



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Vindklimatiska studier vid planering av bostadsområden

Karol Dubinski

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-0458
Plac	Ser

R/5

Byggeforskningsrådet

Ser.

R29:1980

VINDKLIMATISKA STUDIER VID PLANERING
AV BOSTADSOMRÅDEN

Karol Dubinski

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770180-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Avd för byggnadskonstruktion, CTH, Göteborg.

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

R29:1980

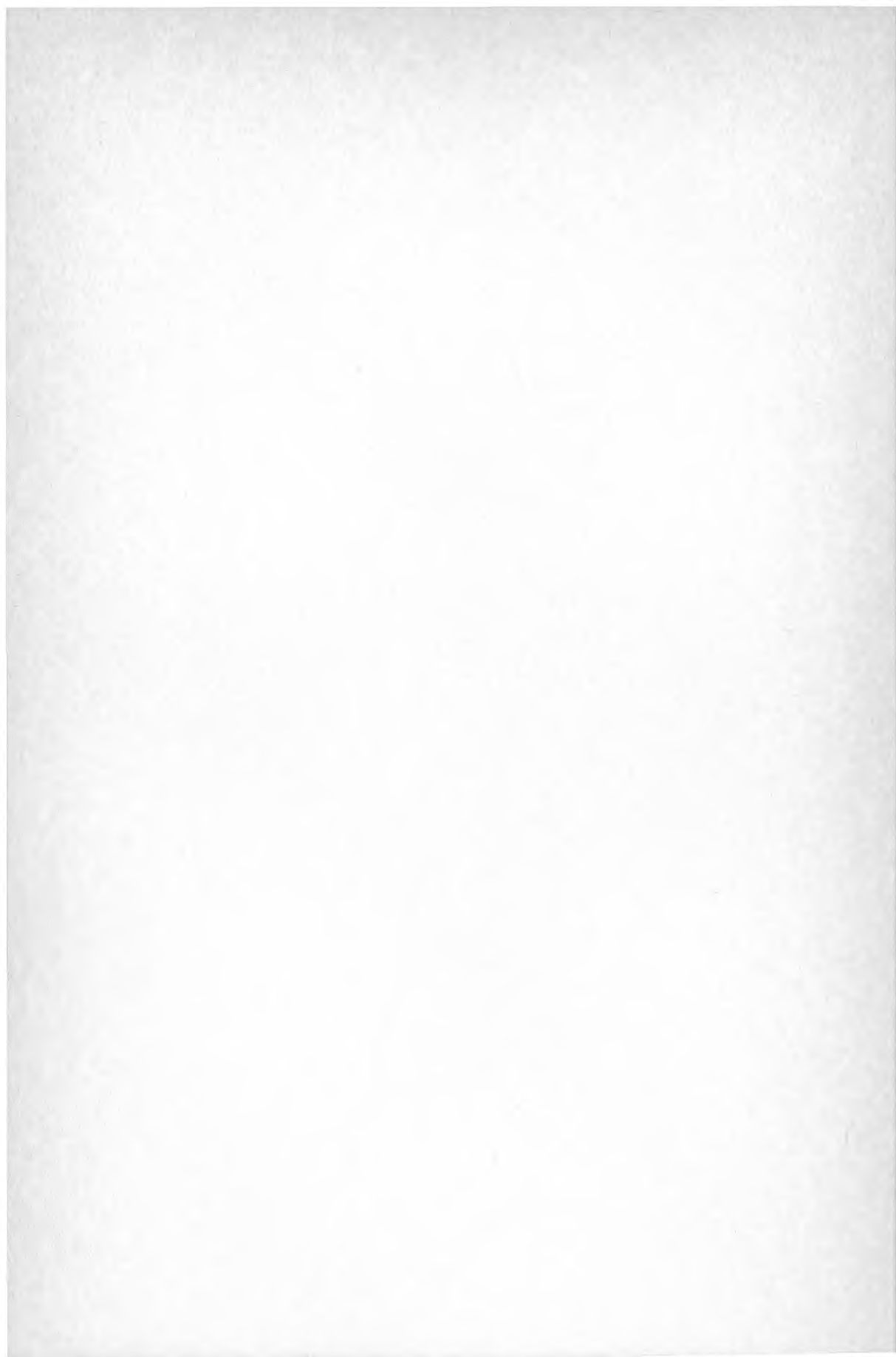
ISBN 91-540-3195-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 050963

INNEHÅLL

1.	Inledning	5
2.	Vindbeskrivning	7
3.	Vindbetingade komfortkriterier	11
3.1	Komfortnivåer och effektiva hastigheter	11
3.2	Acceptabla vindhastigheter, förekomst- frekvenser	13
3.3	Vindens termiska effekter	17
4.	Vindproblematik på olika planeringsnivåer	19
4.1	Planeringsskalor	19
4.2	Regionplan - makroklimat	20
4.3	Lokalplan - lokalklimat	21
4.4	Detaljplan - närklimat	22
5.	Vindstudier på region- och lokalplanenivå	23
5.1	Underlag - vindstatistik	23
5.2	Vindklimatiska utredningar	26
5.3	Planeringsåtgärder	37
6.	Vindstudier på detaljplanenivå	41
6.1	Preliminära studier	41
6.2	Undersökning i vindtunnel	44
6.3	Vindeffekter inom bebyggda områden	48
6.4	Planeringsåtgärder	60
7.	Åtgärder i befintlig bebyggelse	67
7.1	Vindskärmar	67
7.2	Andra typer av skyddsanordningar	71
8.	Mätteknik	79
8.1	Mätning av naturvinden	79
8.2	Vindtunnelteknik	82
9.	Litteraturförteckning	87



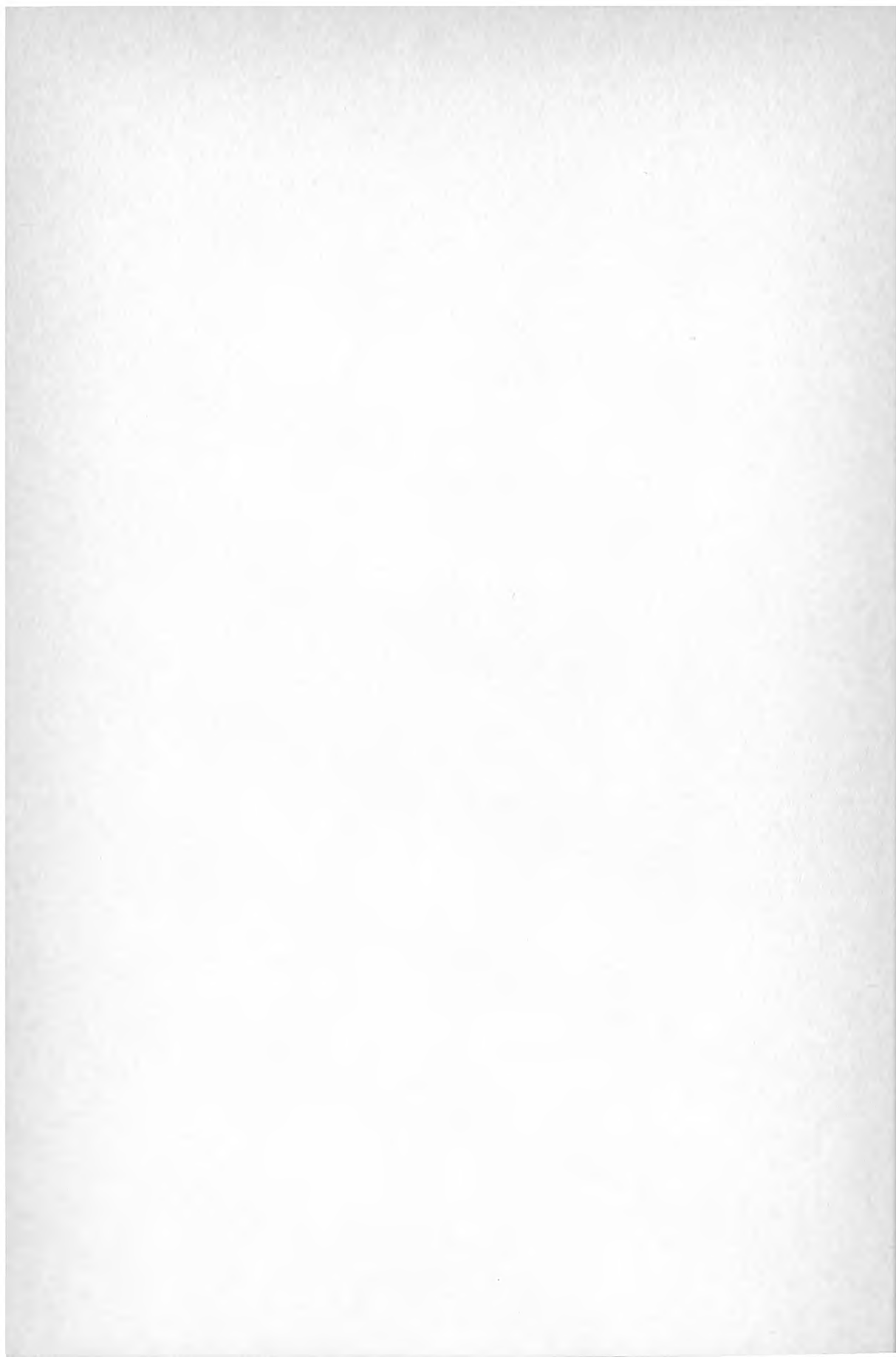
1. INLEDNING

Vindförhållandena tillhör de faktorer som bestämmer utomhusmiljön. De påverkar komfortkänslan för fotgängare och avgör i många fall attraktiviteten för vistelseområden, balkonger och lekplatser. Blåsten påverkar slagregn och snöanhopningar. Den kan dessutom i otäta hus försämra komforten inomhus och värmeekonomin.

Vindklimatet bestäms i hög grad av områdets exponering för vindarna. Orsakerna till besvärande förhållanden står emellertid ofta att finna i områdets planering. För att kunna planera för en tillfredsställande vindmiljö behöver man kännedom om vindens egenskaper och verkningar och om de krav som vid olika former av verksamhet ställs på uteklimatet. Det är också nödvändigt att känna till hur olika åtgärder i bebyggelsen påverkar de naturgivna förhållandena.

Kraven på boendemiljön har ökat under de senaste åren. Dessa krav har formulerats i SBN, God Bostad och Bostadens Grannskap. Allt oftare försöker man att integrera vindproblematiken på planeringens alla nivåer.

Kunskapen om samspelet mellan vind och bebyggelse är för närvarande starkt begränsad och dessutom uppdelad på olika vetenskapsområden. Föreliggande rapport är ett försök att genom sammanställning av tillgänglig information och genom rekommendation av olika åtgärder underlätta beaktandet av vindförhållandena vid planeringen.



2. VINDBESKRIVNING

Grundläggande begrepp vid beskrivning av vindförhållandena är vindens medelhastighet och fluktuationer kring medelvärdet, fig 1.

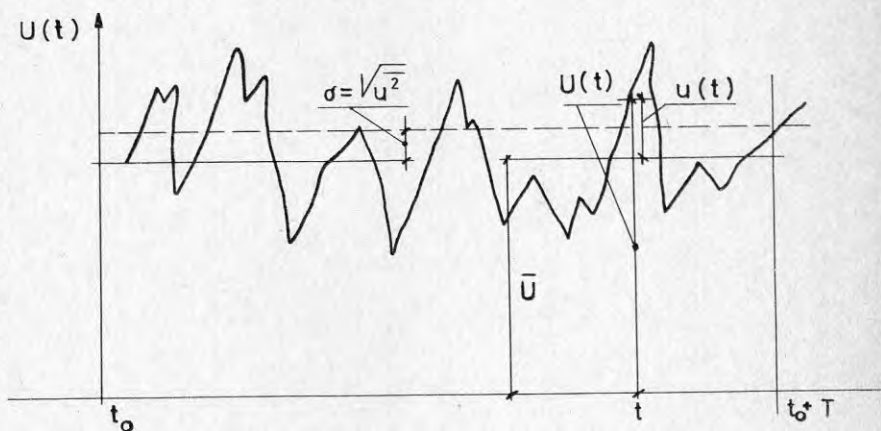


Fig 1. Vindens medelhastighet, \bar{U} , och fluktuationer $u(t)$.

Om vindhastigheten mäts kontinuerligt under en viss period T , fås en tidsfunktion som visar den momentana hastigheten $U(t)$. Denna kan betraktas som summan av ett medelvärde, \bar{U} , under tiden T och den tillfälliga fluktuationern $u(t)$ kring detta medelvärde.

$$U(t) = \bar{U} + u(t) \quad (2.1)$$

Matematiskt sett kan medelhastigheten definieras som integralen

$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_t^{t_0+T} U(t) dt \quad (2.2)$$

Medelvärde tas över en period på 10-30 minuter, vanligtvis 10 minuter.

Vindens fluktuationer karakteriseras av dess standardavvikelse σ eller varians σ^2 som kan beräknas med följande integral (se fig

$$\sigma^2 = \overline{u^2}(t) = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt \quad (2.3)$$

Medelhastigheten \overline{U}_z är funktion av höjden z över markytan och beskriver en terrängberoende profil under den sk gradientvinden \overline{U}_g s nivå z_g

$$\overline{U}_z = \overline{U}_g \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha \quad (2.4)$$

där: \overline{U}_g = gradienthastigheten

z_g = gradienthöjden (beroende av markytans skrovlighet)

α = exponent (- " -)

Gradientvinden är oberoende av markens ojämnheter.

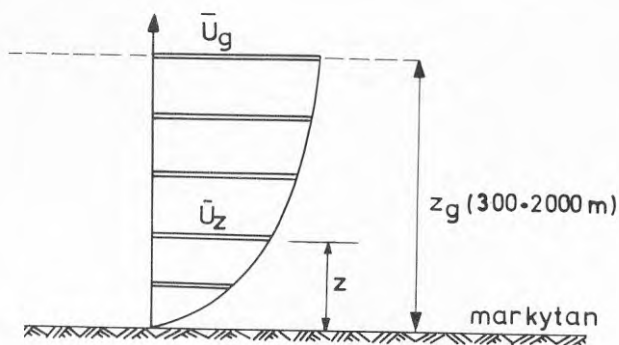


Fig 2. Medelhastighetens variation med höjden.

Hastighetsprofilen är beroende av luftens friktion mot marken och varierar därför med terrängytans skrovlighet. Den senare karakteriseras av α -värdet, se tabell 7.

Vid sidan av exponentrelationen (2.4) gäller också, för medelhastighetsvariationer med höjden, en logaritmisk relation där det bl a ingår en parameter z_0 som karakteriserar markytans skrovlighet, se tabell 7.

Den vertikala vindprofilen för vindens medelhastigheter gäller under förutsättning att atmosfärens termiska stabilitet är neutral, dvs att lufttemperaturen avtar med höjden med $1^{\circ}/100$ m. Detta sker i princip vid högre vindhastigheter ($> ca 10$ m/s).

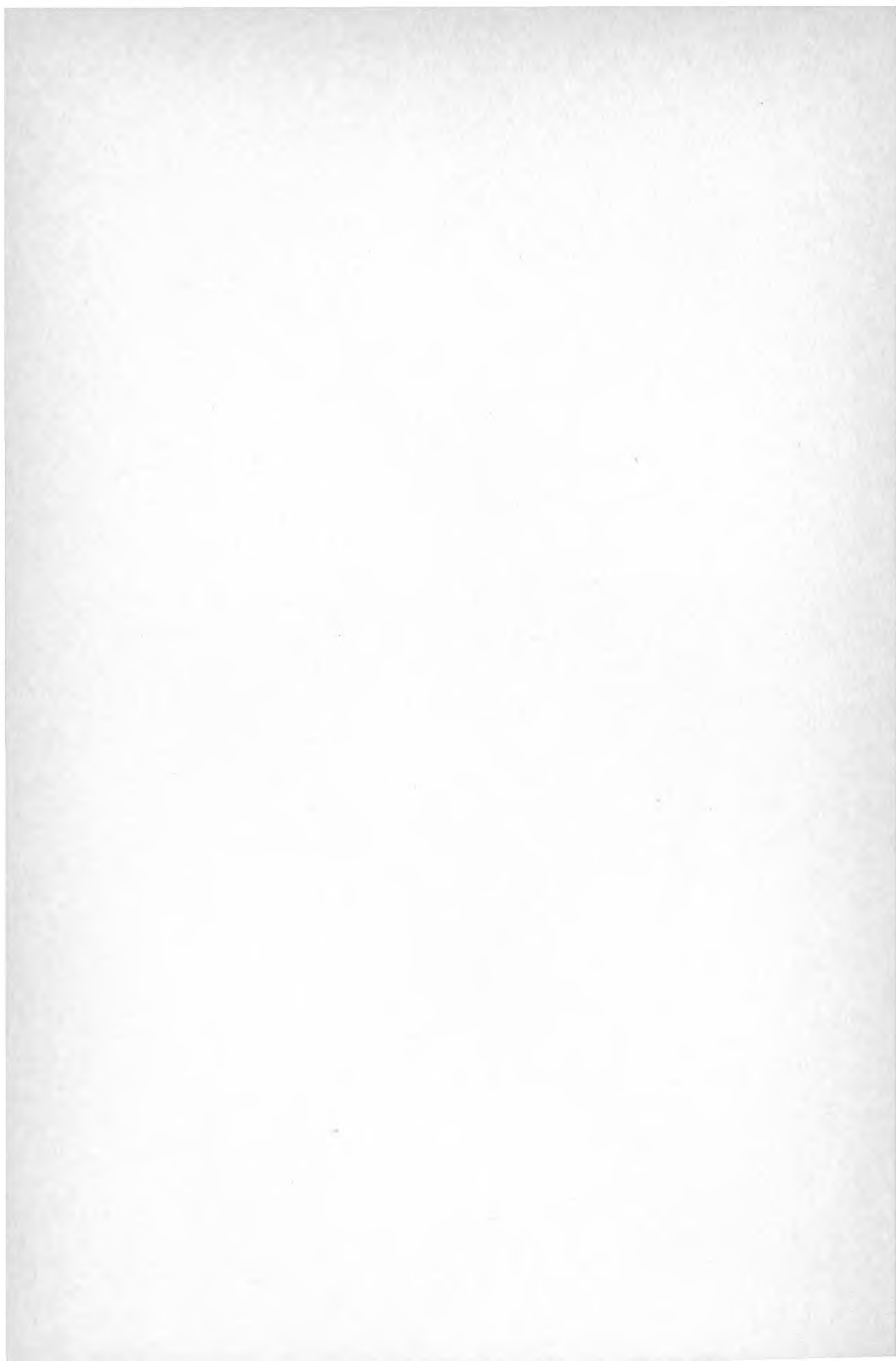
Luftrörelser sägs vara mer eller mindre turbulenta om deras hastighetsvariationer i viss omfattning är oregelbundna. Man definierar turbulensintensiteten genom relationen

$$I = \sigma/\bar{U} = \sqrt{\overline{u^2}}/\bar{U} \quad (2.5)$$

där σ är fluktuationernas standardavvikelse för samma tidsperiod som gäller för medelhastigheten. Med vindmätningar har man visat att vindhastigheten i en punkt ofta varierar kring medelvärdet i ett mönster liknande normalfördelningens, fig 1. En vindhastighet U_{\max} som endast med liten sannolikhet överskrids kan därför bestämmas med hjälp av uttrycket

$$\bar{U}_{\max} = \bar{U} + 3,5 \sigma \quad (2.6)$$

Detta stämmer överens med mättningsresultat på flertalet meteorologiska stationer (1).



3. VINDBETINGADE KOMFORTKRITERIER

3.1 Komfortnivåer och effektiva hastigheter

Vinden skapar obehag dels av mekaniskt och dels av termiskt slag. För de förstnämnda störningarna har man uppställt olika komfortkriterier. Dessa är i allmänhet relaterade till vindhastigheten trots att det är den kraft vinden åstadkommer på människan som är av betydelse.

Vindens inverkan på människan har studerats under lång tid och kommer exempelvis till uttryck i Beaufortskalan. Denna skala har kompletterats av British Research station, tabell 1, se (18).

Tabell 1, Beauforts "landskala"

Beaufortskalan	Vindhastighet m/s	Effekter
0 1	0 - 1,5	Lugn
2	1,6 - 3,3	Vinden känns i ansiktet
3	3,4 - 5,4	Håret bringas i ordning, kläderna flaxar
4	5,5 - 7,9	Damm, torr jord och löst papper lyfts upp
5	8,0 - 10,7	Vindkraften känns på kroppen, drivande snö blir luftburen Gräns för angenäm vind till lands
6	10,8 - 13,8	Svårt att använda para- plyer, håret blåses rakt, svårt att prome- nera jämnt Otrevligt vindljud, snö- storm
7	13,9 - 17,1	Besvär vid promenad
8	17,2 - 20,7	Hinder vid promenad, svårt att hålla balan- sen i vindbyar
9	20,8 - 24,4	Människor blåses om- kull av vindbyar

De till olika nivåer i Beaufortskalan relaterade vindhastigheterna är medelvärden över 10 minuter uppmätta på en höjd av 10 meter över en terräng med låg turbulensintensitet.

En direkt användning av medelhastigheterna för att karakterisera en vindmiljö är emellertid problematisk eftersom förekomsten av vindbyar påverkar komfortkänslan. Man väljer därför att beräkna en sk effektiv vindhastighet U_e enligt uttrycket

$$U_e = \bar{U} + g\sigma \quad (3.1)$$

där g väljes mellan 1 och 3.

3.2 Acceptabla vindhastigheter, förekomstfrekvenser

Vilka vindförhållanden som är acceptabla beror på de för ett område planerade aktiviteterna, på klimatiska faktorer - lufttemperatur och fuktighet - och på subjektiva värderingar.

Att bestämma absoluta komfortnivåer, utan att fastställa acceptabla frekvenser för deras förekomst, räcker inte för att bedöma en vindmiljö.

Olika forskare har föreslagit kriterier som bestämmer både vindhastighetsnivåer och den acceptabla sannolikheten för deras överskridande. Davenport har utarbetat de mest detaljerade komfortkriterierna, vilka differentieras med hänsyn till olika aktiviteter och exponeringstider, se tabell 2.

Tabell 2. Komfortkriterier enligt Davenport (11).

Aktivitet	Vinden är:			
	Förnimbar	Dräglig	Oangenäm	Farlig
- Snabb gång	5	6	7	8
- Strövande	4	5	6	8
- Stående eller sittande ställ- ning, kort expo- nering	3	4	5	8
- Stående eller sittande ställ- ning, lång ex- ponering	2	3	4	8
Acceptabelt vid frekvenser	<1 gång/ vecka	<1 gång/ månad	<1 gång/ år	

Enheter enligt Beaufortskalan. Gäller för temperaturer $t > 10^{\circ}\text{C}$

För lägre temperaturer skall Beaufort-talet sänkas med en enhet för varje temperatursänkning om 20°C .

Relation mellan Beaufortskalan och vindhastigheten (m/s)

Beaufortskalan	1	2	3	4	5	6	7	8
Medelhastighet på 10 meters höjd, öppet slättområde	0,9	2,4	4,4	6,7	9,3	12,4	15,5	18,9
Maximala hastighe- ter på 2 meters höjd, $U_{2,\text{max}} =$ $\bar{U}_{10} \cdot 1,5 \cdot 0,8$	1	3	5	8	11	15	29	23

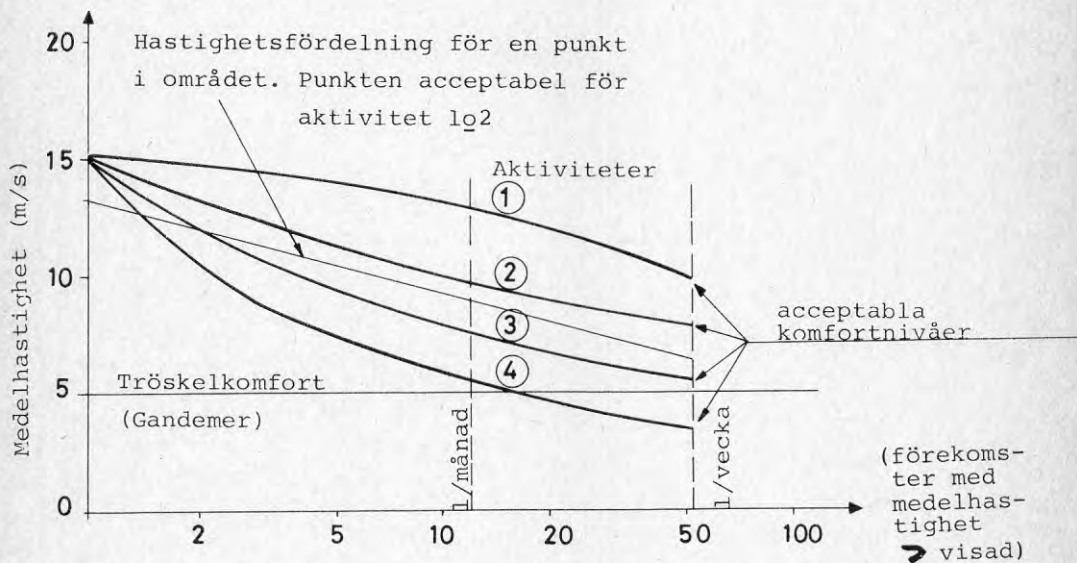
Den vindbyhastighet som motsvarar ett Beaufort-tal bestäms utgående från att medelhastigheter i Beaufortskalan gäller vid låg turbulens. Med utgångspunkt från ekv 2.5 och 2.6 erhålls, under antagande att $I = 15\%$

$$U_{\max} = \bar{U} + 3,5 \sigma = \bar{U} \cdot (1 + 3,5 \cdot 0,15) = 1,5 \cdot \bar{U}$$

De ekvivalenta hastigheterna på 2 meters höjd erhålls från ekv 2.4. För $\alpha = 0,1$ är höjdrelationen

$$\left(\frac{2}{10}\right)^{0,1} = 0,8.$$

Davenport's kriterier har sammanfattats i ett diagram, se fig 3. Fyra kurvor, för motsvarande aktiviteter, har tecknats som funktion av vindhastighet och antalet förekomster om året. Dessa kurvor anger de acceptabla komfortnivåerna.



Aktivitetstyper

1. Snabb gång
2. Promenad
3. Stående eller sittande ställning - kort exponering
4. " " " " - lång "

Fig 3. Acceptanskriterier baserade på medelhastigheter. Efter Davenport (11).

Diagrammet återger approximativt de kriterier som anges i tabell 2. Fördelen med detta är att fördelningskurvor för vindhastigheter i bebyggelsens olika punkter visas mot bakgrund av de acceptabla komfortnivåerna. Punkten i bebyggelsen kan således klassificeras med en lämplig aktivitetstyp, se fig 3.

Enligt franska källor (9) betraktas vindhastigheten $\bar{U} = 5$ m/s som tröskel för märkbara störningar, vid vilken vinden förmår sätta dammpartiklar, papper o dyl i rörelse. Denna hastighet ökas till $U_e = \bar{U} + \sigma = 6$ m/s med hänsyn till turbulensintensiteten som antas vara 0,2. Denna "tröskelkomfort" får förekomma med en frekvens som maximeras enligt data i tabell 3.

Tabell 3. Acceptabla frekvenser för hastigheten 6 m/s (9)

Aktivitet	Maximal förekomstfrekvens (procentuellt, tid/år)
Stående eller sittande ställning, lång exponering - kaféterrasser, friluftsteatrar, simbassänger	5
Stående eller sittande ställning, kort exponering - parker, idrottsplatser, köpcentra	10
Rörelser under promenad - gångbanor, ingångar till byggnader etc	15
Snabb gång - parkeringsplatser, trottoarer etc	25

3.3 Vindens termiska effekter

Vinden påverkar också människans termiska komfortkänsla. Den "effektiva" temperatur människan känner avtar med stigande vindhastighet. Man känner t ex av lufttemperaturen -5°C vid vindhastigheten 15 m/s på samma sätt som lufttemperaturen -13°C vid vindhastigheten 5 m/s - i båda fallen är den effektiva temperaturen -25°C , se fig 4.

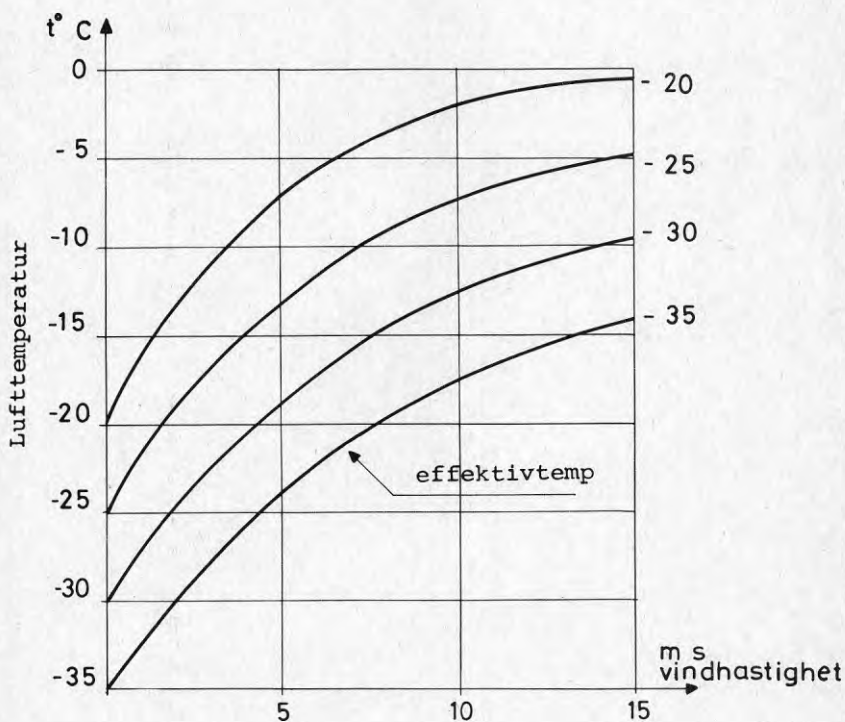


Fig 4. Relation vindhastighet - effektiv temperatur (3).



4. VINDPROBLEMATIK PÅ OLIKA PLANERINGSNIVÅER

4.1 Planeringsskalor

När klimatet undersöks i en region vars utsträckning kan uppgå till flera hundra kilometer opererar man i en makroklimatisk skala - man strävar efter en enhetlig avbildning av de klimatiska förhållandena varvid inverkan av de lokala klimatfaktorerna förbigås. I den lokala skalan bestämmer man de klimatförhållanden som förekommer på ett mindre geografiskt område, där avstånden kanske kan räknas i tiotals kilometer. Ibland använder man sig av termen mesoklimatisk skala för att beteckna denna omfattning av vindproblematiken.

Inom ramen för lokalklimatet undersöker man de klimatiska förhållandena för större områden, t ex stadsdelar och hela städer samt stora jordbruksarealer och skogar. I princip motsvarar den lokala skalan ett område som innefattas i generalplan eller områdesplan. (I den kommunala planeringen kan denna skala motsvara kommundelsplanen, se (20).

Inom ett bebyggelseområde kan man beskriva ett närklimat som råder på ett bebyggelsekomplex i människans närhet. Närklimatet gäller således ett område med en utsträckning på flera tiotals eller hundratals meter. Exakta definitioner av de olika klimatskalorna existerar inte (19). Uttrycket makroklimat kan således avse förhållandena i en betydligt större skala, t ex ett land. Vissa forskare (17) använder sig emellertid av detta begrepp för att beskriva klimatförhållandena i en region. Termen mikroklimat används ibland (17) för att beteckna vad som i denna systematik benämns närklimat.

Vindproblematiken som skall studeras i dessa klimatiska skalor kan relateras till motsvarande nivåer av den fysiska planeringen, där hushållning med mark och vatten analyseras i olika planeringsskalor, se tabell 4 (enligt CIBs riktlinjer).

Tabell 4 Planeringsnivåer och klimatiska skalor (17)

Den fysiska planens skalor	Klimatstudiernas skalor:		
	Makroklimat	Lokalklimat	Närklimat
	Problematiken är:		
Regionplan	Dominerande	Viktig	Mindre viktig
Lokalplan	Viktig	Dominerande	Viktig
Detaljplan	Viktig	Viktig	Dominerande

Som framgår av tabell 4 kan närklimatet som råder inom en bebyggelse inte övervägas utan anknytning till de lokala klimatiska och makroklimatiska faktorerna. En husgruppering kan alstra ett och samma närklimat endast i de fall den lokaliseras till liknande lokalklimatiska och makroklimatiska förhållanden. Det finns ingen diskontinuitet mellan när- och lokalklimatet, men analysmetoderna och omfattningen av de eftersträvade informationerna skiljer sig från varandra.

4.2 Regionplan - makroklimat

Regionplanerna har betydelse för bebyggelseutveckling, vägdragning, naturvårdsplanering m m inom regionen. I stort sett avgörs, redan på detta planeringsstadium, de ekologiska förhållandena i det nygestaltade eller omstrukturerade kulturlandskapet. Vindförhållandena spelar en viktig roll i denna problematik.

Olika utredningar anger tekniska och ekonomiska förutsättningar för regionplaneringen. Den klimatiska utredningen skall bl a ange vindförhållandena i form av tabeller, diagram och kartor, se kap 5. De skalor som används för de kartografiska underlagen varierar i hög grad, beroende av regionens utsträckning och den eftersträvade noggrannheten. I allmänhet färdigställs olika studier på kartografiska underlag i skalor på mellan 1:25000 och 1:200000.

Den vindklimatiska utredningen utgör ett viktigt underlag för planeringen av bosättningsnät, stora industrizoner, jordbruksarealer och bostadsområden. Beslut angående dispositionen av olika zoner bör grundas sig bl a på de utredningar av vindförhållanden som utförs i regional skala.

Redan på denna planeringsnivå kan man ibland förutse behovet av skyddsåtgärder i form av planteringar, för att skydda stadszoner mot vindens dynamiska eller miljöförstörande inverkan, se kap 5. Vindstatistiska data över olika tidsperioder finns tillgängliga, för olika regioner, på respektive meteorologiska stationer. Dessa data kan emellertid inte direkt användas i de klimatologiska utredningarna. En utvärdering av vinddata görs med hänsyn till jordytans topografi och avstånden från stationerna, se kap 5.

4.3 Lokalplan - lokalklimat

Den lokal- eller mesoklimatiska skalan är den som gäller en stad, en dal, ett stort skogsområde e d. Från makroklimatiska data kan viss information härledas, varvid hänsyn tas till de effekter som områdets topografi utövar på det lokala klimatet.

Lokalplanerna omfattar studier av markens användning i skala 1:10000. S k dispositionsplaner upprättas i större skalor, 1:4000 - 1:10000.

Som kartografiskt underlag för bl a klimatstudier kan man även använda sig av flygfotogrammetriska kartor. De är värdefulla för sådana studier eftersom de på ett plastiskt sätt avspeglar markytans utformning. I förhållande till regionplanen förtydligas, i lokalplaneringen, riktlinjer för olika verksamheter och deras lokalisering. Detta innebär att den klimatiska utredningen bättre kan relateras till områden med bestämda funktioner - bostadsområden, industrizoner, allmänna och trafikområden m m. De vindbetingade komfortkriterierna varierar mellan områden med olika funktioner, se kap 3. Redan på denna planeringsnivå

uppstår problem med vindkomforten i olika zoner. Den tillgängliga vindstatistiken kan emellertid vara otillräcklig för att bedöma variationer i vindklimat över olika typer av områden som ingår i lokalplanen. Tillgång till ytterligare observation kan vara nödvändig, se kap 5.

4.4 Detaljplan - närklimat

Detaljplanläggning av tätbebyggelse betecknas ofta som stadsplan eller, för landskommunerna, som byggnadsplan (20). På denna planeringsnivå utarbetas bebyggelsens slutliga utformning i ett stadskvarter eller landsbygdsområde. Detaljplaner anger alla mark- och höjdförhållanden i det planerade området. Grundkartan som är huvudplaneärendet upprättas i skala 1:2000, 1:1000 eller 1:400.

Bygghandlingar och arbetsritningar anger detaljer för hus- och bebyggelseutformning i en ännu större skala (1:200 - 1:50). Dessa detaljer är väsentliga att räkna med då närklimatet inom bebyggelse (inte minst på små ytor som terrasser) analyseras, varför "detaljplaneskalan" i denna analys även omfattar den skala som motsvarar bygghandlingarna.

När det gäller närklimatiska faktorer kännetecknas vindmiljön inom en bebyggelse av olika aerodynamiska fenomen där vindturbulensen spelar en stor roll. I kap 6 definieras, kvalitativt och kvantitativt, sådana fenomen. Det är viktigt att klarlägga hur skadliga dessa fenomen kan vara för vindkomforten och hur dessa kan åtgärdas redan på planeringsstadiet. I kap 7 analyseras åtgärder som vidtas om möjlighet att ingripa på planeringsstadiet inte längre finns.

5 VINDSTUDIER PÅ REGION- OCH LOKALPLANENIVÅ

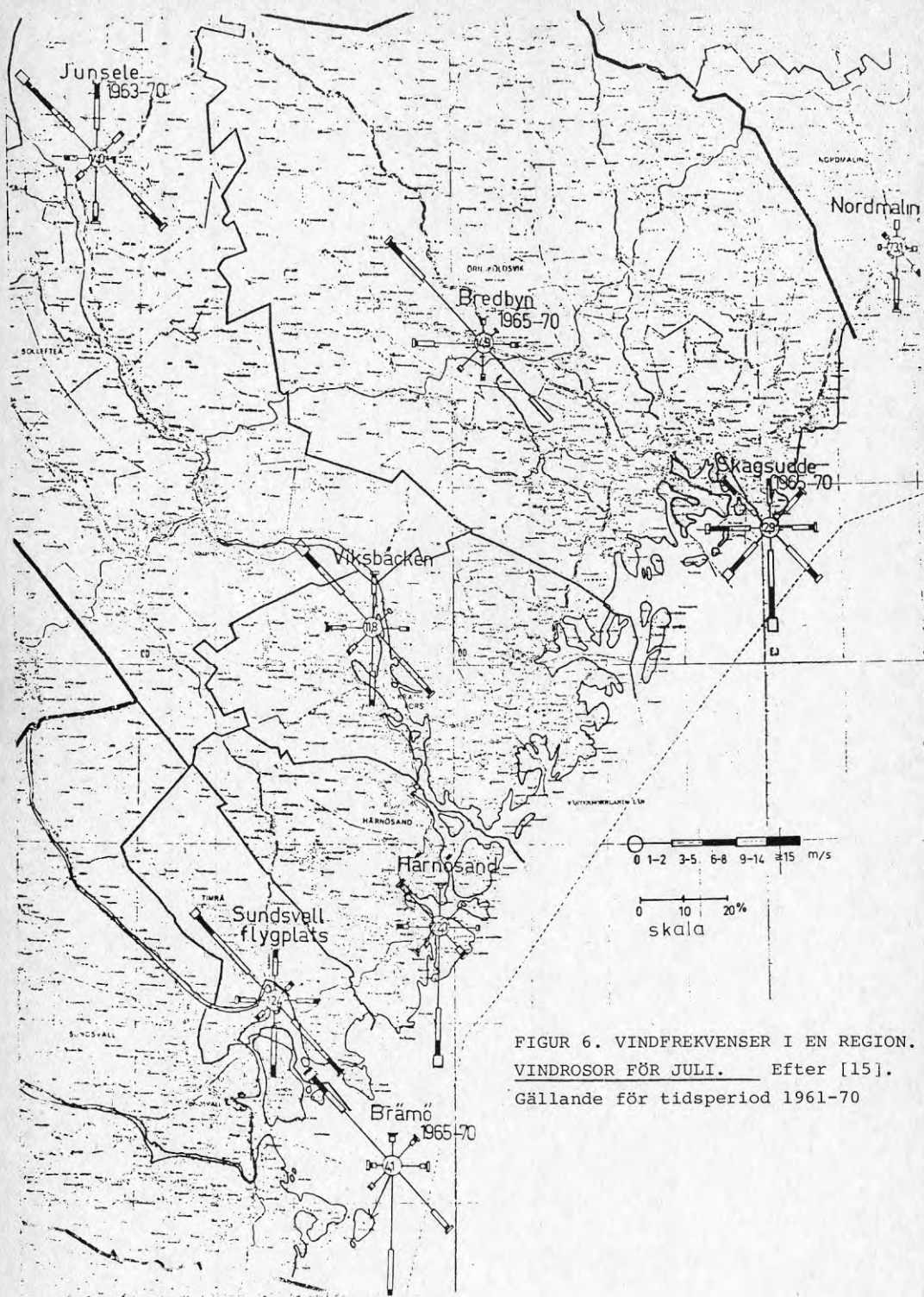
5.1 Underlag - vindstatistik

En kartläggning av de i regionen eller i den lokala skalan förhärskande vindarna är en viktig del av det underlag som man strävar efter att ha tillgängligt i vindstudierna på denna nivå. Denna kartläggning kan göras med utgångspunkt från de på de meteorologiska stationerna tillgängliga vindrosorna och tabellvärdena.

I Sverige finns omkring 200 stationer som för vindstatistik. En stor del av inlandsstationerna grundar emellertid vindstatistiken inte på uppmätta utan på uppskattade data. Vinddata uppmäts eller bestäms i allmänhet på 10 meters höjd som medelvärden över 10-minutersperioder. På ett fåtal stationer, s k aerologiska, uppmäter man data på olika nivåer och förfogar i allmänhet över mera omfattande klimatdata, fig 5.

Vindstatistiken anger i form av vindrosor procentuella frekvenser för olika vindstyrkor och vindriktningar för åtta väderstreck, fig 6. Det finns tillgängliga data i form av medelvärden för månader, årstider och år under längre perioder. I tabell 5 visas data-behandlade observationer för en 15-årsperiod.

De meteorologiska stationerna gör inga mätningar av vindturbulensen. En indirekt karaktäristik av denna kan erhållas från de aerologiska stationer som för statistik över atmosfärens temperaturskiktning. Temperaturskillnaden på höjdskillnaden 100 m ger ett mått på atmosfärens stabilitet. För en adiabatisk eller neutral atmosfär är temperaturskillnaden 1°C , se kap 2. Detta är ett tecken på att vindturbulensen över området är hög och att luftmassorna undergår en stark blandning. En sådan uppskattning kan emellertid inte leda fram till en kvantitativ bedömning av turbulensen.



FIGUR 6. VINDFREKVENSER I EN REGION.
 VINDROSOR FÖR JULI. Efter [15].
 Gällande för tidsperiod 1961-70

5.2 Vindklimatiska utredningar

5.2.1 Hastighetszoner, approximativ indelning

För att karakterisera de i regionen rådande vindförhållandena strävar man efter en indelning i zoner, för vilka vindfrekvenserna sammanställs i form av vindrosor. Frekvenser av vindstyrkor och vindriktningar anges som genomsnittliga värden för flerårsperioder, se fig 6 och tabell 5.

Om en meteorologisk station är representativ för ett studerat område kan en direkt avläsning av vinddata vara tillräcklig för områdets vindklimatiska karaktäristik.

De i undersökningens första steg valda stationerna kan ge information för en approximativ indelning av regionen i klimatzoner med olika vindförhållanden, se fig 6. Studier av topografiska egenskaper kan ge information om vindriktningar och hastighetszoner inom klimatzoner. Den approximativa indelningen i klimatzoner med olika vindförhållanden kan exempelvis göras med utgångspunkt från i (19) redovisade statistiska data för 92 huvudstationer, varvid den lokala omgivningen till stationerna beskrivs så att vinddata kan approximativt bedömas mot bakgrund av områdenas markegenskaper.

I allmänhet är de meteorologiska stationerna belägna utanför stadsbebyggelse varigenom de blir representativa för ett större område.

5.2.2 Inverkan av marktopografi

Tillgången på observationsunderlag är begränsad. Den kan visa sig otillräcklig för att analysera vindförhållandena i regionen.

Den befintliga vindstatistiken räcker i allmänhet inte för att "täcka" hela området med lämpliga data om vindfrekvenserna, se fig 7.

Tabell 5. Frekvens av vindhastighet och vindriktning
i december.

Genomsnittsdata under 15 år (1955 - 69)

MILITÄRA VADERTJÄNSTEN

REL
FFDD-001-R99 Frekvens: 1955-1969
Sida: 152 Ar: 01-24
Morf: 12 Termitt: 01-24

FREKVENNS AV VINDHASTIGHET (FF) OCH VINDRIKTNING (DD).
ANM. I TABELL MED RELATIV FREKVENNS AR PROCENTTALEN BERÄKNADE
PA TOTALTALET OBSERVATIONER

DC	FF	00	01-02	03-05	06-10	11-16	17-21	22-27	28-32	33-37	38-43	44-48	49-99	01-05	01-10	01-16	01-21	01-27	01-32	33-99	00-99	
	00	8.1																				
	01		.5	.8	.7	.2	.1	.1						1.4	2.0	2.2	2.3	2.3	2.3			8.1
	02		.5	.8	1.4	.6	.2	.1						1.4	2.8	3.3	3.6	3.6	2.3			2.3
	03		.6	1.1	1.5	.6	.1	.0						1.7	3.3	3.9	4.0	4.0	3.6			2.3
	04		.5	.9	1.4	.7	.1	.0						1.4	2.8	3.5	3.6	3.6	3.6			2.3
	05		.6	.7	.9	.6	.1	.0						1.3	2.2	2.8	2.9	2.9	2.9			2.3
	06		.5	.5	.6	.8	.1	.0						1.0	1.6	2.4	2.5	2.5	2.5			2.3
	07		.5	.7	.6	.8	.2	.0						1.1	1.8	2.6	2.8	2.8	2.8			2.3
	08		.3	.5	.8	.7	.2	.0						.8	1.6	2.3	2.5	2.6	2.6			2.3
	09		.6	1.0	1.4	.6	.1	.0						1.6	3.0	3.6	3.7	3.7	3.7			3.7
	10		.5	.7	1.3	.5	.1	.0						1.2	2.6	3.0	3.1	3.2	3.1			3.1
	11		.3	.8	1.4	.6	.1	.0						1.2	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8			3.1
	12		.2	.7	1.2	.6	.1	.0						.9	2.1	2.7	2.9	2.9	2.9			2.8
	13		.3	.6	1.3	.6	.1	.0						.9	2.1	2.7	2.9	2.9	2.9			2.8
	14		.2	.4	1.2	.7	.2	.1	.0					.6	1.7	2.4	2.6	2.7	2.7			2.7
	15		.3	.4	1.2	.7	.3	.2	.0					.7	1.5	2.2	2.5	2.7	2.7			2.7
	16		.1	.7	.6	.4	.4	.4	.0					.3	1.0	1.0	2.0	2.1	2.4			2.7
	17		.1	.3	.6	.7	.5	.1	.0					.3	1.2	2.0	2.7	3.2	3.2			2.7
	18		.2	.4	.8	1.3	1.2	.2	.0					.5	1.3	2.6	3.3	4.5	4.5			3.7
	19		.2	.5	1.0	1.0	.8	.4	.0					.5	1.3	2.6	3.3	4.5	4.5			3.7
	20		.2	.5	1.0	1.0	.8	.4	.0					.9	1.5	2.6	3.3	4.5	4.5			3.7
	21		.1	.2	1.0	1.3	.4	.2	.0					.7	2.2	3.1	3.5	3.7	3.7			3.7
	22		.1	.2	.7	1.4	.4	.2	.0					.5	1.8	3.1	3.5	3.7	3.7			3.7
	23		.0	.2	.7	.9	.5	.1	.0					.2	.9	1.8	2.2	2.5	2.5			3.1
	24		.0	.2	.8	.4	.2	.1	.0					.2	.9	1.8	2.2	2.5	2.5			3.1
	25		.1	.2	.4	.4	.2	.1	.0					.2	.9	1.8	2.2	2.5	2.5			3.1
	26		.0	.1	.4	.4	.2	.1	.0					.2	.9	1.8	2.2	2.5	2.5			3.1
	27		.1	.2	.6	.6	.3	.1	.0					.3	.9	1.9	1.2	1.5	1.5			3.1
	28		.1	.1	.5	.2	.2	.3	.0					.3	.9	1.4	1.8	2.0	2.0			3.1
	29		.1	.2	.3	.1	.3	.2	.1					.2	.7	.9	1.1	1.4	1.4			3.1
	30		.1	.1	.3	.2	.1	.0	.0					.2	.6	.7	1.0	1.1	1.2			3.1
	31		.1	.1	.2	.1	.1	.1	.0					.2	.5	.7	.8	.9	.9			3.1
	32		.1	.1	.2	.4	.1	.1	.0					.2	.4	.6	.7	.7	.7			3.1
	33		.1	.2	.2	.2	.0	.0	.0					.3	.7	.8	.9	.9	.9			3.1
	34		.2	.4	.5	.2	.0	.0	.0					.5	1.0	1.1	.7	.7	.7			3.1
	35		.3	.5	.6	.1	.0	.0	.0					.5	1.0	1.1	.7	.7	.7			3.1
	36		.4	1.1	1.0	.2	.0	.0	.0					1.5	2.5	2.7	2.7	2.7	2.7			3.1
01-35			8.9	16.9	30.1	21.7	8.9	4.5	.8	.1				25.8	55.9	77.6	86.5	91.0	91.8			91.9
00-16			8.1	8.9	30.1	21.7	8.9	4.5	.8	.1				25.8	55.9	77.6	86.5	91.0	91.8			91.9

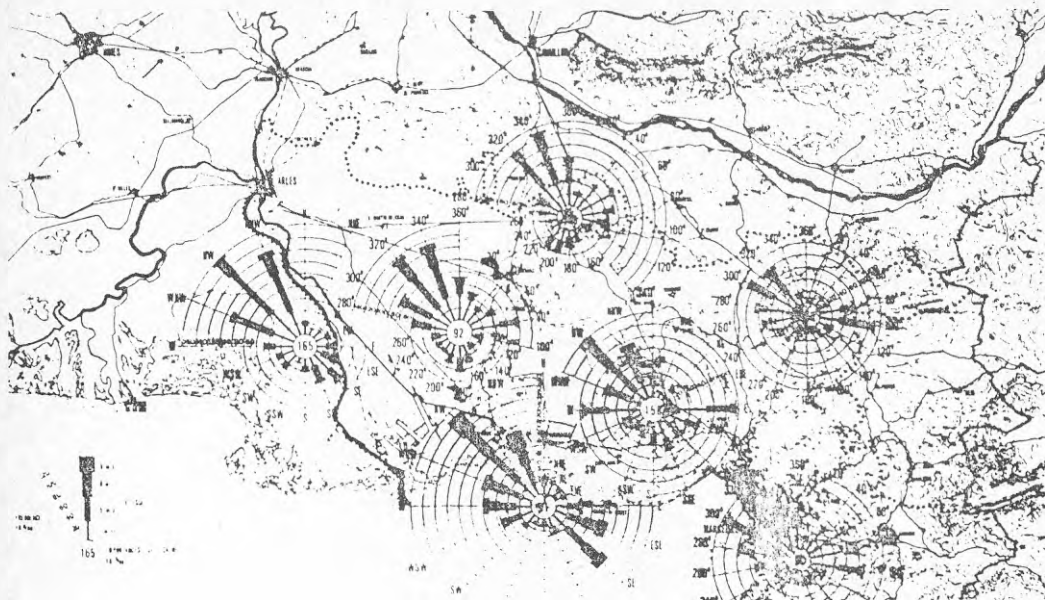


Fig 7. Ett vindklimatiskt stadium i regionskala.
Södra Frankrike (9).

En möjlighet att erhålla en differentierad bild av variationerna inom ett område är att upprätta ett tätare nät av stationer under en längre tid (19). Detta är emellertid mycket resurskrävande. Ibland kan istället närmare studier av topografiska egenskaper ge ytterligare information om vindförhållandena inom området.

Storskaliga topografiska element och den totala markskrovligheten påverkar variationerna i hastighetszoner och vindriktningar. Skillnader i markskrovlighet resulterar exempelvis i minskning eller ökning av vindhastigheten vid jordytan, och förändrar därigenom formen av den vertikala vindprofilen, se tabell 7, där skrovlighetsparametern z_0 och exponentvärdet α redovisas för olika terrängtyper (se också ekv 2.4).

Undersökningar på detta område har börjat. De experimentella resultaten är dock begränsade och har endast försökskaraktär. Jensen visar exempelvis hastighets-

variationer på stora sträckor - tvärs över Jylland
(4). Mätningar har gjorts längs två linjer - på södra
Jylland, där slättlandskap överväger (linje 1) och på
centrala Jylland, där landskapet kännetecknas av stora
trädplanteringar (linje 2), se fig 8.



Fig 8. Hastighetsvariationer på stora sträckor. Vindmätningar längs två linjer tvärs över Jylland. Efter (14).

Mätningpunkterna ligger med ett genomsnittsavstånd på 5,5 km (linje 1) respektive 10 km (linje 2). Mätningresultaten längs linje 1 varierar upp till 40 % i förhållande till infallshastigheten - på Jyllands västkust längs linje 2 med upp till 50 %, se tabell 6.

Tabell 6 Relativa vindhastigheter. Mätningresultat längs två linjer tvärs över Jylland (14).

P u n k t e r:

Linje 1.

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1,0	0,9	0,79	0,86	0,8	0,7	0,68	0,68	0,68	0,71	0,59	0,78

Linje 2.

P13	P14	P15	P16	P18	P19	P20	P21	P22	P23
1,0	0,47	0,53	0,46	0,53	0,54	0,56	0,51	0,53	0,50

M Nord (16) visar olika kurvor som relaterar vindens "landhastigheter" till "kusthastigheter", som funktion av avståndet från kusten, fig 9.

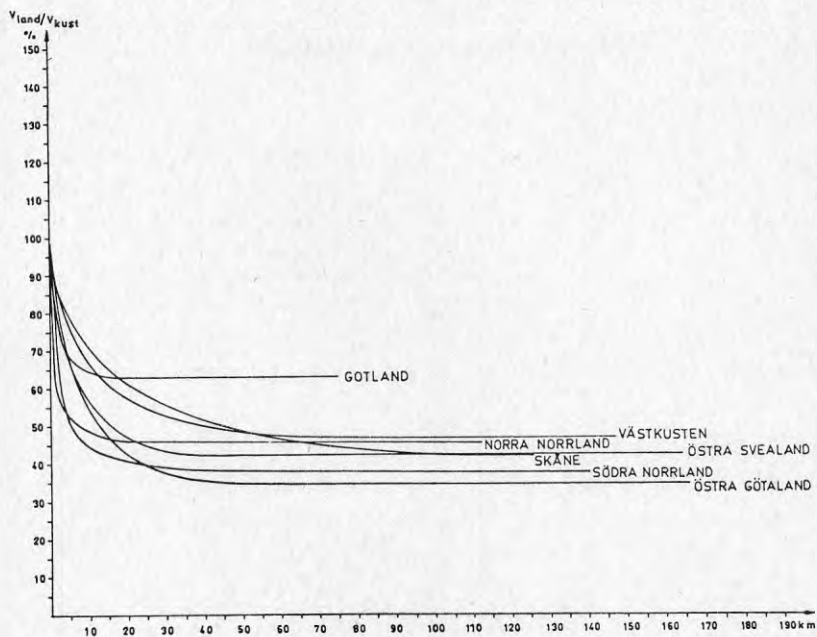


Fig 9. Vindhastighet på olika avstånd från kust (16)

Enligt engelska källor (6) kan hastighetsvariationer över olika terrängtyper karakteriseras av en topografisk faktor T och en faktor S som är beroende av en på längre sträckor (uppströms) befintlig markskrovlighet.

Om referenshastigheten på en station antas vara den som råder över öppna slättområden kan en topografisk faktor T på mellan 0,9 och 1,3 användas för olika terrängtyper:

- Skyddade områden kan karakteriseras av $T = 0,9$
- För vinden utsatta och kuperade terrängtyper har faktorn $T = 1,3$

Terrängen kan dessutom indelas i fem huvudklasser efter en faktor S , som är beroende av markskrovligheten, se tabell 8.

Man tar hänsyn till inverkan av terrängens topografi och skrovlighet genom att multiplicera referenshastigheten med både T- och S-faktorn.

$$\bar{U}_{10} = \bar{U}'_{10} \cdot T \cdot S \quad (5.1)$$

Med de beskrivna metoderna kan en kartläggning av vindfrekvenserna och av de i olika regiondelar rådande vindarna göras.

Ett kartografiskt underlag som visar de i regionen rådande medelhastigheterna (isolinjer för samma hastigheter) kan vara ett lämpligt komplement till den vindklimatiska utredningen.

Till de studier av vindförhållandena som utförs särskilt på lokalplanenivån, hör också bedömningar av mest ogynnsamma spridningsriktningar vid utsläpp i industrizonerna. Riktning fördelningen vid svaga vindar beaktas främst eftersom sådana vindar ofta ger svag omblandning av utsläpp (19).

Den största, ofta farliga koncentrationen av avgaser förekommer vid vindstilla, främst i de sk inversionsområdena. (I inversionsområdena stiger temperaturen med höjden.) Uppkomsten av stagnationssituationer kan förutses genom bedömning av vindhastigheter och temperaturer.

Om terrängen är ojäm kan kallluftsflöden uppstå på sluttningar mot lägre liggande partier där kallluften samlas.

5.2.3 Kompletterande studier i den lokala skalan

Tillgången på observationsunderlag för bestämning av lokalklimatet är särskilt begränsad. För att få kompletterande informationer strävar man ibland efter att få fram relationer mellan den meteorologiska stationens och det lokala områdets klimatvariationer.

Ett nät av referenspunkter kan upprättas inom ett område och vindhastigheter och vindriktningar där uppmätas och relateras till motsvarande vinddata från den närmast liggande stationen. Relationsfaktorerna för medelvindhastigheter och riktningar fastställs med utgångspunkt från längre mätningsserier.

Metoden beskrivs noggrannare i kap 6 då den oftare används i den närklimatiska problematiken.

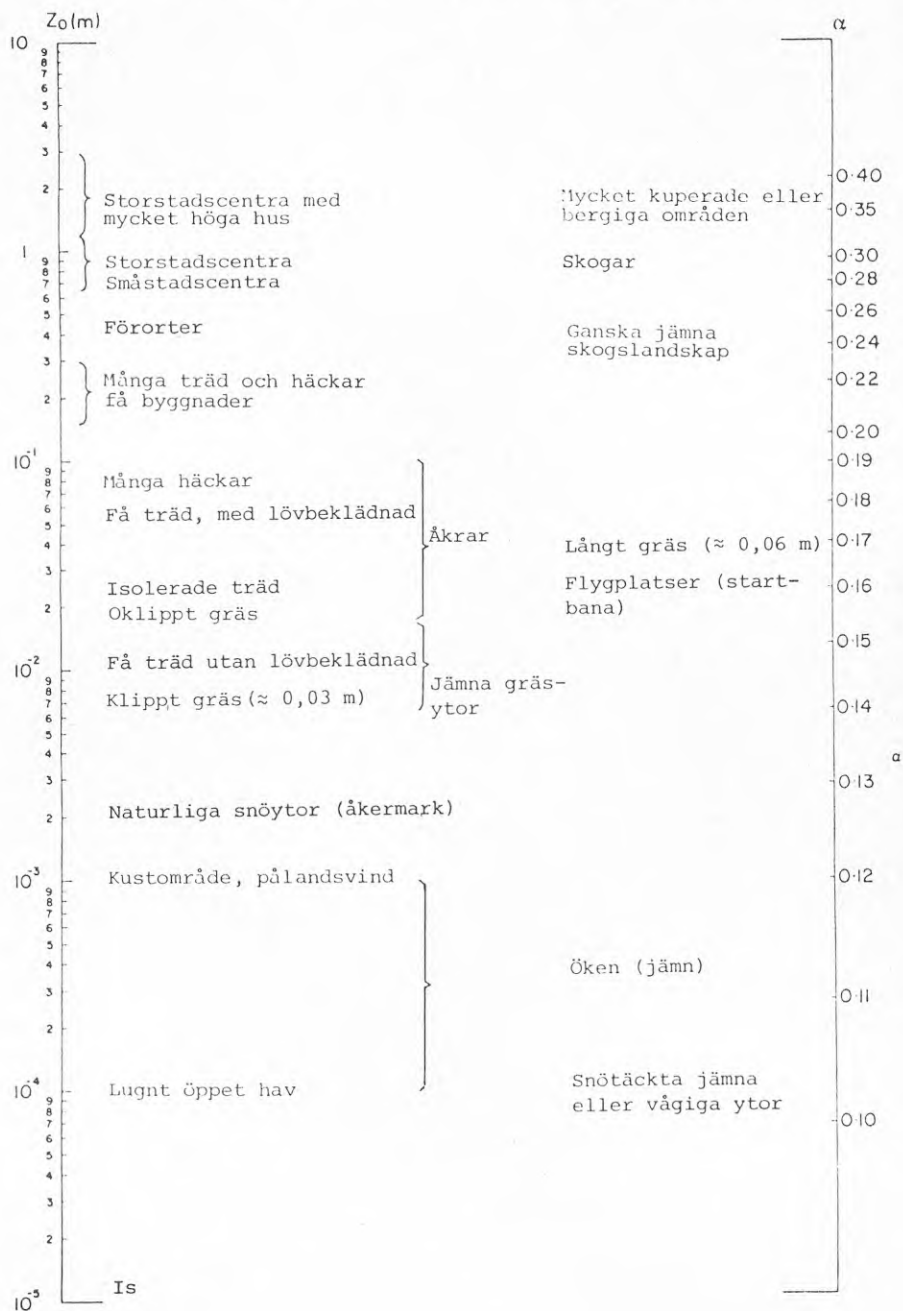
I regionplaneringen där hänsyn tas till makroklimatiska faktorer analyserar man vindklimatet som variationer av medelhastigheter. I lokalplaneringen (och särskilt i detaljplaneringen) spelar vindturbulensen en större roll. Preliminära studier av vindkomforten i bostadsområden kan exempelvis vara befogade på lokalplanenivån och där ingår turbulensintensiteter som viktiga värderingsfaktorer. Kännedom om vindturbulensen kan behövas också för studier av luftföroreningar i industrizonerna.

Ett sätt att preliminärt bedöma om de planerade områdena är utsatta för vindturbulens är att analysera data om temperaturskiktningen i atmosfären, om lämpliga data är tillgängliga, se kap 5.1.

Det finns empiriska data som möjliggör en kvantitativ bestämning av turbulensintensiteten som funktion av områdets markskrovlighet, se fig 10. För olika terrängtyper kan en markskrovlighetsparameter z_0 bestämmas, se tabell 7. Med hjälp av fig 10 kan vidare turbulensintensiteten bestämmas för olika nivåer över jordytan (z) med utgångspunkt från skrovlighetsparameterns (z_0) logaritmiska värde.

Tabell 7. Parametrarna z_0 och α för markskrovlighet (6)

Beskrivning av markytan (flera kilometer uppströms)



Tabell 8. Terrängklassificering med skrovlighetsfunktion (6)

Klass	Terrängtyp	Parametrar för markskrovlighet			
		z_0	α	S	S_{3s}
A	Stora vattenytor, släta kustområden med vind från havet, ödemarker	0,001	0,12	1,1	1,4
B	Slätt el öppet område med små höjdvariationer, t ex grässlätter, hedland	0,01	0,15	1,0	1,5
C	Terräng med mera små hinder - byggnader, träd, inhägnader - jordbruksarealer	0,1	0,19	0,8	1,8
D	Förorter till stora städer, terräng med många hinder	0,5	0,26	0,6	2,1
E	Stadscentra, koncentration av höga byggnader	1,5	0,35	0,4	3,0

$S = \bar{U}_{10} / \bar{U}'_{10}$ där \bar{U}'_{10} = medelhastighet på 10 meters höjd över referensterrängen av typ B

S_{3s} = vindbyhastighet över en 3-sekundersperiod

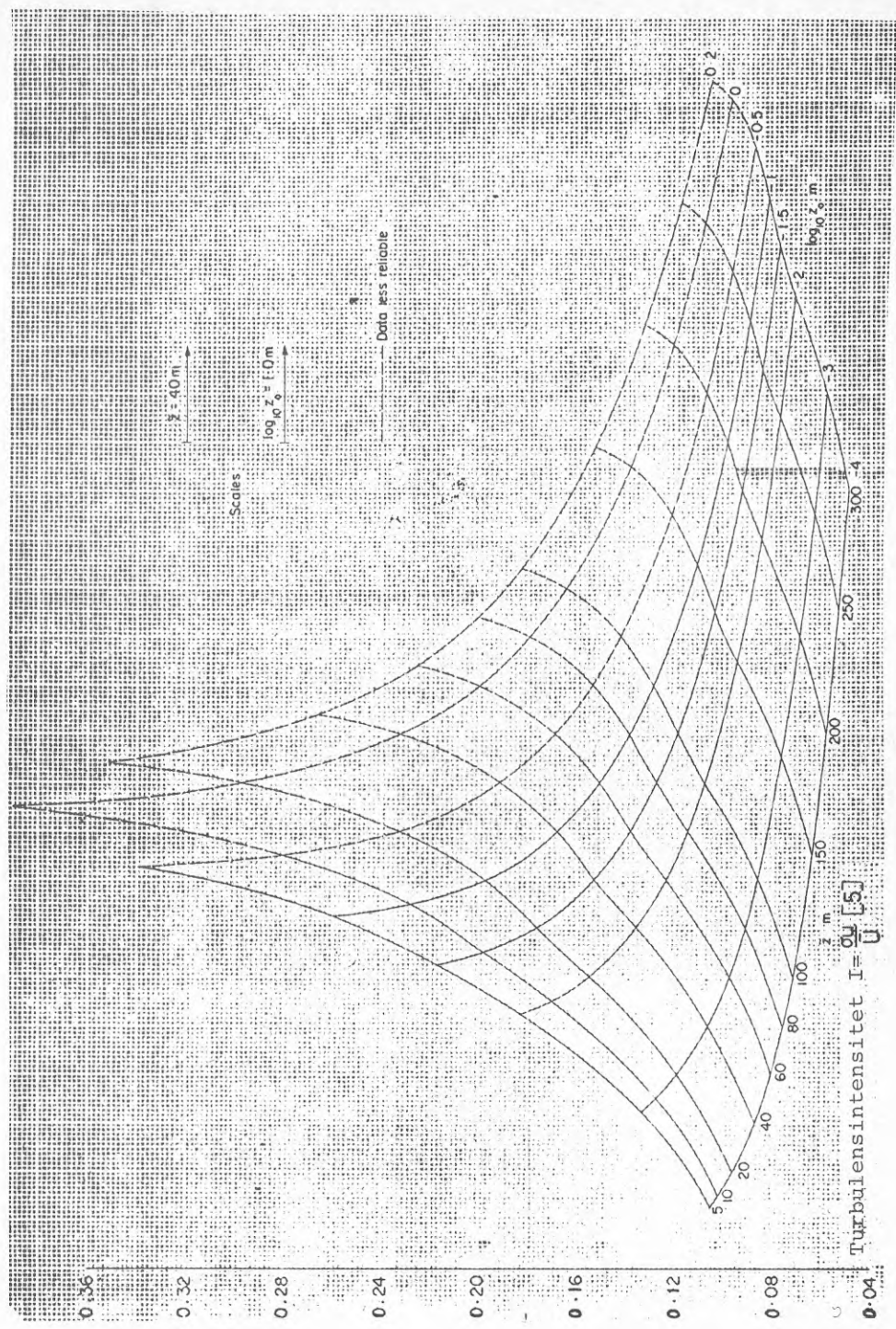


Fig 10. Turbulensintensitet $I = \frac{\sigma}{U}$

5.3 Planeringsåtgärder

5.3.1 Lokalisering av bosättningsnäten

Lokalisering av bostadsområden gentemot industrizoner med skadliga utsläpp görs med hänsyn till de förhärskande vindarnas riktning, se fig 11.

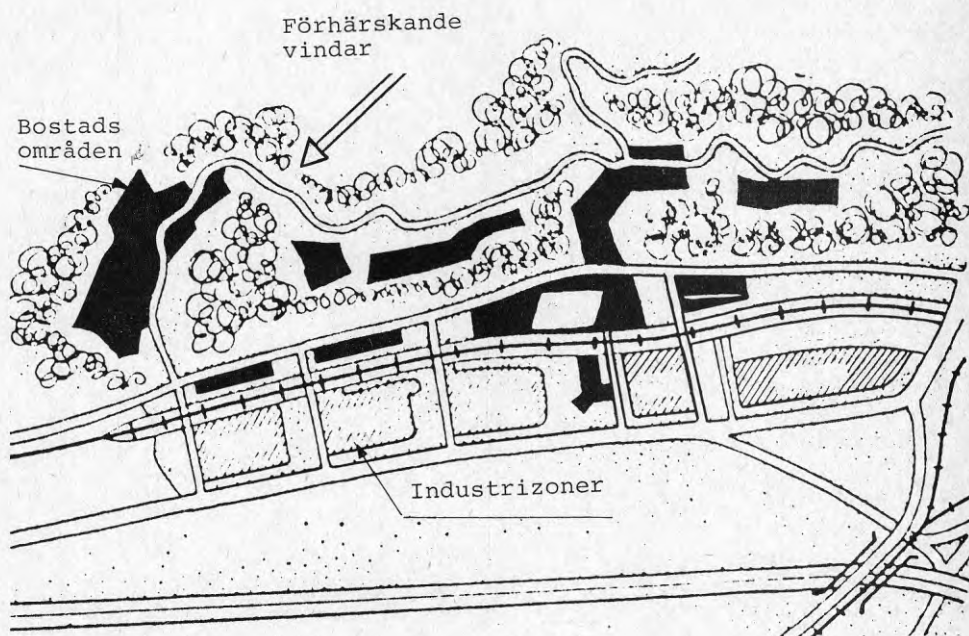


Fig 11. Disposition av bostadsområden och industrizoner i en stadsplan (Florens). Efter (4).

En annan användning av vindkaraktistika i stadsplaneringen visas i fig 12. Zonindelning med hänsyn till brusnivå genomförs med utgångspunkt från de förhärskande vindarnas riktning.



Fig 12. Zonindelning av stadsområden med hänsyn till brusnivå (4).

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1 - Lågljudsnivå | 2 - Bostadsområden |
| 3 - Medelljudsnivå | 4 - Högljudsnivå |
| z - Trädplantering | (industrier) |

I en "hopflätad" disposition är industrizonerna inte avskilda från bostadsområdena. I dessa fall (som i allmänhet gäller lokalisering av lätt industri) görs orienteringen gentemot de förhärskande vindarna ofta enligt fig 13.

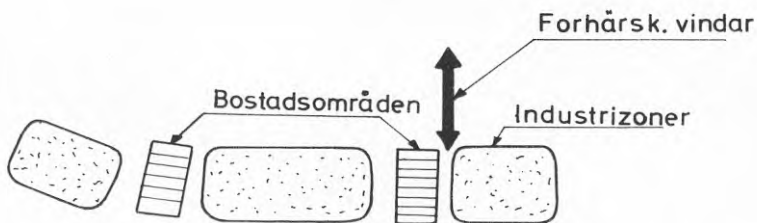


Fig 13. Stadsschema med "hopflätad" disposition (4).

5.3.2 Reducering av föroreningarnas utsträckning

En del av den vindklimatiska utredningen kan användas till att bedöma industrizonernas lokalisering med hänsyn till de krav som gäller redueringen av föroreningarnas utsträckning. Frekvensen av i området rådande vindstyrkor och vindriktningar, vindturbulens, utsläppens kategori och koncentration samt skorstenars höjd är nödvändiga upplysningar för bedömning av föroreningarnas utsträckning.

Rent allmänt är föroreningarnas utsträckning som störst vid svaga och lågturbulenta vindar. Den största koncentrationen av gaser och dammpartiklar förekommer vid vindstilla, se kap 4. I allmänhet bedömer man ett område som kännetecknas av 5 %-ig frekvens av vindstilla förhållanden (438 timmar/år) som motsvarande de hygieniska kraven på bra spridning av utsläppen i en industrizon. Vid en frekvens på 5-10 % (438-876 timmar/år) bedöms förhållandena vara tillfredsställande.

Vid en frekvens av vindstilla förhållanden på 10-15 % (876-1314 timmar/år) är områdets (industrizonens) vädringsförhållanden försämrade. Då denna frekvens överskrider 15 % bedöms områdets vindklimatiska förhållanden som olämpliga för industrilokalisering (4).

Vid bestämning av de för ett planerat industriområde karakteristiska vindfrekvenserna utgår man ibland från vindens medelhastigheter utökade med fluktuationernas standardavvikelse (korrigerad "vindros"), varvid hänsyn tas endast till vindstyrkor över 5 m/s (4). För övriga stadszoner antas en vindstyrka på minst 3 m/s fylla de hygieniska kraven på genomvädring.

Utsläppen verkar alltså i en utsträckning som är en funktion av vindhastigheten men också av markytans topografiska egenskaper (som betingar vindturbulensen). Denna utsträckning är som längst vid svag vind och minskar med stigande vindstyrka. Avgasernas och damm-

partiklarnas koncentration är störst vid vindstilla.

Industrizonerna skall således inte lokaliseras i svagt genomvädrade områden. Detta gäller i synnerhet inverteringsområdena, se 5.2.2.

5.3.3 Skyddszoner

Skyddszoner mot industrier med skadliga utsläpp inrättas i allmänhet som trädplanteringar. Redan i de makro- och lokalklimatiska skalorna kan vegetation och trädplanteringar vara väsentligt för att i de planerade områdena skapa ett gynnsamt vindklimat.

Skyddszoner mot industrier inrättas med en bredd som beror på avgasernas skadlighet och filtreringsanläggningarnas effektivitet. Skyddszonernas bredd kan uppgå till 1000 m i fall av industrier med de mest skadliga avgaserna (petrokemi, anilin, kväve- och klorföreningar m m).

De trädplanteringar som planeras längs floder avbryts i de lägst belägna punkterna för att kalluften skall kunna strömma ned till vattnet. Av samma skäl anlägger man trädbälten på lutningar med spetsig vinkel mot terrängens höjdkurvor (4).

Trädplanteringar kan också anläggas som skydd mot vindens uttorkande verkan och höga hastighet. 50 meter breda trädplanteringar kan minska vindhastigheten med 25-30 % bakom vindskyddet på en sträcka lika med 40-50 gånger trädplanterings höjd och framför vindskyddet på en sträcka lika med 10 gånger samma mått.

I Sovjet anläggs huvudplanteringar, med 50 meters avstånd, ortogonalt mot de förhärskande vindarnas riktning. Tvärsgående trädbälten planteras med ett avstånd på 1000-1500 meter. Detta resulterar i att luftfuktigheten ökar med 15-30 % (4).

6 VINDSTUDIER PÅ DETALJPLANENIVÅ

6.1 Preliminära studier

Detaljplanen bestämmer områdets rumsliga struktur och beskriver mark- och höjdförhållandena inom en stadsdel eller ett byggnadsområde, se kap 4.4. Områdets mark-egenskaper skall beskrivas och klassificeras topografiskt sett. Detta gäller också områdets omgivning, särskilt de partier som ligger uppströms de förhärskande vindarna.

Vindförhållandena på den planerade bebyggelsens område skall undersökas och relateras till den vindstatistik som är tillgänglig på en närliggande station och som ingår i den vindklimatiska utredningen på lokalplanenivån, se kap 5. En eller flera referenspunkter inom detaljplanens område upprättas och relationerna mellan vindförhållandena i dessa punkter och på den närliggande stationen fastställs. Referenspunkten väljs så att den är representativ för området topografiskt sett. Den skall dessutom vara belägen så att den framtida bebyggelsen inte förändrar luftströmningen förbi referenspunkten, se t ex fig 26.

Vindmätningar görs i referenspunkten med hjälp av anemometrar och en mast, se kap 7. Mätningstiderna synkroniseras med dem som gäller på stationen. I allmänhet uppmäts medelhastigheter och medelriktningar över 10-minutersperioder två gånger i timmen. Ett större antal mätningar, utförda under ett par månader, kan leda fram till att relationsfaktorerna k bestäms, både för vindhastigheten och vindriktningen, ur ekvation

$$\bar{U}_{\text{ref}} = k \cdot \bar{U}_{\text{meteo}} \quad (6.1)$$

Mätningarna görs i allmänhet på en höjd av 10 meter (på båda ställena). Om höjdskillnader förekommer skall "anpassningen" göras enligt exponentlagen, se ekv 2.4. Detta kan göras sedan exponenten har bestämts enligt tabell 7.

Om referenspunkten väljs exempelvis på höjden z_r blir relationen 6.1

$$\bar{U}_{\text{ref}} = k \cdot \bar{U}_{\text{meteo}} \left(\frac{z_r}{10} \right)^\alpha \quad (6.2)$$

där α är exponenten för terrängen på stationen.

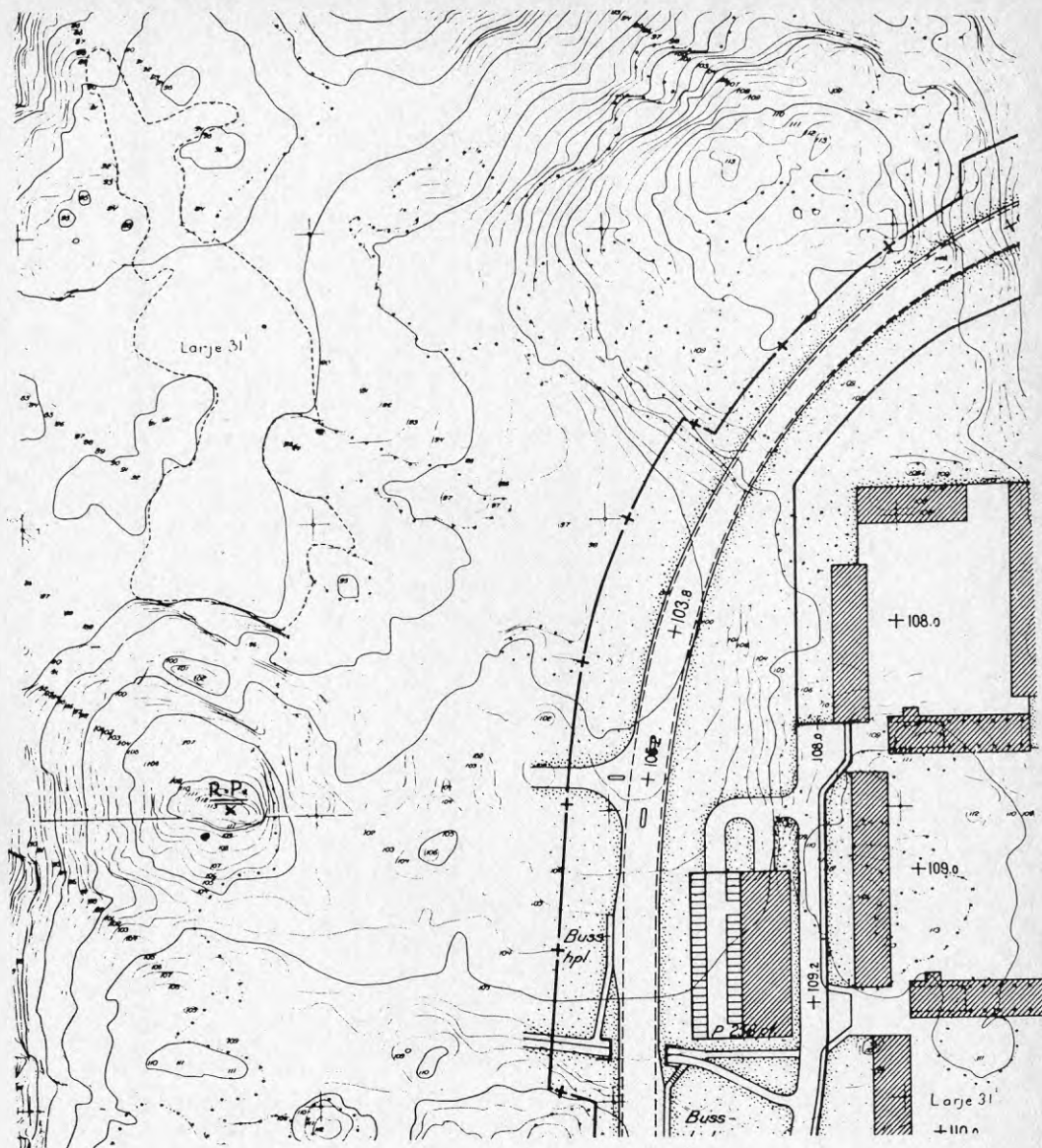


Fig 14. Referenspunkt på Gårdstensberget +113,0 möh.

Om terrängen är kuperad och områdets topografi är varierande skall flera referenspunkter upprättas, så att vindförhållandena över de karakteristiska marktyperna kan bestämmas.

Relationsfaktorerna k bestäms ur regressionslinjer för de punkter som relaterar vinddata vid referenspunkten till vinddata vid stationen.

Markytan i referenspunkterna skall karakteriseras med markskrovlighetsparametern z_0 (tabell 7). Med utgångspunkt från denna parameter kan turbulensintensiteten I för den obebyggda terrängen bestämmas (figur 10).

En mätningmetod för bestämning av turbulensintensiteten beskrivs i kap 8. Speciell apparatur krävs emellertid för denna metod, varför ovannämnda empiriska data hellre används. Som resultat av de preliminära studierna fastställs frekvenser av vindhastigheter och vindriktningar samt turbulensintensiteter i det planerade områdets referenspunkter.

6.2 Undersökning i vindtunnel

Modell i skala 1:100 - 1:400 byggs enligt detaljplanen och undersöks i vindtunnel.

Innan modellen undersöks tillförsäkras lämpliga villkor i vindtunnel för simulering av vindens karakteristika, med utgångspunkt från de egenskaper hos naturvinden som har konstaterats i terrängen under fältundersökningen.

Man utgår från att naturvindens vertikala profil och turbulensintensiteten I_r i terrängen (referenspunkten) motsvarar de strömningsförhållanden som råder i vindtunneln innan bebyggelsemodellen sätts in.

Senare anblåses modellen från olika håll med en bestämd hastighet \bar{U}_r och i olika karakteristiska punkter runt om byggnaderna uppmäts vindhastigheten \bar{U} och turbulens-

intensiteten I , varefter överhastighetsfaktorn ψ i dessa punkter bestäms.

$$\psi = \frac{\bar{U} + \sigma}{\bar{U}_r + \sigma_r} = \frac{\bar{U}(1+I)}{\bar{U}_r(1+I_r)} \quad (6.3)$$

ψ -faktorn relaterar den i en punkt rådande effektiva vindhastigheten (se kap 3) till en i referenspunkten. Den effektiva referenshastigheten är opåverkad av den tillkommande bebyggelsen, se 6.1.

Överhastighetsfaktorn kan uttryckas som en funktion av den meteorologiska stationens vinddata:

$$U_{\text{ref}} = k \cdot U_{\text{meteo}} \quad (\text{ekv 6.1})$$

$$\psi = \frac{\bar{U}(1+I)}{k \cdot \bar{U}_{\text{meteo}}(1+I_r)} \quad (6.4)$$

Som den effektiva vindhastighet som motsvarar tröskelkomforten antas (se kap 3)

$$U(1+I) = 5(1+0,2) = 6 \text{ m/s}$$

Om turbulensintensiteten i referenspunkten är exempelvis $I_r = 0,3$ blir överhastighetsfaktorn

$$\psi = \frac{6}{k \cdot \bar{U}_{\text{meteo}} \cdot (1+0,3)} = \frac{4 \cdot 6}{k \cdot \bar{U}_{\text{meteo}}}$$

$$\bar{U}_{\text{meteo}} = \frac{4 \cdot 6}{k \cdot \psi} \quad (\text{för komforttröskeln i den lokala punkten})$$

Med utgångspunkt från de för stationen karakteristiska vindfrekvenserna kan en komfortfrekvens bestämmas för en lokal punkt. I en punkt där exempelvis $\psi = 1$ bestäms frekvensen för vindhastigheten på stationen av

$$\bar{U}_{\text{meteo}} = \frac{4 \cdot 6}{k} \text{ m/s}$$

Denna frekvens visar hur ofta (i % av tiden) komfortkravet, i detta fall tröskelvärdet för vindkomforten, uppnås eller överskrids.

I fig 15 visas en möjlig presentation av en undersökning i vindtunnel. En modell av en stadsdel har anblåsts med en vind, vars riktning motsvarar de i regionen förhärskande vindarna. Överhastighetsfaktorn ψ har bestämts för olika karakteristiska punkter.

För samma detaljplan har man funnit att komforttröskeln uppnås eller överskrids vid följande frekvenser (i punkter med olika ψ -värden):

Tiden (%) när komforttröskeln överskrids

ψ	Vinter	Sommar
0,4	7	3
0,5	13	7
0,6	19	11
0,7	24	16
0,8	28	19
0,9	30	22
1	32	24
1,1	36	26
1,2	38	28
1,6	42	31

6.3 Vindeffekter inom bebyggda områden

Olika forskare har undersökt vindflödet runt byggnader och beskrivit de därvid förekommande aerodynamiska fenomen (8) (9) (12) (18).

För att bedöma vindeffekterna har man undersökt olika typer av byggnader och deras grupperingar i vindtunnel, i allmänhet i en lågturbulent vind ($I = 0,2$). Den kvantitativa bedömningen av vindflödet har gjorts med hjälp av överhastighetsfaktorn ψ .

En viss schematisering av olika aerodynamiska fenomen har gjorts. Fenomenen kan orsaka besvärliga vindklimatiska situationer. Känedom om deras uppkomstvillkor behövs för att minska de skadliga effekterna.

6.3.1 Barriäreffekten, fig 16.

Vid en infallsvinkel hos vinden på 45° mot en barriär kan en utpräglad "besvärlighetszon" uppstå bakom barriären i mitten av denna.

Fenomenet uppstår om barriärens dimensioner är:

$$\begin{aligned} L &> 8 h \\ h &< 25 \text{ m} \\ e &\leq h, \text{ se fig 16} \end{aligned}$$

Barriäreffekten kännetecknas av en faktor $\psi_{\max} = 1,4$ på byggnadens läsida. Fenomenet gör sig gällande inom ett avstånd på ca $2h$ från byggnaden.

När avståndet mellan byggnaderna e överstiger dubbla höjden av dessa ($2h$) upphör fenomenet. En kritisk zon uppstår emellertid när mellanrummet är lika med $2h$, se fig 16. I detta fall och vid $h = 15-25$ m är $\psi = 1,3$.

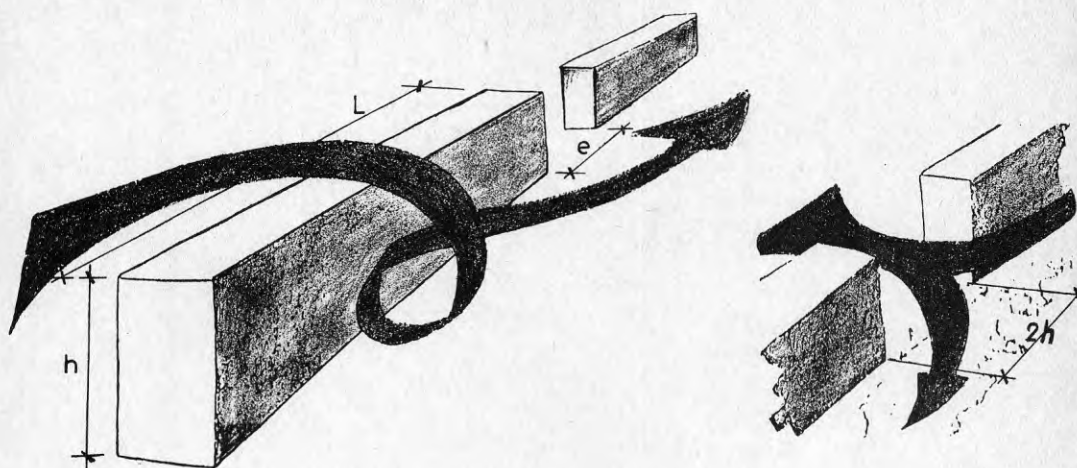


Fig 16. Barriäreffekten

Avbrott i barriären

6.3.2 Tratteffekten, fig_17

Fenomenet uppstår då två byggnadsblock orienteras mot varandra i spetsig eller rät vinkel som är öppen mot vinden och verkar som en kollektor för luftströmningen.

Den för komforten kritiska zonen uppstår vid "trattens" förträngning. Fenomenet uppstår om armarnas längd $L_1 + L_2 > 100$ meter och byggnaders medelhöjd $\bar{h} > 15$ meter. Luftströmningen i den kritiska zonen är störst vid en förträngning som är 2-3 gånger byggnadernas höjd. Vid $\bar{h} = 25$ m är $\psi = 1,3$ och vid $\bar{h} = 45$ m uppgår ψ -värdet till 1,6. Dessa överhastigheter förekommer i de fall de upp- och nedströms belägna områdena är fria från bebyggelse på en yta av samma storleksordning som själva kollektorn.

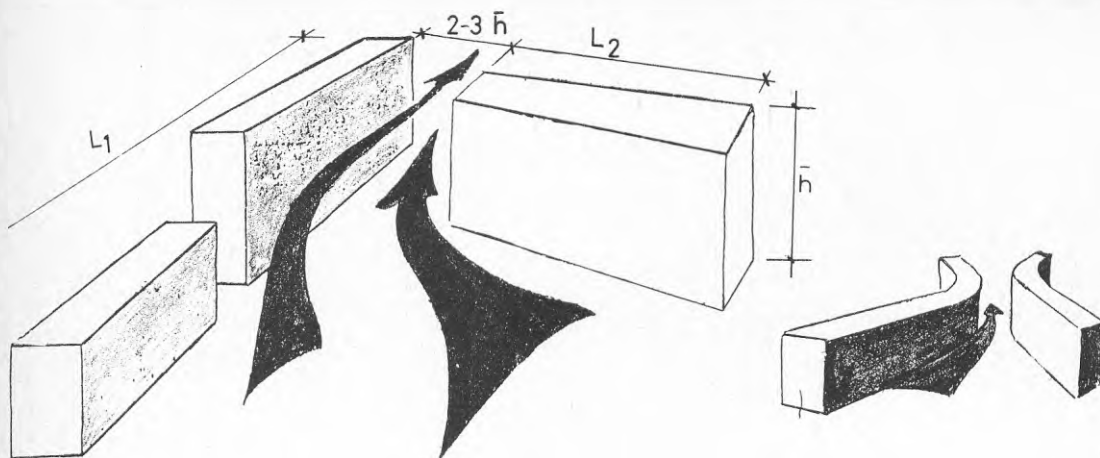


Fig 17. Tratteffekten

Kurvlinjiga bebyggelseformer (med divergens) ger mycket förstärkta överhastigheter, se fig 18. I den kritiska zonen kan ψ -värdet vid $\bar{h} = 40-50$ m uppgå till 2.

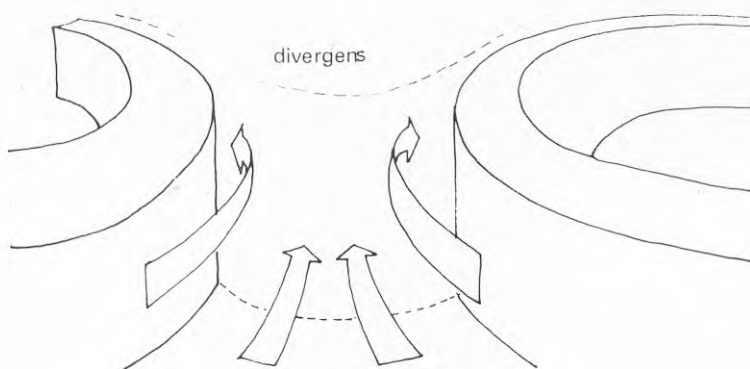


Fig 18. Luftströmningen divergerar, $\psi \rightarrow 2$.

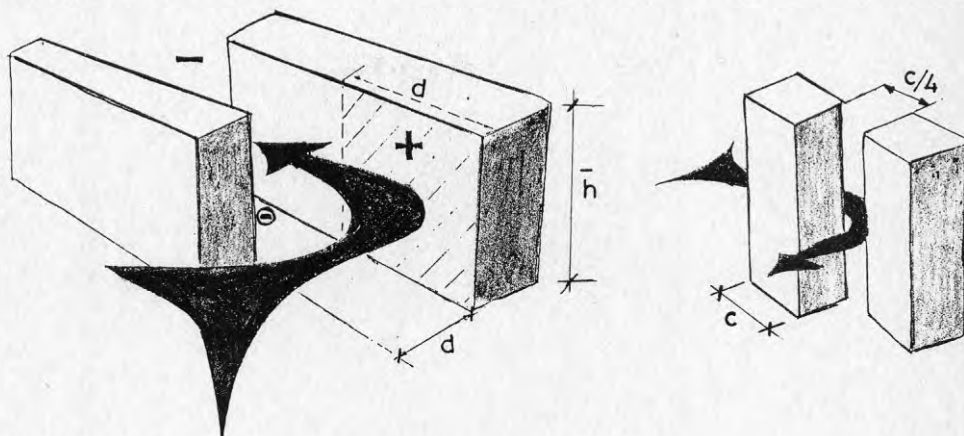
6.3.3 Utjämnings-effekten, fig 19

Fig 19. Utjämnings-effekten

Effekten beror på att mellan byggnader som placeras med en viss förskjutning uppstår en luftströmning - mot de lägre tryckzonerna - under inverkan av en mot byggnaderna ortogonal vind. Fenomenet verkar i den kanal som förbinder zoner med olika trycknivåer. Byggnadshöjden h , avståndet d mellan byggnaderna och den utskjutande byggnadsdelen a är de dimensioner som avgör fenomenets intensitet.

När $d \leq h$, $a \geq h$ och $15 \text{ m} < h < 35 \text{ m}$ blir $1,2 > \psi < 1,6$.

I ett särskilt fall av höga ($h \approx 100 \text{ m}$) tornliknande byggnader som är placerade med ett inbördes avstånd $d \approx c/4$ är den kritiska zonen överhastighet $\psi \approx 1,8$, se fig 19.

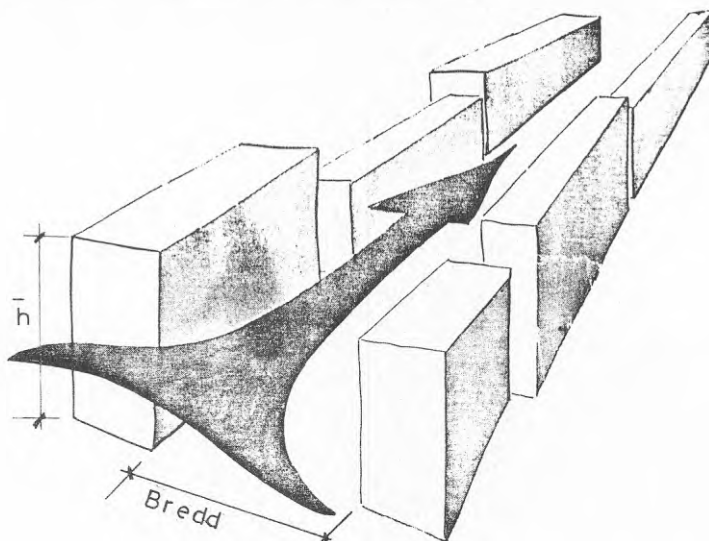
6.3.4 Korridoreffekten, fig 20

Fig 20. Korridoreffekten

Denna effekt uppkommer när två bebyggelserader är utformade som en korridor där strömning mellan olika tryckzoner kan ske.

Fenomenet är påtagligt när "korridorbredden" är mindre än två hushöjder. Då bredden ökar till tre hushöjder existerar det inte längre. Minimal byggnadshöjd h för fenomenets uppkomst är 6 m. Bebyggelseraderna kan vara brutna men fenomenet uppstår inte om glappen överstiger korridorens bredd. Det uppstår i allmänhet inte heller när porositeten överstiger 5 %.

När "luftkorridoren" är riktad parallellt med vinden utbreder sig överhastigheterna längs korridoren. Orientering av byggnader med en vinkel på mellan 45° och 90° mot de förhärskande vindarnas riktning är att föredra, se kap 6.4.

6.3.5 Effekten av cirkulära byggnader ("biceller"),
fig 21.

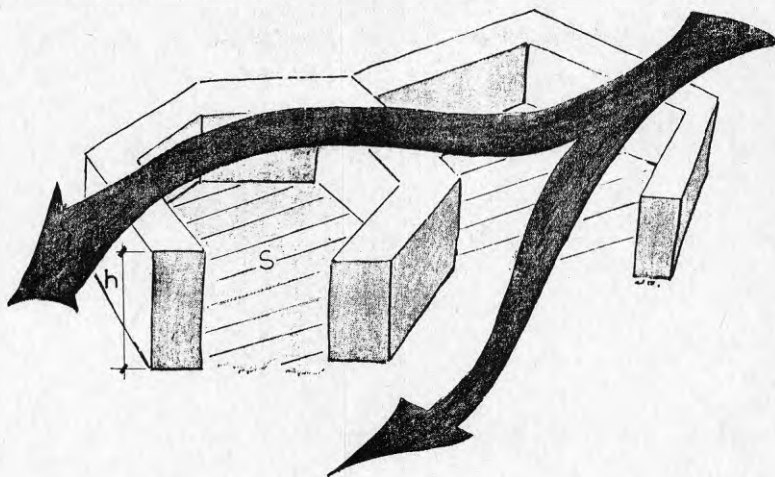


Fig 21. Effekten av cirkulära byggnader

Effekten gäller grupperingar av byggnader med bicellsform och med öppningar som inte överskrider $1/4$ av byggnadens omkrets. Beroende på dimensionerna kan cellerna överströmmas eller genomströmmas av vinden. Det senare sker vid små höjder h och stora ytor S .

Man har försökt att kvantitativt bedöma fenomenet med hjälp av en dimensionslös faktor S/h^2 . Därvid har man funnit att en skyddseffekt uppstår först vid höjder h på mellan 15 och 25 meter då ψ -värdet för faktorn $S/h^2 < 10$ varierar mellan 0,4 och 0,8.

Öppningens placering gentemot vindriktningen spelar en väsentlig roll. Även om cellen är "öppen" för vinden är innerutrymmet skyddat om faktorn $S/h^2 < 20 (\psi \leq 0,8)$. När cellens öppning placeras i 45° vinkel mot de förhärskande vindriktningarna uppstår över- och undertryck på armarnas innersidor (nära öppningen), vilket för-

sämrrar vindklimatet - ψ -värdet kan uppgå till 1,1.

Den allmänna bedömningen av denna typ av planstrukturer är positiv när det gäller effekten på vindklimatet inom bebyggelsen. Med stora biceller, $S/h^2 \leq 300$, kan man vara säker på ett bra resultat om byggnaderna är av samma höjd som den närliggande bebyggelsen.

6.3.6 Effekten av byggnader med öppna genomgångar, fig_22

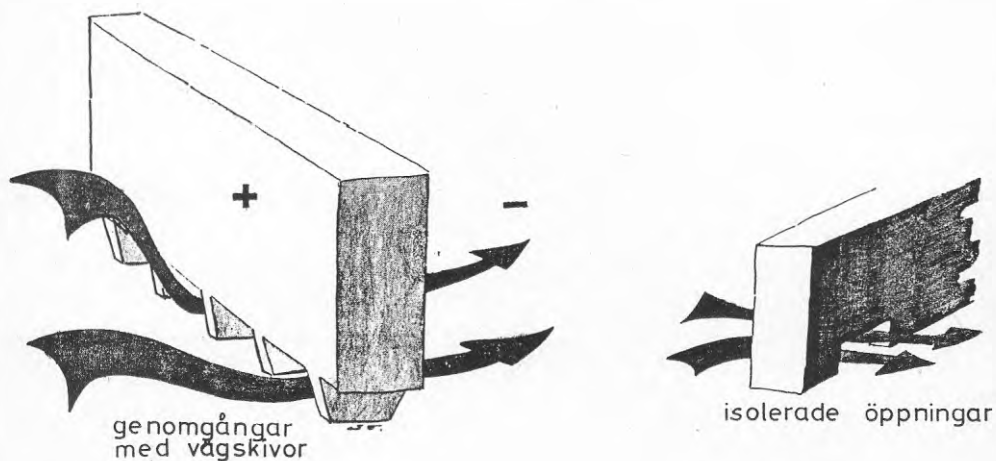


Fig 22. Effekten av byggnader med öppna genomgångar.

Effekten av byggnader med öppna genomgångar, t ex av Le Corbusier lanserade byggnader på pelare som inte skulle hindra utsikten genom bebyggelsen och ge omväxlande former, är förknippad med en besvärlig strömning i genomgångarna. Luften strömmar över från zoner med övertryck till sådana med undertryck.

Överhastigheten ökar med byggnadens höjd och fr o m en höjd på 20 m är ψ -värdet 1,2. När man är uppe i höjden 50 m är $\psi = 1,5$ och vid $h = 80$ m är $\psi = 2$ (Le Corbusier,

Nantes). Man har konstaterat att genomgångar utförda enbart med tvärgående väggskivor är mera utsatta för vindinverkan än isolerade öppningar i byggnaderna, se fig 23.

Skivorna styr i detta fall luftflödet och orsakar därigenom större överhastigheter. För en 50 m hög byggnad är exempelvis $\psi = 1,5$ om byggnaden har flera genomgångar och väggskivor. Om samma byggnad endast har en isolerad öppning är $\psi = 1,4$.

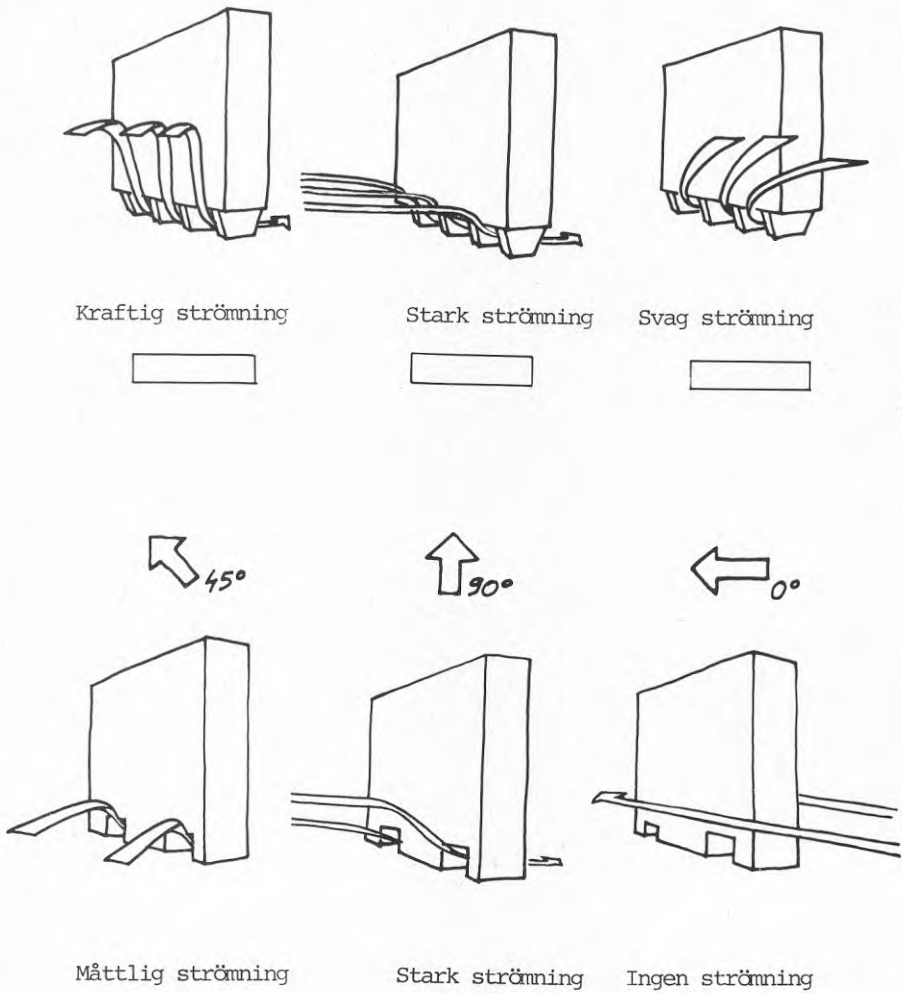


Fig 23. Luftströmning i olika typer av genomgångar.

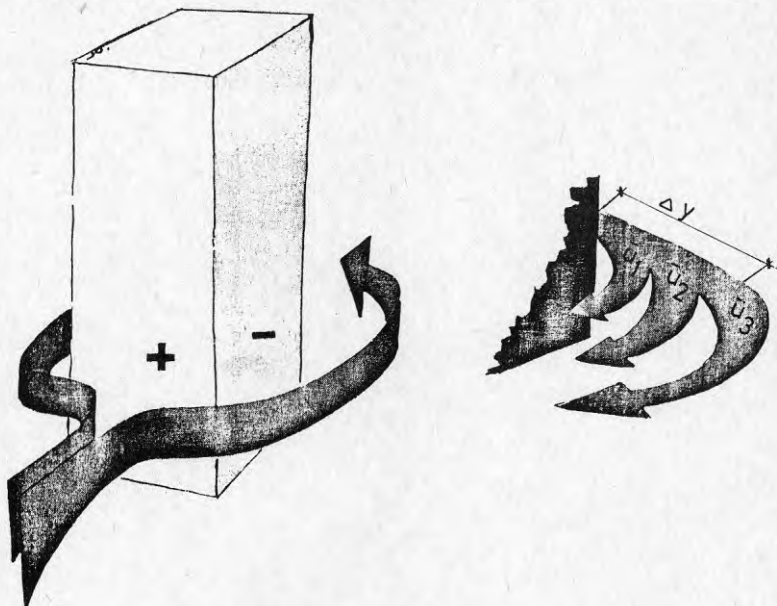
6.3.7 Vinkeleffekten, fig 24

Fig 24. Vinkeleffekten och den horisontella gradienten.

Fenomenet beror på vindriktningen och byggnadshöjden. Överhastighetsfaktorn stiger från $\psi = 1,2$ till $\psi = 1,5$ när höjden ökar från 15 till 35 meter. För tornliknande byggnader med en höjd på 100 meter ökar ψ -värdet till 2,2. Överhastigheterna är således mycket stora. Fenomenet orsakar dessutom en betydlig horisontell gradient som är särskilt obehaglig för fotgängare, se fig 24.

6.3.8 Stagnationseffekten och turbulensrullar vid foten av byggnader, fig 25

I fig 25 visas de fenomen som uppstår när en hög byggnad anblåses. Vindens ostörda strömning kännetecknas av en vertikal profil som visar med höjden stigande medelhastighet och av en turbulensintensitet som avtar

med höjden. Vindcirkulationen runt byggnaden påverkas av lufttryckets fördelning på byggnadens lovartsida samt av skillnaden mellan det höga trycket på lovartsidan och det låga trycket på läsidan och sidoytorna.

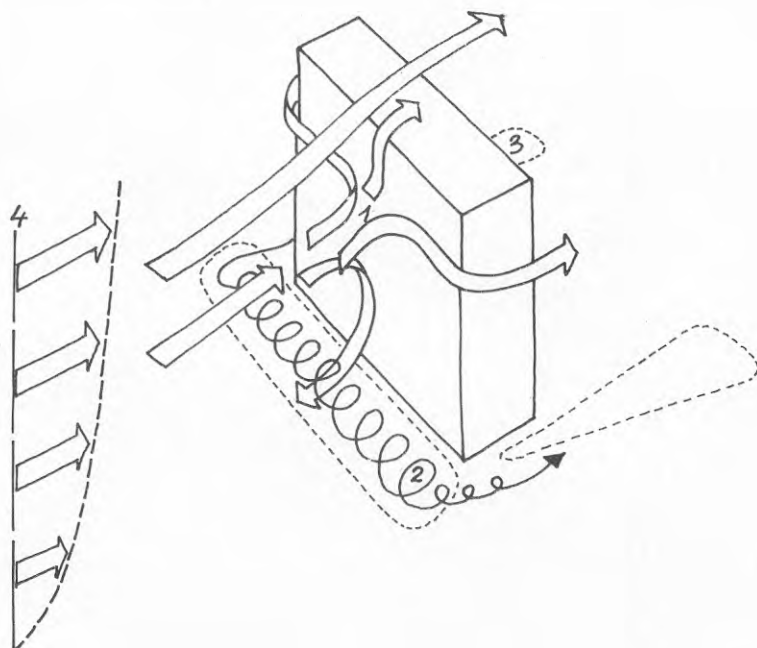


Fig 25. Turbulensrullar vid foten av byggnader.

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1 - separationspunkt | 2 - turbulensrulle |
| 3 - läeffekt | 4 - vindprofil |

Lufttrycksfördelningen på lovartsidan är relaterad till vindhastighetens vertikala profil. Denna tryckfördelning alstrar en strömning nedåt - från stagnationspunkten 1 (som ligger på nivån 0,8 byggnadshöjden), se fig 25. Som resultat uppstår ett virvelsystem vid foten av byggnaden ("turbulensrulle" 2). Fenomenet uppstår vid byggnadshöjder > 15 meter.

Om vinden är ortogonal är $\psi = 1,5$ för $h \approx 60$ m. Turbulensrullarna är då särskilt obehagliga på grund av de vertikala turbulenskomponenterna. Fenomenet förstärks av en i lovart liggande byggnad, se fig 26.

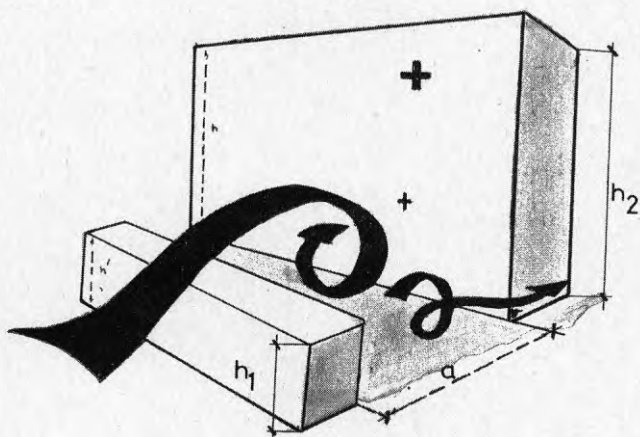


Fig 26. Turbulensrulle med i lovart liggande byggnad.

Denna förstärkning har ett maximum vid $a \approx h_2$, varvid följande överhastigheter har konstaterats för olika byggnadshöjder:

$$h_1 = 10-15 \text{ m} \quad \frac{h_2 = 30-35 \text{ m}}{\psi = 1,5} \quad \frac{h_2 = 90-100 \text{ m}}{\psi = 1,8}$$

Luftströmningen på läsidan och byggnadens sidoytor kan orsaka höga överhastigheter. För $h = 45-100$ m blir $\psi_{\max} = 1,4-2,2$.

Det låga trycket på läsidan är beroende av den ostörda vindens hastighet över byggnaden, alltså av byggnadshöjden. Ju högre byggnaden är desto lägre är lufttrycket på läsidan.

Vindens cirkulation nedströms byggnaden karakteriseras

av höga turbulensintensiteter som avtar mitt på läsidan. Ju längre byggnaden är desto lugnare är centralzonen nedströms, se fig 27.

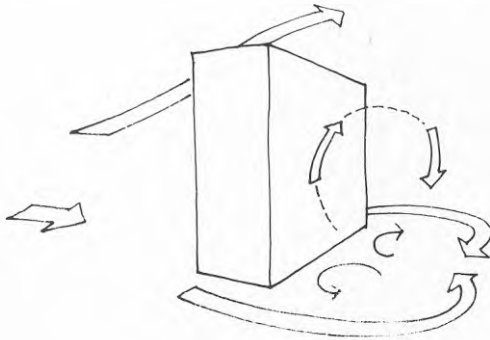


Fig 27. Läeffekten.

6.4 Planeringsåtgärder

I den närklimatiska skalan beaktas bl a de aerodynamiska anomalier som är betingade av detaljplanens lösningar, se kap 6.3.

För att förebygga negativa verkningar av detaljplaner i dessa avseenden kan vissa slutsatser framhävas som resultat av den i 6.3 genomförda analysen.

Åtgärder på planeringsstadiet för att förebygga skadliga vindeffekter:

Barriäreffekten, fig 16

- Planera byggnader med längd $L < 8h$
- Placera byggnaderna med avståndet $e > 2h$ eller $e \ll h$
- Undvik att orientera barriären 45° mot förhärskande vindriktning

Tratteeffekten, fig 17

- Planera byggnaderna med mellanrummen $> \bar{h}$
- Undvik att orientera armarnas bisektris längs de förhärskande vindarnas riktning
- Minska byggnadernas medelhöjd ($\bar{h} < 15$ m)
- Reducera armarnas längd så att $L_1 + L_2 < 100$ m
- Förläng en av byggnaderna - bortom förträngningen

Utjämningsseffekten, fig 19

- Minska byggnadernas medelhöjd, ($\bar{h} \leq 15$ m)
- Reducera de utskjutande byggnadsdelarna så att $a < \bar{h}$
- Bredda eventuellt förbindningskanalen, ($d > \bar{h}$)

Korridoreffekten, fig 20

- Orientera bebyggelsen med en vinkel på mellan 45° och 90° mot de förhärskande vindarna
- Öka byggnadernas "porositet" till $> \text{ca } 5\%$
- Bredda kanalen till $> 2\bar{h}$
- Variera byggnadsformerna med hjälp av element (utsprång) som förhindrar luftströmningen, se fig 28.

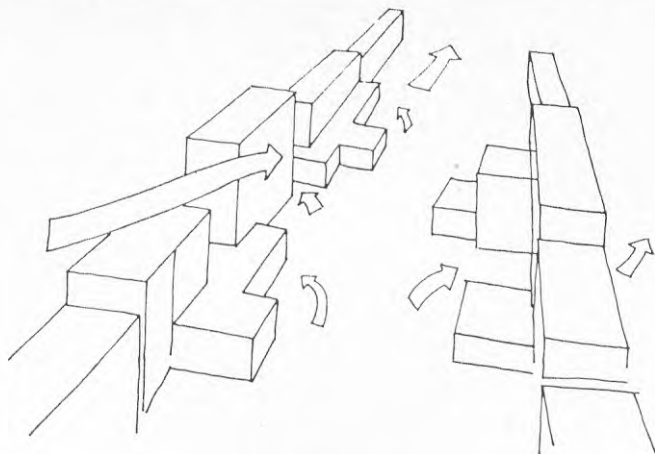


Fig 28. Utsprång i "korrideren" - överhastigheten minskar. Efter (9).

Effekten av cirkulära byggnader, fig 21

- Planera bebyggelsen så att $S/h^2 < 30$
- "Bicellens" öppning skall vara minst 25 % av omkretsen
- Byggnaderna skall om möjligt orienteras så att de är "avstängda" för de förhärskande vindarna
- Vindkomforten är bra då "bicellernas" dimensioner är 50-60 m

Effekten av byggnader med öppna genomgångar, fig 22

- Undvik byggnader med genomgångar avskilda av tvärgående skivor
- Orientera i möjligaste mån byggnaderna parallellt med de förhärskande vindarnas riktning

Vinkeleffekten, fig 24

- Variera byggnadshöjderna så att vinkeleffekten minskas - den förflyttas högre upp, se fig 29.

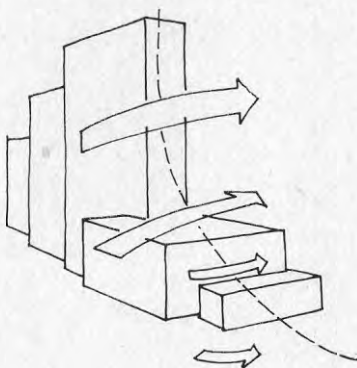


Fig 29. Varierande byggnadshöjder. Efter (9).

Samma effekt erhålls om byggnaden placeras på ett "podium", se fig 30. Det senare kan också vara en lösning för att motverka turbulensen vid foten av en hög byggnad.

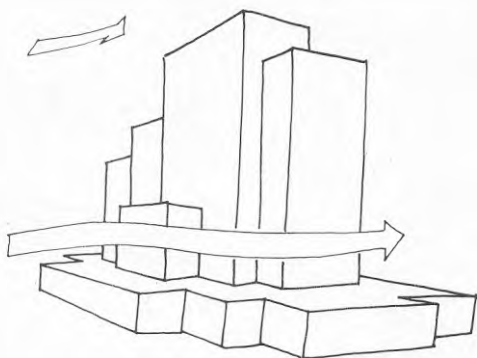


Fig 30. Byggnad på "podium".

- Avrunda byggnadernas vinklar eller plantera träd runt dem, så förbättras vindkomforten, se fig 31.

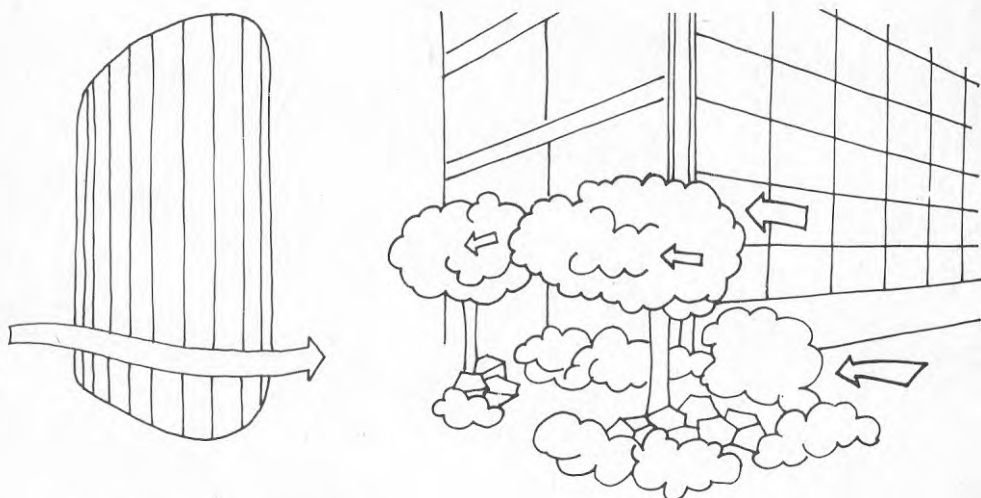


Fig 31. Avrundade vinklar eller trädplanteringar runt vinklarna minskar vinkeleffekten.

Turbulensrullar vid foten av byggnader, fig 25 och 26

- Använd skärmtak som förhindrar luftströmningen nedåt på lovartsidan, fig 32
- Undvik ortogonal orientering av byggnaderna mot de förhärskande vindarna
- Planera trädplanteringar på byggnadens läsida

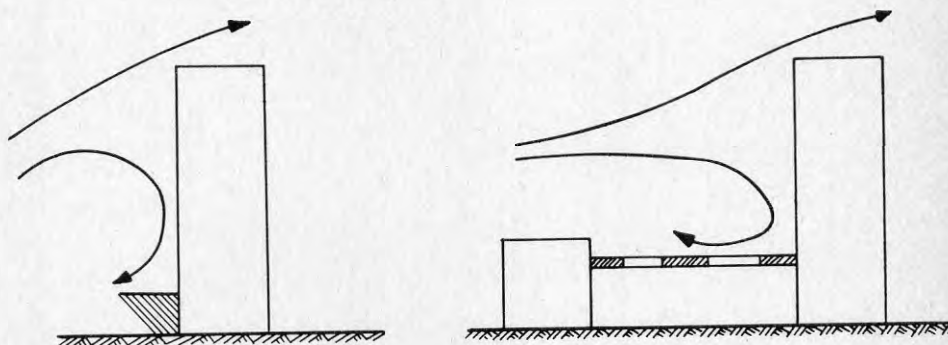


Fig 32. Skärmtak över gångbanor reducerar vindhastigheten förbi höga byggnader.

- Rent allmänt kan konstateras att byggnader med i det närmaste cirkulära planformer föranleder en betydligt mindre vertikalströmning (nedåtriktad) än rektangulära byggnader. Avrundade byggnader kan således lämpa sig bättre för lokalisering i utsatta lägen.



7 ÅTGÄRDER I BEFINTLIG BEBYGGELSE

7.1 Vindskärmar

Vindskärmar kan förbättra vindklimatet inom den befintliga bebyggelsen. Skärmarna kan indelas i perforerade och solida. I allmänhet kan konstateras att de förra ger en reducering av vindhastigheten på en längre sträcka och att strömningen på läsidan blir jämnare än med de senare.

I (19) visas läverkan från vindskydd med olika luftgenomsläpplighet enligt Naegeli (WMO), se fig 33. Vindhastigheterna anges för olika höjder och avstånd mellan skärm och betraktad punkt samt för olika täthet på vindskärmarna.

I fig 33 framgår att den skyddande funktionen ökar med vindskärmens höjd och till en viss grad med dess permeabilitet.

En annan undersökning visar effektiviteten hos skärmar i form av olika slags trädhäckar, se fig 34. Vindreduktionskurvor av detta slag är i allmänhet resultatet av undersökningar där vindskärmarna fungerar som isolerade element. Vill man däremot använda en vindskärm i en bestämd mark- och bebyggelsekonfiguration, bör man undersöka skärmens effektivitet i den vind som betingas av konfigurationen. Olika forskare rekommenderar undersökningar i vindtunnel innan lämpliga skyddsåtgärder tillämpas i en befintlig bebyggelse. Jensen (13) försöker klarlägga skärmens effektivitet i olika terrängtyper genom att hänföra vindreduktionskurvorna till relationen h/z_0 där h = skärmens höjd och z_0 = markytans skrovlighetsparameter, se fig 35.

Gandemer (2) undersöker olika typer av vindskärmar i vindtunnel där skyddsåtgärderna provas med simulerad bebyggelse - och simulerade markförhållanden. I detta fall kan vindskyddets form anpassas efter de specifika komfortkraven i ett område. I avsnitt 7.2 ges exempel

i form av en "trampolin" och en delvis perforerad vindskärm. Dessa skyddselement har utarbetats av aerodynamiker och arkitekter. De förra svarar för anordningarnas effektivitet och de senare för dessas anpassning som "liten arkitektur" till bebyggelsens utformning.

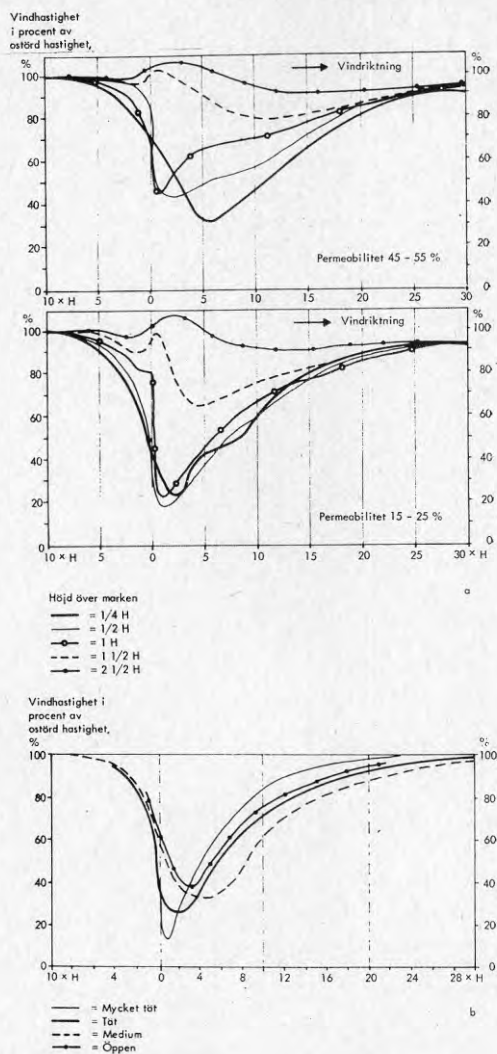


Fig 33. Läverkan från vindskydd med olika luftgenomsläpplighet. H =vindskyddets höjd. Vindhastighet angiven i procent av ostörd hastighet på respektive nivå. a. Kurvor på olika höjd över marken för ett öppet och ett tätt vindskydd. b. Kurvor på viss höjd över marken för vegetationsskärm med olika täthet. (efter Naegeli, källa: WMO, 1964) (19).

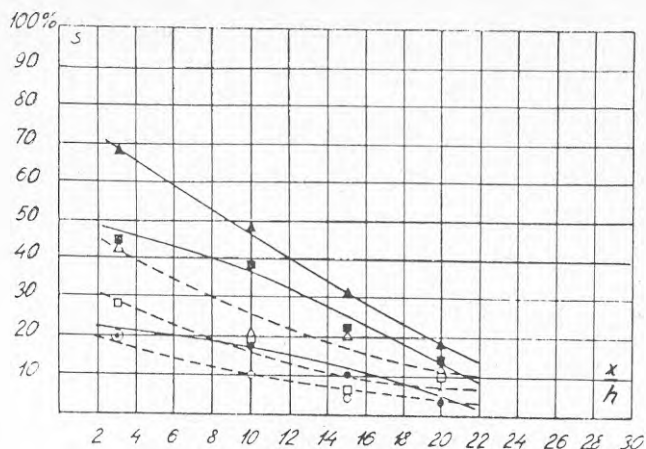


Fig 34. Vindreduktionskurvor för olika typer av trädhäckar beroende på $\frac{x}{h}$ -relationen ($\frac{\text{avståndet från skärmen}}{\text{skärmens höjd}}$).

Heldragna kurvor svarar mot lövträdshäckar. Punkterade kurvor svarar mot lövträdshäckar utan löv. Med triangel betecknas kurvor för barrträdshäckar, med kvadrat sälghäckar och med cirkel pilhäckar (13).

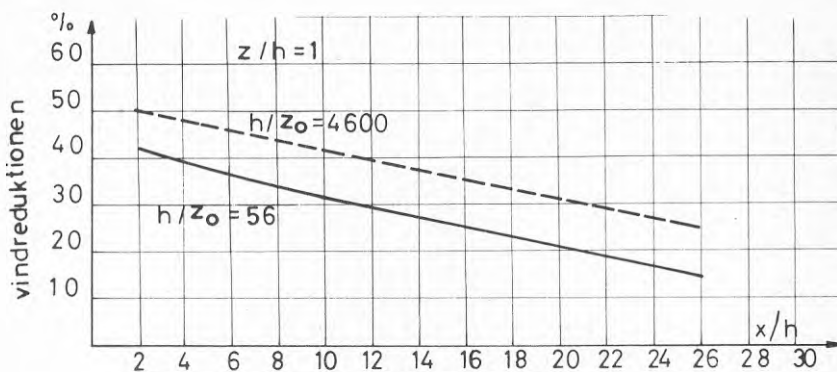


Fig 35. Skärmens effektivitet beroende på h/z_0 -relationen (skärmens höjd/markytans skrovlighet) och på avståndet från skärmen. Efter (13).

7.2 Andra typer av skyddsanordningar

I fig 36 visas ett bostadsområde där de i regionen förhärskande vindarna (syd-västliga) gav upphov till besvärliga vindförhållanden. Två byggnader b_1 och b_2 hade placerats i en position som motsvarar den i fig 19 beskrivna utjämnningseffekten. En undersökning i vindtunnel visade, att de mest besvärliga zonerna C och D utgör 75 % av områdets area, se fig 36.

Vindskärmar i form av "trampoliner", fig 37, har använts. Dessa 2 m höga element har uppställts vid områdets öppning mot sydväst, se fig 38. Detta har resulterat i ett bättre vindklimat inom området, så tillvida att besvärlighetszonerna har minskat med ca 50 %.

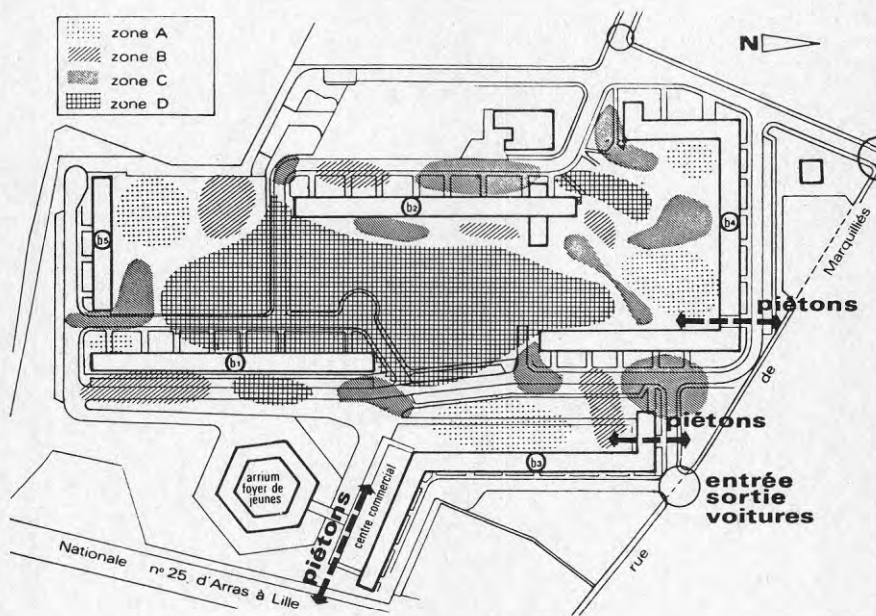


Fig 36. Zonering i ett stadsområde enligt frekvens av besvärliga vindförhållanden (2).
 A-zon besvärliga förhållanden under högst 7 dagar om året.
 B-zon besvärligheter mellan 7-22 dagar.
 C-zon besvärligheter mellan 22 och 44 dagar.
 D-zon besvärligheter mer än 44 dagar.

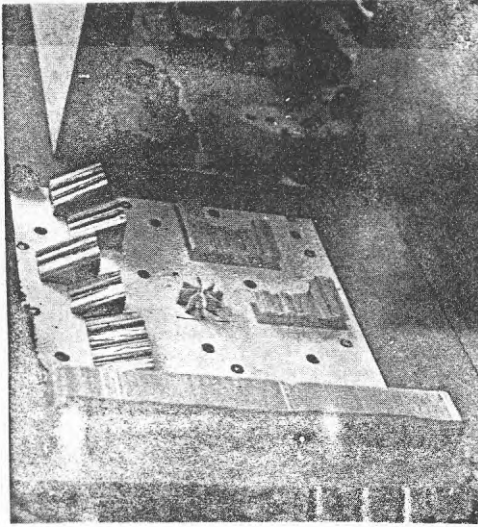


Fig 37. Skyddsanordning enligt alternativ "trampolin" (2)

Ett annat exempel på skyddsåtgärder i befintlig bebyggelse utgör ett stadskvarter där en del av gatunätet omvandlades till gångbanor. För att förbättra vindmiljön har vindskärmar enligt fig 39 anordnats.

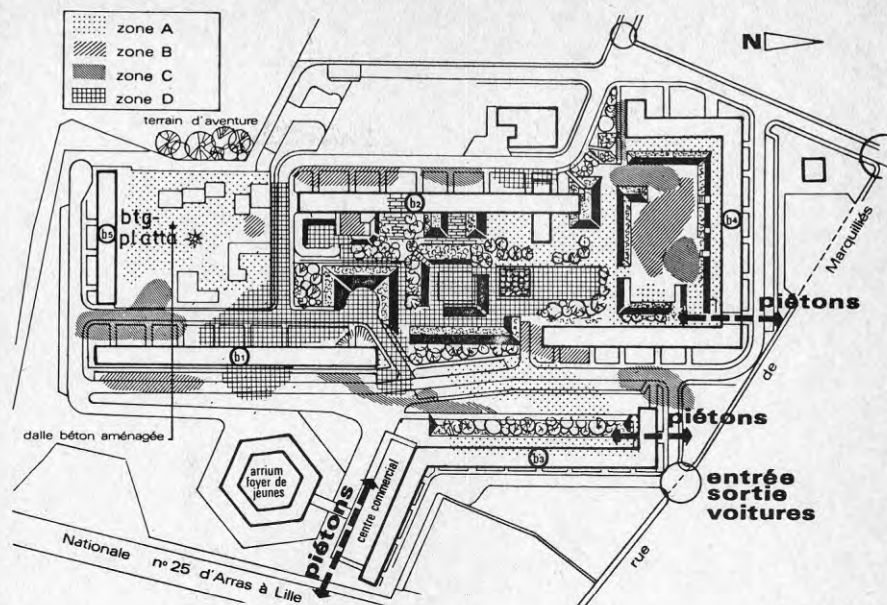


Fig 38. Blåsigheten (besvärlighetszonerna) inom området efter inplacering av skyddsanordning i form av "trampolin"-struktur (på betongplattan).

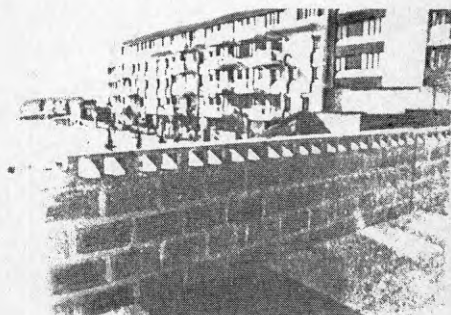
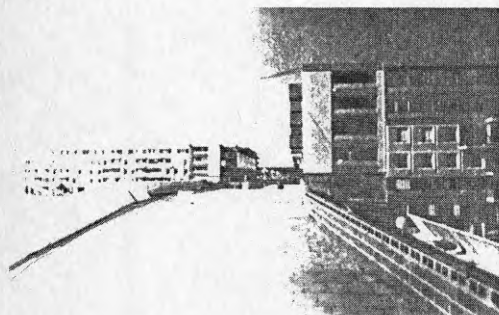


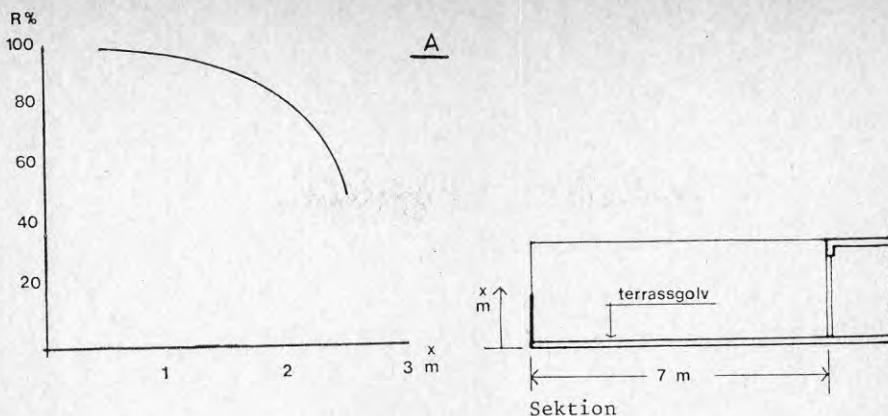
Fig 39. Vindskärmar anordnade vid omvandling av gata till gångbana. Efter (2).

Då gånggator inrättas mellan två rader av byggnader kan dessa skyddas med tak, särskilt i fall när turbulensrullar skall motverkas, se fig 40 (jfr också fig 26).



Fig 40. Tak anlagt över gånggata. Efter (18).

Olika forskare undersöker effektiviteten av skyddsåtgärder på balkonger och terrasser, se (10) och (12). Skärmar av den typ som visas i fig 41 undersöks i vindtunnel och effektiviteten bestäms som reduktionsfaktorer, vilka anger förhållandet mellan vindhastigheten på terrassen med skärm och vindhastigheten på samma plats utan skärm.



Reducerad vindhastighet $R\% = \frac{\text{vindhastighet med tät terrassbröstning } x \text{ m}}{\text{vindhastighet med 1 m hög planteringslåda (100\%)}}$

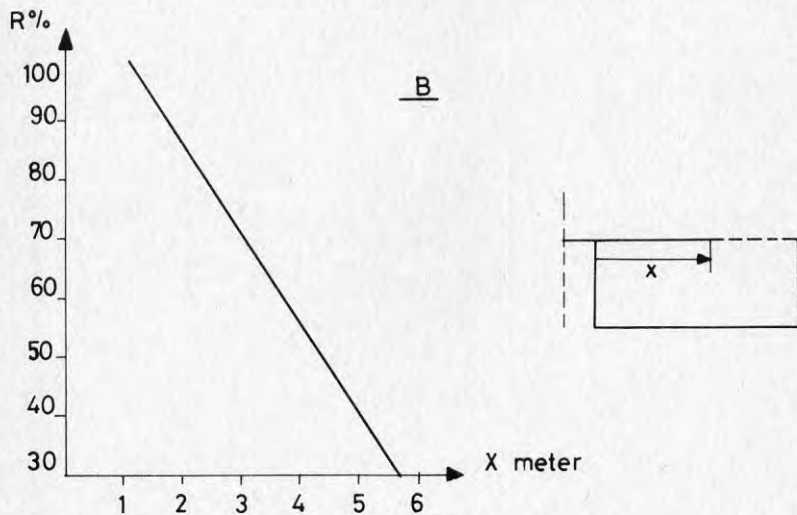


Fig 41. Effektivitet av skyddsåtgärder på terrasser.
Efter (18).

A - balustrader

B - skärmtak

$$R = \frac{\text{vindhastighet utan skärmar}}{\text{vindhastighet med skärmar}} \times 100$$

I (12) analyseras vindklimatet på indragna och utanpåliggande balkonger. De senare undersöks med och utan gavlar. I fig 42 visas relativa vindhastigheter \bar{U}_b/\bar{U}_{ref} som funktion av hushöjd och anblåsningvinkel samt av balkongens läge (ytter- och mittenbalkong). (\bar{U}_b = vindhastighet på balkongen, \bar{U}_{ref} = den ostörda vindens hastighet.)

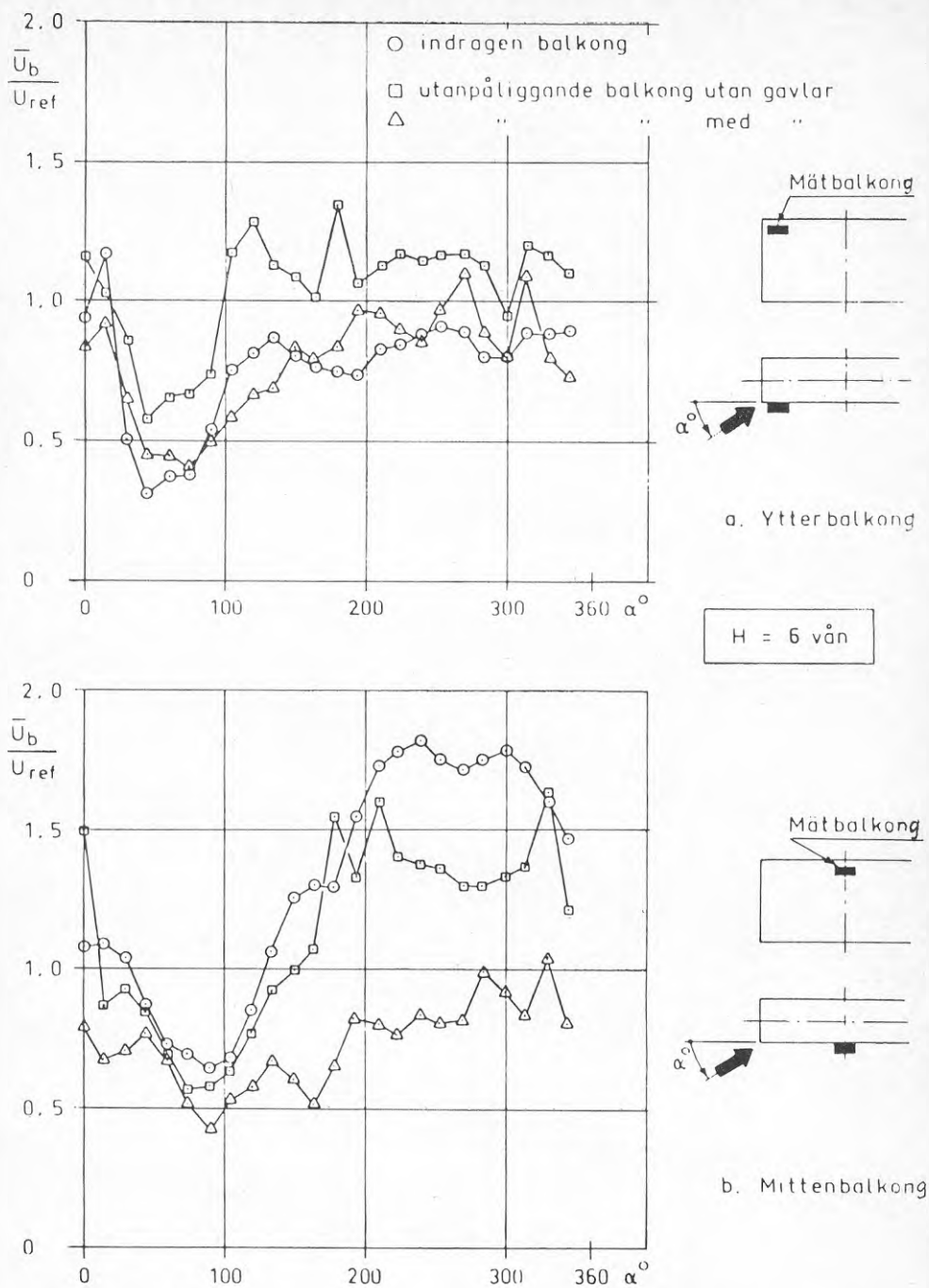
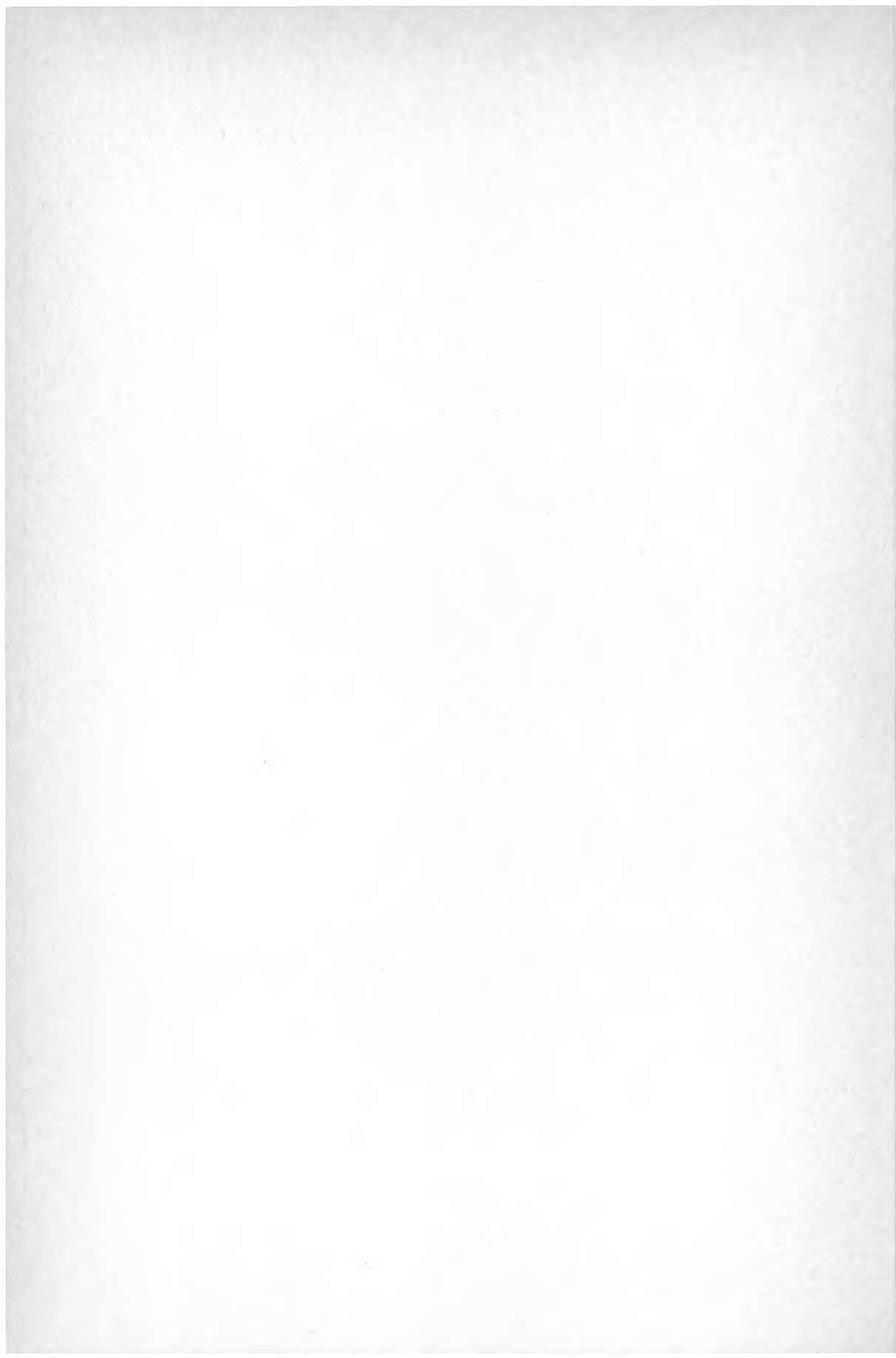


Fig 42. Relativa vindhastigheten $\frac{U_b}{U_{ref}}$ på balkonger på lamellhus som funktion av anblåsningsvinkeln. Efter (12). Hushöjd 6 våningar.

Som framgår av fig 42 kännetecknas indragna balkonger i ytterläge av bättre vindklimat än utanpåliggande balkonger. I mittenläget förhåller sig detta annorlunda, då relativa vindhastigheten är högre för de indragna balkongerna, särskilt vid anblåsning i en vinkel på $100-300^{\circ}$.

De utanpåliggande balkongernas "gavlar" är effektiva som skyddsåtgärder, se fig 42. Relativa vindhastigheten avtar med upp till 50% jämfört med på de oskyddade balkongerna.



8 MÄTTEKNIK

8.1 Mätning av naturvinden

För mätning av vindhastighetens medelvärden använder man sig ofta av skålanemometrar - med elektronisk eller vanlig transmission av varv, se fig 43. Till de förra krävs strömförsörjning från ett batteri. Båda typerna av anemometrar är utrustade med räkneverk, som visar antalet varv under inverkan av vindtrycket. Lämpliga kalibreringskurvor möjliggör en omräkning från antal varv till vindhastighet.

Vindriktningen bestäms med vindriktningsmätare som anger anblåsningvinklar enligt 18 sektorer av 20° , se fig 44.

De fluktuerande vindkomponenterna kan bestämmas med en snabbanemometer av typ "ERA", fig 45. Anemometerens funktion är baserad på en tryckgivares princip, utsignalen är således proportionell mot vindhastigheten i kvadrat. Responstiden är tillräckligt kort (ca 0,05 s) för att de snabba vindfluktuationerna ska kunna registreras. Mellan den elektriska uteffekten S och det dynamiska vindtrycket q finns sambandet

$$s = (1/k) \times q$$

där k är en kalibreringsfaktor.

Uteffekten inspelas i form av en analog signal på ett magnetband. Lämpligen används en s k FM-bandspelare, se fig 45.

Den inspelade signalen digitaliseras vid avspelingen och ger när den databehandlas med lämpligt program karakteristiska vinddata - i allmänhet vindens medelhastighet och vindfluktuationernas standardavvikelse.

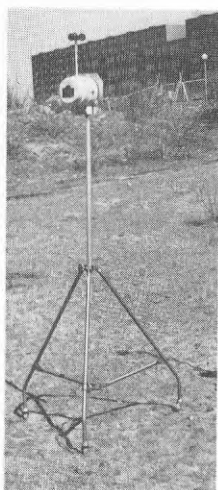
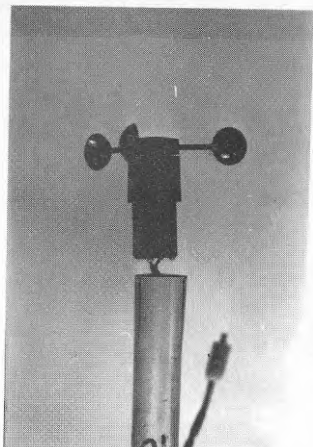


Fig 43. Skålkorsanemometrar med elektrisk transmission,
anemometrar med vanlig transmission av varv.

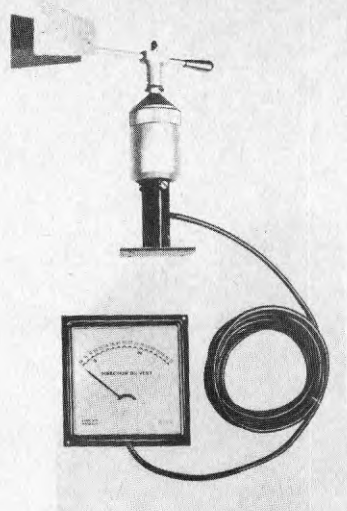


Fig 44. Vindriktningsmätare med indikator.

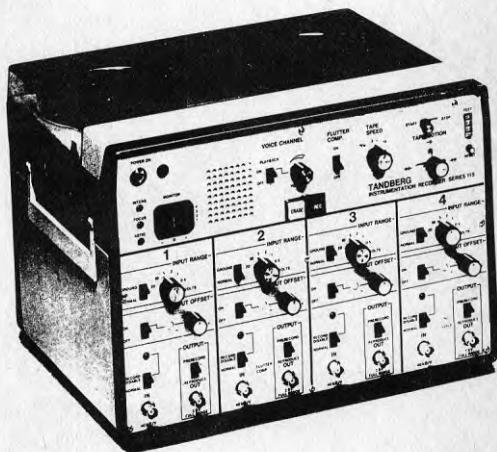
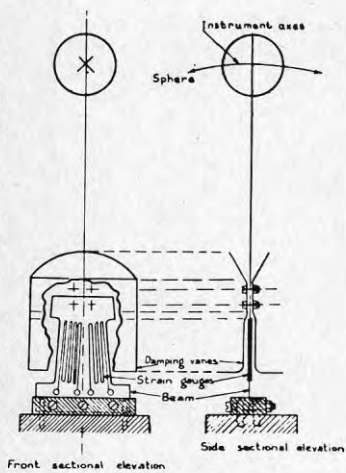


Fig 45. Apparatur för mätning av fluktuerande vindkomponenter: "ERA"-anemometer, FM-bandspelare.

8.2 Vindtunnelteknik

Med simulering av aerodynamiska fenomen i vindtunnel kan man genomföra vindstudier och mätningar på modeller, se kap 6.2. Sådana fenomen som vindens vertikala medelhastighetsfördelning eller den turbulenta vindens struktur, beror på olika samverkande faktorer som terrängens skrovlighet, den termiska turbulensen o d. Den resulterande luftströmningen kan inte i tillräcklig grad simuleras i de vindtunnlar som används för undersökningar av flygteknisk karaktär (korta mätsträckor). Vindtunnlar som byggts speciellt för byggnadsaerodynamiska studier har lång mätsträcka (upp till 20 m) där simulering av markskrovligheter och turbulensintensitet är möjlig med hjälp av olika element, t ex beläggningsmaterial på mätsträckans golv och polyuretanblock som framkallar friktionskrafter, se fig 46. Genom att variera formen, tätheten och höjden på skrovlighetens olika element kan man modellera det s k atmosfäriska gränsskiktet (det marknära skikt där medelhastigheternas vertikala profil börjar med $U = 0$ vid gränsen till markytan och ökar till den fria strömningens hastighet på gradienthöjden, se kap 2).

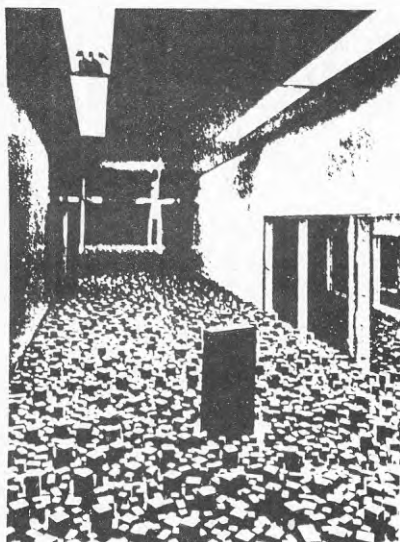


Fig 46. Mätsträcka med en skrovlig konfiguration som simulerar en urban miljö. Efter (21).

Bestämning av vindhastigheter sker vanligen med hjälp av så kallade varmtrådsanemometrar, som kan mäta både medelvindhastighet och turbulenta hastighetsfluktuationer. Dessa anemometrar innehåller en 2 mm lång och 0,005 mm tjock tråd som är elektriskt uppvärmd och vars värmeförlust är ett mått på lufthastigheten. I fig 47 visas ett typiskt hastighetsspår samt huvudet på den varmtrådsanemometer som använts för denna mätning.

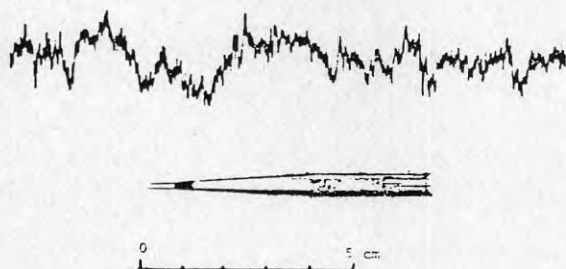


Fig 47. En varmtrådsanemometers 5-mikronshuvud och en inregistrering av vindhastigheten. Efter (1).

En annan typ av mätanläggning som används för mätning av vindtryck består av ett totaltrycksrör och en statisk trycköppning. Det lokala statiska och totala trycket kan uppmätas med en multimanometer, se fig 48, och differensen kan bestämmas som ett dynamiskt tryck.

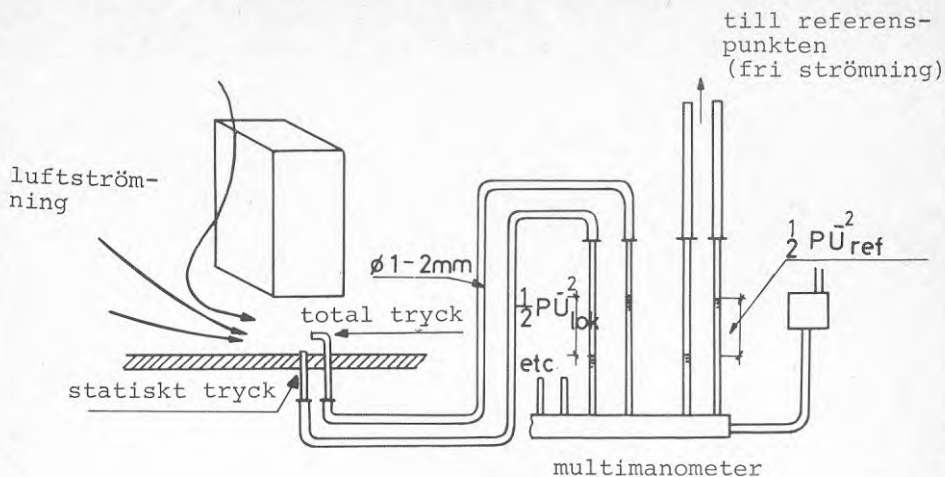


Fig 48. Anläggning för mätning av vindtrycket. Efter (1).

Både vid mätning av vindhastighet och av dynamiskt tryck relaterar man de uppmätta resultaten till vindhastighet eller vindhastighetstryck i den fria strömningen på en viss höjd eller vid ett visst avstånd från modellerna. Syftet är i allmänhet att ha referensen i en punkt där meteorologiska data om vindfrekvenserna är kända.

Mättekniken med varmtrådsanemometrar och multimanometrar har för- och nackdelar. Den förra metoden är bra såtillvida att mätresultaten är oberoende av vindriktningen. Apparaturen är dessutom nog känslig för att registrera snabba vindfluktuationer. Vid höga turbulensintensiteter kan emellertid metoden visa sig osäker (1). Mätningar med multimanometer är mindre resurskrävande. Nackdelen med dessa är att det rör som mäter det totala trycket bör anpassas till den lokala strömningens riktning. Om vindfluktuationernas maximala värden skall uppmätas bör multimanometrarna kompletteras med dyr elektronisk utrustning.

Vindmiljöstudier av kvalitativ karaktär kan ske genom

visualisering av strömningen kring modellen med hjälp av färgemulsion, rök och vindfanor, se fig 49.

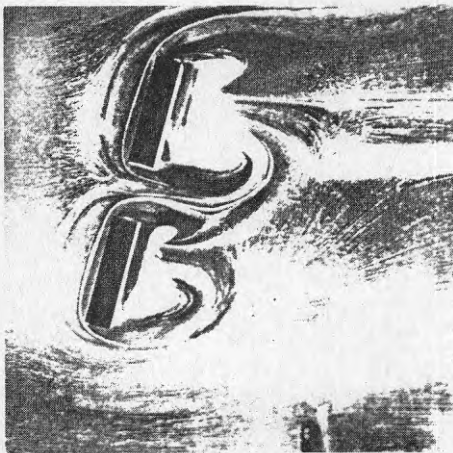


Fig 49. Visualisering av luftströmningen i vindtunnel med hjälp av färgemulsion. Efter (21).

Den nybyggda vindtunnel som fungerar vid SIB i Gävle (civ ing Bengt Wirén) har en karakteristik som framgår av fig 50. Sektionen i mätsträckan är 1,5 x 3,0 m. Med hjälp av speciella arrangemang på mätsträckans golv kan man efterbilda vindens struktur i det marknära luftskiktet, inklusive vindturbulensen. Det blir härigenom möjligt att skapa strömningsförhållanden kring modeller som nära överensstämmer med dem som råder kring motsvarande objekt i full skala (21).

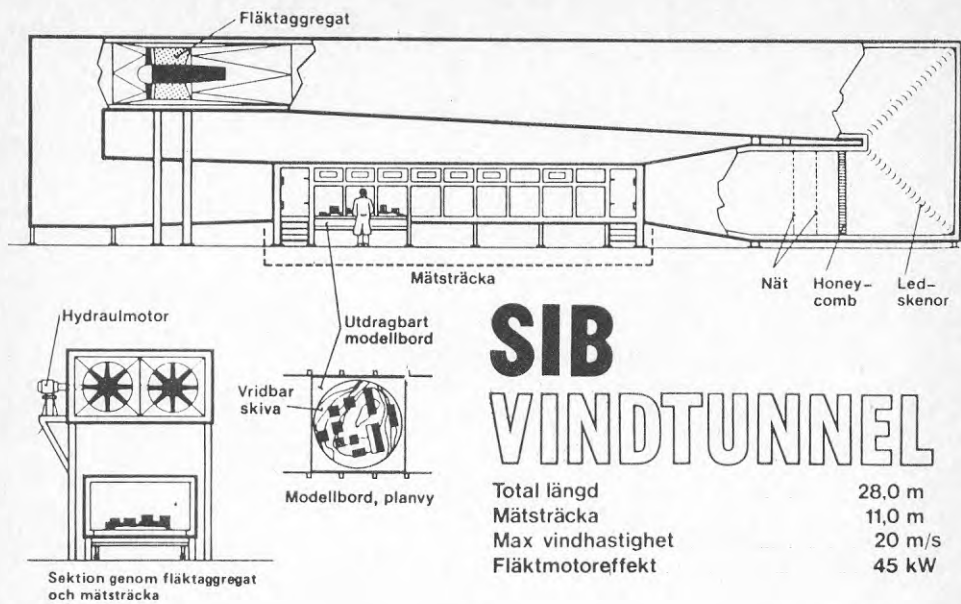


Fig 50. Vindtunnel i Gävle.

9. LITTERATURFÖRTECKNING

1. Aynsley, R, Melbourne, W, Vickery, B, 1977. Architectural Aerodynamics. Applied Sc. Publ. London.
2. Cahiers du CSTB No 179. L'activité du CSTB en 1976 Paris.
3. Culjat, B, 1975. Climate and the built environment in the north, KTH. Stockholm.
4. Czarnecki, W, 1968. Planowanie ma ist i osiedli. PWN Warszawa.
5. Engineering sciences Data 74031, Oct 1974. London.
6. Engineering sciences Data 72026, Nov 1972. London.
7. Gandemer, J, 1974. Optimisation du complexe de la plage de Prado. CSTB-Adym-C11-74. Nantes.
8. Gandemer, J, 1976. Incomfort du au vent aux abords des batiments. Cahiers du CSTB 170. Paris.
9. Gandemer, J, Guyot, A, 1976. Integration du phenomene vent dans la conception du milieu bati. Paris.
10. Gosvig, H, Madsen, S, Pedersen, E, 1971. Terrassens klima. Byggeindustrien 1, 8, 9, 10. Köpenhamn.
11. Isyumov, N, Davenport, A, 1975. The ground level wind environment in built-up areas. Proe. Intern. Conf. on Wind Effects. Heathrow.

12. Jansson, T, Wirén, B, 1973. Modellstudie i vindtunnel av vindförhållandena. KTH-rapport BA-1. Stockholm.
13. Jensen, M, 1959. Aerodynamik i den naturlige vind. Teknisk förlag. Köpenhamn.
14. Jensen, M, 1961. Shelter effects. Danska Ingenjörsvetenskapsakademien. Köpenhamn.
15. Krieg, R, Olsson, L, 1977. Ventilationsklimatet i Sverige. SMHI. Norrköping.
16. Nord, M, 1974. Höga vindhastigheters avtagande med avståndet från kust. SIB. proj. 279. Stockholm.
17. Pénicaud, H, 1978. Microclimats urbains. Centre de Recherche d'Architecture, d'Urbanisme et de Construction. Paris.
18. Penwarden, A, Wise, A, 1975. Wind environment around buildings. BRE-report. Garston.
19. Taesler, R, 1972. Klimatdata för Sverige. Stockholm.
20. Tobé, E, 1978. Kommunal planering. Almqvist & Wiksell. Uppsala.
21. Wirén, B, 1975. Byggnadsaerodynamiska vindtunnelförsök. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770180-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Avd för
byggnadskonstruktion, CTH, Göteborg.**

R29: 1980

ISBN 91-540-3195-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700129

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms