel i r_i beroende på att strömningen kan ha något olika karaktär vid olika tillfällen. I mätpunkternas omedelbara närhet, fig 19, bedömer vi isolinjerna som säkra med fel av storleksordningen några procent. I det övriga området och för vindriktningarna NO, O och SO kan felen vara betydligt större. Vi har valt att se hur fel på upp till 20% för varje individuell vindriktning slår på slutfrekvensen.

	Underskattning av r_i 20%	Överskattning av r_i 20%
V	+ 3.1%	- 3.1%
SV	+ 1.9	- 2.1
O	+ 1.8	- 2.1
NV	+ 1.5	- 1.5
SO	+ 1.5	- 1.5
S	+ 1.0	- 1.0
N	+ 1.0	- 0.5
NO	+ 0.9	

Tabell 3. Ungefärligt medelvärde av den maximala inverkan på slutfrekvensen vid fel på 20% i r_i . Värdena baserade på stickprov.

Det mest kritiska tycks vara fel i västvindriktningen och där-
efter SV och O.

Vad beträffar V så är spridningen i resultat mellan de två filer om 60 min som vi har ytterst liten (1-2%). Någon större risk för fel i södra delen av gården bedöms inte föreligga. I den norra delen kanske hastigheten har felbedömts på 10% men knappast på 20% eftersom det då t ex inte skulle finnas något överhastighetsområde alls där och det skulle innebära att hastigheten där inte översteg den i hörnet vid passagen när det nästan blåser rätt in. Troligt är att felet i slutresultatet är av storleksordningen $\pm 1.5\%$ i norra delen av gården till följd av feluppskattning av hastigheterna vid västvind på ca + 10%.

Beträffande SV-vindar så överensstämmer olika en-timmesfiler inte lika väl. I genomsnitt skiljer sig hastighetsvärdena 6% med tendensen att den använda filen har lägre kvoter, dvs värdena skulle ha underskattats. Det är troligt av sydvästvindskvoterna i norra delen har underskattats med upp till ca 20%, men knappast överskattats till mer än 10-15% som för västvinden, vilket skulle ge ett största felbidrag till slutresultatet på ca - 1.5% till + 1.9%.

För ostliga vindar fanns bara mätvärden för allra nedersta delen av gården vilket gör att kvotfelen inom hela området kan tänkas uppgå till kanske 20% och bidrar i så fall med -2.1 till + 1.8% fel i slutresultatet. Detsamma gäller för SO och NO vilket ger fel på -1.2 till + 1.5% respektive ± 0 till + 0.9% i slutresultatet med 20% fel i r_i .

Spridningen i kvoterna r_i mellan olika en-timmesserier för NV-vindar finns redovisade i fig 8. I östra delen av gården är spridningen för de 6 redovisade filerna upp till ca 15%. Medelvindriktningarna skiljer sig emellertid upp till ca 5°. Jämförs filer med samma medelvindriktning är de största skillnaderna för en enskild mätpunkt ca 5% men i genomsnitt bara någon procent. Det finns anledning att studera fel på upp till $\pm 20\%$ även här, vilket kanske kan förekomma i västra och norra delen av gården även om de sannolikt är mindre. Detta ger ett fel i slutresultatet på $\pm 1.5\%$.

För nordliga vindar finns inte flera lika filer att jämföra. Det närmaste man kommer är 5° skillnad i medelvindriktning. Mellan denna och den valda filen är det emellertid skillnader på upp till 20%. En viss del av detta kan tillskrivas skillnaden i riktning. Den använda filen ligger genomgående under den andra. Det kan tyda på att hastigheterna underskattats. Skillnaderna är så pass stora att en överskattning är mindre trolig. Med 20% underskattning till 10% överskattning får man en skillnad i slutresultatet på mellan - 0.2 till + 1.0.

För sydliga vindar slutligen har vi inte heller flera entimes-filer att jämföra utan vi får anta att felet kan vara av storleksordningen $\pm 20\%$ för den norra delen av gården vilket ger en skillnad i slutresultatet på mellan - 1.0 till + 1.0.

Adderas de framdiskuterade felen för varje vindriktning får man att under- och överskattning av r_i skulle kunna ha lett till knappt $\pm 10\%$ fel i slutresultat om felen för varje vindriktning vore stora och slog åt samma håll. Det är emellertid osannolikt att uppskattningarna av r_i genomgående skulle vara fel åt endera hållet. Enstaka fel till följd t ex av mätfel utslätas vid konstruktion av isolinjer. Slutsatsen blir enligt vår mening att felen i slutresultaten som kan bero på feluppskattning av r_i troligen ligger i storleksordningen $\pm 5\%$.

Fel i turbulensintensiteten I

Mätningarna ger turbulensintensitet på mellan 0.2 i den stadi-gaste vinden runt hörn till ca 0.6 omedelbart i lä av höghusen där vinden är mycket ostadig.

Felen i I bör vara av samma storleksordning som felen i r_i eftersom dessa grundas på ett likvärdigt material, dvs bedömningar och mätvärden från samma mätpunkter och samma instrument. Ett visst fel i I påverkar emellertid slutresultatet endast med knappt 1/3 så mycket som samma fel i r_i . Detta framgår efter logaritmering och differentiering av sambandet:

$$\bar{u}_B = \frac{5}{0.85} \frac{1}{r_0 \cdot r_i (1 + I)}$$

$$\log \bar{u}_B = \log \frac{5}{0.85} - (\log r_0 + \log r_i + \log (1 + I))$$

$$\frac{\Delta \bar{u}_B}{\bar{u}_B} = \frac{|\Delta r_0|}{r_0} + \frac{|\Delta r_i|}{r_i} + \frac{|\Delta I|}{1+I} ; \frac{\Delta I}{1+I} = \frac{\frac{\Delta I}{I}}{1 + \frac{1}{I}}$$

För	$\frac{\Delta r_i}{r_i} = \frac{\Delta I}{I} = 0.1$	blir för	$\frac{\Delta I}{1+I}$	för I
			0.017	0.2
			0.029	0.4
			0.038	0.6

Tabellen visar att felet i \bar{u}_B endast blir mellan ca 20-40% så stort som ett motsvarande fel i r_i . Relationerna blir även efter addition av alla vindriktningarna ungefär densamma. Det innebär att om felen för varje riktning slår åt samma håll blir felet i slutresultatet upp till ca $\pm 3\%$. Men ett mera sannolikt fel ligger på $\pm 1.5\%$, dvs när felen delvis tar ut varandra.

SAMMANLAGDA FELET OCH SLUTSATSEN

Under tidigare rubriker har troliga genomsnittsfel i slutresultatet för de olika parametrarna uppskattats till:

troligt fel i slutres.

r_0	$\pm 3\%$
r_i	$\pm 5\%$
I	$\pm 1.5\%$

Således ligger troligen felet i de slutliga frekvenskurvorna (fig 13, 14 och 15) under $\pm 10\%$. Det innebär, med en stor underskattning, att 35% i fig 13 kan ligga i närheten av 45% (jfr. tabell 2, sid 10) och därmed vara på gränsen till olämplig t o m som kommunikationsyta. Även med så stora fel som $\pm 10\%$ kommer emellertid alltid en mycket stor del av gården att vara olämplig som uppehållsyta (gränsen 20%) utan särskilda vindskydd.

Beträffande blåsighetens utbredning på gården kan man säga att den principiella bild som fig 13 visar säkert är riktig. I ett tidigare skede gjordes en motsvarande beräkning enligt Jackson (formel (2)) men med inverterade r_0 -värden, fig 20. Bilden över blåsigheten är densamma fast absolutnivån är en annan trots att r_0 -värdena är helt andra.

De slutsatser som dragits med ledning av mätningarna och som resulterat i förslag till principlösningar bör således stå fast. Absolutnivån av frekvenser över upplevda 5 m/s är inte med säkerhet riktiga, vilket också gäller de valda kriterierna som delvis är anpassade efter absolutnivån. Framtida studier får ge klarare besked på denna punkt. Erfarenheten visar att det krävs referensmätningar under betydligt längre tid, antagligen av storleksordningen flera månader. Vidare bör flera mätuppställningar inom undersökningsområdet prövas och fältmätningens perioden förlängas. I övrigt förefaller denna metod att värdera vindförhållandena inom en begränsad yta framkomlig.

Medelvindhastighet
vid en meteorologisk
station

Beaufort	m/s	
		Lugnt, ingen märkbar vind
	1	Vinden känns i ansiktet
2	2	Vinden lyfter en lätt vimpel
	3	
	4	Vinden sträcker en vimpel
3	5	Kläderna fladdrar
	6	Kvistar och tunnare grenar sätts i rörelse
4	7	Papper och damm blåser upp från marken
	8	Mindre lövträd svajar, snön yr upp
		Kläder fladdrar häftigt
5	9	Gånghastigheten i motvind sjunker något
	10	
	11	Stora trädgrenar sätts i rörelse
		Svårt att gå stadigt
6	12	Tydligt nedsatt gånghastighet mot vinden
	13	Vindljudet störande
	14	
		Hela träd svajar
7	15	Man går inte obehindrat
	16	
	17	
		Kvistar bryts
	18	
8	19	Allmänt besvärligt att ta sig fram
		Svårt att hålla balansen i byarna
	20	
	21	Skador på byggnader
	22	Stor risk för att folk blåser omkull i byarna
9	23	
	24	

TABELL 1.

Vindens verkningar på en öppen yta
(Efter Penwarden /1 / m fl)

Aktivitet	Slag av ytor	Frekvens (%) av medelvindhast. över 5m/s		
		Acceptabelt	Otrevligt	Farligt
Hastig gång	Trottoaren	43	50	53
Promenad	Gångvägar Entréer	23	34	53
Stående, sittande under kort tid	Parker torg Småbarnslekplats	6	15	53
Stående, sittande under lång tid	Uterestaurant Uteteater	0.1	3	53

Gäller för utetemperaturer > 10°C.

TABELL 2.

Vindkriterier för olika typer av ytor enligt Devenport och bearbetade av Penwarden och Wise /5/.

LITTERATUR

- /1/ Penwarden, A.D.:
Acceptable wind speeds in towns. Building Science 8
(1973) pp 259-267.
- /2/ Penwarden, A.D., Wise, A.F.E.:
Wind environment around buildings. Build. Res.
Establ. Rep. HMSO, London 1975.
- /3/ Jackson, P.S.:
The Evaluation of Windy Environments. Building and
Environment, Vol 13, pp 251-260. 1978.
- /4/ Gandemer, J., Guyot, A.:
Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu
bati. La Documentation française, Paris 1976.
- /5/ Taesler, R.:
Klimatdata för Sverige. Byggeforskningens T-skrift T2.
Stockholm 1972.
- /6/ Lawson, T.V., Penwarden, A.D.:
The effects of wind on people in the vicinity of
buildings. Proc 4th Int. Conf. on Wind effects on
Buildings and Structures. London 1975, Cambridge Univer-
sity Press.
- /7/ Devenport, A.G.:
An approach to human comfort criteria for environmental
wind conditions. Colloquium on Building Climatology,
Stockholm, Sept. 1972.
- /8/ Melbourne, W.H.:
Criteria for environmental wind conditions. Journal
of industrial aerodynamics. Vol 3 No 2, 3 July 1978,
pp 241-249.
- /9/ Geiger, R.:
The climate near the ground. Harvard University Press,
Cambridge, Massachusetts 1971.
- /10/ Windbreaks and shelterbelts.
- Kramer, C.A., Gerhardt, H.J.:
3rd Coll on Ind. Aerodynamics, Buildings Aerodyna-
mics, Part 3.
Fluid Mechanics Laboratory, Dept. of Aeronautics,
Aachen 1978.
- Aynsley, R.M., Melbourne, W., Vickery, B.J.:
Architectural Aerodynamics.
Applied Science Publishers Ltd. London 1977.
- Lawson, T.V.:
The wind content of the built environment.
Journal of industrial aerodynamics. Vol 3 Ns 2, 3
July 1978.

Hunt, J.C.R.:
Wind tunnel experiments on the effect of wind
on people. BRE, Sept. 1974.

Jensen, M.:
Aerodynamik i den naturlige vind.
Teknisk forlag, Köpenhamn 1959.

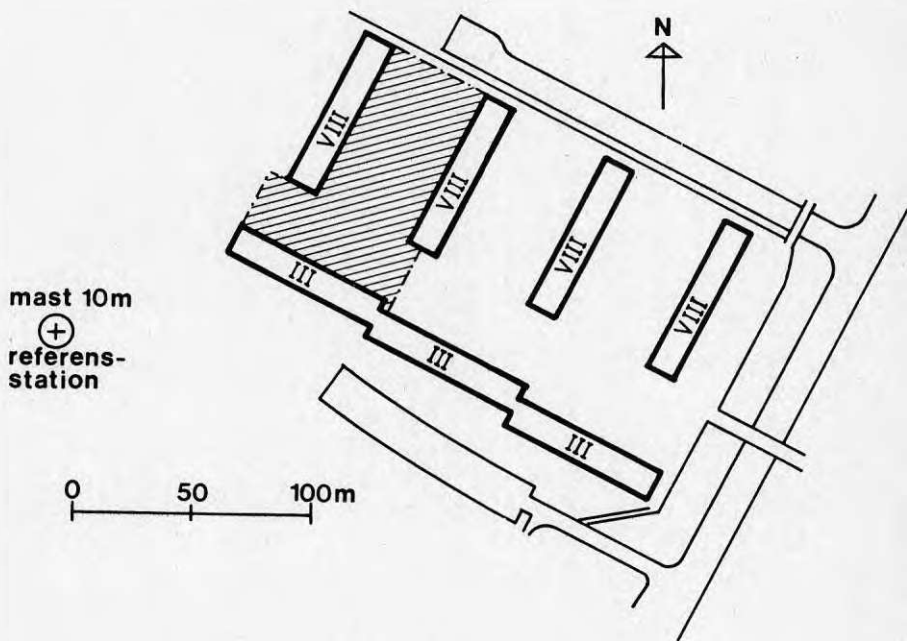


Fig 1 Referensstationens läge och den del av Sörbäck där fältmätningar utfördes.

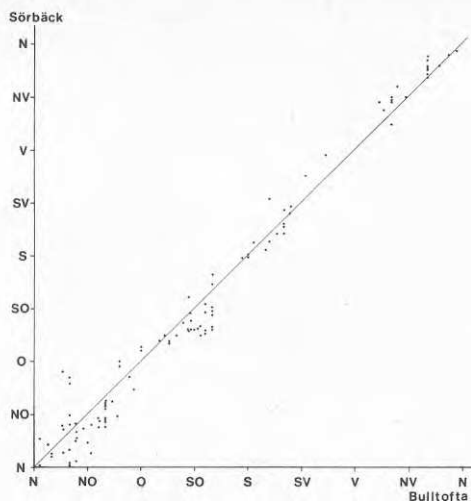


Fig 2

Samtidig medelvindriktning på 10 m nivå under 80 min vid referensstationen i Sörbäck och SMHI:s nya mast på Bulltofta.

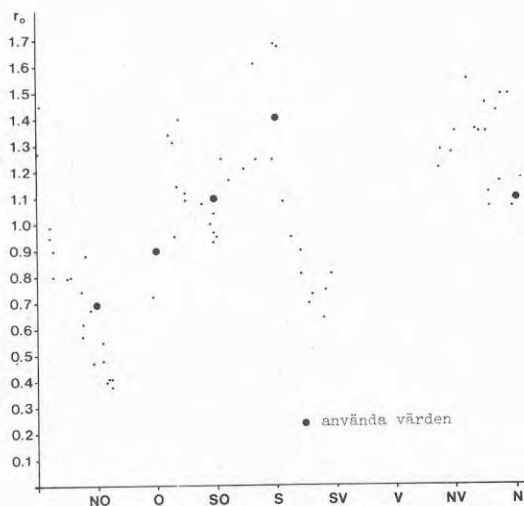


Fig. 3

Kvoter mellan samtidiga medelvindhastigheter under 80 min i referensstationens 10 m nivå och den tillfälliga masten i Bulltofta vid vindhastigheter i Sörbäck över 2 m/s . Mars 1980.

Bulltoftas medelvindhastighet och medelvindriktning är beräknade på 5-6 10 min medelvärden i hela m/s resp 30° intervall. Sörbäcksvärdena utgör rena medelvärden för hela perioden utifrån ett mätvärde med 3 siffror varannan sekund. Mätperiod 800303-11

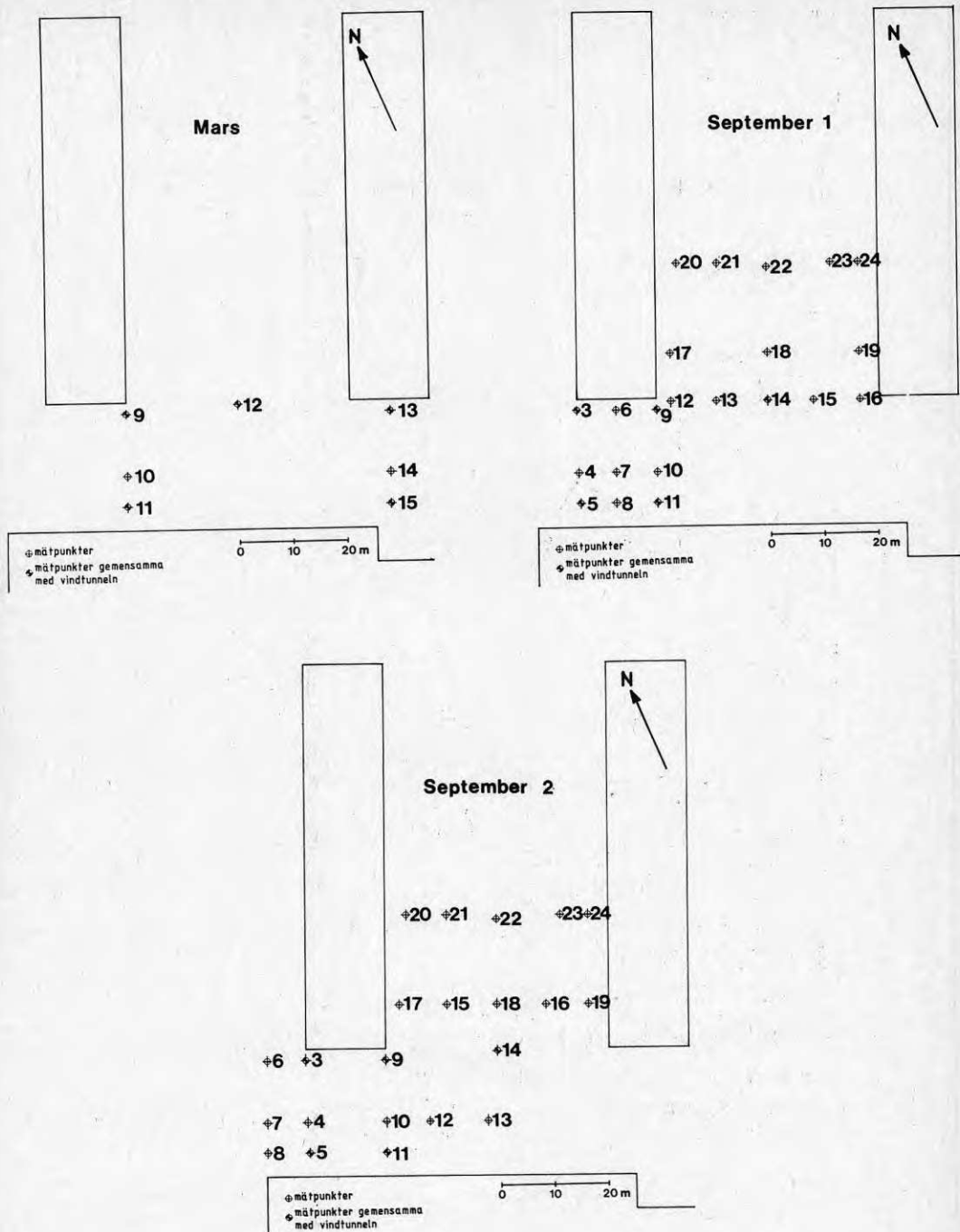


Fig 4 Punkter där vindmätningar utfördes.

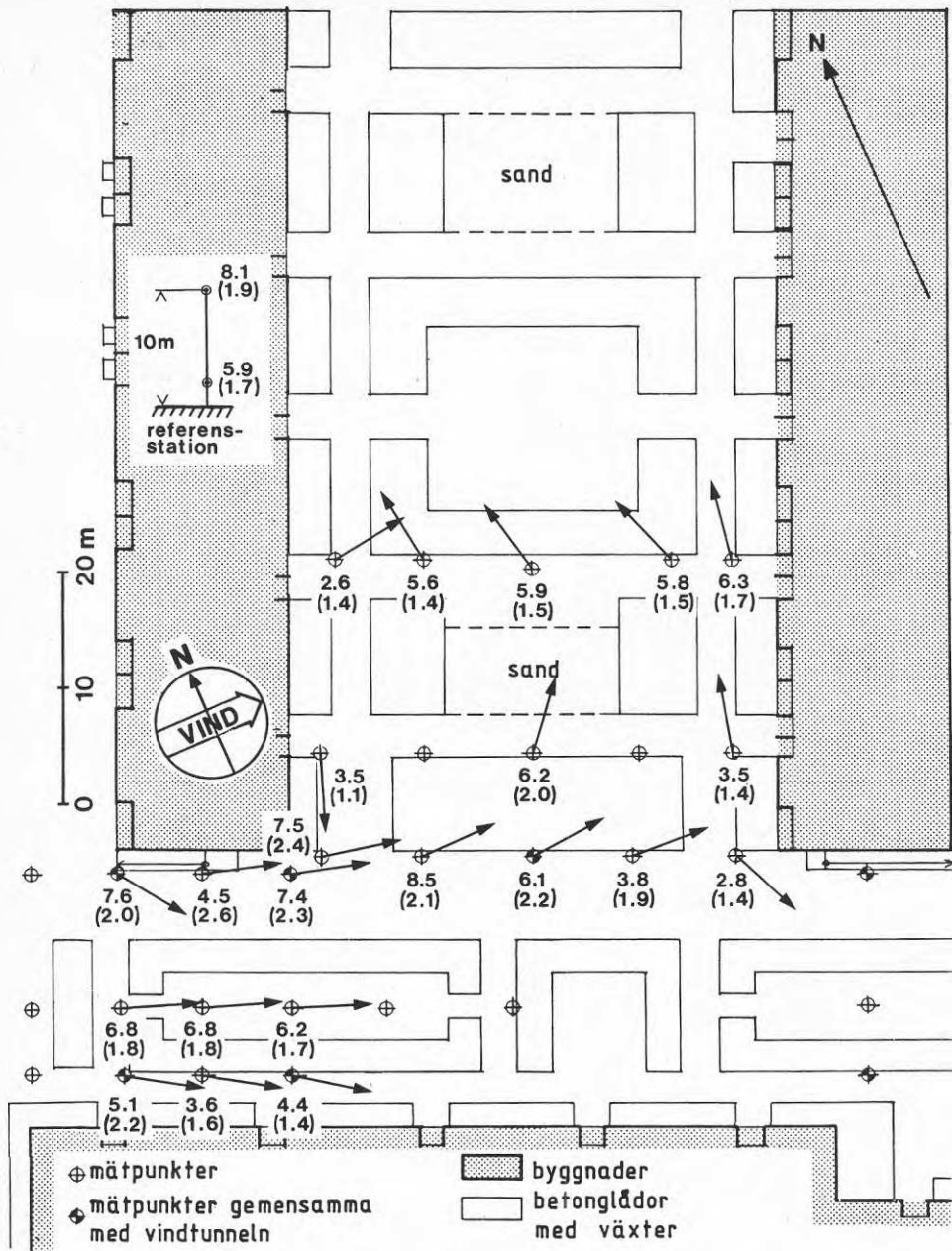


Fig 5

Exempel på uppmätt medelvindhastighet och medelvindriktning under 60 min. Siffran inom parentes utgör standardavvikelse för vindhastighet. Mätperiod 801002 kl 07.30 - 08.30.

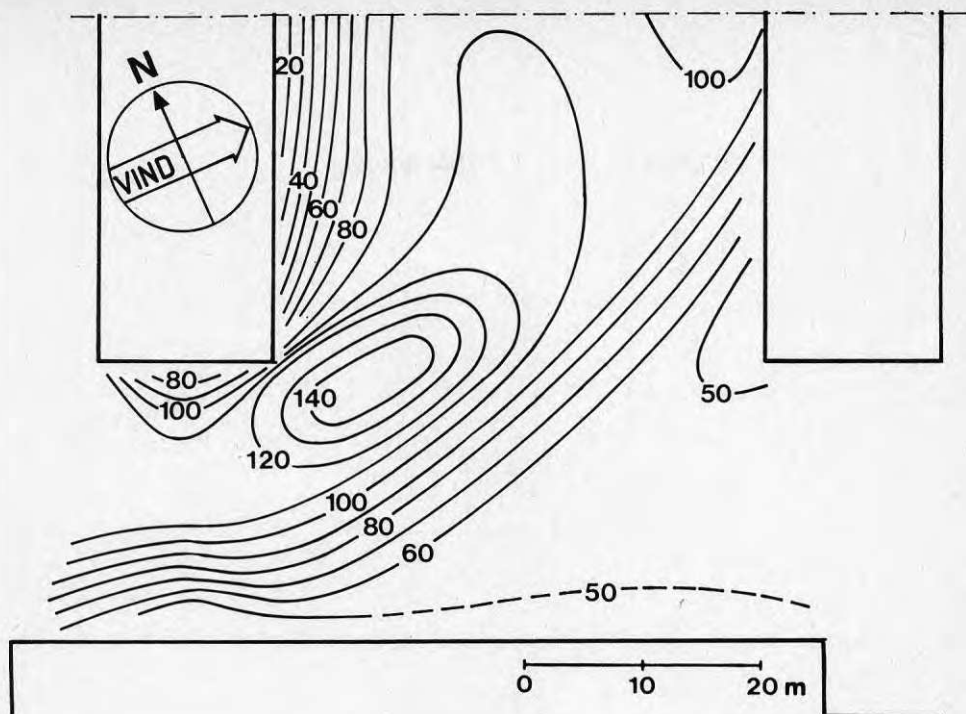


Fig 6 Hastighetsfördelningen under mätperioden i fig 5 uttryckt som % av vindhastigheten vid referensstationens 2 m nivå.

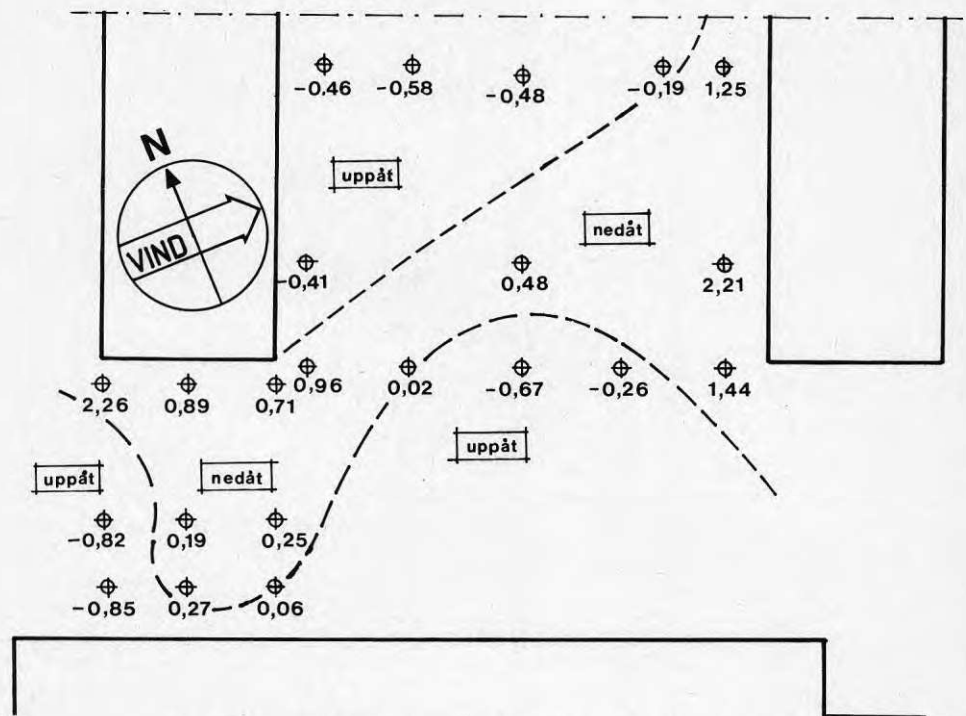


Fig 7 Vindens vertikalhastighet i m/s under samma period som i fig 6. Positiva värden betecknar strömning nedåt och negativa uppåt.

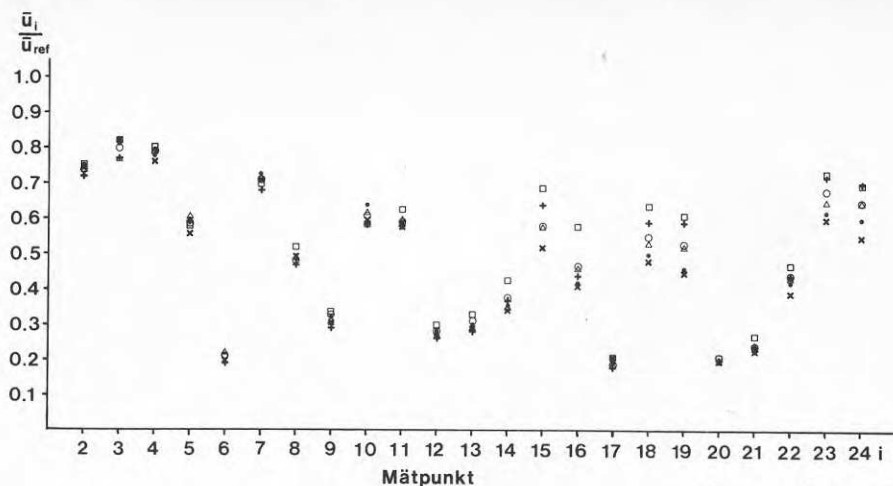


Fig 8 Medelvärden för kvoten (%) mellan vindhastigheter på gården och referensstationens 10 m nivå, r_1 -värden, för 6 st olika 60 min perioder med vindriktning omkring NW. Mätpunkternas läge framgår av fig 4, september 1.

Mätperiod	Hast. m/s	Rikt. Φ	Std.av. σ_Φ
• 1 (KAN(1))	10.2	-47°	11.0°
+ 2 (KAH)	4.1	-42°	11.6°
× 3 (KAD(1))	6.8	-43°	12.4°
○ 4 (KAG)	7.7	-42°	10.4°
△ 5 (KAN(2))	9.3	-47°	10.5°
□ 6 (KAD(2))	6.5	-44°	12.6°

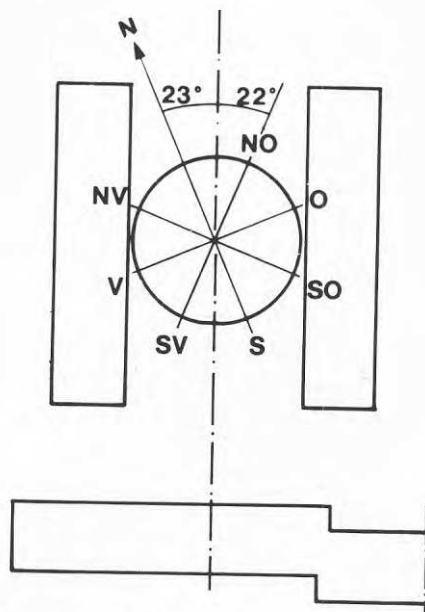


Fig 9

Höghusen ligger symmetriskt med avseende på huvudväderstreck. Vid konstruktion av isovelers och turbulensintensiteten för de felande vindriktningarna NO, O, SO har därför även spegelriktningarna N, NV och V bidragit till underlaget.

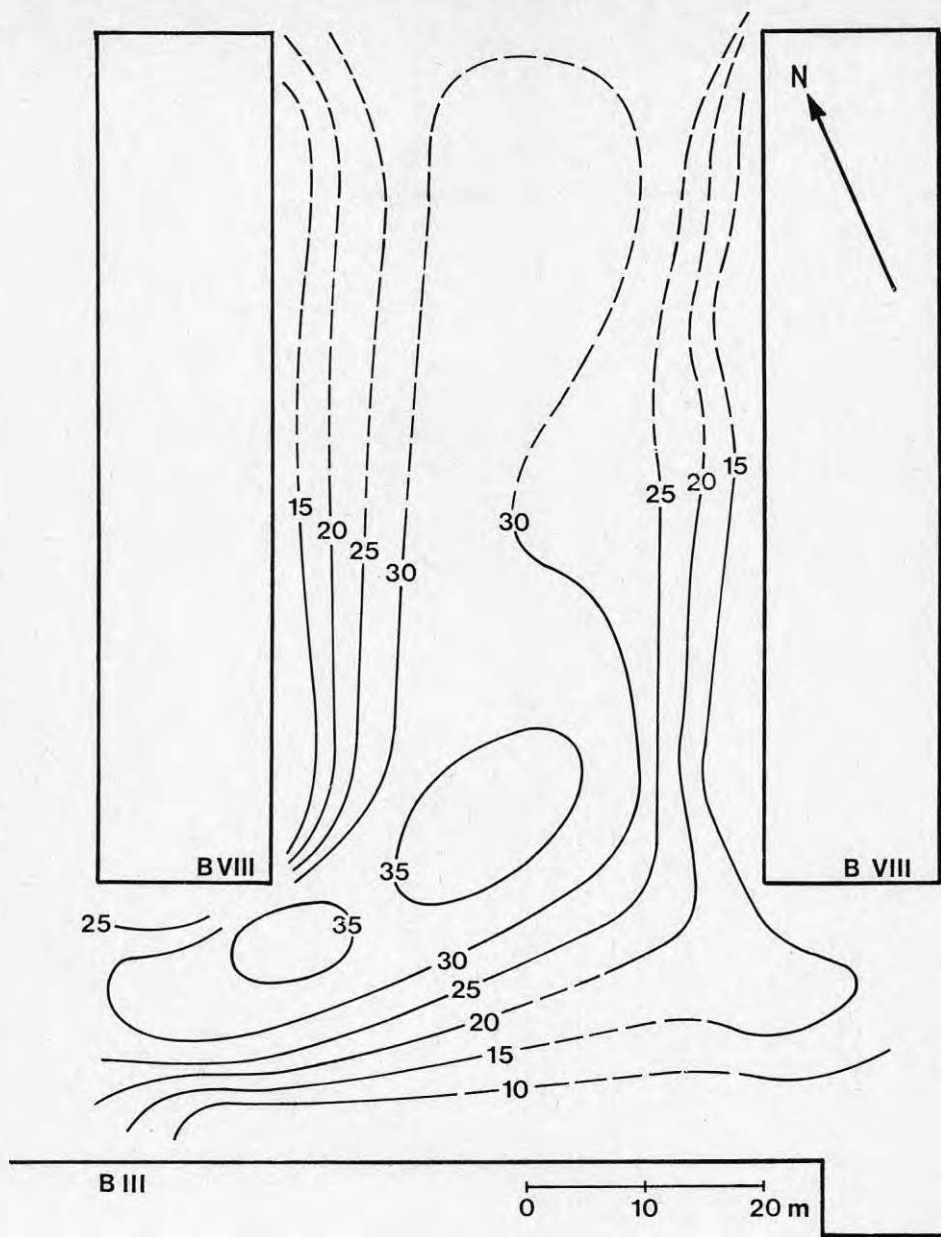


Fig 13

Del av tiden (%) som den upplevda vindhastigheten 5 m/s överskrids. Upplevd vindhastighet $\bar{u}_{es} = 0.85 (1+I) \bar{u}$.

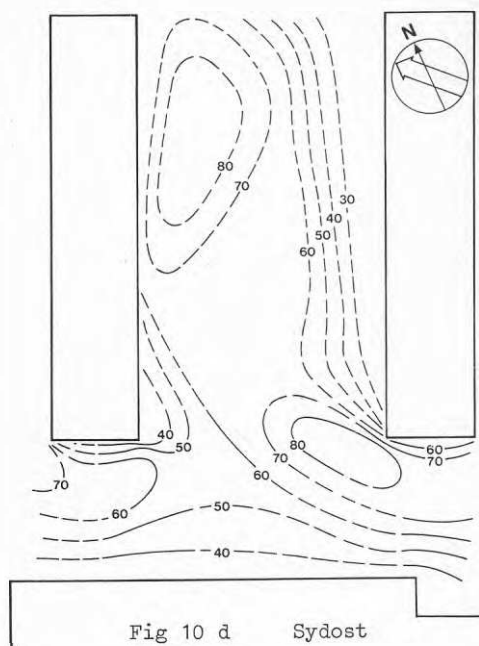
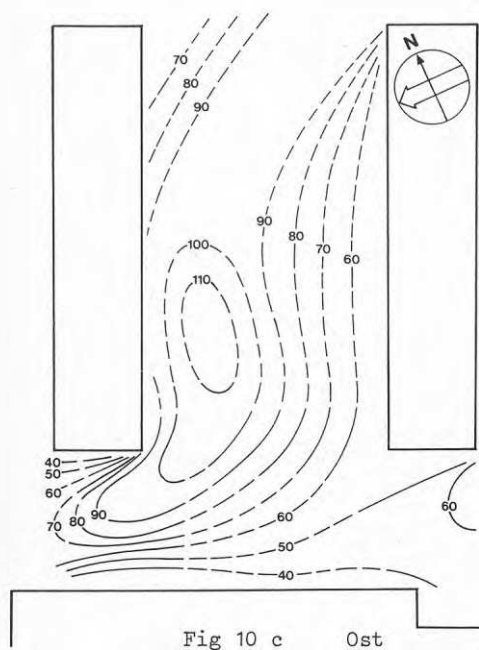
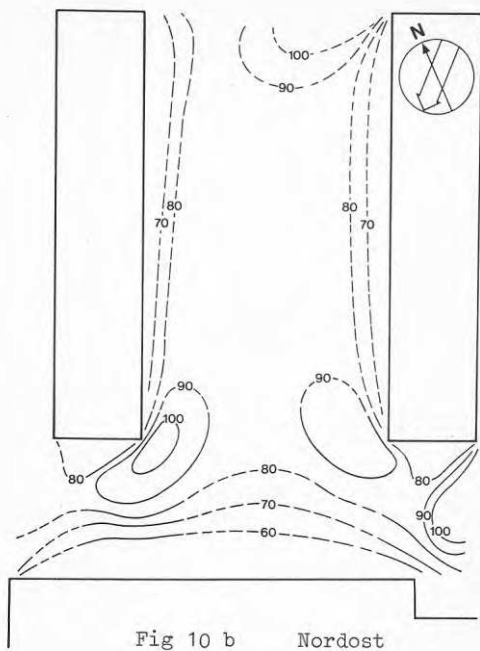
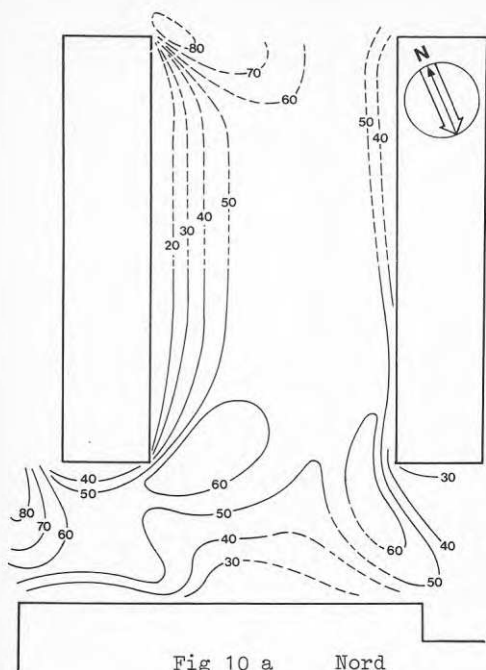


Fig 10 a-h Genomsnittliga kvoter (%) mellan vindhastigheter på gården och vid referensmastens 10 m nivå, r_1 -värden, för de 8 huvudriktningarna.

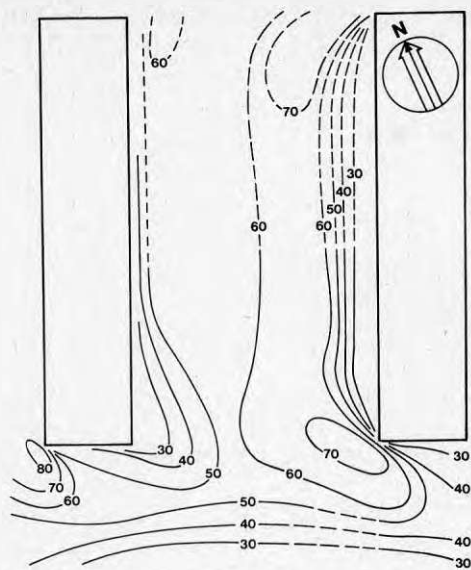


Fig 10 e Syd

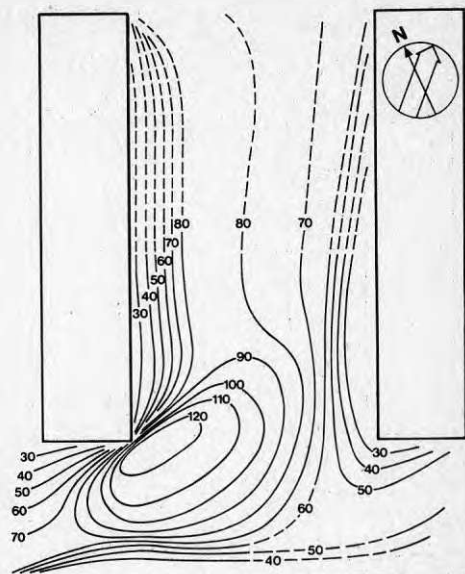


Fig 10 f Sydväst

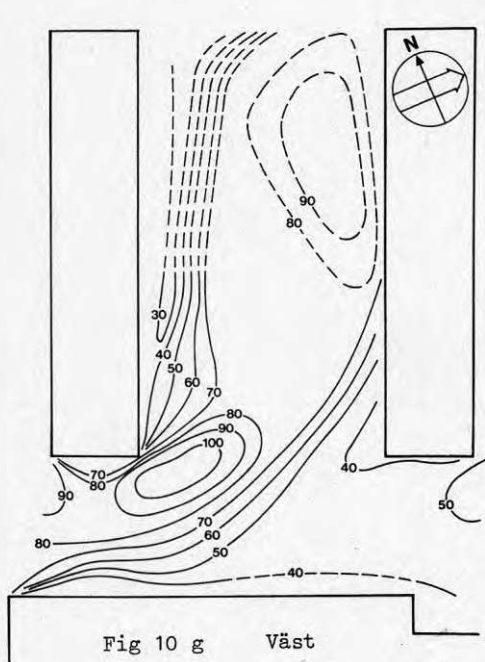


Fig 10 g Väst

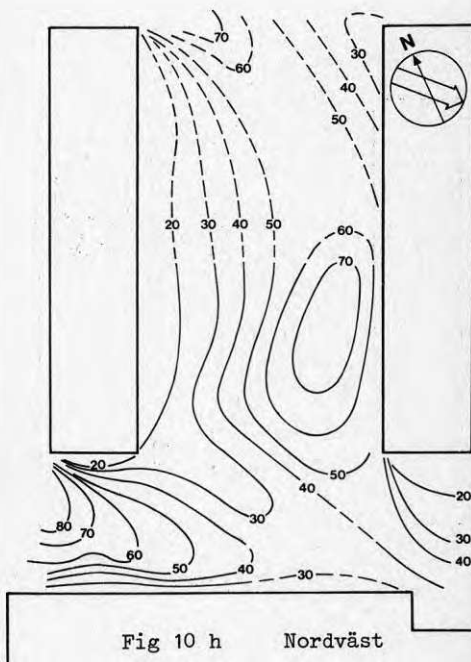


Fig 10 h Nordväst

Fig 10 a-h Genomsnittliga kvoter (%) mellan vindhastigheter på gården och vid referensmastens 10 m nivå, r_1 -värden, för de 8 huvudriktningarna.

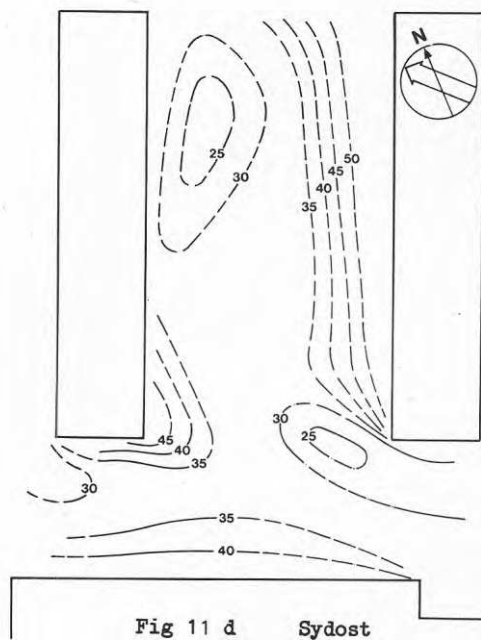
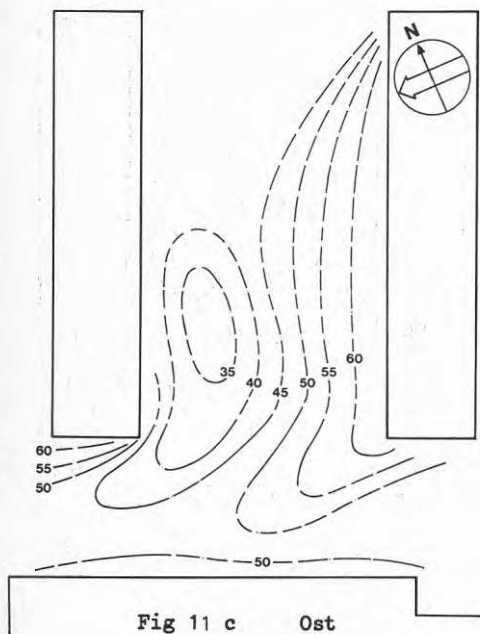
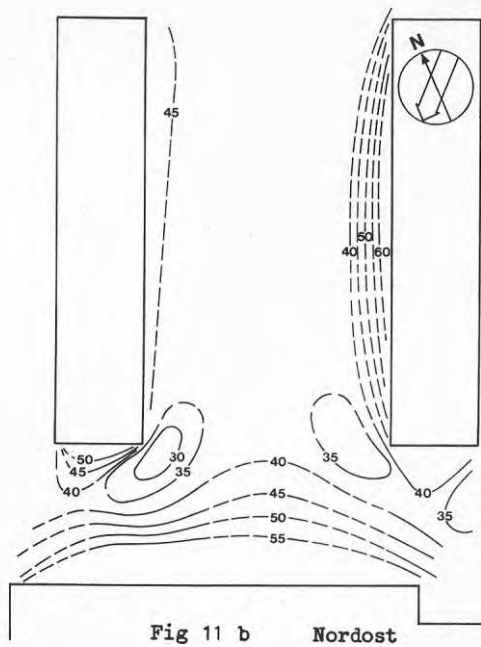
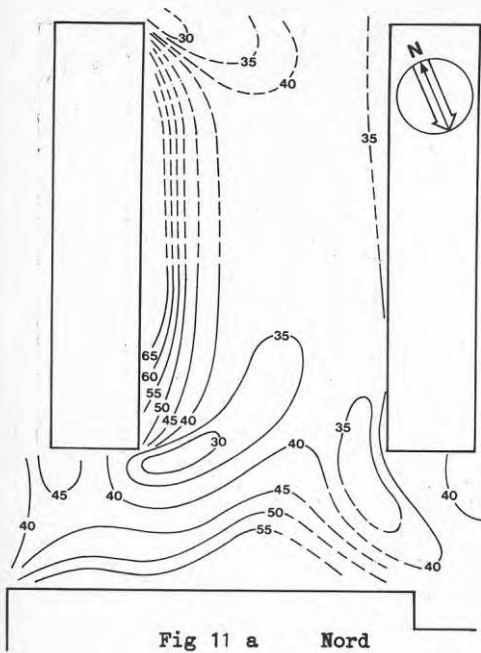


Fig 11 a-h Genomsnittliga turbulensintensiteter över gården vid de 8 huvudvindriktningarna.

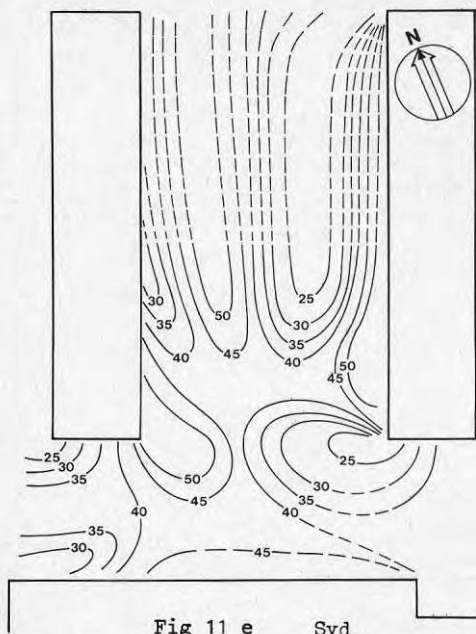


Fig 11 e Syd

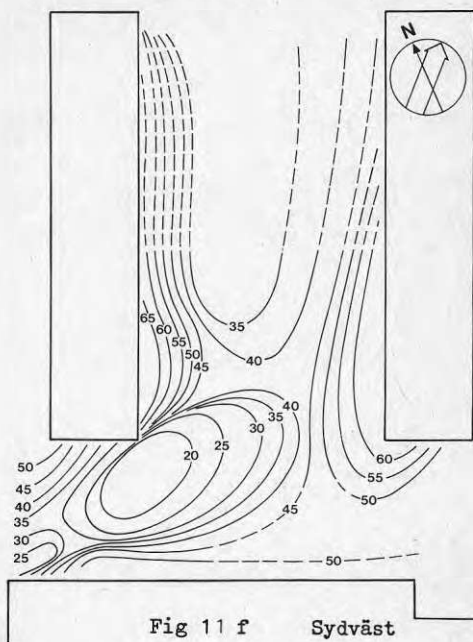


Fig 11 f Sydväst

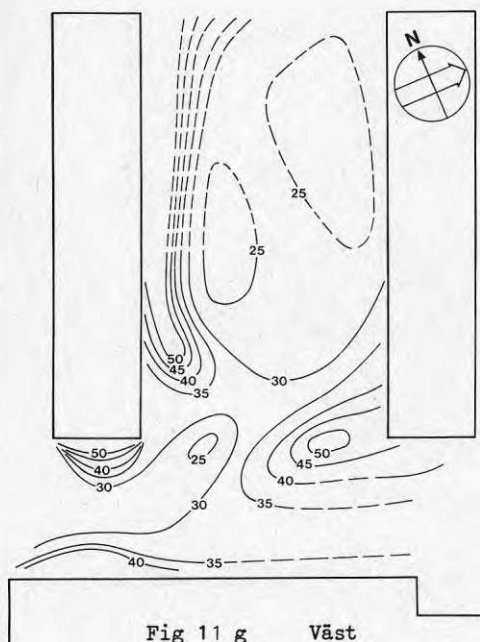


Fig 11 g Väst

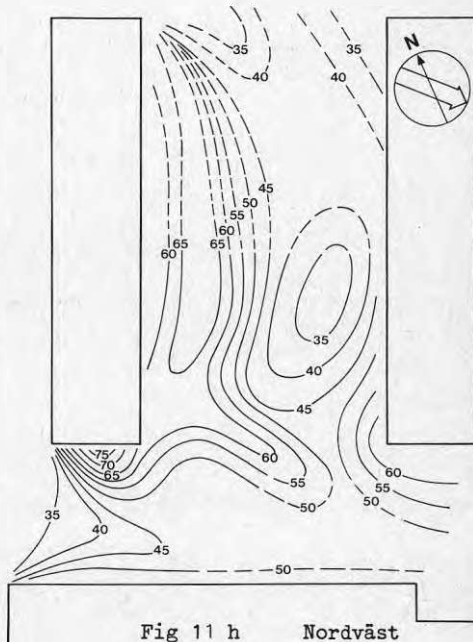


Fig 11 h Nordväst

Fig 11 a - h Genomsnittliga turbulensintensiteter över gården vid de 8 huvudvindriktningarna.

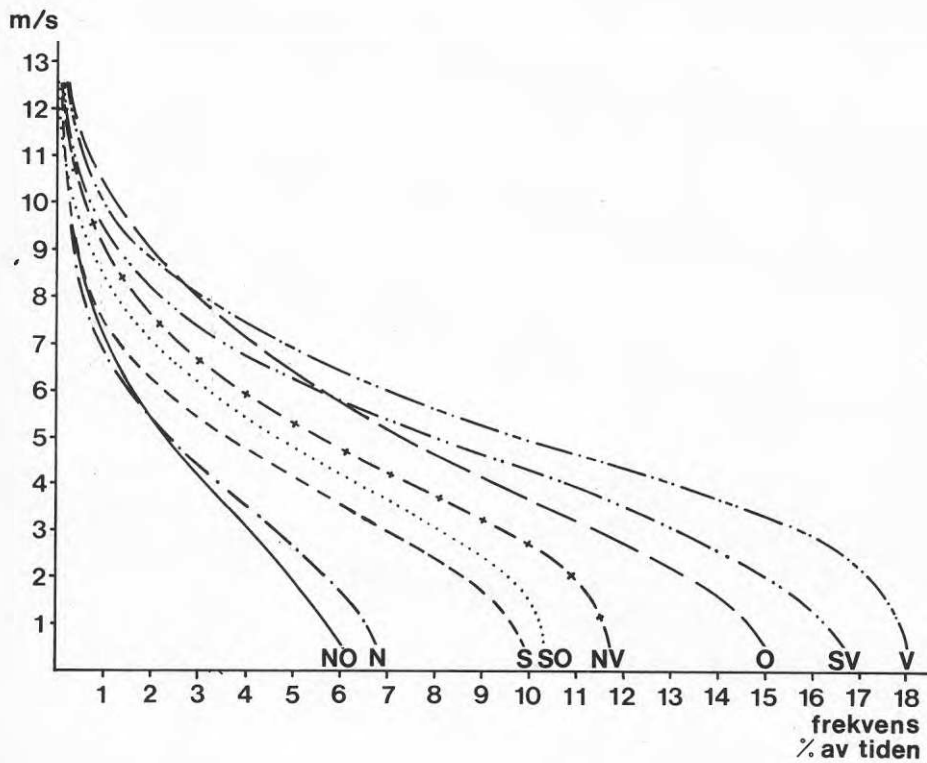


Fig 12

Hastighetsfördelning under året vid Bulltofta. Kumulativa frekvenser. Observationsperiod 1949-69. (Underlaget hämtat ur 'Klimatdata för Sverige'/6/.

Mätbussen



Syfte

Mätbussen är uppbyggd för att kunna utföra klimatmätningar runt byggnader. Behovet av sådana mätningar motiveras bl a med utgångspunkt från kravet på bättre planering av utomhusmiljöer. Kommande mätningar kommer främst att syfta till

- att kartlägga hur mycket klimatet bland byggnader kan variera i förhållande till vad som uppmäts och statistikförs vid de meteorologiska observationsstationerna
- att studera hur "närklimatvariationerna" påverkas av faktorer som lokalisering, topografi samt mark- och byggnadsplanering
- att dokumentera "närklimatet" på speciella platser, t ex för att bilda underlag för förbättningsåtgärder eller utföra referens vid mätning av energiförbrukning i befintliga byggnader.

Men även mätningar med andra syften, t ex i uppdragsform kommer att utföras.

Mätningar

Samtidiga mätningar kan utföras inom ett område med ca 250 m radie från bussen. I utrustningen ingår stativ på vilka kan placeras givare upp till 3 m höjd. Mät-punkterna förbinds med bussen genom kablar. Bussen behöver tillgång till ett strömuttag på 10-16 A/220V inom 200 m.

Mätvariabler

Bussen är utrustad för att kunna mäta vindens hastighet och riktning samt lufttemperatur i ca 30 punkter samtidigt. Strålning från sol, himmel och mark ska kunna mätas i ca 10 punkter samtidigt. Vidare finns utrustning för att utföra vissa meteorologiska standardobservationer av direkt solstrålning, globalstrålning, luftfuktighet och lufttryck. Även basutrustning kan kompletteras för specialmätningar.

Mätdatasystem

För att kunna följa närklimatets snabba variationer har bussen försetts med ett datorstyrt mätsystem med mycket stor kapacitet för lagring av data. Programmerbarheten möjliggör snabba omläggningar av mätstrategi och beräkningar.

Mätningarna styrs och kontrolleras med hjälp av bildskärmsterminalen. Där kan erhållna mätresultat avläsas i klartext eller presenteras i form av kurvor. Systemet möjliggör även annan verksamhet vid terminalen, t ex programmering eller specialstudier av redan insamlade mätdata, samtidigt som mätningar pågår. Programspråket är Fortran.

Förutom dator och terminal består mätsystemet av en scanner (40 kanaler), som kopplar in givarna i följd till voltmetern. Erhållna mätvärden lagras på flexskiva (liknande grammofonskiva). Systemet har plats för två sådana skivor som kan lagra 128 000 ord eller tal vardera. För att underlätta ytterligare bearbetning av mätdata spelas dessa sedan vidare till en bandspelare (digital) med ännu större lagringskapacitet. Sådanan band kan köras på en datacentral.

Dataöverföring

Mätsystemet består av 4 mätgrupper omfattande analoga och digitala signaler. Varje mätgrupp omfattar 8 st givare för analoga resp digitala mätningar.

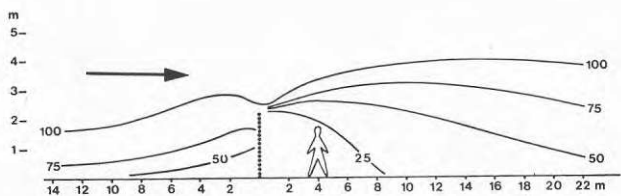


Fig. 18 Vindhastigheter (%) bakom en tät skärm.
Efter Geiger /9/ (Naegeli).

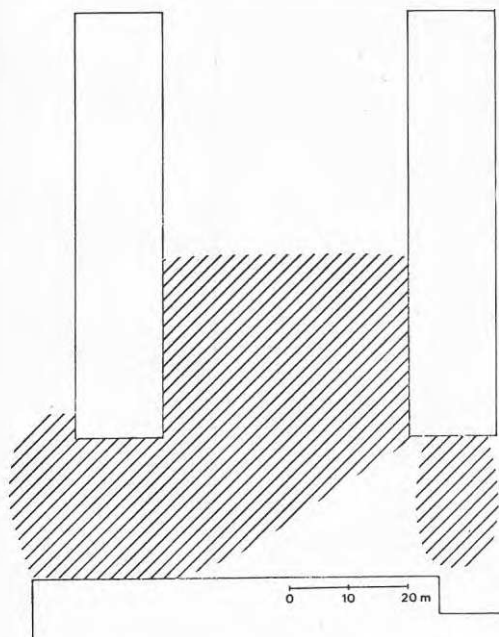


Fig 19

Del av en Sörbäcksgård inom vilken fel i beräkningen av blåsighet är minst.

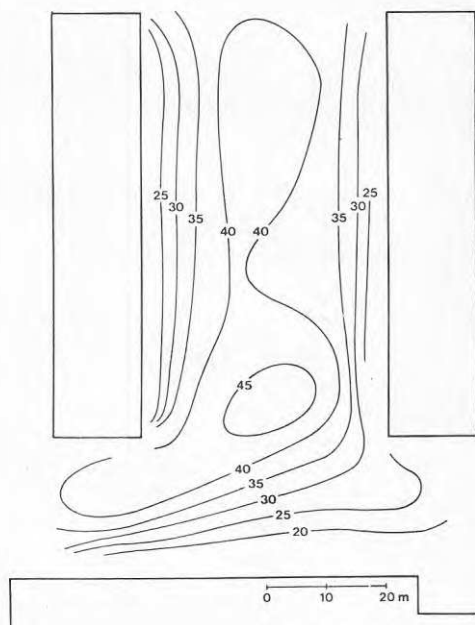


Fig 20

Del av tiden (%) som den upplevda vindhastigheten 5 m/s överskrids. Upplevd vindhastighet $u = 0.65 (1 + 3I) u_0$. Inverterade r_0 -värden.

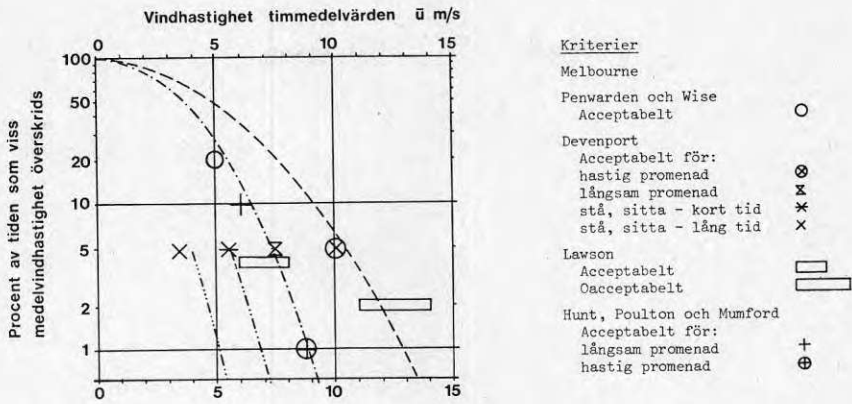


Fig. 16 Vindkriterier enligt olika författare.
Dagtid. $I = 0,15 / 8/$

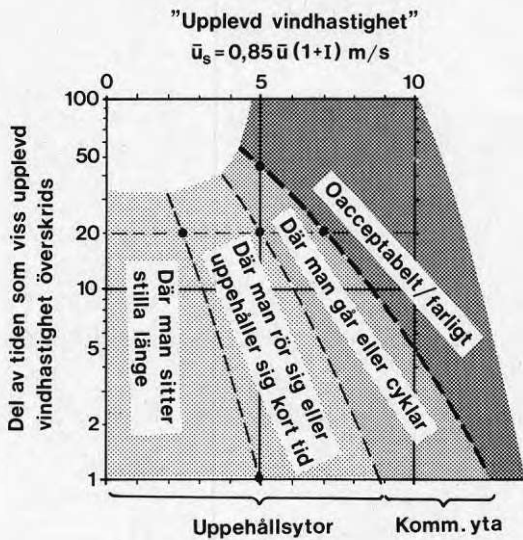


Fig. 17 Förslag till bedömning av blåsigheten på vistelseytor utomhus baserad på statistik över en-timmesvärden

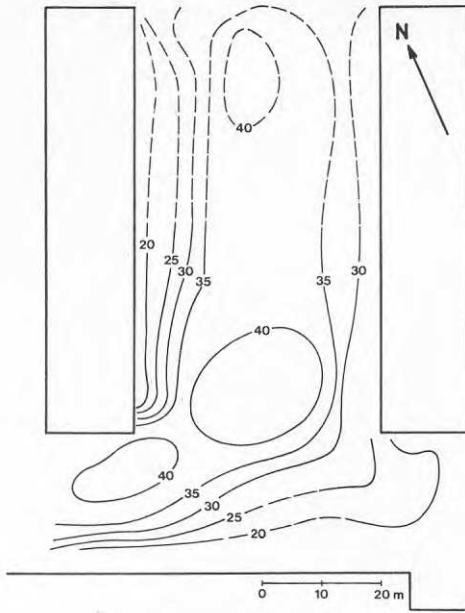


Fig 14

Del av tiden (%) som den upplevda vindhastigheten 5 m/s överskrids. Upplevd vindhastighet $\bar{u}_e = 0.65 (1 + 3I) \bar{u}$.

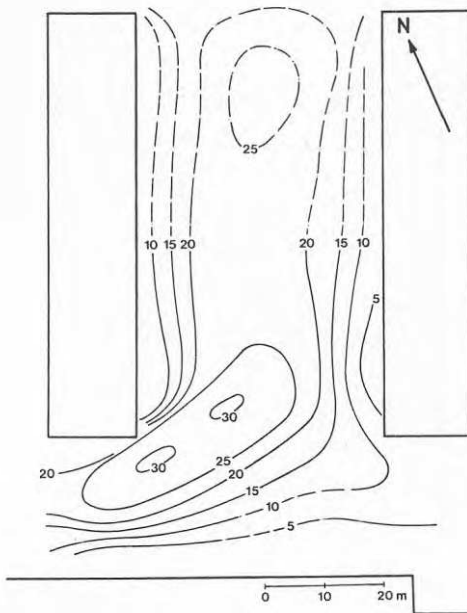
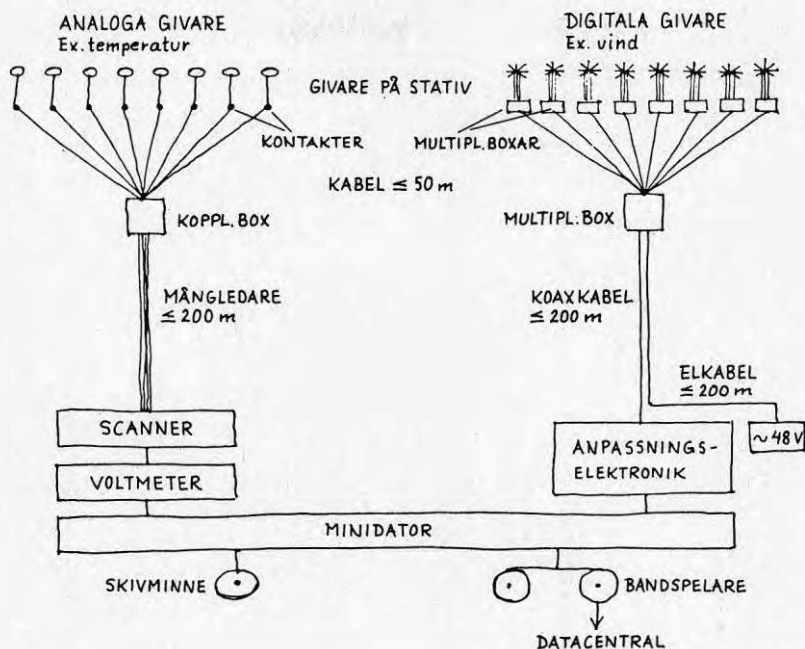


Fig 15

Del av tiden (%) som medelvindhastigheten 5 m/s överskrids.

Signalerna från de analoga och de digitala givarna överförs till datorn på olika sätt. Den analoga informationen från ett antal givare koncentreras i en kopplingsbox och skickas vidare via en mångledare till scannern. Signalerna från de 8 digitala givarna ordnas i en s k multiplexerbox i seriell form och överförs till datorn i en koaxialkabel. Där förvandlas den seriella informationen tillbaka i parallell form. Givare tillhörande en grupp kan placeras i en omkrets av 50 m från dessa boxar.



Givare

Givare för vind- och temperaturmätning har utvecklats speciellt för mätbussen av institutets mättekniska laboratorium. Val av strålningsgivare är fortfarande under diskussion.

Vindgivare

Av vindgivaren krävdes att den skulle kunna monteras snabbt och enkelt, mäta vindens riktning och hastighet i såväl horisontal som vertikalled, ha låg starttröskel och hög noggrannhet samt helst ge en digital utsignal. Någon sådan fann vi inte på marknaden.

Vårt utvecklingsarbete har resultat i en hopfällbar givare med propellrar i tre ortogonala riktningar x, y och z. Rotationshastighet och -riktning bestäms som pulsfrekvens och fasläge för två pulståg från två fotoceller. Givaren är beroende av kalibrering.

Temperaturgivare

Kraven på temperaturgivaren var att den skulle vara lätt monter- och demonterbar, driftsäker och noggrann. Eftersom det finns bra givare som t ex bygger på principen, att det elektriska motståndet i en metalltråd förändras med temperaturen, är lufttemperaturmätning mest en fråga om att ha ett bra strålningsskydd kring resistansstråden.

Vår resistansgivare utgörs av en "kopparråd", av märke Cuproswem. Det temperaturberoende spänningsfallet mäts genom en separat signalledning, så att resistansen i ledningarna inte inverkar på mätresultatet. Strålningsskyddet består av två koncentriska högreflektorerande rör, vilka båda ventileras med (3 m/s).

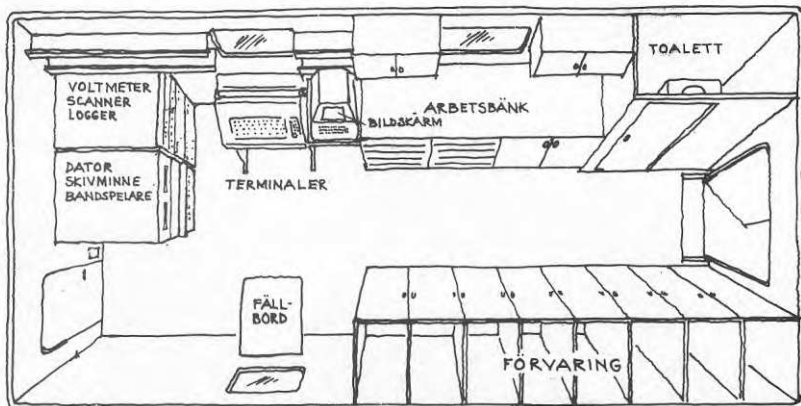
Bussen inuti

Bussen ska utgöra arbetsplats för minst tre personer under dagslånga mätpass och när mätningar pågår kan inte bussen lämnas. Bussen är uppvärmd genom en gasolpanna alternativt elpatron beroende på strömförbrukningen. Chassina för datainsamlingsutrustningen står fastlåsta på vibrationsdämpare. De kan dras fram på hjul vid omkopplingar eller service.

Till höger om terminalen finns en arbetsbänk. Här kan monteringsarbeten och enklare reparationer utföras. Därunder finns en rostfri diskbänk med gasolhäll för rengöring av instrument och utrustning, kaffekokning m.m.

Högsåpen utgörs av instrument- och materialförråd samt garderober.

Under golvet finns stora förvaringsutrymmen åtkomliga utifrån. Här förvaras batterier, kablar, gasol, värmepanna m m.



Referensstation

Till bussen hör en referensstation bestående av en batteridrivna datainsamlingsutrustning och en 10 m hög mast som kan förses med olika givare. Masten placeras på en plats där klimatet störs så litet som möjligt av byggnader, vegetation och topografi. Referensstationen utför klimatmätningar som både motsvarar bussens och vissa av de standardmätningar som utförs vid SMHIs klimatstationer. Bussens klimatmätningar kan via referensstationen jämföras med mätningar vid närmaste meteorologiska observationsstation och därigenom också med klimatstatistiken.

TEKNISKA DATA

Mätsystem

Dator	PDP 11/04, 28 k-ord (16-bit) Kärnminne,
Terminal, skrivare	LA 36, skriv hast 30 tecken/sek (300 baud)
Terminal, bildskärm	Tektronix 4006
Skivminne	RX 01, 2 skivor, lagr kapacitet 128 000 ord/skiva, skriv- och läshast max 350 ord/sek
Interface (Anpassningselektronik)	DR 11 K (16 bit) digitala in- och utgångar
Voltmeter	Solartron 7075, noggrannhet $\pm 3 \mu V$, upplösning $1 \mu V$
Scanner	Solartron analogue scanner 3300, 40 kanaler, avläsnings-hast max 100 kanaler/sek

Inkrementell bandspelare Cipher 9 kanaler, Industristandard (IRIG)

Kassettbandspelare (för överföring av data från ref station) Memodyne 108, endast läsning

Vindgivare - prestanda

Mätområde (lineärt) 0,5-20 m/s (1,0-40 m/3) beroende på propellerstorlek

Tröskelhastighet 0,1-0,4 m/s beroende på propellerstorlek

Tidskonstant 0,1 s vid 10 m/s och axiell anblåsning

Hastighetsupplösning 0,02 m/s

Noggrannhet, hastighet 3 % med korrigerings

” , vinkel 3°

Digital utsignal

Temperaturområde - 30° - +70°

Storlek längd hopfälld 54 cm: utfälld 54 cm
bredd ” 4 cm: ” 54 cm

Temperaturgivare - prestanda

Upplösning 0,01°C

Noggrannhet ±0,1°C

Tidskonstant 5 sek

Givarelement Cuproszem 234 Ω vid 0°C

Ventilation 3 m/s

Analog utsignal

VINDTUNNELUNDERSÖKNING AV MARKVIND-
FÖRHÅLLANDEN I SÖRBÄCK

Bengt Wirén

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	V.2
1. INLEDNING	V.3
2. BESKRIVNING AV FÖRSÖKSUTRUSTNING OCH MÄTMETODER	V.3
2.1 Vindtunnel	V.3
2.2 Simulering av det atmosfäriska gränsskiktet	V.3
2.3 Modeller	V.4
2.4 Mätutrustning och försöksmetodik..	V.5
3. FÖRSÖKSPROGRAM	V.6
4. RESULTAT	V.7
4.1 Vindförhållanden i provområdet ...	V.7
4.2 Effekt av läbildande skärmar	V.9
4.3 Jämförelse mellan modell- och fullskaleresultat	V.9
REFERENSER	V.10
TABELLER	V.11
FIGURER	V.29

BETECKNINGAR

H	skämhöjd	(m)
i	turbulensintensitet, $i = \frac{\sigma_u}{\bar{u}}$	
n	frekvens samt exponent i potenslag för medelvindprofil	(Hz)
r	dimensionslös lokal vindhastighet $r = \bar{u}_2 / u_{ref_2}$ där ej annat anges	(-)
S(n)	spektraltäthet, long. hastighetsfluktuationer	(m ² /s)
u	momentan vindhastighet, $u = \bar{u} + u'$	(m/s)
\bar{u}	medelvindhastighet, se även sid V.4.	(m/s)
u'	fluktuerande long. vindhastighetskomponent	(m/s)
x	avstånd från skärm, def i fig V.9	(m)
z	höjd över marken	(m)
β	vindriktning, def i fig V.4	(°)
σ_u	standardavvikelse, fluktuerande long. vindhastighetskomponent, $\sigma_u = \sqrt{u'^2}$	(m/s)

Indices:

- g anger markgränsskiktets övre gräns
- 2, 10 anger att vindhastigheten mätts på 2 resp. 10 m höjd över mark (fullskalemått)
- B anger mätvärde från Bulltofta

Beteckningar på undersökta skärmkonfigurationer anges i fig V.6.

1. INLEDNING

Bakgrunden till de vindtunnelprov som genomförts med en modell av Kroksbäcksområdet har beskrivits i rapportens huvuddel, som också innehåller en sammanfattning i populär form av provresultat och rekommendationer beträffande åtgärder för att förbättra vindmiljön i området. I denna bilaga redogörs för försöksbetingelserna vid vindtunnelproven (modeller, mätutrustning, mätmetodik, försöksprogram), vidare redovisas de primära mätdata som tillsammans med resultaten från fältmätningarna ligger till grund för slutsatser och rekommendationer beträffande miljöförbättringsåtgärder.

Syftet med vindtunnelproven har varit;

- att kartlägga markvindförhållandena (på 2 m höjd) i Sörbäcksområdet, dels med den befintliga gårdsutformningen, dels med trapphus placerade vid norra delen av de östra och västra gårdarna,
- att prova olika skärmarrangemang för att reducera den lokala vindhastigheten på de ytor inom området som bedömts bli utnyttjade för lek- och viloplatser samt gångvägar,
- att ge underlag för en jämförelse med resultat från fältmätningarna i syfte att kontrollera vindtunnelteknikens tillförlitlighet vid studier av vindförhållanden i bebyggelse.

2. BESKRIVNING AV FÖRSÖKSUTRUSTNING OCH MÄTMETODER

2.1 Vindtunneln

Proven har utförts i gränsskiktvindtunneln vid Statens institut för byggnadsforskning, fig V.1. Vindtunnelns mätsträcka är 11 m lång, 3 m bred och 1.5 m hög och är i uppströmsdelen försedd med arrangemang för simulering av den naturliga vindens struktur i luftskiktet nära marken. Detta arrangemang, som visas i fig V.3, består av 1.2 m höga spiror i mätsträckans inloppssektion samt 40 mm höga kubiska råhetslement i reguljärt mönster över en längd av 4.5 m på mätsträckans golv.

Byggnadsmodellerna placeras på en vridbar cirkulär skiva med 2.8 m diameter, infälld i golvet. Den maximala vindhastigheten är 22 m/s.

2.2 Simulering av det atmosfäriska gränsskiktet

Vindförhållandena nära marken styrs i stora drag av de storskaliga vädersystemen, vilka bestämmer den vertikala gradientvindens hastighet och riktning på en höjd av 300-600 m höjd över marken och däröver. I det underliggande luftlagret, det atmosfäriska gränsskiktet, bromsas luftströmmen på grund av friktion mot markytan och vindhastigheten minskar till noll vid ytan. Markytans skrovlighet (topografi, vegetation, bebyggelse) ger också upphov till turbulens (byighet). Vid studier av olika slag av vindeffekter genom modellprov i vindtunnel måste dessa egenskaper hos den naturliga vinden återges i en skala som överensstämmer med - eller ligger nära - byggnadsmodellernas. Detta sker med hjälp av arrangemang av den typ som beskrivits i pkt 2.1.

Den vertikala fördelningen av vindhastigheten, vanligen hastighetens tidsmedelvärde över 10 min, anges av medelvindprofilen, vilken liksom gränsskiktets höjd beror av markytans skrovlighet. Profilen kan med god noggrannhet approximeras med ett potensuttryck:

$$\bar{u}_{z_1} / \bar{u}_{z_2} = (z_1/z_2)^n$$

där \bar{u}_z är medelvindhastigheten på höjden z över marken och värdet på exponenten n är bestämd av markytans karaktär. För slät, öppen terräng av den typ som omger Sörbäcksområdet kan n anses ligga mellan 0.14 och 0.16 [2],[3], medan gränsskiktets höjd är 300 å 350 m. Den medelvindprofil som genererats i vindtunneln, fig V.2a, har n -värdet 0.14 och höjden 1.0 m. Gränsskikthöjden har följaktligen inte återgivits i samma skala som gällt för byggnadsmodellen (1:200), men detta minskar inte nämnvärt den eftersträvade likformigheten mellan markvindförhållandena i modell- och fullskala.

Markytans skrovlighet ger upphov till turbulens (byighet) som karakteriseras av slumpmässiga variationer i vindens hastighet och riktning. Turbulens orsakas även av temperaturskillnader i markytan och inom luftskiktet närmast marken. Förhållandet mellan hastighetsfluktuationernas standardavvikelse och medelvindhastigheten (över 10 min), turbulensintensiteten i , utgör ett mått på turbulensens storlek. Den ökar med ökande markskrovlighet och är nära konstant i vertikal led upp till en höjd av 30 m med värdet 0.14 å 0.18 över slät, öppen terräng [2]. Vid modellproven var turbulensintensiteten (i den ostörda vinden) ≈ 0.20 på 50 mm höjd, motsvarande 10 m i fullskala. Denna lilla avvikelse från fullskalvärdet kan försummas vid studier av markvindförhållanden i bebyggelse, där en kraftig turbulens, med i -värden av storleksordningen 0.25 å 0.65, genereras av byggnaderna.

En tredje storhet som kännetecknar ett turbulent hastighetsfält är turbulensens energisppektrum, som anger hur de turbulenta hastighetsfluktuationernas rörelseenergi är fördelad på olika frekvenser (våglängder). Det energisppektrum som uppmätts i vindtunneln - på 50 mm höjd i den ostörda vinden - överensstämmer med ett fullskalespektrum över slät, öppen terräng [1] i skala 1:350, fig V.2c. Skillnaden mellan denna skala och byggnadsmodellens (1:200) är relativt stor men kan ändå accepteras eftersom energisppektrums karaktär inte i väsentlig grad påverkar de markvindförhållanden som studerats vid de aktuella proven; överensstämmelse mellan skalorna för byggnadsmodell och energisppektrum är däremot ett krav vid vissa andra typer av modellprov, t ex studier av vindinducerade svängningar i byggnadsverk.

2.3 Modeller

Vindhastighetsmätningarna utfördes i en modell i skala 1:200 som förutom provområdet Sörbäck omfattade de norr därom liggande byggnaderna inom Kroksbäcksområdet, delar av angränsande bebyggelse i O och V samt kullarna SV om området, fig V.3. En planskiss på provområdet visas i fig V.4. En mindre modell, i skala 1:400, användes för en inledande kvalitativ undersökning av luftströmningen mycket nära marken. Prov av detta slag utfördes även med den större modellen.

I båda modellerna var byggnaderna återgivna utan fasaddetaljer med undantag för 'burspråken' på höghusens långväggar. De betongglådor med vegetation av varierande höjd som finns på de östra och västra gårdarna var återgivna i modellen vid flertalet provserier, i några fall med vegetationen simulerad med hjälp av stålullsremsor med skalenlig höjd. Lådorna kommer inte att finnas kvar efter omplaneringen av gårdarna. Markytorna var i övrigt helt släta men nivåskillnaderna inom området var skalenligt återgivna. Mätningar utfördes både med och utan de trapphus, se fig V.4, som planeras vid norra delen av de östra och västra gårdarna.

De skärmar som provades i syfte att reducera vindhastigheten över gårdar och gångstråk bestod av 25 mm (dvs 5 m i fullskala) höga perforerade plåtar (håldiameter 1 mm, porositet ~ 40%)

2.4 Mätutrustning och försöksmetodik

För vindhastighetsmätningarna användes två varmtrådsanemometrar av typ TSI med raka mätsonder modell 1210-20, monterade i en hållare som trycktes fast i markytan. Den sondhållare som användes för mätningar på 10 mm höjd över marken inne i provområdet visas i fig A.33, en liknande hållare som medgav mätning även på 50 mm höjd användes för bestämning av referensvindhastigheter på det öppna fältet ca 500 mm SV om provområdet, se fig V.1. Hela mätprogrammet genomfördes med varmtråden i vertikalt läge men jämförande prov med horisontellt placerad tråd utfördes vid en av modellkonfigurationerna.

För linearisering av anemometers primära kalibreringskurva samt bestämning av den fluktuerande vindhastighetens tidsmedelvärde och standardavvikelse användes en dator typ MINC-11; tidsmedelvärdet bestämdes genom sampling av momentana hastighetsvärden under 200 sek med en frekvens av 25 Hz.

Varmtrådssonden är riktningssärlig och måste, för att ge ett korrekt värde på vindhastigheten, vara orienterad i den lokala strömningsriktningen i mätstationen. Före varje mätserie har därför vindriktningen i var och en av mätstationerna bestämts med hjälp av sk vindfanor i form av tunna bomullstrådar fästade på knappnålar.

Som komplement till vindhastighetsmätningarna genomfördes en visualisering av luftströmningen nära markytan med hjälp av en färgemulsion bestående av ett vitt färgpulver (titanvitt) uppslammat i fotogen. Under inflytande av vinden transporteras färgpartiklarna i den lokala strömningsriktningen vid markytan och tecknar ett mönster som ger information inte bara om strömningsförhållandena vid ytan utan även om strömningsmekanismen i vindfältet ovanför, se fig V.7. Dessa prov utfördes vid vindhastigheten $\bar{u}_{ref,10} \approx 3$ m/s.

3. FÖRSÖKSPROGRAM

Medelvindhastighet och turbulensintensitet på 10 mm (2 m) höjd över marken mättes i 23 punkter inom provområdet vid 8 vindriktningar (N, NO, O osv), fig V.4. Vid NV-vind gjordes dessutom en detaljerad kartläggning av vindhastighetsfördelningen på den västra gården, med och utan trapphus och (tomma) vegetationslådor på gården, i syfte att belysa inflytandet av dessa detaljer på vindförhållandena, dels ge underlag för en jämförelse med motsvarande resultat från fältmätningarna. Mätstationernas placering vid dessa modellprov framgår av fig V.5.

Vid samtliga vindriktningar provades modellen med och utan läbildande skärmar, varvid valet av skärmbinationer bestämdes av de lokala vindförhållandena i området vid respektive vindriktning. Provprogrammet framgår av Tabell V.2, sid V.11-28. Skärmarnas beteckningar och lägen anges i fig V.6.

Modellen var i samtliga dessa fall försedd med lådor (utan vegetation) på gårdsytorna samt trapphus i norra delen av de yttre gårdarna; trapphusen är dock ej markerade i figurerna i tabell V.2.

Inflytandet av den vegetation som fanns på gårdarna under fältmätningarna har belysts genom mätningar i fem mätstationer (A1 - A4 och A7) i områdets västra del med simulerad vegetation i de lådor som är rasterade i fig V.4. Dessa prov utfördes vid vindriktningarna O, S, SV, V och NV.

Samtliga mätningar utfördes vid en vindhastighet av ca 10 m/s på 50 mm (10 m) höjd i referenspunkten på fältet SV om området.

Beträffande försöksprogrammets omfattning kan sammanfattningsvis konstateras att tids- och kostnadsramarna för undersökningen ej medgivit en detaljerad kartläggning av vindförhållandena inom hela området vid alla vindriktningar; med tillgång till endast en varmtrådssond som måste flyttas mellan olika mätstationer och omorienteras för varje huvudvindriktning blev mätningarna mycket tidskrävande. (Senare har ett nytt mätsystem utvecklats som är bättre lämpat för stora mätprogram). Målsättningen har därför snarast varit att inom ett begränsat mätprogram klarlägga de storskaliga strömningsförlöppen i området.

När det gäller utformning och placering av läbildande arrangemang i form av skärmar och vegetation på gårdarna så påbörjades planeringsarbetet från bostadsförvaltarens sida så sent att några konkreta förslag till gårdsutformning ej kunde provas vid vindtunnelundersökningen. I stället undersöktes olika schematiska skärmarrangemang i syfte att bestämma utsträckningen av läområdena bakom respektive skärmar och finna allmänna riktlinjer för deras placering med hänsyn till de lokala vindförhållandena.

4. RESULTAT

4.1 Vindförhållanden i provområdet

Med ledning av strömningsbilderna från färgemulsionsproven, fig V.7 a-d, och de lokala vindriktningar som bestämts vid vindhastighetsmätningarna, tabell V.2, kan man skissera de storskaliga luftrörelserna i området vid olika vindriktningar. Två karakteristiska strömningsmekanismer kan urskiljas:

- Vid vind från N-NO och från S-SV är luftströmmen över gårdarna i stort parallell med höghusens långsidor. Bebyggelsen norr om Sörbäck och 3-våningslängan i söder ger en viss hastighetsreduktion på gårdarnas uppströmsdel respektive ost-västliga gångstråket.
- Vid övriga vindriktningar utbildas kraftiga virvlar (med horisontell axel) mellan höghusen med en diagonal strömning över gårdarna som följd. Vid markytan blir lufthastigheten hög dels mitt på varje gård, där virveln tangerar marken, dels vid gångstråkets öppningar mot O och V, där luften kanaliseras mellan byggnaderna. Stående virvlar (med vertikal axel) uppträder intill höghusens uppströmshävar, där vindhastigheten lokalt blir hög.

En mera detaljerad beskrivning av luftströmningen i området vid olika vindriktningar lämnas i kap. "MÄTRESULTAT" i rapportens huvuddel.

De lokala medelvindhastigheter som uppmätts i området, normerade med referensvindhastigheten på 50 mm (10 m) höjd, redovisas i tabell V.2, där också turbulensintensiteterna i respektive mätstationer anges.

Vindhastighetsnivån är genomsnittligt lägst vid vind från N-NO medan de högsta vindhastigheterna uppträder längs gårdarnas nord-sydliga mittlinje, på de delar av gångstråket som ligger intill gårdarna samt intill de södra hörnen av de yttre höghusen, i samtliga fall vid vind från O och V.

En sammanställning av vindhastighetsvärden från mätstationer i dessa områden har gjorts i tabellen nedan.

Tabell V.1 Vindhastigheter i några representativa mätstationer.

		N	NO	O	SO	S	SV	V	NV
A1	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{ref10}}$	0.74	0.46	0.67	0.75	0.87	0.37	1.28	0.81
	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_B}$	0.81	0.32	0.60	0.83	1.22	0.44	1.15	0.73
B3	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{ref10}}$	-	0.64	1.84	0.46	-	0.49	1.11	0.63
	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_B}$	-	0.45	1.66	0.51	-	0.59	1.00	0.57
B5	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{ref10}}$	0.64	0.60	1.79	0.72	0.56	0.64	0.87	0.83
	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_B}$	0.70	0.42	1.61	0.79	0.78	0.77	0.78	0.75
D2	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_{ref10}}$	-	0.50	1.72	0.93	-	0.92	1.01	-
	$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_B}$	-	0.35	1.55	1.02	-	1.10	0.91	-

Vid jämförelse mellan relativa vindhastighetsvärden för olika vindriktningar skall beaktas att referensstationen vid vind från NO-O ligger i lä bakom provområdets byggnader. Referensvindhastigheten är följaktligen - vid konstant gradientvindhastighet - lägre vid dessa vindriktningar, vilket medför förhållandevis högre värden på de lokala, relativa vindhastigheterna i området. För att belysa denna effekt har i tabellen ovan också angivits de värden på den relativa vindhastigheten som erhålles om den samtidigt uppmätta vindhastigheten på 10 m höjd i Bulltofta, används som referenshastighet, se bilagorna II och IV. Denna vindhastighet är visserligen inte heller oberoende av vindriktningen men riktningens inflytande är avsevärt svagare än i referensstationen i Sörbäck.

Turbulensintensiteten i området varierar mellan ca 0.25 och 0.65 med de högsta värdena uppmätta intill höghusens södra gavlar vid vind från O.

4.2 Effekt av läbildande skärmar

I tabell V.2 redovisas de hastighetsreduktioner som uppnåtts med de provade skärmarrangemangen. En sammanfattning av försöksresultaten lämnas i kap "LÄBILDNINGEN BAKOM SKÄRMAR" i rapportens huvuddel. Det kan tilläggas att en skärm som är placerad nära en byggnad oundvikligen ger upphov till en hastighetsökning - vid vissa vindriktningar - i passagen mellan skärmen och byggnaden. Så har t ex en hastighetsökning med ca 90% konstaterats i mätstation A3 då en skärm placeras mellan höghuset vid gårdens södra del, tabell V.2, sid V.14.

4.3 Jämförelse mellan modell- och fullskaleresultat

De samordnade mätningarna i modell- och fullskala av vindförhållandena i Sörbäcksområdet ger underlag för en kontroll av vindtunnelteknikens tillförlitlighet vid vindmiljöstudier. Jämförande prov av denna omfattning, som möjliggjorts genom fältmätningens stora kapacitet och avancerade mätsystem, har såvitt känts inte utförts på annat håll.

De grundläggande likformighetsvillkor som är möjliga att uppfylla vid modellprov - och som har uppfyllts vid de aktuella proven - gäller som tidigare nämnts geometrisk likformighet modell-fullskala (så att byggnader och omgivande terräng är skalenligt återgivna vid modellproven) samt skalenlighet beträffande den naturliga vindens struktur. Det formella kravet att Reynolds tal skall ha samma värde i modell- och fullskala kan inte uppfyllas vid modellprov av det här aktuella slaget, men detta saknar som regel betydelse vid studier av strömningen kring skarpkantade kroppar (konventionella byggnader) där strömningens avlösningen är fixerad vid kropparnas hörn. Strömningens återanläggning vid en kroppsyta är dock beroende av bl a Reynolds tal och kan därför ske på annat sätt i modellen än i fullskalefallet och bidra till bristande överensstämmelse mellan de två fallen. Vidare är det inte klarlagt i vilken utsträckning markytans detaljstruktur (yttäthet, små terrängformationer, mycket låg vegetation) måste simuleras vid modellproven.

Jämförelsen mellan modell- och fullskaleresultatet har fått begränsas till att gälla den västra delen av området, där fullskalämätningarna utförts, och inom det vindriktningsintervall, S över V till N, där dessa mätningar bedömts som tillförlitliga, se bilaga IV, s 6. Vid jämförelsen skall beaktas att modellproven utförts vid väl definierade vindriktningar - felet i riktningbestämningen har varit $\pm 0.2^\circ$ - medan vid fältmätningarna den uppmätta vindriktningen vid mättillfället kan ligga ± 5 å 10° från den nominella, se bilaga IV, fig 8, vilket kan ha stort inflytande på vindhastighetsvärdena i mätstationer som ligger nära ett byggnadshörn.

En översiktlig jämförelse mellan vindhastighetsfördelningarna över västra delen av området har gjorts för vind från NV, se fig IV.10h och fig V.8a. Modellprovresultatet för denna vindriktning är baserat på mätningar i 67 punkter fördelade över

hela området, se fig V.5. Referensvindhastigheten har tyvärr mätts på olika höjd i de två fallen - i fullskala på 10 m höjd, i modellskala på 2 m höjd - vilket medfört en högre nivå på hastighetskvoterna i modellskala. En omräkning av de senare med vindhastighetens 10 m-värde som referenshastighet skulle ge ca 15% lägre värden ($u_{ref_2}/u_{ref_{10}} = 0.86$ vid den aktuella vindriktningen), vilket innebär god överensstämmelse med fullskaleresultaten. Isovelmönstren har samma karaktär i de två fallen och överensstämmer relativt väl i fråga om detaljstrukturen.

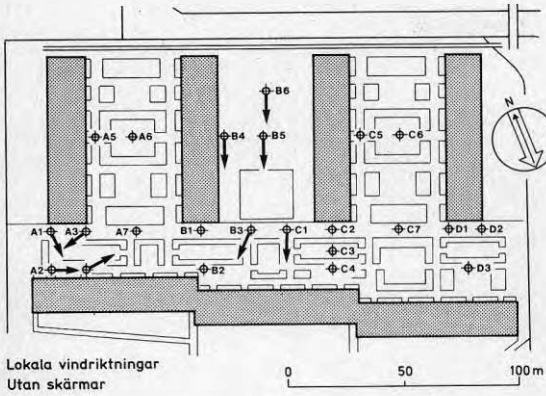
I fig V.11 a-e har en jämförelse gjorts mellan de lokala vindhastigheterna, här genomgående normerade med en referenshastighet mätt på 2 m höjd, i några olika mätstationer vid varierande vindriktning. Överensstämmelsen är i flertalet fall mycket god. Jämförelsen visar också betydelsen av att vid modellproven simulera vegetationen där denna är tät och relativt hög, t ex intill mätstation A4, se fig V.11d.

God överensstämmelse kan också konstateras beträffande turbulensintensitetens storlek och fördelning, jämför fig IV.11 a-h och tabell V.2.

REFERENSER

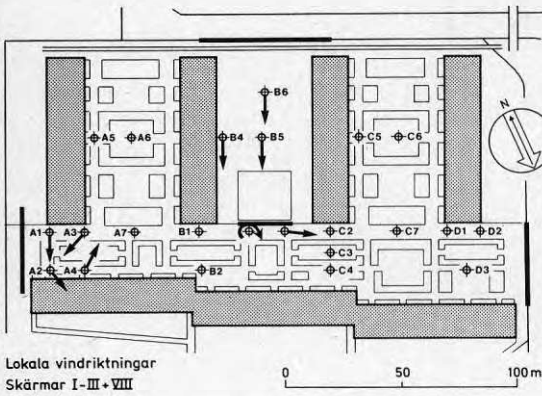
- [1] Characteristics of atmospheric turbulence near the ground. Part II: Single point data for strong winds (neutral atmosphere) Engineering Sciences Data Unit, London 1974
- [2] Counihan, J.: Adiabatic atmospheric boundary layers: a review and analysis of data from the period 1980-1972. *Atm. Envir.*, Vol 9, pp 871-905, Pergamon Press, 1975.
- [3] Harris, R.I.: Measurements of wind structure. Proc. Symp. on External Flows, 4-6 July, 1972, Univ. of Bristol, 1972.
- [4] Naegeli, W.: Untersuchungen über die Windverhältnisse im Bereich von Schilfrorwänden. *Mittel. Schweiz. Anstalt Forst. Versuchswesen. Zürich*, 29 No 2, 1953.

Huvudvindriktning: N



Utan skärmar, $\bar{u}_{ref_{10}} = 9.9$ m/s

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / u_{ref_{10}}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u) / \bar{u}_u$ (%)
A1	0.31	0.74	
2	0.43	0.54	
3	0.25	0.58	
4	0.46	0.54	
5			
6			
7			
B1			
2			
3	0.38	0.54	
4	0.48	0.42	
5	0.34	0.64	
6	0.29	0.71	
C1	0.34	0.61	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

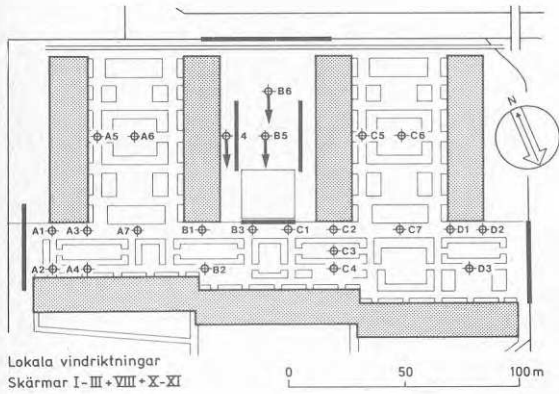


Med skärmar, I-III, VIII, $\bar{u}_{ref_{10}} = 9.9$ m/s

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / u_{ref_{10}}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u) / \bar{u}_u$ (%)
A1	0.47	0.46	- 38
2	0.46	0.53	- 2
3	0.27	0.58	0
4	0.45	0.57	+ 6
5			
6			
7			
B1			
2			
3	0.44	0.18	- 67
4	0.51	0.35	- 17
5	0.40	0.54	- 16
6	0.42	0.44	- 38
C1	0.47	0.17	- 72
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: N

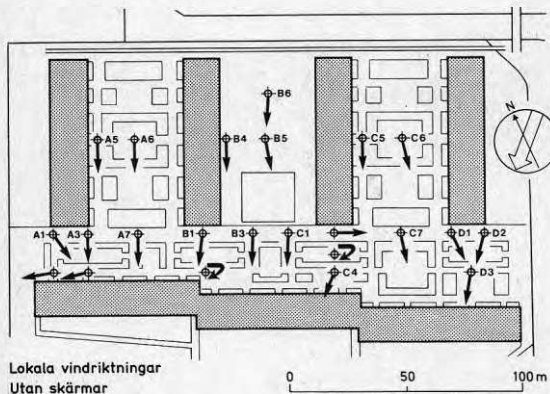


Med skärmar, I-III, VIII, X-XI, $\bar{u}_{ref,10} = 9.9 \text{ m/s}$

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $\frac{\bar{u}_s - \bar{u}}{\bar{u}}$ (%)
A1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
B1			
2			
3			
4	0.74	0.16	- 62
5	0.39	0.54	- 16
6	0.43	0.44	- 38
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

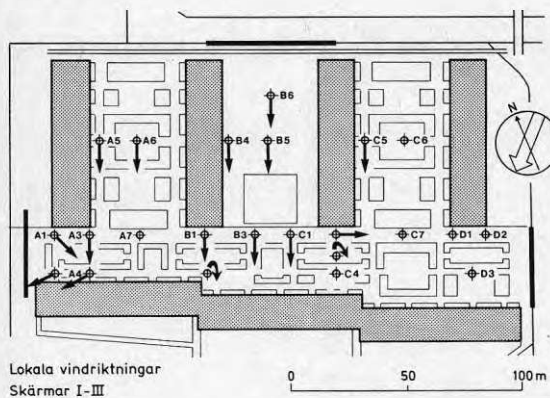
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: NO



Utan skärmar, $u_{ref,10} = 8.4 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/u_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.44	0.46	
2	0.56	0.38	
3	0.52	0.28	
4	0.47	0.40	
5	0.38	0.57	
6	0.42	0.54	
7	0.45	0.50	
B1	0.46	0.28	
2	0.46	0.43	
3	0.40	0.64	
4	0.32	0.74	
5	0.43	0.60	
6	0.34	0.68	
C1	0.45	0.50	
2	0.48	0.27	
3	0.49	0.31	
4	0.51	0.41	
5	0.36	0.66	
6	0.34	0.70	
7	0.32	0.74	
D1	0.32	0.51	
2	0.38	0.50	
3	0.59	0.36	

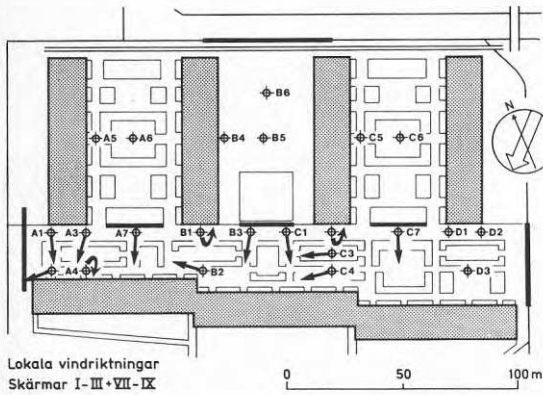


Med skärmar I-III, $u_{ref,10} = 8.4 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/u_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.42	0.47	+ 2
2	0.54	0.45	+ 18
3	0.48	0.34	+ 21
4	0.47	0.40	± 0
5	0.38	0.57	± 0
6	0.43	0.54	± 0
7	0.43	0.52	+ 4
B1	0.44	0.30	+ 7
2	0.47	0.41	- 5
3	0.40	0.67	+ 5
4	0.40	0.75	+ 1
5	0.40	0.59	- 2
6	0.45	0.51	- 25
C1	0.46	0.49	- 2
2	0.49	0.27	± 0
3	0.49	0.31	± 0
4			
5	0.38	0.63	- 5
6			
7			
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: NO

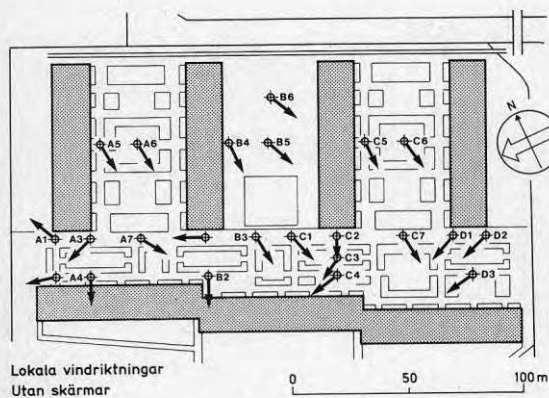


Med skärmar I-III, VII-IX, $\bar{u}_{ref,10} = 8.4 \text{ m/s}$

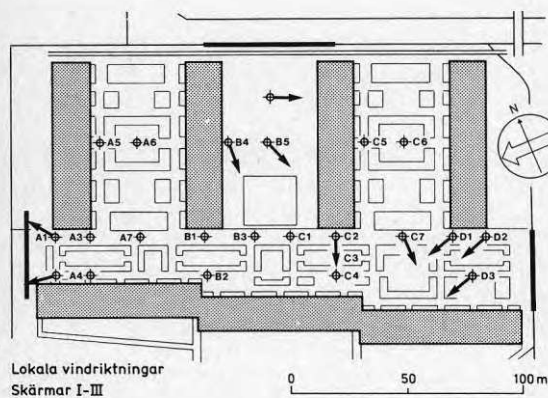
Mät- stn. nr	Turbulens- intensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. på skärmar $\bar{u}_s - \bar{u}_u / \bar{u}_u$ (%)
A1	0.40	0.50	+ 9
2	0.57	0.34	- 10
3	0.36	0.54	+ 93
4	0.52	0.37	- 8
5			
6			
7	0.53	0.16	- 68
B1	0.58	0.21	- 25
2	0.49	0.38	- 12
3	0.46	0.16	- 75
4			
5			
6			
C1	0.46	0.14	- 72
2	0.55	0.16	- 41
3	0.55	0.27	- 13
4	0.49	0.34	- 17
5			
6			
7	0.46	0.17	- 77
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: O

Utan skärmar, $\bar{u}_{ref,10} = 5.2$ m/s

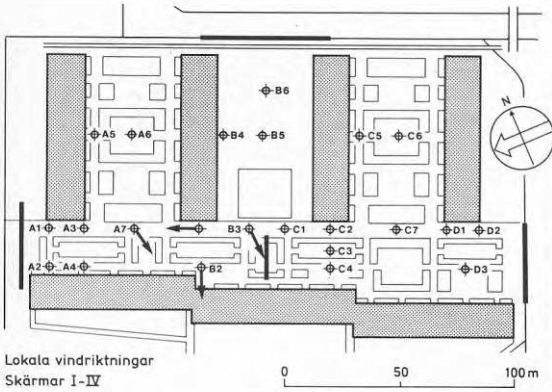
Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u)/\bar{u}_u$ (%)
A1	0.56	0.67	
2	0.53	0.90	
3	0.35	1.61	
4	0.40	1.29	
5	0.28	1.33	
6	0.20	1.70	
7	0.24	1.80	
B1	0.63	0.36	
2	0.54	0.91	
3	0.27	1.84	
4	0.31	1.32	
5	0.23	1.79	
6	0.32	1.35	
C1	0.26	1.72	
2	0.66	0.34	
3	0.54	0.63	
4	0.52	0.76	
5	0.27	1.71	
6	0.27	1.71	
7	0.33	1.53	
D1	0.50	0.83	
2	0.26	1.72	
3	0.35	1.54	

Med skärmar I-III, $\bar{u}_{ref,10} = 5.2$ m/s

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u)/\bar{u}_u$ (%)
A1	0.54	0.63	- 6
2	0.53	0.90	± 0
3			
4			
5			
6			
7			
B1			
2			
3			
4	0.30	1.32	± 0
5	0.21	1.78	- 1
6	0.31	1.30	- 4
C1			
2	0.61	0.33	- 3
3			
4			
5			
6			
7	0.31	1.62	+ 6
D1	0.50	0.87	+ 5
2	0.28	1.62	- 6
3	0.35	1.43	- 7

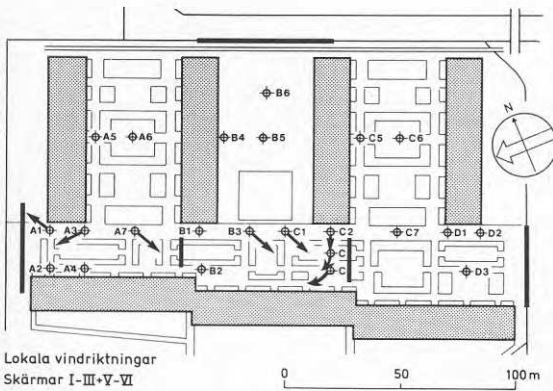
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: O



Med skärmar I-IV, $\bar{u}_{ref,10} = 5.2 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}) / \bar{u}$ (%)
A1			
2			
3			
4			
5			
6	0.25	1.78	- 1
7			
B1	0.62	0.38	+ 6
2	0.51	0.85	- 7
3	0.27	1.66	- 10
4			
5			
6			
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

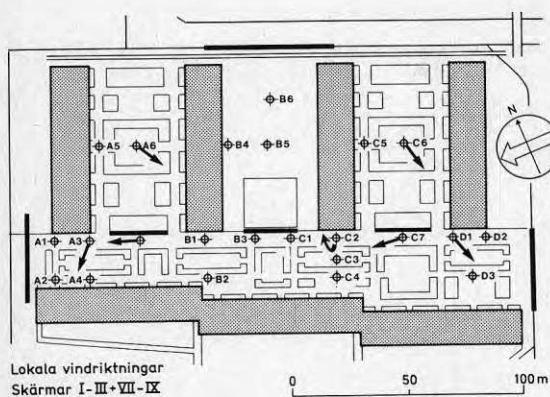


Med skärmar I-III, V-VI, $\bar{u}_{ref,10} = 5.2 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}) / \bar{u}$ (%)
A1	0.58	0.65	- 3
2			
3	0.34	1.63	+ 1
4			
5			
6			
7	0.25	1.94	+ 8
B1			
2	0.27	1.70	- 8
3			
4			
5			
6			
C1	0.25	1.66	- 3
2	0.63	0.34	± 0
3	0.56	0.63	± 0
4	0.50	0.72	- 5
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: O

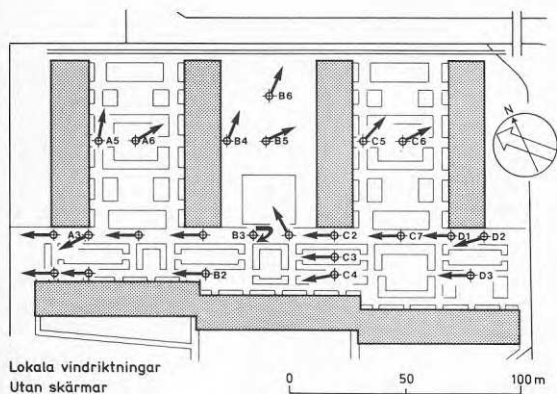


Med skärmar I-III, VII-IX, $\bar{u}_{ref,10} = 5.2 \text{ m/s}$

Mät- stn. nr	Turbulens- intensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u) / \bar{u}_u$ (%)
A1			
2			
3	0.47	1.16	- 28
4			
5			
6	0.20	1.65	- 3
7	0.39	0.45	- 75
B1			
2			
3			
4			
5			
6			
C1			
2	0.62	0.32	- 6
3			
4			
5			
6	0.25	1.75	+ 2
7	0.46	0.40	- 74
D1	0.33	1.20	+ 45
2			
3			

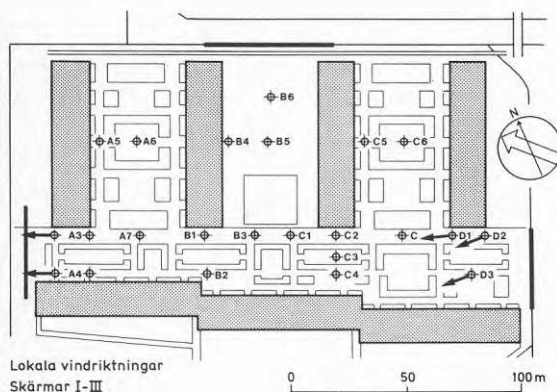
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: SO



Utan skärmar, $\bar{u}_{ref10} = 10.9 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.27	0.75	
2	0.19	0.75	
3	0.28	0.80	
4	0.24	0.57	
5	0.28	0.55	
6	0.28	0.72	
7	0.33	0.64	
B1	0.34	0.66	
2	0.22	0.68	
3	0.45	0.46	
4	0.35	0.54	
5	0.29	0.72	
6	0.21	1.05	
C1	0.23	0.83	
2	0.34	0.59	
3	0.26	0.69	
4	0.21	0.79	
5	0.25	0.68	
6	0.29	0.70	
7	0.34	0.59	
D1	0.42	0.63	
2	0.22	0.93	
3	0.20	0.77	

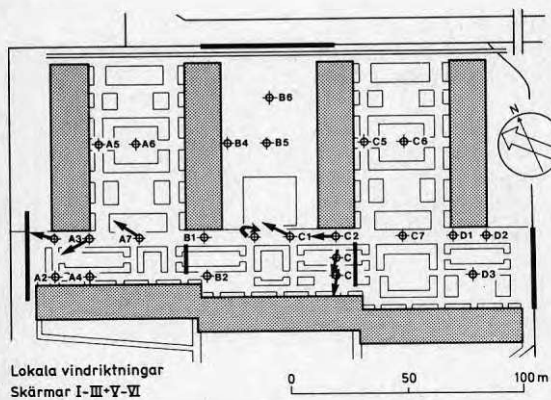


Med skärmar I-III, $\bar{u}_{ref10} = 10.9 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.27	0.73	- 3
2	0.26	0.65	- 13
3			
4			
5			
6			
7			
B1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1	0.42	0.62	- 2
2	0.21	0.95	+ 2
3	0.34	0.62	- 19

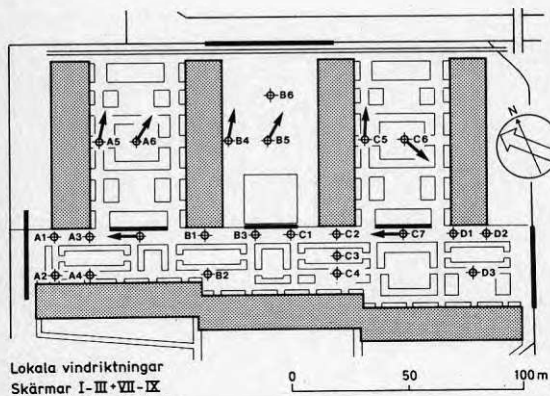
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: SO



Med skärmar I-III, V-VI, $\bar{u}_{ref,10} = 10.9$ m/s

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.26	0.71	- 5
2			
3	0.40	0.57	- 29
4			
5			
6			
7	0.53	0.43	- 33
B1			
2			
3	0.48	0.42	- 9
4			
5			
6			
C1	0.35	0.60	- 28
2	0.40	0.55	- 7
3	0.69	0.17	- 75
4	0.53	0.16	- 80
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

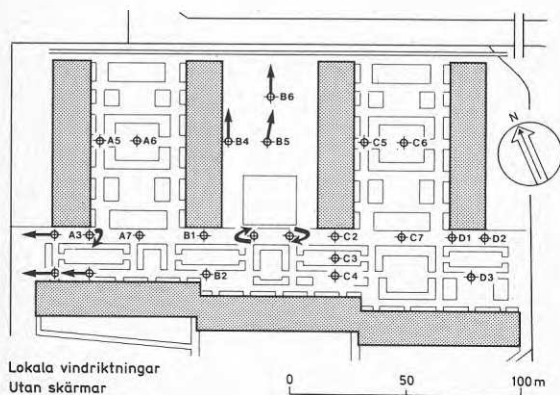


Med skärmar I-III, VII-IX, $\bar{u}_{ref,10} = 10.9$ m/s

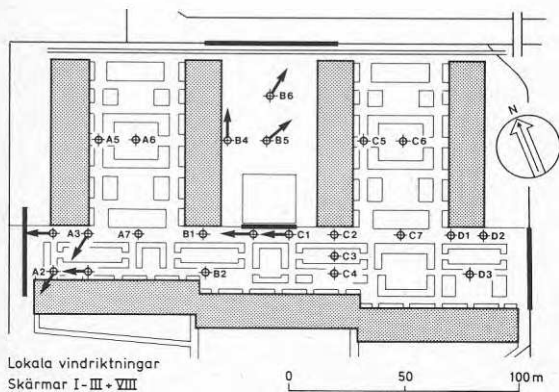
Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1			
2			
3			
4			
5	0.26	0.62	+ 13
6	0.26	0.72	± 0
7	0.33	0.65	+ 2
B1			
2			
3			
4	0.35	0.57	+ 6
5	0.26	0.68	- 6
6			
C1			
2			
3			
4			
5	0.28	0.64	- 6
6	0.30	0.67	- 4
7	0.33	0.63	+ 7
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: S

Utan skärmar, $\bar{u}_{ref10} = 10.1$ m/s

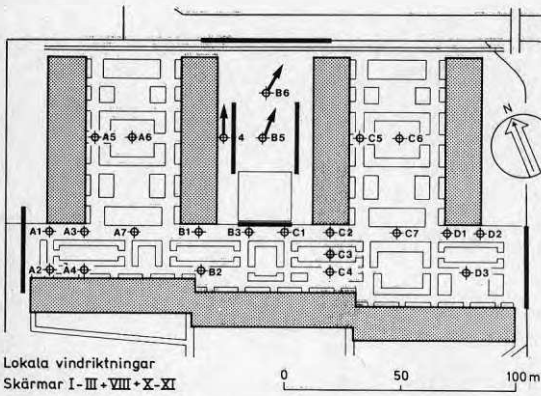
Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.25	0.87	
2	0.38	0.67	
3	0.46	0.49	
4	0.33	0.60	
5			
6			
7			
B1	(0.49)	(0.38)	
2	0.43	0.51	
4	0.42	0.56	
5	0.33	0.65	
6			
7			
C1	0.46	0.54	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

Med skärmar, I-III, VIII, $\bar{u}_{ref10} = 10.1$ m/s

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.28	0.80	- 8
2	0.44	0.44	- 34
3	0.45	0.48	- 2
4	0.38	0.50	- 17
5			
6			
7			
B1			
2	0.55	0.35	- 8
4	0.45	0.53	+ 4
5	0.43	0.47	- 16
6	0.38	0.61	- 5
7			
C1	0.49	0.48	- 11
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: S

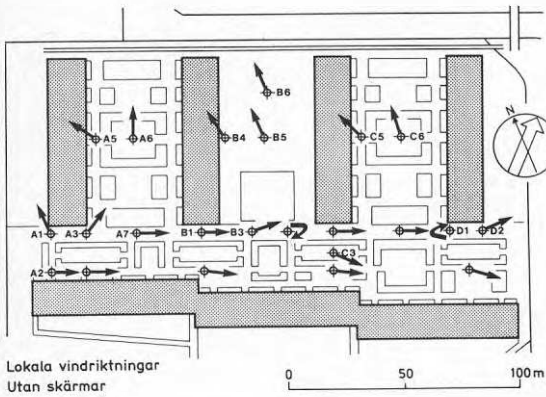


Med skärmar, I-III, VIII, X-XI, $\bar{u}_{ref,10} = 10.1$ m/s

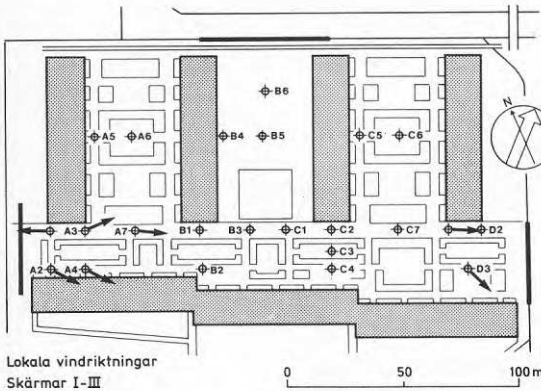
Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / u_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $\bar{u}_s - \bar{u}_u / \bar{u}_u$ (%)
AI			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
BI			
2			
3			
4	0.50	0.49	- 4
5	0.44	0.51	- 9
6	0.40	0.54	- 16
CI			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
DI			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: SV

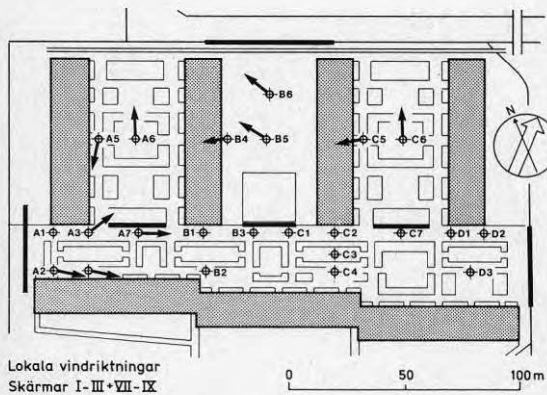
Utan skärmar, $\bar{u}_{ref,10} = 8.8$ m/s

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u) / \bar{u}_u$ (%)
A1	0.49	0.37	
2	0.31	0.83	
3	0.17	1.04	
4	0.18	1.27	
5	0.45	0.45	
6	0.25	0.99	
7	0.24	1.05	
B1	0.46	0.48	
2	0.32	0.75	
3	0.52	0.49	
4	0.53	0.34	
5	0.39	0.64	
6	0.35	0.74	
C1	0.50	0.46	
2	0.35	0.64	
3	0.34	0.76	
4	0.35	0.76	
5	0.52	0.35	
6	0.46	0.57	
7	0.42	0.74	
D1	0.48	0.51	
2	0.29	0.92	
3	0.38	0.76	

Med skärmar I-III, $\bar{u}_{ref,10} = 8.8$ m/s

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}_u) / \bar{u}_u$ (%)
A1	0.45	0.35	- 5
2	0.34	0.72	- 13
3	0.19	0.97	- 7
4	0.27	1.05	- 17
5			
6			
7	0.25	1.05	± 0
B1			
2			
3			
4			
5			
6			
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2	0.29	0.90	- 2
3	0.40	0.72	- 5

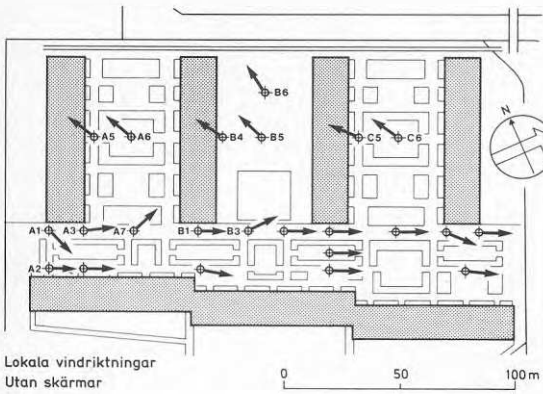
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: **SV**Med skärmar I-III, VII-IX, $\bar{u}_{ref10} = 8.8 \text{ m/s}$

Mät- stn. nr	Turbulens- intensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}) / \bar{u}$ (%)
A1			
2	0.34	0.73	- 12
3	0.19	0.98	- 6
4	0.26	1.08	- 15
5	0.54	0.42	- 7
6	0.30	0.83	- 16
7	0.23	1.08	+ 3
B1			
2			
3			
4	0.51	0.35	+ 3
5	0.41	0.62	- 3
6	0.38	0.70	- 5
C1			
2			
3			
4			
5	0.52	0.34	- 3
6	0.48	0.53	- 7
7			
D1			
2			
3			

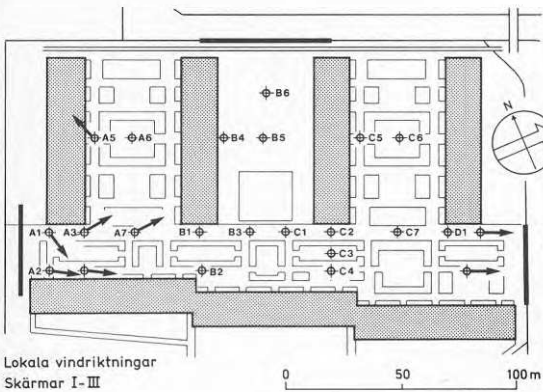
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: V



Utan skärmar, $\bar{u}_{ref,10} = 8.8 \text{ m/s}$

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}) / \bar{u}$ (%)
A1	0.22	1.28	
2	0.30	0.89	
3	0.46	0.74	
4	0.33	0.78	
5	0.49	0.44	
6	0.29	0.85	
7	0.34	0.77	
B1	0.31	0.79	
2	0.24	0.92	
3	0.19	1.11	
4	0.36	0.66	
5	0.28	0.87	
6	0.20	1.23	
C1	0.45	0.56	
2	0.33	0.88	
3	0.30	0.96	
4	0.20	1.0	
5	0.31	0.74	
6	0.26	0.90	
7	0.27	0.90	
D1	0.26	0.98	
2	0.26	1.01	
3	0.21	0.97	

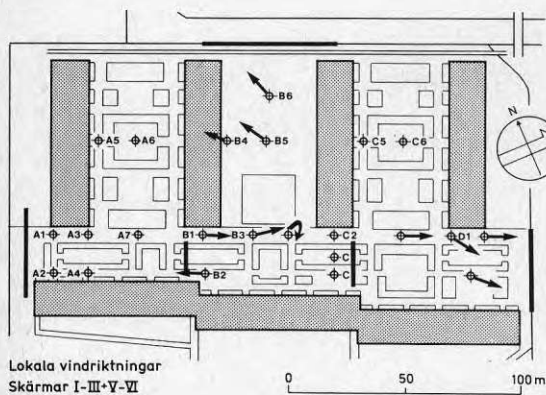


Med skärmar I-III, $\bar{u}_{ref,10} = 8.8 \text{ m/s}$

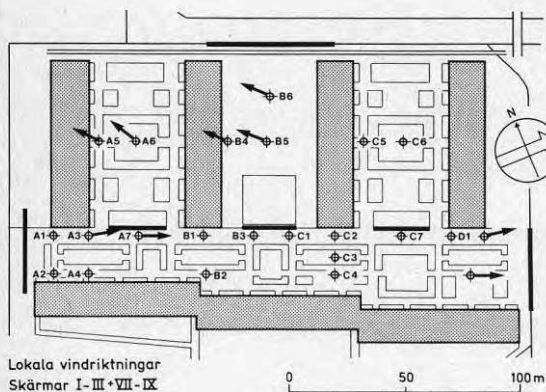
Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}) / \bar{u}$ (%)
A1	0.19	1.15	- 10
2	0.46	0.54	- 39
3	0.45	0.72	- 3
4	0.37	0.65	- 17
5	0.54	0.42	- 5
6			
7	0.38	0.65	- 16
B1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2	0.25	0.96	- 6
3	0.23	0.93	- 4

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: V

Med skärmar, I-III, V-VI, $\bar{u}_{ref10} = 8.8 \text{ m/s}$

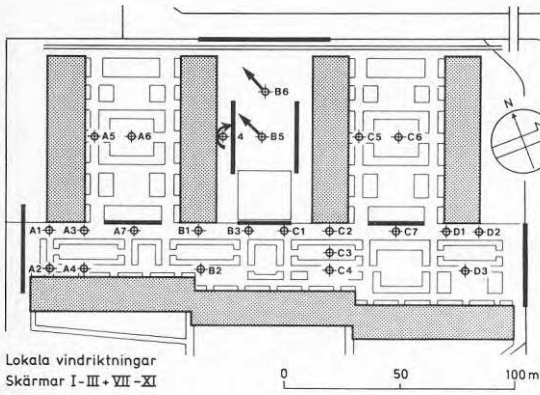
Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
B1	0.34	0.64	- 19
2	0.55	0.18	- 80
3	0.26	0.93	- 16
4	0.36	0.67	+ 2
5	0.28	0.88	+ 1
6	0.12	1.20	- 2
C1	0.48	0.57	+ 2
2			
3			
4			
5			
6			
7	0.43	0.67	- 26
D1	0.35	0.78	- 20
2	0.26	0.88	- 13
3	0.34	0.70	- 28

Med skärmar, I-III, VII-IX, $\bar{u}_{ref10} = 8.8 \text{ m/s}$

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1			
2			
3			
4	0.44	0.74	± 0
5	0.44	0.48	+ 9
6	0.30	0.79	- 7
7	0.39	0.65	- 15
B1			
2			
3			
4	0.33	0.73	+ 11
5	0.27	0.87	± 0
6	0.21	1.21	- 2
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2	0.24	0.94	- 7
3	0.22	0.96	- 1

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: V

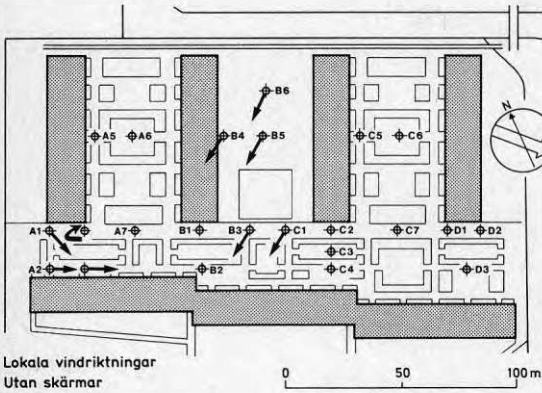


Med skärmar, I-III, VII-IX, X-XI, $\bar{u}_{ref10} = 8.6$ m/s

Mätstn. nr	Turbulensintensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
B1			
2			
3			
4	0.45	0.12	- 73
5	0.28	0.82	- 9
6	0.28	0.96	- 22
C1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

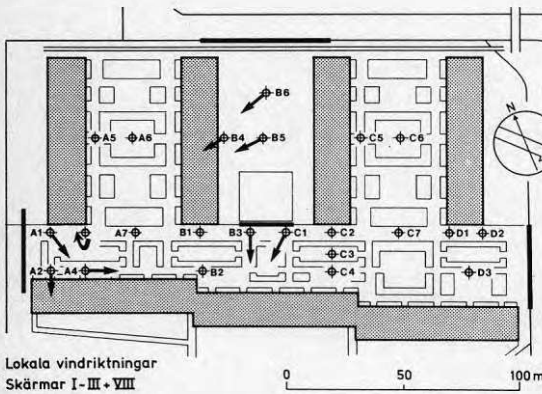
Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: NV



Utan skärmar, $\bar{u}_{ref10} = 11.4$ m/s

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.23	0.81	
2	0.31	0.56	
3	0.49	0.38	
4	0.37	0.62	
5			
6			
7			
B1			
2			
3	0.26	0.63	
4	0.29	0.58	
5	0.24	0.83	
6	0.34	0.60	
C1	0.25	0.87	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

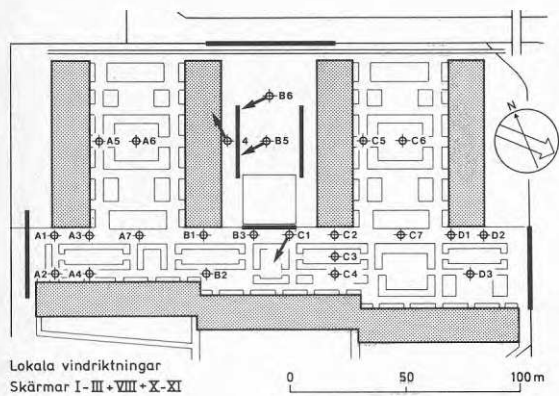


Med skärmar, I-III, VIII, $\bar{u}_{ref10} = 11.4$ m/s

Mät-stn. nr	Turbulens-intensitet $i = \sigma_u/\bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u}/\bar{u}_{ref10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u})/\bar{u}$ (%)
A1	0.24	0.79	- 2
2	0.45	0.45	- 20
3	0.48	0.39	+ 3
4	0.42	0.57	- 8
5			
6			
7			
B1			
2			
3	0.48	0.16	- 75
4	0.32	0.51	- 12
5	0.21	0.82	- 1
6	0.30	0.65	+ 8
C1	0.40	0.20	- 77
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

Huvudvindriktning: NV



Med skärmar, I-III, VIII, X-XI, $\bar{u}_{ref,10} = 11.4$ m/s

Mät- stn. nr	Turbulens- intensitet $i = \sigma_u / \bar{u}$	Rel. lokal vindhast. $r = \bar{u} / \bar{u}_{ref,10}$	Ändring av lok. vindhast. pga skärmar $(\bar{u}_s - \bar{u}) / \bar{u}$ (%)
A1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
B1			
2			
3			
4	0.33	0.16	- 28
5	0.24	0.69	- 17
6	0.29	0.66	+ 10
C1	0.33	0.21	- 76
2			
3			
4			
5			
6			
7			
D1			
2			
3			

Tabell V.2. Sammanställning av resultat från vindtunnelproven

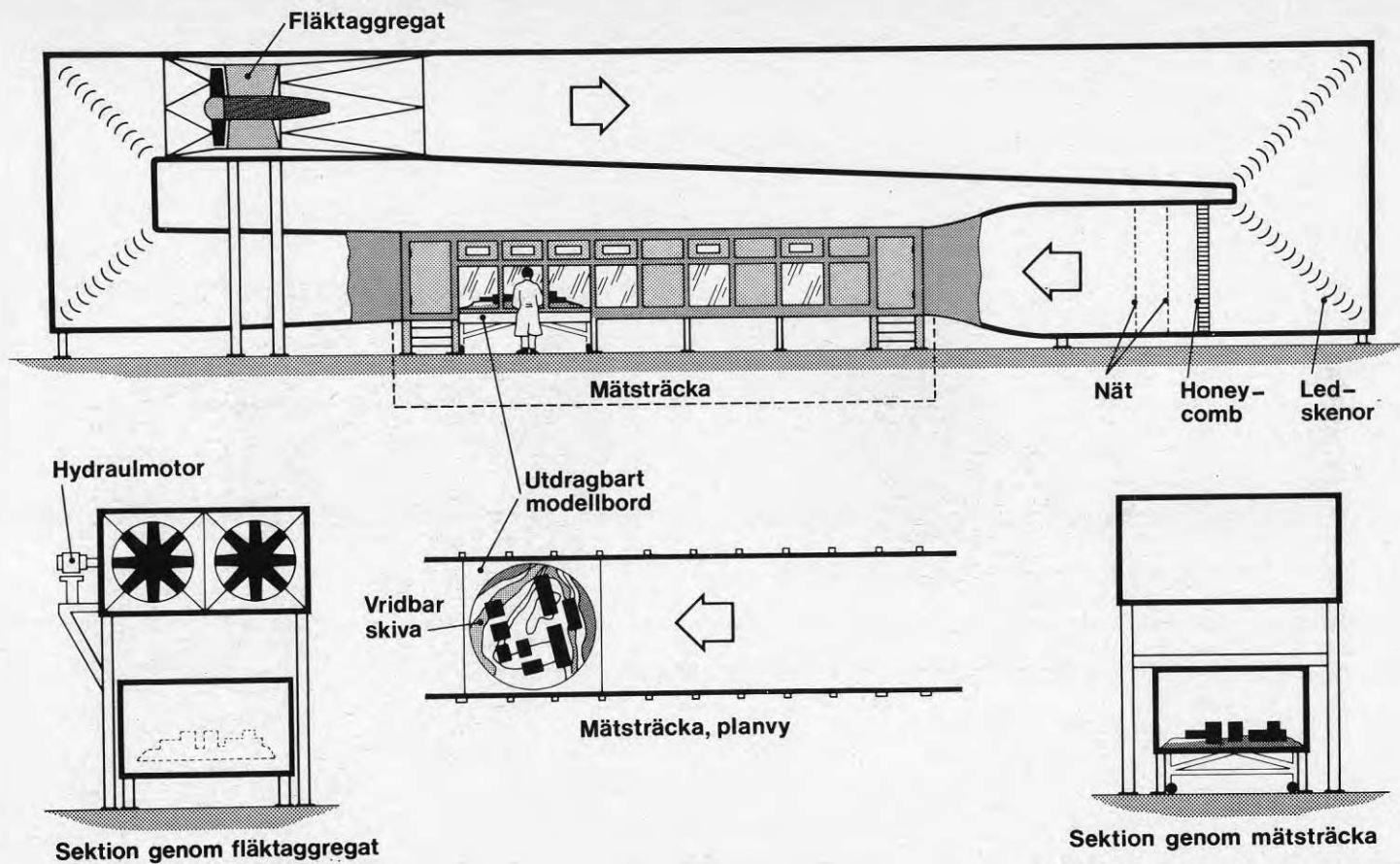
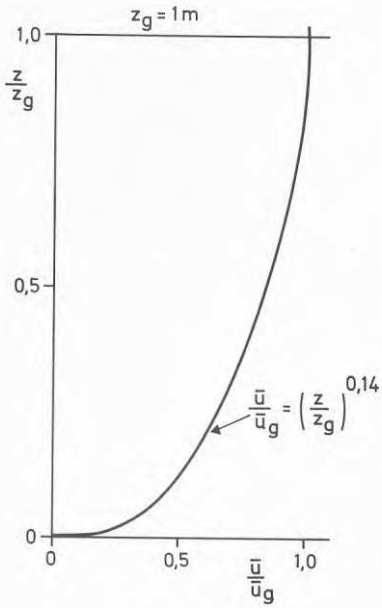
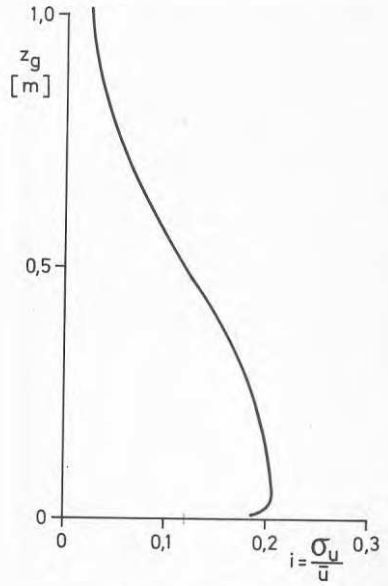


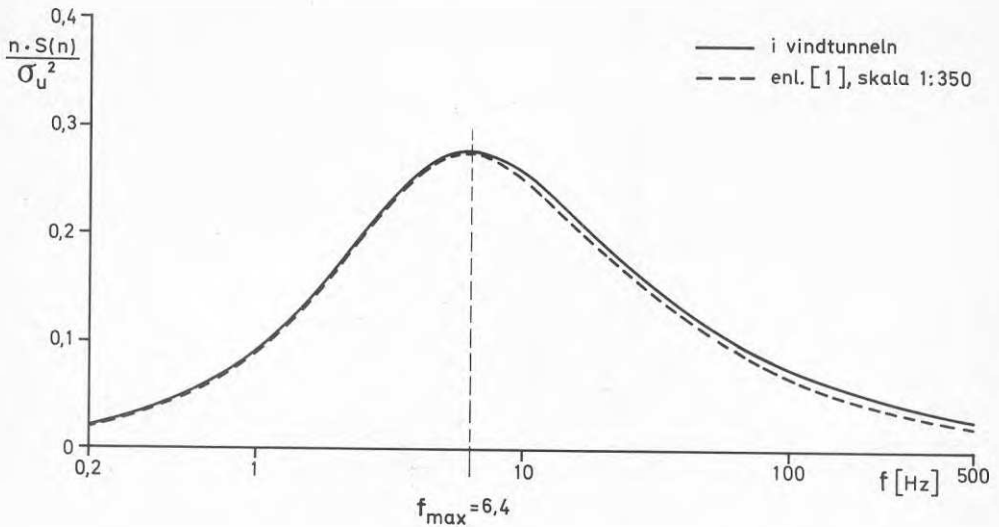
Fig. V.1 Vindtunneln vid Statens institut för byggnadsforskning



a. Medelvindprofil



b. Turbulensintensitetsfördelning



c. Energispektrum för longitudinella hastighetsfluktuationer, höjd $z = 50$ mm (17 m i fullskala)

Fig. V.2 Strömningsstruktur i simulerat atmosfäriskt gränsskikt.



Fig. V.3 Modell av Kroksbäckområdet i vindtunneln.
Modellskala 1:200.

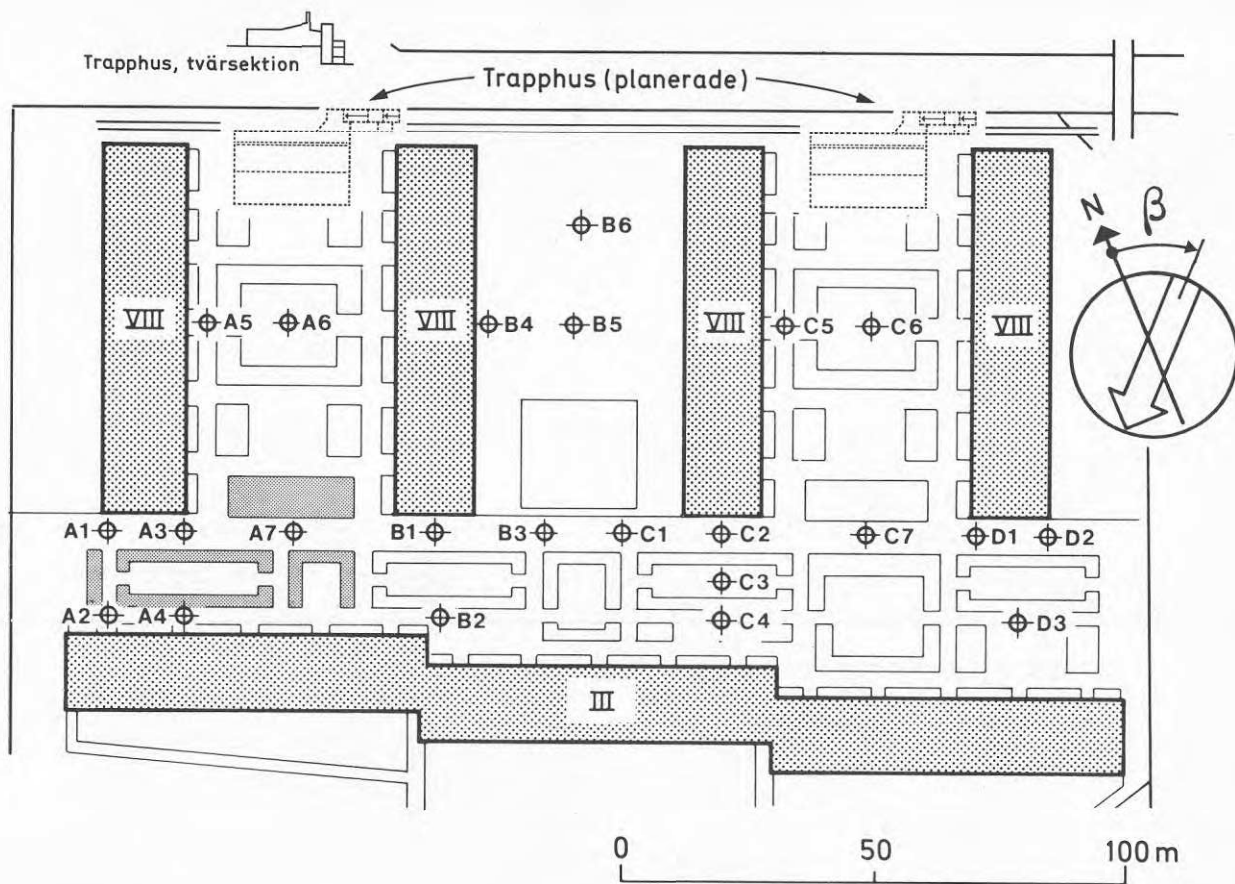


Fig. V.4 Mätstationslägen vid vindtunnelproven.
Definition av anblåsningvinkel β .

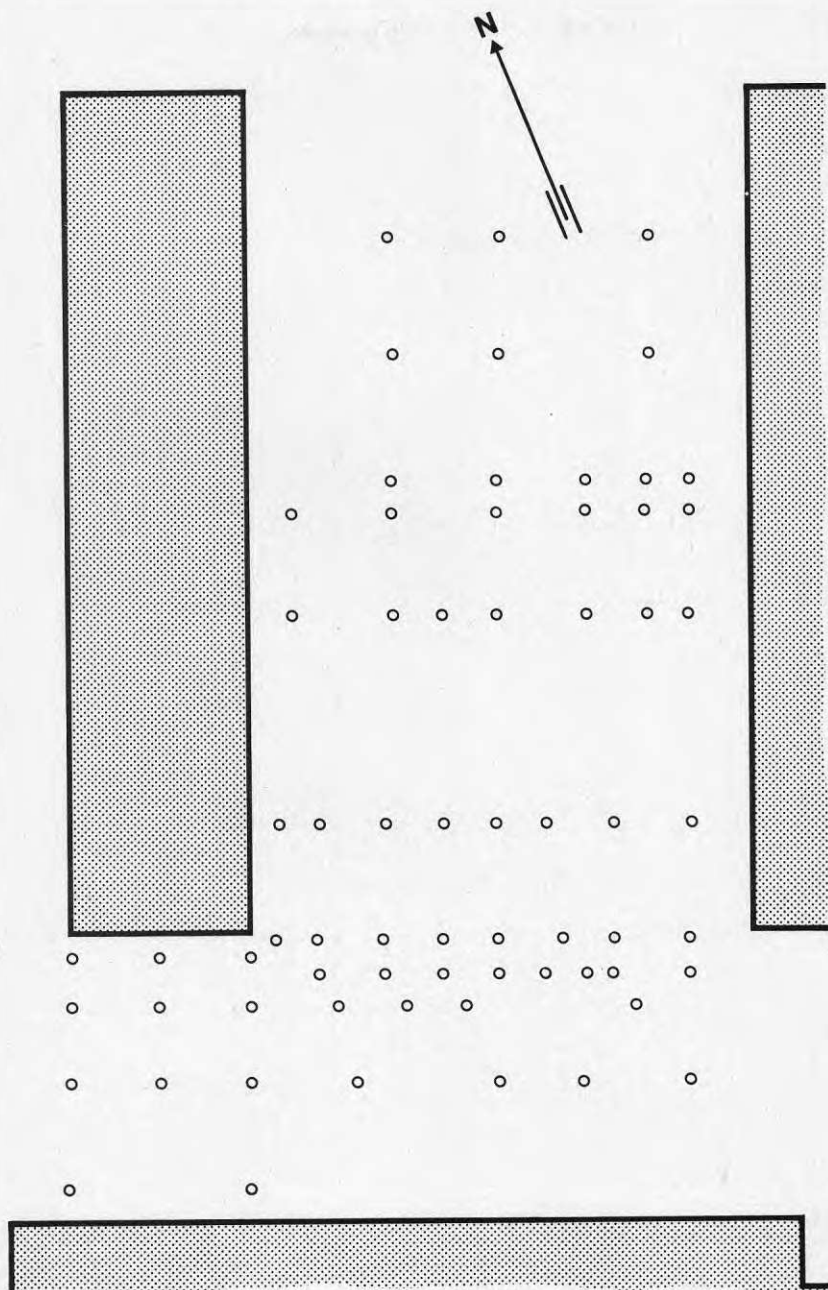
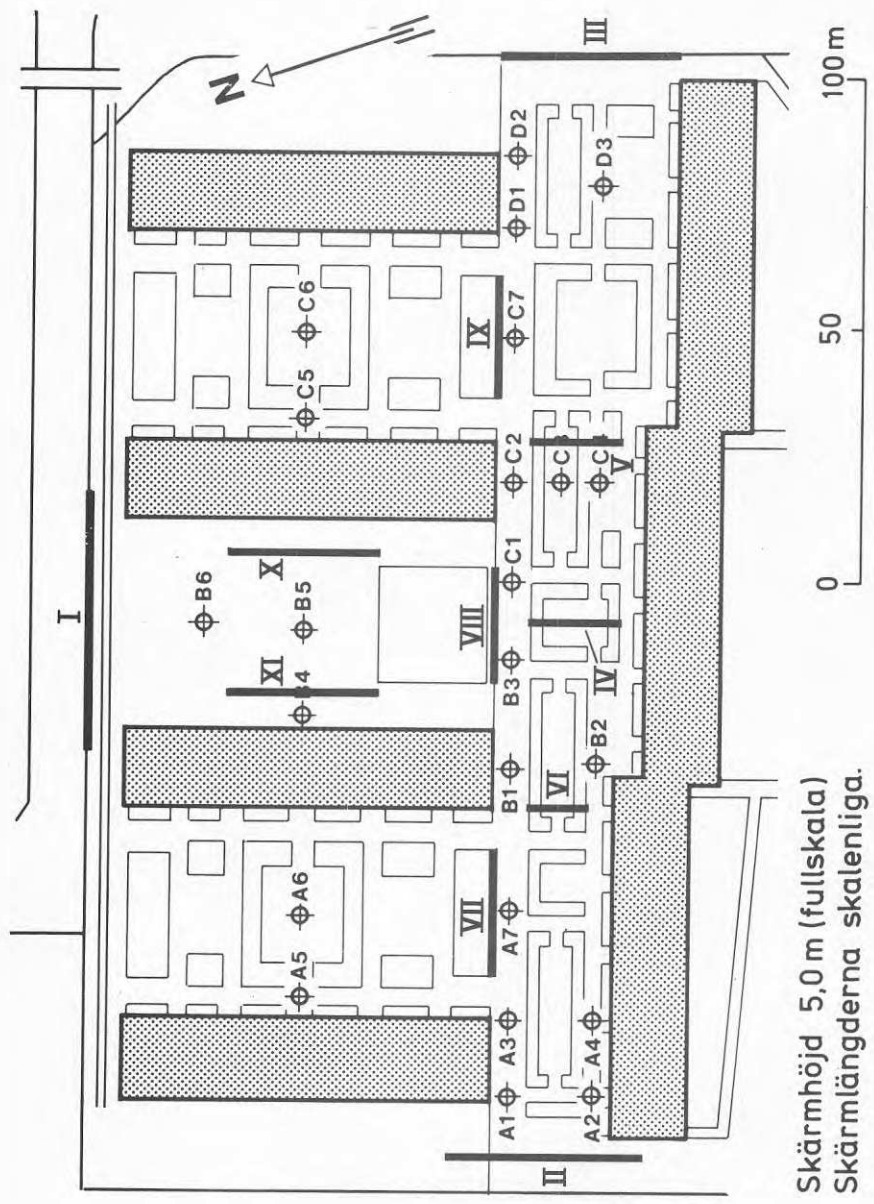


Fig. V.5 Mätstationslägen vid detaljstudium av vindförhållanden på västra gården vid NV-vind.



Skärmhöjd 5,0 m (fullskala)
Skärm längdena skalenliga.

Fig. V.6 Undersökta skärmplaceringar.

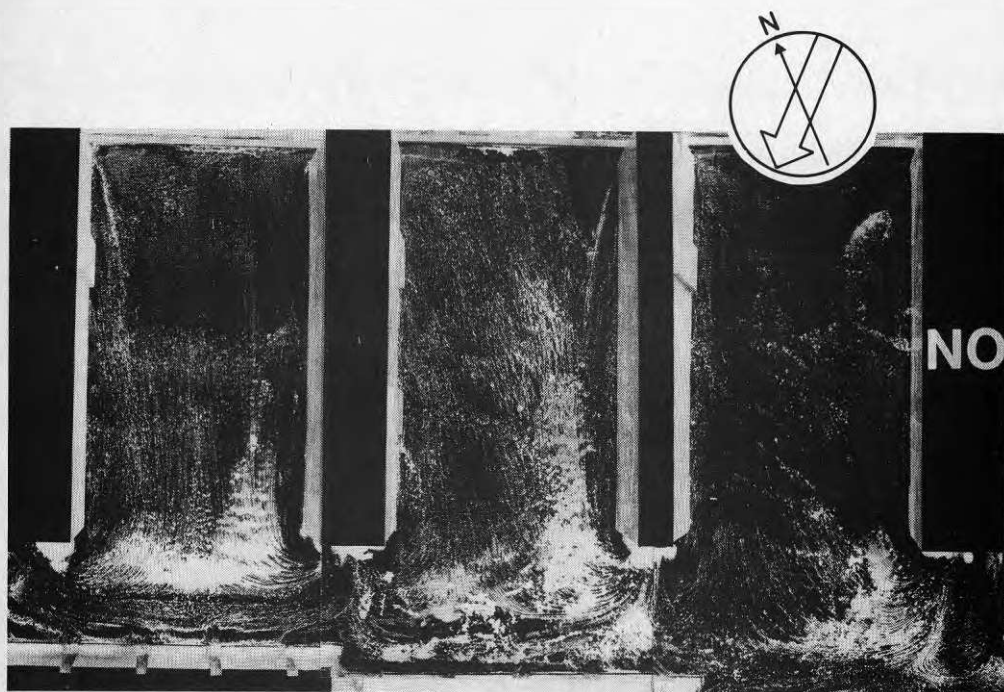
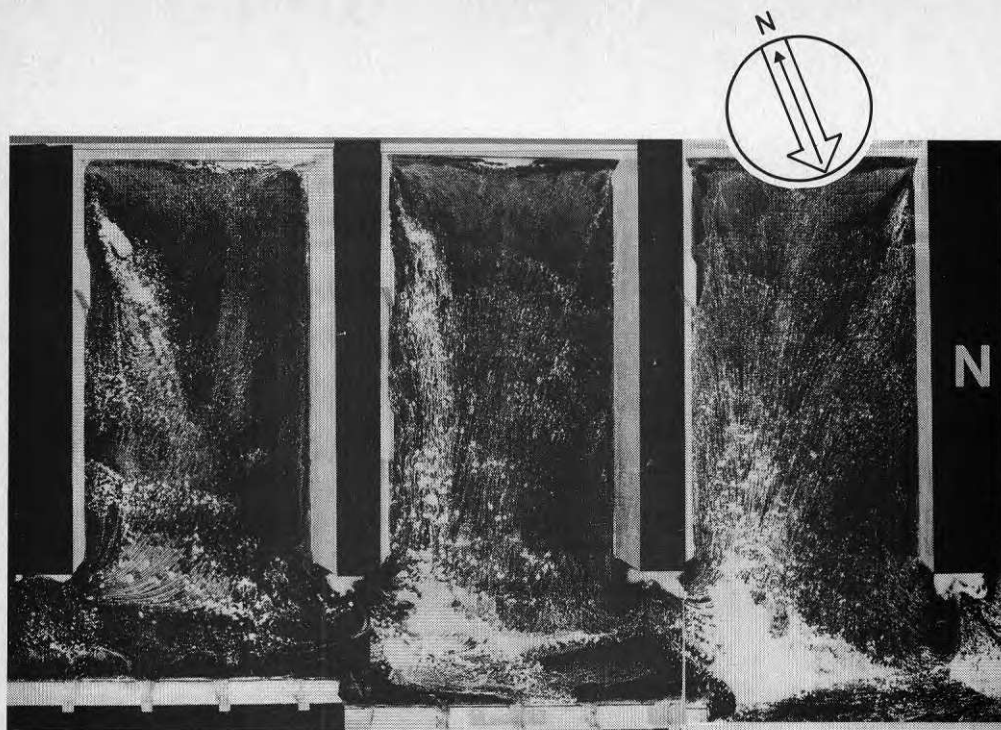


Fig. V.7 Strömningsbilder från färgemulsionsprov.
a) Vind från N och NO

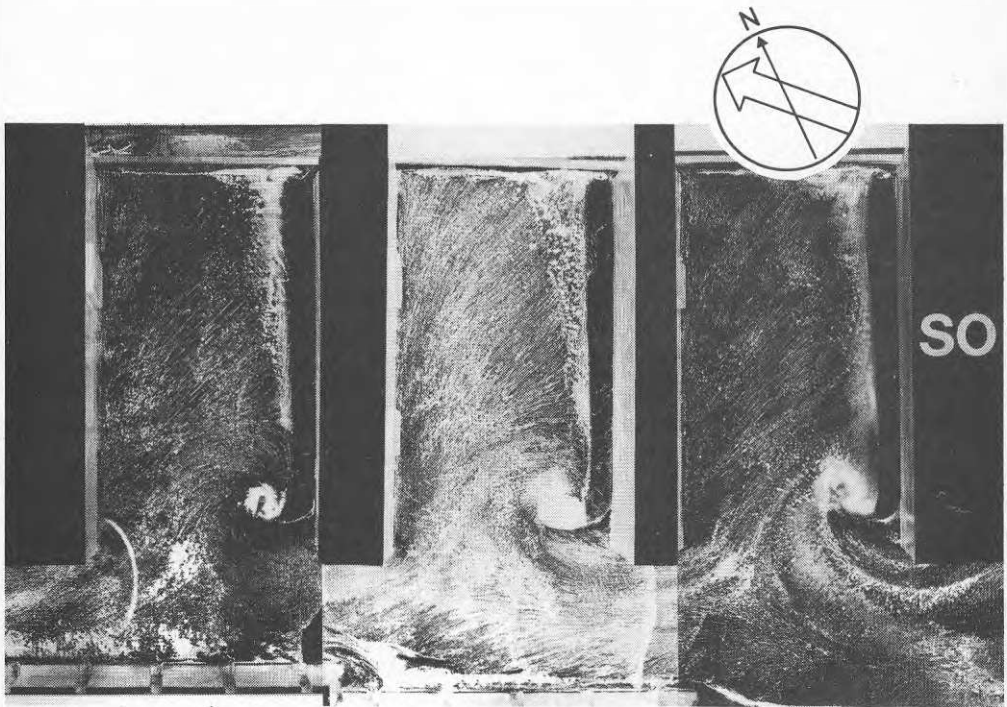
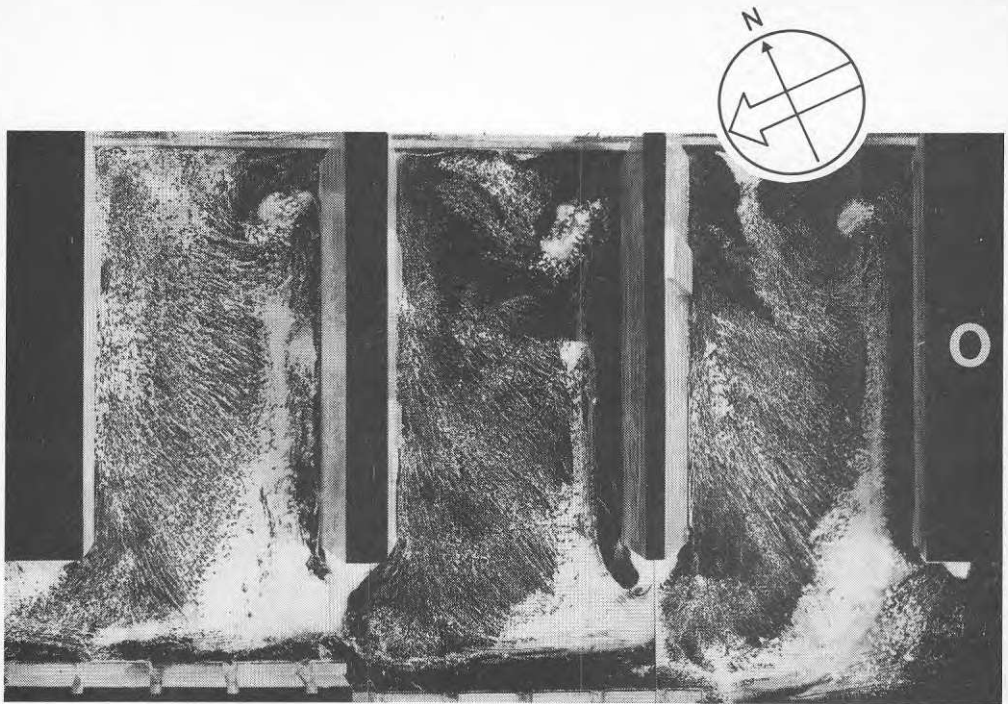


Fig. V.7 Strömningsbilder från färgemulsionsprov.
b) Vind från 0 och SO

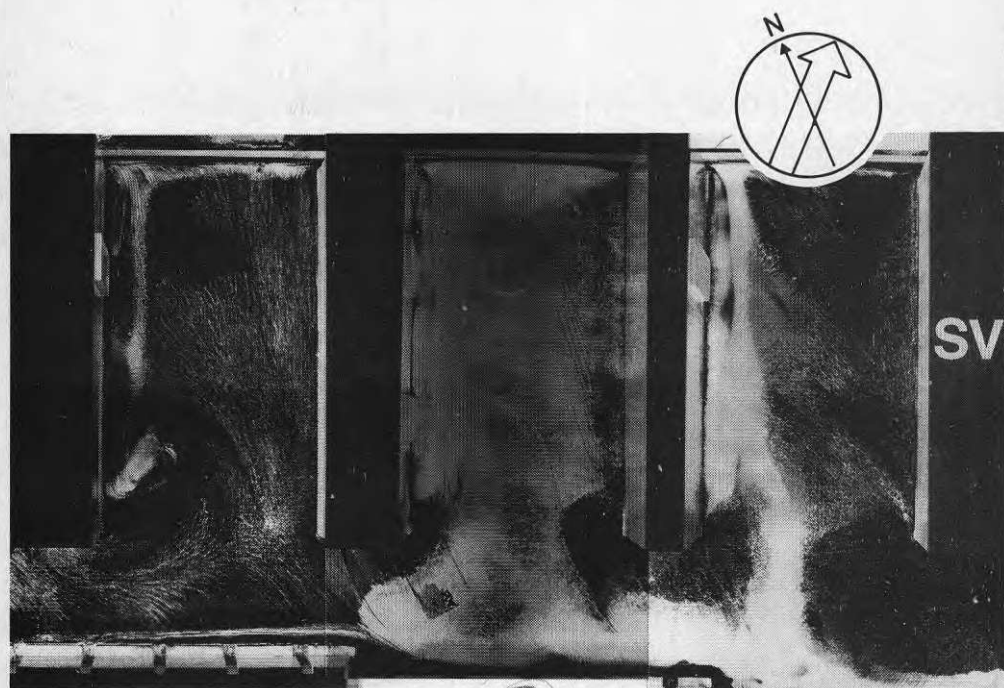
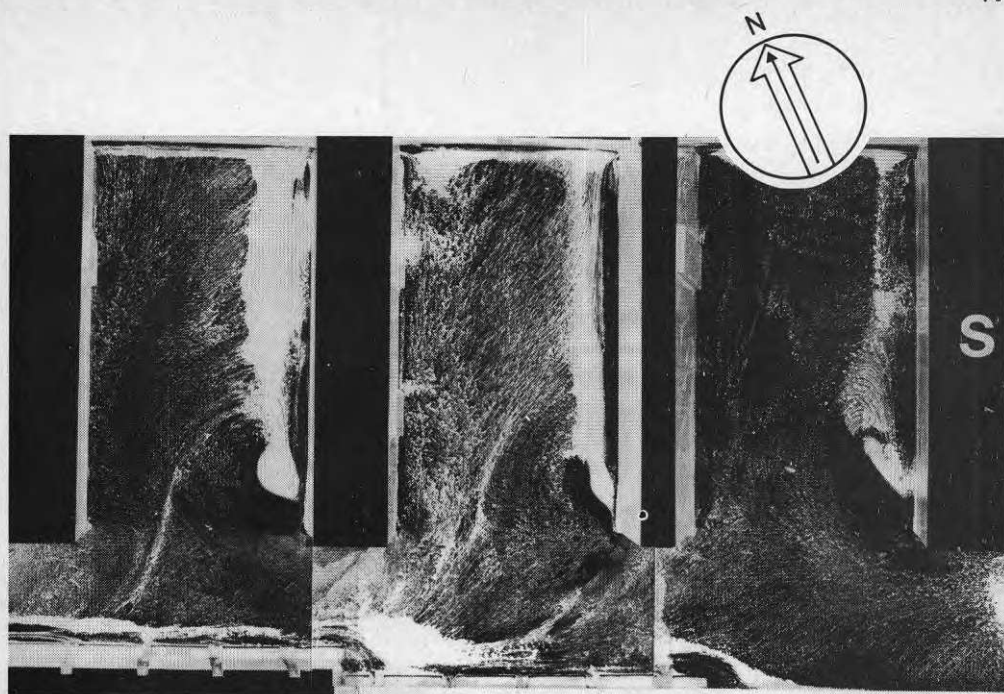


Fig. V.7 Strömningsbilder från färgemulsionsprov.
c) Vind från S och SV

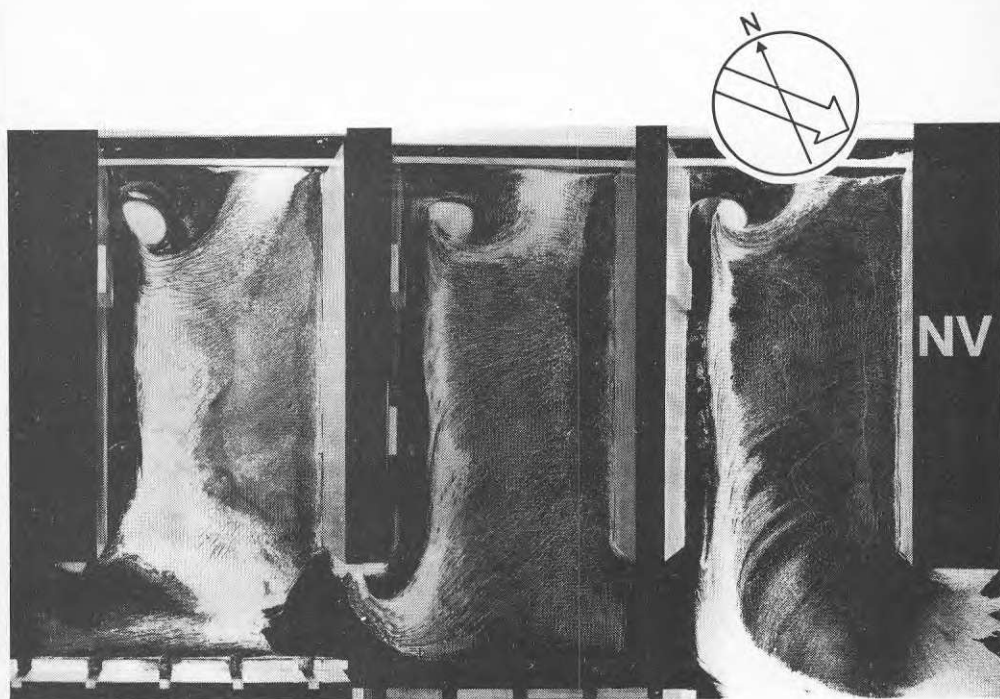
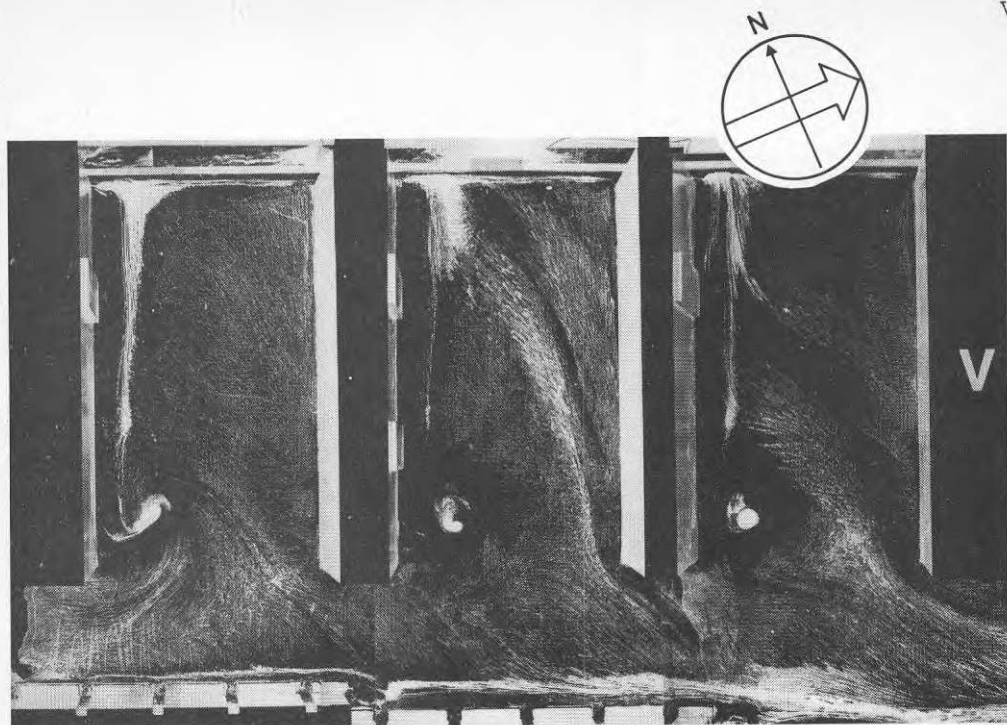


Fig. V.7 Strömningsbilder från färgemulsionsprov.
d) Vind från V och NV

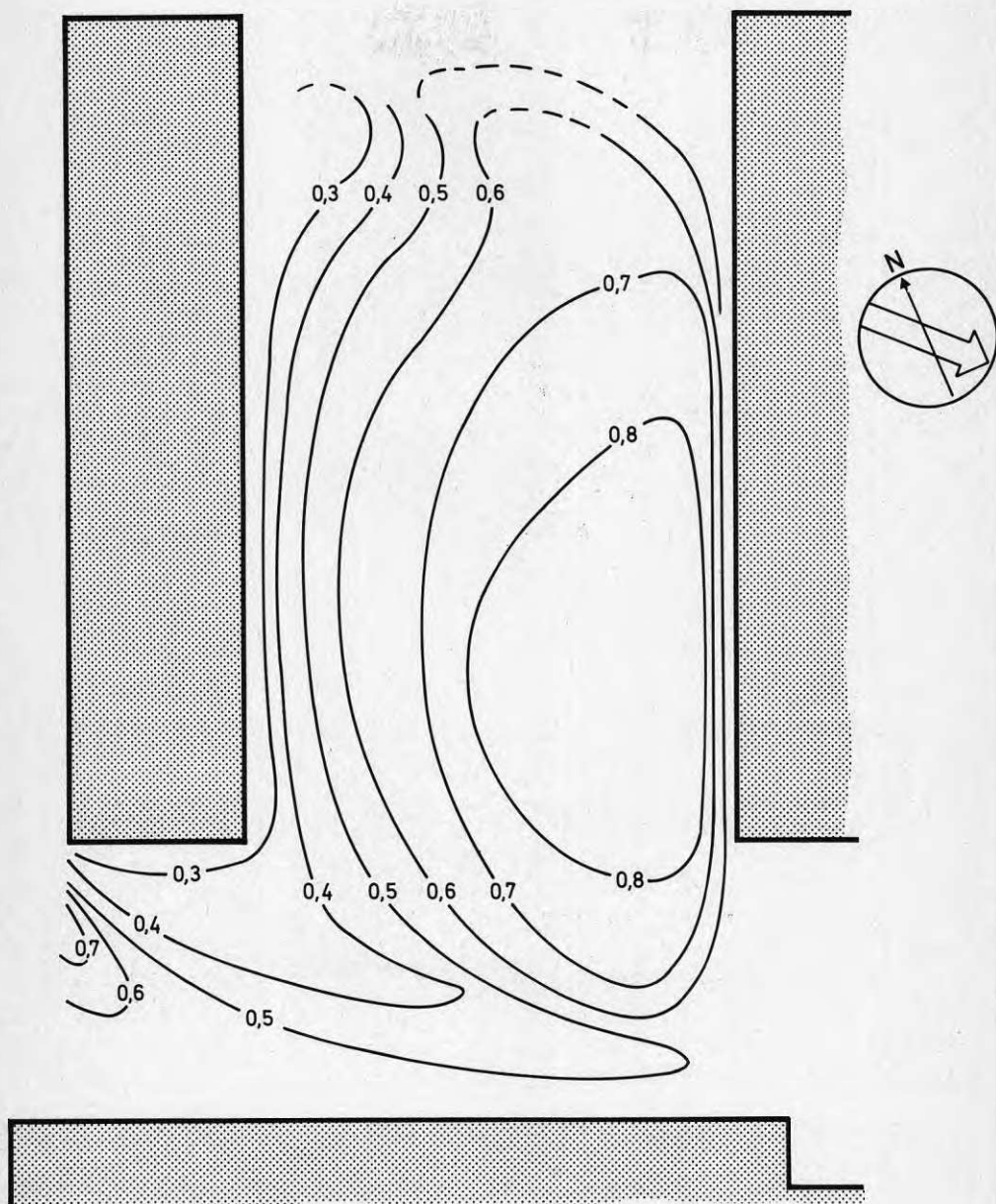


Fig. V.8 Isovelmönster ($r = \frac{\bar{u}_2}{\bar{u}_{ref_2}} = \text{konst}$) för västra gården.
Vindriktning NV.

a) Utan trappbyggnad och vegetationslådor på gården.

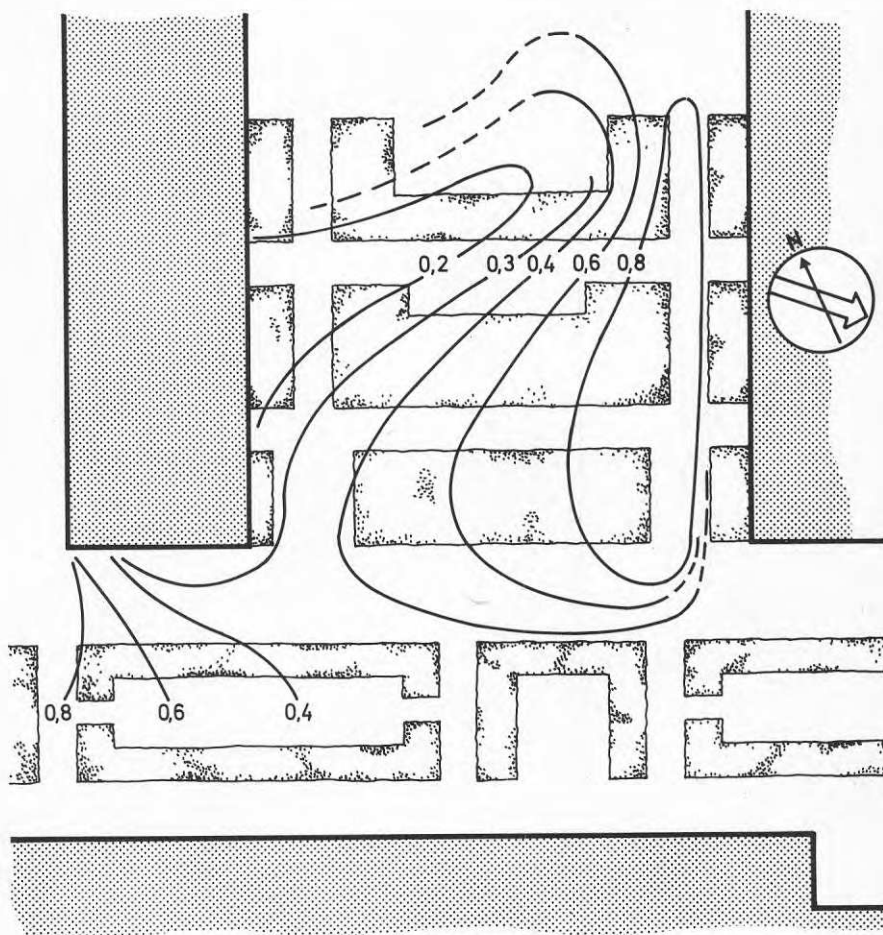


Fig. V.8 forts.

b) Med trappbyggnad och lådor utan vegetation

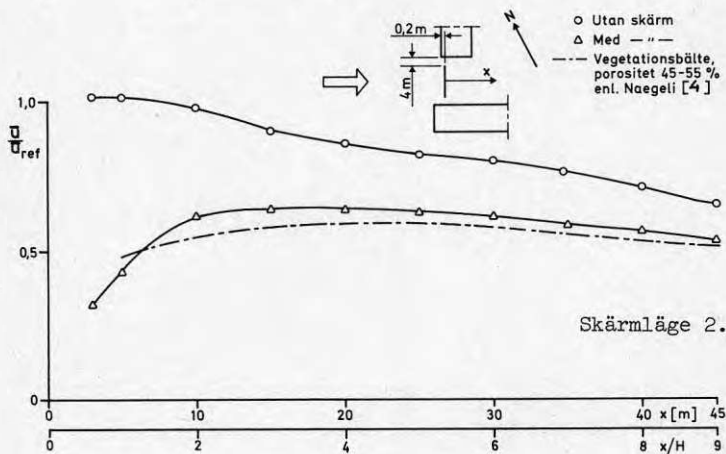
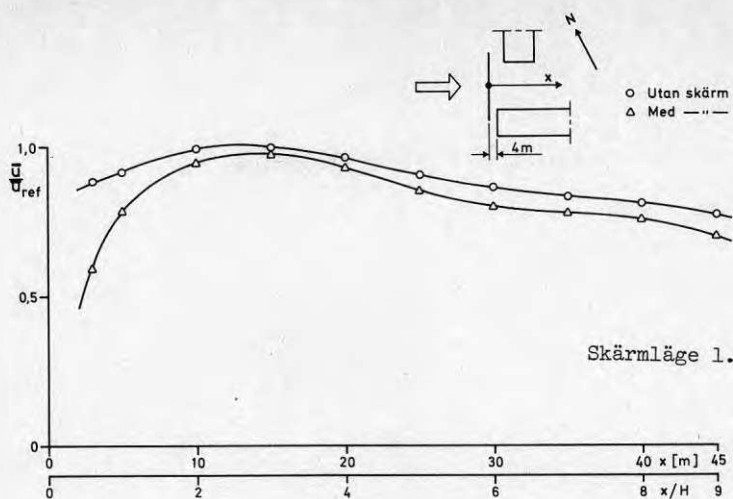
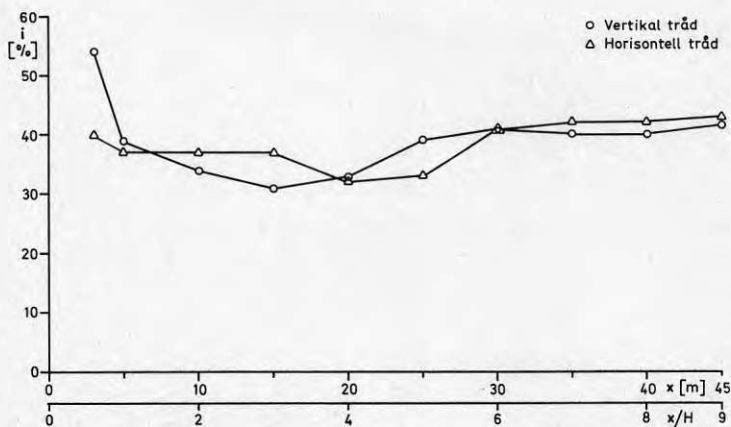


Fig. V.9 Vindhastighetsreduktion pga skärm (alternativa lägen) i gångstråkets västra del, mätt på 2 m höjd (fullskala).



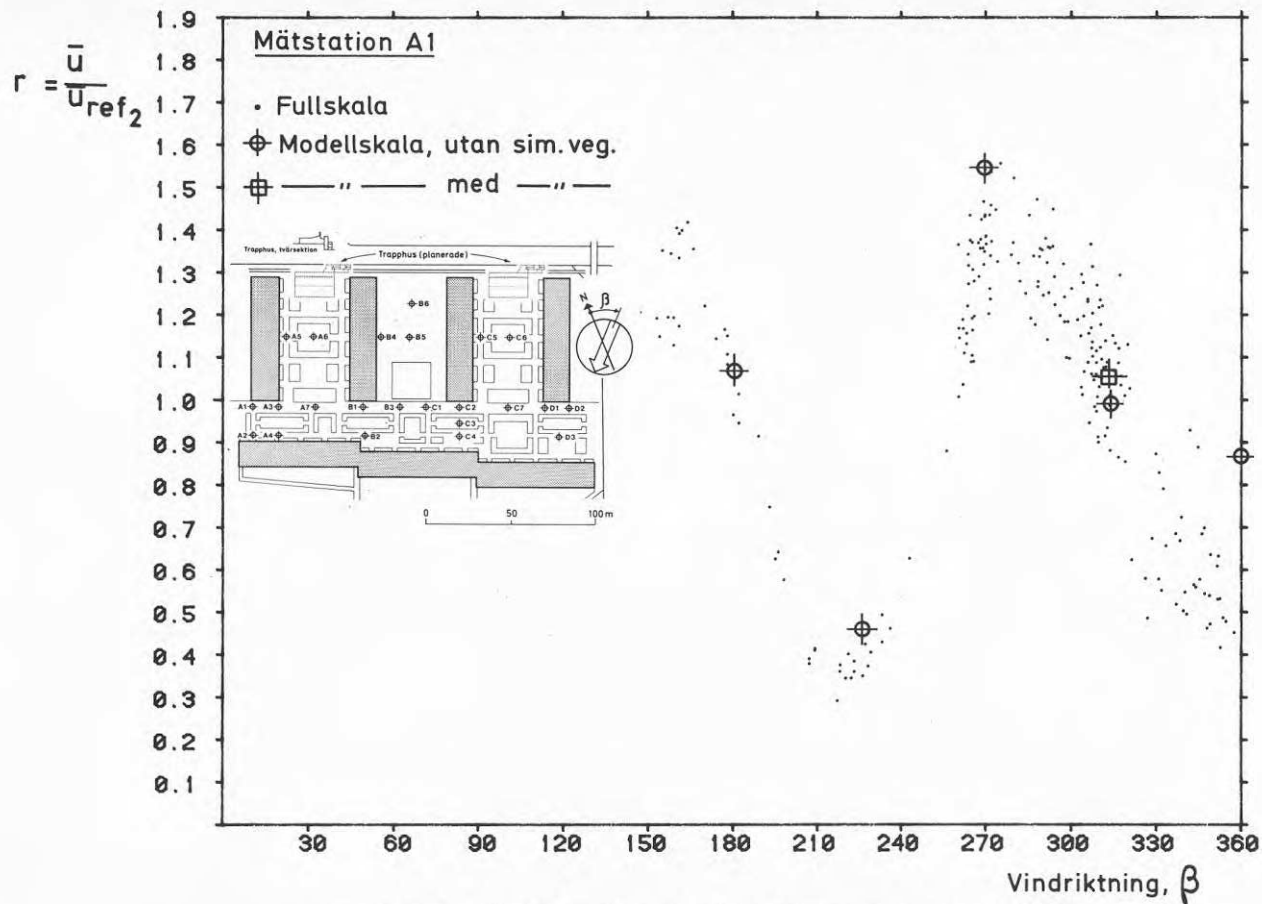


Fig. V.11 Jämförelse mellan relativa vindhastigheter uppmätta i vindtunnel resp fullskala. Referensvindhastighet mätt på 2 m höjd.
a) Mätstation A1.

$$r = \frac{\bar{u}}{\bar{u}_{ref_2}}$$

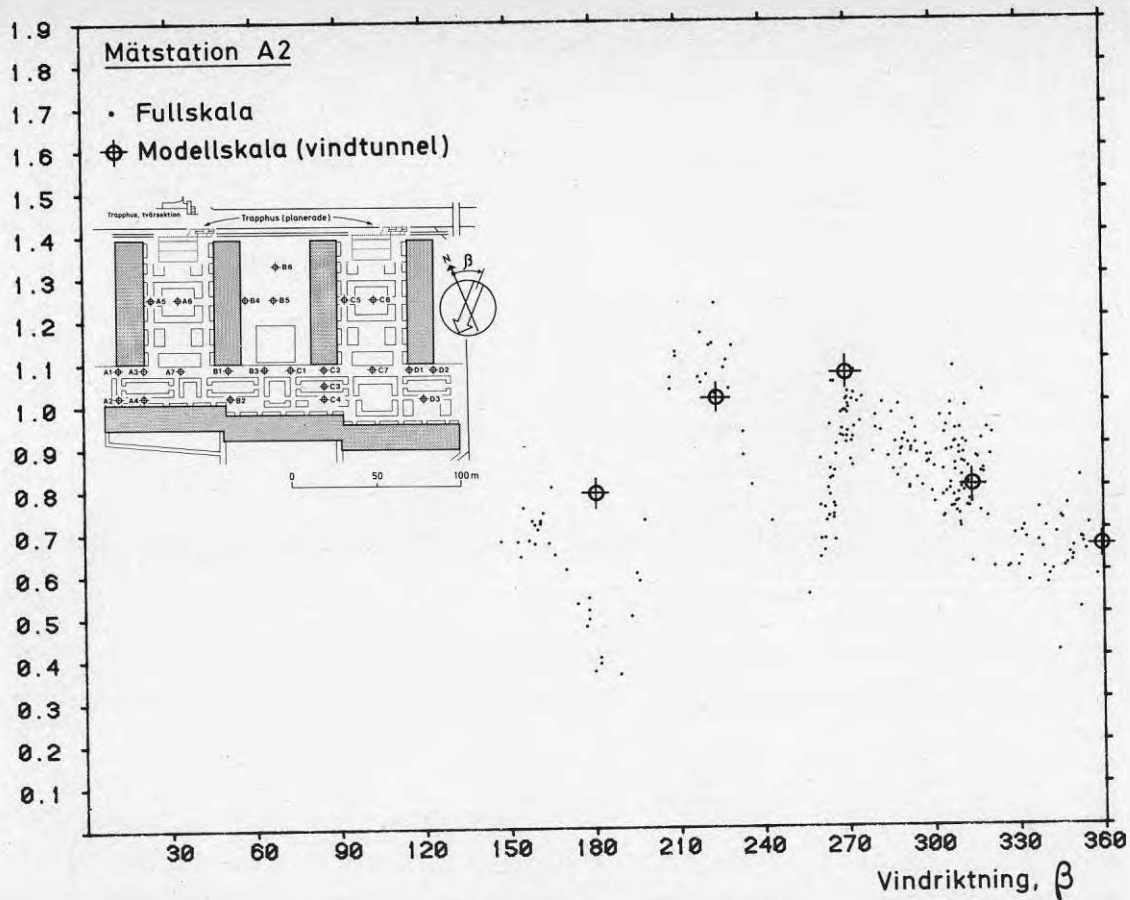


Fig. V.11 forts.
b) Mätstation A2.

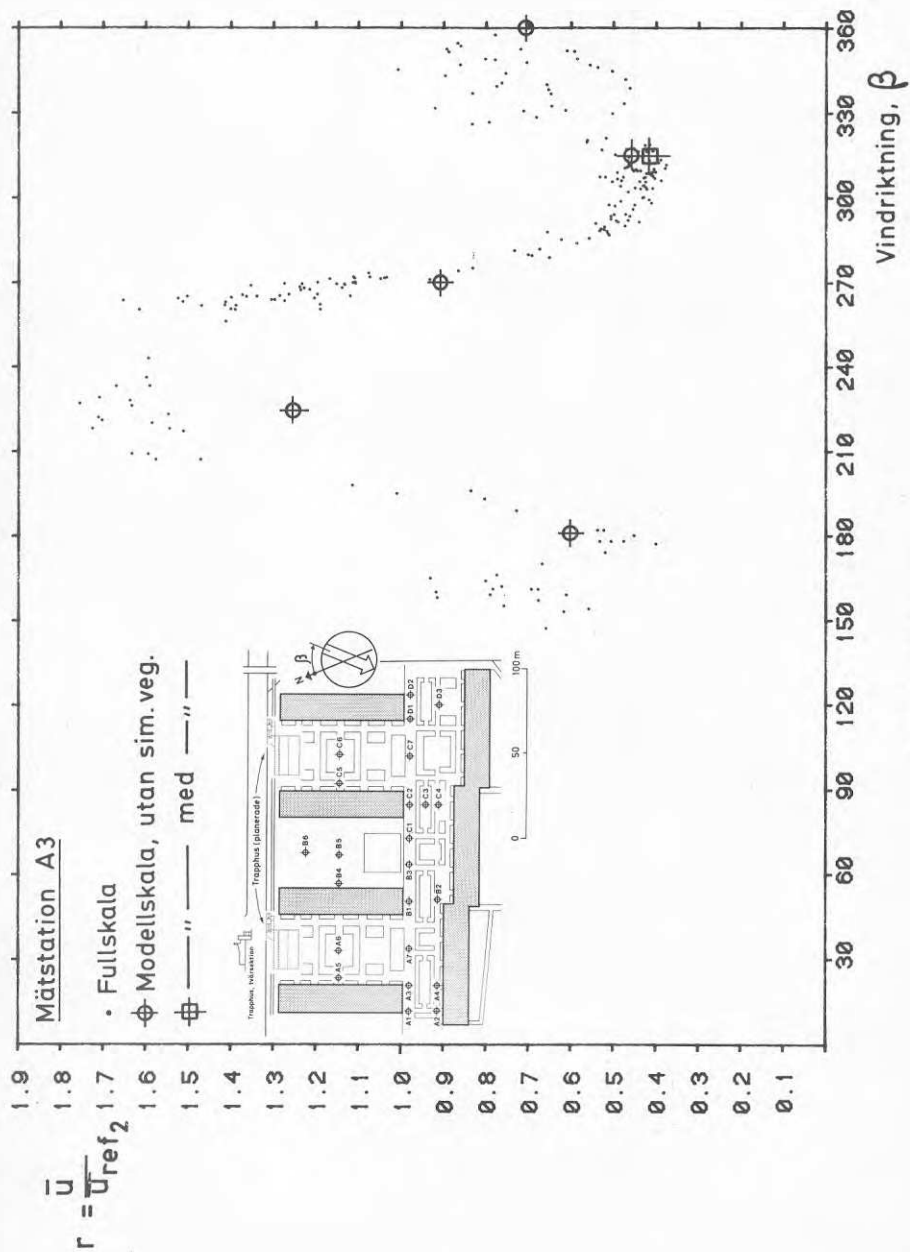


Fig. V.11 forts.
c) Mätstation A3.

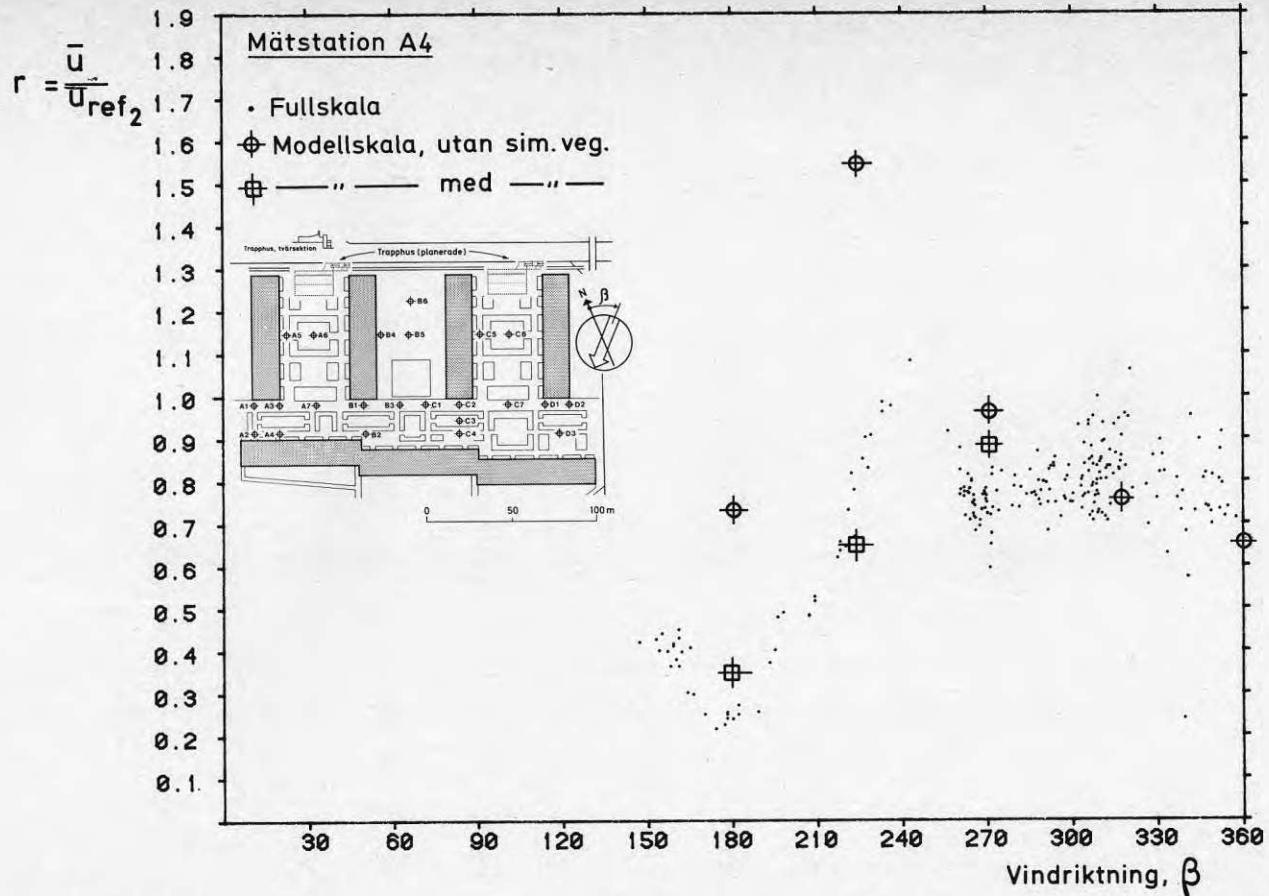


Fig. V.11 forts.
d) Mätstation A4.

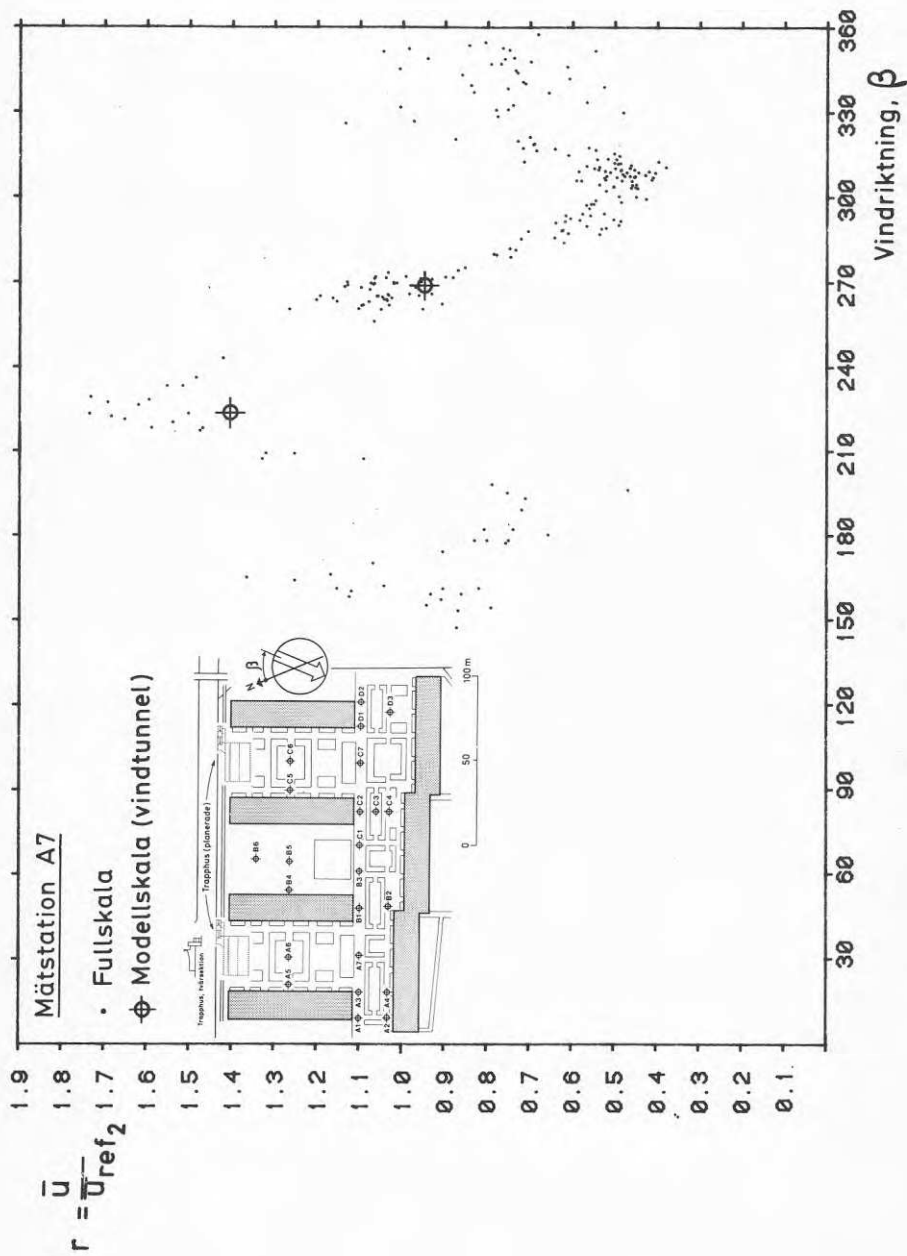


Fig. V.11 forts.
e) Mätstation A7

STUDIER AV VINDFÄLT MED ENKLA INDIKATORER

Jan O. Mattsson
Peter Schlyter

INNEHÅLL

Vindspår i snö	VI.3
Vindindikation med enkla anemografer	VI.5
Litteratur	VI.6

STUDIER AV VINDFÄLT MED ENKLA INDIKATORER

Vindspår i snö

Som ett mindre komplement till vindtunnel- och fullskalemätningarna uppskattades vid några tillfällen vindfältet i Sörbäck med hjälp av vindspår i snö.

Holmer (1978) har beskrivit metoden. Vindspår i snö kan ta form av vindkanaler kring träd och stolpar, avsättningar av klabbsnö på lovartsidan av sådana objekt och strieringar i snötytor. De båda senare slagen av indikatorer användes i Sörbäck i samband med snöfall kombinerat med hård vind. Endast lovartavsättningar mycket nära markytan observerades för att en entydig höjd för vindfältet (marknivå; jfr vindtunnelstudierna med färgemulsionsmetoden) skulle erhållas. Dessutom förekom spåren här i tillräcklig omfattning för att möjliggöra kartering. Observationerna gjordes över horisontell plan mark och på betryggande avstånd från eventuellt störande detaljtopografi. Vidare kontrollerades att spåren bildats under en period med konstant vindriktning och senare ej påverkats av vindar från andra riktningar.

Figur VI:1 visar resultatet av en vindspårkartering den 11 december 1979 efter snöfall i kombination med östlig vind (80°). Som framgår av figuren indikeras tydligt förekomsten på gårdarna av stora virvlar och diagonalströmning som också

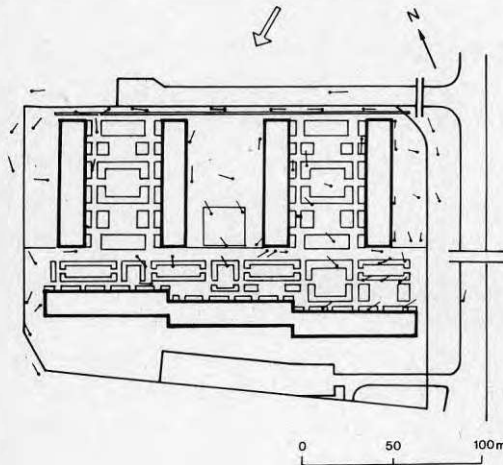


Fig. VI:1. Resultat av vindspårkartering i snö i Sörbäck den 11 december 1979 vid situation med östlig vind. I denna och nästa figur motsvarar punkterna observationsplatser och är samtidigt spetsar i de pilar som anger vindens riktning.

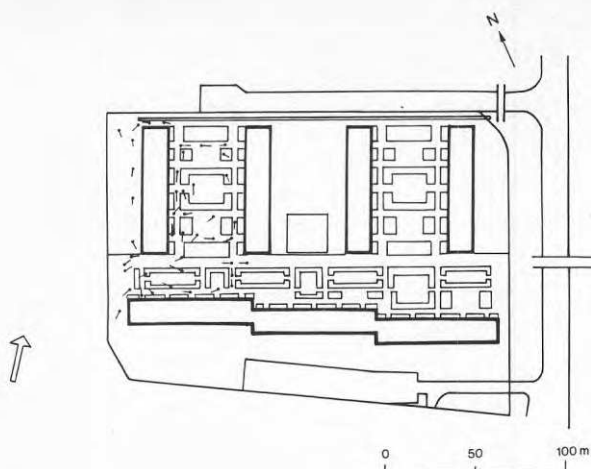


Fig. VI:2. Resultat av vindspårkartering i snö i västra delen av Sörbäck den 12 januari 1981 vid situation med sydvästlig vind.

framträder tydligt i vindtunnelförsöken. En tydlig hörnvirvel kan också spåras bakom det västligaste höghuset. På lovartsidan av den östligaste huskroppen styrs luften snett ut från väggytan i ungefär sydöstlig riktning. I några fall synes motsatt riktade vindar ha förekommit i en och samma punkt.

Karteringen som legat till grund för fig. VI:2 inskränktes till västligaste delarna av Sörbäck. Den utfördes den 12 januari 1981 vid snöfall och hård vind från sydväst. Vid detta tillfälle pågick ombyggnadsarbeten på de mellersta och östra gårdarna, vilket omöjliggjorde en kartering av det typiska vindfältet på dessa. Också vid detta tillfälle framträder tydligt en stor virvel på gården. (Jfr motsvarande vindtunnelregistrering.) En mindre hörnvirvel indikeras i anslutning till den långsträckta byggnaden i söder. Särskilt kraftiga vindar förekom vid det aktuella tillfället i gattet mellan höghuset och byggnaden i söder. Vindstyrkan var speciellt hög vid höghusets sydöstra hörn. Lekplatsen i södra delen av gården var också vindutsatt.

Vindindikation med enkla anemografer

Melander et al. (1975) har föreslagit en enkel metod för vindmätning. Metoden bygger på att droppar av tusch får falla från en behållare uppsatt i ett stativ ned mot en fast horisontell skiva med registreringspapper. Dropparnas nedslagsplats bestäms av vindens styrka och riktning. Efter ett par hundra droppar framträder ett mönster. Centrum av det område inom vilket dropparna fallit tätast kan sedan tas som medelvärde för vindens riktning och styrka. Detta kan markeras som en vektor på en karta.

Metoden provades i Sörbäck med den modifikation att de av Melander & al föreslagna droppflaskorna ersattes av injektions-sprutor och tuschet av bläck. Indikatorerna tillverkades av 50 x 50 cm stora spånplattor placerade 1,5 m över marken i trebenta stativ (rundträ med skruvfattning), fig. VI:3. På borden monterades en bygel av aluminium på vilken fastsattes en 5 ml engångsspruta med kanyl (nr 16). Bygelns höjd över bordet kunde regleras för anpassning till de allmänna vindhastighetsförhållandena. Diverse prov gav som resultat att Parker Quink (vattenlöslig) var användbar för detta slag av registrering. Registreringen gjordes på läskpapper fastsatt på bordet (fig. VI:4).



Fig. VI:3. Droppanemograf.

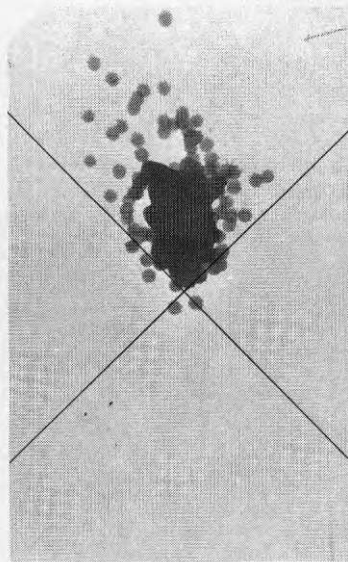


Fig. VI:4. Registrering med droppanemograf.

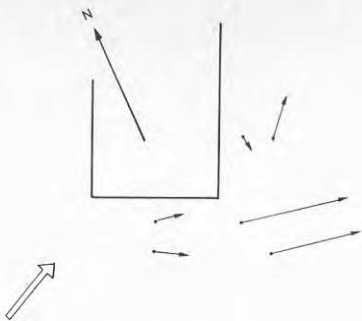


Fig. VI:5. Resultat av vindregistreringar med droppanemografer vid västra höghuset i Sörbäck den 27 juni 1980 kl. 11.30-11.40. Punkter markerar indikatorernas uppställningsplatser och pilar vindens riktning och relativa hastighet på dessa platser.

Vid mätningarna orienterades borden så att bygelns påverkan på strömningen minimerades. På papperet markerades lodpunkten och nordriktningen. Sprutorna fylldes med 5 ml bläck, varvid tillsågs att de droppade jämt. Även om endast en mindre mängd bläck användes, fylldes sprutorna helt, eftersom dropp-takten då blev jämnare. Minst två personer krävdes för att sköta de 10 indikatorer som samtidigt provades.

Proven med utrustningen visade, att denna knappast kan användas för att bestämma den absoluta vindhastigheten. Droppmetoden kan dock utnyttjas för indikering av vindriktningar och för grövre uppskattningar av relativa hastigheter. Den kompletterar andra slag av vindindikationer t.ex. studier av vindspår i snö.

I fig. VI:5 redovisas resultatet av vindregistreringar med droppanemograferna vid det västra höghuset i Sörbäck. Registreringarna gjordes vid sydvästlig vind och kan jämföras med motsvarande indikeringar med vindspår i snö (fig. VI:2).

Litteratur

Holmer, B., 1978. Vindklimatet i Göteborg (GUNI Rapport 11. Göteborg.)

Melander, U., Ljungström, S. & Törnsäter, G., 1975. Vinden, människan, arkitekten, (KTH Formlära.) Examensarbete.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790893-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Naturgeografiska institutionen vid Lunds
Universitet och FOJAB arkitektkontor i Lund.**

R91: 1982

ISBN 91-540-3760-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700591

**Abonnemangsgrupp:
Y. Byggnadsfunktion**

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

Cirkapris: 50 kr exkl moms