

Rapport

R21:1974

Blåsighet kring enstaka
byggnader och i passager
– modellprov

Bo Göran Hellers & Stig Lundgren

Byggforskningen

Blåsighet kring enstaka byggnader och i passager – modellprov

Bo Göran Hellers & Stig Lundgren

Blåsigheten strax ovanför markplanet kring en enstaka byggnad av enkel form med upp till 8 våningar har undersökts i modellskala i en vindtunnel. Passager av olika utformning mellan stora bostadshus har studerats och jämförts ur blåsighetssynpunkt. Den anblåsande vinden har givits en naturlig medelhastighetsprofil.

Resultaten kan tolkas som indirekta anvisningar på var läbildande åtgärder bör planeras.

Vindbelastningen på huskroppar av allmän form har samtidigt studerats, vilket redovisas i Byggeforskningens Rapport R22:1974, Bo Göran Hellers och Stig Lundgren.

Blåsigheten strax ovanför markplanet i det bebyggda landskapet är delvis bestämmande för utevistelsens kvaliteter. Det klagas i debatten om lämpliga boendeformer över blåsigheten i höghusområden, normalt som en oundviklig företeelse vilket naturligtvis är helt felaktigt. Lä kan åstadkommas främst med lämpliga husplaceringar men också med kompletteringar, skärmar eller vegetation.

Blåsigheten är sammansatt av medelvind och fluktuationer. Man talar om att det blåser kastvindar och avser både deras styrka och plötslighet. För att kunna avhjälpa brister i nuvarande planering behövs kunskap om förhållandena i grundläggande fall. Därför har denna undersökning inriktats på blåsigheten strax ovanför markplanet dels omkring en enkel byggnadskropp av varierad höjd och dels i passager av olika utformning mellan två enkla byggnadskroppar.

Försök

Försöken har utförts i modellskalan 1:250 i en enkel vindtunnel vid FFA (Flygtekniska försöksanstalten, Bromma). Den anblåsande vinden profilerades så att hastigheten i vindriktningen ökade med höjden över tunnelgolvet på ett sätt som efterliknar naturen, FIG 1.

Singelhus

Det enstaka huset är ett flerfamiljshus med planmåtten 12×36 m² vars sektion visas i FIG 2. Höjden har satts till 2, 3,

4 respektive 8 våningar. Ett stort antal termistorer omger huset vid provet vilka känner av vindhastigheten på 1 m nivå i fullskalan. Registreringen av mät-signaler sker automatiskt.

Bearbetningen av signalerna har gjorts med tillhjälp av ett särskilt utvecklat dubbelinterpolerande dataprogram. Som resultat erhålls isovelkartor, dvs kartor omkring huset med kurvor som förenar punkter med lika hastigheter. Denna hastighetsbild ställs sedan mot den ostörda hastigheten på samma nivå (egentligen vindhastigheten utan huset) och områden med tillväxt (blåst) och områden med avdrag (lä) kan därigenom bestämmas. Dessa bestämningar kan kompletteras med färgströmningsprov i planet omkring huset, se exempel i FIG 3.

Färgen ackumuleras i områden med lä och blåser bort från områden med blåst.

Resultat

Vid analys av vindfältens förändring med anblåsningsriktningen visar det sig möjligt att sammanfatta resultaten i tre sammanhängande sektorer

- en smal sektor omkring den vinkelräta anblåsningen mot långsidan.
- en bred sektor mellan lång- och kort-sida.
- en smal sektor omkring den vinkelräta anblåsningen mot kortsidan.

Passager

Blåsigheten i tre alternativa utformningar av en passage mellan två 8-våningshus har undersökts. Passagens bredd har satts till 2/3 av husbredden.

Inverkan av en passage är begränsad till ett snävt område omkring öppningen. Färgströmningsprov, FIG 4, kompletterar mätningar med termistorer i och omkring passagen.

Resultat

En jämförelse för olika anblåsningsriktningar visar att man för de tre konfigurationerna kan sammanfatta resultaten i två sammanhängande sektorer

- anblåsning i stort sett vinkelrätt mot passage.
- anblåsning mot passagen från övriga riktningar.

Byggeforskningen Sammanfattningar

R21:1974

Nyckelord:

vindtunnelförsök, luftförelse, blåsighet, höghusområde, mikroklimat

Rapport R21:1974 hänför sig till projekt 275 vid Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm. Projektet har bekostats med medel från Statens råd för byggnadsforskning och Flygtekniska försöksanstalten, Stockholm.

UDK 533.6.072

551.584

711.644

SfB A

ISBN 91-540-2370-X

Sammanfattning av:

Hellers, B G & Lundgren, S, 1974. *Blåsighet kring enstaka byggnader och i passager – modellprov.* (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R21:1974, 56 s. ill. 16 kr exkl moms.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Grupp: konstruktion

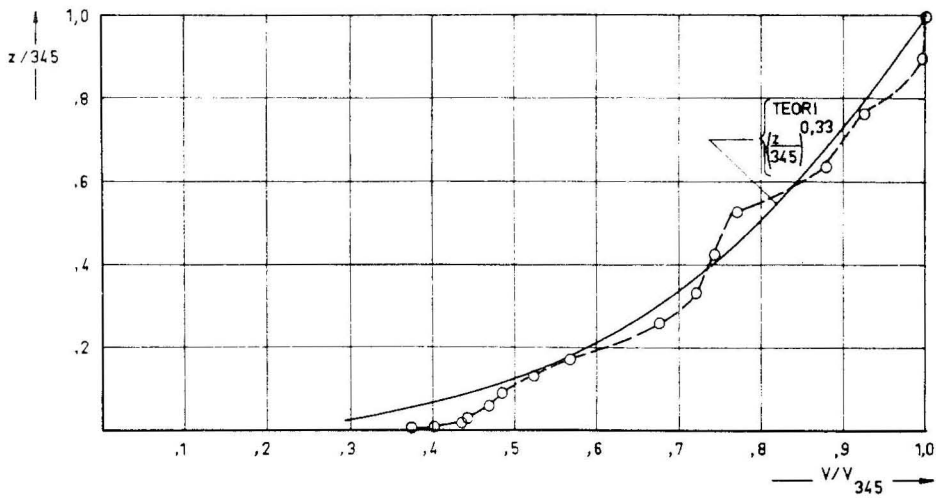


FIG 1. Hastighetsprofil i vindtunnel.

FIG 2. Provkropp. Hus i skala 1:250. Mått i mm.

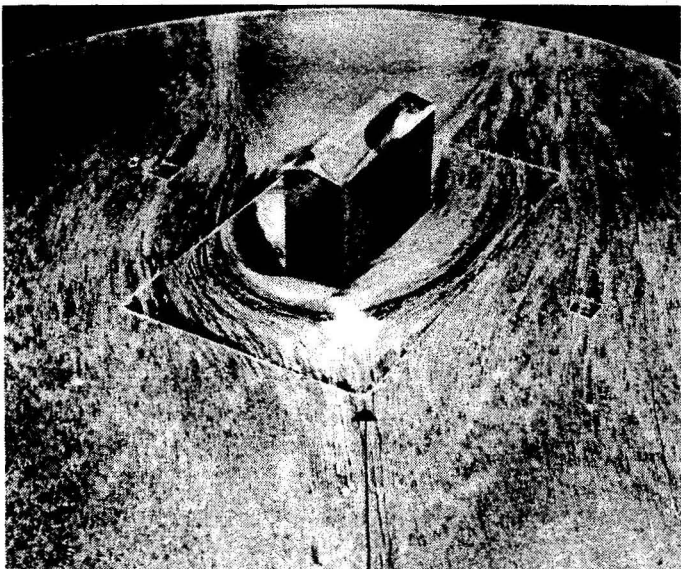
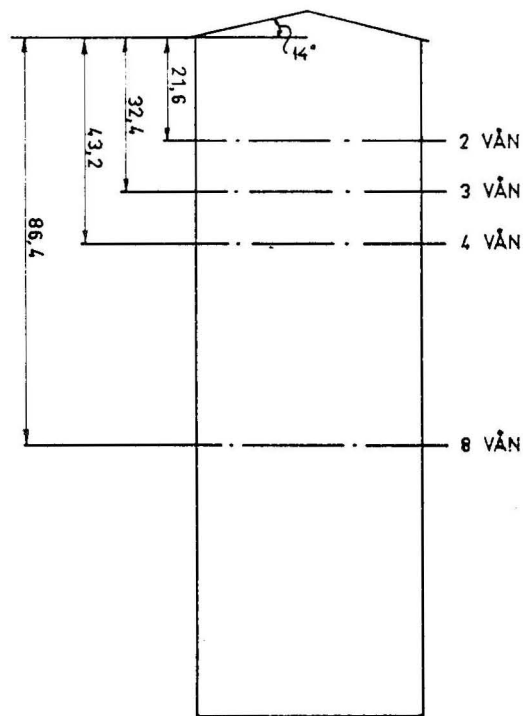


FIG 3. Färgströmningsbild av 8-våningshus. Vindriktning $\phi = 60^\circ$ från vinkelrät långsida.

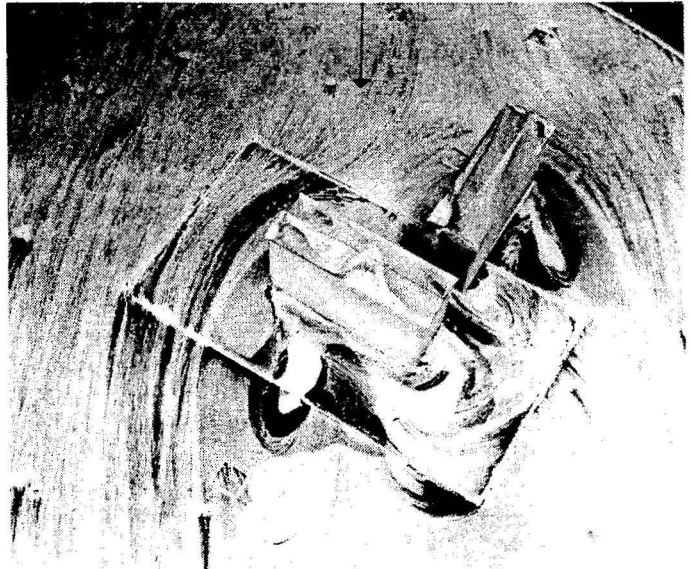


FIG 4. Färgströmningsprov. Två hus. Konfiguration I. Anblåsriktning $\phi = -50^\circ$. Hushöjd $H = 8$ våningar.

Windiness around single buildings and in passages – Model tests

Bo Göran Hellers & Stig Lundgren

National Swedish Building Research Summaries

R21:1974

The windiness close above ground in the vicinity of a single building, generally shaped and up to 8 storeys high, has been investigated by model tests in a wind-tunnel. Passages of different shaping between large residential houses have been studied and compared from the windiness point of view. The on-blowing wind has been given a natural average velocity profile.

The results may be interpreted as indirect instructions as to where lee-generating measures should be planned.

Wind loads on generally shaped house bodies have been penetrated simultaneously. This is accounted for in the report R22:1974 by Bo Göran Hellers and Stig Lundgren from the National Swedish Institute for Building Research.

The windiness close above ground in the built-up environment is partly responsible for the qualities of out-door life. It is complained in the debate dealing with suitable residential conditions about the windiness in high-rise areas, normally as an inevitable phenomenon which, of course, is entirely false. Lee can be accomplished primarily with the proper location of buildings but also with the adding of fences or vegetation.

Windiness is made up by average wind and fluctuations. One talks about gusty wind and refers both to its strength and suddenness. In order to remedy shortcomings in the present stage of planning basic knowledge is needed about frequent conditions.

To that end this investigation is directed towards windiness close above ground, on one hand in the vicinity of a simple house-body with varied height and on the other hand windiness in passages of different shaping between two single buildings.

Tests

The tests have been carried out in the model scale 1:250 in a small windtunnel at FFA, Bromma (The Aeronautical Research Institute of Sweden). The on-blowing wind was profiled so that the velocity in the wind stream increased with height over the tunnel floor to imitate natural conditions, see FIG 1.

Single house

The single house is an apartment building with the horizontal section 12×36 m², the vertical section of which is shown in FIG 2. The height is chosen as 2, 3, 4 and 8 storeys respectively. A large number of thermistors is surrounding the house at the test. The thermistors register the wind velocity at the 1 m – level in full-scale. The recording of measuring signals is done automatically.

The further treating of the signals has been done by use of a double-interpolating data program especially developed for this purpose. The results are contained in isovel-maps, that is maps showing the house and its neighbourhood with curves joining points with equal velocity. This velocity picture is put against the corresponding picture of undisturbed conditions at the same level (wind velocities without the house). Regions with increasing wind (gale) and regions with decreasing wind (lee) can readily be determined. These determinations may be supplemented with flow-colour tests at floor-level around the house, see the example of FIG 3. The colour is accumulated in lee regions and is blown off regions with gale winds.

Results

Analyzing the change of the wind field with the wind direction it proves possible to conclude the results in three consecutive sectors.

- a narrow sector around the direction square to the facade.
- a broad sector between the facade and the end of the rectangular building.
- a narrow sector around the direction square to the end.

Passages

The windiness of three alternative shapings of a passage between two 8-storey buildings has been investigated. The width of the passage has been chosen as 2/3 of the house width.

The influence of a passage is limited to a small region around the opening.

A flow-colour test, FIG 4, supplements the registration with thermistors in and around the passage.

Results

A comparison for different wind direction shows that one can conclude the

Key words:

wind-tunnel tests, wind motion, windiness, highrise residential area, micro climate

Report R21:1974 refers to Research Project 275 at the National Swedish Institute for Building Research. This project was financed by the Swedish Council for Building Research and the Aeronautical Research Institute of Sweden.

UDC 533.6.072

551.584

711.644

SfB A

ISBN 91-540-2370-X

Summary of:

Hellers, B G & Lundgren, S, 1974. *Blåsighet kring enstaka byggnader och i passager – modellprov*. Windiness around single buildings and in passages – Model tests. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R21:1974, 56 pp, ill. Sw Cr 16.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403.
S-111 84 Stockholm
Sweden

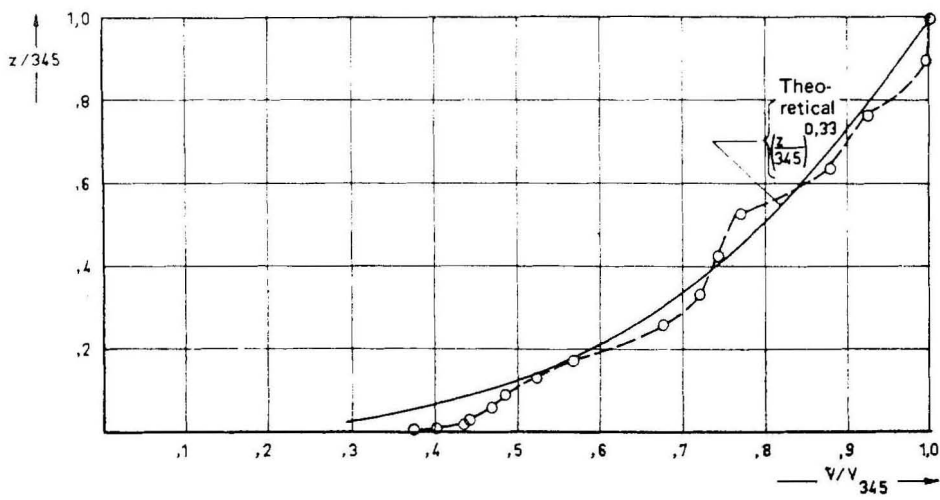


FIG. 1. Velocity profile in wind-tunnel.

results from the three configurations in two consecutive sectors

- wind in a roughly square direction to the passage.
- wind towards the passage from other directions.

FIG. 2. Test body. House scaled 1:250. Dimension mm.

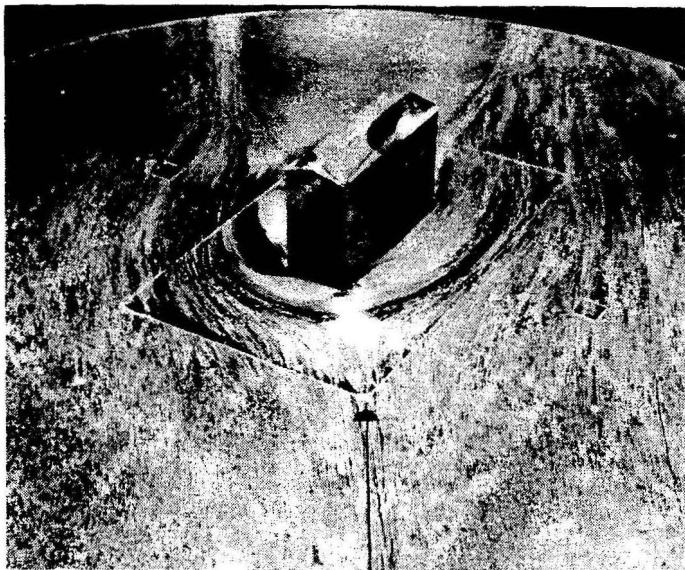
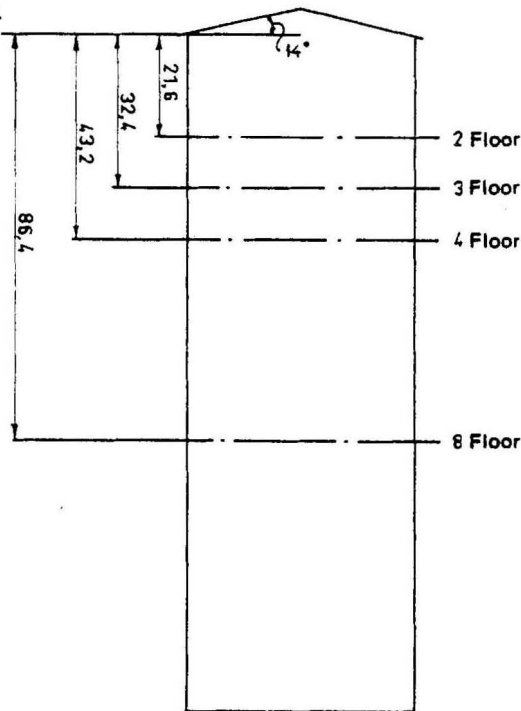


FIG. 3. Flow-colour test of 8-storey house. Wind direction $\phi = 60^\circ$ from the direction square to the facade.

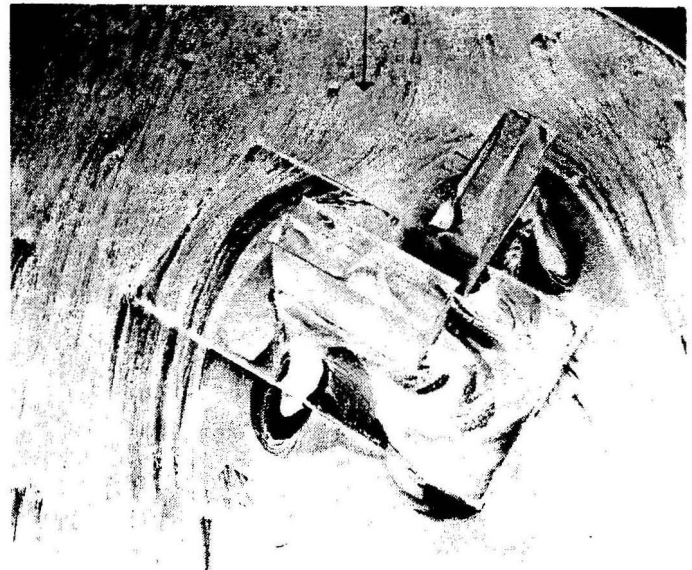


FIG. 4. Flow-colour test. Two houses. Configuration I. Wind direction $\phi = -50^\circ$. House height $H = 8$ floors.

Rapport R21:1974

BLÅSIGHET KRING ENSTAKA BYGGNADER
OCH I PASSAGER - MODELLPROV

Bo Göran Hellers & Stig Lundgren

Denna rapport tillsammans med Rapport R22:1974 är resultatet av ett samarbete mellan Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm, och Flygtekniska försöksanstalten, Stockholm. Projektledare inom SIB har varit tekn. lic. Bo Göran Hellers, projekt 275, och inom FFA avd. dir. Stig Lundgren. Projektet har bekostats gemensamt av SIB och FFA.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	4
INLEDNING	5
PROBLEMSTÄLLNING	8
VINDTUNNEL OCH VINDENS VARIATION MED HÖJDEN (VINDPROFIL)	9
ENSTAKA BYGGNAD - PROVKROPP OCH MÄTNING AV LOKALA VINDHASTIGHETER	11
Försökens omfattning	12
Färgströmningsprov	12
Vindfaktor - isoveler - blåsighetstal	14
Blåsighet omkring enstaka byggnad	16
TVÅ BYGGNADER - PROVKROPPAR OCH MÄTNING AV LOKALA VINDHASTIGHETER	17
Försökens omfattning	17
Vindfaktor - isoveler - blåsighetstal	17
Färgströmningsprov	17
Blåsighet i passage	19
REFERENSER	20
FIGURFÖRTECKNING	21
BILAGA 1	43
BILAGA 2	53

FÖRORD

Föreliggande arbete bygger helt på experimentell grund. Lokala vindhastigheter har mätts i modellskala i en vindtunnel på FFA (Flygtekniska försöksanstalten) och mätningarna har därefter bearbetats och analyserats.

Programmet för det experimentella arbetet har fastlagts gemensamt av SIB (Harriet Ryd, Statens institut för byggnadsforskning och Anna Borelius, Bostadsstyrelsen) och FFA (Stig Lundgren och Martin Ingelman-Sundberg, Flygtekniska försöksanstalten).

Modellarbetet och alla mättekniska uppgifter har utförts vid FFA. En särskild Progress report har utgivits därifrån, FFA Report AU-683:1(1967) (Stig Lundgren, Bo Bengtsson och Ulla-Britt Forsberg), som bildat underlag för den följande bearbetningen.

Vindfaktorer har datorbearbetats av Metodgruppen (Sven Olofson) vid SIB efter utveckling av erforderlig tvådimensionell interpoleringsrutin.

Ytterligare bearbetning och analys av mätdata har utförts av Klimatgruppen vid SIB (Bo Göran Hellers, Janis Kajaks).

Författarna

INLEDNING

I debatten om boendeformer och bostadsområden talas det om dåliga klimatförhållanden i nyproducerade "höghusområden". Varför blåser det så, frågas det till exempel om hösten, omkring stora huskroppar och i passager mellan dem.

En gammal erfarenhet om blåst är att den kan dämpas avsevärt med lämpligt placerad vegetation, träd och buskar. Men vegetationens inverkan är liten efter lövfällningen då läverkan är mest angelägen.

Villkoret för uppnående av en god vindmiljö under hela året är främst att bebyggelsen planeras med tanke på frekventa vindförhållanden. Planeringen kan därtill kompletteras med avskärmningar och planteringar.

En orienterande kännedom om de strömningsförhållanden som råder omkring en fristående byggnad och i passager mellan byggnader kan vara en förutsättning för arkitekten i formningen av bebyggelsens utemiljö.

Traditionellt har forskning om vind i det bebyggda landskapet inriktats på byggnadens krav. En oerhörd mängd arbeten om statiska och dynamiska belastningar produceras årligen. En utförlig situationsbeskrivning ges av Sachs (1972). En motsvarande, fast kortfattad, beskrivning av vindmiljöproblematikens behandling i litteraturen ges av Wirén (1969). Han framhåller de jämförelsevis tidiga svenska insatserna på området av Luthander & Gullstrand (1945). De studerade vindhastighets- och vindriktningsfördelningar i läområdet bakom huskroppar med olika höjd och med varierad inbördes placering och lyckades därigenom i stora drag kartlägga de intressanta strömningsförhållandena.

Evans (1957) har i huvudsak studerat utsträckningen av läområ-
det bakom en stor mängd isolerade huskroppar (varierad längd,
höjd, bredd och takutformning) vid anblåsning vinkelrätt mot
byggnadens långsida. Strömningen har visualiserats med hjälp av
rök.

Jensen (1959) och Jensen & Franck (1963) definierar en läfaktor
för kvantitativ beskrivning av lä. I modellskala har vindhastig-
heterna mätts med varmtrådsteknik på vad som i fullskala motsvarar
1,2 - 1,5 m höjd i aktuella läområden. Sådana är området ba-
kom en långsträckt huskropp, de innefattade områdena vid L- och
U-formade huskroppar och även helt kringbyggda gårdar. Försök
har vidare utförts med tre parallella huskroppar i kombination
med olika skärmarrangemang.

Jensen (1959) framhåller vegetationens läbildande effekt i an-
slutning till problemet med vinderosion längs danska kuster och
i Amerikas inland.

En utförlig sammanställning av tillgänglig kunskap på detta om-
råde har gjorts av WMO (1964).

Fältförsök utförda i normal bebyggelse innefattar med nödvändig-
het en stor mängd variabler. Inverkan av vegetationen på vind-
förhållandena understryks av Holmer (1970). I en intressant stu-
die av Rydélius & Kullgren (1972) värderas människornas upple-
velse av lä och blåsighet. Det visar sig att omdömena om obehag-
liga och behagliga vistelsezoner i markplanet är mycket säkra.
Slutsatsen är att det är en påtaglig uppgift i planeringsarbetet
att beakta vindförhållandena. Ett gott resultat höjer värdet av
utevistelse främst för dem som vistas i stor utsträckning i bos-
tadsmiljö, barnen och deras tillsyn samt äldre människor med ned-
satt rörelseförmåga.

Ett arbete med syfte att kartlägga strömningsförhållanden med stor noggrannhet bland annat i passager pågår sedan flera år vid KTH, Institutionen för flygteknik. Från detta arbete har Wirén (1972) utgivit bilder av en mängd färgströmningsprov. De erfarenheter som kan hämtas ur dessa prov kompletterar den kvantitativa framställningen i denna rapport.

PROBLEMSTÄLLNING

Vid vinkelrät anblåsning av en huskropp, FIG 1a, bildas en virvelkudde på lovartsidan över vilken luften strömmar förbi byggnaden över på läsidan. Kudden tillförs också ny luft i takt med att den läcker ut, främst i sidled.

Förhållandena på såväl lovart- som läsida är här väl kända. Hastighetsfältet ovanför markplanet omkring byggnaden har blivit belyst av Jensen (1959). Så snart anblåsningsriktningen avviker från den vinkelräta, FIG 1b, har förhållandena varit mera osäkra.

Ett syfte med denna undersökning är att kartlägga hastighetsförhållandena närmast ovanför markplanet för en variabel anblåsningsriktning. Därtill varieras hushöjden.

Det enkla huset kombineras därefter i par med ett interferenshus för en undersökning av vindförhållanden i passager av varierad utformning.

Kompletterande mätningar gjordes av tryckförhållandena på den enstaka huskroppens väggar och tak. Resultaten från dessa mätningar redovisas i en separat rapport. (R22:1974)

VINDTUNNEL OCH VINDENS VARIATION MED HÖJDEN (VINDPROFIL)

En vindtunnel vid FFA, speciellt avpassad för byggnadsaerodynamiska prov till låg kostnad, ansågs lämplig för de aktuella försöken.

Vindtunneln, FIG 2a, har en rektangulär mätsträcka om $0,4 \times 1 \text{ m}^2$ med en maximal hastighet av 22 m/s.

Det är önskvärt att vindprofilen i tunneln är någorlunda realistisk. För att simulera vindens variation med höjden har BA-vindtunneln försetts med ett motståndsgaller med förutbestämt motstånd så att en given variation av vindhastigheten med höjden erhålls. Markgränsskiktet bestäms förutom av markytans beskaffenhet av temperaturskiktningen i atmosfären nära jordytan. Från fältmätningar erhålls följande empiriska uttryck för vindhastighetens variation med höjden i markgränsskiktet.

$$v = V_G \left(\frac{z}{z_G} \right)^\alpha \quad \text{där}$$

V_G = gradientvindens hastighet

z_G = gradienthöjden dvs den höjd (i markgränsskiktets ytterkant) där vindhastigheten uteslutande bestäms av det geostrofiska klimatet

α = koefficient beroende på markytans beskaffenhet och temperaturskiktningen vid markytan.

Enligt Davenport (1961) bör α för stadsbebyggelse variera mellan gränserna 0,25 - 0,40. I följande undersökning har $\alpha = 0,33$ ansetts önskvärd. FIG 2b visar hur väl motståndsgallret i BA-tunneln simulerar det önskade gränsskiktet. Från takfotshöjd på fyravåningshuset och till vindtunneltaket simuleras gränsskiktet väl. Under denna höjd är hastigheten något för hög. I det naturliga fullskalafallet bestäms vindhastigheten av den omkring en byggnad

närbelägna terrängen. En avvikelse från den teoretiska vindhastigheten i gränsskiktssimuleringen nära markplanet bedöms därför ej vara särskilt allvarlig. Gränsskiktets variation längs och vinkelrätt strömningsriktningen är liten.

ENSTAKA BYGGNAD - PROVSKROPP OCH MÄTNING AV LOKALA VINDHASTIGHETER

För proven med enstaka byggnadskropp används ett hus med längden 36 m och bredden 12 m i modellskala 1:250. Sektionen av huset visas i FIG 3a och en plan i FIG 3b med tillhörande mått i modellskalan. Antalet våningssteg är fyra. Den valda byggnadsformen svarar i verkligheten mot ett hus med två trapphus. Sadedeltaket har 14° lutning.

Den lokala vindhastigheten omkring olika huskroppar har bestämts i 116 punkter. Placeringen av dessa mätpunkter framgår av FIG 5 och 7. För avkänning av hastigheten (på ca 1 m höjd i fullskala) över marken användes en termistor (varmtermistoranemometer) för varje mätpunkt. Termistorn är en halvledargivare för bestämning av temperatur. Drivs termistorn som en konstant-resistansgivare blir effekttillförseln en funktion av avkyllningen dvs vindhastigheten. Termistorn kalibreras därför vid olika hastigheter så att sambandet mellan vindhastighet och t ex strömtillförsel erhålls. Kalibrering av termistorerna gjordes för två mot varandra vinkelräta strömningsriktningar. Avvikelsen i termistorernas känslighet mellan dessa riktningar beror på termistorns geometri och är maximalt 10%. I utvärderingen av termistorernas mätutslag användes medelvärdet av deras känslighet i de båda strömningsriktningarna.

Med motståndsgallret på plats i vindtunneln kan små lokala avvikelser i hastigheten erhållas p g a virvelbildning bakom gallret eller geometriska avvikelser i det. Små avvikelser erhålles också p g a att den omkring huset befintliga markplattan ligger ca 5 mm ovan vindtunnelns golv. Dessa avvikelser kalibreras bort genom att mäta de lokala vindhastigheterna med och utan hus vid alla önskade vindriktningar

För registrering av strömförbrukningen från varje termistor används ett snabbregistreringssystem som överför mätsignalen från termistorn till en digital voltmeter som i sin tur styr en stans för stansning av håltremsa. FIG 6 visar en vy av snabbregistreringssystemet. Håltremsan överförs till ett hålkort som tillsammans med kalibrering av respektive givare används i ett utvärderingsprogram som bestämmer en vindfaktor (vindfaktorn är förhållandet mellan aktuell vindhastighet vid en given mätpunkt och vindhastigheten vid takfotshöjd för 8-våningshuset, FIG 4). Utskriften från utvärderingsprogrammet är så arrangerad att denna direkt anger vindfaktorn i en geometrisk punkt. Se exemplet i FIG 7. I figuren visas också avståndet i fullskala mellan termistorer samt placering av huskropp på termistorplatta.

Försökens omfattning

Undersökta konfigurationer och vindriktningar anges i TAB 1.

Färgströmningsprov

Strömningsförhållandena i markplanet har visualiserats i några fall med färgströmningsprov. Dessa tillgår så att man före försökens början penslar ut en färgemulsion över markplattan kring modellen varefter vindtunneln startas. Emulsionen kan bestå av ett färgpulver (titanvitt) i fotogen. Luftströmmen över det tunna färgskiktet ger upphov till skjuvspänningar i skiktytan, varvid färgpartiklarna transporteras i skjuvfältets alla riktningar vilket ger bilden av ett flytmönster som relativt snabbt blir stationärt. Det fixeras när lösningsvätskan avdunstar och kan fotograferas sedan vindtunneln stannats. Proven är rätt mödosamma eftersom en noggrann rengöring krävs vid varje tillfälle.

TAB 1. Undersökning av singelhus, konfigurationer och hänvisning till resultat. Se Bilaga 1.

Konfig. Vindrikt. Resultat. no.			Konfig. Vindrikt. Resultat. no.			Konfig. Vindrikt. Resultat. no.			Konfig. Vindrikt. Resultat. no.		
Singel- hus 6 vån.	-10°	1	Singel- hus 4 vån.	-10°	13	Singel- hus 3 vån.	-10°	25	Singel- hus 2 vån.	-10°	37
	0°	2		0°	14		0°	26		0°	38
	10°	3		10°	15		10°	27		10°	39
	20°	4		20°	16		20°	28		20°	40
	30°	5		30°	17		30°	29		30°	41
	40°	6		40°	18		40°	30		40°	42
	50°	7		50°	19		50°	31		50°	43
	60°	8		60°	20		60°	32		60°	44
	70°	9		70°	21		70°	33		70°	45
	80°	10		80°	22		80°	34		80°	46
	90°	11		90°	23		90°	35		90°	47
	100°	12		100°	24		100°	36		100°	48

Flytmönstret ger en bild av vindriktningsfördelningen omkring byggnaden på markplanet. Färgskiktets tjocklek är ett mått på vindhastigheten i olika områden genom att skjuvkraftsfördelningen är en avbildning av hastighetsfördelningen. Färg ackumuleras därför i områden med låg vindhastighet, t ex i läområden, och vid avlösningsslinjen under en stående virvel med horisontell axel. Färgen spolas bort från områden med hög vindhastighet, t ex under de virvlar med vertikal axel som bildas lokalt i "läområdet" bakom en byggnad.

I FIG 8 och 9a-c visas exempel på färgströmningsprov från försöken med enstaka byggnad. Det är tydligt att gränserna mellan områden med låg och hög hastighet kan vara mycket skarpa. Ett allmänt intryck är att läområdet är stort och sammanhängande vid vinkelrät anblåsning mot en långsida men att området nära huset snabbt bryts ned i mindre delområden med omväxlande lä och blåst så snart vindriktningen avviker från den vinkelräta.

Det är tydligt att en huskropp inte är någon särskilt stabil läbildare inom närområdet, vilket tidigare påpekats av Jensen (1959).

En utförligare beskrivning av tolkningen av färgströmningsprov med avseende på stagnationspunkter och lokala virvlar ges av Wirén (1972).

Vindfaktor - isoveler - blåsighetstal

Det automatiska registreringssystemet ger för varje avläsning vindfaktorer i 116 mätpunkter, FIG 7. Faktorerna utgör indata i en tvådimensionell interpolering för bestämningen av orterna för konstant vindhastighet (isoveler) i planet.

Den erforderliga interpoleringsrutinen har utvecklats vid SIB:s

metodgrupp (Sven Olofson) och beskrivs sålunda:

Bicubic spline two-dimensional interpolation program for unequally spaced data. The program performs a two-dimensional interpolation to a given set of unequally spaced data. The natural bicubic spline is used to interpolate the given data.

Vindfältet från färgströmningsprovet i FIG 8 visas i FIG 10 uttryckt i orter för vindfaktorer. Gradienter framträder speciellt tydligt i denna återgivning. Observera särskilt hastighetsfältets dramatiska gradient bakom strömningens avväxlingspunkt, vid det bortre hörnet.

Av vindfaktorernas värde på stort avstånd uppströms om huset framgår att det ostörda värdet, dvs vindfaktorn utan huset är ungefär 0,7.

Om övriga värden uttrycks som tillskott till det ostörda värdet fås en bild av husets inverkan på hastighetsfördelningen i form av blåsighetstal för isovelerna, + tecken anger ökad vindhastighet, - tecken minskad vindhastighet. Detta visas med samma exempel i FIG 11.

I grova drag kan den tolkningen göras att områden med + tecken är blåsiga medan områden med lä, som har - tecken, kräver en hastighetsreduktion av minst 30%.

I BIL 1 redovisas blåsigheten för 12 anblåsningsriktningar på fyra alternativa hushöjder, inalles 48 diagram.

Definition:

Blåsighetstalet = Vindens hastighetstillskott i en punkt beroende på en yttre störning av vindfältet.

Blåsighet omkring enstaka byggnad

Vid närmare analys av vindfältens förändring med anblåsningsriktningen visar det sig möjligt att sammanfatta resultatet i tre sammanhängande sektorer

- en smal sektor omkring den vinkelräta anblåsningen mot långsidan
- en bred sektor mellan lång- och kortsida
- en smal sektor omkring den vinkelräta anblåsningen mot kortsidan

Gränserna mellan dessa sektorer sammanhänger med omslagen mellan olika strömningsformer. Omslagen är mycket häftiga beroende på inverkan av huskroppens skarpa hörn.

Läverkan sträcker sig överraskande långt framför huset.

Blåsigheten visas i den sektoriella sammanfattningen i FIG 12a-d.

Det är särskilt allvarligt att blåsighetstalet +60% förekommer för såväl 8-vånings- som för 4-våningshuset. Motsvarande största tal för lägre hus är +45% vid 3 våningar och +30% vid 2 våningar. Bilderna ger indirekt anvisningar om var särskilda läbildande åtgärder gör nytta.

En jämförelse för olika hushöjder visar att influensområdet växer snabbt med ökande hushöjd.

TVÅ BYGGNADER - PROVKROPPAR OCH MÄTNING AV LOKALA VINDHASTIGHETER

Det enstaka huset kompletteras med interferens kropp av identiskt samma form. Endast höjden 8 våningar tas med. Tre olika konfigurationer prövas med alternativa passageformer. Samma mätteknik och utrustning som för enstaka byggnad används på nytt.

Interferens kroppen förläggs så att största möjliga täthet av mätpunkter erhålls i passagen. Ett mindre antal mätpunkter (3 st) placerade under interferens kroppen går förlorade.

Passagernas bredd sätts konstant = $2/3$ av husbredden = 8 m.

Försökens omfattning

Försökens omfattning framgår av TAB 2.

Vindfaktor - isoveler - blåsighetstal

Fördelningen av mätpunkterna visas i exemplet, FIG 13a. I varje punkt anges den aktuella vindfaktorn. En databearbetning för bestämning av isoveler på detta underlag har visat sig ogörlig då den ytterligare huskroppen gör informationsnätet alltför söndertrasat.

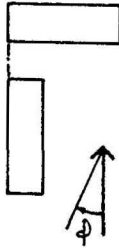
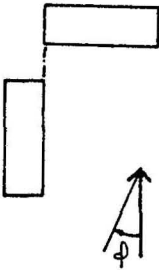
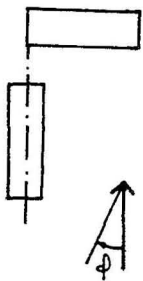
En grafisk interpolering för hand har därför tillgripits. På underlaget från exemplet i FIG 13a uppritas fördelningen av vindfaktorn i flera snitt, se FIG 13b. En endimensionell inskärning kompletteras med hänsyn till fördelningen i andra riktningen.

De på så sätt framtagna isovelerna markerade med blåsighetstal har lagts in på $3 \times 4 = 12$ olika karakteristiska fall, se BIL 2.

Färgströmningsprover

Men gruppering i KONF I gjordes flera färgströmningsprov i syfte

TAB 2. Undersökning av två byggnader, 8 våningar, konfigurationer och hänvisning till resultat. Karakteristiska fall anges med asterisk vid logg nr. Se Bilaga 2.

Logg nr	φ°	Tabell nr	Konfig. nr
073	10	1	
* 074	0	2	
075	-10	3	
076	-20	4	
* 077	-30	5	
078	-40	6	
079	-50	7	
* 080	-60	8	
081	-70	9	
082	-80	10	
* 083	-90	11	
084	-100	12	
087	10	13	
* 088	0	14	
089	-10	15	
090	-20	16	
* 091	-30	17	
092	-40	18	
093	-50	19	
* 094	-60	20	
095	-70	21	
096	-80	22	
* 097	-90	23	
098	-100	24	
101	10	25	
* 102	0	26	
103	-10	27	
104	-20	28	
* 105	-30	29	
106	-40	30	
107	-50	31	
* 108	-60	32	
109	-70	33	
110	-80	34	
* 111	-90	35	
112	-100	36	

att belysa strömningsmönstrets förändring med varierande anblåsningensriktning. I FIG 14a-d illustreras förändringen vid 90° riktningssändring. Man kan konstatera att passagen mellan husen är det primära interferensområdet, det ömsesidiga inflytandet utanför passagen är mycket begränsat.

Förhållandena i passagen verkar dock vara mycket olika.

Blåsighet i passage

En jämförelse för olika anblåsningensriktningar i den aktuella kvadranten visar att man för de tre konfigurationerna kan sammanfatta resultaten i två sammanhängande sektorer

- anblåsning i stort sett vinkelrätt mot passage
- anblåsning mot passagen från övriga riktningar

Gränsen mellan dessa sektorer är mycket oskarpa men sammanhänger med omslag mellan lokala strömningsformer i passagen.

De sammanfattade resultaten visas som isoveler med blåsighetstal i % i FIG 15a-b.

Som framgår är förhållandena särskilda för KONF I från förhållandena för KONF II och III som är mera likartade.

Den absoluta maximala nivån +75% talar för att det kan vara mycket angeläget att nedbringa blåsigheten lokalt i en passage. Konfiguration I är överlägsen de båda övriga med hänsyn till absolut nivå och i synnerhet med avseende på blåsighetsgradienten i det kritiska området, vilken är avsevärt lägre.

REFERENSER

- Davenport, A G The Application of Statistical Concepts to
the Wind Loading of Structures
Proc. of the Institution of Civil Engineering.
Vol 19 Ottawa, 1961
- Evans, B National Air Flow around Buildings
Texas Engineering Experiment Station College
Station, Texas, 1957
- Hellers, B G &
Lundgren, S Vindbelastning på huskroppar av allmän form -
Modellprov
Rapport från Byggforskningen R22:1974
Stockholm, 1974
- Holmer, B Vindegenskaper i bebyggelselandskapet
Byggmästaren 12/70
Stockholm, 1970
- Jensen, M Aerodynamik i den naturlige vind
Teknisk forlag
Köpenhamn, 1959
- Jensen, M &
Franck, N Model-Scale Tests in Turbulent Wind
Teknisk forlag
Köpenhamn, 1963
- Luthander, S &
Gullstrand, T Undersökning rörande byggnaders läbildande
förmåga
KTH Aero-Rapport 93-10
Stockholm, 1945
- Rydellius, A &
Kullgren, J Enkätundersökning och vindtunnelstudier
Avd. för Byggnadskonstruktion, CTH
Göteborg, 1972
- Sachs, P Wind Forces in Engineering
Pergamon Press
Oxford, 1972
- WMO Technical note No 59.
Windbreaks and Shelterbelts
Genève, 1964
- Wirén, B Vind- och läbildningsproblemet ur strömnings-
teknisk synpunkt
Rapport från Byggforskningen 25/69
Stockholm, 1969
- Wirén, B Modellstudie i vindtunnel av vindströmningen
nära marken kring schematiska huskroppar
KTH AERO MEMO FI 173
Stockholm, 1972

FIGURFÖRTECKNING

- FIG 1a Vinkelrät anblåsning mot långsmal huskropp
- FIG 1b Sned anblåsning
- FIG 2a FFA:s vindtunnel med markgränsskiktsgaller
- FIG 2b Hastighetsprofil i vindtunnel
- FIG 3a Provkropp. Hus i skala 1:250. Mått i mm
- FIG 3b Planvy
- FIG 4 Referenshöjd. Takfotshöjd för 8-våningshuset
- FIG 5 Markplan med termistorer och 8-vånings singelhus
- FIG 6 Snabbregistreringsutrustning för mätning av lokala vindhastigheter kring huskropp
- FIG 7 Termistorernas placering i markplanet omkring huskropp
Verkliga mått. Modellskala 1:250
Vindkoefficienter
- FIG 8 Färgströmningsbild av 8-våningshus
Vindriktning $\varphi = 60^\circ$ från vinkelrät långsida
- FIG 9a Färgströmningsprov
Ett hus
Anblåsningsriktning $\varphi = 0^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 9b Färgströmningsprov
Ett hus
Anblåsningsriktning $\varphi = -10^\circ, 30^\circ, 90^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 9c Färgströmningsprov
Ett hus
Anblåsningsriktning $\varphi = 10^\circ$
Hushöjd $H = 2$ våningar
- FIG 10 Isoveler med vindkoefficienter omkring singelhus
Anblåsningsriktning $\varphi = 60^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 11 Isoveler med blåsighetstal omkring singelhus
Anblåsningsriktning $\varphi = 60^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 12a Karakteristisk blåsighet omkring enstaka huskropp
Tre anblåsningssektorer
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 12b Karakteristisk blåsighet omkring enstaka huskropp
Tre anblåsningssektorer
Hushöjd $H = 4$ våningar

- FIG 12c Karakteristisk blåsig het omkring enstaka huskropp.
Tre anblåsningsssektorer
Hushöjd $H = 3$ våningar
- FIG 12d Karakteristisk blåsig het omkring enstaka huskropp.
Tre anblåsningsssektorer
Hushöjd $H = 2$ våningar
- FIG 13a Termistorernas placering i markplanet i passage
och omkring huskroppar.
Vindkoefficienter.
Isoveler
- FIG 13b Vindkoefficienter i snitt vid passage
- FIG 14a Färgströmningsprov.
Två hus. Konfiguration I.
Anblåsningssriktning $\varphi = 0^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 14b Färgströmningsprov.
Två hus. Konfiguration I.
Anblåsningssriktning $\varphi = -40^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 14c Färgströmningsprov.
Två hus. Konfiguration I.
Anblåsningssriktning $\varphi = -50^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 14d Färgströmningsprov.
Två hus. Konfiguration I.
Anblåsningssriktning $\varphi = -90^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 15a Karakteristisk blåsig het i och omkring passage mellan
två huskroppar.
Konfiguration I, II, III.
Anblåsningssriktning $\varphi \approx (0^\circ)$
Hushöjd $H = 8$ våningar
- FIG 15b Karakteristisk blåsig het i och omkring passage mellan
två huskroppar.
Konfiguration I, II, III.
Anblåsningssriktning $\varphi \approx (-30^\circ) - (-90^\circ)$
Hushöjd $H = 8$ våningar

FIGURER BILAGA 1

FIGURER BILAGA 2

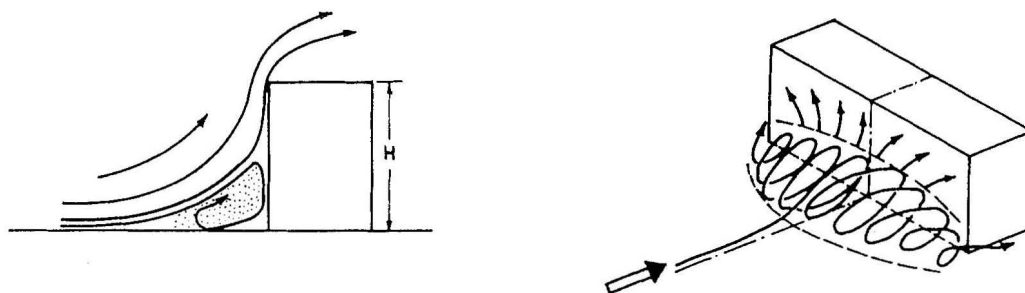


FIG 1a Vinkelrät anblåsning mot långsmal huskropp

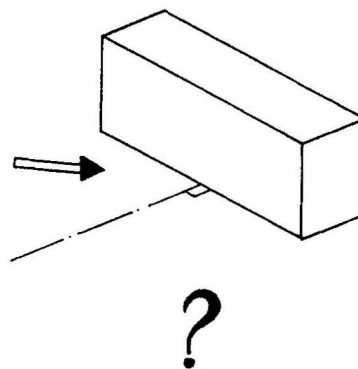


FIG 1b Sned anblåsning

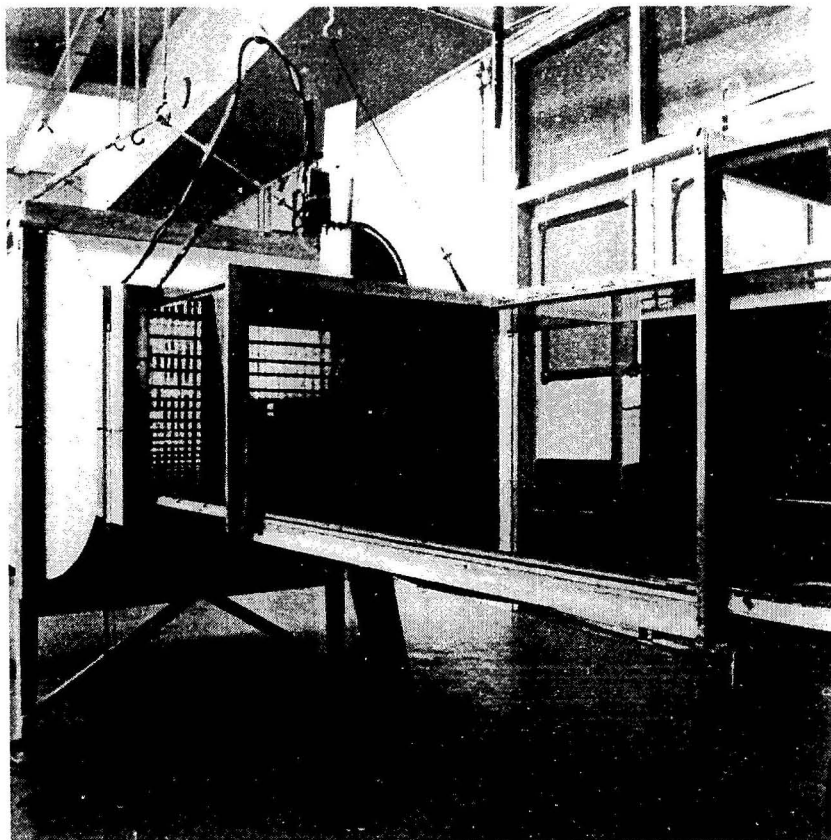


FIG 2a FFA:s vindtunnel med markgränsskiktsgaller

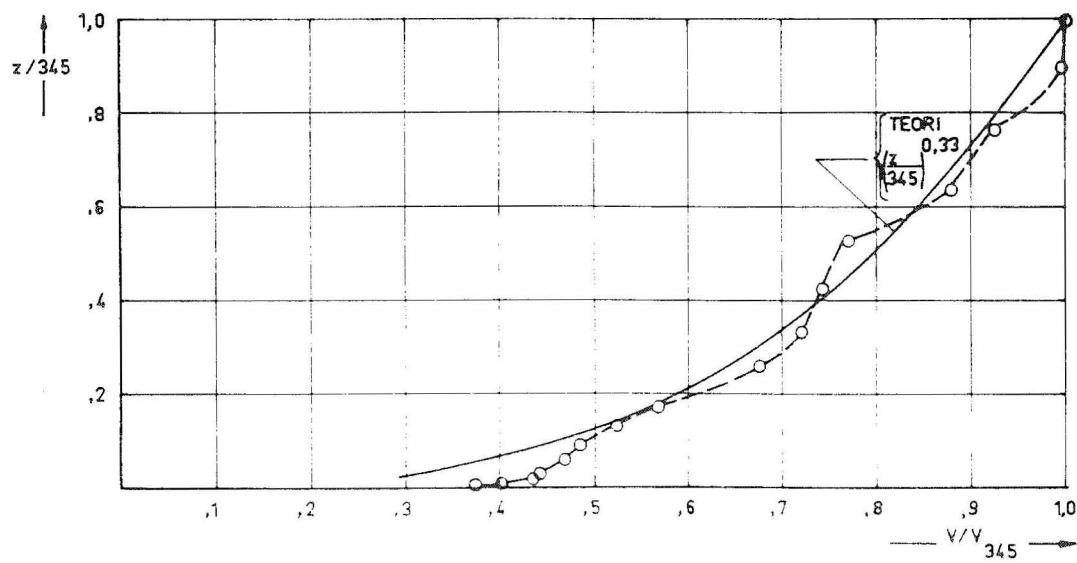


FIG 2b Hastighetsprofil i vindtunnel

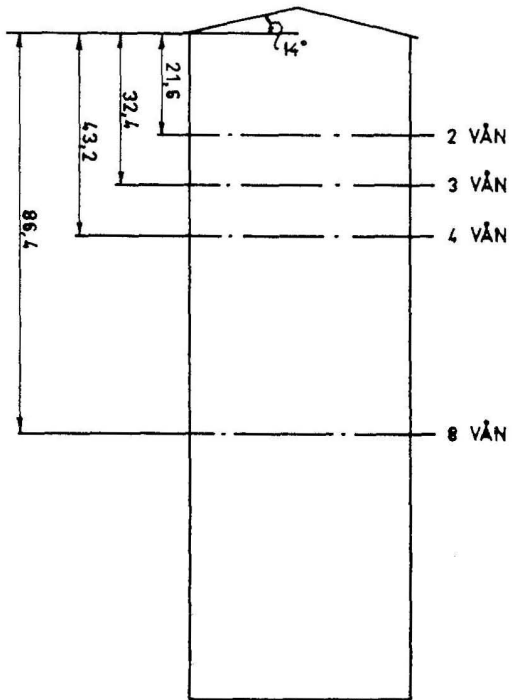


FIG 3a Provkropp. Hus i skala 1:250. Mått i mm

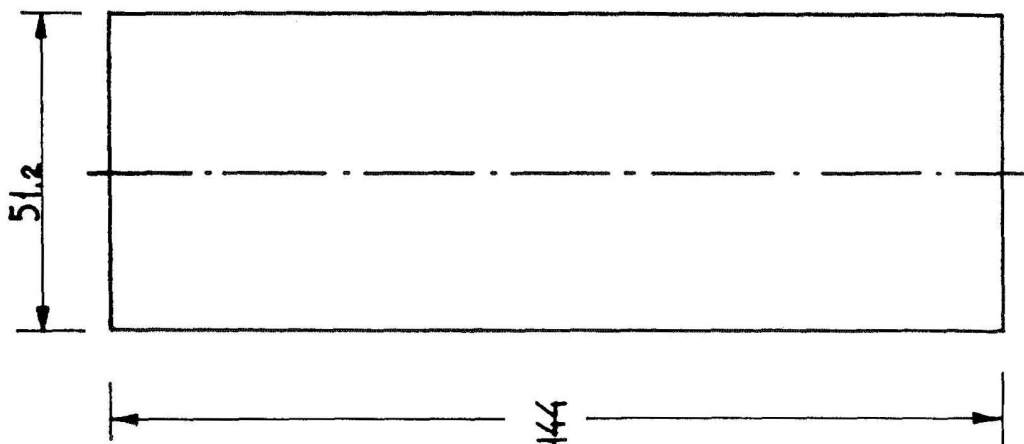


FIG 3b Planvy

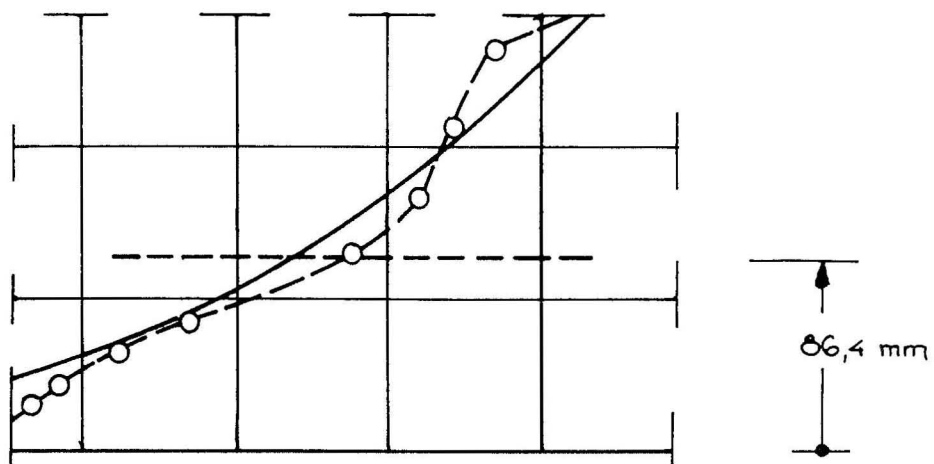


FIG 4 Referenshöjd. Takfotshöjd för 8-våningshuset

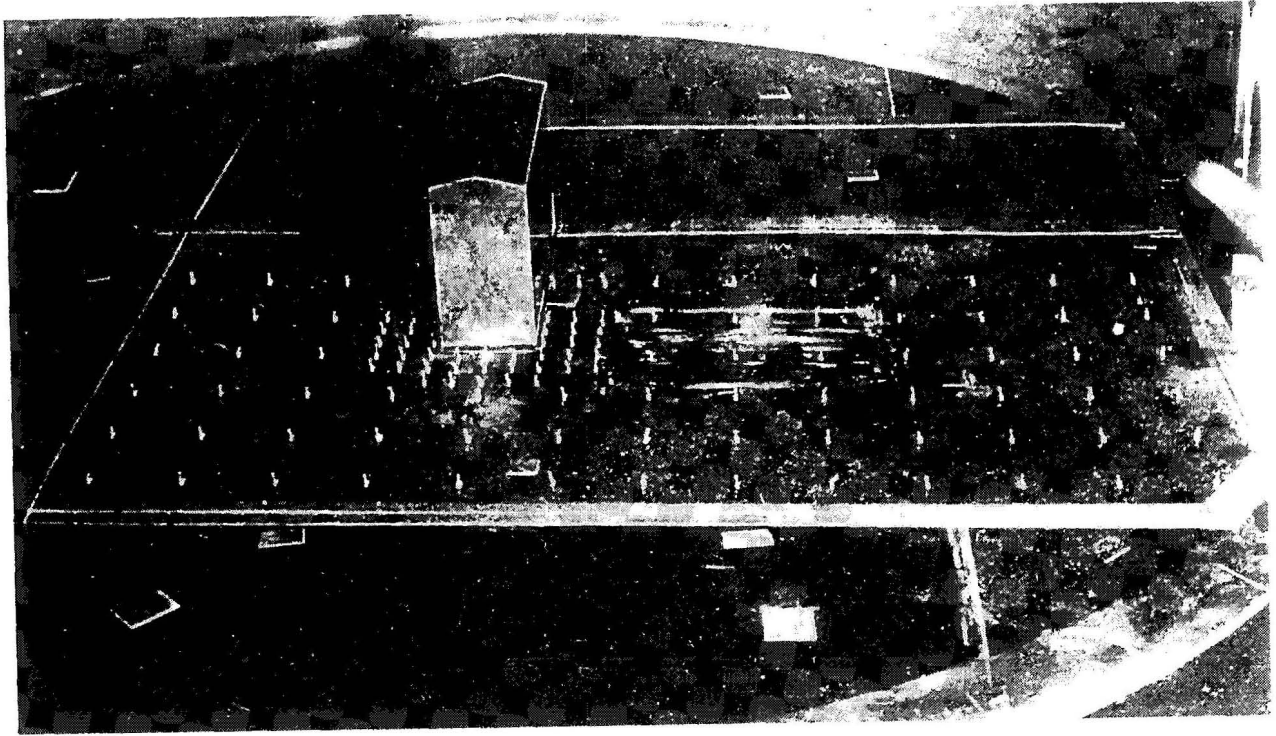


FIG 5 Markplan med termistorer och 8-vånings singelhus

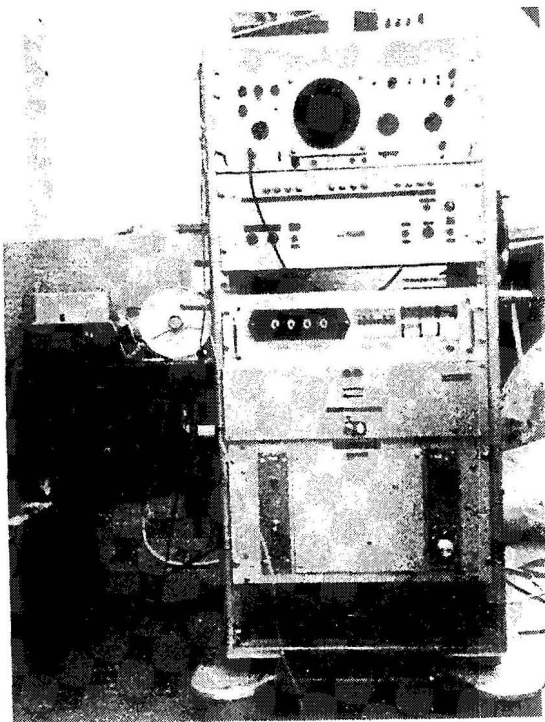


FIG 6 Snabbregistreringsutrustning för mätning av lokala vindhastigheter kring huskropp

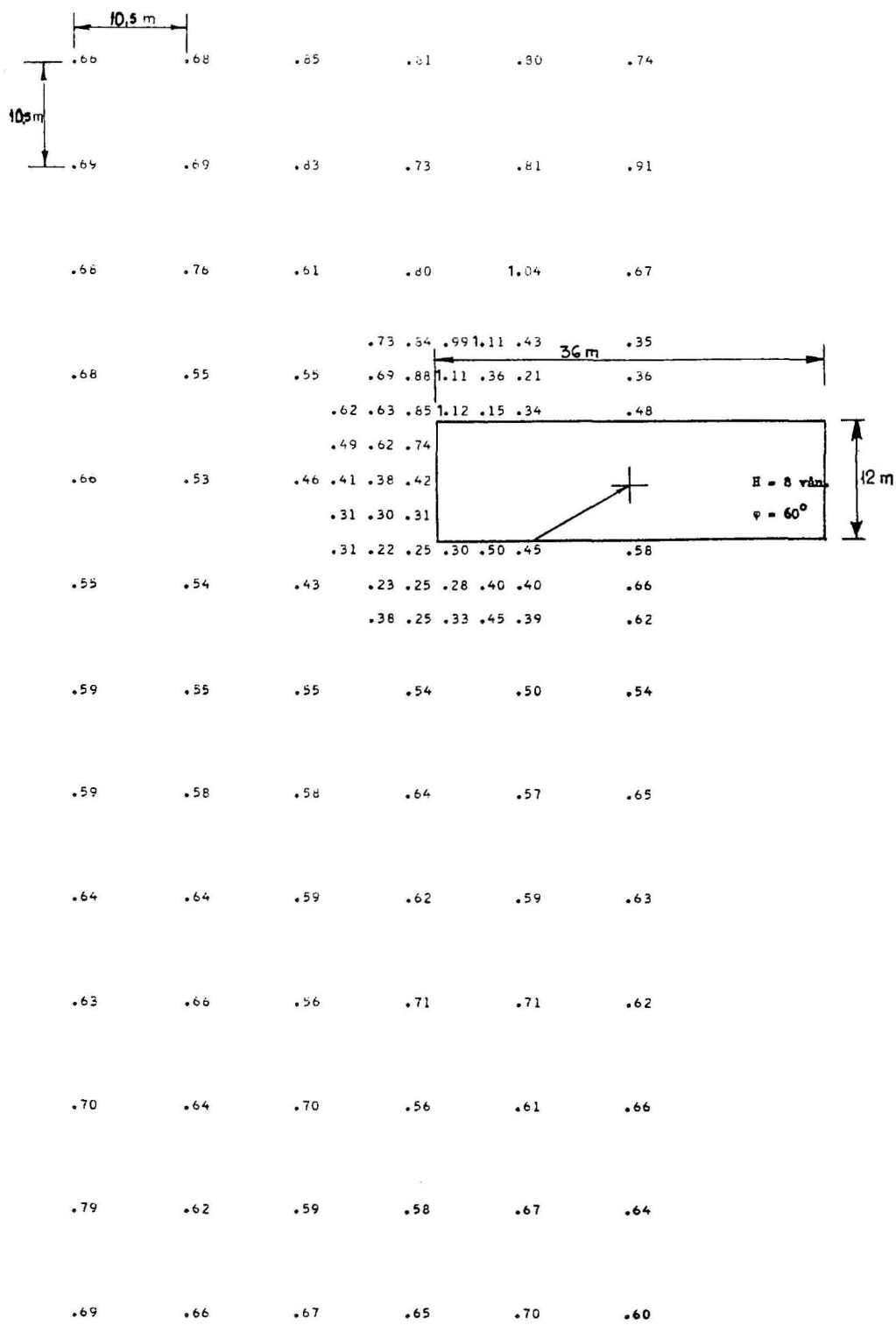


FIG 7 Termistorernas placering i markplanet omkring huskropp. Verkliga mått. Modellskala 1:250. Vindkoefficienter



FIG 8 Färgströmningsbild av 8-våningshus.
Vindriktning $\varphi = 60^\circ$ från vinkelrät långsida

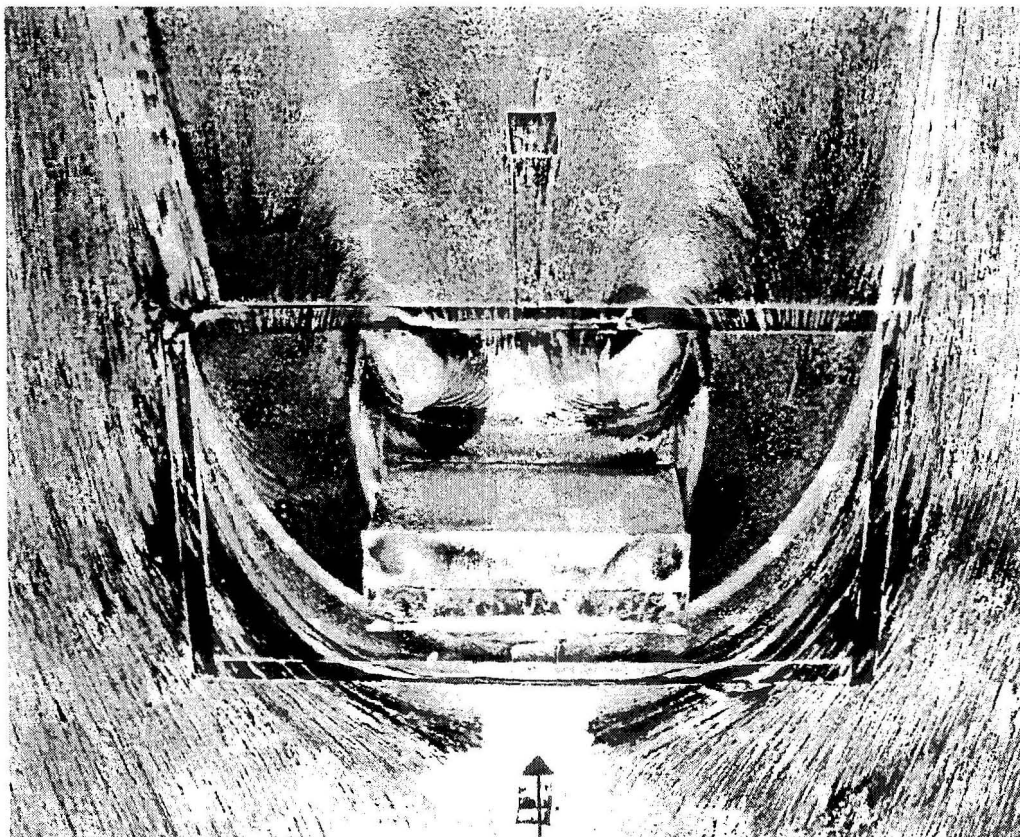


FIG 9a Färgströmningsprov.
Ett hus

Anblåsriktning $\varphi = 0^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar

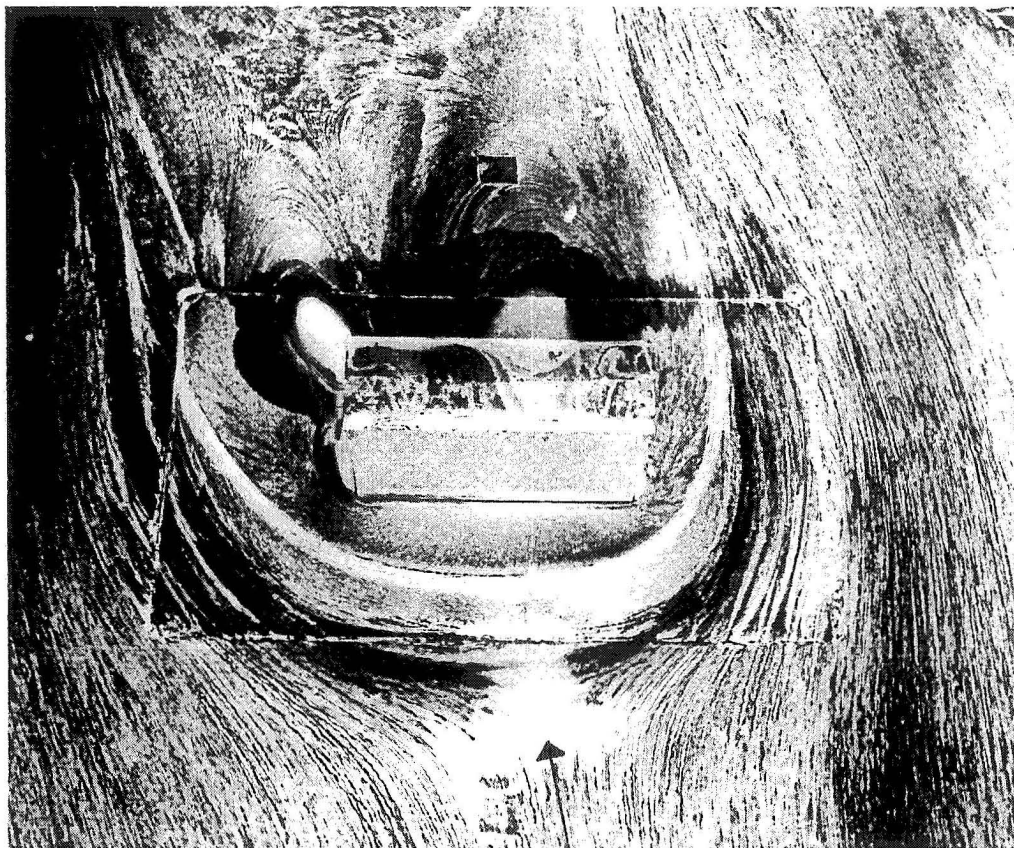


FIG 9b:1 Färgströmningsprov
Ett hus

Anblåsningsriktning $\varphi = -10^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar

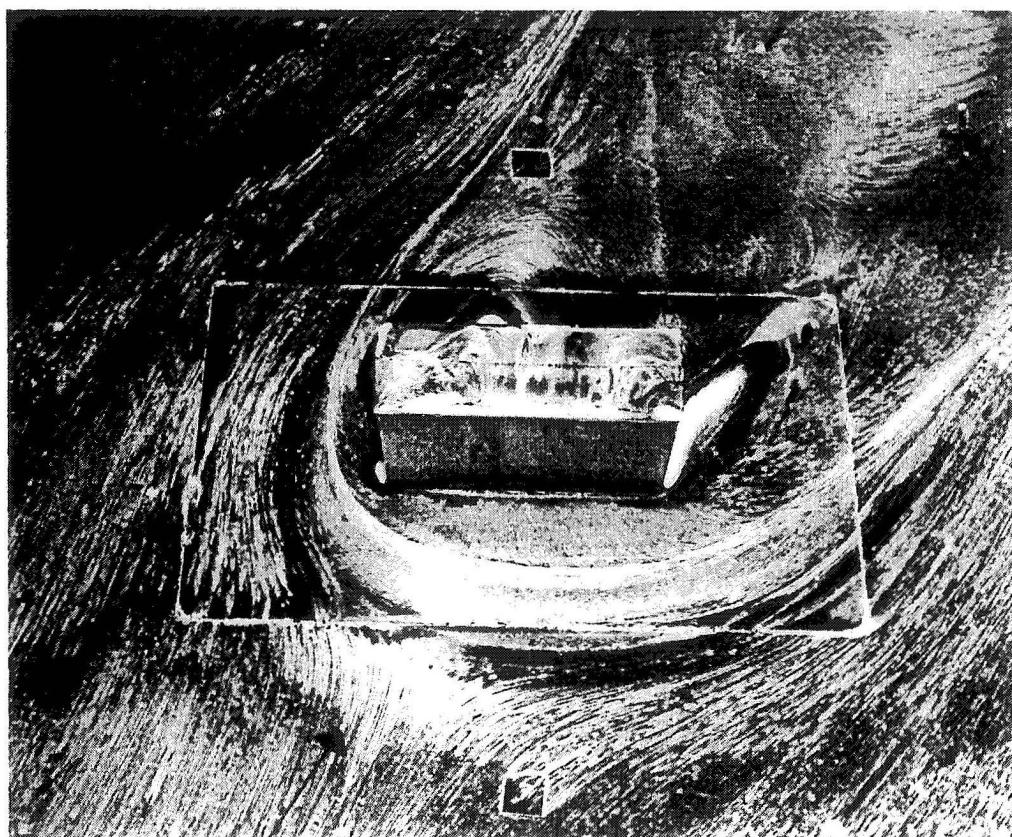


FIG 9b:2 Färgströmningsprov
Ett hus

Anblåsningsriktning $\varphi = 30^\circ$
Hushöjd $H = 8$ våningar

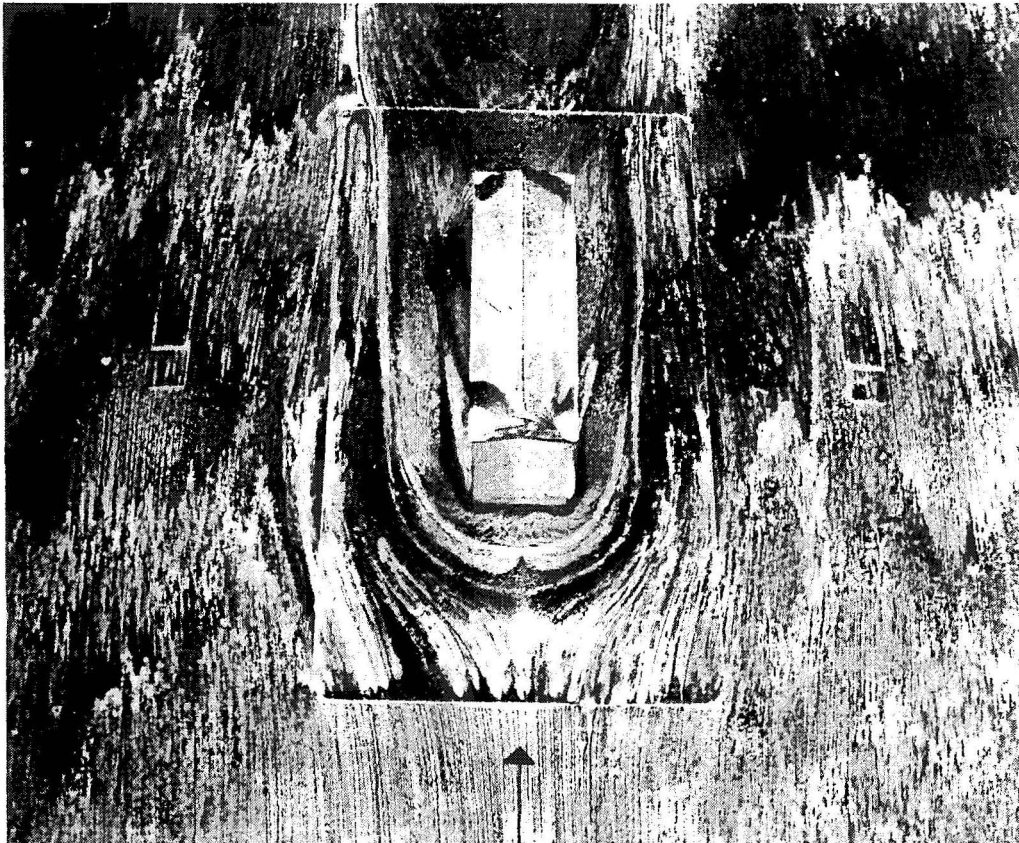


FIG 9b:3 Färgströmningsprov
Ett hus

Anblåsriktning $\varphi = 90^\circ$
Hushöjd H = 8 våningar

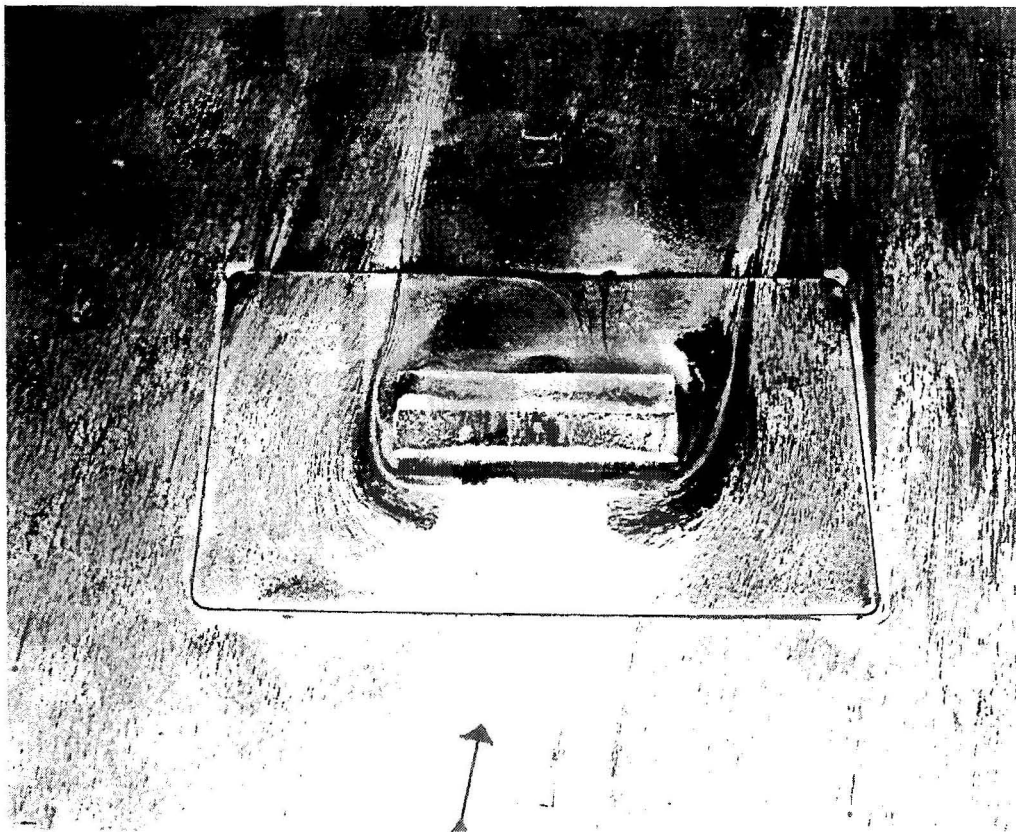


FIG 9c Färgströmningsprov
Ett hus

Anblåsriktning $\varphi = 10^\circ$
Hushöjd H = 2 våningar

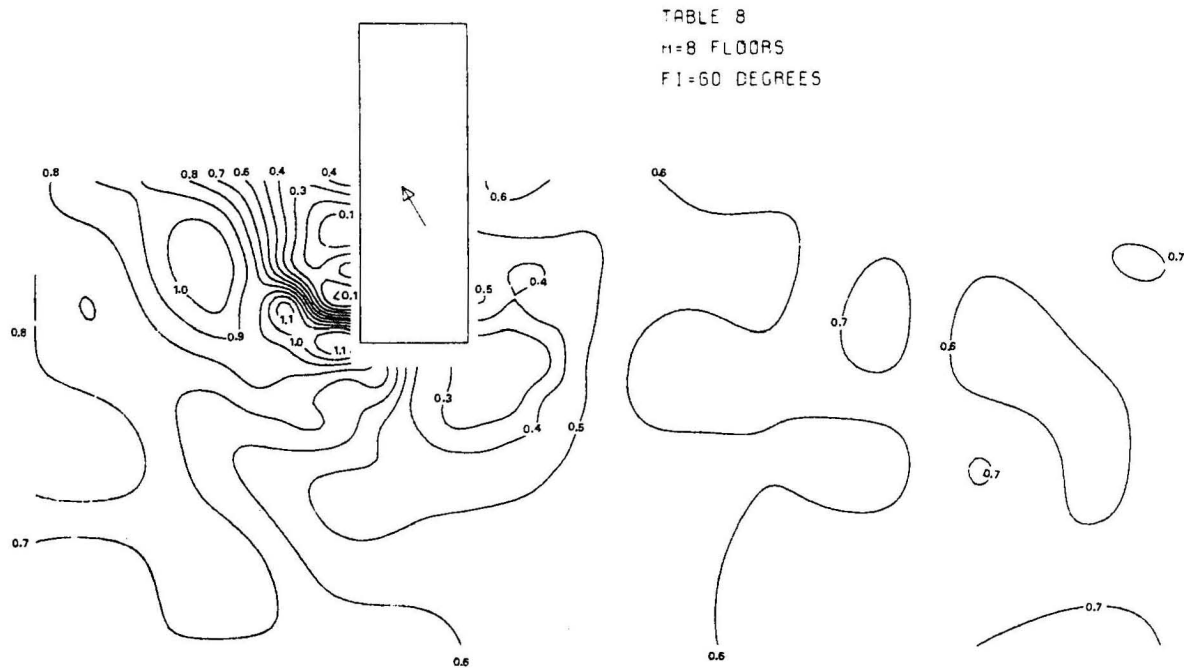


FIG 10 Isoveler med vindkoefficienter omkring singelhus.
Anblåsingsriktning $\varphi = 60^\circ$
Hushöjd H = 8 våningar

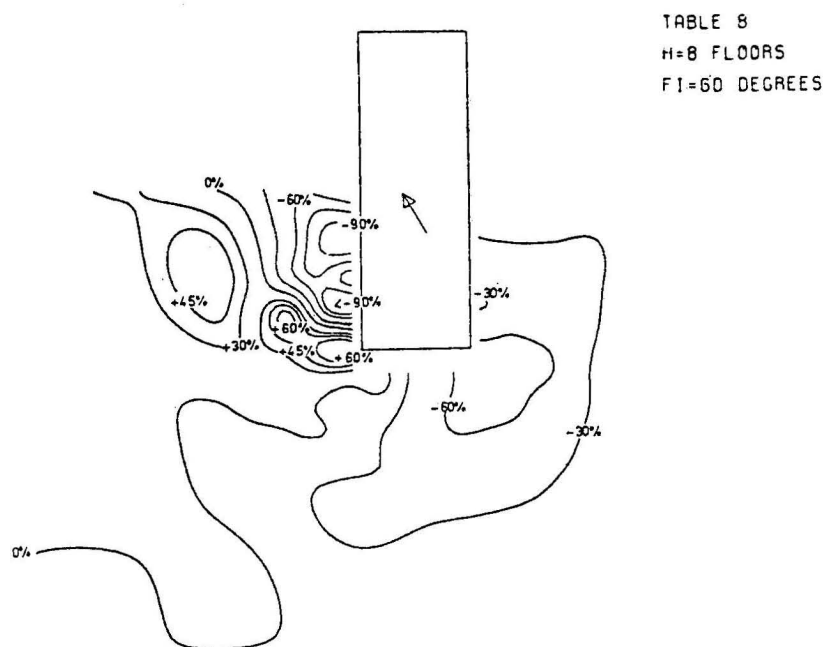


FIG 11 Isoveler med blåsighetstal omkring singelhus
Anblåsingsriktning $\varphi = 60^\circ$
Hushöjd H = 8 våningar

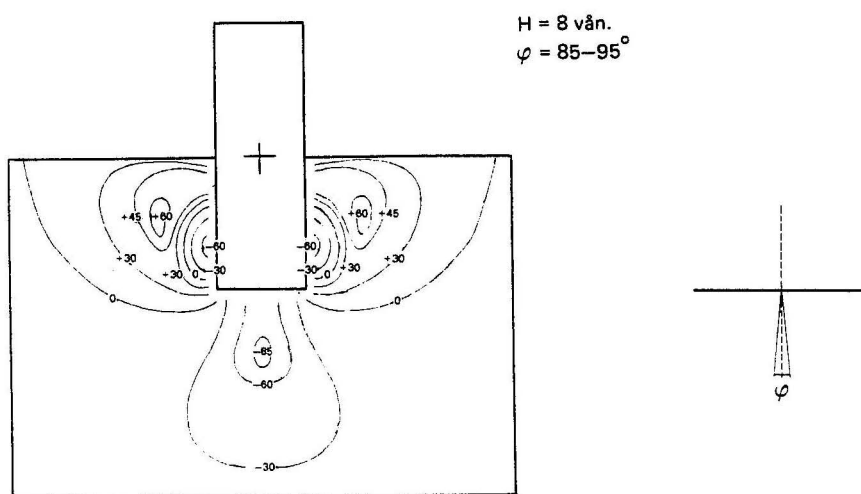
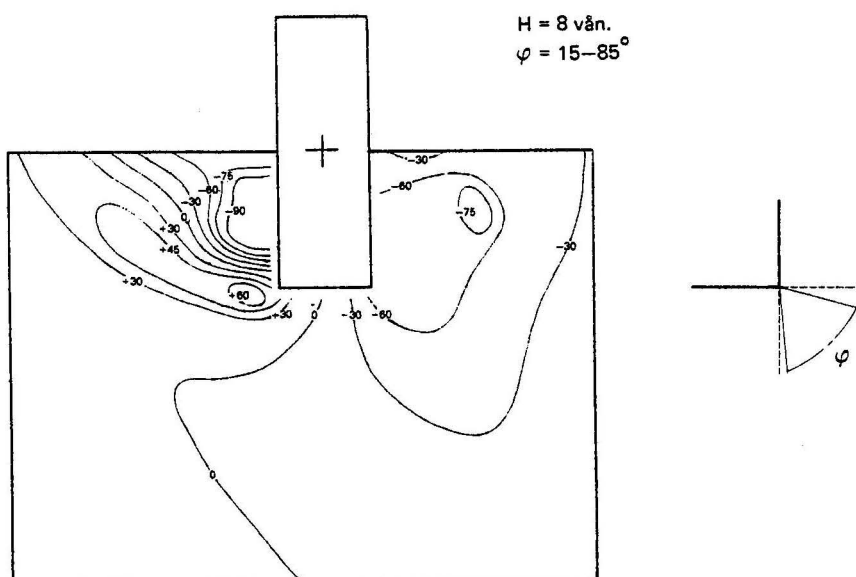
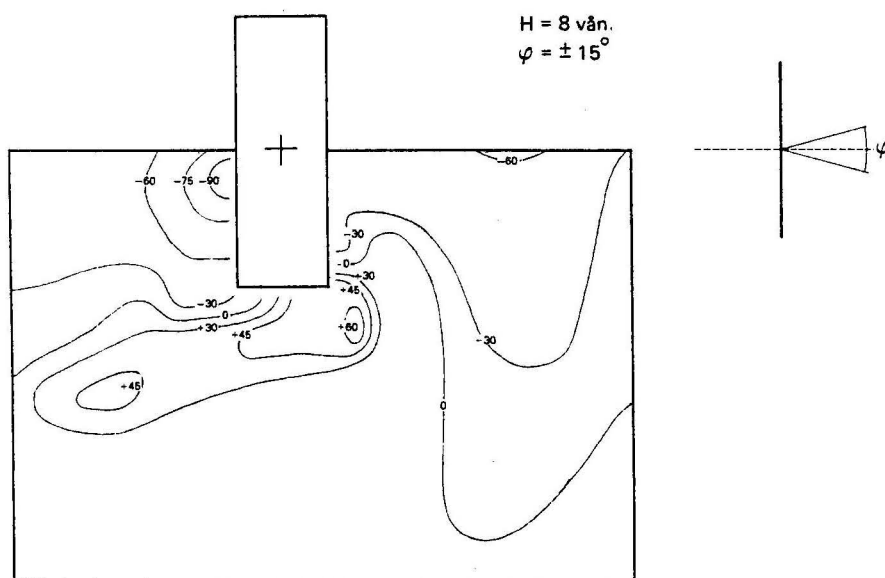


FIG 12a Karakteristisk bl\ddot{a}sighet omkring enstaka huskropp.
Tre anbl\ddot{a}singssektorer
Hush\ddot{o}jd $H = 8$ v\ddot{a}ningar

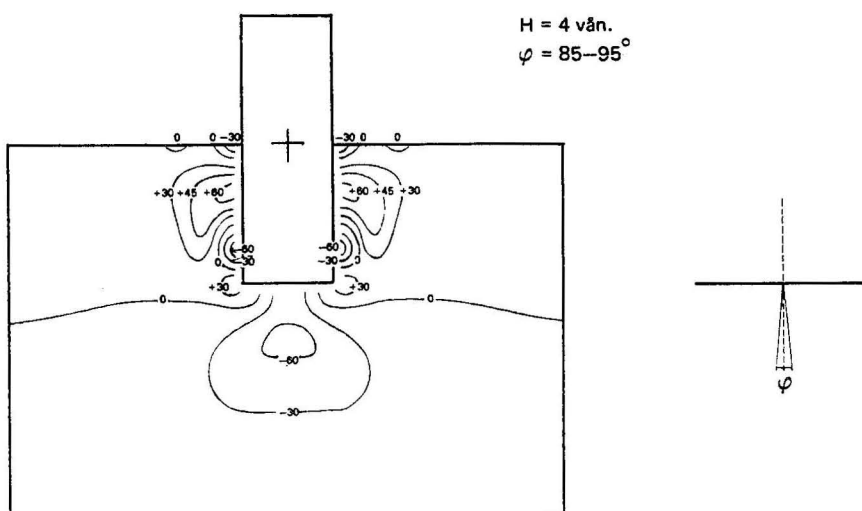
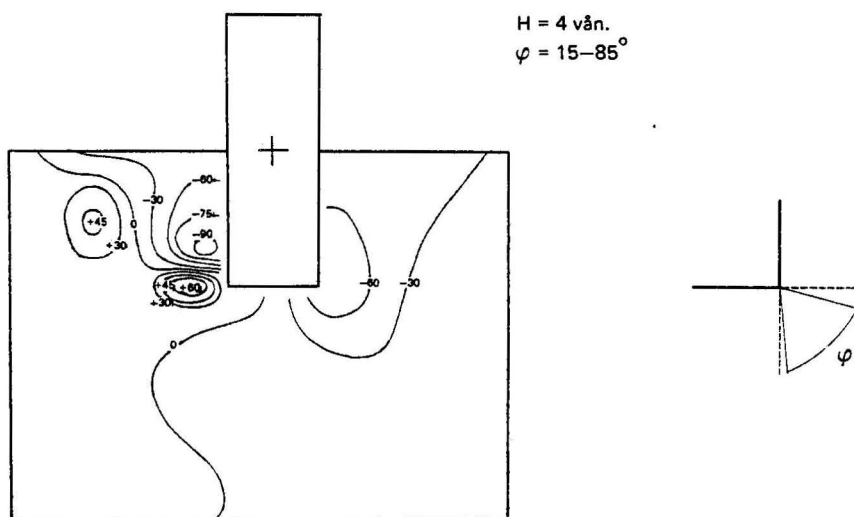
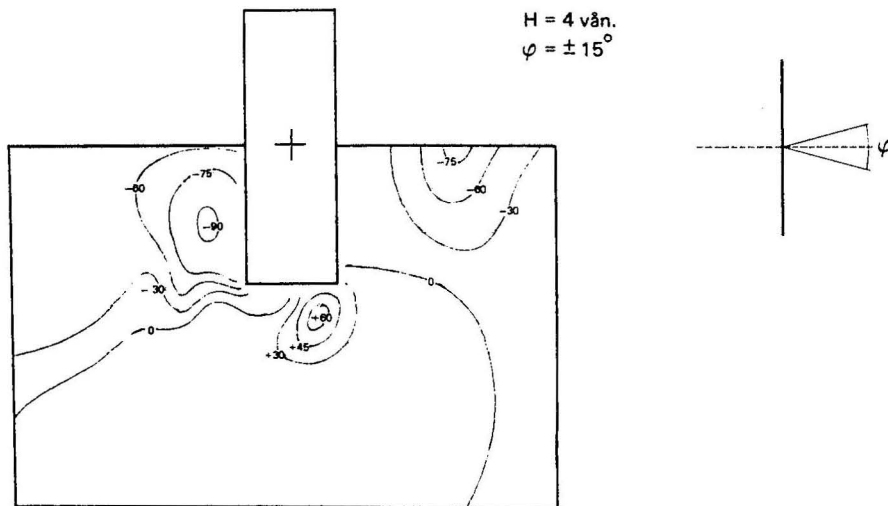


FIG 12b Karakteristisk blåsighet omkring enstaka huskropp.
 Tre anblåsningsektorer
 Hushöjd H = 4 våningar

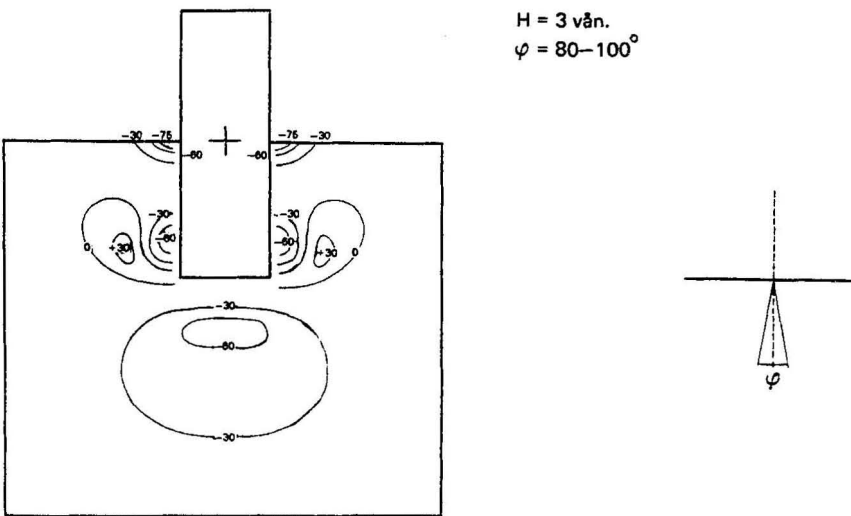
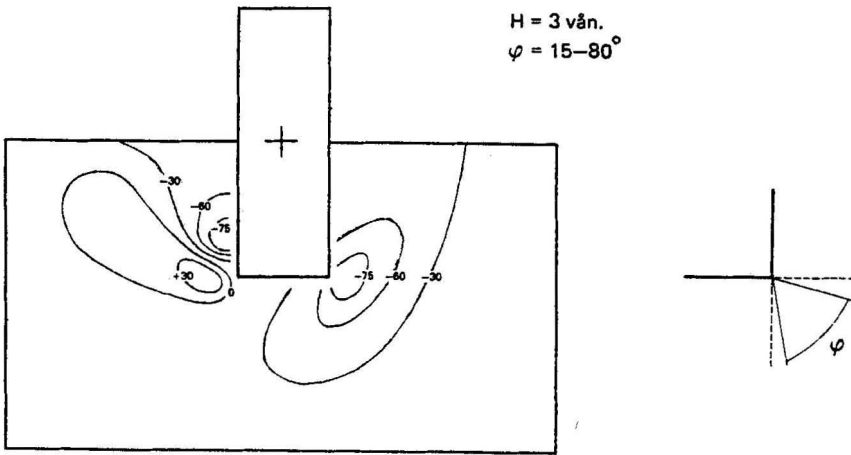
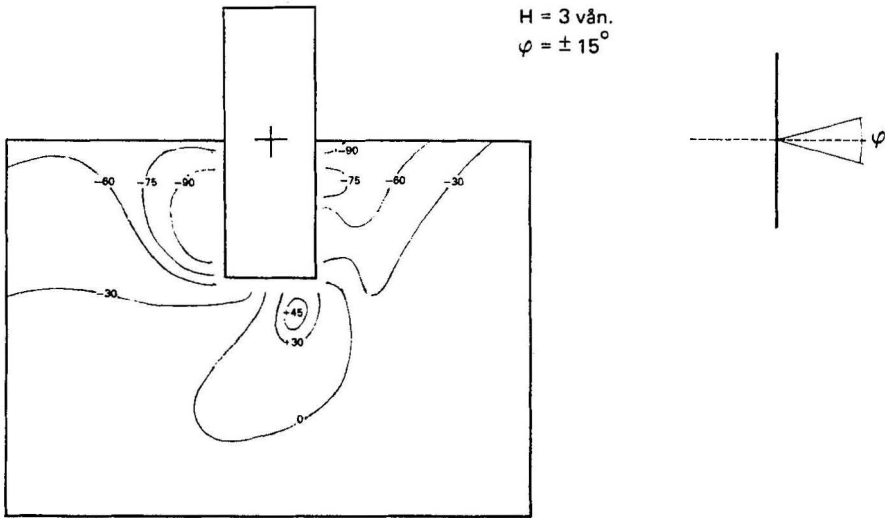


FIG 12c Karakteristisk blåsighet omkring enstaka huskropp.
Tre anblåsningssektorer
Hushöjd H = 3 våningar

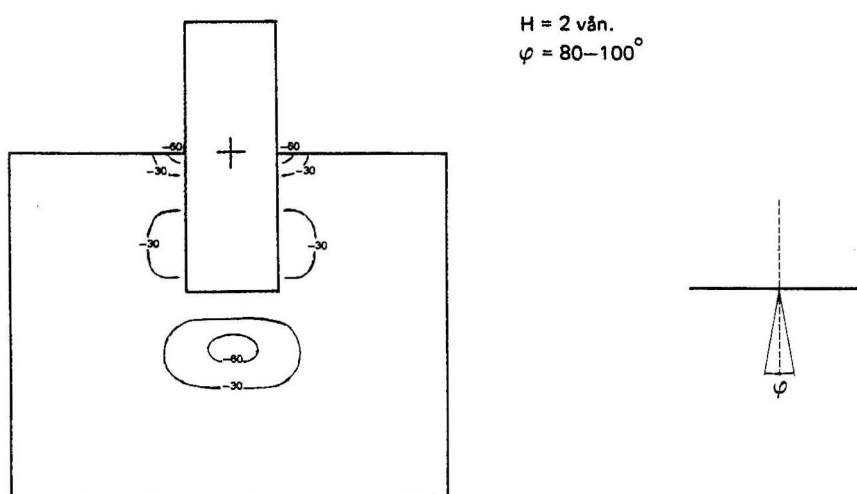
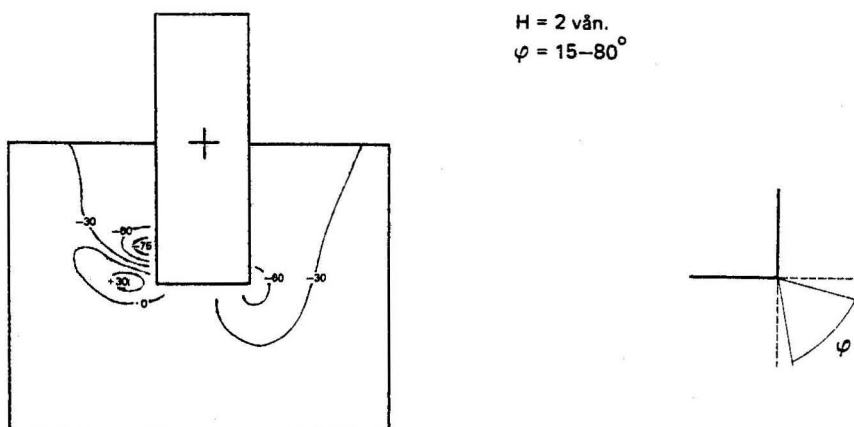
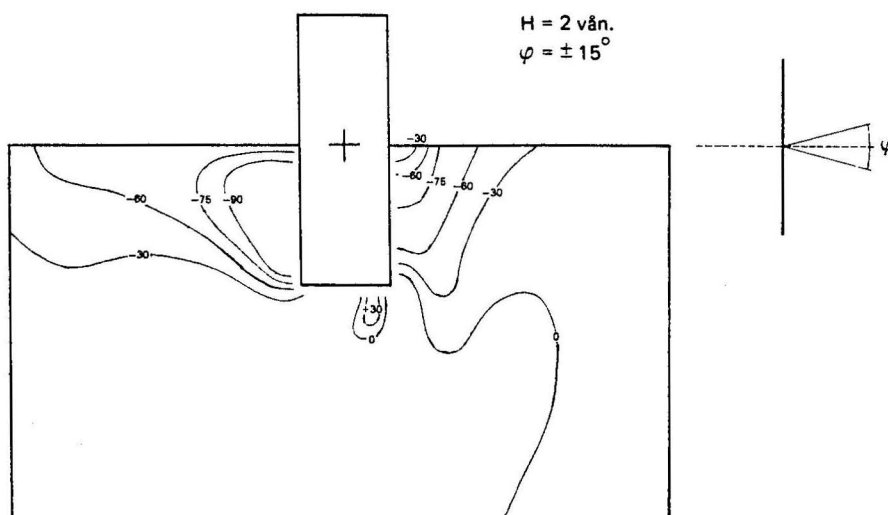


FIG 12d Karakteristisk bl\ddot{a}sighet omkring enstaka huskropp.
 Tre anbl\ddot{a}sningssektorer
 Hush\ddot{o}jd $H = 2$ v\ddot{a}ningar

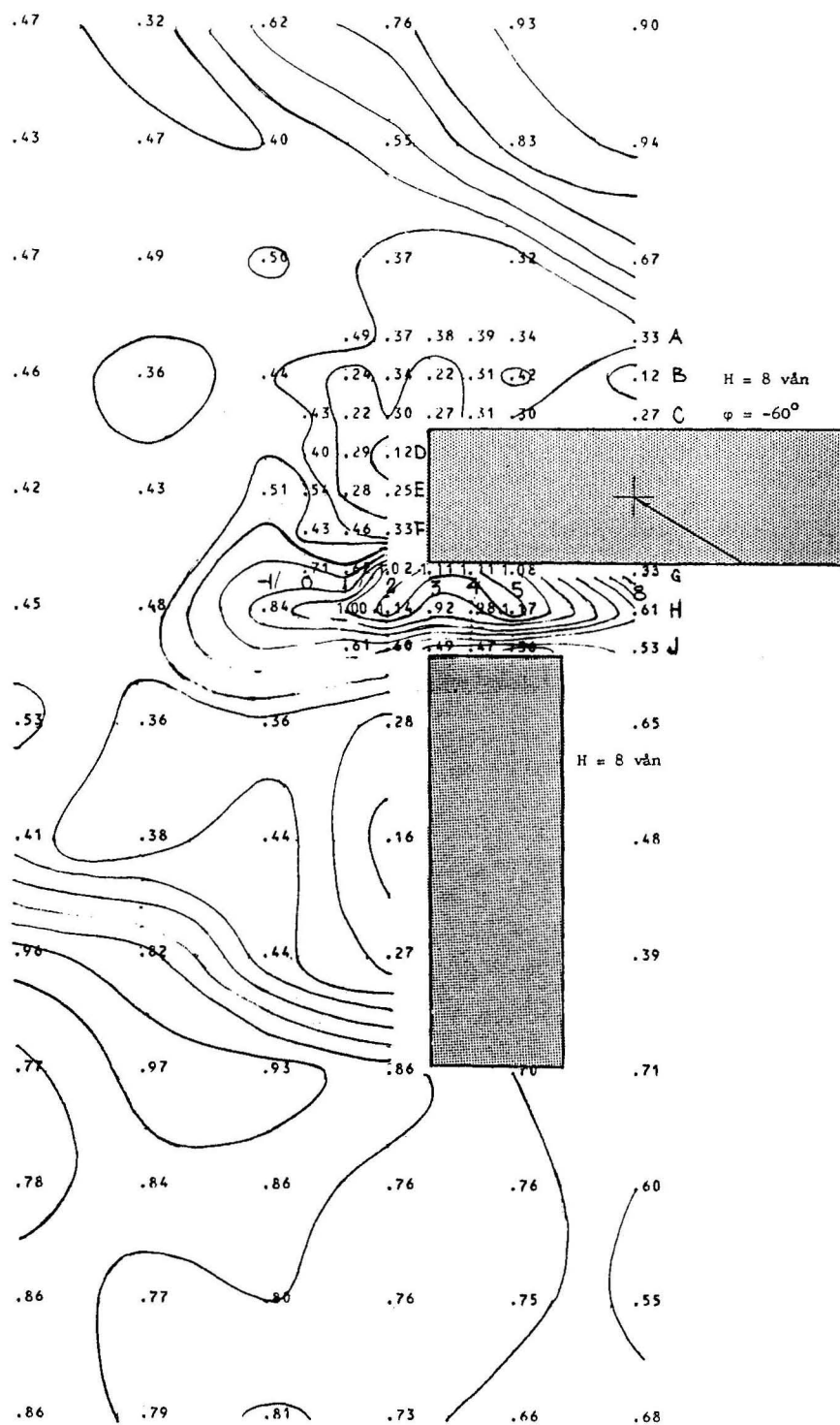


FIG 13a Termistorernas placering i markplanet i passage och omkring huskroppar.
Vindkoefficienter.
Isoveler

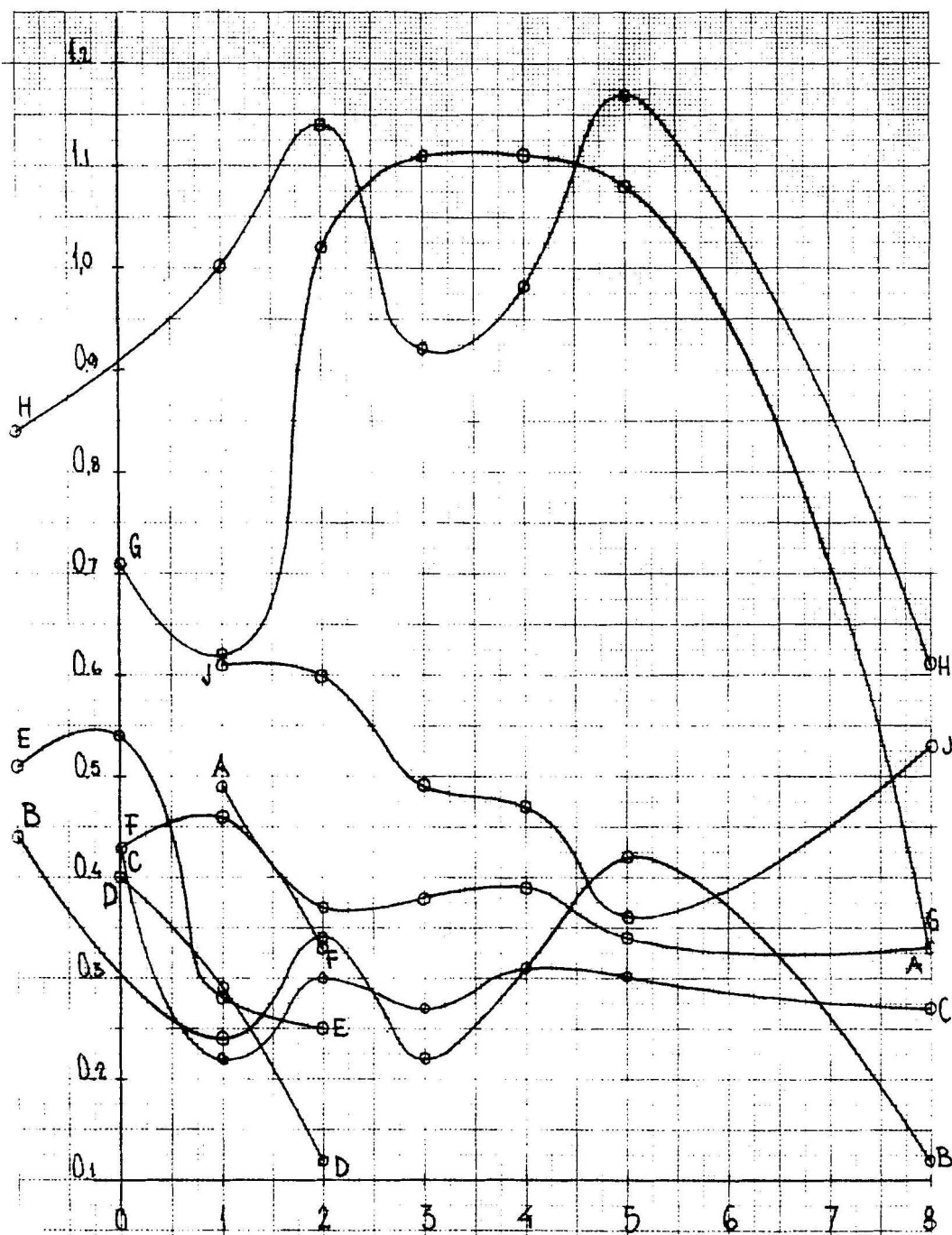


FIG 13b Vindkoefficienter i snitt vid passage

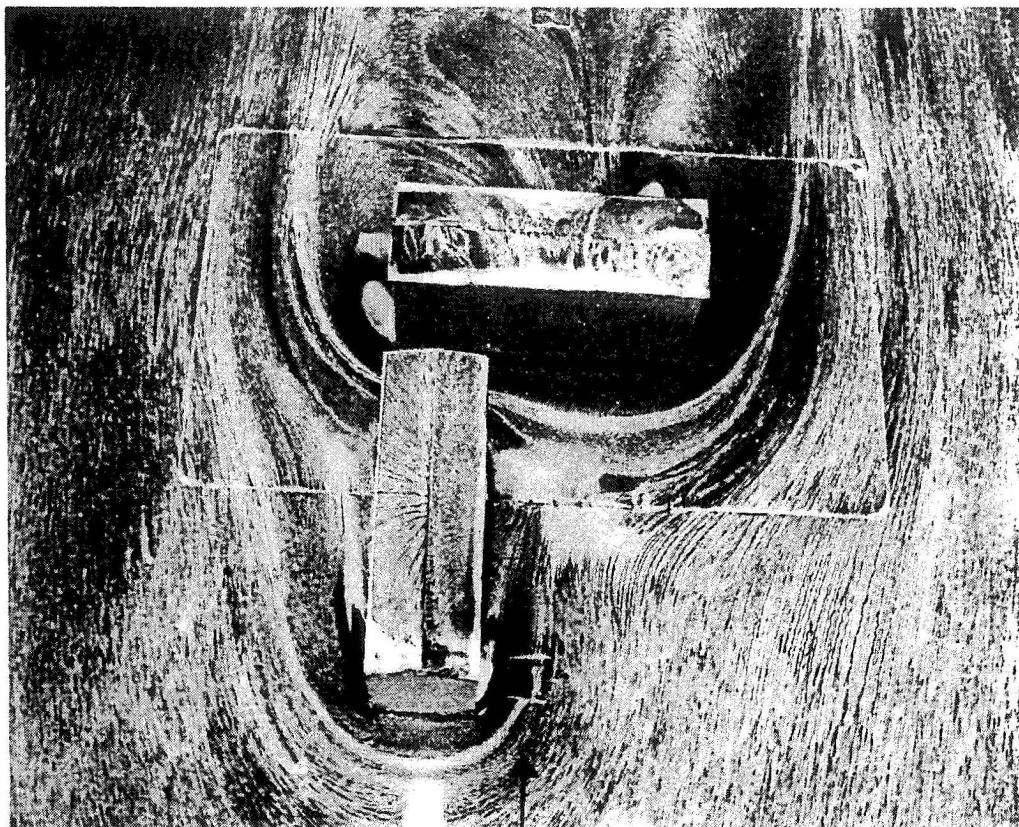


FIG 14a Färgströmningsprov. Anblåsningsriktning $\varphi = 0^\circ$
 Två hus. Konfiguration I Hushöjd $H = 8$ våningar

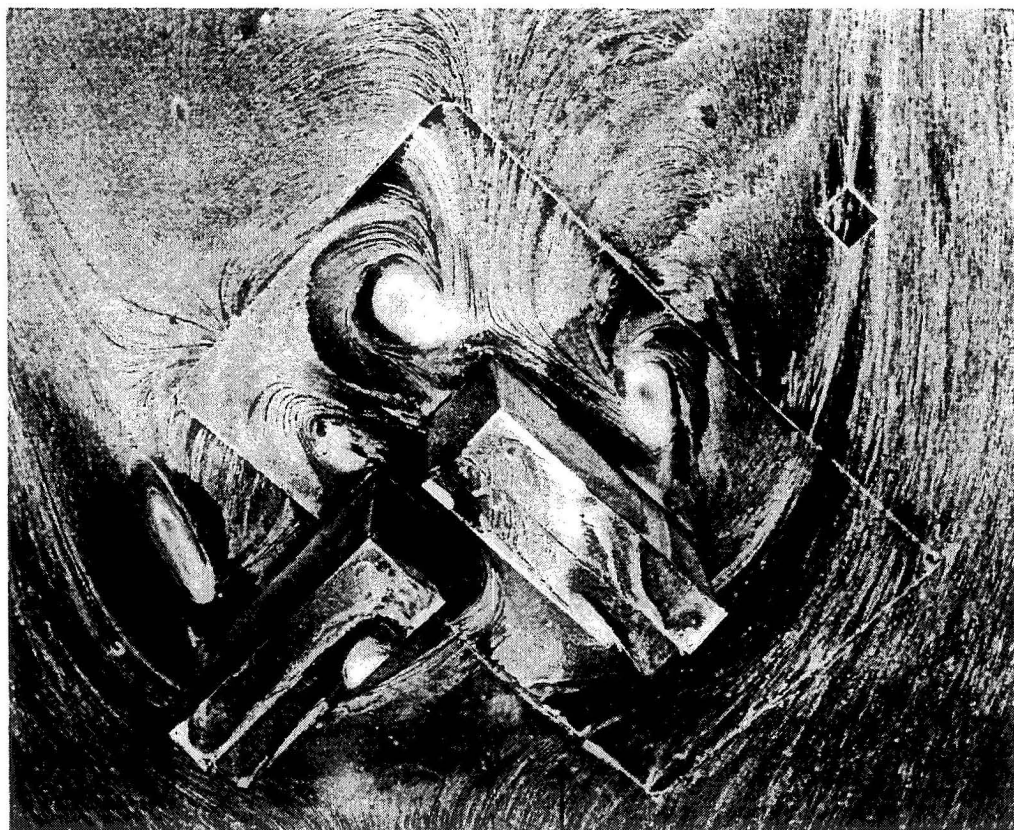


FIG 14b Färgströmningsprov. Anblåsningsriktning $\varphi = -40^\circ$
 Två hus. Konfiguration I Hushöjd $H = 8$ våningar

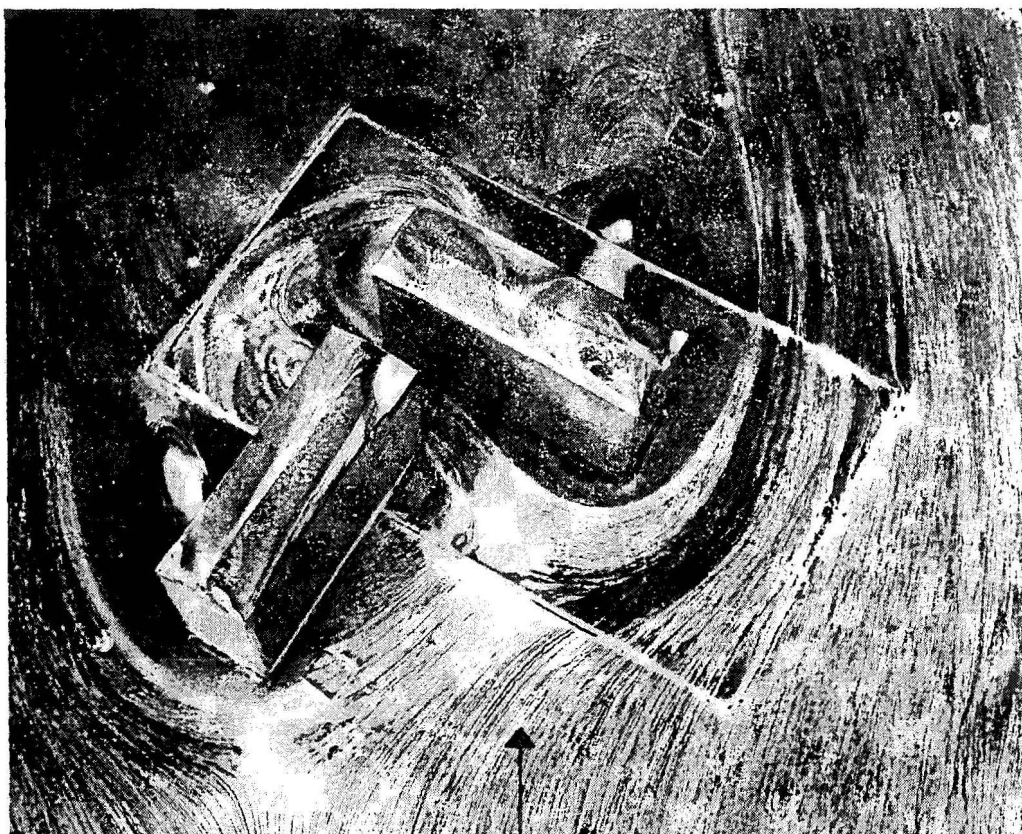


FIG 14c Färgströmningsprov. Anblåsningsriktning $\varphi = -50^\circ$
 Två hus. Konfiguration I Hushöjd $H = 8$ våningar

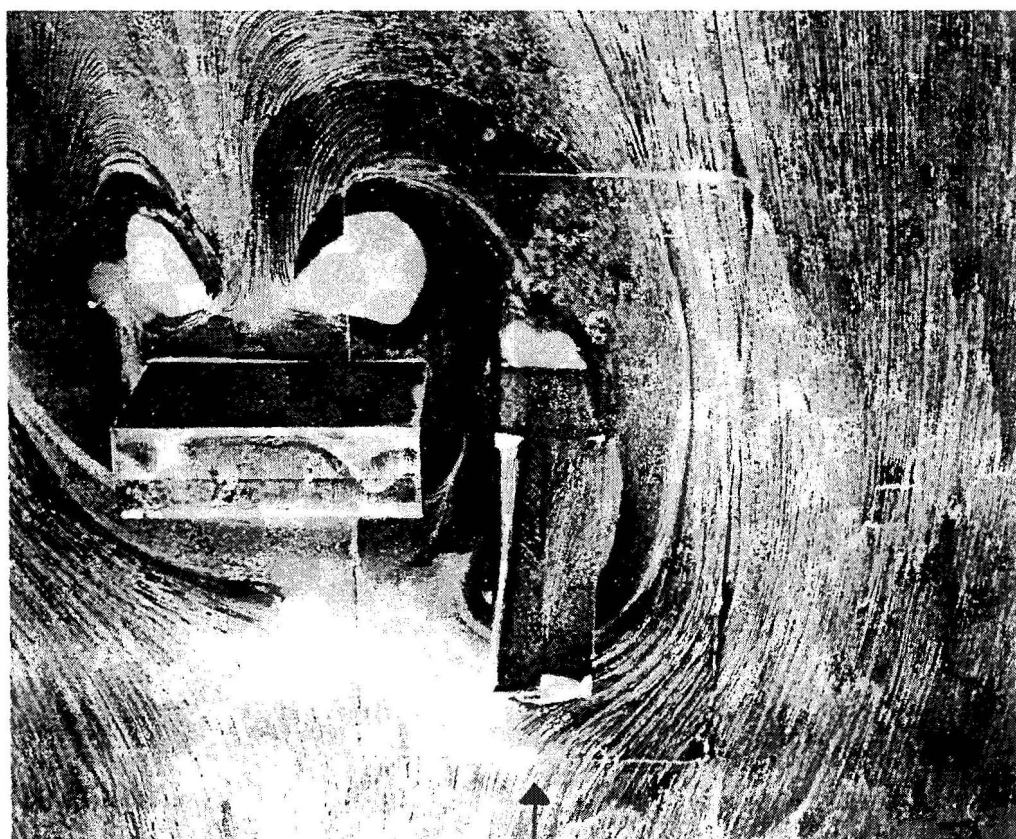


FIG 14d Färgströmningsprov. Anblåsningsriktning $\varphi = -90^\circ$
 Två hus. Konfiguration II Hushöjd $H = 8$ våningar

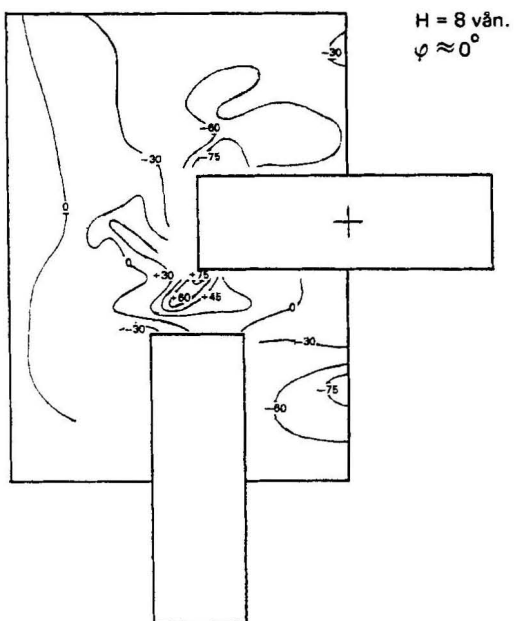
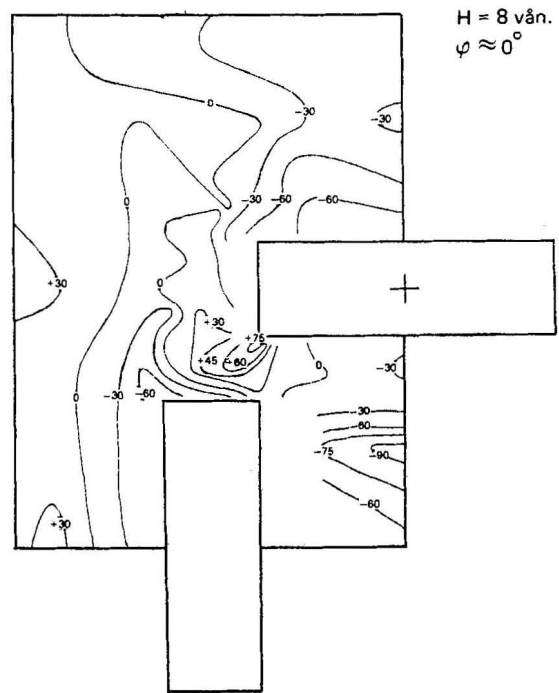
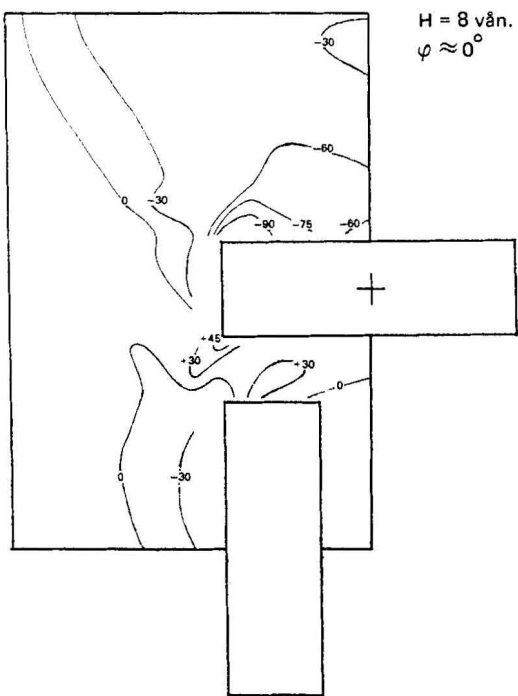


FIG 15a Karakteristisk blåsighet i och omkring passage mellan två huskroppar.
 Konfiguration I, II, III.
 Anblåsningsriktning $\varphi \approx (0^\circ)$
 Hushöjd $H = 8$ våningar

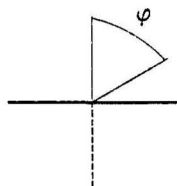
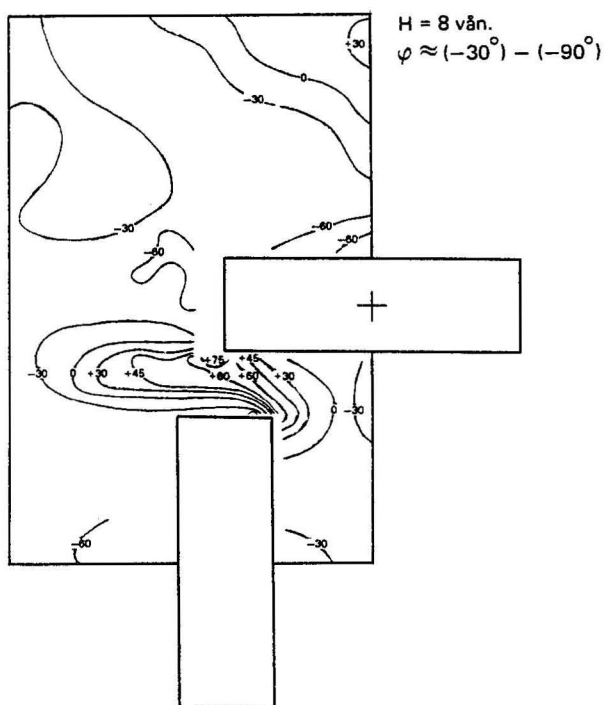
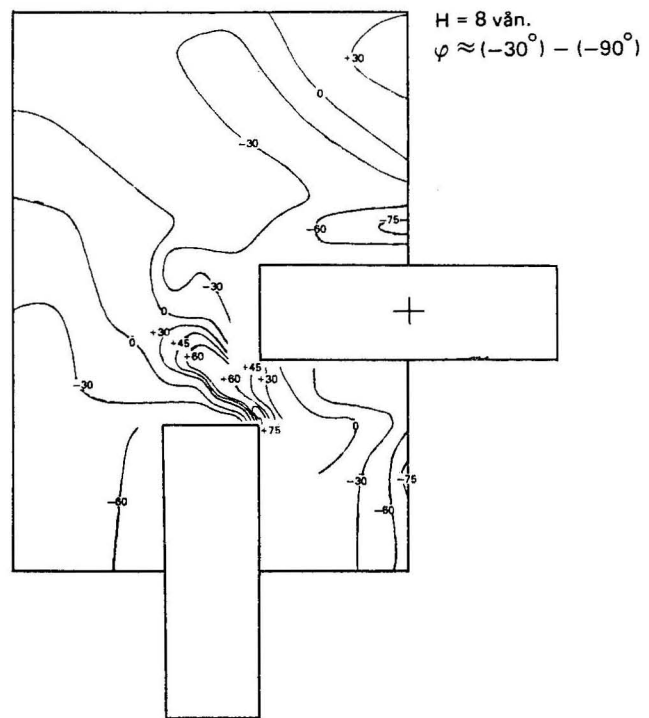
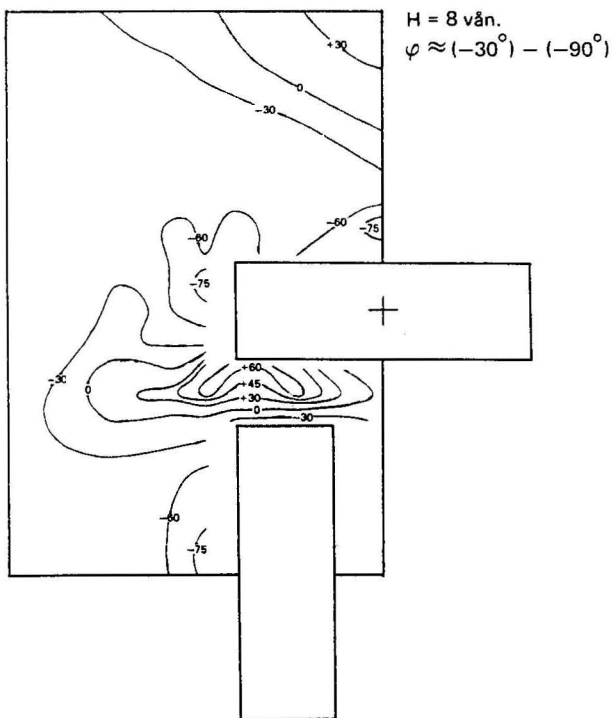


FIG 15b Karakteristisk blåsighet i och omkring passage mellan två huskroppar.
 Konfiguration I, II, III.
 Anblåsningsriktning $\varphi \approx (-30^\circ) - (-90^\circ)$
 Hushöjd $H = 8$ våningar

BILAGA 1

TABLE 1 - 48

Blåsighetstal vid strömning omkring enstaka byggnadskropp
av varierande höjd och med varierande anblåsningsriktning.

TABLE 1
H=8 FLOORS
FI=-10 DEGREES

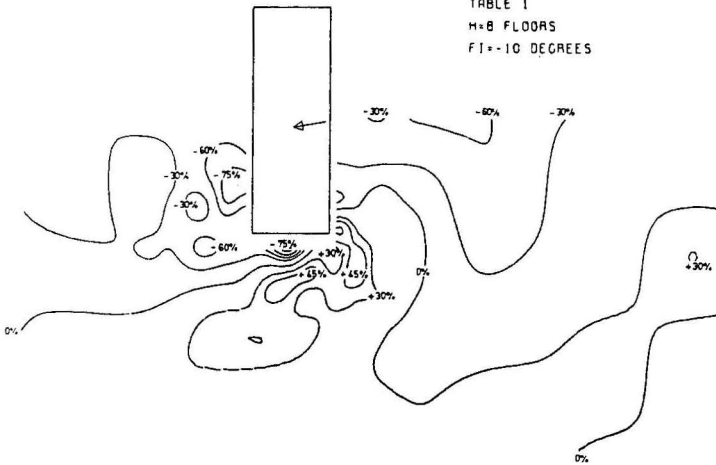


TABLE 2
H=8 FLOORS
FI=0 DEGREES

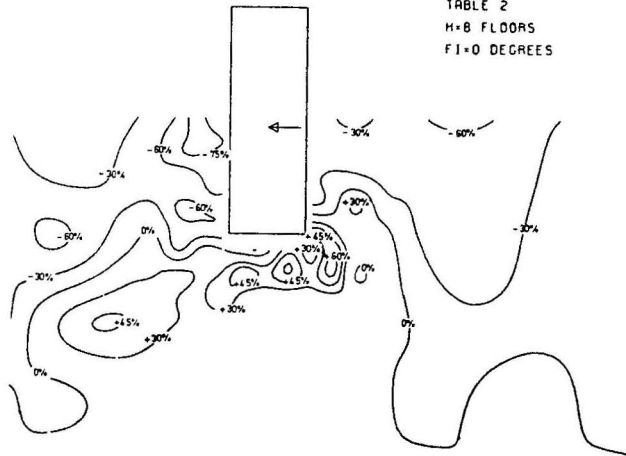


TABLE 3
H=8 FLOORS
FI=10 DEGREES

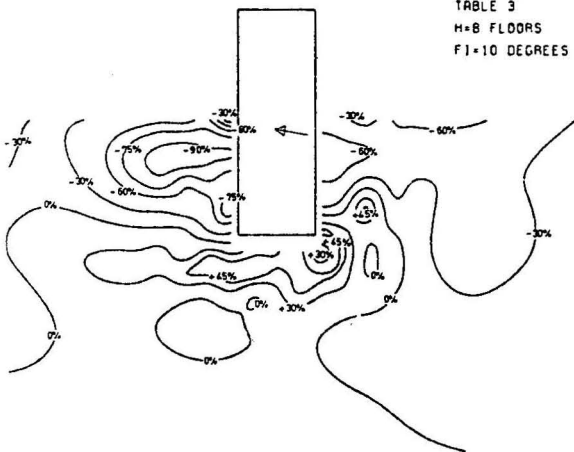


TABLE 4
H=8 FLOORS
FI=20 DEGREES

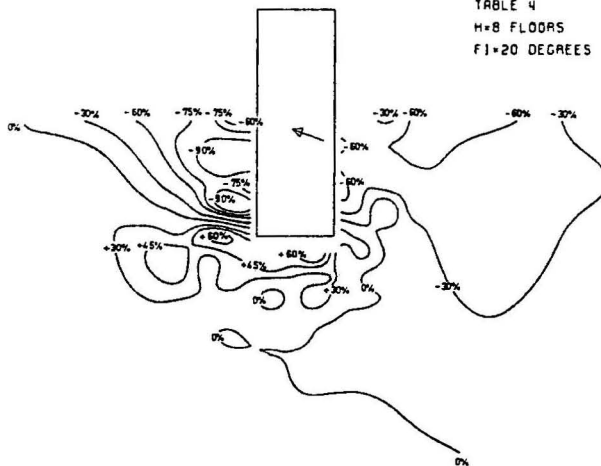


TABLE 5
H=8 FLOORS
FI=30 DEGREES

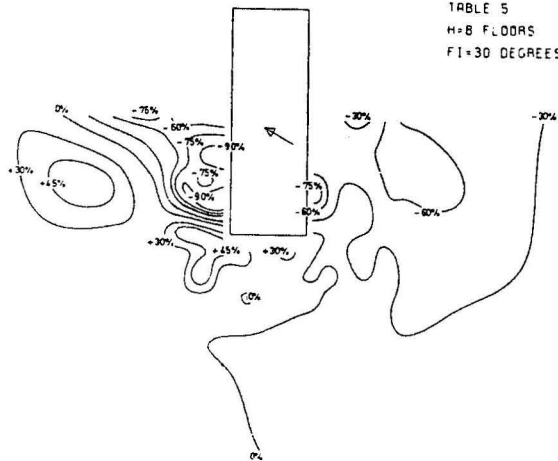


TABLE 6
H=8 FLOORS
FI=40 DEGREES

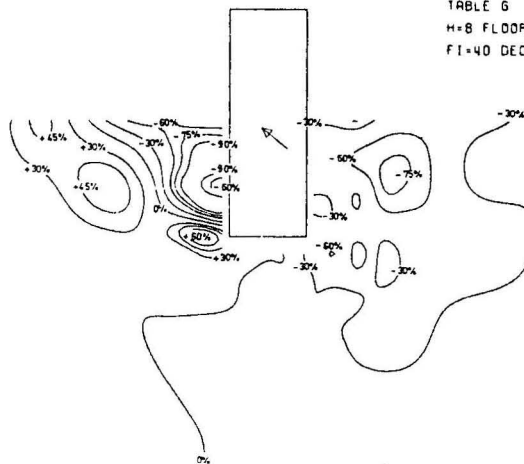


TABLE 7
H=8 FLOORS
F1=50 DEGREES

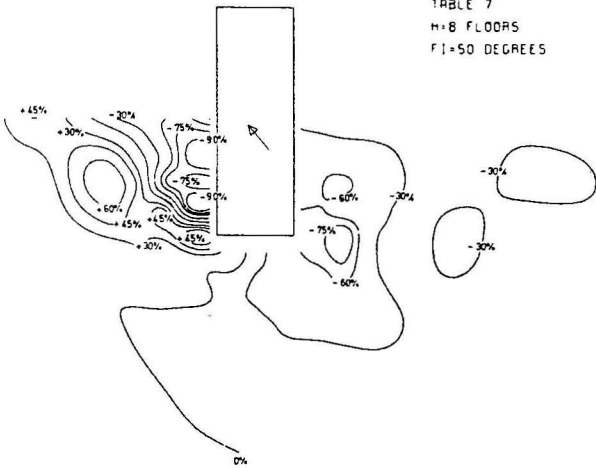


TABLE 8
H=8 FLOORS
F1=60 DEGREES

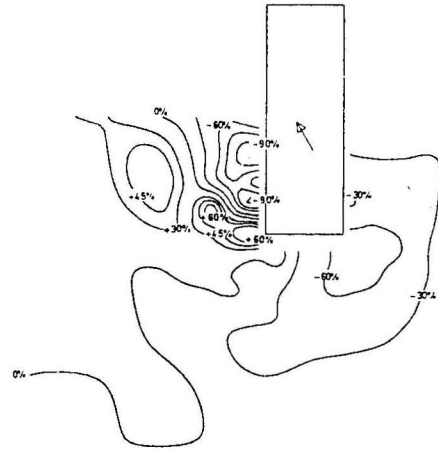


TABLE 9
H=8 FLOORS
F1=70 DEGREES

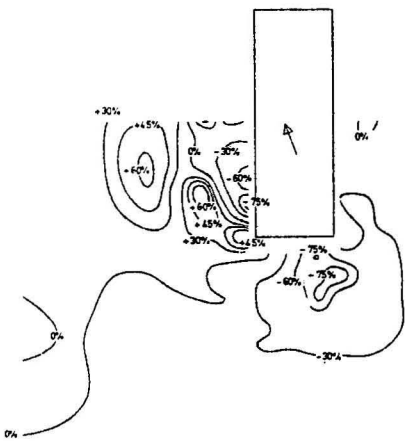


TABLE 10
H=8 FLOORS
F1=80 DEGREES

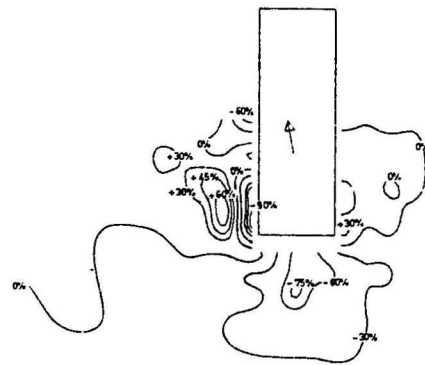


TABLE 11
H=8 FLOORS
F1=90 DEGREES

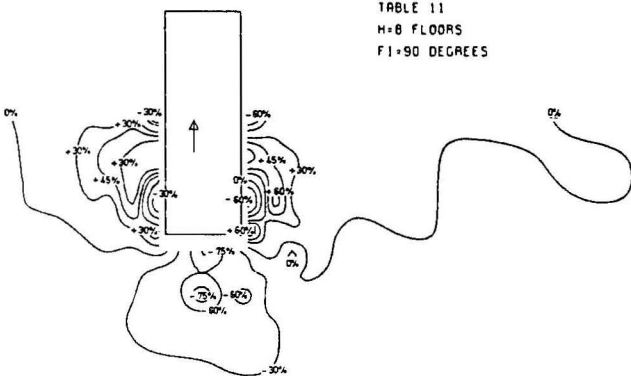


TABLE 12
H=8 FLOORS
F1=100 DEGREES

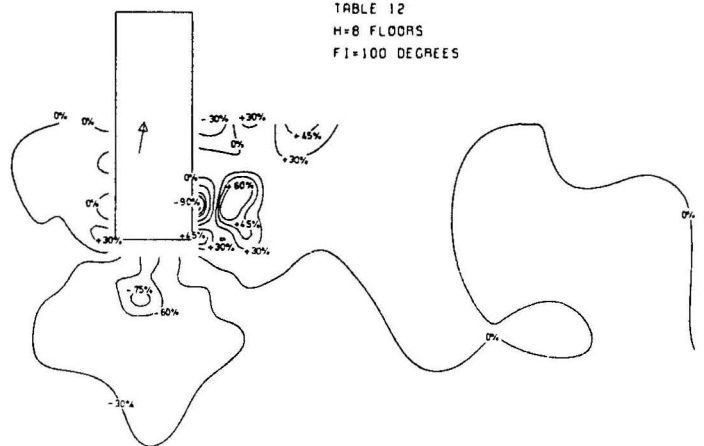


TABLE 13
M=4 FLOODS
F1=-10 DEGREES

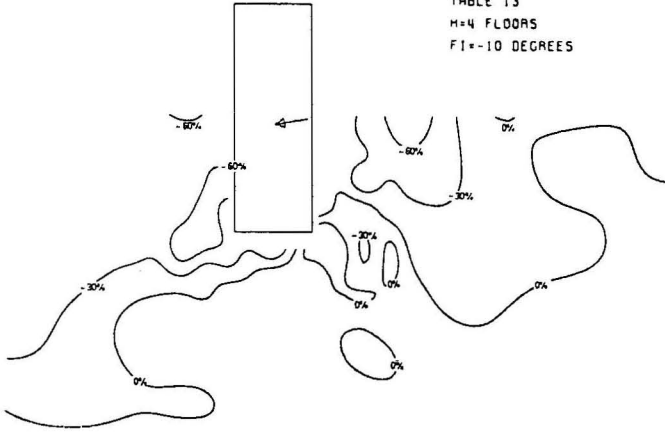


TABLE 14
M=4 FLOODS
F1=0 DEGREES

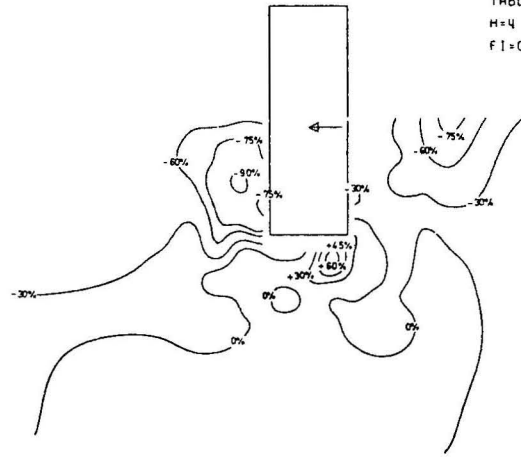


TABLE 15
M=4 FLOODS
F1=10 DEGREES

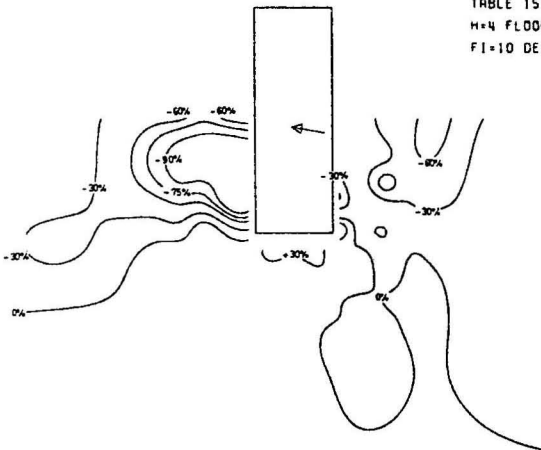


TABLE 16
M=4 FLOODS
F1=20 DEGREES

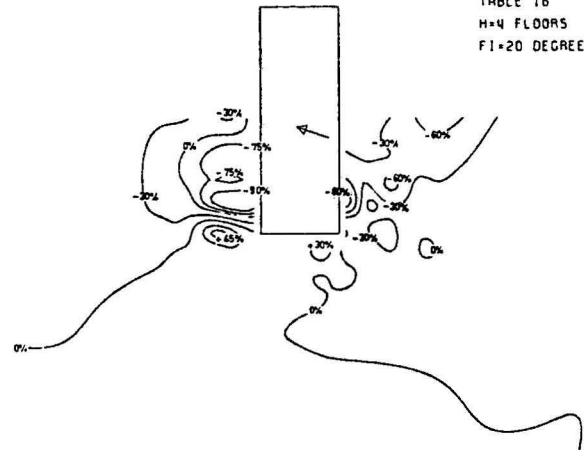


TABLE 17
M=4 FLOODS
F1=30 DEGREES

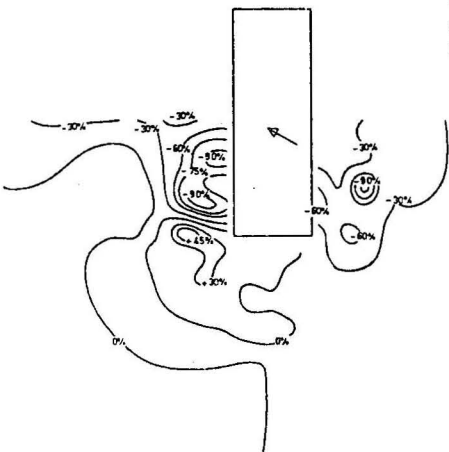


TABLE 18
M=4 FLOODS
F1=40 DEGREES

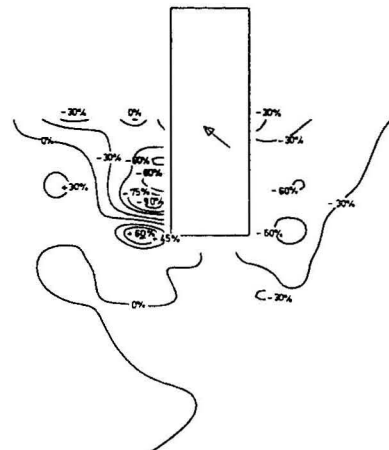


TABLE 19
M=4 FLOODS
F1=50 DEGREES

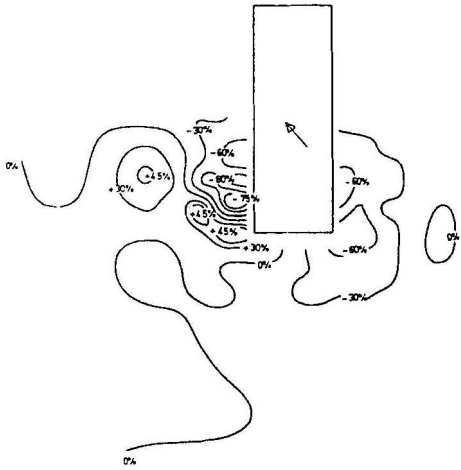


TABLE 20
M=4 FLOODS
F1=60 DEGREES

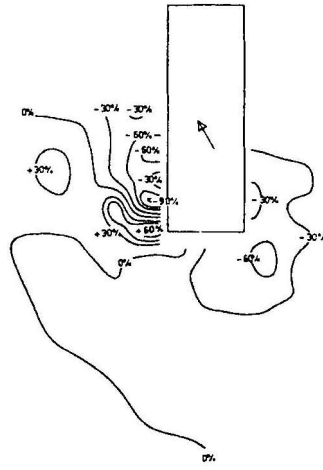


TABLE 21
M=4 FLOODS
F1=70 DEGREES

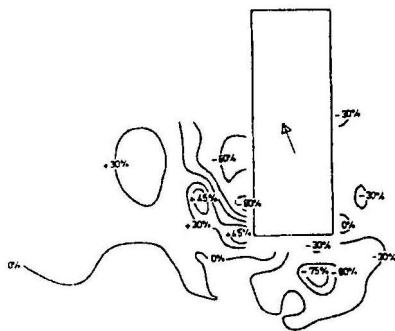


TABLE 22
M=4 FLOODS
F1=80 DEGREES

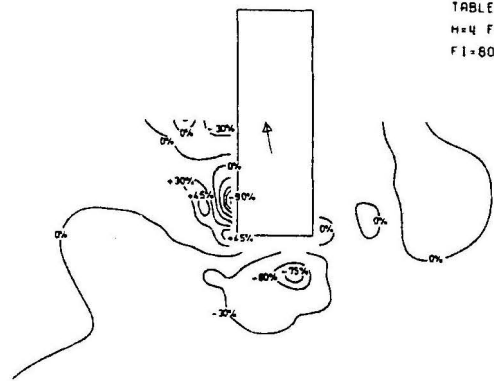


TABLE 23
M=4 FLOODS
F1=90 DEGREES

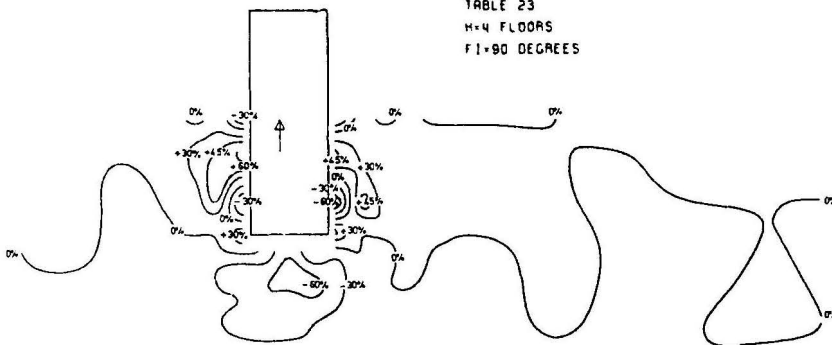


TABLE 24
M=4 FLOODS
F1=100 DEGREES

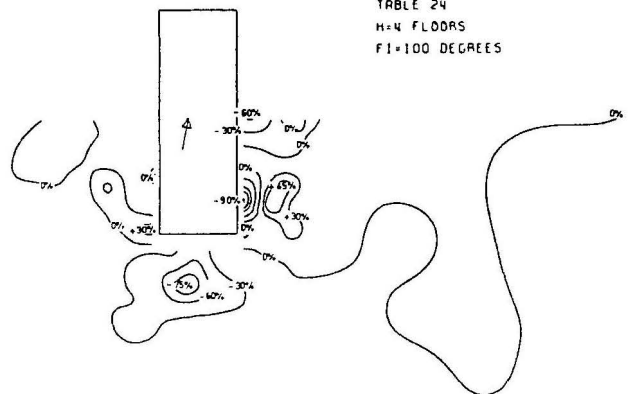


TABLE 25
H=3 FLOORS
F1=-10 DEGREES

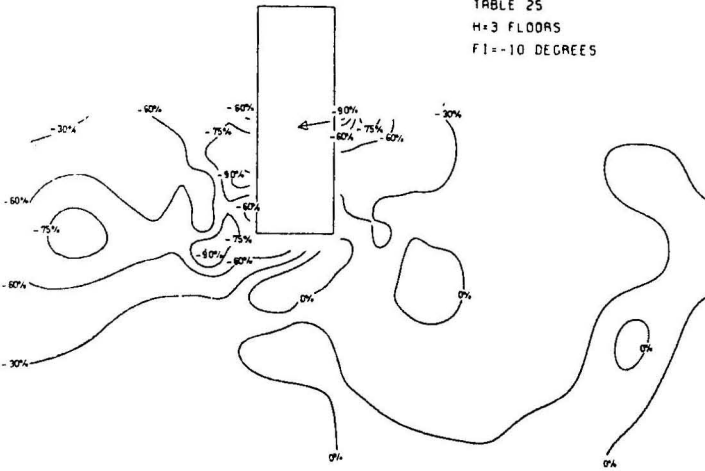


TABLE 26
H=3 FLOORS
F1=0 DEGREES

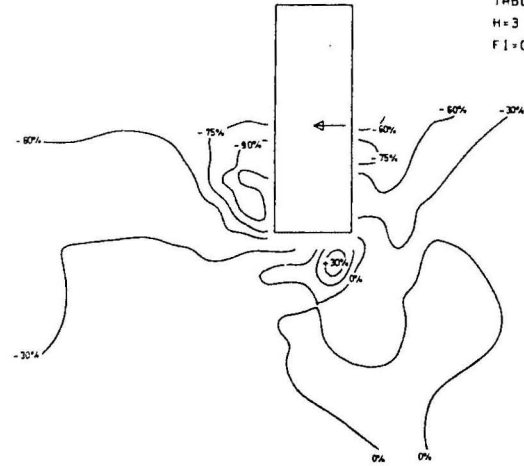


TABLE 27
H=3 FLOORS
F1=10 DEGREES

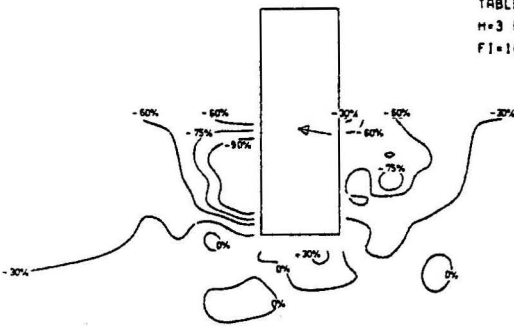


TABLE 28
H=3 FLOORS
F1=20 DEGREES

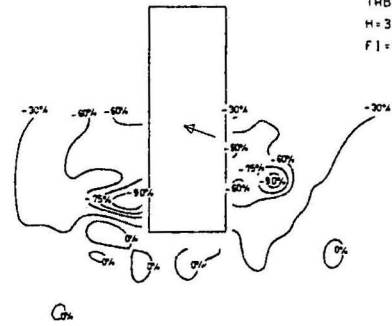


TABLE 29
H=3 FLOORS
F1=30 DEGREES

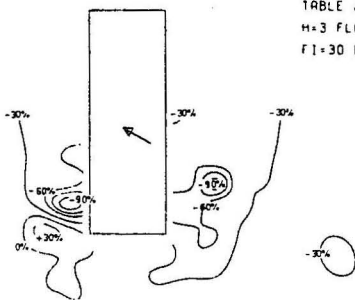


TABLE 30
H=3 FLOORS
F1=40 DEGREES

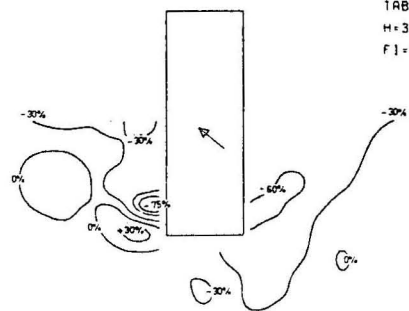


TABLE 31
H=3 FLOORS
F1=50 DEGREES

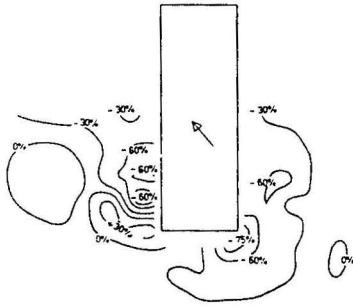


TABLE 32
H=3 FLOORS
F1=60 DEGREES

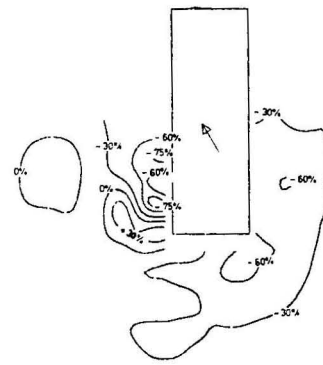


TABLE 33
H=3 FLOORS
F1=70 DEGREES

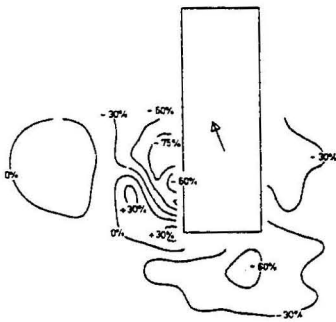


TABLE 34
H=3 FLOORS
F1=80 DEGREES

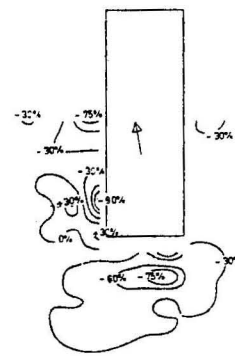


TABLE 35
H=3 FLOORS
F1=90 DEGREES

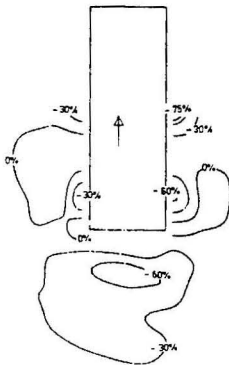


TABLE 36
H=3 FLOORS
F1=100 DEGREES

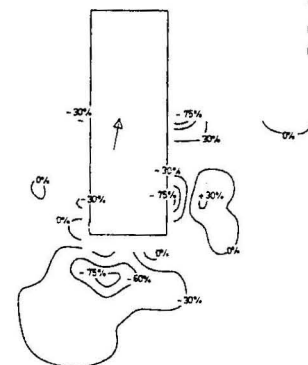


TABLE 37
M=2 FLOORS
F1=10 DEGREES

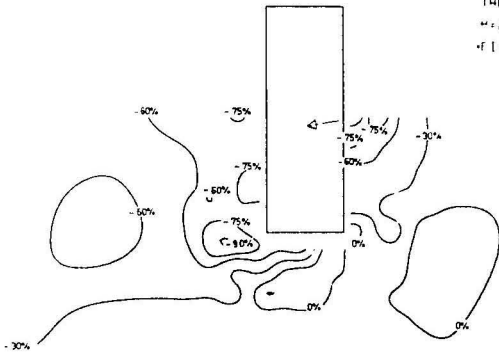


TABLE 38
M=2 FLOORS
F1=0 DEGREES

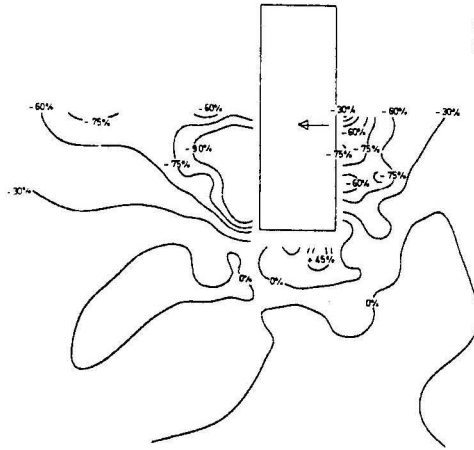


TABLE 39
M=2 FLOORS
F1=10 DEGREES

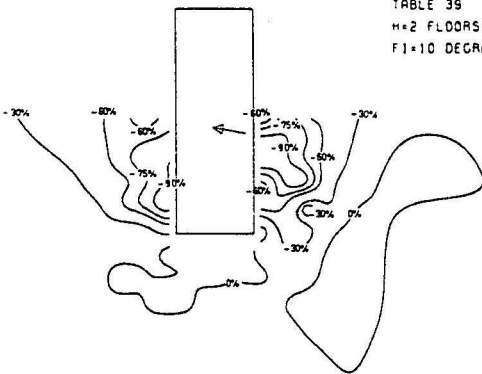


TABLE 40
M=2 FLOORS
F1=20 DEGREES

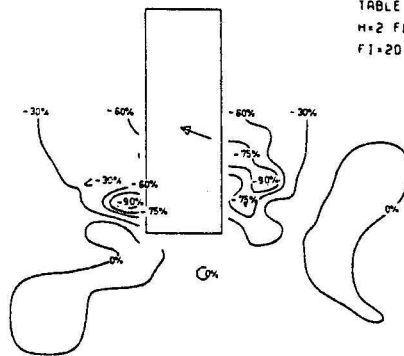


TABLE 41
M=2 FLOORS
F1=30 DEGREES

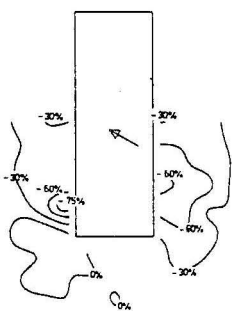
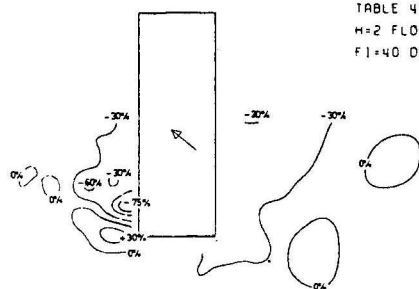


TABLE 42
M=2 FLOORS
F1=40 DEGREES



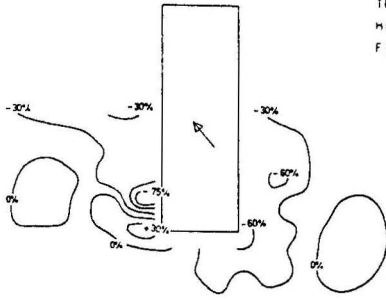


TABLE 43
H=2 FLOORS
F1=50 DEGREES

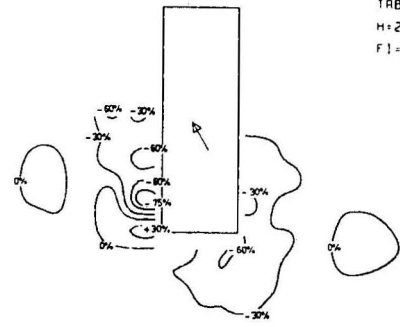


TABLE 44
H=2 FLOORS
F1=60 DEGREES

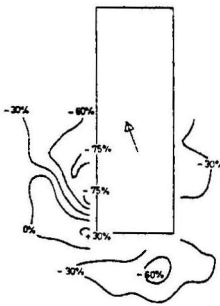


TABLE 45
H=2 FLOORS
F1=70 DEGREES

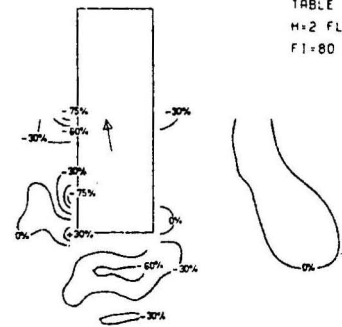


TABLE 46
H=2 FLOORS
F1=80 DEGREES

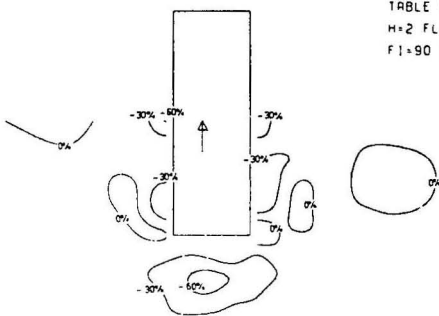


TABLE 47
H=2 FLOORS
F1=90 DEGREES

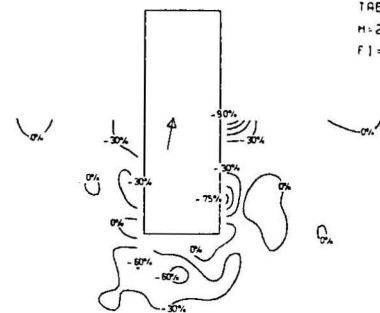


TABLE 48
H=2 FLOORS
F1=100 DEGREES

BILAGA 2

TABLE 2. 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35

Blåsighetstal i passage mellan och omkring två byggnader vid varierande anblåsningsriktning. Hushöjden 8 våningar.

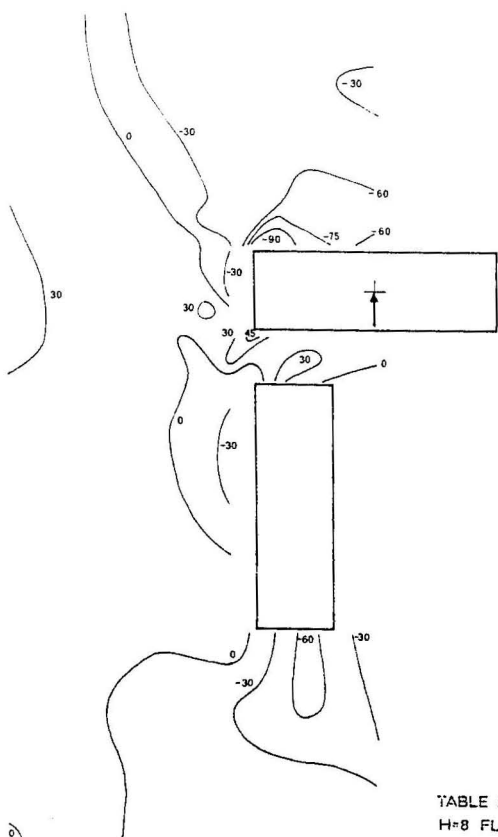


TABLE 2
H=8 FLOORS
FI= 0 DEGREES

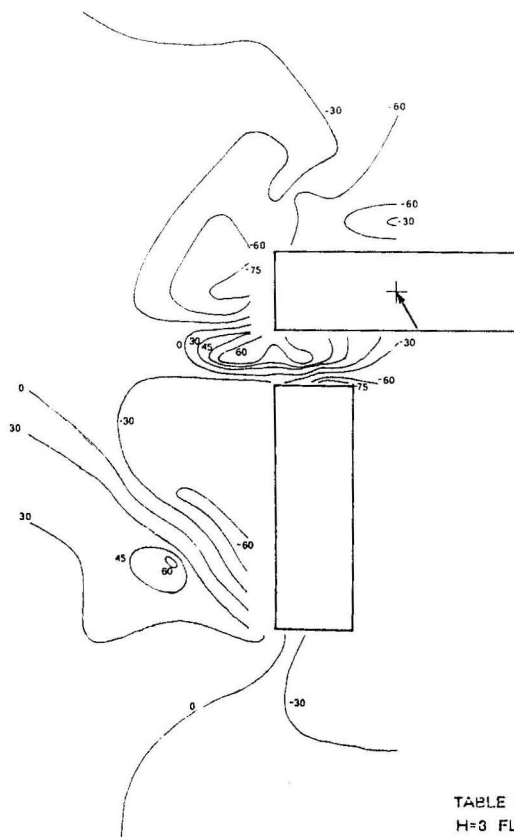


TABLE 5
H=8 FLOORS
FI=-30 DEGREES

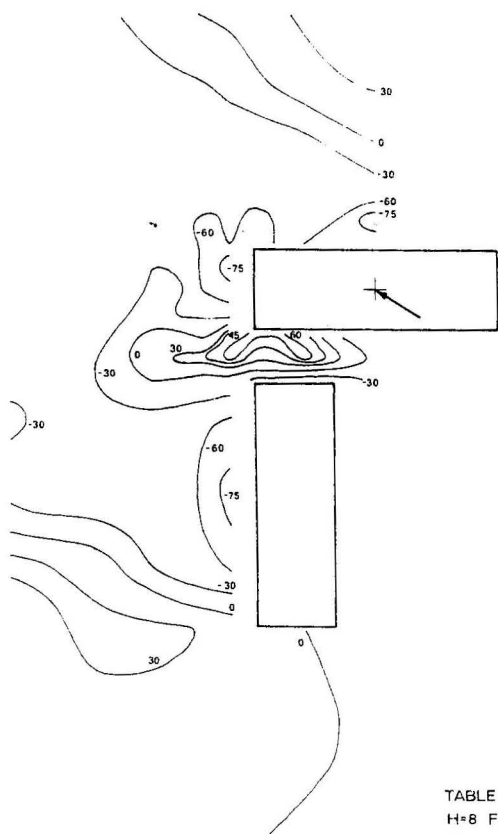


TABLE 8
H=8 FLOORS
FI=-60 DEGREES

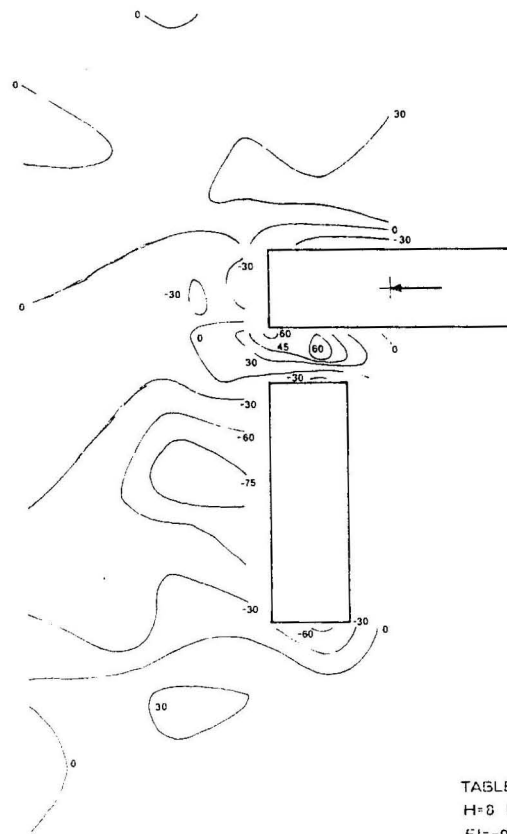


TABLE 11
H=8 FLOORS
FI=-90 DEGREES

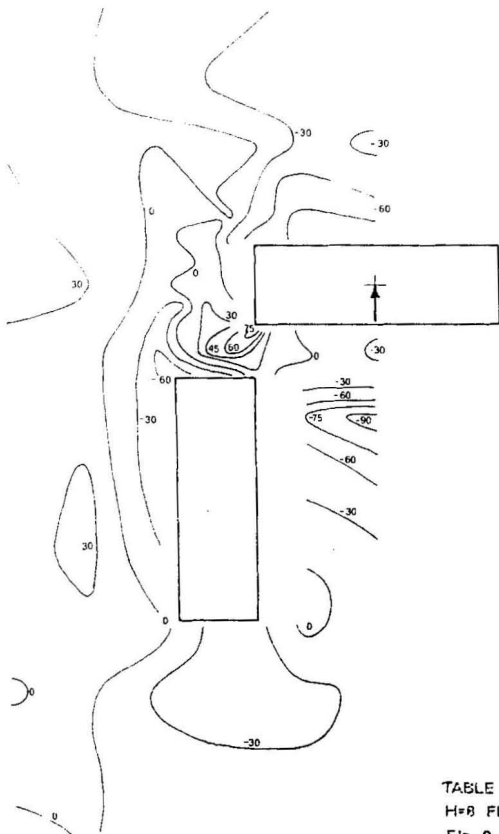


TABLE 14
H=8 FLOORS
FI= 0 DEGREES

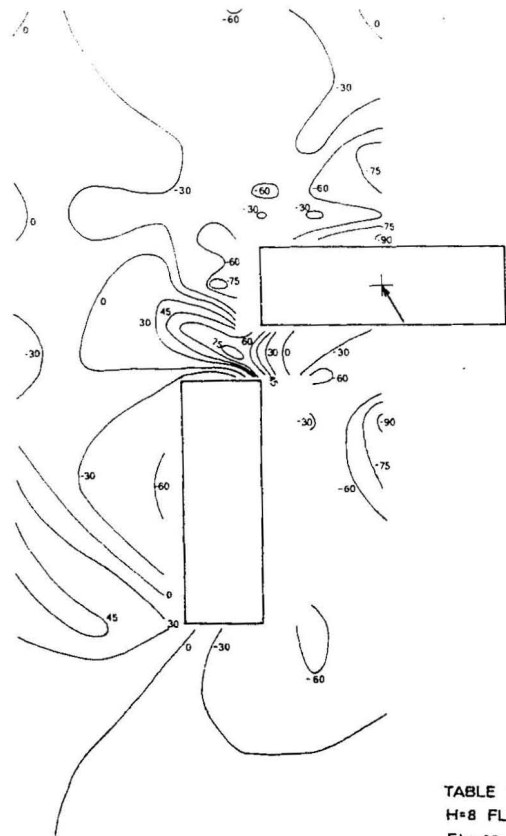


TABLE 17
H=8 FLOORS
FI=-30 DEGREES

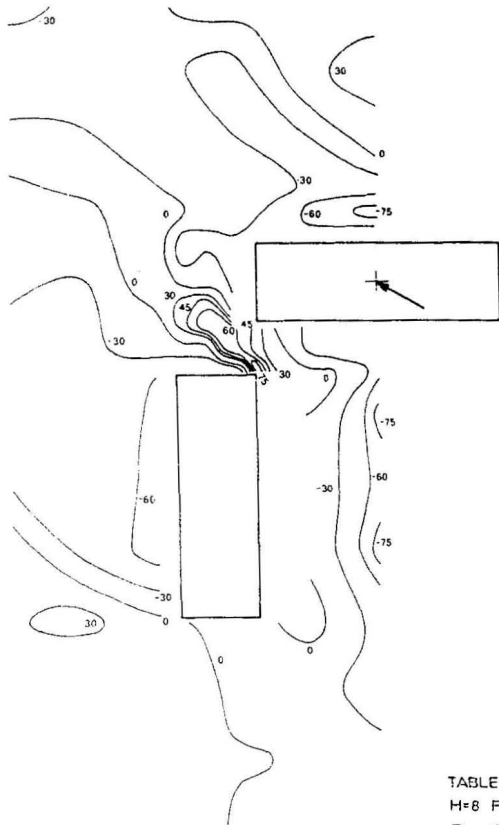


TABLE 20
H=8 FLOORS
FI=-60 DEGREES

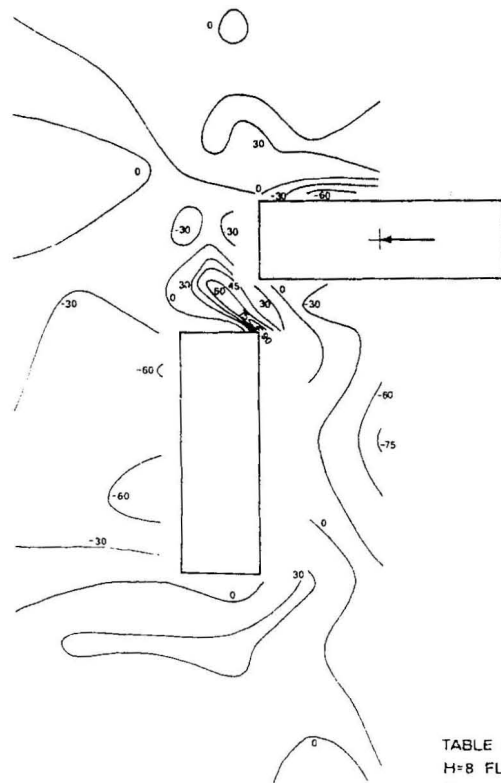


TABLE 23
H=8 FLOORS
FI=-90 DEGREES

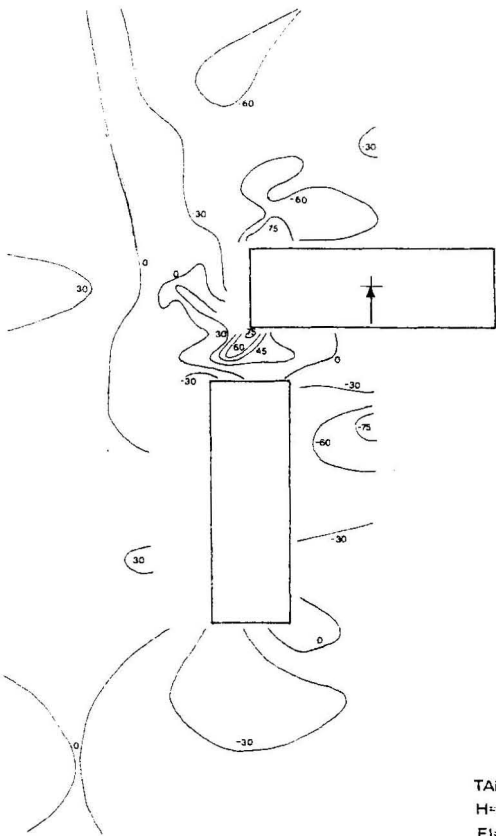


TABLE 26
H=8 FLOORS
F1= 0 DEGREES

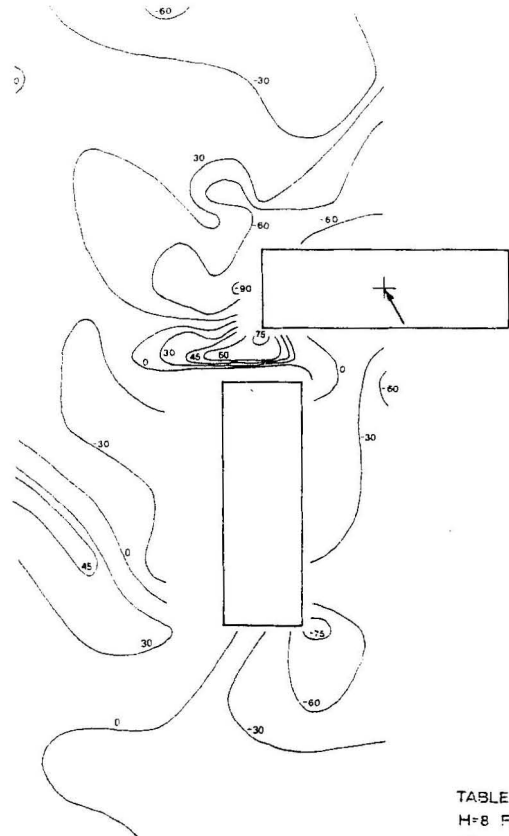


TABLE 29
H=8 FLOORS
F1=-30 DEGREES

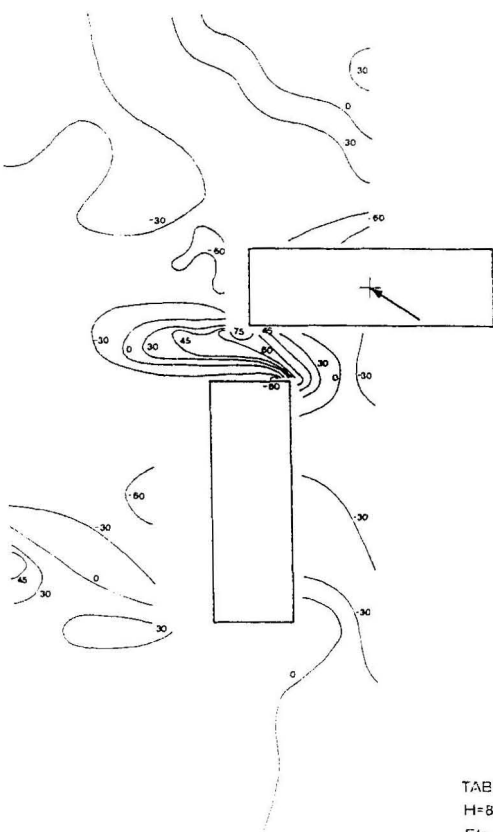


TABLE 32
H=8 FLOORS
F1=- 60 DEGREES

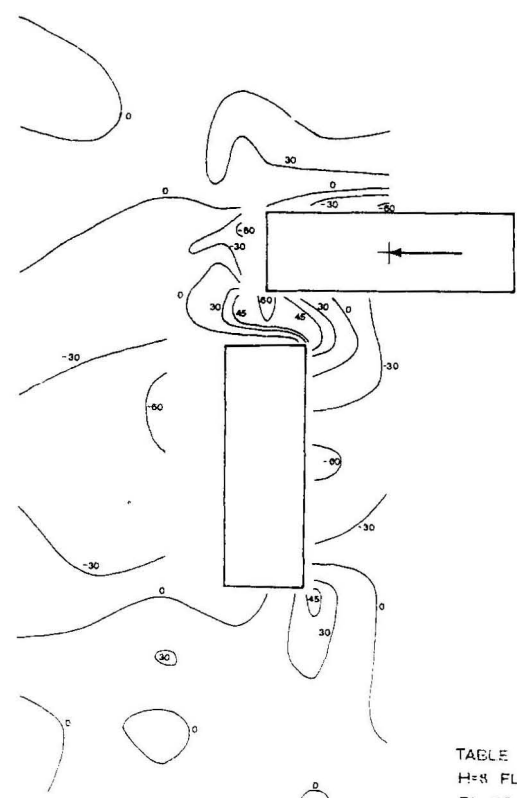


TABLE 35
H=8 FLOORS
F1=-90 DEGREES