

Rapport

R44:1970

Inst. för Byggnadsstatik

**Stormskador
i Stockholmsområdet**

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Hans Falk

Bo-Göran Hellers

Torsten Höglund

Jonas Holmgren

Byggforskningen

Stormskador i Stockholmsområdet

Hans Falk, Bo-Göran Hellers, Jonas Holmgren & Torsten Höglund

Stockholmsområdet passerades under dygnen 1–3 november 1969 av en serie oväder, som orsakade avsevärda stormskador på byggnader. Institutionen för byggnadsstatik, KTH, utförde en inventering av byggnadsskadorna. I fältarbetet deltog teknologgrupper från högskolan och institutionens assistenter.

Kartläggningen organiserades med målsättningen att ge en översiktlig uppskattning av skadornas antal och art samt ge en närmare beskrivning av utvalda, typiska skadefall. Liknande inventeringar utfördes även i Lund och Göteborg.

De byggnadsskador som redovisats från de olika delarna av landet orsakades av likartade stormar. Lågtryckens rörelsebana var väst-östlig och de maximala vindstyrkorna ungefär lika stora.

Stormen den 1.11 nådde lokalt orkanstyrka vid ostkusten och Stockholmsområdet blev starkt utsatt. I Stockholm noterades vid 21-tiden den för staden ovanligt höga medelvindhastigheten (10-minutersmedelvärde) av 21 m/s och i byarna nådde vindhastigheten flera gånger 30–35 m/s.

Den maximala byvindhastigheten på Bromma visas i FIG. 1.

Förorterna är bäst täckta av inventeringen men Stockholms innerstad visade sig svårare att undersöka. Totalt har omkring 200 skador av större eller mindre omfattning rappor-



FIG. 1. Maximal byvindhastighet, V_x . 1–2. 11.1969 på Bromma.

terats. Såsom framgår av FIG. 2 är den geografiska fördelningen över området ganska jämn. För materialets sortering har skadorna indelats i följande typer:

- taksador
- murverksskador
- övriga skador, som innefattar skador på ställningar, trafikskyltar, fönster, cisterner m.m.

Taksador

Skador på tak omfattar ungefär hälften av alla registrerade skador. Övervägande flertalet taksador gäller taktäckningen av slätplåt, korrugerade asbestcementskivor, tegelpannor m.m. Taktäckningen har visat sig otillräckligt förankrad, i synnerhet i de fall då undertaket varit otätt och hela tryckdifferensen mellan ytterluft och vindsutrymmet tagits upp av yt-täckningen. Detta gäller tydligen för slätplåt på träpanel, som kan vara uttorkad och luftgenomsläpplig. Att fästa klammer med trådspik är otillräckligt för sådana tak.

Otillräcklig förankring är också orsaken till att ett femtontal hela takkonstruktioner skadats helt eller delvis. Ett exempel visas i FIG. 3. Studier av dessa skador lämnar huvudtrycket att det förekommer ovarsamhet hos konstruktörer och på arbetsplatser med förankring för de höga sugkrafter som uppkommer på flera tak. Vid all förankring gäller att kedjan inte är starkare än sin svagaste länk. Ett tak måste således vara väl förankrat från taktäckning till hustomme.

Murverksskador

Antalet registrerade murverksskador är relativt få. De ras som konstaterats förtjänar emellertid stor uppmärksamhet beroende på den livsfara som varje ras medför.

Skador har inträffat på skalmurar av såväl tegel som lättbetong. Särskilt farliga är gavelspetsar, som måste förankras väl om de inte är extremt låga.

Otillräcklig kramling är ett huvudskäl till att skalmurar rasat. Med bakomliggande vägg av betong kan kramlorna vara problem vid gjutningen, men undersökningen påvisar vikten av att man vid kramling stäl-

Byggforskningen Sammanfattningar

R44:1970

Rapport R44:1970 har bekostats med medel från Statens råd för byggnadsforskning, anslagsnummer P5.

Vid de svåra stormar som passerade Sverige under hösten 1969 orsakades en mängd stormskador på byggnader.

Denna rapport ingår i en serie på tre som behandlar antal, art m.m. hos de uppkomna skadorna i olika delar av landet. Tidigare har utkommit:

Holmberg, Å, Stormskador på byggnader, rapport R29:1970 från Byggeforskningen,

Johansson, G, Stormskador i västra Sverige, rapport R33:1970 från Byggeforskningen.

UDK 69.059.2
624.042.4
551.556

Sammanfattning av:

Falk, H, Hellers, B-G, Holmgren, J & Höglund, T, 1970, Stormskador i Stockholmsområdet (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R44:1970, 84 s., ill. 17 kr.

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

Abonnemangsgrupp: (k) konstruktion.

ler höga krav. Det framgår också att kramlingen gör bäst nytta vid randfält, där sugkrafterna kan bli särskilt höga. Kramlingen får inte göras för lös genom att kramlorna böjs i läge. Väggen blir därigenom sladdrig och den pulserande vindbelastningen kan rycka sönder förbanden.

I ett intressant fall har en normenligt kramlad vägg skadats, FIG. 4. Brottet har härvid uppkommit genom successiv nedbrytning. Den så gott som oförankrade gavelspetsen har fallit först. Därefter har den egentliga väggen lossnat i överkant och en korthusnedbrytning, 3 skift i taget (avståndet mellan de horisontella raderna av kramlor) har kunnat utlösas. En saxning av kramlornas lägen hade här kunnat förhindra det fortsatta raset.

Övriga skador

Övriga skador gäller t.ex. rasade byggnadsställningar, som varit otillräckligt förankrade, och överlastade trafikskyltar som böjts ned. Det är känt att antalet fönsterskador var mycket stort och svarade för avsevärda kostnader. Krossade fönster kunde konstateras enstaka eller i grupp, lågt eller högt, vilket belyser vindbelastningens ryckighet och nyckfullhet beroende på lokala faktorer.

Som slutsats av skadeanalysen anföras att många infästningsdetaljer inte har ägnats tillräcklig uppmärksamhet med hänsyn till vindbelastning.

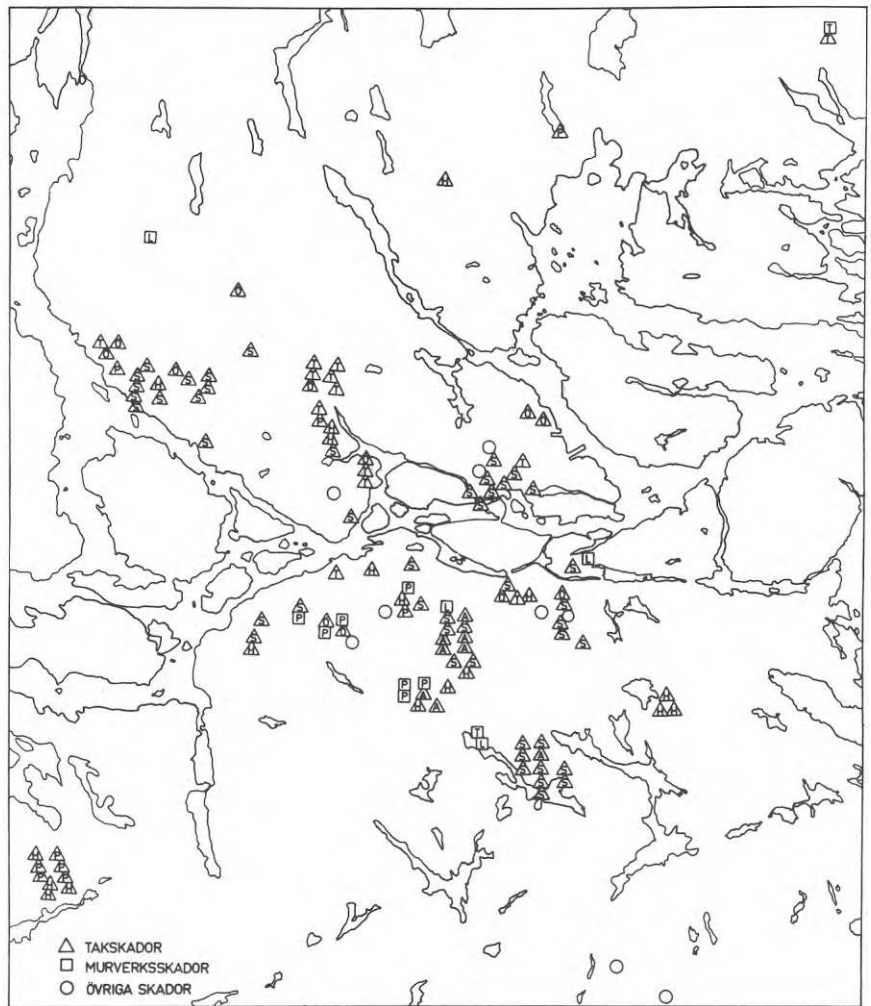


FIG. 2. Karta över stockholmstrakten, som visar läget av de byggnadsskador som undersökningen omfattat. Beteckningar:

Tak: H=hela konstruktioner, S=slätplåt, T=tegel, P=papp

A=korrugerad asbestcement, Ö=övriga skador

Murverk: P=puts, L=lättbetongmurverk, T=tegelmurverk.



FIG. 4. Skada på skalmur av lättbetong.

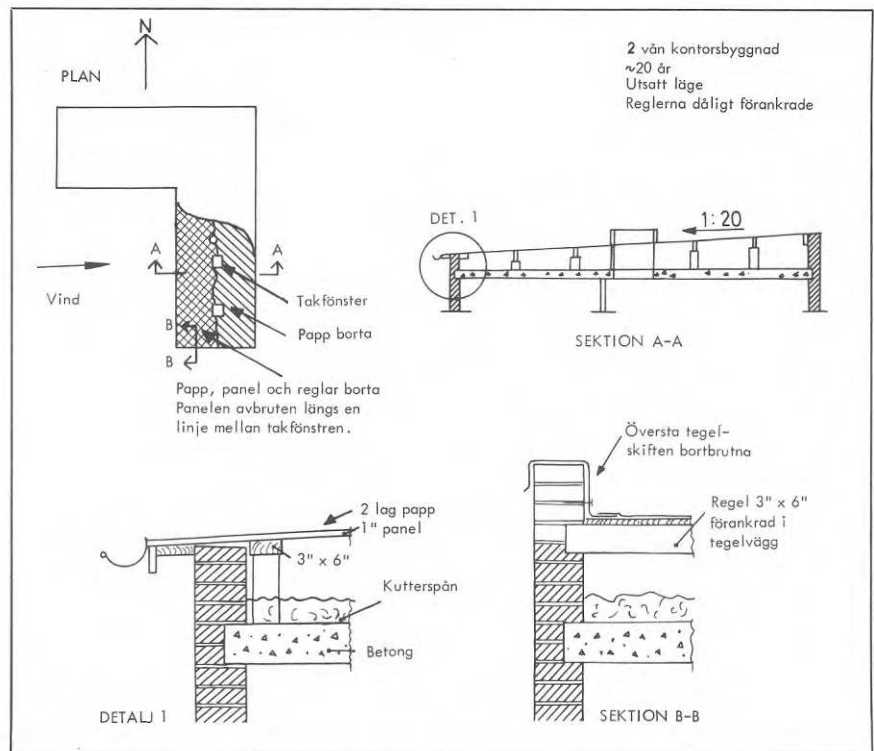


FIG. 3. Exempel där hel takkonstruktion skadats.

Förankringen tycks endast ha bestått i att takreglarna murats in i tegelgaveln. Taket har lyft på långsidan och brutit bort översta tegelskiten på gaveln. Mitt på taket fanns några takfönster och ventilationstrummor i vilka några av reglarna varit förankrade. Panelen har därför brutits av någonstans emellan takfönstren. Endast takpappen och mindre delar av panelen har rivits bort på läsidan av takfönstren.

Storm damage in the area of Stockholm

Hans Falk, Bo-Göran Hellers,
Jonas Holmgren & Torsten Höglund

Between the 1st and 3rd November, 1969, a series of storms passed over the Stockholm area and caused considerable damage to buildings. The Department of Building Statics and Structural Engineering at the Royal Institute of Technology in Stockholm carried out an inventory of such damage. Groups of technical students from the Institute and assistants at the department participated in the field work.

The survey was organised with the aim of giving an overall view of the frequency and nature of the damage and also a more detailed description of selected typical cases. Similar surveys were made in Gothenburg and Lund.

The damage to buildings reported from the various parts of the country were caused by similar storms. The track of the low pressure system was from west to east and the maximum wind forces were roughly similar.

The storm on November 1st reached hurricane strength locally on the East Coast and the Stockholm area suffered severe winds. At 9 p.m. the exceptionally high wind speed (for the city) of 21 m/s was recorded as a 10-minute mean, with speeds up to 30–35 m/s in gusts on several occasions.

The maximum wind velocity in gusts at Bromma (North-west Stockholm) is shown in FIG. 1.

The suburbs were covered best by the inventory, while the central areas of Stockholm proved more difficult to

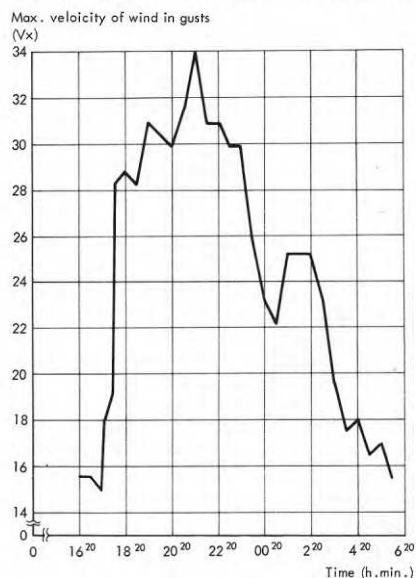


FIG. 1. Max. velocity of wind in gusts, V_x , nov. 1–2, 1969 at Bromma (Stockholm).

survey. In all, about 200 cases of damage of varying extent were reported. As shown in FIG. 2, the geographical distribution within the area is fairly even. For sorting purposes, the damage has been classified under the following headings:

- roof damage
- wall damage
- other damage, such as to scaffolding, road signs, windows, tanks, etc.

Roof damage

Roof damage comprises roughly half of all recorded cases. By far the majority of cases concerned damage to roof coverings such as sheet metal, corrugated asbestos cement sheets, tiles, etc. The fixing of the covering has been shown to be inadequate, especially in cases where the underlay is not wind-tight and the entire pressure differential between the outside air and the attic space must be borne by the covering. This clearly applies even to sheet metal over t and g boarding, since the latter may be dried-out and therefore not close-fitting. Clamps fixed with ordinary nails are not enough to hold the covering on such roofs.

Inadequate anchorage is also the reason why some fifteen entire roofs were damaged partly or totally. One example is shown in FIG. 3. The main impression left by studies of these cases is lack of care on the part of designers and site workers with regard to the fixing of roofs to resist the high suction effects that occur in many instances. In all anchorage work, it must be remembered that a chain is not stronger than its weakest link and a roof must therefore be securely fixed, from covering to structural frame.

Wall damage

The number of recorded cases of damage to wall structure is relatively few. However, the collapses that have been noted deserve close attention, in view of the danger to life involved.

Damage occurred to facing walls both of brick and of lightweight concrete. Special risks attach to end gables, which must be securely anchored unless of very low height. Inadequate tying is a principal reason for the failure of facing walls. Ties may give rise to problems during pouring where the inner wall is of concrete, but the study

National Swedish Building Research Summaries

R44:1970

Report No. R44:1970 was prepared with funds provided by the National Swedish Council for Building Research, Grant No. P5.

During the severe storms which passed over Sweden in the autumn of 1969, a great many cases of damage to buildings occurred.

This report is one of a series of three dealing with the frequency, nature, etc., of the damage occurring in various parts of the country. Previously issued were:

Holmberg, Å, Storm damage to buildings. Report R29:1970, Building Research Institute.

Johansson, G, Storm damage in Western Sweden. Report R33:1970, Building Research Institute.

UDC 69.059.2
624.042.4
551.556

Summary of:

Falk, H, Hellers, B-G, Holmgren, J & Höglund, T, 1970, Stormskador i Stockholmsområdet /Storm damage in the area of Stockholm/ (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R44:1970, 84 p., ill. 17 Sw. kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden.

underlines the importance of setting high standards in this matter. It is also apparent that tying is of greatest benefit in the region of wall edges, where suction forces may be particularly severe. The ties should not be rendered excessively loose, by being bent into place, as the wall will then be indeterminately fixed and pulsating wind loads may pull the bonding apart.

In one interesting case damage occurred to a wall that was tied in conformity with standards. See FIG. 4. The rupture occurred here due to progressive failure. The virtually unsecured gable fell first, after which the body of the wall broke away at its upper part, followed by a pack-of-cards sequence: three courses at a time fell away, corresponding to the distance between the horizontal rows of ties. The continuation of collapse could have been prevented here by staggering the location of the ties.

Other damage

Other damage comprised such cases as collapsed scaffolding, which was insecurely fixed, and the bending of overloaded road signs. It is known that the number of cases of window damage was very large and caused considerable costs. Broken windows were found to have occurred in single instances and in groups, and in both low and high locations, which illustrates the gustiness and fitfulness of the wind, according to local factors.

As a conclusion to the damage analysis, it is suggested that many fixing details have been given insufficient attention with regard to wind loads.

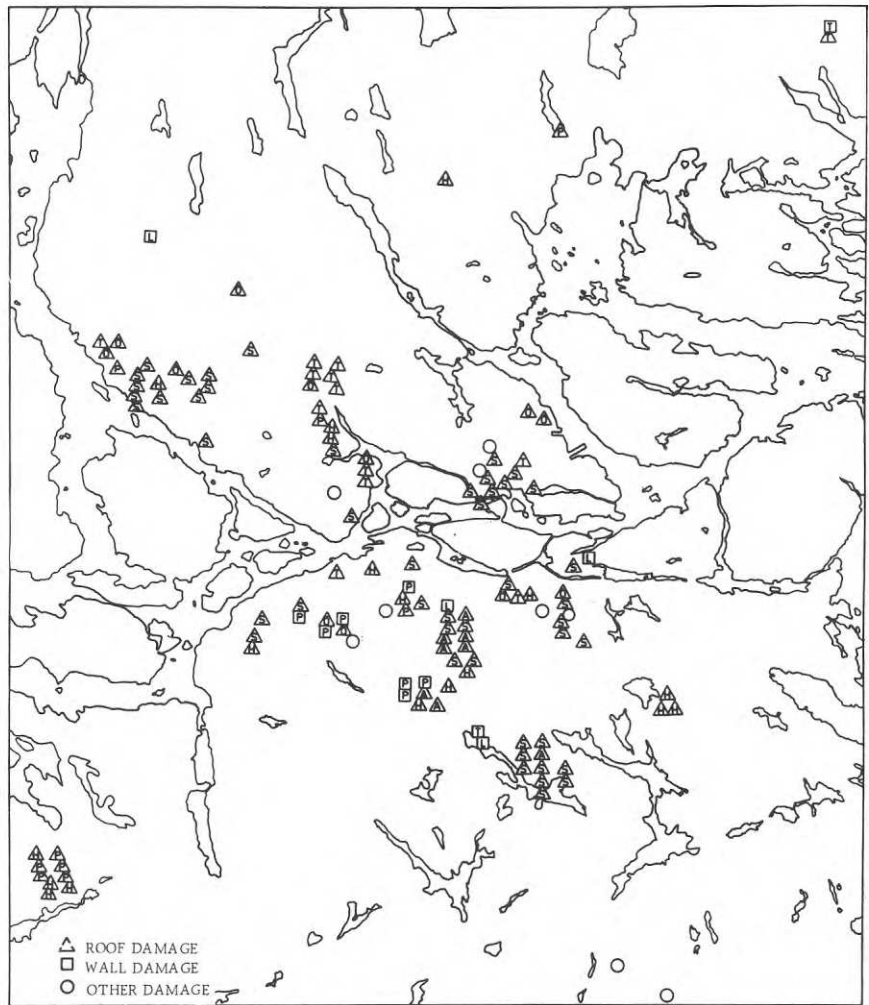


FIG. 2. Map of Stockholm region showing cases of damage to buildings during storm in November 1969, which were investigated in the present study. Legend: Roof: H=whole roof structure S=sheet metal T=tile P=felt A=Corr.asbestos-cement O=other roof damage Walls: P=rendering L=lt.wt. concrete blocks T=brick

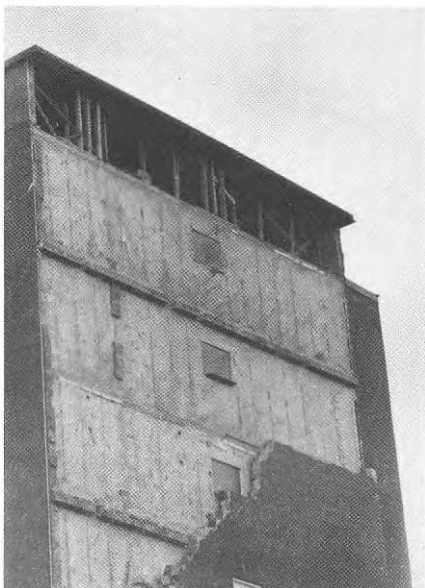


FIG. 4. Damage to lt.wt. concrete facing wall.

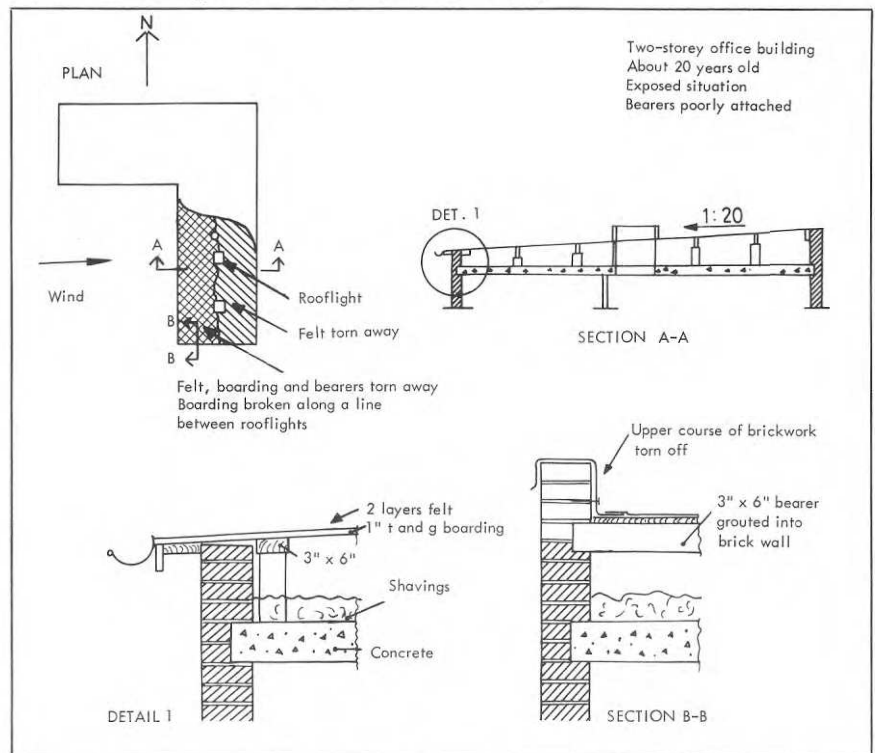


FIG. 3. Example of total roof damage. The only anchorage seems to have been the grouting of the bearers in the brick gables. The roof has lifted along one longer side and pulled away the top course of bricks at the gable. At the middle of the roof were a few rooflights and ventilation shafts to which certain of the bearers were attached. The boarding has therefore broken at some point between the rooflights. On the lee side of the rooflights, only the felt and small areas of boarding were torn away.

Rapport R44:1970

STORMSKADOR I STOCKHOLMSOMRÅDET

STORM DAMAGE IN THE STOCKHOLM AREA

av Hans Falk, Bo-Göran Hellers, Jonas Holmgren
& Torsten Höglund

Rapport R44:1970 har bekostats med medel från Statens råd för byggnadsforskning (anslagnummer P5). Författare är civ.ing. Hans Falk, Institutionen för byggnadsstatik, KTH, tekn.lic. Bo-Göran Hellers, Statens institut för byggnadsforskning, civ.ing. Jonas Holmgren, Institutionen för Byggnadsstatik, KTH och tekn.lic. Torsten Höglund, Institutionen för Byggnadsstatik, KTH. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Rotobeckman, Stockholm 1970, 10 8544 0

INNEHÅLL

FÖRORD

1	STORMEN DEN 1.11.1969	7
2	SKADEINVENTERING	13
2.1	Förberedelsearbeten	13
2.2	Inventeringens omfattning	13
2.3	Teknologernas rapporter	13
2.4	Skadornas fördelning över det undersökta området	14
2.5	Fördelning på skadetyper	14
3	TAKSKADOR	19
3.1	Allmänt	19
3.2	Skadade hela takkonstruktioner	19
3.3	Slätplåt	19
3.4	Korrugerade asbestcementskivor	21
3.5	Tegeltak	22
3.6	Skador av nedfallande träd	22
4	MURVERKSSKADOR	42
4.1	Allmänt	42
4.2	Belastningar	42
4.3	Putsskador	43
4.4	Skador på skalmurar av tegel	44
4.5	Skador på skalmurar av lättbetong	46
4.6	Skada på gavelspetsar av lättbetong	48
4.7	Allmänna slutsatser av murverksskadeinventeringen	48
4.8	Förankring av skalmurar i tegel	48
4.8.1	Kvalitetskravet för kramlorna	49
4.8.2	Kramlornas utformning och förankring	49
4.8.3	Kramlornas placering	50
4.8.4	Belastningar	50
4.9	Förankring av skalmurar i lättbetong	51
4.9.1	Kvalitetskravet för kramlorna	51
4.9.2	Utformning och förankring	51
4.9.3	Placering av kramlorna	52
4.10	"Fristående" murverkskonstruktioner	52
5	ÖVRIGA SKADOR	75
5.1	Allmänt	75
5.2	Ställningsras	75
5.3	Trafikskyltar m.m.	75
5.4	Fönster	75
5.5	Korrugerad plast	76
5.6	Cisterner	76
6	SLUTORD	82

FÖRORD

Stockholmsområdet passerades under 1-3 november 1969 av en serie oväder, som orsakade avsevärda stormskador på byggnader. I Sverige hade samma höst omfattande stormskador uppstått vid två tidigare tillfällen.

På uppdrag av Statens råd för byggnadsforskning utförde Institutionen för Byggnadsstatik, KTH, under ledning av Prof. Henrik Nylander, en inventering av byggnadsskadorna. Kartläggningen organiserades med målsättningen att ge en översiktlig uppskattning av skadornas antal och art samt ge en närmare beskrivning av utvalda, typiska skadefall. För inventeringen indelades området i ett antal zoner. Teknologgrupper, en för varje zon, värvades för genomsökning av området. I uppgiften ingick också att beskriva och försöka ge förklaring till uppkomna skador. Några speciellt intressanta skadeobjekt undersöktes av assistenter från institutionen. Då den disponibla tiden var knapp har det stora området inte kunnat täckas helt. Bl.a. har vissa delar av innerstaden inte undersökts.

Civ.ing. Jonas Holmgren, KTH, har skött kontakten med teknologgrupperna och utfört en första sortering och redigering av det omfattande primärmaterialet. Han ansvarar dessutom för rapportens avsnitt om skadeinventeringen. Tekn.lic. Torsten Höglund, KTH, har utrett takskadorna och skrivit avsnittet om dessa. Civ.ing. Hans Falk, KTH, har haft murverksskadorna om hand och har skrivit motsvarande avsnitt. Tekn.lic. Bo-Göran Hellers från Statens institut för byggnadsforskning har kompletterat med ett inledande avsnitt om meteorologi och redigerat föreliggande rapport i samarbete med övriga författare.

Bedömningen av skadorna bygger på rapporterna från undersökningsgrupperna.

Underlaget för denna rapport har redovisats vid en konferens, "Stormskador på byggnader" anordnad av Statens råd för byggnadsforskning och Svensk Byggtjänst den 29 januari i Stockholm.

Rapporten ingår i en serie på tre som behandlar stormskadorna i olika delar av landet. De andra rapporterna är:

Holmberg, Å, Stormskador på byggnader, rapport R29:1970 från Byggeforskningen och

Johansson, G, Stormskador i västra Sverige, rapport R33:1970 från Byggeforskningen.

1 STORMEN DEN 1.11.1969

November månad 1969 fick en dramatisk inledning. Ett intensivt oväder rörde sig under dygnet österut över Svealand. Stormen orsakade omfattande skador på byggnader. Tillfället var det tredje under hösten 1969 då stormskador blev omfattande och föranledde inventering och analyser av skadorna. Stormarna företedde flera likheter. Vid alla tillfällen rörde sig lågtrycken över landet i väst-östlig bana och de maximala vindstyrkorna var ungefär lika stora.

Stormen den 1.11 nådde lokalt orkanstyrka vid ostkusten och Stockholmsområdet blev starkt utsatt. Lågtrycksbanan visas i FIG. 1.1. I Stockholm noterades vid 21-tiden den för staden ovanligt höga medelvindhastigheten (10-minutersmedelvärde) av 21 m/s och i byarna nådde vindhastigheten flera gånger 30-35 m/s.

I FIG. 1.2a och 1.2b visas byvindhastigheten under stormen för två karakteristiska mätstationer, Bromma och Arlanda. Det är att observera att vindmätarna sitter på 10 m höjd. Byvindhastigheten på högre höjd kan ha varit betydligt högre. Å andra sidan är mätarna relativt fritt placerade vid ett flygfält, där vinden inte bromsas upp så mycket av hindrande bebyggelse. Detta ger höga observerade värden.

I låga luftlager karakteriseras vindrörelsen av att den är ryckig, den pulserar. Detta är i synnerhet fallet inne i en bebyggelse där lokala effekter bidrar. Ju större råhet mot underlaget för atmosfären, desto ryckigare kan man räkna med att vinden är i de undre luftlagren.

I FIG. 1.3a och 1.3b visas förhållandena mellan observerad maximal byvind och medelvinden under 10 min. In- te överraskande uppvisar mätstationen vid Bromma större förhållanden mellan byvindhastighet och 10 min.-medelvärde än mätstationen vid Arlanda, tydligen beroende på att omgivningen vid Bromma är råare än vid Arlanda.

Det är troligt att vindlastens pulserande karaktär har betydelse för hållfastheten hos många vindbelastade förband och konstruktioner, som kan brista av utmattning.

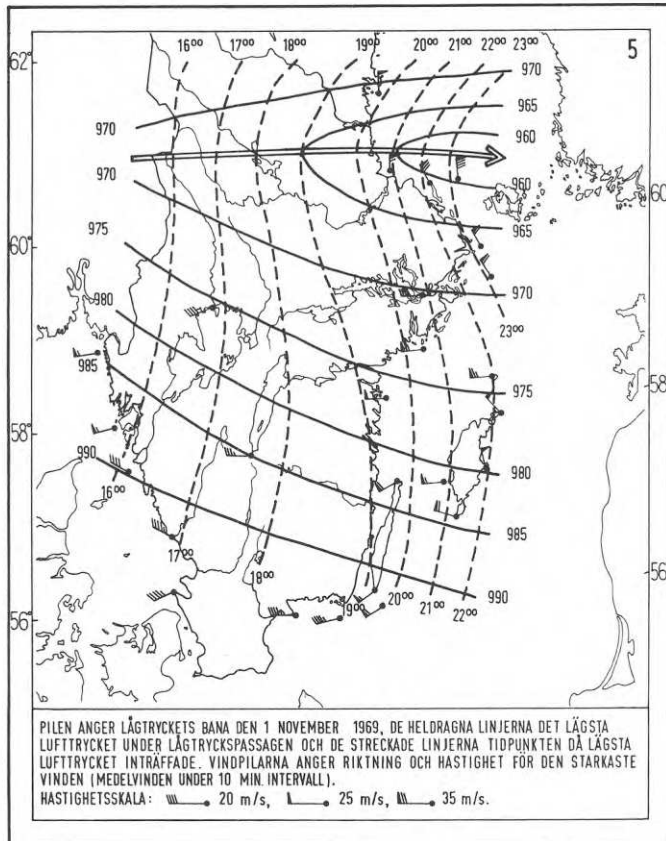


FIG. 1.1 Lågtryckets bana över Sverige den 1 november 1969.

Track of low pressure system over Sweden November 1, 1969.

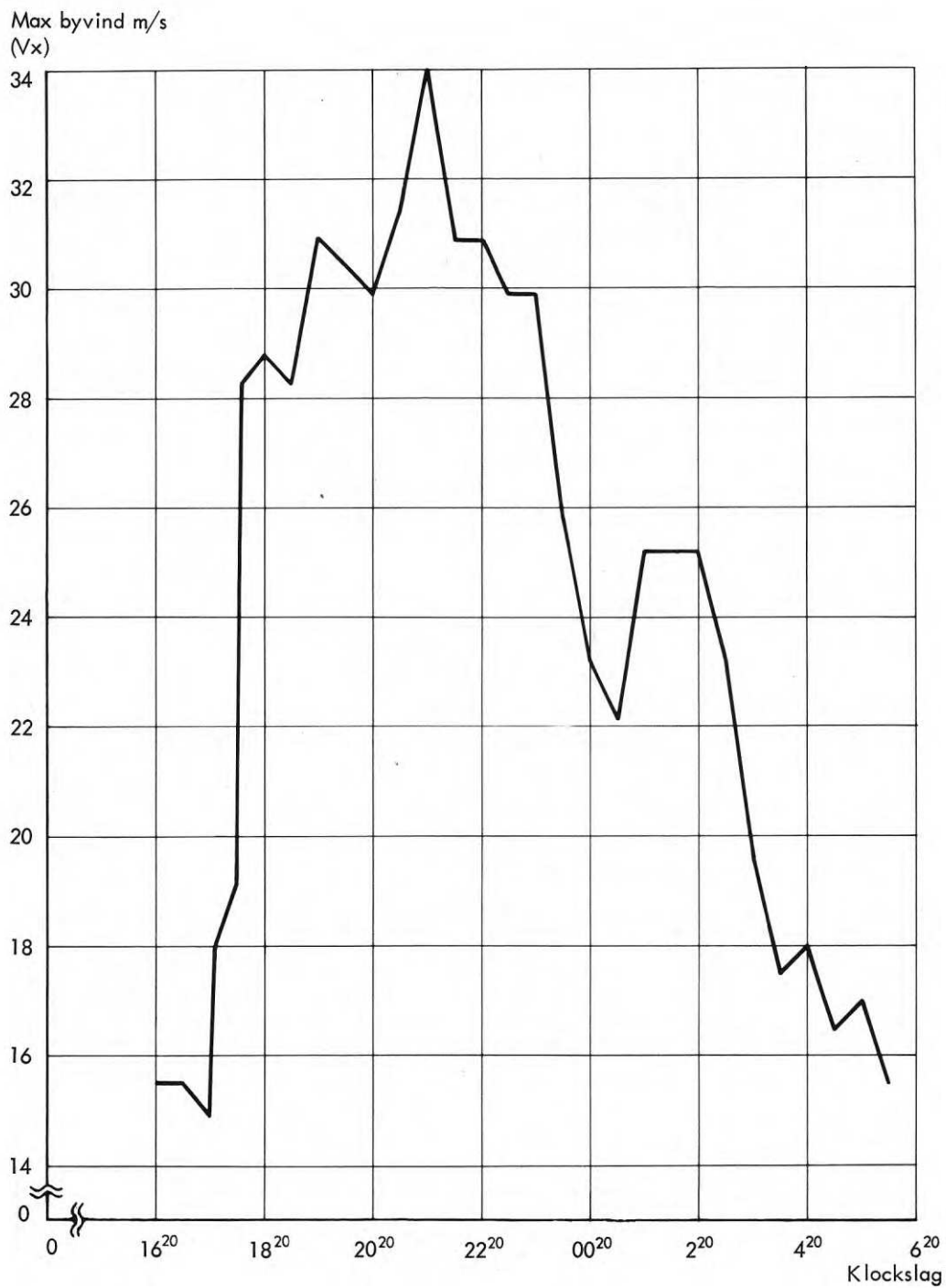


FIG. 1.2 a Max. byvindhastighet, V_x . 1-2 nov. 1969 på Bromma.

Max. velocity of wind in gusts, V_x . Nov. 1-2, 1969, at Bromma.

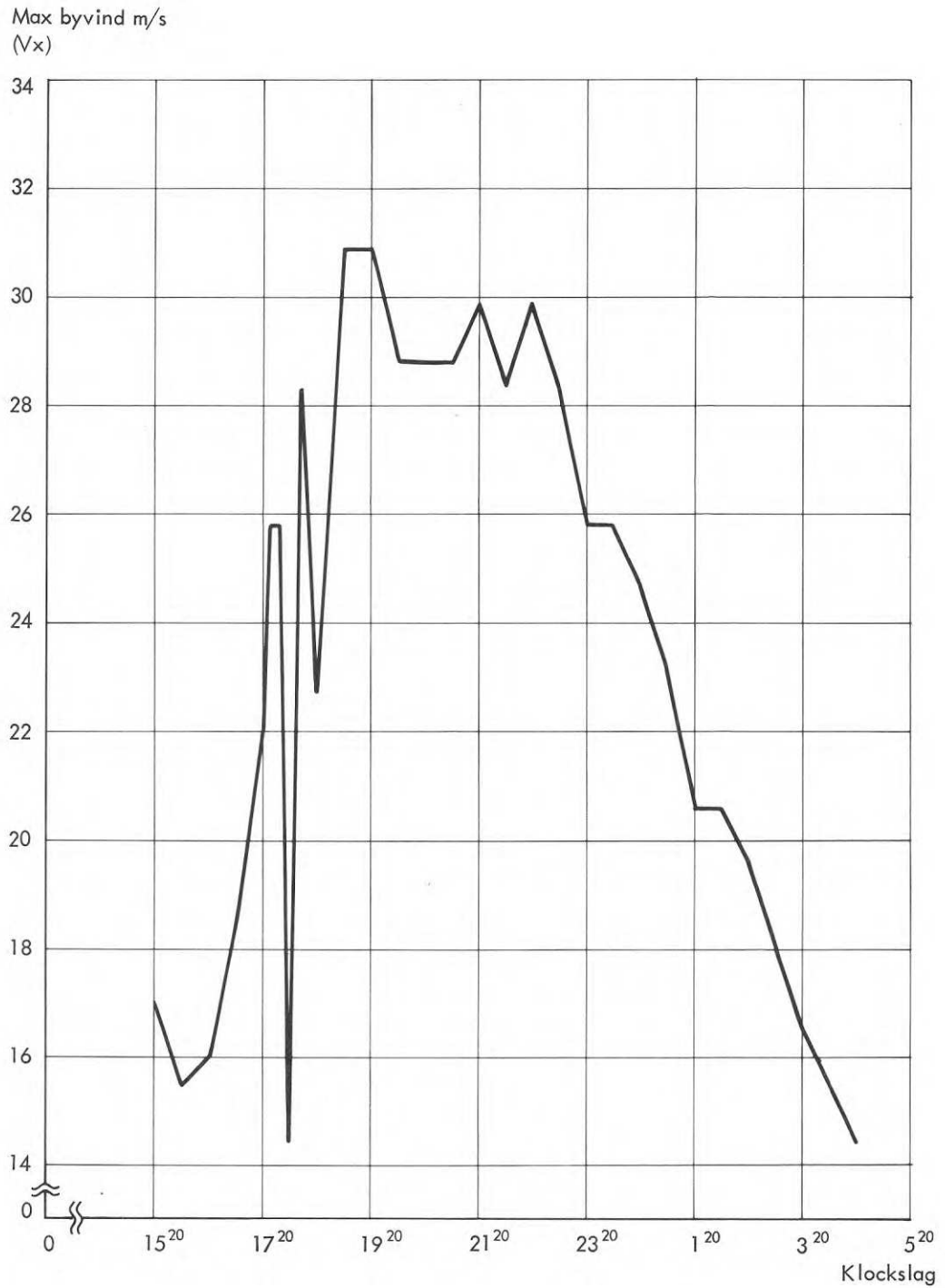


FIG. 1.2 b Max. byvindhastighet, V_x . 1-2 nov. 1969 på Arlanda.

Max. velocity of wind in gusts, V_x . Nov. 1-2, 1969, at Arlanda.

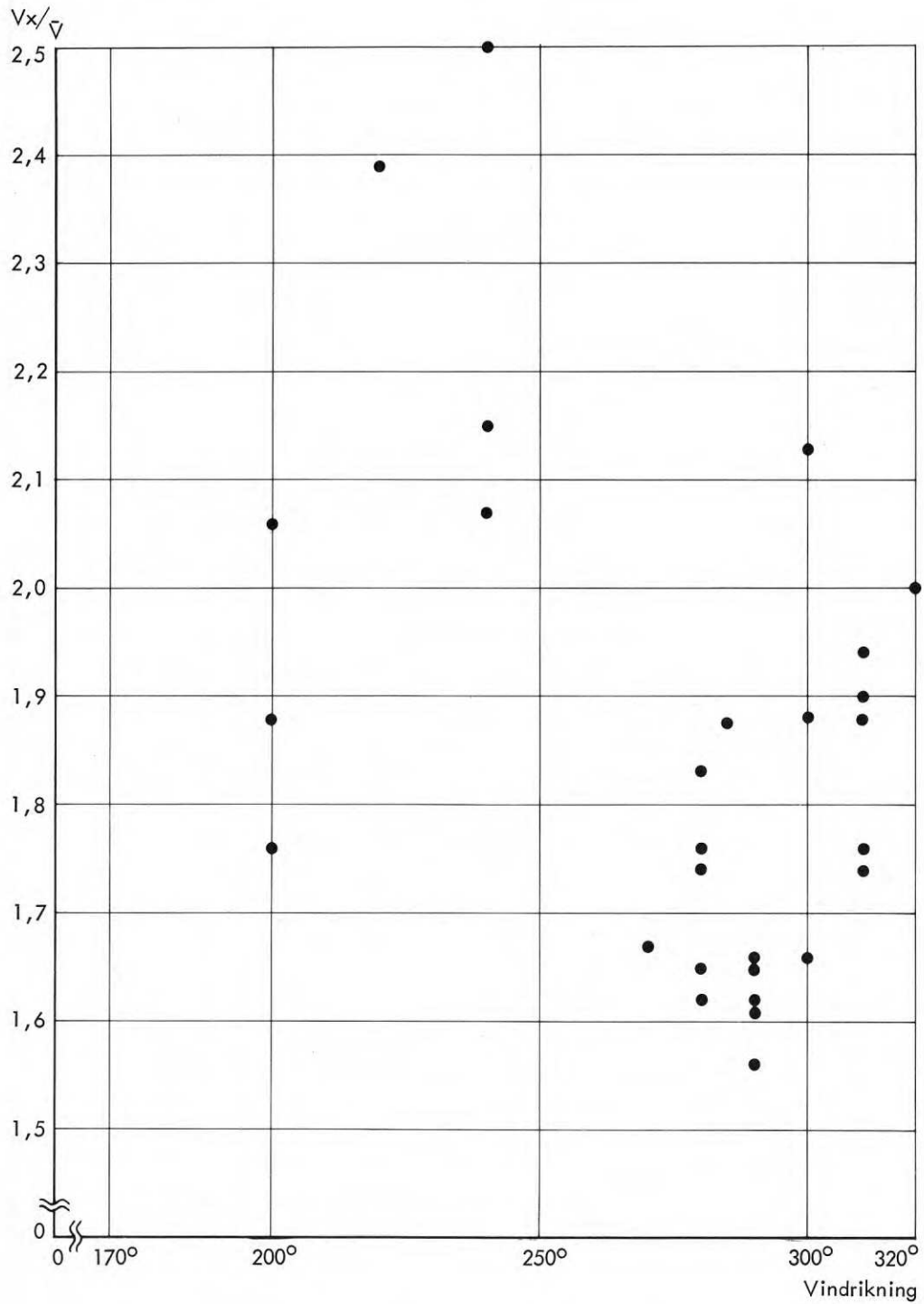


FIG. 1.3 a Förhållandet mellan byvindhastighet, V_x , och medelvindhastigheten under 10 min., \bar{V} , som funktion av vindriktning. Bromma.

Ratio between wind velocity in gusts, V_x , and average wind velocity during 10 min., \bar{V} , as a function of wind direction. Bromma.

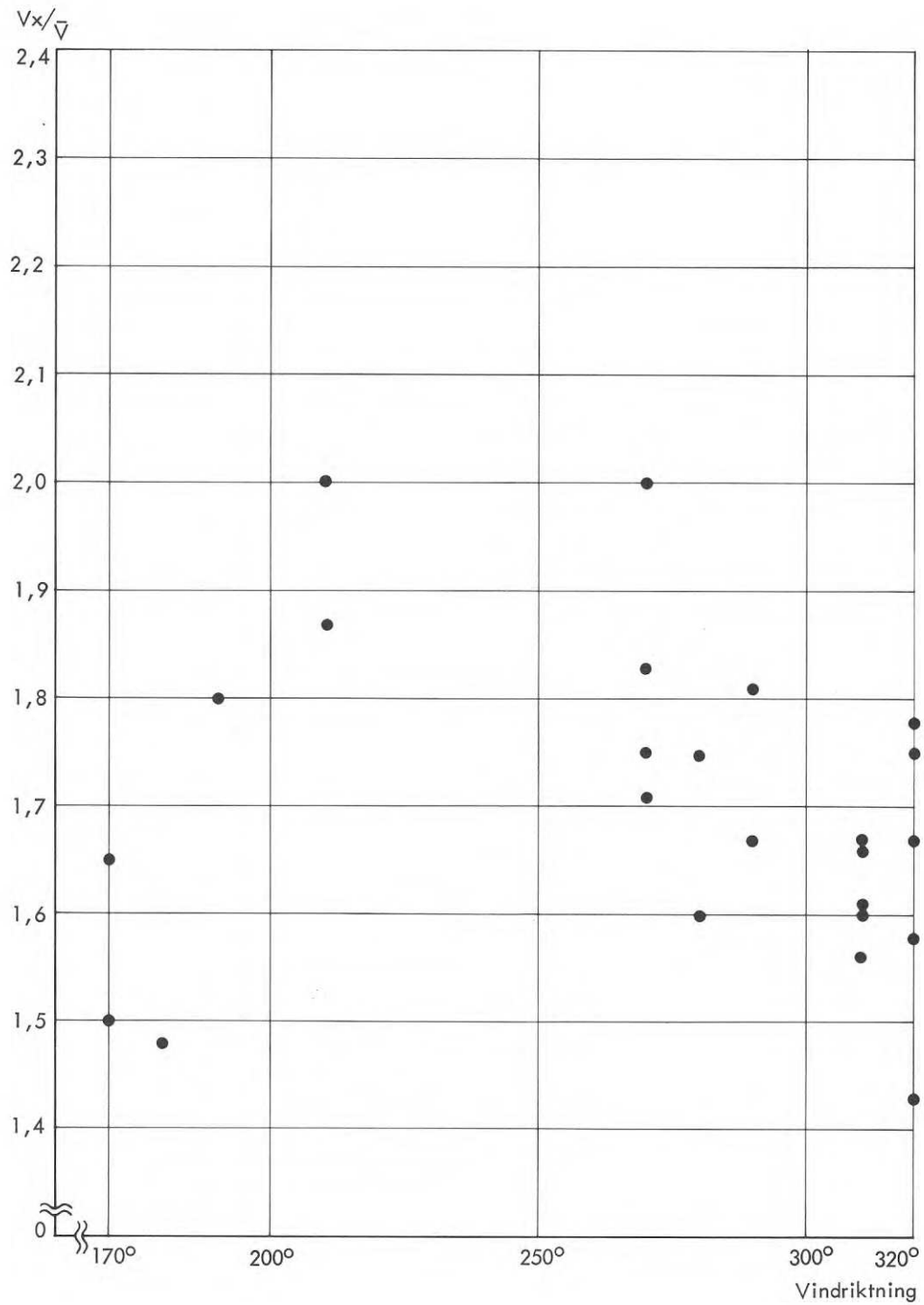


FIG. 1.3 b Förhållandet mellan byvindhastighet, V_x , och medelvindhastigheten under 10 min., \bar{V} , som funktion av vindriktning. Arlanda.

Ratio between wind velocity in gusts, V_x , and average wind velocity during 10 min., \bar{V} , as a function of wind direction. Arlanda.

2 SKADEINVENTERING

2.1 Förberedelsearbeten

Måndagen den 3 november 1969 åtog sig institutionen för Byggnadsstatik, KTH, att med hjälp av teknologer och assistenter inventera skador efter stormen i Stockholmsområdet den 1 och 2 november 1969.

Teknologer och assistenter fick i grupper om två à tre man välja ett område i Storstockholm enligt förteckningen i TAB. 2.1.1. De utrustades med skriftliga instruktioner, inventeringsblanketter och filmrullar. Några grupper gav sig ut redan under tisdagen. Sista dag för inventering var torsdagen den 6 november.

2.2 Inventeringens omfattning

I Stockholms södra förorter var inventeringen mest omfattande. Där har sju grupper arbetat. Innerstaden är dåligt utforskad - två grupper har undersökt Östermalm och Hjorthagen. De västra och nordvästra förorterna har studerats av sex grupper. Norrorterna Täby, Vallentuna och Åkersberga är besökta av en grupp. Material föreligger även från Lidingö och Nacka.

Bland områden som inte undersökts kan nämnas Vasastaden, Kungsholmen, Essingen, Södermalm, Solna, Huddinge och Djursholm.

2.3 Teknologernas rapporter

I de instruktioner som teknologerna fick var tämligen noga fastställt vad som skulle anges för varje objekt. För det mesta har tydligen inte tiden räckt till för utarbetandet av fullständiga rapporter, utan de flesta har varit behäftade med brister i något avseende. Presentationen, både vad gäller text och bilder, har många gånger medfört stora svårigheter för dem som senare bearbetat rapporterna. Enbart arbetet att sortera det inkomna materialet visade sig vara mycket stort.

Det slutliga intrycket av teknologernas arbetsinsats är att den för de flesta inneburit ett intressant avbrott i inomhusstudierna.

2.4 Skadornas fördelning över det undersökta området

Av kartan FIG. 2.4.1 framgår att skadornas spridning är ganska jämn. Inga tydliga stråk kan iakttas. I allmänhet har man tydligen funnit skador där man letat. Vissa partier är hårdare drabbade än andra. Detta beror antagligen mer på att en olämplig byggteknik använts inom en grupp bebyggelse, än att vinden skulle ha varit speciellt stark där. Inga skador ligger närmare kusten än 10 km i Svensk Byggnorms mening. Inom denna kustzon har heller ingen inventering skett.

I TAB. 2.4.1 redovisas skadorna inom de olika zonerna.

2.5 Fördelning på skadetyper

Stormskadorna har indelats i följande skadetyper: takskador, murverksskador, skador på byggnadsställningar, skador på trafikaneläggningar, skador orsakade av nedfallande träd samt fönsterskador, se FIG. 2.5.1.

Med takskador avses sammanfattning av skador på tak-täckning och skador på hela takkonstruktioner. De flesta registrerade skadorna har varit takskador, men även murverksskadorna har varit omfattande.

Vissa typer av skador, såsom skador på ställningar och kanske även krossade fönster har inte kunnat beskrivas närmare, då spåren mycket snabbt undanröjts.

Några omkullblåsta trafikskyltar har registrerats. Nedfallande träd har orsakat skador på lägre byggnader.

TAB. 2.1.1

ZONINDELNING

1. Vårberg, Skärholmen, Sättra, Bredäng, Hägersten, Aspudden, Liljeholmen.
2. Herrängen, Fruängen, Västberga, Midsommarkransen.
3. Hagsättra, Rågsved, Bandhagen, Högdalen, Svedmyra, Johanneshov, Östberga.
4. Farsta, Hökarängen, Gubbängen, Tallkrogen, Hammarbyhöjden.
5. Bagarmossen, Kärrtorp, Björkhagen.
6. Södermalm.
7. Området söder om Odengatan och Valhallavägen.
8. Kungsholmen, Essingeöarna.
9. KTH, Hjorthagen, Värtan.
10. Området Karlberg - Karolinska sjukhuset - Ålkistan - KTH.
11. Huvudsta, Hagalund, Råsunda, Sundbyberg.
12. Området söder om linjen Alvik - Åkeshov - Nockebyhov.
13. Traneberg, Ulvsunda, Ulvsunda industriområde - Mariehäll - Duvbo.
14. Blackeberg, Södra och Norra Ängby, Bromma kyrka, Eneby, Flysta, Sundby, Bromsten.
15. Räcksta, Vällingby, Nälsta, Spånga, Tensta.
16. Hässelby Villastad, Hässelby, Vinsta, Kälvesta.
17. Salem.
18. Täby, Vallentuna, Österåker.
19. Enebyberg (specialobjekt).
20. Fagersjö, Handen, Jordbro.
21. Jakobsberg (specialobjekt).
22. Nacka.

TAB. 2.4.1

Zon		Antal skadefall						Anmärkning
nr		Tak	Ställ- ning	Mur- verk	Träd	Traf- anl.	Övr.	
1	beskr	6	-	1	-	-	-	Fall 1 & 6 även murverksskada
	reg	-	-	-	1	-	-	
2	beskr	1	-	1	-	-	-	
	reg	5	-	3	2	-	3	
3	beskr	10	-	5	-	-	1	
	reg	8	-	1	-	-	-	
4	beskr	1	-	3	-	-	-	Innehåller polis- larmrapport betr murverk se även zon 20
	reg	9	-	-	4	1	2	
5	beskr	8	-	1	2	-	1	
	reg	-	-	-	-	-	-	
6	ej inventerad							
7	beskr	2	2	1	-	-	2	
	reg	8	-	-	2	-	1	
8	ej inventerad							
9	beskr	3	-	-	-	-	1	
	reg	-	-	-	-	-	-	
10	ej inventerad							
11	ej inventerad							
12	beskr	-	-	-	-	-	-	
	reg	1	-	-	3	1	3	
13	beskr	3	-	-	-	-	-	
	reg	11	-	-	1	1	1	
14	beskr	1	-	1	1	1	-	
	reg	-	-	-	-	-	-	
15	beskr	7	-	-	-	-	-	Innehåller po- lislarmrapport samt Sv Bostä- ders skadelista
	reg	1	-	-	2	-	-	
16	beskr	5	-	-	-	-	1	
	reg	6	-	3	-	-	-	
17	beskr	4	-	2	1	-	-	
	reg	5	-	1	6	-	4	
18	beskr	3	-	1	1	-	-	
	reg	-	-	-	3	-	-	
19	beskr	-	-	1	-	-	-	
	reg	-	-	-	-	-	-	
20	beskr	1	-	2	-	-	1	
	reg	-	-	-	-	-	-	
21	beskr	-	-	1	-	-	-	Specialstudie
	reg	-	-	-	-	-	-	
22	beskr	4	-	1	-	-	-	
	reg	-	-	-	-	-	-	

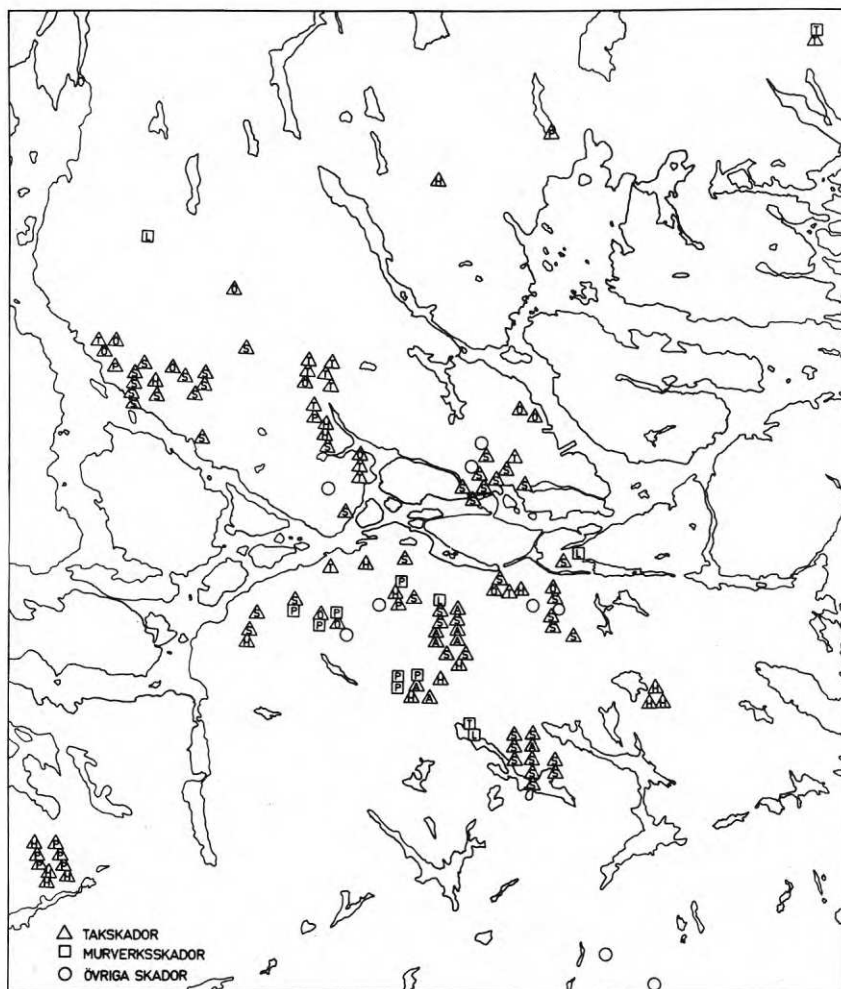


FIG. 2.4.1 Karta över stockholmstrakten utvisande undersökta byggnadsskador, som uppkommit under novemberstormen 1969.

Beteckningar:

Tak: H= hela takkonstruktioner, S= slåtplåt, T= tegel,
P= papp, A= korrugerad asbestcement Ö= övriga takskador
Murverk: P= puts, L= lättbetongmurverk, T= tegelmurverk.

Map of Stockholm region showing cases of damage to buildings during storm in November 1969, which were investigated in the present study.

Legend:

Roof: H= whole roof structure S= sheet metal T= tile
P= felt A= corr. asbestocement Ö= other roof damage
Walls: P= rendering L= lt.wt. concrete blocks T= brick.

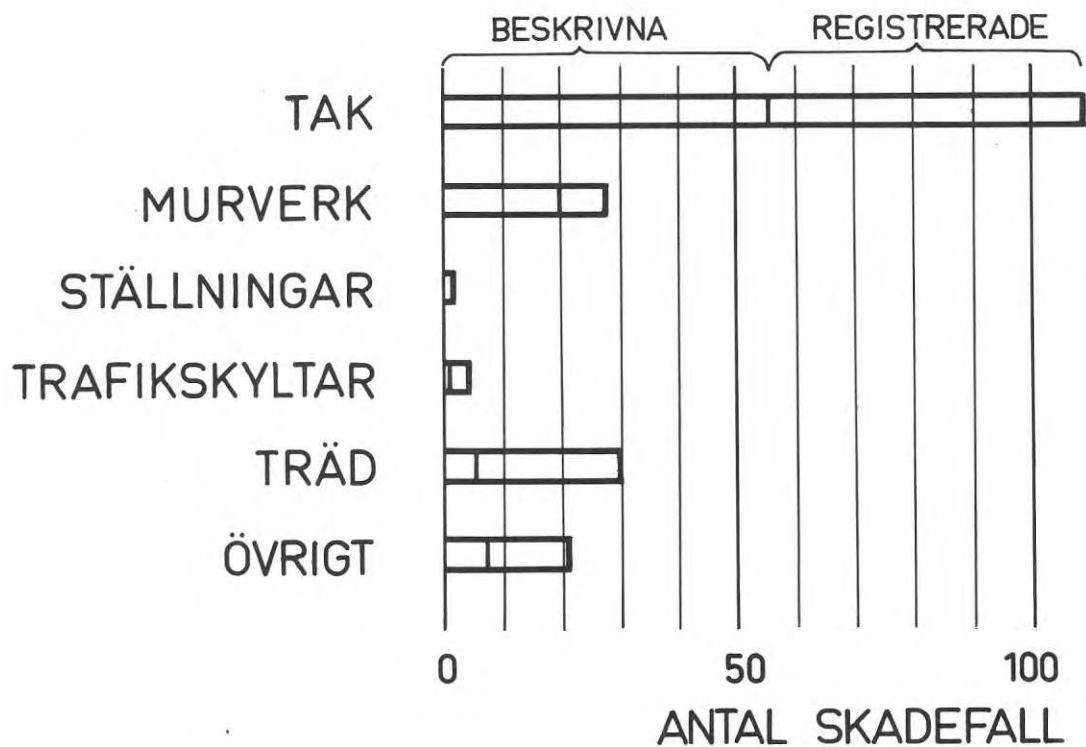


FIG. 2.5.1 Skadefallens fördelning på olika typer. "Tak" innefattar både takskador och skador på hela takkonstruktioner.

Breakdown of damage according to nature. "Roof" comprises both damage to coverings and damage to whole roof.

3 TAKSKADOR

3.1 Allmänt

Ett hundratal takskador har rapporterats. Av dessa utgör skador på slätplåt ungefär halva antalet, se FIG. 3.1.1. Ungefär 15 takskador består i att hela takkonstruktionen har lyfts bort av vinden. Något färre är antalet skador bestående i att takbeläggningen papp, tegel eller asbestcementplattor helt eller delvis blåst bort. Samtliga registrerade takskador är med angivande av byggnadstyp, byggnadshöjd och ungefärlig ålder angivna i TAB. 3.1.1-6.

3.2 Skadade hela takkonstruktioner

Av takskadorna består åtskilliga i att hela takkonstruktionen har lyfts bort av vinden. Registrerade skadade hela takkonstruktioner är sammanställda i TAB. 3.1.1 med angivande av vissa data för byggnaderna samt sannolik brottorsak.

I FIG. 3.2.1-6 redovisas några exempel på skadade takkonstruktioner. I anslutning till varje figur ges kommentarer till det visade skadefallet.

3.3 Slätplåt

De flesta bortblåsta slätplåtar har täckt byggnader av ungefär 10 års ålder. Några byggnader är mindre än 3 år, några är äldre än 30 år.

Registrerade skadade slätplåtstak är sammanställda i TAB. 3.1.2.

Antalet våningar på de skadade husen har varit från 2 till 11 och några enstaka ännu högre byggnader. Av diagrammet i FIG. 3.3.1 kan man dra den inte oväntade slutsatsen att risken för att slätplåt skall blåsa bort vid envåningsbyggnader är mycket liten. Att höga hus är mera utsatta än låga framgår däremot inte lika klart.

Plåtskadorna gäller falsad slätplåt som på vanligt sätt fästs med plåtklammer invikta i falsarna. Då taklutningen i allmänhet varit mindre än 1:4 har dubbel-falsning använts, se FIG. 3.3.2. Avståndet mellan klammerna har varit ungefär 60 cm vinkelrätt mot taklutningen. I lutningsriktningen har avståndet mellan klammerna varierat mellan 60 och 100 cm. Klammerna har placerats tätare vid takets kanter.

Klammerna har spikats fast i träpanelen med en spik. Vanlig räfflad trådspik 50 eller 75 mm lång men även 30 mm rund pappspik har använts. I samtliga fall har slätplåten lossnat genom att spikarna dragits ur panelen, se FIG. 3.3.3.

I två fall har kopparplåt blåst av.

Vindlasten på tak är starkt beroende av vindriktningen, se FIG. 3.3.4. När vinden blåser snett mot en byggnad, FIG. 3.3.4a, uppstår virvelbildningar längs takets kanter. De sugkrafter, som då uppkommer, koncentreras till begränsade områden nära hörnet. Maximala intensiteten kan uppgå till värden som motsvarar formfaktorer $c = -5$ eller mera beroende på taklutning och vindriktning.

När vinden blåser vinkelrätt mot en långsida eller gavel, FIG. 3.3.4b fås jämnare tryckfördelning över taket. Formfaktorerna blir ungefär $-1,0$ i framkanten med avtagande värde mot läsidan av byggnaden.

I Svensk Byggnorm 67 (SBN 67) har man försökt sammanställa den ogynnsammaste inverkan som vinden har på varje taktyp, FIG. 3.3.4c.

De stora sugkrafter som uppkommer i närheten av hörnen river upp plåten längs kanterna, varefter vinden kan gripa tag i den uppbrutna plåten och rulla upp resten. Ett takfönster, en ventilationstrumma, ett veck i taket eller något annat hinder har ibland förhindrat fortsatt upprullning av plåten, FIG. 3.3.5. Oftast har plåten blåst av taket i form av stora sammanhängande delar.

I ett fall har ett ögonvittne uppgivit att plåten har lyft på mittdelen av taket som en stor bubbla. Bubblan har andats i takt med vindbyarna. I det aktuella fallet blåste plåten aldrig bort. Liknande fenomen har iakttagits vid bortblåst takpapp. Att plåten först släppt på mitten kan bero på att vinden blåst vinkelrätt mot en långsida och att vindriktningen inte varierat så mycket. Plåten har varit ordentligt förankrad längs kanterna.

Hur stor belastningen på en klammerspik blir vid vindsug på slätplåt beror i hög grad på vilket undertryck som utbildas under plåten när plåten lyfter. Om panelen under plåten är otät på grund av kvisthål och sprickor eller om panelen är ospontad kan vid vindsug med lång varaktighet (stationär vindlast) luft tränga genom panelens otätheter. Undertrycket mellan plåt och panel blir mycket litet. Om utrymmet under panelen är luftat kan till och med övertryck utbildas under plåten. Vid vindstötter med kort varaktighet utbildas sannolikt undertryck mellan plåt och panel även om panelen är något otät eftersom luften inte hinner tränga in i utrymmet mellan plåt och panel tillräckligt snabbt.

Om det i SBN 67 angivna dimensionerande hastighetsstrycket uppfattas som statisk last och det antas att varken övertryck eller undertryck utbildas mellan plåt och panel kan belastningen på en klammerspik bestämmas. Om vindhastigheten antas vara 28 m/sek, vilket ger hastighetstrycket 50 kp/cm² och klammerna i enlighet med anvisningar i ByggAMA 1965 placeras med 60 cm avstånd i båda riktningarna blir kraften i en klammerspik

$$P = 18 \text{ kp vid } c = -1,0$$

$$P = 32 \text{ kp vid } c = -1,8$$

$$P = 65 \text{ kp vid } c = -3,6$$

I SBN 67 finns angivna tillåtna laster på spik vid axiell dragning dels vid spikning i virke med i stort sett konstant fuktkvot dels i virke som kan väntas torka efter spikningen. Undersökningar utförda vid Institutionen för Byggnadsstatik, KTH, har visat att utdragshållfastheten hos spikar minskar kraftigt om virket utsätts för omväxlande nedfuktning och uttorkning. Träpanelen under den täta slätplåten kan mycket väl bli utsatt för denna omilda behandling genom kondensbildning och uttorkning.

Tillåten axiell last vid dragning vid virke som kan tänkas torka efter spikningen är för en spik med tvärsnittet 3,1 mm och förankringslängden 25 mm vid exceptionellt lastfall

$$P_{\text{till}} = 11,6 \text{ kp för räfflad trådspik}$$

$$P_{\text{till}} = 14 \text{ kp för skruvspik}$$

$$P_{\text{till}} = 19,4 \text{ kp för kamspik.}$$

Anvisningarna i ByggAMA om maximiavstånd mellan klammer utan precisering av vad som menas med klammerspik tycks vara helt otillräckliga. En beräkning enligt SBN 67 under här angivna förutsättningar visar att endast kamspik kan komma ifråga vid 60 cm avstånd mellan klammerna inom takets mittpartier. Runt takets kanter krävs kraftigare förankring vilket vid takfoten kan åstadkommas med fotrännor vid gavlarna av hängskivor.

3.4 Korrugerade asbestcementskivor

I anslutning till FIG. 3.4.1-2 ges kommentarer till ett skadefall med korrugerade asbestcementskivor.

3.5 Tegeltak

FIG. 3.5.1 visar ett stormskadat tegeltak.

3.6 Skador av nedfallande träd

FIG. 3.6.1 visar ett fall där takpanel och takstol skadats av nedfallande träd.

TAB. 3.1.1 Skadade hela takkonstruktioner

Zon	Obj nr	Byggnads typ	Ant vån	Ungef ålder	Taktyp, sannolik brottorsak
1	1	Lamellhus	7	3	Uppstolpat högben. Få och dåligt spända förankringsjärn.
	6	Smalhus	3	30	Uppstolpade regler. Förankring enbart i tegelvägg.
2	13	Industri	8m	10	Träåsar på betongbalkar. Spikar för förankring av åsarna avskjuvade.
3	9	Lamellhus	3-4	13	Uppstolpat högben. Dåligt spända förankringsjärn.
	11	Garage			Uppstolpat högben. Förankring av typ spik i lättbetong.
	13	Idrottshall	2-3	7	Reglar på tegelväggar. Inga förankringar har rapporterats hittade.
13	6	Kontorshus	2	20-30	Reglar på lättbetongplank. Reglarna förankrade med klen spik.
	7	Kontorshus	3	25	Reglar på betong. Sannolikt inga förankringar.
16	9	Punkthus	10	10	Mindre del av träpanelen har rivits bort av reglarna.
17	1	Villa	1	1	Elementhus. Takstolsförankringar av bandstål möjligen bortglömda.
	8	Villa	1	1	Se ovan.
	16	Radhus	1	under	Elementhus av trä. Takstolsförankring av bandstål har varit otillräcklig vid under byggnads-skedet öppen byggnad.
	17	Radhus	1	byggn	
18	C1	Garage	2	20	Uppstolpade regler. Förankring enbart i tegelvägg.
22	1-4	Lamellhus	9	1	Uppstolpade regler. Ingen förankring vid takfot.
	5	Smalhus	3	30	Trätakstol. Förankring i tegelvägg otillräcklig.

Σ16

Zon nr och objekt nr enligt teknolograpporterna.

TAB. 3.1.2 Skadade slätplåttak

Zon	Obj nr	Byggnads typ	Ant vån	Ungef ålder	Anm
1	2	Skola	2	3	
	3	Lamellhus	3		
	5	Lamellhus	3-4		3" trådspik
	7	Lamellhus	3-4		
2	9	Kontorshus	5		
3	3	Punktthus	8	10	Kopparplåt
	12	Punktthus	11	12	
	14	Punktthus	9	20	
	15	Punktthus	9	10	Kopparplåt
	21	Punktthus	11	12	
	22	Lamellhus	4	1	
4	2	Punktthus	10	10	3/4" ospontad panel
	3	Punktthus	10	10	3/4" ospontad panel
	4	Lamellhus	3	10	
	5	Punktthus	10	10	3/4" ospontad panel
	6	Punktthus	10	10	3/4" ospontad panel
	7	Punktthus	10	10	3/4" ospontad panel
	8	Punktthus	10	10	
	11	Punktthus	10	6	
12	Punktthus	10	10		
5	1	Punktthus	13	17	2 1/2" trådspik
	2	Hall		10	
	7	Kontorshus	3		Kantlister bortslitna
	10	Punktthus	10	12	Lättbetong runt taket
7	2	Kontorshus	4	30	
	5	Höghus	20	5	
	6	Bostadshus	5	35	
	9	Kontorshus			
	13			45	
	15	Bostadshus	5		
16	Bostadshus	5			
12	5	Lamellhus	3		
13	21	Kontorshus	3	15-20	Träplugg i lättbetong
14	4	Bostadshus	10		
15	1	Kontorshus	2	10	2 1/2" trådspik
	2		3-4		2 1/2" trådspik
	3	Punktthus	10	10	2 1/2" trådspik
	4	Lamellhus	3	10	1 1/2" pappspik
	5	Punktthus	8	10	
	7	Punktthus	6		
	16	8	Lamellhus	8	10
10	Lamellhus	9	11		
11	Punktthus	7	15		
12	Punktthus	10	10		
13	Punktthus	10	10		

Σ 45

TAB. 3.1.3 Skadade papptak

Zon	Obj nr	Hustyp	Ant vån	Ungef ålder	Anm
2	8	Industribygg	3	30	
13	8	Hangar		20	
16	7	Villa	1		Under byggnad
17	2	Villa	2		
	3	Villa	2		
	4	Villa	2		
	9	Villa	2		
	10	Villa	2		
18	C2	Transfor stn		2	Även plåtdetaljer
Σ 9					

TAB. 3.1.4 Skadade tegeltak

Zon	Obj nr	Hustyp	Ant vån	Ungef ålder	Anm
7	17	Bostadshus	4-5	30-40	Stor skada
13	1	Bostadshus	3	30	
	5	Bostadshus	3	30	Nocktegel
	13	Villa	2	30-40	
	14	Villa	2	30-40	
	15	Villa	2	30-40	
	16	Villa	2	30-40	
	17	Villa	2	30-40	
	22	Bostadshus	3	20-30	Nocktegel
16	3	Villa	2		
18	A3	Villa	2	2-3	
Σ 11					

TAB. 3.1.5 Skadade korrugerade asbestcementtak

Zon	Obj nr	Hustyp	Ant vån	Ungef ålder	Anm
3	4	Lamellhus	4	10	
	5	Lamellhus	4	10	
	6	Låg byggnad	1	11	
	16	Lamellhus	4	10	
	17	Lamellhus	4	10	
	18	Lamellhus	4	10	
	19		1	10	
4	9	Barack	1		
Σ 8					

TAB. 3.1.6 Övriga takskador

Zon	Obj nr	Byggnads typ	Ant vån	Ungef ålder	Anm
2	2	Bostadshus	3	20	Plåt över balkong
2	6	Bostadshus	3	20	Nockplåtar
3	1	Lamellhus	4	23	Nockplåtar
5	8	Bostadshus	3		Plåt på vindskiva
9	1	Bostadshus	4		Gavelplåtar
	2	Bostadshus	4		Gavelplåtar
13	2	Bostadshus	3	30	Vindskiva
	11	Villa	2	50	Skyddsplåt
15	6	Transformator	2	2	Kantlist
16	1	Industri	2	5	Plåtkant + trälist
	4	Villa	2		Träd på tak
	5	Villa	2		Träd på tak
Σ 12					

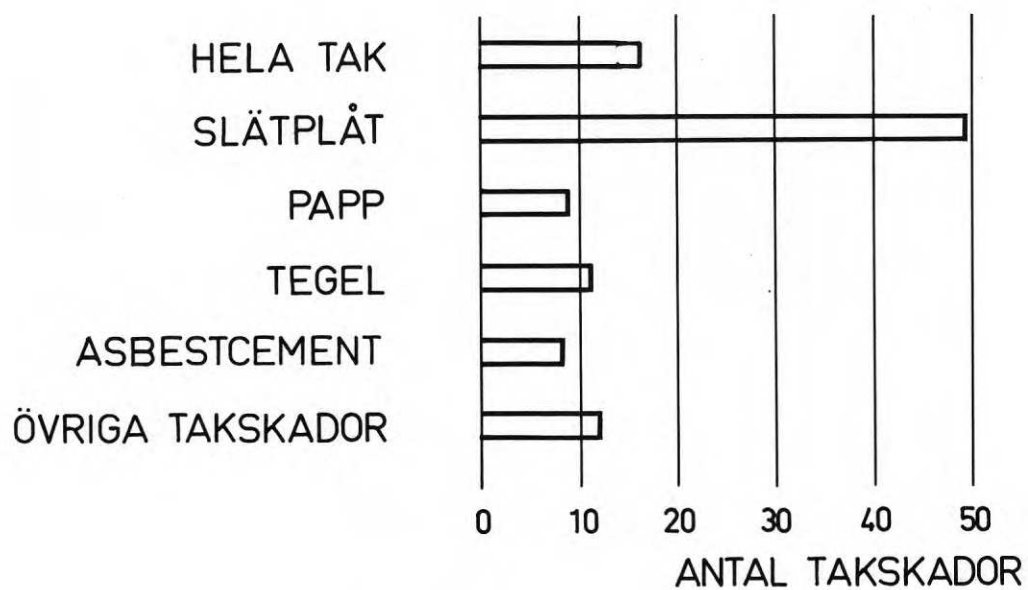


FIG. 3.1.1 Takskadornas fördelning på hela tak och efter olika taktäckningsmaterial.

Breakdown of roof damage according to whole roof or part, and type of roof covering.

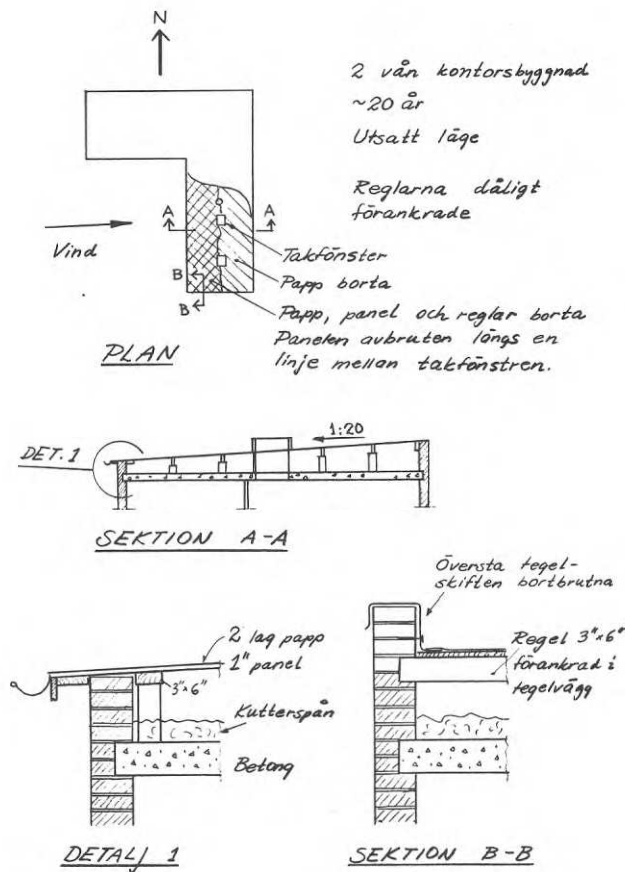
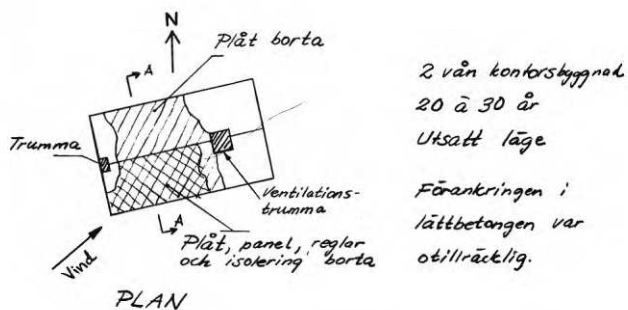
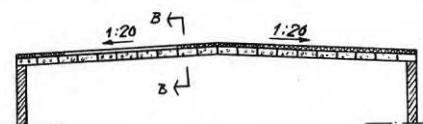


FIG. 3.2.1 Exempel där hel takkonstruktion skadats. Förankringen tycks endast ha bestått i att takreglarna murats in i tegelgaveln. Taket har lyft på långsidan och brutit bort översta tegelskiften på gaveln. Mitt på taket finns några takfönster och ventilationstrummor i vilka några av reglarna varit förankrade. Panelen har därför brutits av någonstans emellan takfönstren. Endast takpappen och mindre delar av panelen har rivits bort på läsidan av takfönstren.

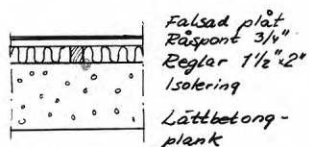
Example of total roof damage. The only anchorage seems to have been the grouting of the bearers in the brick gables. The roof has lifted along one longer side and pulled away the top course of bricks at the gable. At the middle of the roof were a few rooflights and ventilation shafts to which certain of the bearers were attached. The boarding has therefore broken at some point between the rooflights. On the lee side of the rooflights, only the felt and small areas of boarding were torn away.



PLAN



SEKTION A-A



SEKTION B-B

Reglarna var
hät och där
förankrade i
lätbetongen
med liten spik

FIG. 3.2.2 Plåt, panel regler och isolering har lyfts bort på ena takhalvan. Reglarna har varit förankrade i underliggande lättbetongplank med spik.

Sheet metal covering, boarding, bearers and insulation were lifted off from one half of the roof. The bearers were secured by nails to the underlying light-weight concrete slabs.

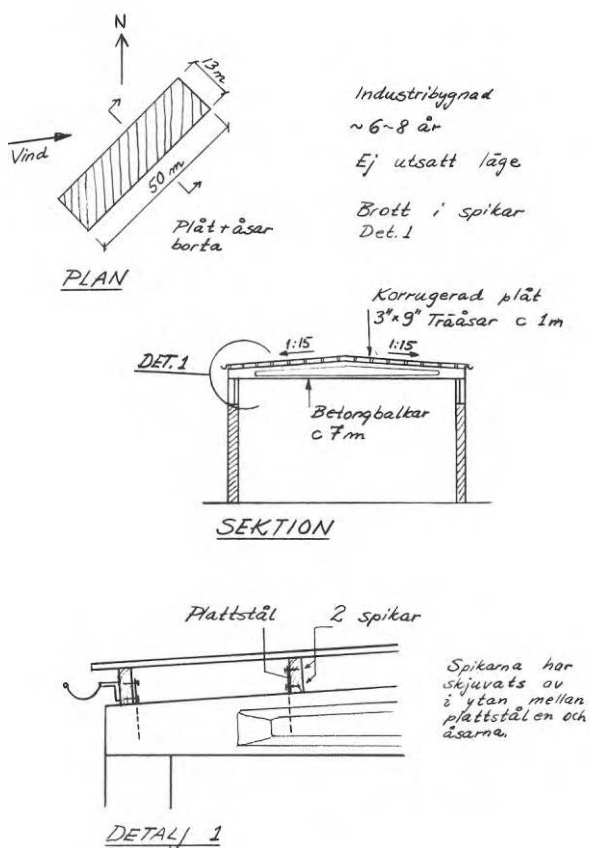


FIG. 3.2.3 Träåsarna som bär den korrugerade takplåten har varit förankrade i betongbalkarna med plattstänger ingjutna i betongbalkarna och fastspikade i träåsarna. En i stort sett sammanhängande del av plåt och åsar har blåst av och hamnat utanför huset. Spikarna har skjivats av i ytan mellan plattstålen och åsarna. Beräknad skjuvspänning i spikarna vid vindhastigheten 28 m/sek, formfaktorn 1,8 och 75 mm spik är ca 3300 kp/cm².

The purlins carrying the corrugated steel roof were fixed to the concrete beams by flat-iron brackets which were grouted into the beams and nailed to the purlins. A more or less continuous area of corrugated sheet and purlins has been blown away and landed clear of the building. The nails were sheared at the matching face between the brackets and the purlins. The calculated shear stress in the nails (wind velocity 28 m/s, pressure coefficient 1,8, nail dim. 75 mm) is approx. 3300 kgf/cm².

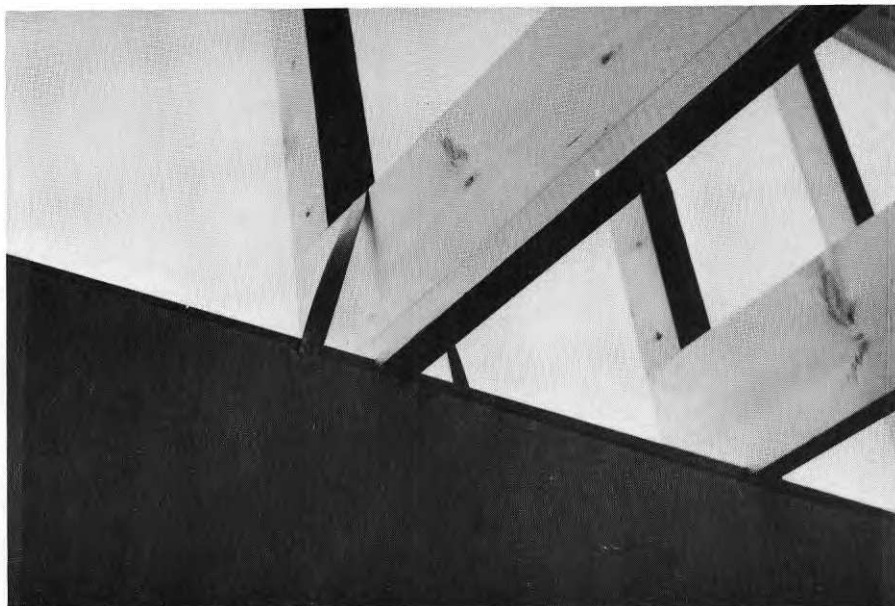


FIG. 3.2.4 Denna typ av takstolsförankring av bandstål har inte varit tillräcklig under byggnadsskedet då vindtryck uppstått inuti den delvis öppna byggnaden

This type of strip-steel anchorage for the trusses proved inadequate during the construction stage, when wind pressure arose in the partly unenclosed building.

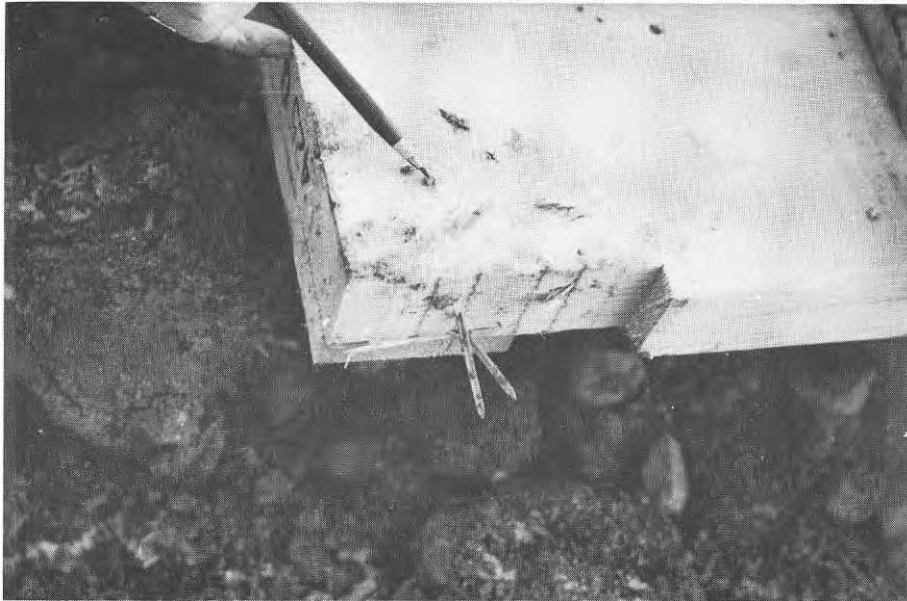
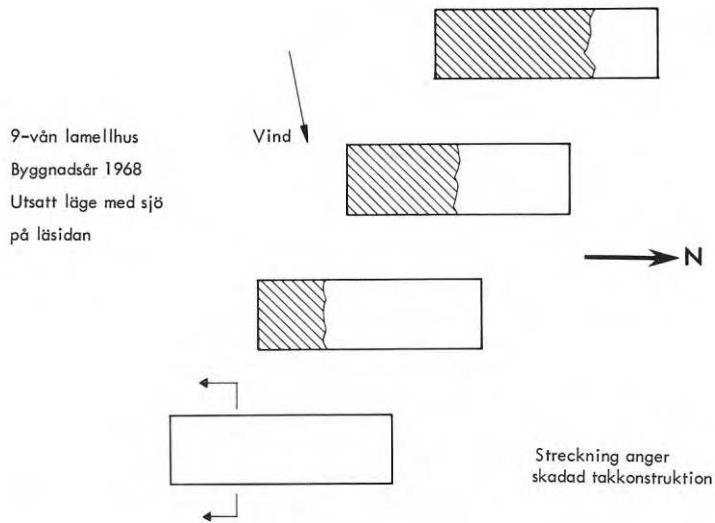


FIG. 3.2.5 Skråspikning ger sällan tillräcklig förankring.
Inclined nailing seldom provides sufficient anchorage.



Motfallstak

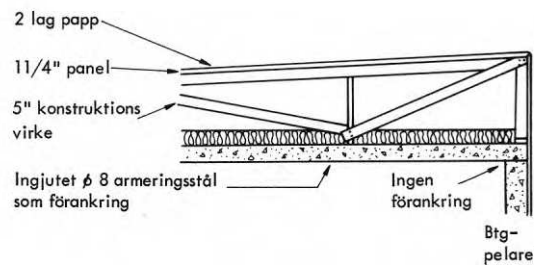
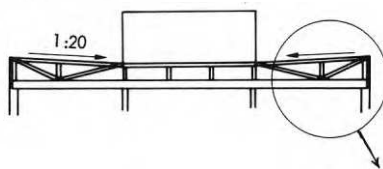


FIG. 3.2.6 Motfallstaket ej förankrat längs ränderna. De stora uppkommande sugkräfterna av vind bryter upp taket med rotation omkring infästningspunkten ~ 2 m in på bjälklaget.

The reverse-pitch roof was not anchored in the regions near the edges. The large suction forces caused by wind have torn up the roof, with a centre of rotation located close to the fixing point, approx. 2 m inside the edge of the structural slab.

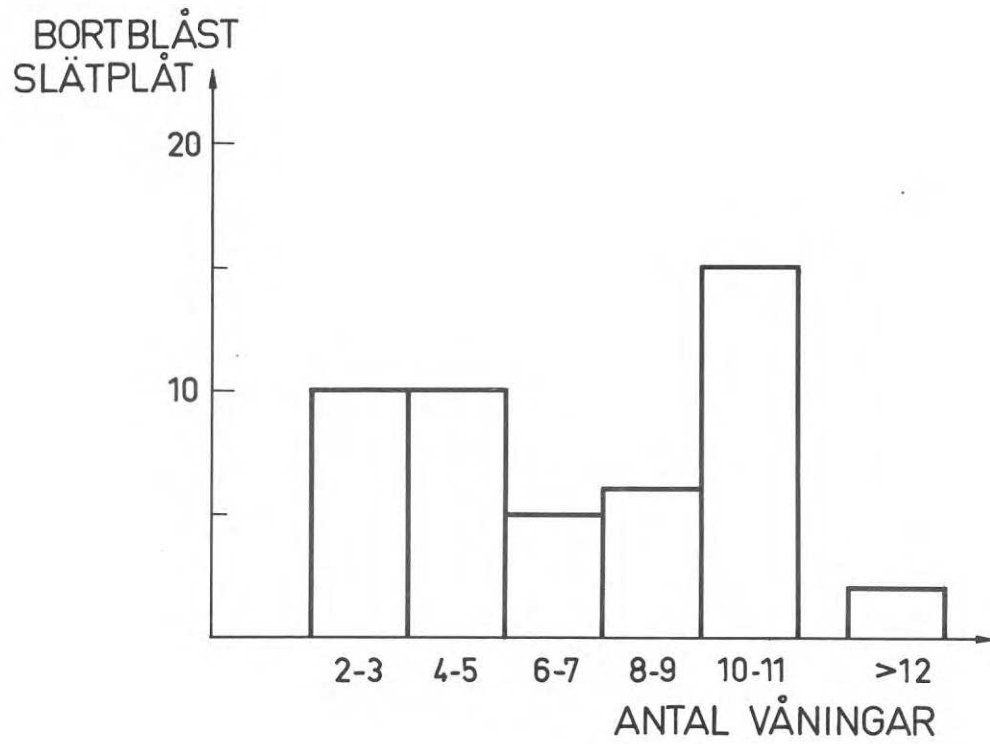


FIG. 3.3.1 Antal registrerade tak med bortblåst slätplåt på byggnader av olika höjd.

Number of recorded cases of loss of sheet metal roof covering on buildings of various heights.

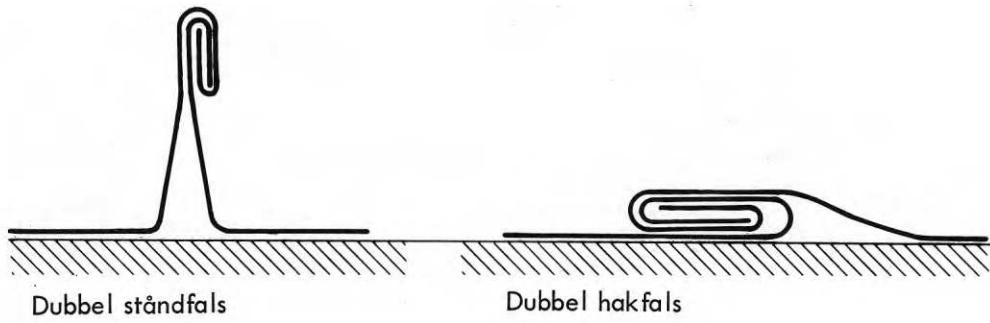


FIG. 3.3.2 Dubbelfalsning.
Double welting.



FIG. 3.3.3 Spikarna (trådspik) har dragits ur panelen.
The wire nails were pulled out of the t and g board-
ing.

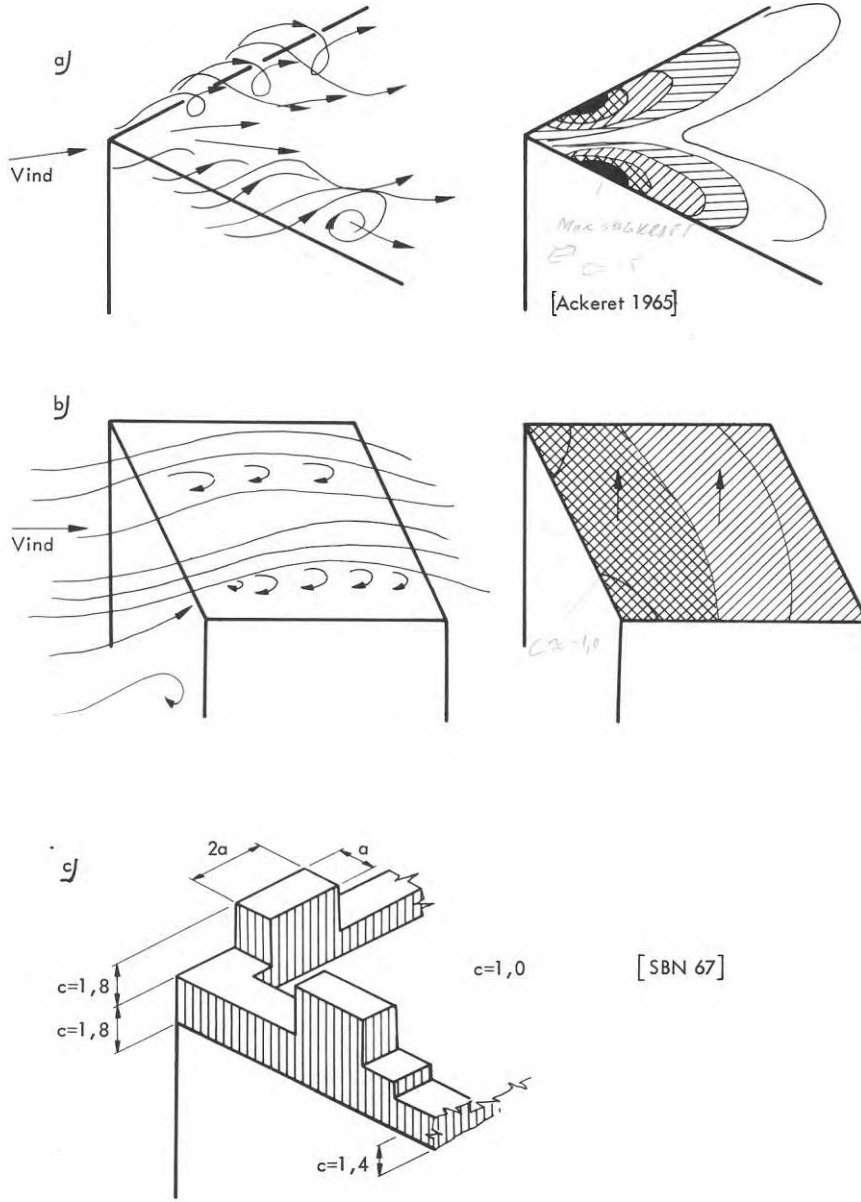


FIG. 3.3.4 Vindbelastningen på tak beroende av vindriktningen.
(Enl. SBN 67.)

Wind load on roof, according to direction (as per SBN 67).



FIG. 3.3.5 Exempel på att ventilationshuvar förhindrat fortsatt upprullning av takplåten.

In this case ventilation cowls prevented further removal of the sheet metal covering.

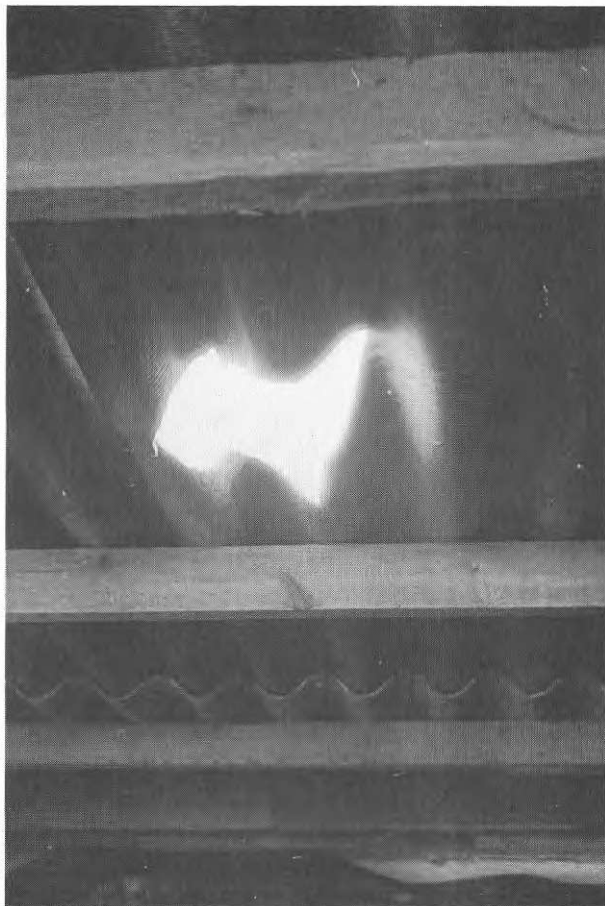


FIG. 3.4.1 De korrugerade asbestcementplattorna, som enligt uppgift är av ett fabrikat som inte tillverkas längre, tycks vara mycket spröda. Hålet har sannolikt åstadkommits av kringflygande delar av det skadade taket.

These corrugated asbestos cement sheets (of a make which is said to be out of production now) appear to have been very brittle. The hole was probably caused by flying pieces of roof.



FIG. 3.4.2 Ibland har spikarna dragits ur reglarna, ibland har spikskallarna brutit sönder asbestcementen. Eventuellt har asbestcementplattorna skadats vid spikningen.

In some cases nails were pulled out of bearers, in others the nail heads tore through the asbestos cement. The sheets may have been damaged during nailing.



FIG. 3.5.1 Antalet stormskadade tegeltak på villor är sannolikt större än antalet registrerade. Många villaägare har redan på söndagen efter den värsta stormen lagt tillrädda tegelpannor som flyttats om eller blåst ner. Endast enstaka större ras av taktegel har inträffat i stockholmsområdet.

The number of actual cases of tile damage to small houses is probably greater than reported. Many house-owners restored displaced tiles during the Sunday following the storm. Only a few isolated cases of major tile damage occurred in the Stockholm area.



FIG. 3.6.1 Åtskilliga träd har fallit på villor och småhus. Här har takpanel och en takstol skadats på ett hus under uppbyggnad.

A good few trees fell on houses. In this case the roof boarding and one of the trusses were damaged on a house under construction.

4 MURVERKSSKADOR

4.1 Allmänt

Som framgår av FIG. 2.5.1 var murverksskadornas frekvens relativt låg jämfört med takskadornas. Endast mellan 1/6 och 1/7 av de registrerade skadorna var murverksskador. Liksom många takskador var de flesta murverksskadorna av bagatellartat omfång. Fördelningen av de registrerade murverksskadorna på olika skadetyper framgår av TAB. 4.1.1. Av dessa skador är det främst putsskadorna som är att anse som bagatellartade. Ett antal allvarligare skador inträffade dock. Den mest bekanta skildrades i press och radio-TV under stora rubriker. Det gällde ett nio vånings punkthus i Fagersjö söder om Stockholm där en hel yttervägg av lättbetong lossnade under stormen, med säkerhet på grund av bristfälligt utförd eller otillräcklig förankring mot vindsug. Enligt uppgift från ögonvittnen inne i huset böjde väggen ut ca tio cm. Den föll dock inte. En speciell utredning om denna skada har gjorts på annat håll varför ingen beskrivning lämnas i föreliggande rapport.

De registrerade skadefallen behandlas i fortsättningen under följande rubriker

Putsskador

Skador på skalmurar av tegel

Skador på skalmurar av lättbetong

Skador på gavelspetsar av lättbetong

I varje avsnitt lämnas försök till förklaring av skadans uppkomst samt i samband härmed vissa byggnadstekniska synpunkter på hur likartade skador kan förhindras.

4.2 Belastningar

Vid de beräkningar av vindlasterna under stormen som utförts i avsnitt 4 av föreliggande rapport har antagits att vindhastigheten uppgått till 30 m/sek, (jfr avsnitt 1 om stormen) vilket enligt Svensk Byggnorm 67 och BABS 1960 motsvarar ett grundvärde på 55 à 60 kp/m² för vindbelastningen. $q = \frac{v^2}{16}$

Vindtrycket (suget) på en konstruktionsdel beräknas enligt Svensk Byggnorm 67 som grundvärdet för belastningen multiplicerad med en formfaktor som beror av konstruktionsdelens läge i byggnaden och av vindriktningen. För väggar i en sluten byggnad vid viss vindriktning framgår formfaktorerna av FIG. 4.2.1. De i denna figur visade formfaktorerna gäller vid belastning av väggen som helhet. Det finns anledning att tro

att de lokalt kan vara ca 25 % högre i verkligheten. Detta innebär att undertrycket på grund av vind lokalt kan ha uppgått till 85 kp/m².

Det bör i detta sammanhang nämnas att vid ingen av de byggnader där allvarliga murverksskador inträffade var huvudvindriktningen parallell med den skadade väggen. Vindriktningen växlade dock kraftigt, varför väggarna åtminstone periodvis sannolikt varit utsatta för sugkrafter med den fördelning som visas i FIG. 4.2.1 för de med vindriktningen parallella sidorna och av den storleksordning som tidigare angivits.

Det bör också understrykas att grundvärdet 55 à 60 kp/m² för vindbelastningen är avsevärt lägre än de i normerna angivna enligt både BABS 1960 och Svensk Byggnorm 67, utom för låga byggnader med "för vind särskilt skyddat läge".

4.3 Putsskador

I FIG. 4.3.1 visas en putsskada som uppstått på en vägg parallell med vindriktningen. Skadan har uppkommit i anslutning till en fönsteröppning och takkonstruktionen. Läget på skadan är typiskt. De flesta registrerade skadorna uppträdde nämligen i anslutning till tak, fönster eller hörn. Komplikationer i strömningsbilden för vinden i kombination med fuktskador i anslutning till dessa konstruktionsdelar förefaller att ha varit utmärkta brottanvisningar.

Det bör dock kraftigt understrykas att putsskadorna säkerligen i inget fall har orsakats utan endast fullbordats av vindbelastningen.

Den i FIG. 4.3.1 visade putsskadan är belägen så att det torde vara realistiskt att för skadeområdet räkna med formfaktorn -1,2 (enligt Svensk Byggnorm 67) eller möjligen -1,5 med hänsyn till lokala effekter. Detta innebär att undertrycket utanför den skadade väggen kan ha varit 65 à 85 kp/m², dvs mellan 0,007 och 0,009 kp/cm². Inte ens vid mycket långvarig dynamisk påverkan torde denna belastning vara tillräcklig för att bryta vidhäftningen mellan puts och underlag.

Med relativt enkla överslagsberäkningar finner man också att om vidhäftningen mellan puts och underlag av någon orsak brutits, så måste en sådan skada ha en utbredning på 3-4 m² för att det aktuella undertrycket skall kunna åstadkomma brott i ett i övrigt oskadat 1,5 cm tjockt putsskikt med draghållfastheten 5 kp/cm².

De flesta rapporterade putsskadorna hade visserligen en utbredning på flera kvadratmeter men de torde ändå ha berott på att tidigare fukt- och frostsador fått putsen att spricka både vinkelrätt mot putsytan och i

vidhäftningsskiktet. I några fall har sådana fukt- och frostsador på "oskadade" delar av putsade väggar påtalats av undersökningsgrupperna. FIG. 4.3.2.

4.4 Skador på skalmurar av tegel

Två fall av nedrasade fasadtegelväggar rapporterades av undersökningsgrupperna. I omedelbar närhet till den ena av de skadade byggnaderna fanns flera hus av samma typ. Flera av dessa uppvisade skador i anslutning till fasadtegelmurarna, men väggarna stod fortfarande kvar.

De två huvudskadefallen visade stora likheter. FIG. 4.4.1 och 4.4.2. Tvärsektionen av båda väggarna visas i FIG. 4.4.3. I det ena fallet är betongen gjuten mot mineralullen och i det andra fallet har mineralullen applicerats i samband med uppmurningen av skalmuren.

Fall 1. FIG. 4.4.1

Läget på den första väggen framgår av FIG. 4.4.4. Vissa vindbyar kan uppenbarligen ha haft en riktning parallell med väggytan. Dessutom kan den omgivande bebyggelsen ha "styrt" vinden så att den blev parallell med väggen. Hus A på figuren är också beläget så att utrymmet för luftströmmen minskar vid passagen av väggen, vilket medfört ökning av vindhastigheten och därmed undertrycket på väggen. Detta innebär att den tryckbild som enligt FIG. 4.2.1 råder för väggar parallella med vindriktningen kan ha uppträtt, vilket medfört en vindbelastning motsvarande formfaktorn $-1,2$ på främre delen av väggen och $-0,6$ på den bakre delen i vindriktningen räknat. På grund av sprickbildning i anslutning till långväggen, FIG. 4.4.5 kan dessutom ett övertryck ha uppkommit mellan skalmur och betongvägg åtminstone i någon fas av skadeförloppet. Detta skulle då ha kunnat motsvara en ökning av det utåtriktade vindtrycket till en storlek motsvarande formfaktorerna $-1,9$ för främre delen av väggen och $-1,3$ för den bakre delen, dvs ändringen svarar mot ett övertryck bakom skalmuren, som uttryckt i formfaktor är $0,7$. Det bör påpekas, att den sprickbildning som visas i FIG. 4.4.5 och som uppträdde på omkringliggande hus inte nödvändigtvis behöver bero på vindbelastningen utan kan bero på t ex krympningsfenomen.

Väggens egenskaper när det gäller förankring framgår av fotografier och övriga uppgifter i två skaderapporter. Den raserade väggytans storlek kan uppskattas till ca 45 m^2 . På denna yta finns tjugo kramlor kvar. Speciellt glest förefaller det av fotografier att döma att ha varit i anslutning till främre takfoten (i vindriktningen) FIG. 4.4.6. Hur många kramlor som slitits loss vid raset framgår inte av rapporterna. Inga kramlor hittades dock bland resterna av den nedfallna väggen.

Oberoende av om något flera kramlor än de kvarsitande funnits i väggen kan man fastslå att väggen varit bristfälligt kramlad.

Beträffande brottmekanismen är det svårt att uttala sig bestämt. Den dåliga förankringen av väggen har sannolikt medfört att den kommit att böja ut inom området för största undertrycket, dvs ungefär det område som visas i FIG. 4.4.6. Dessa rörelser visade sig sannolikt först genom att sprickor av den typ som visas i FIG. 4.4.5 antingen bildades eller vidgades. Sprickbildningen kan som nämnts tidigare eventuellt ha medfört att en belastning på grund av övertryck mellan skalmuren och bakomliggande vägg adderat sig till belastningen av undertrycket utanför väggen. Vindbyarna har sedan utvidgat sprickan, skadat fogarna och lossat de fåtaliga kramlorna ur skalmuren. Slutligen har utbøjningarna blivit så stora, fogarna så förstörda och de verksamma kramlorna så få att de stabiliserande effekterna inte räckt till utan väggen har rasat. Sannolikt i ett enda stycke.

En mycket elementär studie av det stabiliserande moment som behövts för att hindra väggdelen att rasa visas i FIG. 4.4.7. Om man förutsätter att de tjugo kramlorna varit jämnt fördelade över den raserade väggytan kan detta moment omräknas i en erforderlig medelkraft per kramla. Denna medelkraft hade behövt uppgå till 130 kp om inget övertryck verkat bakom väggen och ca 230 kp om ett sådant övertryck förelegat. Kramlorna som sannolikt varit i det närmaste raka och som haft en inmuringslängd på ca 12 cm i skalmuren skulle med diametern ϕ 4 mm i genomsnitt ha varit utsatta för en vidhäftningsspänning på mellan 9 kp/cm² och 15 kp/cm². Denna vidhäftningsspänning förefaller att vara alldeles för hög för att förankringsbrott skall kunna undgå speciellt med hänsyn till att lasten är dynamisk.

Fall 2. FIG. 4.4.2 och 4.4.3

Det andra fallet av raserad skalmur var som nämnts tidigare i stort sett en kopia av det första. Muren bildade dock relativt stor vinkel, 75°, med huvudvindriktningen. Vindbyar parallellt med väggen har dock sannolikt förorsakat raset. Av rapporterna att döma har väggen varit mycket bristfälligt utförd, varför ett fåtal byar parallellt med den sannolikt räckt för att förstöra förankringen i bakomliggande betongmur.

De redovisade fotografierna tyder på att antalet kramlor varit litet. De kramlor som fanns har dessutom varit utformade så att de givit väggen en rörelsemöjlighet på ca 6 mm vinkelrätt mot väggytan. Kramlorna bestod nämligen av ca 50 cm långa koppartrådar ϕ 3,8 mm med en ingjutningslängd i betongväggen på ca 10 cm. Vid murningen hade dessa kramlor böjts i en relativt mjuk båge så att de passat in i väggen, se FIG. 4.4.8. Detta innebär att kramlorna inne i skalmuren huvudsakligen varit riktade parallellt med väggytan (vilket är

fördelaktigt ur förankringssynpunkt). Formen på kramlan i mineralullsskiktet mellan betong och skalmur är avgörande för funktionssättet. Eftersom kramlorna där tydligen var bågformade har de kunnat rätas ut vid belastning av vindkrafterna och därmed berett väggen möjlighet att röra sig. Den möjliga rörelsen har enligt de schematiska beräkningarna som visas i FIG. 4.4.9 varit ca 6 mm. Rörelsemöjligheten ökades också av att fogbruket sannolikt slets sönder vid kramlans infästning i väggen på grund av det uppenbart ogynnsamma kraftspelet mellan kramla och vägg i detta snitt.

Väggen enligt fall 2 var dessutom sannolikt ogynnsammare utformad än i fall 1. Den bakomliggande betongväggen gick av redogörelser att döma inte ända upp till taket, vilket innebär att skalmuren sannolikt helt saknade sidostabilisering mellan övre bjälklaget och taket.

Brottmekanismen har sannolikt i stort sett varit densamma som i fall 1. Bilderna visar att större delen av väggen fallit i ett enda stycke, FIG. 4.4.10. I motsats till vad som hände i fall 1 har kramlorna här lossnat ur betongväggen trots den relativt stora ingjutningslängden. Någon extra förankring (i form av t ex ändkrokar) utöver vidhäftningen förekom inte. Det förefaller därför med hänsyn till den tidigare nämnda gynnsamma förankringslängden och förankringsriktningen i själva skalmuren naturligt att förankringen i betongväggen släppte först.

Enligt i efterhand erhållna icke bekräftade uppgifter skulle kramlorna efter gjutningen ha fästs i betongväggen i hålen efter formbultarna. Förfarandet ger en helt otillräcklig förankring.

4.5 Skador på skalmurar av lättbetong

Endast en skada av den typ som visas i FIG. 4.5.1 registrerades. Omkringliggande byggnader av samma slag företedde dock tecken på att samma typ av ras skulle kunnat drabba dem om ovädret fortsatt eller upprepats.

Konstruktionsutformningen framgår i princip av FIG. 4.5.2.

Den raserade väggen bildade ca 45° vinkel med huvudvindriktningen men byar parallellt med väggen har säkerligen förekommit. En tryckfördelning med undertryck utmed väggen ungefär enligt FIG. 4.2.1 har därför sannolikt förorsakat raset.

Det är möjligt att denna skada uppkommit genom att kramlorna släppt och väggen rasat i ett enda stycke. Kramlingen var här emellertid relativt tät, c/c ca 65 cm i horisontalled och ca 60 cm i vertikalalled. Detta innebär att varja kramla "betjänat" en yta på $0,40 \text{ m}^2$

Med hänsyn till lokala effekter skulle detta innebära en belastning på maximalt 35 kp per kramla och i genomsnitt 20 kp. Denna belastning förefaller relativt rimlig och borde vid någorlunda normalt utformade kramlor och normalt utfört arbete inte förorsaka brott.

Om raset i stället inletts med att den del av väggen som ligger ovanför det översta kramlade skiftet rasat kan detta ha lett till en "korthusmekanism" där kramlorna inte haft någon funktion.

Om man förutsätter att den övre delen av väggen rasat finner man att väggen sedan kunnat rasa i delar om tre skift i vertikalled dvs delar som motsvarar avståndet ned till nästa kramlade fog. Härvid har kramlorna ovanför den rasande delen endast böjts något uppåt. Mekanismen framgår av FIG. 4.5.3. Man finner där att ett undertryck på 50 kp/m^2 i genomsnitt skulle vara tillräcklig för att fullborda raset sedan övre delen av väggen fallit. Kramlornas böjstyvhet och eventuell draghållfasthet i fogen skulle kunna höja det beräknade värdet på för instabilitet erforderlig vindlast medan en förskjutning av rotationscentrum med hänsyn till deformationerna i kontaktområdet mellan den fallande och den underliggande delen skulle kunna minska värdet. Sannolikt har vindlasterna varit tillräckliga för att den skisserade mekanismen skall ha utlösts.

För översta delen av väggen, där raset sannolikt inleddes, kan studier av samma typ som genomförts i FIG. 4.5.3 ge en uppfattning om dels vilka förutsättningar som måste ha rått, dels vilka vindkrafter som måste ha uppträtt för att skadan skulle inträffa.

I FIG. 4.5.4a, b och c visas tre möjliga brottmekanismer för den översta delen av väggen. Samtliga förutsätter att takförankringen var dålig så att taket lyfte sig mer eller mindre. I fallet enligt FIG. 4.5.4a förutsätts dessutom att taket, när det lyfte, drog med sig övre skiftet av lättbetongblock. De erforderliga lyftningarna enligt FIG. 4.5.4b och 4.5.4c förutsätter att väggen från början gick ända upp till taket. För varje centimeters avstånd mellan takpanelens underyta och väggens överyta skall i FIG. 4.5.4b och c det angivna måttet S_{erf} minskas med en centimeter. Enligt beräkningarna i FIG. 4.5.4a och 4.5.4b erfordras relativt blygsamma vindlaster för att väggen skall rasa medan den i FIG. 4.5.4c visade mekanismen fordrar relativt stor belastning. Siffrorna är 22 kp/m^2 , 20 kp/m^2 och 72 kp/m^2 . Liksom i det enligt FIG. 4.5.3 beräknade fallet finns det här faktorer som kan höja eller sänka de beräknade värdena.

Ingen av de i FIG. 4.5.4 beräknade vindbelastningarna är med hänsyn till vad som tidigare sagts om vindstyrkor och vindriktningar orimlig. Detta innebär att raset mycket väl kan ha inträffat i princip på något av

de skisserade sätten om förutsättningen att taket kunnat röra sig varit uppfyllt. Man kan dock inte säga att skadan haft det antagna förloppet förrän takkonstruktionerna på omkringliggande hus kontrollerats med avseende på förankring.

I detta sammanhang är det befogat att påpeka att samtliga hus av den skadade typen i området hade skador på väggarna i anslutning till vindsbjälklaget. Arten av skada framgår av FIG. 4.5.5a, b och c. Dessa skador beror sannolikt i huvudsak på skillnader i rörelse mellan takpanelen och huset i övrigt. Om rörelserna berott på fuktuppsugning och upptorkning i takpanelen, på krympning eller av att taken är otillräckligt förankrade går inte att avgöra utan närmare undersökning.

4.6 Skada på gavelspetsar av lättbetong

Skador på gavelspetsar har registrerats i två fall. Ett fall visas i FIG. 4.6.1. Den nedfallna väggdelen var uppmurad av lättbetongstav. På en intilliggande byggnad av samma typ hade motsvarande gavelspets förankrats på det sätt som visas i FIG. 4.6.2, dvs konstruktören hade sannolikt uppmärksammat behovet av förankring men utförandet motsvarade inte intentionerna.

Om en brottmekanism liknande den som visats i FIG. 4.5.5a tillämpas på gavelspetsen finner man att den vindlast som skulle erfordrats för att raset skulle inträffa om taket inte har någon fasthållande effekt är ca 35 kp/m^2 . Denna belastning har överträffats med stor marginal under stormen. Det verkar alltså troligt att en ren stjälpning av gavelspetsen inträffat.

Likaså har stjälpning troligen inträffat i fallet som visas i FIG. 4.6.3. Denna höga gavelspets av 25 cm lättbetong har varit glest förankrad i bakomliggande regelverk.

4.7 Allmänna slutsatser av murverksskadeinventeringen

Vid studiet av de inträffade skadefallen har trots det knapphändiga grundmaterialet vissa observationer av byggnadstekniska brister gjorts. Vidare har en del ofullkomligheter i gällande normer konstaterats. I det följande skall några allmänna byggnadstekniska kommentarer till dessa observationer göras.

4.8 Förankring av skalmurar i tegel

Föreskrifter för förankring av 1/2-stens tegelmurar finns i ett supplement SBN-S 24:4122 till Svensk Bygg-

norm 1967. Supplementet är utgivet med anledning av några fall av allvarliga skador på skalmurar förankrade i bärande stomme av murverk eller betong.

I SBN-S 24:4122 lämnas anvisningar om kvalitetskrav och utformning av kramlor. Vidare anges ingjutningslängder för kramlorna och anvisningar för placering av dem. Dessutom anges storleken av de rörelseskillnader mellan skalmur och bakmur på grund av krympning, krypning, deformationsvariationer och fuktvariationer som skalmuren och därmed kramlorna skall beräknas för. Härutöver förekommer vissa kompletterande anvisningar om vindbelastningen.

De i det föregående redovisade skadefallen understryker i flera avseenden nödvändigheten av de föreskrifter som lämnas i SBN-S 24122.

4.8.1 Kvalitetskravet för kramlorna:

De två studerade 1/2-stens tegelväggarna var båda utförda med kopparkramlor. I normerna sägs att kramlorna i första hand skall utföras av rostfri ståltråd, men koppar har erforderliga materialegenskaper. Förhållandet mellan utmattningshållfastheten och hållfastheten vid statisk belastning är dock ogynnsammare för koppar än för de vanliga stålqualiteterna. Detta innebär att den tillåtna påkänningen för kopparkramlor borde sättas lägre än de som gäller för stål. Tillåten kantpåkänning för stålramlor är $0,5 \cdot \sigma_{0,2}$ i icke ledade kramlor och $0,65 \cdot \sigma_{0,2}$ för ledade. Motsvarande värden för koppar borde då vara ungefär $0,40 \cdot \sigma_{0,2}$ resp $0,50 \cdot \sigma_{0,2}$.

4.8.2 Kramlornas utformning och förankring:

Stora brister i dessa avseenden konstaterades i det ena av de två inträffade skadefallen och misstänktes i det andra. I normsupplementet anges hur fasta kramlor skall utformas och förankras. Det förefaller med hänsyn till de konstaterade bristerna nödvändigt att man föreskriver, att kramlorna så långt som möjligt skall vara färdigbockade vid ingjutningen i bakmuren. Små justeringar med hänsyn till läget på fogarna i skalmuren måste dock naturligtvis tillåtas.

I det ena av de två skadefallen hade man enligt vissa uppgifter inte gjutit in några kramlor i betongväggen utan efteråt bristfälligt fäst dem i formbulthålen. Det är naturligtvis nödvändigt att "olyckshändelser" eller slarv av denna typ helt undvikas. Om "olyckan" skulle vara framme är det dock angeläget att metoder för tillfredsställande reparationer utarbetas. Härvid förefaller det sannolikt att man tvingas använda någon form av ledad kramla som är försedd med en kraftig bult som borrar in i bakmuren och förankras med någon expanderanordning. Vid utformningen av förank-

ringen är det också nödvändigt att man tar hänsyn till nedsättningen av förankringens bärförmåga vid dynamisk belastning.

I detta sammanhang bör det påpekas att man vid dimensionering av en skalmur borde ha kännedom om hur vindbelastning och rörelser i väggen påverkar inte bara kramlan utan också hur dessa faktorer inverkar på förankringen i olika sorters bruk. För att klargöra hit hörande problem torde man behöva utföra provningar på kramlade konstruktioner inte bara med statisk belastning utan också med upprepade på- och avlastningar.

4.8.3 Kramlornas placering

Även i detta avseende var de båda skadade väggarna bristfälligt utförda. Enligt uppgift skulle den ena ha varit kramlad med fyra kramlor per m^2 , vilket överensstämmer med rekommendationerna i normsupplementet. På grund av bristande kontroll blev dock inte utförandet det avsedda.

Det förefaller liksom vad det gäller utformningen och förankringen av kramlorna befogat understryka, att arbetet måste utföras på ett noggrant och välkontrollerat sätt, så att konstruktörens och normernas intentioner fullföljs.

Utöver rekommendationen om fyra kramlor per m^2 i medeltal anges i SBN-S 24:4122 att kramlorna skall placeras tätare i anslutning till murens kanter.

Med hänsyn till den korthusmekanism som påtalats i anslutning till skador på lättbetongväggar, FIG. 4.5.3, och som gäller även tegelväggar, bör det framhållas att avståndet i vertikalled mellan väggens överkant och första kramlan inte får vara för stort. För en bedömning av detta avstånd torde formeln

$$h < \frac{\gamma d^2}{p} \quad (1)$$

kunna användas.

h är det aktuella avståndet, γ , väggens volymvikt, d dess tjocklek och p den normerade vindbelastningen per m^2 . För exempelvis en 10 m hög byggnad i oskyddat läge vid kusten blir med formfaktorn 1,5 (hänsyn till lokal belastning) den dimensionerande höjden $h < 26$ cm.

4.8.4 Belastningar:

I SBN-S 24:4122 anges att de horisontalkrafter som påverkar skalmurar i huvudsak är vindlast vinkelrätt mot skalet. Vindlasten skall bestämmas enligt SBN 67 var-

vid hänsyn tas till att vindlasten på en del av en yta kan vara större än den genomsnittliga lasten.

I FIG. 4.2.1 visas de i SBN 67 angivna formfaktorerna för väggar. Största formfaktor för sugkrafter är 1,2 men ingenstans står angivet hur stor ökning man bör räkna med. I exemplet under 3 ovan antogs en ökning med 25 % till 1,5.

Allmänt gäller för övrigt att Svensk Byggnorm 67 är betydligt frikostigare med vindbelastningsuppgifter för takkonstruktioner än för väggar. En komplettering härvidlag förefaller önskvärd.

Ytterligare en fråga rörande belastning på skalmurar aktualiseras av de inträffade skadefallen. I båda fallen verkar det att ha funnits möjligheter att ett övertryck innanför väggen adderat sig till undertrycket utanför. Inga uppgifter finns som anger hur stora sprickor som behöver finnas mellan i de aktuella fallen skalmur och långvägg för att ett sådant övertryck skall uppkomma, hur stort det i så fall är och om det över huvud taget kan uppkomma.

4.9 Förankring av skalmurar i lättbetong

4.9.1 Kvalitetskravet för kramlorna:

Lättbetongskalmurar användes oftast som värmeisolering, vilket innebär att det mineralullskikt mellan bakmur och skalmur som förekommer vid tegelskalmurar utelämnas. Detta betyder att lättbetongskalmurar normalt placeras tätare intill stommen än tegelskalmurar. Dessutom har lättbetongen något större längdutvidgningskoefficient än teglet. Dessa båda förhållanden gör att påkänningarna i kramlorna på grund av temperaturvariationerna blir större i lättbetong vid motsvarande väggdimensioner. Genom att lättbetongen är porös kan kramlorna vid temperaturrörelser kanske tränga in i blockens kanter, vilket medför en viss minskning av påkänningarna. Totalt sett blir dock sannolikt krafterna i kramlorna större vid skalmurar av lättbetong än vid skalmurar av tegel. Gränserna för storleken på de största väggytorna för vilka fasta kramlor får användas bör därför sättas lägre än för tegelmurar.

4.9.2 Utformning och förankring

De under punkt 4.9.1 ovan påtalade påkänningarna i kramlorna gör att förankringen i skalmuren måste utformas på ett tillfredsställande sätt. Speciellt egenskaperna vid upprepade på- och avlastning torde vara betydelsefulla både vad det gäller påkänningar på grund av temperaturvariationer och på grund av vindbelastningar.

Eftersom skalmurens avstånd till bakmuren är litet ökar kraven på att kramlorna skall gjutas in på rätt plats i bakmuren, då man annars tvingas utföra tvära bockar på kramlorna vid uppmurningen av väggen. Detta innebär sannolikt krav på toleranser av storleksordningen några millimeter upp till en centimeter vid in-gjutningen av kramlorna och vid uppmurningen. Detta talar för att man vid uppförandet av denna typ av väggar borde använda sig av rörliga kramlor i så stor utsträckning som möjligt.

4.9.3 Placering av kramlorna:

Här gäller i princip vad som sagts vid tegelskalmurar. Beträffande minimiantalet kramlor per ytenhet gäller att det bör påverkas av vilken typ av kramlor som användes och av tjockleken och volymvikten hos väggen. Speciella problem beträffande kramlornas placering och minimiantalet kramlor uppkommer vid den typ av konstruktion där lättbetongväggen inte förankras i en bakmur utan i bjälklag och väggar i en betongstomme.

Här kommer alltså områden på 5-15 m² av väggen (motsvarande tvärsektionen av ett rum) att vara helt okramlade, medan erforderlig förankring alltså får appliceras i väggarna och bjälklagen. Med skalmurshöjder på åtta våningar (vilket förekom i ett tidigare omnämnt men icke behandlat skadefall) är det självfallet att mycket stora krav måste ställas på kramlingens och murverkets kvalitet. Även från andra synpunkter är förankring mot vindbelastning (ljudisolering, sprickbildning) förefaller denna konstruktionstyp att vara mindre lämplig.

4.10 "Fristående" murverkskonstruktioner

I FIG. 4.5.2 visas en skalmurkonstruktion som skadats under stormen 1-2 november 1969. Det förefaller som tidigare nämnts möjligt eller sannolikt att skadan inletts i den del av skalmuren som skjuter ovanför bakmuren. Denna del av konstruktionen kan betraktas som en "fristående" murverkskonstruktion. Av samma typ är de i FIG. 4.6.1-3 visade skadade gavelspetsarna och övre delen av den i FIG. 4.4.2 visade tegelmuren.

Som har framhållits under punkt 4.8.3 är fristående murverkskonstruktioner mycket känsliga när det gäller vindbelastning. För en sådan konstruktion gäller om den inte är förankrad, att

$$h \leq K \frac{\gamma d^2}{p} \quad (3)$$

där beteckningarna enligt punkt 4.8.3 i föregående avsnitt gäller, och där K är en konstant. För en rektangulär mur är K = 1 och för en gavelspets av triangulär form är K = 1,5.

För en rektangulär mur med tjockleken 30 cm och volymvikten $0,5 \text{ ton/m}^3$ belägen 10 m över marken blir med vindtryck och fördelning enligt Svensk Byggnorm 67 och med hänsyn till lokala effekter, den största möjliga höjden - 40 cm för byggnad vid kusten och 50 cm i inlandet. För en triangulär gavelspets blir höjden i motsvarande belastningsfall 60 resp 75 cm. En förutsättning för att formeln skall kunna användas är att fogarna har tillräcklig hållfasthet för att muren skall rasa i ett stycke.

De inträffade skadefallen liksom ovanstående mycket överslagsmässiga beräkning visar, att det är nödvändigt att förankra även relativt låga murar mot vindbelastning.

Beträffande förankringen skall här några synpunkter framföras. Man kan utföra förankringarna på i princip det sätt som visas i FIG. 4.6.2, dvs i takkonstruktionens högben. Det är emellertid önskvärt att förankringar anbringas i flera punkter både i höjd- och sidled och naturligtvis att förankringarnas kvalitet är god. Det är vidare viktigt att takkonstruktionen i sin tur är väl förankrad i underliggande konstruktioner, så att inte en lyftning av taket kan förorsaka att väggförankringarna skadas och/eller muren rasar.

Vidare är det av vikt, att om takkonstruktionen användes som förankring, konstruktionen utförs så att takpanelens rörelser på grund av fuktvariationer inte skadar väggen så att skador av den typ som visas i FIG. 4.5.5a, b och c uppkommer.

Ett från ren konstruktionssynpunkt fördelaktigt sätt att förankra "fristående" murar är att med särskilda vindpelare eller med stödmurar vinkelrätt mot väggytan överföra vindkrafterna via t ex vindsbjälklaget till stommen.

TAB. 4.1.1 Fördelning av de registrerade murverksskadorna
på olika skadetyper

MURVERKSSKADOR

- 18 Putsskador
- 2 Halvstens skalmurar av tegel
- 2 Skalmurar av lättbetong
- 2 Gavelspetsar av lättbetong
- (1 Skalmur av kalksandsten, småhus, hembygge)

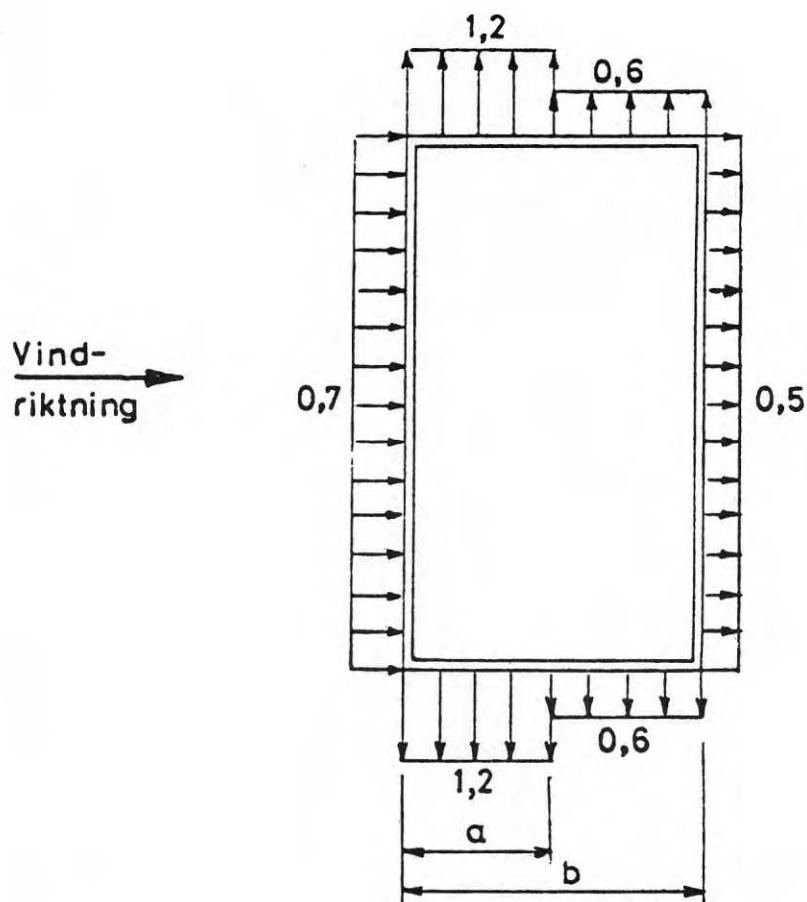


FIG. 4.2.1 Fördelning av vindtrycket kring en rektangulär byggnad (SBN 67).

Distribution of wind pressure around a rectangular building (SBN 67).



FIG. 4.3.1 Putsskada på vägg parallell med vindriktningen.

Damage to rendering of a wall aligned parallel to wind direction.

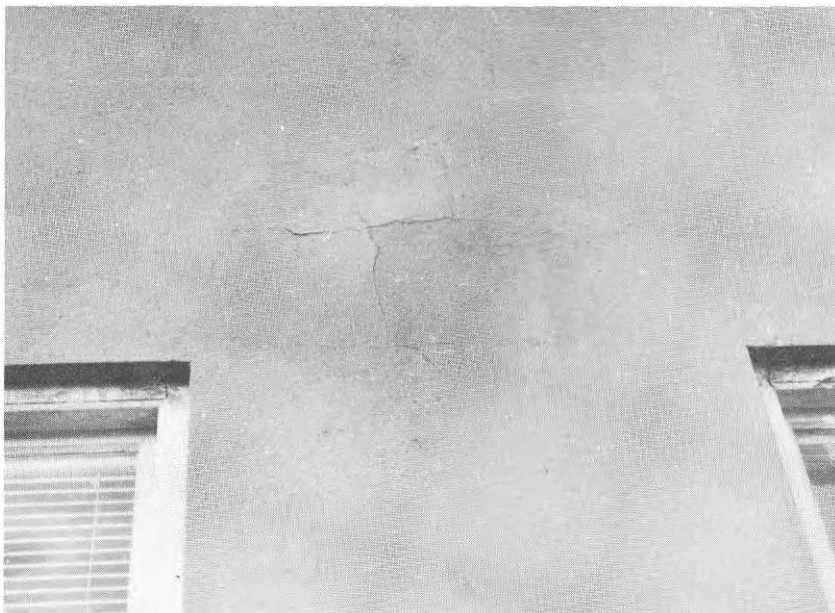


FIG. 4.3.2 Sprickbildning på putsyta.

Cracks in wall rendering.

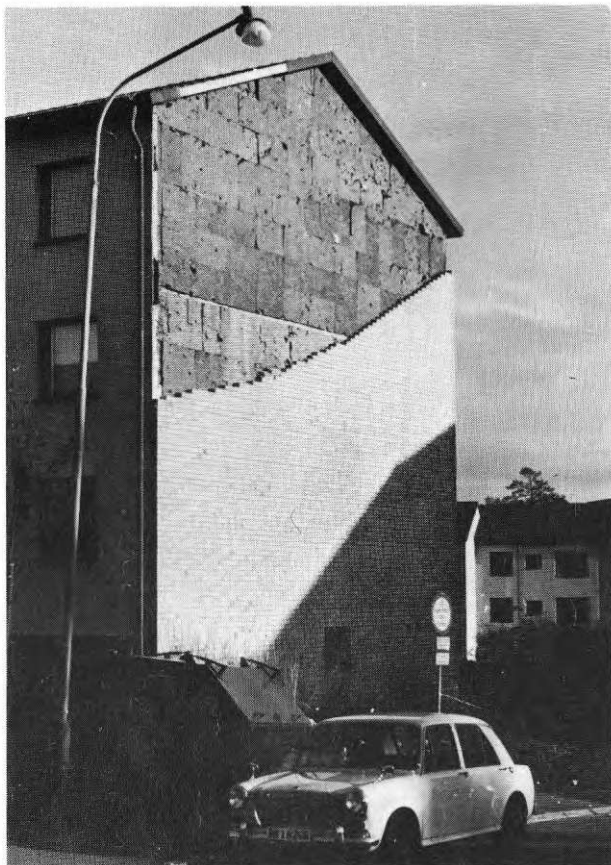


FIG. 4.4.1 Skada på 1/2-stens skalmur av fasadtegel. Översiktsbild. Fall 1.

Damage to a 1/2-brick outer wall leaf of facing brick.
General view. Case 1.



FIG. 4.4.2 Skada på 1/2-stens skalmur av fasadtegel. Översiktsbild. Fall 2.

Damage to 1/2-brick outer wall leaf of facing brick.
General view. Case 2.

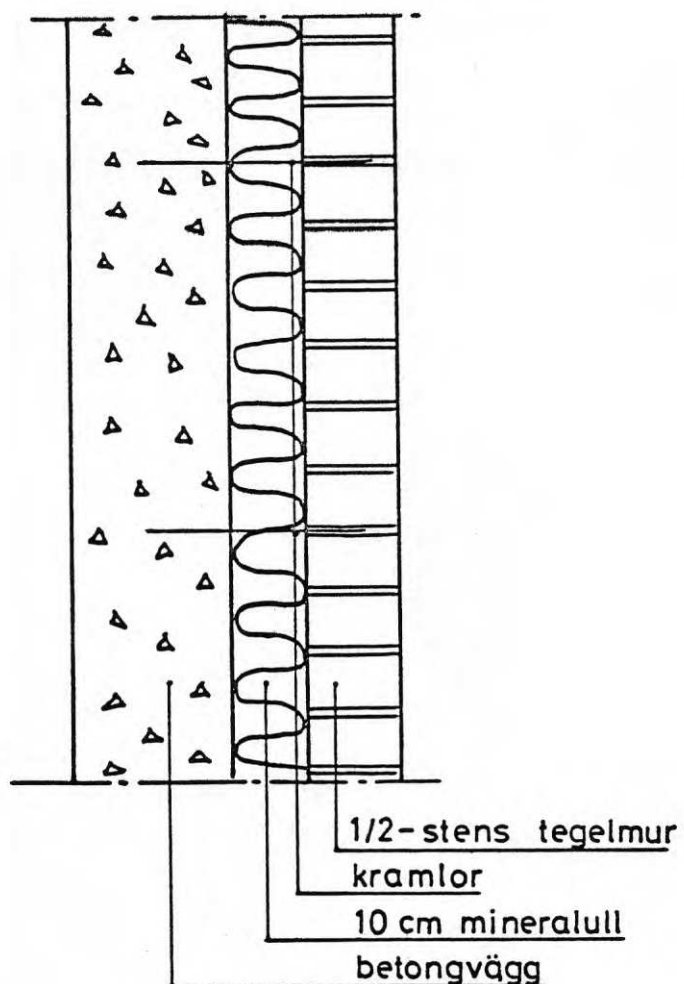


FIG. 4.4.3 Tvärsektion av de skadade skalmurarna i FIG. 4.4.1 och 4.4.2.

Cross sections of damage walls shown in 4.4.1 and 4.4.2.

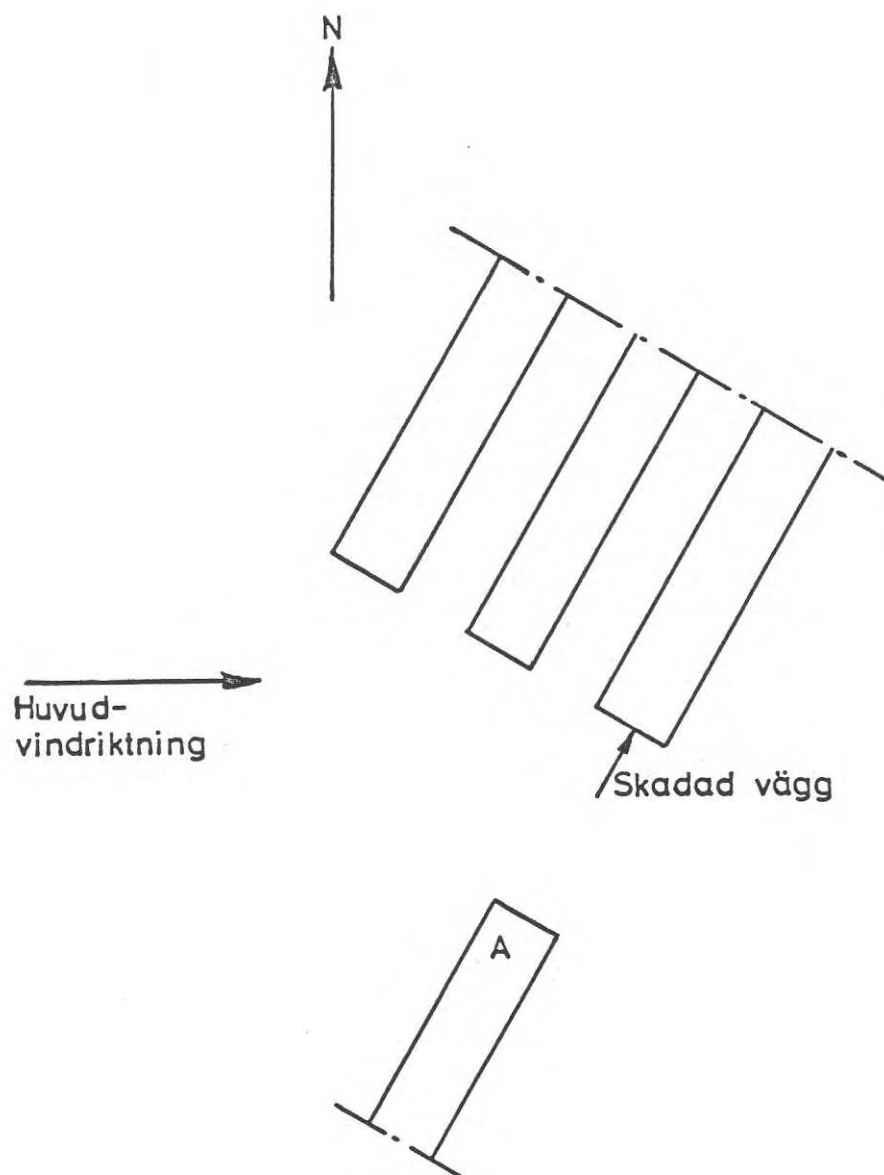


FIG. 4.4.4 Fall 1. Situationsplan med den skadade väggen markerad.
Case 1. Site plan showing location of damaged wall.

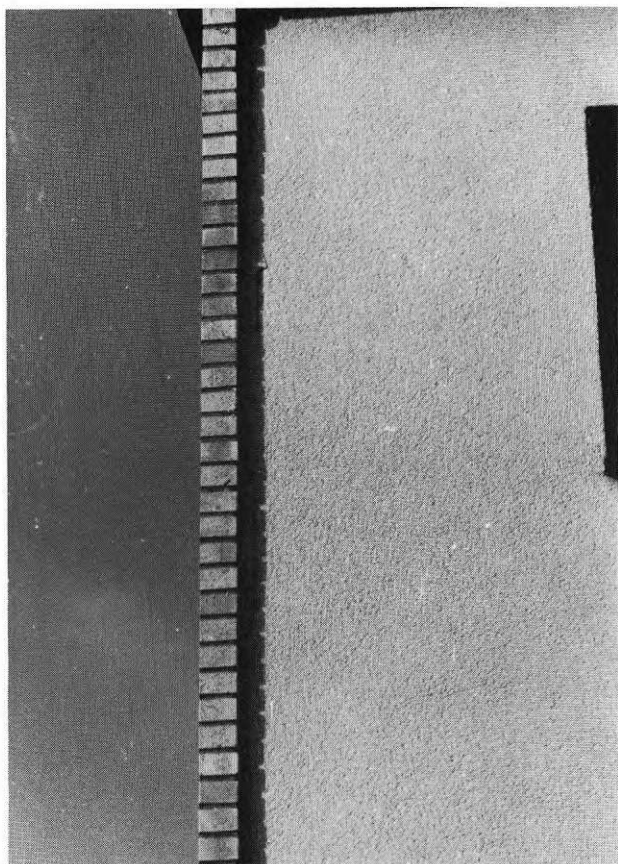


FIG. 4.4.5 Fall 1. Sprickbildning mellan långvägg och skalmur.
Case 1. Crack formation between side wall and outer wall leaf.

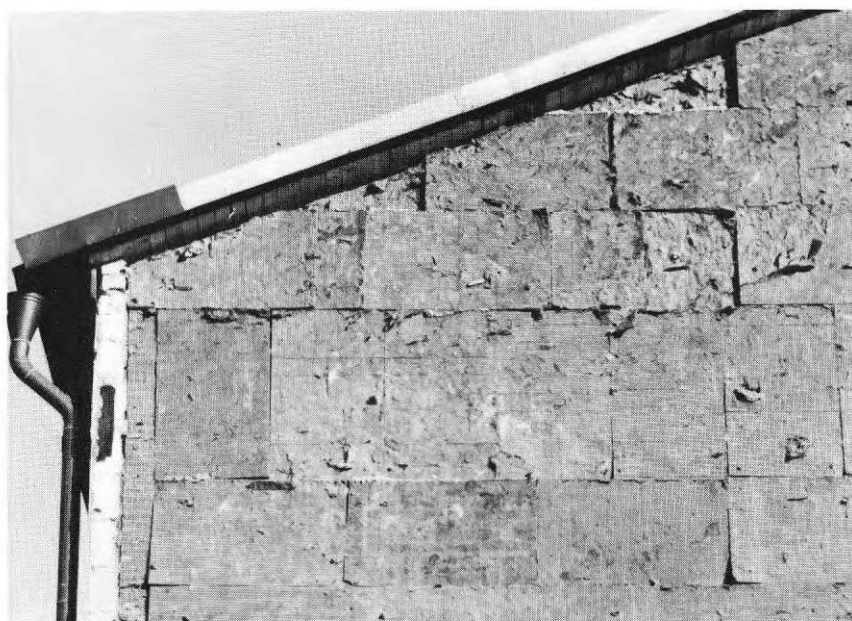


FIG. 4.4.6 Fall 1. Alltför få kramlor på ett känsligt område.
Case 1. All too few ties in a sensitive area.

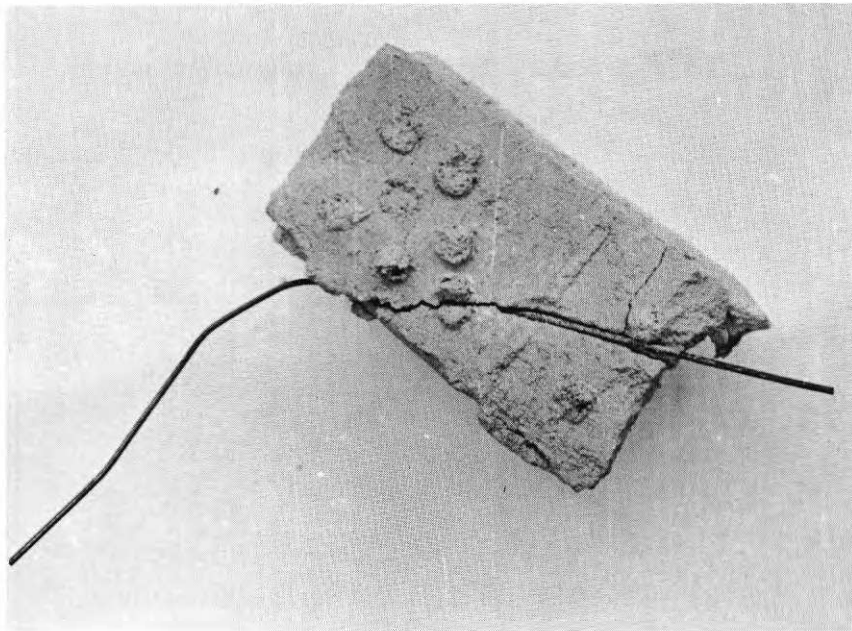


FIG. 4.4.8 Fall 2. Kramla i nedrasad "väggdel".

Case 2. Tie in collapsed portion of wall.

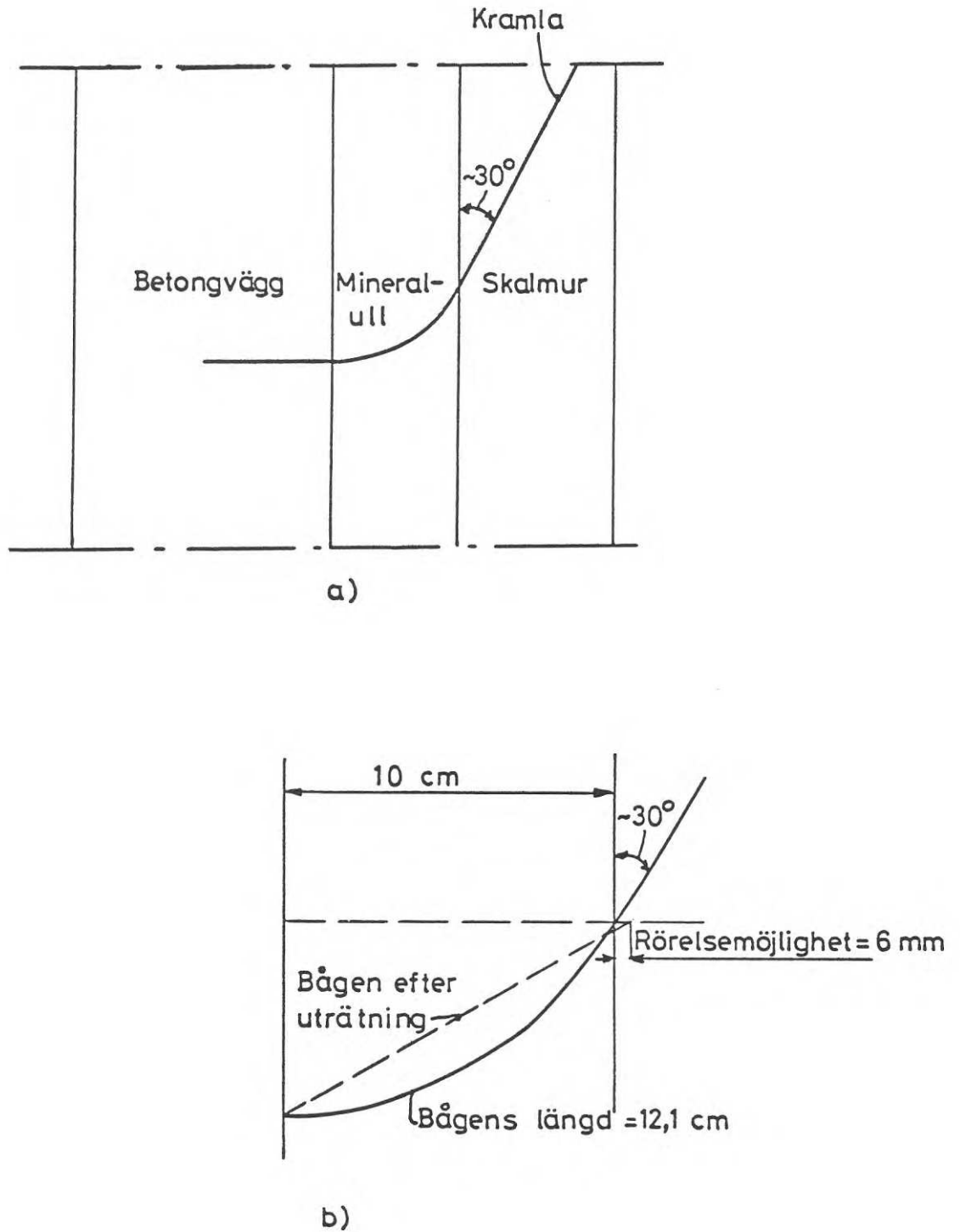


FIG. 4.4.9 Fall 2. Schematisk beräkning av väggens rörelsemöjlighet.

Case 2. Schematic calculation of freedom of movement of wall.



FIG. 4.4.10 Fall 2. Den nedfallna "tegelhögen" tyder på att väggen fallit i ett stort stycke, möjligen efter inledande småras.

Case 2. The heap of rubble indicates that the wall fell intact, possibly following initial minor collapses.



FIG. 4.5.1 Skada på skalmur av lättbetong.

Damage to lt.wt. concrete facing wall.

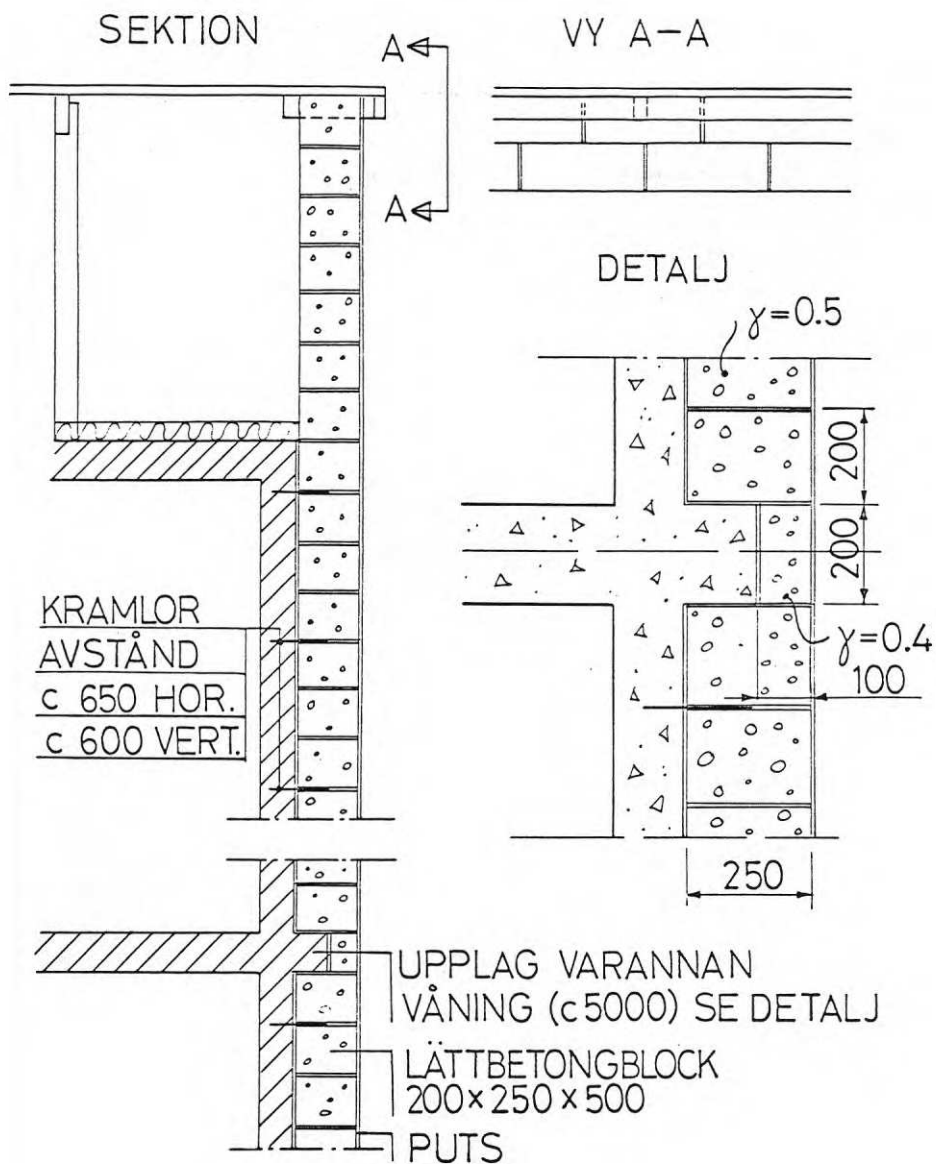


FIG. 4.5.2 Konstruktionsutformning av den skadade lättbetongskalmuren.

Design of damaged lt.wt. concrete wall.

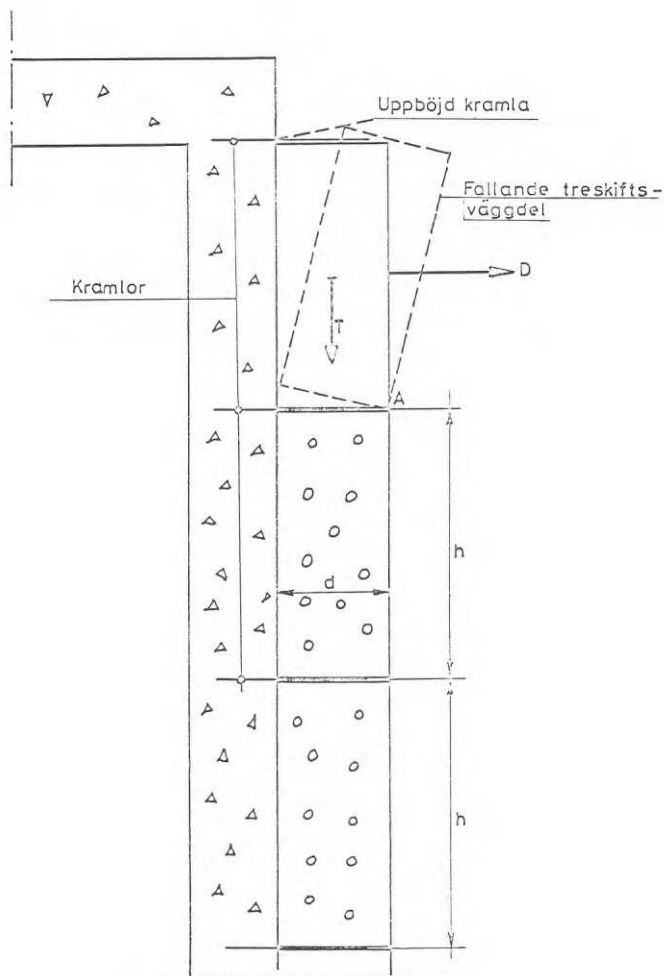


FIG. 4.5.3

Korthusmekanism för skalmur sedan övre delen rasat

Teckenförklaring:

- A Rotationscentrum
 T Den rasande väggdelens tyngd
 D Vindresultanten
 b Den rasande väggdelens bredd
 h " " " höjd
 d " " " tjocklek
 γ " " " volymvikt
 p Vindsug (kp/m^2)
 p_{erf} För instabilitet erforderligt vindsug

För instabilitet erfordras

$$p > \frac{\gamma d^2}{h}$$

I det aktuella fallet är $p_{\text{erf}} = 50 \text{ kp/m}^2$

FIG. 4.5.3

"Pack-of-cards" sequence occurring in wall after collapse of upper part.

Legend:

- A Centre of rotation
 T Gravitational force of collapsed wall portion
 D Wind resultant
 b Width of collapsed wall portion
 h Height " " " "
 d Thickness of " " " "
 γ Density of " " " "
 p Wind suction effect (kgm/m^2)
 p_{erf} Suction required for instability

(i.e. $p > \frac{\gamma d^2}{h}$. In this case $p_{\text{erf}} = 50 \text{ kgf/m}^2$)

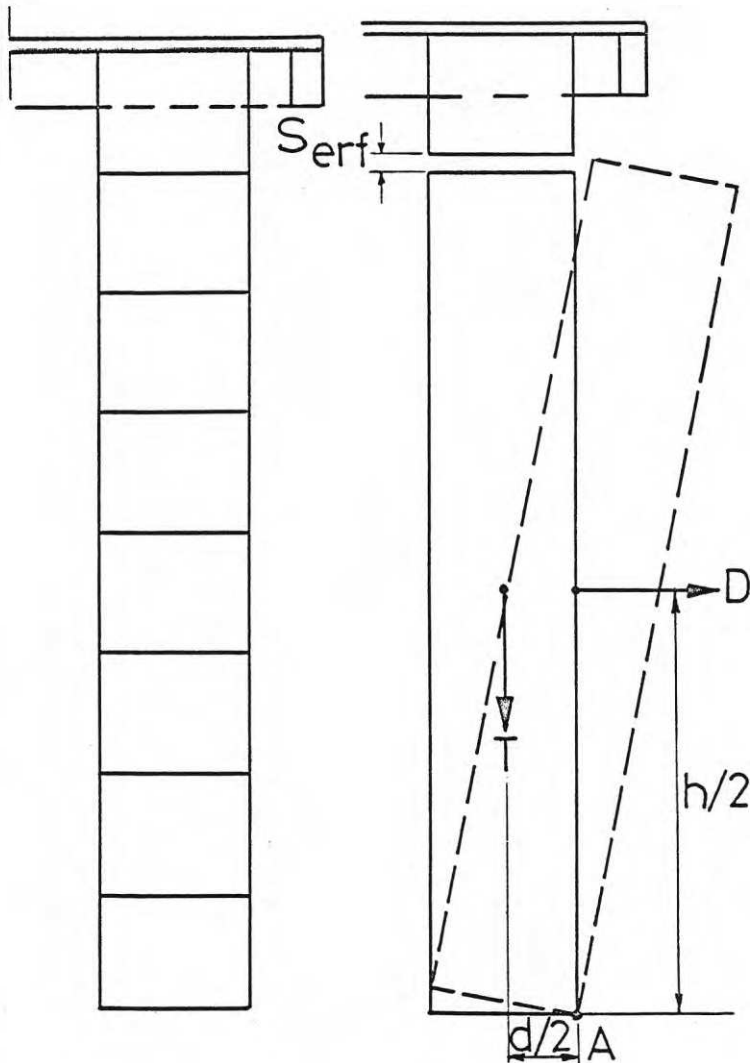


FIG. 4.5.4 a,b,c

Studerade möjliga brottmekanismer för den övre delen av väggen.

Teckenförklaring se f.ö. FIG. 4.5.3

B Rotationscentrum

S_{erf} Erforderlig lyftning av taket för att mekanismen skall kunna uppkomma

U_1 Möjlig utböjning vid toppen av väggen innan brottmekanismen enligt FIG. c inledes.

Erforderliga vindsug och taklyftningar:

- a) $p_{erf} = 22 \text{ kp/m}^2$; $S_{erf} = 2,2 \text{ cm}$
 b) $p_{erf} = 20 \text{ kp/m}^2$; $S_{erf} = \sim 12 \text{ cm}$
 c) $p_{erf} = 72 \text{ kp/m}^2$; $S_{erf} = 7,6 \text{ cm}$

FIG. 4.5.4 a,b,c

Feasible mechanisms of failure considered with respect to upper part of wall.

Legend (see also fig. 4.5.3)

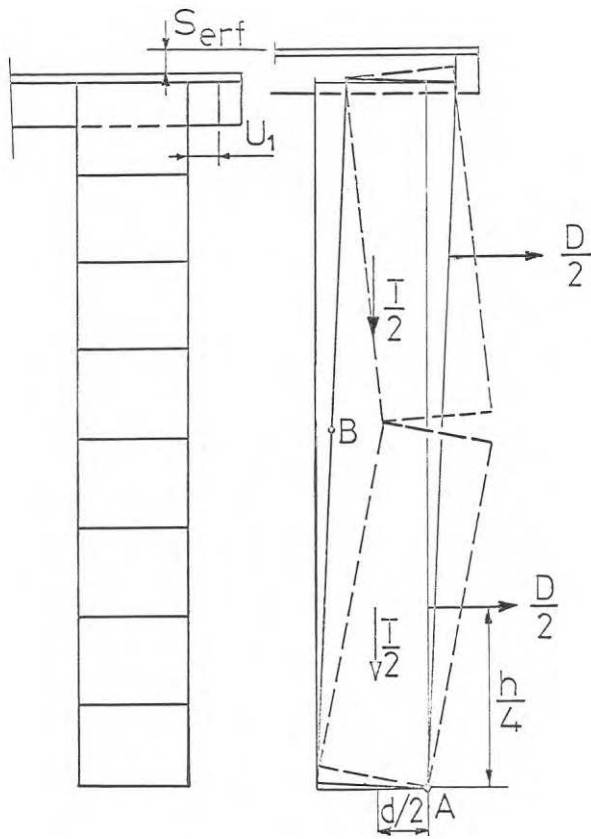
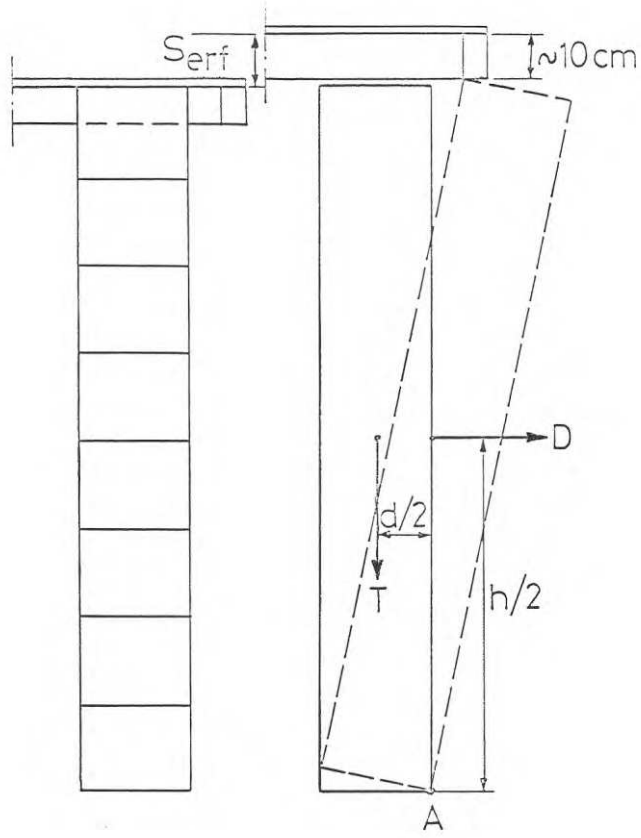
B Centre of rotation

S_{erf} Requisite lift of roof for establishment of failure mechanism

U_1 Possible outward bending of wall peak before initiation of failure mechanism as per (c)

Requisite wind suction and roof lift:

- a) $p_{erf} = 22 \text{ kgf/m}^2$; $S_{erf} = 2,2 \text{ cm}$
 b) $p_{erf} = 20 \text{ kgf/m}^2$; $S_{erf} = \text{approx. } 12 \text{ cm}$
 c) $p_{erf} = 72 \text{ kgf/m}^2$; $S_{erf} = 7,6 \text{ cm}$



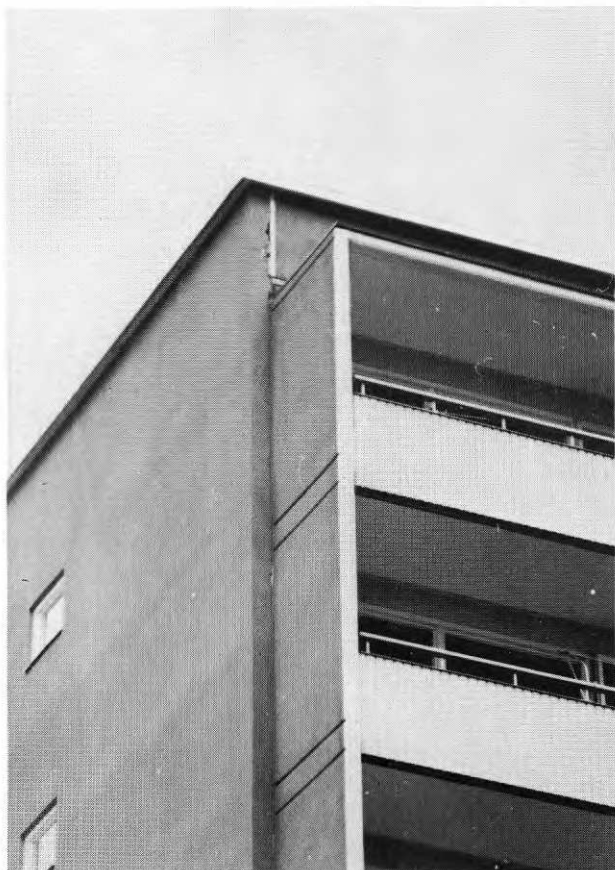


FIG. 4.5.5 a,b,c Skador på väggar i byggnader av samma slag som den i FIG. 4.5.1.

Damage to walls in buildings of same type as in FIG. 4.5.1.



b



c



FIG. 4.6.1 Skadad gavelspets av lättbetong.
Damaged gable of lt.wt. concrete.



FIG. 4.6.2 "Förankring" av gavelspets av samma slag som den som rasat på byggnaden i FIG. 4.6.1.

"Anchorage" of gable similar to that which collapsed on building in FIG. 4.6.1.



FIG. 4.6.3 Öppning efter nedrasad gavelspets av stor höjd.
Opening left by collapsed tall gable.

5 ÖVRIGA SKADOR

5.1 Allmänt

Som framgår av TAB. 2.4.1 har vissa skador hänförts till "övrigt". Under denna punkt innefattas också skador på ställningar och trafikskyltar o.d. Dessa skadors frekvens i det insamlade materialet framgår av FIG. 2.5.1.

Det är nödvändigt att påpeka att flera skadetyper som kommer in under denna punkt, är av mindre betydelse ekonomiskt men att risken för allvarliga olyckor gör det berättigat att påpeka förekommande brister.

5.2 Ställningsras

Ett flertal ställningsras inträffade i Stockholmsområdet, lyckligtvis utan några konstaterade personskador.

Infästningen av de vanligtvis ganska höga ställningarna har tydligen inte dimensionerats för de av vindbelastningen uppkommande krafterna.

Ett exempel på en ställning som böjts kraftigt i riktning längs med huslivet visas i FIG. 5.2.1.

Ett mycket allvarligt belastningsfall uppkommer om ställningen är inklädd i presenningar som utgör mycket effektiva vindfång.

5.3 Trafikskyltar m.m.

Ett stort antal trafikskyltar, belysningsmaster, räcken m.m. har böjts ner av vinden. Det förefaller som om man i många fall inte tänkt på vindbelastning eller medvetet tagit risken att få konstruktionen förstörd.

Ett exempel på en överlastad skyltstolpe visas i FIG. 5.3.1.

5.4 Fönster

Över hela stadsområdet förekom inblåsta fönsterrutor. I centrala staden blåste stora skyltfönster in, vindlasten kunde alltså bli stor också i gatunivån, vilket sammanhänger med den skrovliga bebyggelsestrukturen som för ned höjdvindarna. Det är lokala fenomen som inverkar starkast på vindlasten på låg höjd, där den blir mycket ryckig. Detta medför att belastningen på

t ex fönster blir pulserande, vilket nedsätter hållfastheten.

Även på större höjd kan vindlasten variera i intensitet, det är känt att en vindpuls kan ha en ganska liten utbredning. Detta illustreras med sönderblåsta fönster i FIG. 5.4.1.

5.5 Korrugerad plast

Stor likhet med fönsterskador uppvisar skadorna på korrugerade plastskivor. Materialen är båda spröda. Det förefaller dock som om plastskivorna ofta är mycket underdimensionerade. Detta kan sammanhänga med att skivorna används på delvis öppna byggnader där den uppkommande vindbelastningen kan vara svår att förutsäga. Ett exempel på sönderblåsta fasadpartier av korrugerad plast visas i FIG. 5.5.1.

5.6 Cisterner

Ett antal cisterner av ganska lika typ skadades vid stormen. Vägglåtar revs av beroende på otillräcklig infästning.

Ett typiskt, ganska väldokumenterat fall visas i FIG. 5.6.1-3.

Totalt hade ca 10 % av cisternernas beklädnad ryckts loss. Plåtdelar och mineralullsskivor låg utspridda inom det område som utmärkts på situationsplanen. Skadan hade förmodligen orsakats av att avståndet mellan plåtarnas fästpunkter varit alltför stora. Av skissen över beklädnaden framgår att vissa plåtar endast var fästade med nitar i angränsande plåtar. Detta gjorde att plåtbeklädnaden var relativt "sladdrig". Genom vindens inverkan torde relativt stora svängningar ha uppstått i plåtarna, vilket förmodligen har varit en bidragande orsak till skadan.



FIG. 5.2.1 Rörställning, som varit otillräckligt förankrad, efter stormen.

Tubular steel scaffolding = inadequately secured - after the storm.



FIG. 5.3.1 Överlastad trafikskylt.

Overloaded road sign.



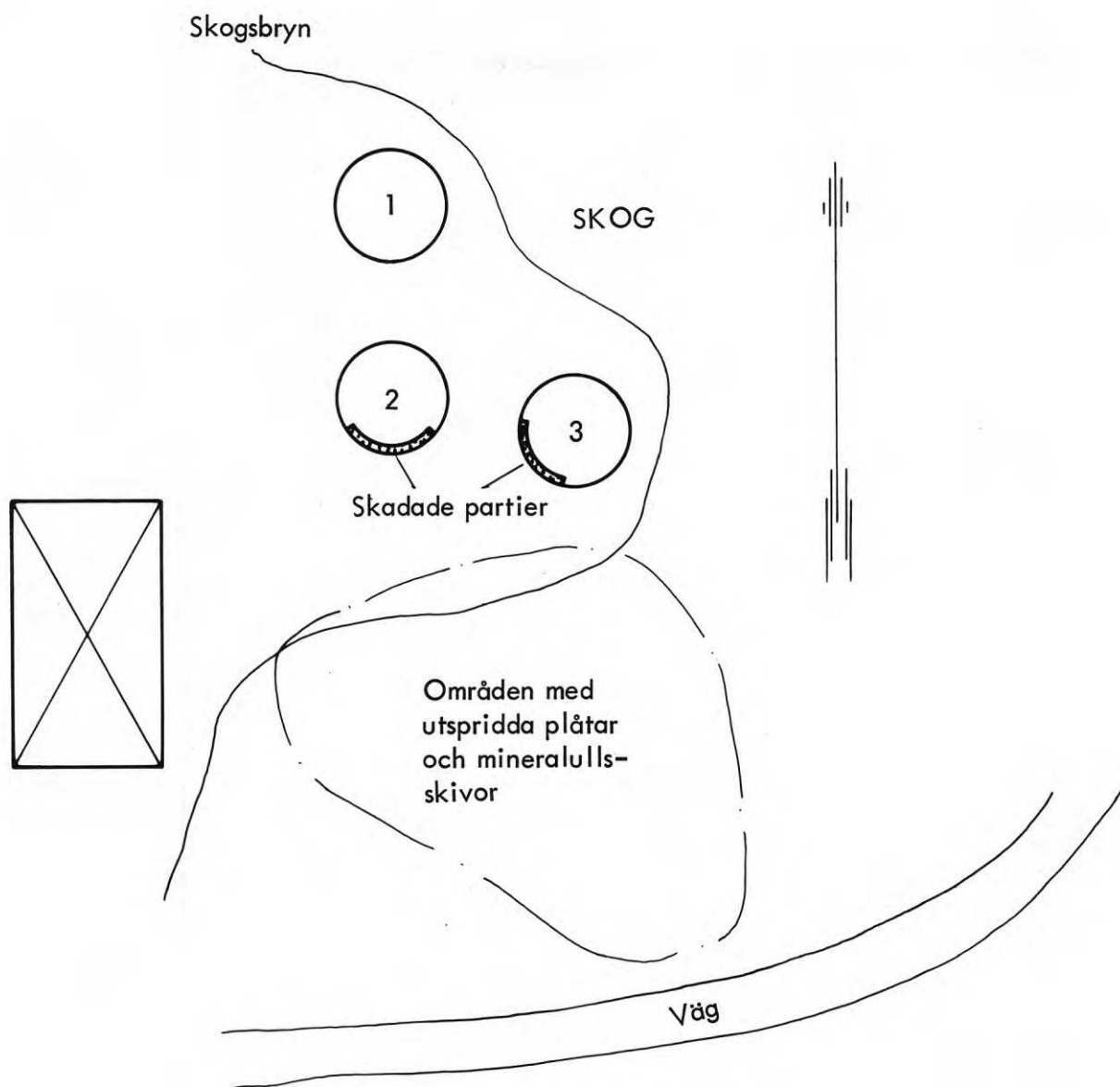
FIG. 5.4.1 Sönderblåsta fönster.

Windows blown out by the wind.



FIG. 5.5.1 Sönderblåsta fasadpartier av korrugerad plast.

Corrugated plastic screen sections damaged by wind.



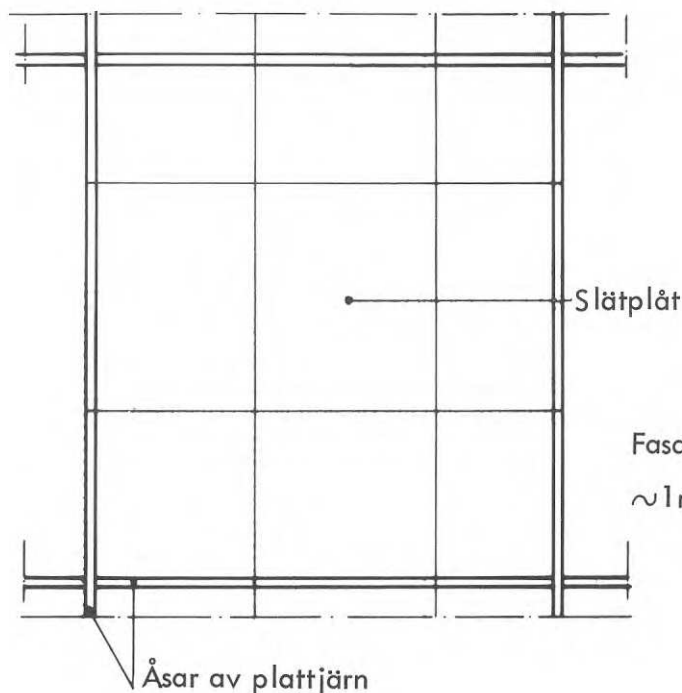
Skala ung. 1:300

Byggnadstyp: Oljecisterner, byggda omkring 1965. Den största av cisternerna (nr 3) var ungefär 8-10 m hög, de bägge andra något lägre. Cisternerna var belägna i utkanten av ett skogsområde och deras läge var relativt skyddat.

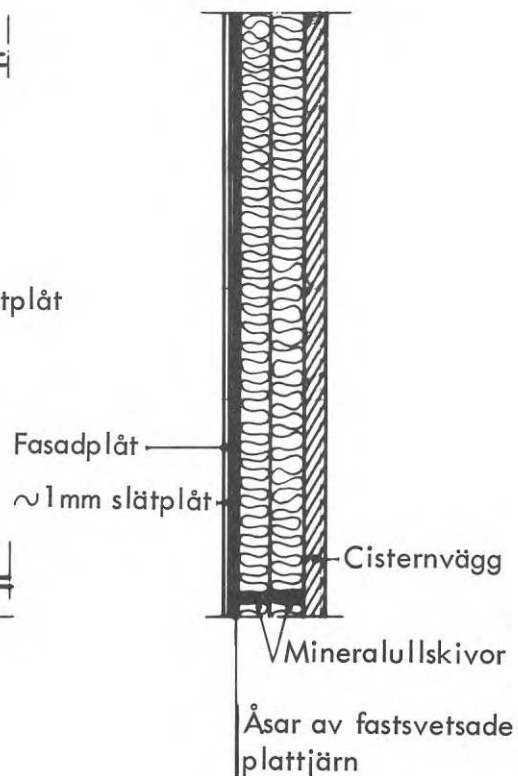
FIG. 5.6.1 Situationsplan.

Site plan.

ELEVATION



SEKTION



Beklädnad: Cisternerna var beklädda med två lager plåtar. Det undre plåtlagret bestod av kvadratmeterstora släta plåtar, vilka var fastsatta genom nitning i åsar och i angränsande plåtar. Fasadplåtarna var fästade sinsemellan medelst vertikala falsar, samt fastsatta i det undre plåtlagret med nitar.

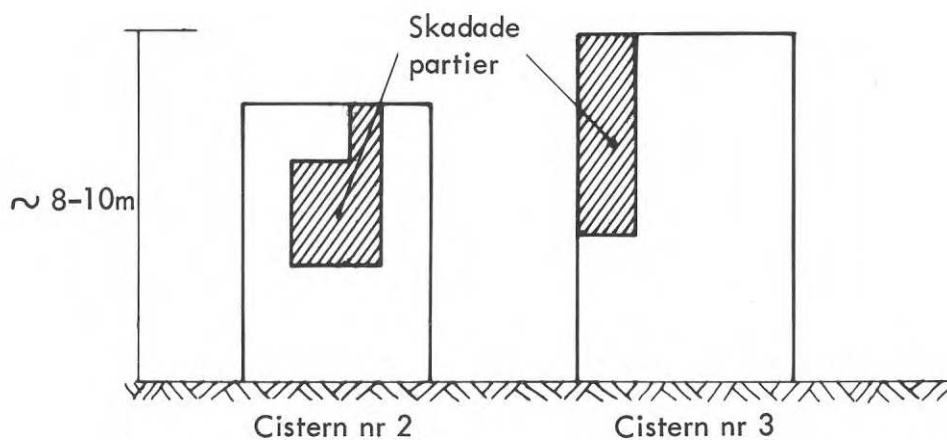


FIG. 5.6.2 Elevation och sektion av cisternen i FIG. 5.6.1 samt detalj av skadans omfattning.

Elevation and section of cistern in FIG. 5.6.1 plus details of the extent of the damage.

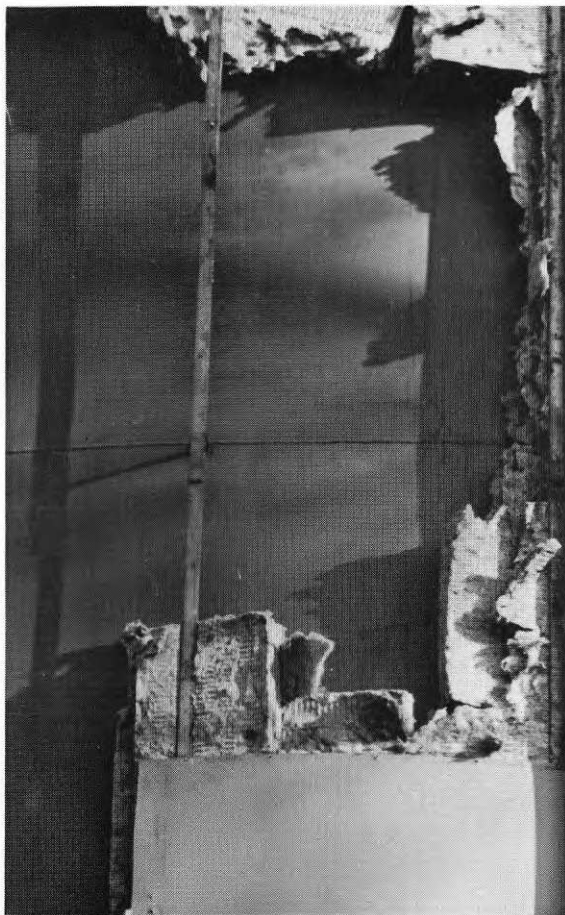


FIG. 5.6.3 Fasadplåten avriven p.g.a. otillräcklig fästning i plattjärnet.

Cladding panels torn off as a result of inadequate attachment to flat-iron bearers.

Vid stormen i ~~Stockholmsområdet den 1.11.-69~~ uppkom en mängd skador. Den utförda inventeringen har gett vid handen att skador på tak och murverk dominerar. Dessa skador är utomordentligt farliga för människor som befinner sig i gatuplanet, varför de påkallar särskild uppmärksamhet. Bland övriga skador märks bl a åtskilliga sönderblåsta fönster och avrivna täckplåtar på cisterner.

Takskadorna indelas i skador på takkonstruktioner och i skador på taktäckningen.

Skador på hela takkonstruktioner beror genomgående på bristande infästningar. Det är därför angeläget att infästningarna ägnas större uppmärksamhet i framtiden.

Huvuddelen av skadorna på taktäckning gäller slätplåts-täckning. (Undersökningar beträffande vindlastens verkliga storlek och klammerspikarnas utdragshållfasthet är därför angelägna). (Uppmärksamhet bör i det sammanhanget ägnas åt förankring av mindre plåt detaljer såsom beslagning av skorstenar, nockbeslag, beslagning av murkrön, vindskivor och dylikt.)

Murverksskador har inträffat på skalmurar av både tegel och lättbetong. I allmänhet beror skadorna på otillräcklig kramling, för få kramlor och för dåligt infästade kramlor.

Fristående murverk såsom gavelspetsar o.d. är mycket känsliga för vindbelastning. De måste i allmänhet förankras väl. Som visas i ett exempel kan ett nedstörtat fristående murverk utlösa en korthusmekanism för skalmuren med allvarliga skador som följd.

Som slutsats av skadeanalysen anförs att många infästningsdetaljer inte har ägnats tillräcklig uppmärksamhet med hänsyn till vindbelastning.

R 44: 1970

**Denna rapport avser anslag nr P 5 från Statens råd för byggnads-
forskning**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Abonnemangsgrupp: k (konstruktion)**

Pris: 17 kronor