



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

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



Rapport

R43:1972

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VRG- OCH VARTEN
BIBLIOTEKET

**Ljudbangar och
byggnadsskador**

**Anne Marie Wilhelmsen
Bertil Larsson**

Byggforskningen

Ljudbangar och byggnadsskador

Anne Marie Wilhelmsen
& Bertil Larsson

I en litteraturoversikt redogörs för ljudbangars uppkomst, utbredning och effekter. Tidigare forskning inom området refereras. Skador i 133 byggnader i södra Sverige som tillskrivits ljudbangar har klassificerats efter lokalisering till byggnadsdelar och deras troliga orsaker diskuteras. Av 370 besiktigade skador bedömdes 52 möjligen vara orsakade av ljudbangar.

En serie fältförsök genomfördes för att vidga underlaget för bedömningen av anmälda skador. Två provhus av trä i regelkonstruktion uppfördes, det ena elementbyggt, det andra platsbyggt och med en yttervägg utbytbar. Över försöksbyggnaderna företogs 53 flygningar i överljudsfart på höjder varierande mellan 13 000 m och 100 m. Övertryck registrerades utomhus och inomhus, olika rörelser hos byggnadsdelar mättes. Med utgångspunkt från erhållna mätvärden diskuteras skador, som kan uppkomma på undersökta byggnadsdelar vid ljudbangar med olika övertryck.

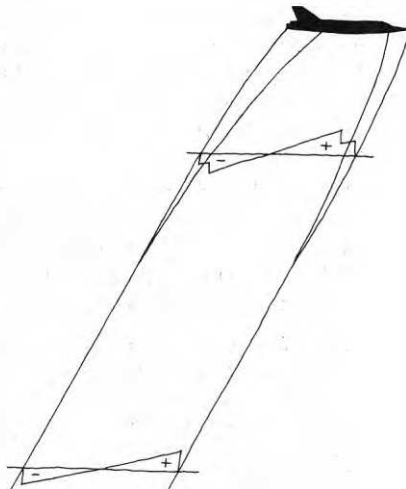
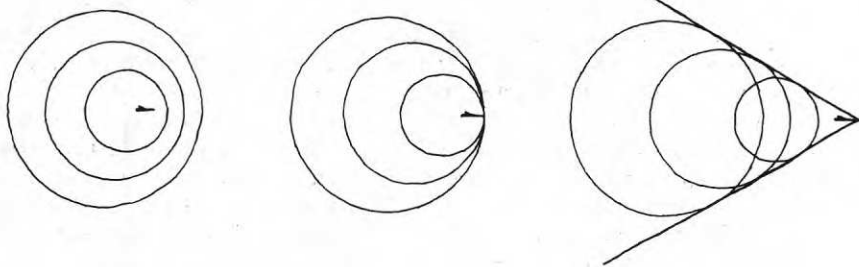


FIG 1 ovan. Tryckvågor alstrade av ett flygplan i överljudsfart. I närfältet har tryckkurvan flera toppar; i fjärrfältet har N-vågen utbildats.

FIG 2 nedan. Störningarnas utbredning kring ett flygplan i underljudshastighet, ljudhastighet och överljudshastighet.



Ljudbangars egenskaper

En ljudbang är det akustiska fenomen som uppstår på markytan som en följd av det stötvågssystem som genereras av ett flygplan i överljudshastighet. Dess trycksignatur (kurvan för övertryckets variation med tiden) karakteriseras av två diskontinuerliga stegringar som sammanbinds av ett kontinuerligt tryckfall och liknar i sin idealiserade form bokstaven N.

Den alstrade stötvågen breder ut sig konformigt bakom flygplanet och ljudbängen uppfattas samtidigt utefter bangkonens skärningslinje med markplanet. Det område på marken, som träffas av bängen från ett flygplan, kallas bangmattan. Bangmattans längd bestäms av

den sträcka planet tillryggalägger med överljudsfart och dess bredd beror av flyghöjd, hastighet och stötvågornas avböjning i atmosfären. Varje punkt på bangmattan träffas av en momentan störning.

Bangens maximala övertryck beror av flygplanstyp och flygbetingelser, atmosfäriska och topografiska förhållanden. Ett genomsnittligt värde på det maximala övertrycket kallas nominellt övertryck och trycket på olika punkter inom bangmattan varierar kring detta. Det nominella övertrycket för bangar genererade av det svenska flygplanet J 35 Draken är vid flygning på 10 000 m höjd ca 60 N/m² och på 5 000 m höjd ca 140 N/m².

Byggforskningen Sammanfattningar

R43:1972

Nyckelord:

ljudbangar, byggnadsskador, bangeffekter, byggnadsdelar

Rapport R43:1972 avser anslag C 551 från Statens råd för byggnadsforskning till bitr. professor Walter Kiessling och arkitekt Anne Marie Wilhelmsen vid Institutionen för husbyggnad, CTH.

UDK 69.059.2
624.042.3
534.831
SfB A
ISBN 91-540-2074-3

Sammanfattning av:

Wilhelmsen, A M & Larsson, B, 1972, *Ljudbangar och byggnadsskador*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R43:1972, 226 s., ill. 33 kr.

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

Ljudbangars effekter

Bangen uppfattas av människan som en knall. En bang med nominellt övertryck av 100 N/m² brukar upplevas som ungefär lika störande som jetmotorbuller av styrkan 100 dB(A).

När en byggnad exponeras för en ljudbang blir den direkta belastningen på en enskild byggnadsdel lika med tryckskillnaden mellan byggnadsdelens båda sidor. Bangens inverkan är en funktion av byggnadsdelens massa, styvhet och dämpningsegenskaper och överstiger inverkan av en statisk last med en faktor som varierar mellan 0 och 2,5.

Skador orsakade av ljudbangar är tänkbara på lätta byggnadsdelar med stor yta och material med ringa draghållfasthet. För övertryck upp till ca 500 N/m² är skador mycket sällsynta och kan uppkomma endast i punkter med tidigare spänningskoncentrationer.

Föreliggande undersökning syftar till att öka kännedomen om ljudbangars inverkan på byggnader och har genomförts i tre etapper, varav den första är en litteraturgenomgång som refererar tidigare forskning inom området.

Skador på byggnader

Andra etappen omfattar inventering av anmälda byggnadsskador som tillskrivits ljudbangar. 370 anmälda skador i 133 byggnader besiktigades. Alla anmälda skador undersöktes och fotograferades och skadeanmälnarna intervjuaades. Skadorna klassificerades efter lokalisering till byggnadsdelar. Före varje skadetyper gjordes en på tillgänglig litteratur, praxis och erfarenhet inom byggbranschen baserad utredning om möjliga orsaker och kriterier. För varje enskild skada gjordes dels en bedömning av den möjliga graden av en ljudbangs inverkan, dels en värdering av den skadade byggnadsdelens utförande och underhåll.

182 av de anmälda skadorna var lokaliserade till ytskikt, 87 till råbyggnad, 54 till huskomplettering, 23 till rumskomplettering, 16 till värmeanläggningar och 8 till inredning.

Bland skadorna bedömdes 52 möjligen vara orsakade av ljudbangar. Av dessa var 24 glasskador, 2 skador på puts och 4 nedfallna föremål. De övriga var i huvudsak skador på invändiga ytskikt.

Orsakerna till de 318 skador som bedömdes inte ha kunnat påverkas av ljudbangar diskuteras med utgångspunkt från tillgängliga data. En mycket vanlig skadeorsak har varit att man i konstruktionen inte tagit hänsyn till de ingående materialens olika rörelser vid varierande fukt och temperatur. Ojämna sättningar är en annan vanlig skadeorsak.

Inventeringen visade att osäkerhet rådde beträffande bedömningen av vissa skador, främst på invändiga ytskikt i trähus.

Experimentserier, mätvärden

Målsättningen för den provserie, som utgör undersökningens tredje etapp, blev därför att utreda ljudbangars inverkan på vissa vanliga svenska konstruktioner, som inte blivit behandlade i de prov som tidigare gjorts utomlands.

Provserien planerades och genomfördes i samarbete mellan en rad olika institutioner och myndigheter. Proven förlades till Nausta by inom Försvarets materielverks försöksområde beläget mellan Arvidsjaur och Jokkmokk. Provens huvuddel genomfördes med överljudsflugningar på höjder mellan 13 000 m och 100 m som genererade bangar med uppmätta övertryck upp till 1 740 N/m².

Rörelser hos olika byggnadsdelar registrerades i två provhus. Det ena var ett elementbyggt trähus i regelkonstruktion med två rum, och det andra ett platsbyggt hus med ett rum av samma

FIG 3. Provenheter för registrering av rörelser i byggnadsdelar vid ljudbangsexponering. Till vänster elementbyggt provhus. Duken på väggen är riktmarke för inflygning. Till höger provenhet med utbytbar gavelvägg med belastningsanordning.



mått som rummen i den första provenheten och med väggen i anflygningsriktningen utbytbar. Två provväggar användes, en av samma konstruktion som i det elementbyggda provhuset och den andra av vekare konstruktion.

Under flygningarna mättes övertryck utomhus och inomhus. I försöksbyggnaderna mättes bland annat väggars utböjning, glipning i skarvar och rörelser mellan olika byggnadsdelar. Provhuset och vissa befintliga byggnader okulärbesiktigades under provperioden.

De utbytbara väggarna provades också i laboratorium med avseende på utböjning under statisk last. Den förväntade maximala utböjningen för ljudbangar kunde härigenom beräknas. Inget mätvärde från fältförsöken översteg de beräknade maximala värdena.

Mätvärdena för glipning och vinkeländring mellan olika byggnadsdelar och byggnadselement ger underlag för bedömning huruvida skador på invändiga ytskikt kan uppkomma som följd av ljudbangar.

Glipning i skarvar mellan träfiberskivor på ytterväggens insida mättes i båda provhusen och gav genomgående små utslag. I det elementbyggda huset registrerades för övertryck upp till 1 680 N/m² maximalt 0,007 mm glipning.

I fog mellan två ytterväggselement i samma plan uppmättes vid övertryck upp till 400 N/m² en glipning av 0,01 mm och 0,07 mm vid 1 000 N/m². Mel-

lan två ytterväggselement i vinkel uppmättes glipning av 0,1 mm för övertryck upp till 400 N/m² och 0,4 mm för 1 000 N/m².

I fog mellan ytter- och innervägg registrerades vid övertryck upp till 100 N/m² en glipning upp till 0,5 mm och vid övertryck upp till 400 och 1 000 N/m² 1 mm resp 1,5 mm.

Diskussion

Med utgångspunkt från bedömningar baserade på tillgängliga materialdata, rekommendationer och praxis beträffande ytbehandlingars utförande har slutsatser dragits av mätvärdena beträffande skador orsakade av ljudbangar på invändiga ytskikt. Slutsatserna gäller för hus av en konstruktion liknande den i provhusen.

Skador på tapet skulle kunna förväntas i vinkel mellan ytter- och innervägg vid övertryck över 400 N/m², över elementfogar vid övertryck över 1 000 N/m² och

över fogar mellan träfiberskivor spikade mot kontinuerligt underlag endast vid övertryck högre än här uppmätta.

Sprickor i fogbruk mellan kakelplattor på träunderlag skulle kunna uppstå vid övertryck över 400 N/m² och sprickor i färgskikt vid takvinkel vid övertryck över 300 N/m². För alla nämnda spricktyper gäller att för att sprickor skall kunna uppstå vid de små rörelser det är fråga om måste ytskiktet vara sprött. Sprickorna blir därför hårfina och mycket svåra att upptäcka med blotta ögat.

Byggnadsdelarnas rörelser under några all dagliga påfrestningar mättes också. Vid stängning av en dörr registrerades en halv meter från dörren rörelser av samma storleksordning som vid en ljudbang med övertrycket 500 N/m².

Synliga skador registrerades vid okulärbesiktningarna först vid övertryck av 1 680 N/m², då befintliga sprickor i en fönsterruta förlängdes. En fönsterbåge, spikad från utsidan mot ytterväggen, lossnade också.

En jämförelse mellan dimensionerande vindhastighetstryck i Sverige och ljudbangars inverkan på byggnader visar att bangar genererade av J 35 Draken vid flygning på 3 000 m höjd motsvarar lägsta (500 N/m²) och bangar från 1 000 m höjd högsta (1 500 N/m²) dimensionerande vindhastighetstryck enligt SBN 67.

Lägsta tillåtna höjd för militär överljudsflugning över land är 10 000 m och över hav 5 000 m.

Sonic booms and structural damage

Anne Marie Wilhelmsen
& Bertil Larsson

The generation, propagation and effects of sonic booms are described in a review of literature. Reference is made to earlier research in this field. Cases of damage to 133 buildings in southern Sweden which have been ascribed to sonic booms have been classified on the basis of their location in different parts of the buildings, and their probable causes are discussed. It was considered that of the 370 cases of damage inspected, 52 may have been caused by sonic booms.

A series of field tests were performed in order to broaden the basis for the assessment of reported cases of damage. Two timber framed test buildings were erected, one using prefabricated sections and the other in-situ construction with one replaceable external wall. Fifty-three overflights at supersonic speeds, at altitudes ranging from 100 to 13,000 m, were carried out over the test buildings. The overpressure created was recorded both in and out of doors and movements in different parts of the buildings were measured. The types of damage which may be caused in the building components studied in this investigation by the overpressure due to a sonic boom are discussed on the basis of the readings obtained.

The characteristics of sonic booms

A sonic boom is the acoustic phenomenon which is caused on the ground as a result of the shock wave system generated by a plane flying at a supersonic speed. The pressure signature (the curve showing the variation of the overpressure with time) of the boom is characterised by two discontinuous rises connected by a continuous fall in pressure and in its idealised form is similar to the letter N.

The shock wave created is propagated behind the plane in the shape of a cone, a sonic boom being heard simultaneously at all points along the line of intersection of this cone with the ground. The area on the ground which is affected by the boom from a plane is termed the boom carpet. The length of this carpet is dependent on the distance travelled by the plane at a supersonic speed while its width is determined by the altitude of the plane, its speed and the deflection of the shock waves in the atmosphere. Every point on the boom carpet is subjected to an instantaneous disturbance.

The maximum overpressure caused by the boom is a function of the type of plane and flight characteristics and of atmospheric and topographic conditions. The average of the maximum overpressure is called the nominal over-

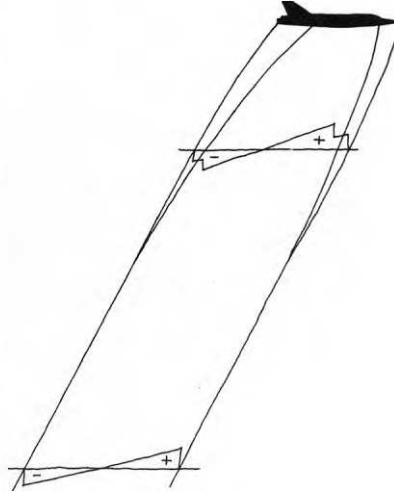
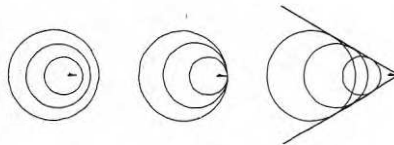


FIG 1 above. Appearance of the pressure signature at increasing distances from the plane. In the near field there are several pulses while in the background the pressure signature has the shape of the letter N.

FIG 2 below. Propagation of disturbance around a plane flying at a subsonic, a transonic and a supersonic speed.



pressure and the pressure at different points inside the boom carpet varies about this value. The nominal overpressure caused by booms generated by the Swedish Air Force fighter J 35 Draken is about 60 N/m² for a flight at an altitude of 10,000 m and about 140 N/m² at an altitude of 5000 m.

The effects of sonic booms

The boom is heard by people as a crack. The sensation produced by a boom with a nominal overpressure of 100 N/m² is usually about the same as that due to jet engine noise of 100 dB(A) intensity.

When a building is exposed to a sonic boom, the direct load on an individual part of the building is equal to the difference in pressure on the two sides of this part. The effect of the boom is a function of the mass, stiffness and damping characteristics of the component and exceeds the effect due to a static load by a factor that varies between 0 and 2.5.

National Swedish Building Research Summaries

R43:1972

Key words:

sonic booms, structural damage, effects of sonic booms, building components

Report R43:1972 has been supported by Grant C 551 from the Swedish Council for Building Research to Walter Kiessling and Anne Marie Wilhelmsen at the House Building Division at Chalmers University of Technology.

UDC 69.059.2
624.042.3
534.831
SfB A
ISBN 91-540-2074-3

Summary of:

Wilhelmsen, A M & Larsson, B, 1972, *Ljudbangar och byggnadsskador*. Sonic booms and structural damage. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R43:1972, 226 p., ill. 33 Sw. Kr.

This report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

Damage due to a sonic boom is possible in light building components which have a large surface and consist of a material with a low tensile strength. Damage is very rare at overpressures up to about 500 N/m^2 and can only occur at points at which there were earlier stress concentrations.

The aim of this investigation is to increase the knowledge available as to the effect of sonic booms on buildings and has been performed in three stages, the first of these being a review of literature relating to previous research in this field.

Damage to buildings

The second stage comprises an investigation of reported cases of damage to buildings which had been ascribed to sonic booms. 370 reported cases in 133 buildings were inspected. All reported damage was studied and photographed and the person who made the report was interviewed. The cases of damage were classified according to location in various building components. An investigation as to possible causes and criteria, based on available literature, current practice and experiences in the building trade, was performed in relation to each type of damage, while an assessment was made in respect of each individual case of damage as to the likely effect of a sonic boom and also an evaluation of the construction and maintenance of the damaged building component.

Of the reported cases of damage, 182 were located in the external finishes, 87 in the structural components, 54 in the secondary elements, 23 in the fixture elements, 16 in heating installations and 8 in furnishings.

It was considered that 52 of the cases may have been caused by sonic booms. Of these, 24 were damage to glass, 2 damage to plasterwork and 4 objects that had fallen down. The other cases mainly comprised damage to internal finishes.

The 318 cases of damage which it was considered could not have been caused by sonic booms are discussed on the basis of available data. A very common cause of damage has been lack of consideration during design of the differential movements in the materials used, due to variable moisture and temperature conditions. Unequal settlements are also a common cause of damage.

The investigation showed that there was uncertainty in assessing the causes of certain cases of damage, mainly those which occurred in the internal finishes in timber framed buildings.

Experimental series, readings

The object of the test series which constitutes the third stage of the investigation was therefore to ascertain the effect of sonic booms on some constructions common in Sweden which have not been dealt with in tests performed earlier abroad.

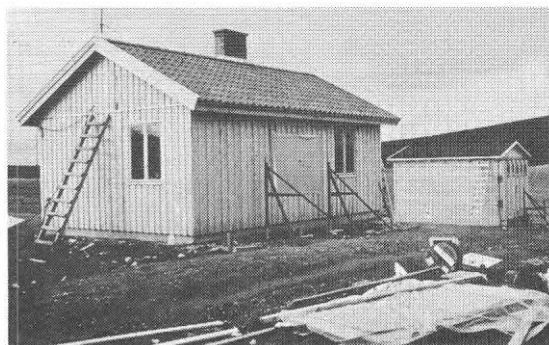
The test series was planned and performed in collaboration between a number of institutions and authorities. The test was located at Nausta village situated between Arvidsjaur and Jokkmokk in the research area of the Equipment Department of the Swedish Armed Forces.

Most of the tests were performed by means of supersonic overflights at altitudes varying between 100 and 13,000 m which generated booms with overpressures of up to 1740 N/m^2 .

The movements in different building components were recorded in two test buildings. One of these was a prefabricated timber framed building containing two rooms and the other a building constructed in situ containing one room of the same dimensions as the two in the other building and with a replaceable wall in the approach direction. Two test walls were used, one of the same design as that in the prefabricated building and the other of a weaker construction.

The overpressure indoors and outdoors was measured during the flights. The measurements made in the test buildings comprised, inter alia, the deflections of the walls, movements in joints

FIG 3. Test buildings subject to recording movements of building components. To the left a prefabricated building. The screen nailed to the wall is the point of aim during aircraft's approach. To the right test building with interchangeable gable wall and load applicator.



and movements between different components of the buildings. Visual inspection of the test buildings and certain other existing buildings was carried out during the test period.

The replaceable walls were also tested in the laboratory with regard to deflection due to static loading. The expected maximum deflection due to sonic booms could be calculated in this way. None of the readings during the field tests exceeded the calculated maximum values.

The readings obtained with regard to movement and change in angle between different building components and building elements provide the basis for an assessment of whether damage to internal finishes can occur as a result of sonic booms.

The movements in joints between fibre boards on the inside of the external wall were measured in both test buildings. The readings obtained were consistently small. The maximum movement for overpressures of up to 1680 N/m^2 was 0.007 mm in the prefabricated building.

The movement in a joint between two external wall sections in the same plane was 0.01 mm at overpressures of up to 400 N/m^2 and 0.07 mm at 1000 N/m^2 .

The movement between two external wall sections at a corner was 0.1 mm for overpressures of up to 400 N/m^2 and 0.4 mm for an overpressure of 1000 N/m^2 .

Movements of up to 0.5 mm were recorded in joints between the internal and external wall at overpressures of up to 100 N/m^2 and movements of 1 and 1.5 mm at overpressures of up to 400 and 1000 N/m^2 respectively.

Discussion

On the basis of assessments made in view of available material data, recommendations and practice with regard to surface finishes, conclusions have been drawn from the readings in relation to damage to internal finishes caused by sonic booms. The conclusions are applicable to buildings which have a construction similar to that in the test buildings.

Damage to wallpaper may be expected at the angle between the external and internal wall at overpressures in excess of 400 N/m^2 , over joints between sections at overpressures in excess of 1000 N/m^2 , and over joints between fibre boards nailed to a continuous backing only at overpressures higher than those recorded here.

Cracks can occur in the jointing compound between tiles on a timber backing at overpressures higher than 400 N/m^2 and cracks in the paint film at the angle of the ceiling at overpressures higher than 300 N/m^2 .

In order that cracks of the above types should occur as a result of the small movements which take place, the surface must be brittle. The cracks will therefore be hair cracks and very difficult to detect with the naked eye.

The movements in building components due to some everyday stresses were also measured. When a door was shut, the movements recorded 50 cm from the door were of the same order as those caused by a sonic boom with an overpressure of 500 N/m^2 .

It was only when the overpressure was as much as 1680 N/m^2 that visible damage was detected in the course of the visual inspections. This consisted of extension of existing cracks in a window pane. A casement nailed to the external wall from the outside was also loosened.

A comparison between the design wind pressures applicable in Sweden and the effect of sonic booms on buildings shows that booms generated by the J 35 Draken flying at an altitude of 3000 m correspond to the lowest design wind pressure (500 N/m^2) and those due to flights at 1000 m to the highest design wind pressure (1500 N/m^2) according to Swedish Constructional Standards SBN 67.

The lowest permitted altitude for military supersonic flights over land is $10,000 \text{ m}$ and over the sea 5000 m .

Rapport R43:1972

LJUDBANGAR OCH BYGGNADSSKADOR

SONIC BOOMS AND STRUCTURAL DAMAGE

av Anne Marie Wilhelmsen
& Bertil Larsson

Denna rapport avser anslag C 551 från Statens råd för byggnadsforskning till bitr professor Walter Kiessling och arkitekt Anne Marie Wilhelmsen vid Institutionen för husbyggnad, CTH. Skriftens innehåll försvaras i disputation för doktorsexamen vid CTH av Anne Marie Wilhelmsen. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

ISBN 91-540-2074-3

Rotobekman Stockholm 1972

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett lagarbete som under flera år pågått på institutionen för husbyggnad vid Chalmers Tekniska Högskola.

Projektledare har varit bitr professor Walter Kiessling, vars aktiva medverkan under projektets alla skeden varit en nödvändig förutsättning för dess genomförande. Arkitekterna Lars Jacobson och Hans Lindgren, forskningsassistenter vid institutionen, och driftsingenjör Uno Hansson vid Milo S deltog i byggskadeinventeringen i Småland och provserien i Nausta. Fru Connie Dickell, institutionens sekreterare, har skött projektets kamerala sida samt renskrivit rapporten.

Byrådirektör Björn Wallin vid FCF initierade byggskadeinventeringen och medverkade tillsammans med f krigsrådet Curt Nilsson till att provserien kom till stånd.

Proven i Nausta kunde genomföras tack vare överstelöjtnant Åke Sandblads och major Lennart Rittbys medverkan. Driftsingenjör Mac Dahlin vid RFN var kontrollant vid uppförandet av provenheterna och hjälpte oss under provens planering och genomförande med alla praktiska detaljer.

Vidsels lottor under ledning av fru Margit Eriksson lagade under fältmässiga förhållanden en utmärkt mat åt de ca 30 personer som bodde i Nausta by under de två provveckorna.

Alla nämnda personer och alla övriga som stött arbetet, personal vid Flygvapnet, Flygstaben, Försvarets Civilförvaltning, Fortifikationsförvaltningen och dess byggnadsbyrå, Försvarets Materielverk och Robotavdelningens Försöksplats Norrland, Flygtekniska Försöksanstalten, Statens Institut för Folkhälsan, Stockholms Universitet och Chalmers Tekniska Högskola vill författarna tacka för värdefull hjälp.

Båda författarna har deltagit i arbetets alla faser. Huvudansvaret för olika avsnitt fördelar sig enligt följande:

AM Wilhelmsen: Kap 1 - 6, 8. B Larsson: Kap 10, 11 (mätteknik och utvärdering). Gemensamt: Kap 7, 9, 11 (övrigt), 12.

Göteborg, oktober 1972

Anne Marie Wilhelmsen Bertil Larsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	6
1 BAKGRUND OCH FRÅGESTÄLLNINGAR. STUDIENS ALLMÄNNA UPPLÄGGNING.	9
2 LITTERATURÖVERSIKT BETRÄFFANDE LJUDBANGARS UPPKOMST OCH EFFEKTER	11
2.1 Ljudbangars uppkomst och utbredning	11
2.2 Ljudbangars inverkan på människor och djur	19
2.2.1 Inverkan på människor	22
2.2.2 Inverkan på djur	24
2.3 Ljudbangars inverkan på byggnader	25
2.3.1 Seismiska effekter	26
2.3.2 Belastning på byggnader	27
2.3.3 Inverkan på byggnadsdelar	28
2.4 Tänkbara byggnadsskador	29
2.4.1 Fönsterglas	29
2.4.2 Puts	32
2.4.3 Nedfallna föremål	33
2.4.4 Ljudbangar som skadeutlösande faktor	33
2.4.5 Kumulativ verkan	34
2.4.6 Förebyggande åtgärder	35
2.4.7 Speciellt värdefulla och känsliga byggnader	35
3 ANMÄLDA BYGGNADSSKADOR	37
3.1 Sannolikhet för uppkomst av skador	37
3.2 Samband mellan upplevelsen av bangen och skadeanmälan	38
3.3 Dokumenterade och anmälda skador i USA	39
3.4 Svenska skadeanmälningar under 60-talet	40
4 INVENTERING AV 133 BANGSKADE- ANMÄLNINGAR I SVERIGE	41
4.1 Tidigare handläggning av anmälningar	41
4.2 Målsättning och ansvarsfördelning	41
4.3 Besiktningarnas genomförande	42
4.4 Bedömning av skadorna	43
4.5 Bedömningskod	44
4.6 Vittnesberättelser	46
4.7 Ersättning	46
5 BYGGNADSSKADOR I INVENTERINGEN	47
5.1 Skador på råbyggnad	48
5.1.1 Skador på väggar Betong, betongsten och lättklinkerbetong 51, Lättbetong 53, Trä 55	48
5.1.2 Skador på bjälklag Betong 56, Trä 56	56
5.1.3 Skador på innertrappor av trä	56
5.1.4 Skador på yttertak	57
5.2 Skador på huskomplettering	57
5.2.1 Skador på dörrar och fönster Trä 57, Glas 59	57
5.3 Skador på ytskikt	68
5.3.1 Skador på utvändig väggbeklädnad Tegel 68, Puts 68	68
5.3.2 Skador på invändig vägg- och takbeklädnad Puts 74, Kakel 75, Väv- och papp- spänningar 77, Tapet och målning 78	74
5.3.3 Skador på golvbeläggning Betong 81, Träparkett 82	81

5.3.4	Skador på yttertaksbeklädning	82
5.4	Skador på värmeanläggning	83
5.5	Skador på rumskomplettering	84
5.6	Skador på inredning	86
5.6.1	Möbler	86
5.6.2	Lösa föremål	86
6	DISKUSSION AV SKADEORSAKER	87
7	MÅLSÄTTNING FÖR PROVSERIE	91
8	FÖRSÖKSPLANERING	93
8.1	Projektplan	93
8.2	Deltagande institutioner och myndigheter	93
8.3	Provplatsen	95
8.4	Information till allmänheten	95
9	METODER OCH PROVENHETER	98
9.1	Provenheter	98
9.2	Beräkningsmetoder	98
10	LABORATORIEFÖRSÖK	101
10.1	Försöksanordning	101
10.2	Försökens genomförande	101
10.3	Resultat	104
11	FÄLTFÖRSÖK	105
11.1	Försöksbyggnader	105
11.2	Organisation på försöksplatsen	112
11.3	Mätapparatur	113
11.3.1	Meteorologisk mätapparatur	113
11.3.2	Tryckgivare	117
11.3.3	Givare för vinkeländrings- och glipmätning	119
11.3.4	Accelerometrar	121
11.3.5	Övrigt	123
11.4	Flygningar	123
11.5	Jämförande prov	125
11.6	Resultat	127
11.6.1	Meteorologiska data	127
11.6.2	Övertryck	129
11.6.3	Vinkeländrings- och glipmätning m m	135
11.6.4	Accelerometervärden	158
11.6.5	Övriga resultat	161
12	DISKUSSION	163
12.1	Övertryck	163
12.2	Utböjning	164
12.3	Glipning och vinkeländring	165
12.3.1	Sammanfattning av mätresultat	165
12.3.2	Möjliga skador på invändiga ytskikt	168
12.4	Övriga mätvärden	170
12.5	Slutord	171
	REFERENSER	175
	Appendix 1, Byggnadsskador	183
	Appendix 2, Övertryck	187
	Appendix 3, Vinkeländring, glipning etc	191
	Appendix 4, Acceleration	213
	CAPTIONS (figurtexter till engelska)	223

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

Ljudbang	är det akustiska fenomen som uppstår på markytan som en följd av det våg-system som genereras av ett flygplan framfört i större hastighet än den lokala ljudhastigheten. (ICAO memo 6)
Övertryck (p)	är skillnaden mellan trycket i en punkt vid ett visst ögonblick och det omgivande atmosfärstrycket; positivt då trycket är större och negativt då det är mindre än det omgivande atmosfärstrycket. (ICAO memo 6)
Nominell	är ett adjektiv använt för att beskriva signatur och kvantitativa värden hos en ljudbang genererad av ett givet flygplan framfört på givet sätt i ICAO standardatmosfär och mottagen på slät mark med reflexionsfaktorn 2. (ICAO memo 6)
Machtal	är förhållandet mellan en kropps hastighet och den lokala ljudhastigheten.
Kritiskt machtal	är det machtal vid vilket en stötvåg under givna flygbetingelser och givna atmosfäriska förhållanden når ner till markytan.
Trycksignatur	är en kurva som visar övertryckets variation med tiden. (ICAO memo 6)
N-våg	är en trycksignatur som liknar bokstaven N. (ICAO memo 6)
Superbang	är en ljudbang med ökad intensitet i samband med varierande flygbetingelser eller varierande atmosfäriska förhållanden.

- Total varaktighet (T) eller signaturintervall är tidsintervallet mellan början av N-vågens första stöt och början av sista stöten. (ICAO memo 6)
- Maximal impuls (I) är det maximala värdet av ytintegralen av det positiva övertrycket med avseende på tiden. (ICAO memo 6)
- Maximalt övertryck (p_{\max}) är det högsta positiva värdet av övertrycket. (ICAO memo 6)
- Effektivt övertryck (ΔP) definieras av formeln $\Delta P = \frac{4I}{T}$ (ICAO memo 6)
- Stigtid (τ) för en stöt är tidsintervallet från början av stöten till dess vändpunkt. (ICAO memo 6)

1 BAKGRUND OCH FRÅGESTÄLLNINGAR. STUDIENS ALLMÄNNA UPPLÄGGNING.

Föreliggande studie ingår i det forskningsarbete om immissionsbetingade byggnadsskador, som bedrivs vid institutionen för husbyggnad vid Chalmers tekniska högskola. I programmet för detta forskningsområde (Kiessling och Wilhelmsen, 1969) presenterades ljudbangars inverkan på byggnader som ett avgränsat projekt.

Ljudbangar och deras effekter på människor, djur och byggnader hade länge varit föremål för diskussion i massmedia. Forskning rörande ljudbangars uppkomst och utbredning hade under flera år bedrivits i Sverige på Flygtekniska Försöksanstalten. Någon forskning beträffande ljudbangars olika effekter hade emellertid hittills inte förekommit i landet.

Skador, i första hand på byggnader, som förmodats vara orsakade av bangar hade anmälts i skiftande utsträckning sedan 60-talets början. En markant ökning av antalet skadeanmälningar inträffade under de tre första månaderna 1969, då skador motsvarande mellan en halv och en miljon kronor anmäldes.

Av flera skäl framstod det som angeläget att frågan om ljudbangars inverkan på byggnader blev belyst. Om ljudbangar kunde innebära en allvarlig påfrestning på byggnader var det angeläget att utreda om särskilda normer behövdes för byggnader utsatta för denna påfrestning. Skadereglerande myndigheter behövde underlag för bedömning av anmälda skador, och för allmänheten var det angeläget att få information om vilka skadeverkningar man rimligen kunde vänta sig. En eventuell förändring av bestämmelserna om tillåten höjd för överljudsflygning kunde bli aktuell om det visade sig att flygning enligt gällande bestämmelser gav stora olägenheter.

Studien genomfördes i tre etapper. Första etappen omfattade en genomgång av tillgänglig litteratur om ljudbangars inverkan på byggnader och kontakter med forskare, som i andra länder arbetade med dessa frågor. Denna etapp presenteras i kap 2

och 3. Eftersom ingen samlad översiktlig redogörelse för ljudbangars uppkomst och effekter tidigare fanns på svenska bedömdes det lämpligt att ge en sådan som bakgrund till senare resonemang.

Andra etappen bestod av en inventering av svenska skadeanmälningar i syfte att klargöra i vilken utsträckning det var möjligt att avgöra om skadorna kunnat vara orsakade av ljudbangar. Resultatet av inventeringen redovisas i kap 4, 5 och 6. I inventeringen behandlades 133 byggnader med 370 anmälda skador. Skadorna har systematiserats efter lokalisering till byggnadsdelar enligt BDC-systemet och deras orsaker diskuteras allmänt och med hänsyn till ljudbangars eventuella inverkan. Skadeinventeringen har härigenom fått ett allmänt byggnadstekniskt intresse och bör kunna användas som underlag för bedömning av byggnadsskador i flera sammanhang.

Tredje etappen, som presenteras i kap 7-12, omfattade en provserie med överflygningar över provenheter. De två första etapperna gav programunderlag för den tredje etappen.

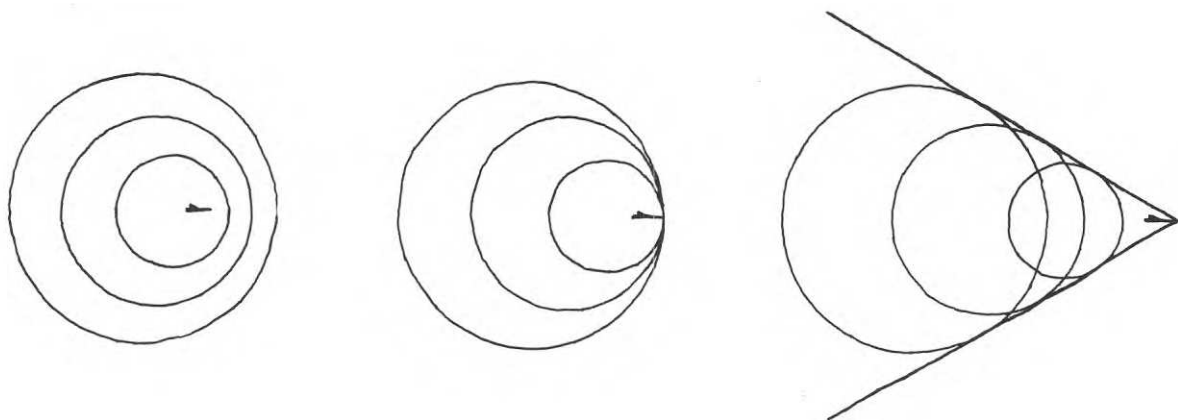


FIG. 1. Störningarnas utbredning kring ett flygplan i underljudshastighet, ljudhastighet och överljudshastighet.

2 LITTERATURÖVERSIKT BETRÄFFANDE LJUDBANGARS UPPKOMST OCH EFFEKTER

Redogörelser för ljudbangars uppkomst och effekter har bl a utgivits av NASA (NASA SP-147, 1967 och NASA SP-180, 1968). Till OECD-konferensen i februari 1970 med ämnet Sonic Boom Research utgavs en sammanfattande rapport över dagens kunskaper och forskning inom området (Lilley, 1969 a-d, Rice and Lilley 1969). Wiggins (1969) har gett en populariserad sammanfattning av ämnet. Den, som är intresserad av att tränga djupare i frågan, hänvisas i första hand till Wiggins (1969). För att underlätta förståelsen för de resenemang, som lett till bedömningen av anmälda skador och av behovet av forskning rörande ljudbangars inverkan på byggnader, lämnas här en kort översikt av ljudbangars uppkomst och effekter. Den bygger, där annat ej anges, på ovannämnda framställningar.

2.1 Ljudbangars uppkomst och utbredning

En ljudbang uppstår när ett föremål rör sig snabbare än ljudhastigheten i det omgivande mediet.

Ett flygplan ger under sin färd upphov till tryckstörningar, som fortplantas med ljudhastighet. Ett flygplan i underljudsfart ger kontinuerliga tryckförändringar medan däremot ett plan med överljudshastighet alstrar stötvågor, som kännetecknas av diskontinuerliga förändringar i tryck, densitet och temperatur.

Fig 1 visar störningarnas utbredning kring ett flygplan i olika hastigheter. Störningen rör sig sfäriskt och med ljudhastighet (v) kring planet. Ju snabbare planet rör sig, desto mindre blir avståndet mellan sfärerna i flygriktningen och när flygplanet uppnår ljudhastigheten kommer sfärerna att tangera varandra. När planet överskrider ljudhastigheten skär sfärerna varandra. Deras envelopp bildar en stötvåg, som får formen av en kon med toppvinkeln α (Machvinkeln)

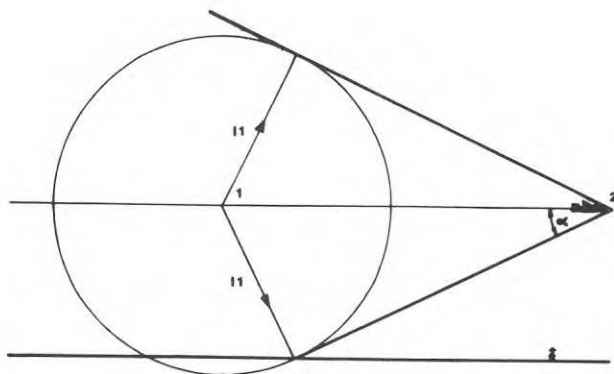


FIG. 2. I punkt 1 alstrar flygplanet en impuls, som når ner till marken när flygplanet hunnit till punkt 2. Machvinkeln = α

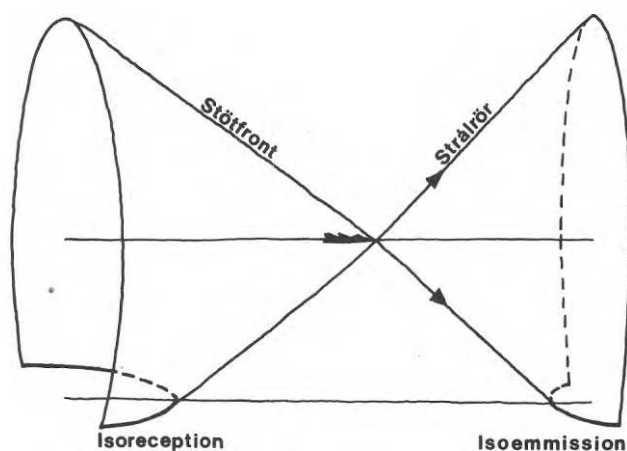


FIG. 3. Flygplanet alstrar impulser, som är riktade framåt. Planet rör sig snabbare än impulserna, som bildar en konformad stötfrent bakom planet.

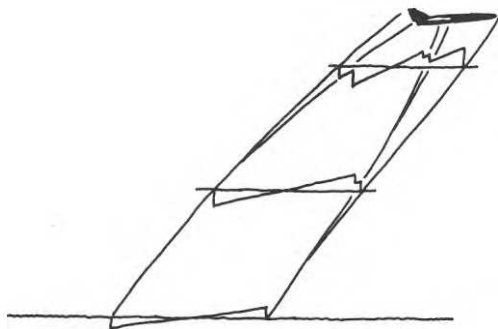


FIG. 4. Tryckkurvans utseende på ökande avstånd från flygplanet. I närfältet förekommer flera stötar, i fjärrfältet är tryckkurvan N-formad.

beroende av planets hastighet. Konen beskriver stötvågens utbredning bakom planet i ett visst ögonblick. Om planet har hastigheten v_1 blir dess machtal $M = \frac{v}{v_1} = \frac{1}{\sin \alpha}$.

Fig 2 visar den tryckimpuls, som i ett visst ögonblick alstras av planet. I en punkt 1 alstras en tryckimpuls I_1 , som utgår från planet och har formen av en kon, vars mantelyta är vinkelrät mot den i fig 1 beskrivna bangkonens. När flygplanet hunnit till punkten 2 når impulsen I_1 ner till markplanet.

Fig 3 visar stötvågens utbredning bakom planet och impulsernas emission från planet. Den konformade stötvågens skärning med ett horisontalplan bildar en hyperbelformad kurva. På varje punkt av hyperbeln kan bangen uppfattas samtidigt och kurvan har därför kallats isoreception (Vallee, 1969).

De impulser, som planet alstrar i en punkt på flyglinjen, utgår som strålrör från källan och bildar en kon som är riktad framåt från emissionspunkten. Strålrör alstrade i samma emissionspunkt träffar horisontalplanet efter en isoemmissionskurva (Vallee, 1969) som också är hyperbelformad men riktad åt motsatt håll. Den punkt på isoemmissionskurvan, som ligger i samma vertikalplan som flyglinjen, nås först av impulsen och får det högsta övertrycket.

Tryckförändringen på ökande avstånd från flygplanet beskrivs i fig 4. Karaktäristiskt för tryckkurvan är, att dess första del, som utgår från planets nos, innebär en tryckökning över barometerståndet. Sedan följer ett tryckfall under atmosfärstrycket, och den andra stöten, utgående från planets akter, återställer därefter trycket till den omgivande atmosfärens tryck. I närfältet, som kan ha en utsträckning av ca 100 ggr flygplanets längd, innehåller tryckkurvan flera stötar. Flygplanets geometri ger tryckvariationer, som så småningom konvergerar till fjärrfältets typiska N-våg. I N-vågen stiger trycket diskontinuerligt till ett maximum, sjunker lineärt till ett minimum och stiger åter diskontinuerligt till baro-

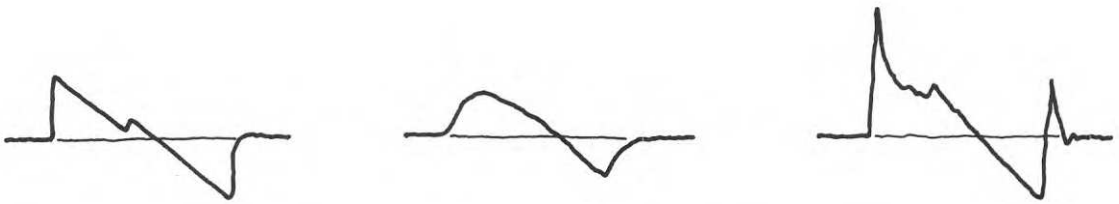


FIG. 5. Registrerade tryckkurvor från ett litet jaktplan (F104), a) normal form, b) rundad form, c) med spikar. (efter Andrews Ass, 1965).

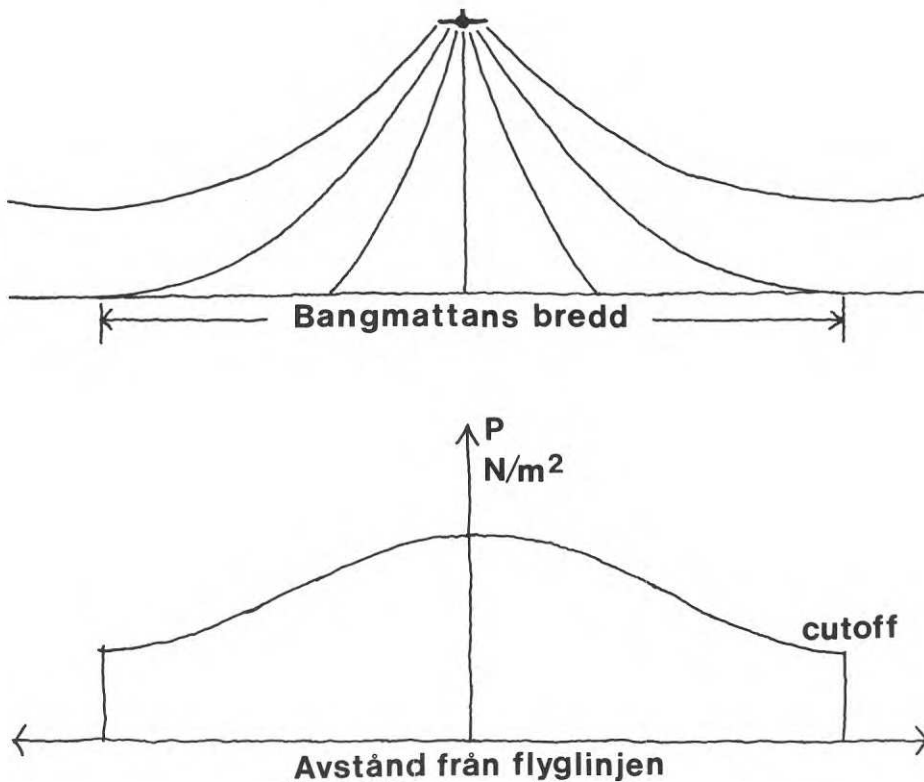


FIG. 6. Under inverkan av temperaturgradienten böjer strålrören av uppåt. Avböjningen påverkar bangmattans bredd. Det maximala övertrycket är störst rakt under flyglinjen och avtar mot bangmattans kanter.

meterståndet. Avståndet mellan de två stötarna i fjärrfältet bestäms av flygplanets längd.

Under sin färd från flygplanet påverkas strålrören av atmosfäriska förhållanden. Denna inverkan är större vid lägre machtal, eftersom impulserna då färdas längre väg innan de når marken. Områden med turbulens ger omväxlande konvergens och divergens av strålrören. Stötvågen blir på så sätt deformerad, och den registrerade tryckkurvan får lokalt avrundade toppar eller spikar. Fig 5 visar registrerade tryckkurvor med normal form, med rundad form och med spikar. Vindgradienter och temperaturgradienter påverkar stötvågorna på liknande sätt.

Atmosfäriska förhållanden, särskilt temperaturens variation med höjden, har också betydelse för det kritiska machtalet, dvs den hastighet uttryckt i M vid vilken en stötvåg, alstrad vid en given flyghöjd, når marken. Vindens riktning och styrka inverkar även.

Eftersom temperaturen normalt är högre och därmed också ljudhastigheten högre närmare markytan, böjer strålrören av uppåt när de fortplantas mot markytan. Ju längre väg strålrören färdas, desto större blir avböjningen. Kortast väg till marken har det strålrör, som träffar isoemissionskurvan på flyglinjens projektion på markytan. Om detta strålrör böjs av till horisontell riktning på en viss höjd över markytan kommer stötvågen aldrig att nå ner till marken. Detta fenomen kallas cutoff.

Fig 6 visar hur avböjningen bestämmer bredden av det område, som nås av stötvågen.

Stötvågen, eller bängen, släpar alltså efter planet under dess färd i överljudsfart. Det område på markytan, som träffas av bängen från ett flygplan, brukar kallas bangmattan. Bangmattans längd bestäms av den sträcka planet har överljudshastighet och dess bredd beror av flyghöjden, machtalet och avböjningen. Varje punkt inom bangmattan träffas av en mo-

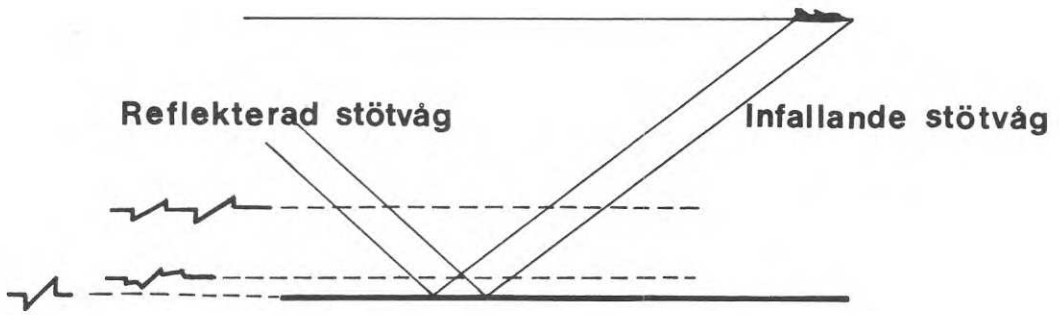


FIG. 7. Stövågen reflekteras mot marken. Den infällande och den reflekterade stövågen samverkar. Nära den reflekterande ytan blir övertrycket dubbelt så högt som i det fria fältet. Kurvorna visar tryckvariationen på olika höjder.

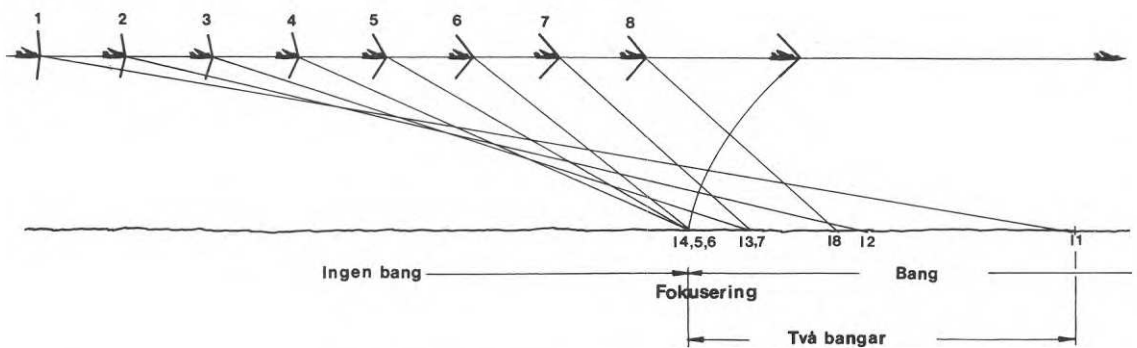


FIG. 8. Fokusering vid acceleration.

mentan, ej kvarliggande störning.

Stötvågen reflekteras mot markytan. Den infallande och den reflekterade stöten adderas till varandra och nära markytan blir det maximala övertrycket härigenom praktiskt taget fördubblat. Fig 7 visar principen för markreflexion.

Genomsnittsvärdet för övertrycket alstrat av ett visst flygplan vid bestämd höjd och hastighet kallas nominellt övertryck. Markreflexionsfaktorn 2 är inräknad i det nominella övertrycket. Det nominella övertrycket för ett litet jaktplan (amerikanska F-104 eller svenska J 35 Draken) med hastigheten $M 1,50$ och höjden $10\,000\text{ m}$ är omkring 50 N/m^2 och bangens varaktighet är ungefär $0,1\text{ sek}$. Motsvarande värden för ett större plan (amerikanska XB-70) är 150 N/m^2 och $0,3\text{ sek}$.

Olika manövrar hos planet kan fokusera bangarna. Fig 8 visar principen för fokusering vid acceleration. Då planet uppnår ljudhastigheten alstrar det en stöt, vars riktning avviker mycket litet från flygriktningen. Impulsen fortplantas lång väg genom atmosfären och träffar markplanet i en punkt, som ligger långt framför den, där den alstrades. Allt eftersom planet accelererar minskar machvinkeln, impulserna går brantare mot marken och kommer att träffa markytan allt närmare respektive alstringspunkter. Impulsernas skärning med markplanet närmar sig varandra. En fokusering enligt denna princip sker alltid i bangmattans början (hästskon).

Intensiteten hos fokuserade bangar och förstöringsfaktorer vid fokusering har undersökts av Vallee, 1967. Flygningarna genomfördes med flygplan Mirage III B på en höjd av 610 m och med en acceleration av 3 m/sek^2 .

Djupet av det område där fokusering på grund av horisontell acceleration inträffade var av storleksordningen $10 - 20\text{ m}$. Inom detta område varierade förstöringsfaktorn upp till 5.

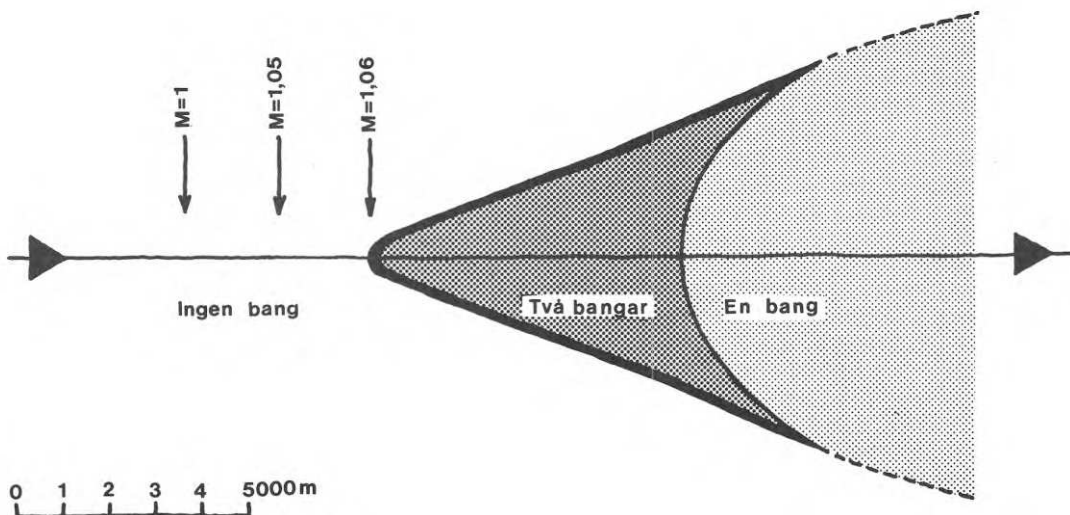


FIG. 9. Bangmattans första del vid acceleration till överljudshastighet. Den kraftiga heldragna linjen anger fokuseringen. (efter Vallée, 1967)

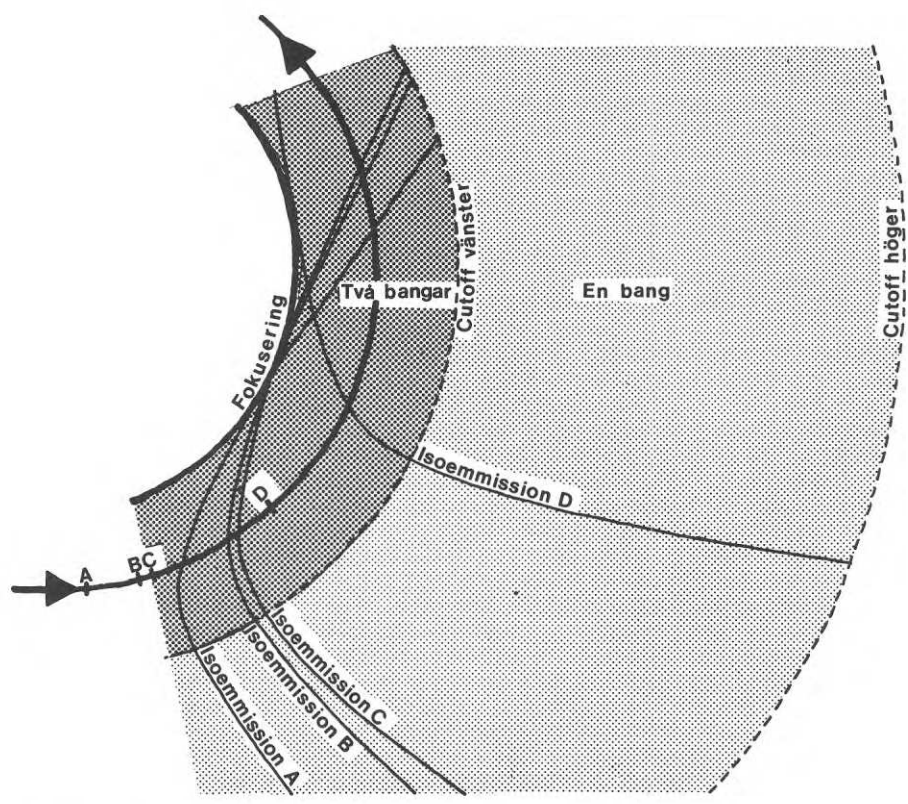


FIG. 10. Fokusering vid horisontell sväng. (efter Vallée, 1967).

Inom ett område framför det, där fokuseringen inträffar, kommer två bangar att uppfattas. Den ena av dessa genererades från en position före de positioner från vilka fokuseringen genererades, och den andra från en position senare än dessa.

Fig 9 visar utbredningen av fokuseringen och dubbelbangen.

Om flygriktningen ändras i horisontal- eller vertikalled uppstår på analogt sätt superbangar och multipelbangar. Fig 10 visar hur horisontala svängar gav fokuseringar i en undersökning av Vallee (1969). Vid denna undersökning registrerades liksom vid den tidigare (Vallee 1967) en förstöringsfaktor på upp till 5. Tryckkurvorna för de fokuserade bangarna i båda försöksserierna hade utpräglade spikar.

Höjdförändringar ger förutom förändringar av trycksignaturen en förändring av det kritiska machtalet genom att stötvågens vinkel ändras i förhållande till markplanet. Dykning sänker det kritiska machtalet och stigning höjer det.

Övertryckets storlek och trycksignaturens utseende påverkas således av en mängd olika faktorer, men de grundläggande förutsättningarna ger naturligtvis själva flygplanet. Bangens maximala övertryck blir större ju tyngre planet är och ju större tvärsnittsarea det har. Planets längd bestämmer bangens varaktighet. Övertryckets storlek avtar med ökande avstånd från planet. Vid ökande hastighet över det kritiska machtalet stiger först det maximala övertrycket, passerar ett maximum och sjunker därefter åter.

2.2 Ljudbangars inverkan på människor och djur

En ljudbang är alltså en stötvåg, karakteriserad av diskontinuerliga tryckförändringar. Dess idealiserade trycksignatur är en N-våg med snabb tryckökning, kontinuerlig tryckminskning och en snabb tryckökning till atmosfärtryck under loppet av någon eller några tiondels sekunder.

Tryckförändringen upplevs i första hand i form av ljud. En ostörd N-våg uppfattas som en dubbelknall, där de båda knallarna härrör från tryckkurvans två diskontinuerliga tryckökningar. Knallen liknar mest ett skott eller en åskknall på nära håll.

Hörstyrkan beror på övertryckets storlek och ljudkaraktären bestäms av trycksignaturen, främst stigtiden. Ju kortare stigtiden är, desto skarpare blir knallen. Rundningar och andra störningar av tryckkurvan kan ge ett dovare, mullrande ljud.

För att bedöma hörstyrkan hos ljudbängen har man låtit försökspersoner jämföra bangar med kända övertryck med andra typer av buller. I en sammanfattning av dessa försök anger Rylander, Kajland och Sörensen (1970) att en ljudbang med övertryck av 100 N/m^2 vad gäller hörstyrka kan jämnställas med jetmotorbuller av 100 dB (A).

Det nominella övertrycket beror bl a av flygplanets storlek och är för en ljudbang alstrad av ett plan på 10 000 m höjd av storleksordningen $50 - 200 \text{ N/m}^2$. Tillåten höjd för militär överljudsflygning är i Sverige 10 000 m över land och 5 000 m över hav.

Vid de prov med överljudsflygningar som relateras i kap 11 uppmättes övertryck alstrade av flygplan S 35 E (Draken) i planflykt. Medelvärdena av uppmätta övertryck var vid 10 000 m 60 N/m^2 , vid 7 000 m 100 N/m^2 , vid 5 000 m 140 N/m^2 , vid 3 000 m 260 N/m^2 och vid 2 000 m 380 N/m^2 .

Vid ett internationellt symposium rörande ljudbangars effekter (Rylander ed 1972) utarbetades en grov dose-response skala för olika typer av effekter. En översättning återges här. Det bör dock påpekas, att de angivna trycknivåerna är mycket ungefärliga och att både upplevelsen av bängen och objektiva effekter av den förutom av det maximala övertrycket är beroende av trycksignaturens form.

		Ungefärligt nom. övertryck utomhus N/m ²
Nivå 1	Ljud liknande avlägset åskmuller, kan ge överrumpningsreaktion hos särskilt känsliga individer eller väcka lättsovda personer - tillvänjning sker sannolikt.	20
Nivå 2	Liknande medelhårt åskmuller - överrumpningsreaktion förefinnes hos personer utomhus i tysta områden, sovande väcks i tysta områden.	50
Nivå 3	Lätt knallande ljud, hörs genom bakgrundsbuller, fönster kan skallra, ger orienteringsreflex och skrämsel, väcker tungsövda personer.	100
Nivå 4	Högt knallande ljud, klart hörbart genom bakgrundsbuller, orienteringsreaktion och skrämreflex vanlig utomhus, fönster skallrar, veka konstruktioner vibrerar, ätande djur ser upp och visar orienteringsreaktion	200
Nivå 5	Kraftig skrällande knall, fönster skallrar, byggnader vibrerar, fönster eller lös puts kan brista i sällsynta fall, skrämsel hos majoriteten exponerade utomhus. Majoriteten av sovande väcks.	500

2.2.1 Inverkan på människor

Översikter av forskning rörande ljudbangars inverkan på människor har publicerats bl a av Rice and Lilley (1969) och i rapporten från ett internationellt symposium (Rylander ed 1972).

Människans reaktioner på ljudbangar kan delas upp i fysiologiska effekter, aktivitetsstörningar och irritation. Då människor utsätts för ljudbangsexponering uppkommer vid låga nivåer en överrumplingsreaktion, som består av en orienteringsreflex och en överrumplings- eller skrämreflex. Båda är primitiva skyddsreaktioner, varför tillvänjning åtminstone beträffande skrämreflexen inte förekommer. Dessa primära reaktioner kan sedan ge upphov till sekundära aktivitetsstörningar. Hos individer och befolkningsgrupper uppkommer störningsreaktioner, som också påverkas av sådana faktorer som attityder och kunskaper om bangars effekter.

Den subjektiva upplevelsen av skräm i samband med ljudbangar har studerats med intervjuundersökningar. I en undersökning i Oklahoma City, som under sex månader exponerades för bangar med nominellt övertryck på upp till 77 N/m^2 angav ca en tredjedel av de intervjuade skräm. (Borsky, 1965). I St Louis gjordes 1961-62 150 överljudsflygningar med maximalt 148 N/m^2 övertryck. Vid en intervju med 1 000 invånare i området (Nixon and Borsky, 1966) angav 74 % att de blivit skrämda av bangarna.

Ljudbangars sömnstörande effekt betraktas som ett av de allvarligare störningsfenomenen. Tidigare har sömnstörningar studerats främst vid laboratorieprov. Resultat från dessa prov tyder på, att sömnstörningar hos lättväckta personer kan uppkomma vid så låga övertryck som 30 N/m^2 . Sömnstörningar orsakade av överljudsflygningar nattetid har kunnat studeras vid en svensk experimentserie (Rylander, Sörensen, Berglund, 1972). Den sömnstörande effekten av sju bangar (ca 60 N/m^2), slumpvis genererade kl 0430 under en period av tre månader,

studerades dels hos militärer, dels hos civilpersoner. Av militärerna, där reaktionerna studerades genom tryckknappar och sängrörelseindikatorer, hade ca 10 % noterade sömnstörningar. Hos civilbefolkningen, som studerades med hjälp av postala enkätformulär, var motsvarande siffra 40 %.

Inomhus uppfattas bangen på ett annat sätt än utomhus. Genom de vibrationer som uppkommer i byggnaden kan bangen upplevas som starkare och mer irriterande. Skakningar i huset är den störning som rapporterats mest i undersökningarna. I Oklahoma angav t ex ca 90 % av de intervjuade att de upplevt detta. Överrumpling har i olika studier upplevts av ungefär hälften av de intervjuade.

Att man väntar sig byggnadsskador som en följd av bangarna har bidragit till att man upplevt dem som störande. Av de intervjuade i Oklahomaundersökningen trodde närmare hälften och i en fransk undersökning (de Brisson, 1966) drygt hälften att ljudbangarna gav byggnadsskador.

Bangar med låga trycknivåer (omkr 50 N/m^2) upplevs alltså som störande av många människor. Sambandet mellan upplevelsen av bangen och anmälandet av skador på egendom har diskuterats av t ex Lilley (1969 c) och Wiggins (1969). Uppfattningen att bangar måste ge skador, upplevelsen av knallen och vibrationer i byggnaden leder ofta till att man sedan hänför alla brister man kan upptäcka till den inträffade ljudbangen. Wiggins (1967) påpekar, att människan uppfattar vibrationer av 75 gånger mindre amplitud än vad som krävs för att ge byggnadsskador.

Kännedomen om människans primära reaktioner på ljudbangar är emellertid ännu ofullständig, och ytterligare forskning pågår för att öka den och för att klargöra grunderna för störningsupplevelsen. Mest angeläget är att studera upplevelsen av ljudbangar i en realistisk exponeringssituation, där förutom stöt-vågen också vibrationer i strukturer förekommer. Det är också väsentligt att undersöka tillvänjningseffekten och vilken

betydelse utbredd kunskap om bangarnas relativt obetydliga effekter har för uppkomsten av störningsreaktioner.

2.2.2 Inverkan på djur

Frågan om ljudbangars inverkan på djur är av stor vikt men har blivit föremål för utredning i mindre utsträckning än inverkan på människor och byggnader.

Skadeanmälningar beträffande djur har förekommit i viss utsträckning. Under budgetåret 1965-66 gällde 1,3 % av alla anmälningar i USA skador på djur. Också i Sverige har enstaka sådana anmälningar förekommit. Anmälningarna har gällt djur, som genom panikreaktioner i samband med bangar skulle komma till skada.

Vanligast förekommande i skadeanmälningarna är minkar. Då det är känt, att minkar reagerar kraftigt för oväntade och okända ljud, har det ansetts troligt, att de skulle vara känsliga för bangar. Flera studier har ägnats minkars reaktioner på ljudbangar (t ex Travis, Richardson, Menear, Bond, 1968). Minkarnas reaktioner på bangar har bedömts vara jämförbara med deras reaktioner på andra ljud såsom trafikbuller, skällande hundar och sprängskott i närheten. Inga förändringar av minkarnas beteende under parning, valpning och amning har registrerats vid dessa försök.

Bangars spridning genom vatten har studerats (Sawyers, 1967 och Young, 1968) och man har konstaterat att tryckvariationerna under vattenytan blir mindre än normala variationer åstadkomna av vågrörelser på vattenytan. Härav har man dragit den slutsatsen att fisk inte påverkas av ljudbangar.

Reaktioner hos husdjur har studerats bl a vid Edwards Air Force Base i USA. (Casady and Lehman, 1967). Hästar, kor och får visade små reaktioner på bangarna. En jämförelse gjordes senare (Bond, 1969) med husdjurs uppträdande under normala förhållanden och djurens reaktioner under bangperioden bedömdes ligga inom området för normal aktivitet.

Vid samma försök studerades fjäderfä (kalkoner, fasaner och höns) och reaktionerna hos dessa visade sig vara kraftigare än hos de större djuren. Vid några tillfällen blev fåglarna oroliga, sprang, flög upp eller skockades. Inga fåglar skadades. Kläckningsfrekvens hos hönsägg utsatta för ljudbangar har studerats (Heineman and LeBrocq, 1965). Ingen inverkan kunde konstateras på ägg, som utsatts för upp till 600 bangar med övertryck upp till omkring 900 N/m^2 .

Medan tamdjur är relativt lätta att studera erbjuder sig större svårigheter beträffande vilda djur och fåglar. Vid ett tillfälle, då nästan inga ägg i en sjöfågelskoloni kläcktes under en säsong ansågs bangar med högt övertryck (omkring $5\,000 \text{ N/m}^2$) kunnat vara orsaken. (Robertson, 1970). Embryona skulle ha kunnat ta skada genom avkylning av äggen då fåglarna skrämts upp ur redena av bangarna. Som en annan möjlighet nämndes att oskyddade ägg kunnat direkt skadas av bangarna.

Renar har studerats vid de svenska försöken med ljudbangar. (Espmark, 1972). Renar i en hage studerades under exponering för ljudbangar med övertryck upp till omkring 700 N/m^2 . Renarna visade mycket små reaktioner på bangarna, men det påpekas, att kraftigare reaktioner kan väntas under för djuren känsligare perioder, t ex vid framskriden dräktighet eller vid märkning eller slakt då många renar är samlade i små inhägnader.

Det finns alltså inga direkta belägg för att djur skulle ta bestående skada av exponering för ljudbangar, men särskilt beträffande vilda djur och fåglar har forskningen hittills varit sparsam. Bell (1970) påpekar, att vidare forskning inom detta område är nödvändig innan man med säkerhet kan avgöra om några faror finns.

2.3 Ljudbangars inverkan på byggnader

Allmänna redogörelser för ljudbangars inverkan på byggnader finns hos Lilley (1969 c) och Wiggins (1969).

När stötvågen från ett överljudsplan träffar marken reflekteras den och den reflekterade vågen följer primärvågen i dess färd över marken. Samtidigt uppstår också en markvåg. De mark- och luftburna vågorna träffar byggnader och reflekteras av dem. Lasten på en byggnad är en kombination av lasterna från luftvågen och markvågen. Luftvågen ger upphov till olika utböjningar på stötsidan och läsidan. Stötsidan utsätts för den största belastningen.

Utböjningen hos en del av en byggnad beror alltså på tryckfördelningen över hela byggnaden, vilket i sin tur förutom stötvågens trycksignatur beror på byggnadens karakteristika och läge i terrängen och i förhållande till andra byggnader. Trycket fördelas olikformigt och kan variera med en faktor upp till tre för ett enkelt strukturelement som t ex en plan vägg vänd mot flygriktningen. (Lilley, 1969 c).

Av stor betydelse för byggnadens reaktion är också N-vågens form, om den är normal, rundad eller försedd med spikar.

När ett nominellt övertryck för en bang anges, betyder detta alltså att det övertryck en del av en enskild byggnad utsätts för kan variera inom vida gränser.

Det är därför svårt att göra generella uttalanden om bangars inverkan på byggnader. Eftersom det emellertid gjorts ett stort antal försök i olika länder finns det erfarenhet av reaktionerna hos ett relativt brett urval av byggnader.

2.3.1 Seismiska effekter

Markvågen har undersökts av bl a Goforth och Mc Donald (1967), som visade att störningen är beroende av bangens stigtid. Partikelhastigheten visades variera lineärt med det maximala övertrycket. Störningen dämpades snabbt i berg och långsammare i lera. Den högsta partikelhastighet som uppmättes var 600 micron/sek för övertryck mellan 250 och 300 N/m². U. S. Bureau of Mines har definierat markrörel-

ser som kan skada byggnader och anger som säkerhetsgräns 50 800 micron/sek.

Markvågen anses således inte medföra någon risk för skador på byggnader.

Vid Oklahomaförsöken (Andrews Associates 1965) mättes seismisk acceleration och det högsta värdet var 0,04 g vertikal acceleration för ett övertryck av ca 125 N/m^2 . Samma acceleration gav ett åskväder och ett försök där man slog ner en 1" stålpåle i marken 3 m från mätpunkten.

2.3.2 Belastning på byggnader

Belastningen på en byggnad, som utsätts för en ljudbang, kan jämföras med andra, oftare förekommande dynamiska laster. Dimensionerande vindhastighetstryck för Sverige ligger mellan 500 och $1\,500 \text{ N/m}^2$, vilket kan anses motsvara bangar genererade av t ex det svenska flygplanet Draken på höjderna 3 000 m och 1 000 m. (Se vidare kap 12). Bangens dominanta frekvens ligger för små plan omkring 10 Hz och eftersom de flesta byggnadsdelar (ett undantag är stora glasrutor) har högre egenfrekvenser kommer de att sättas i vibration av bangen. En förstärkning av vibrationerna kan ske när N-vågen är i fas med byggnadsdelens egensvängningar. I annat fall sker en snabb utsläckning.

Den belastning, som delar av en byggnad utsätts för av en ljudbang, är beroende av skillnaden mellan trycket utomhus och inomhus.

Inomhustrycket bestäms bl a av styvhet och dämpning hos tak och väggar och av hur tät byggnaden är. Tryckvågen inomhus blir sinusformad med en periodlängd som är 1,5 gånger större än utomhusvågens. Trycket inomhus dämpas betydligt långsammare än utomhus, särskilt om fönster och dörrar är stängda. Den varierande tryckskillnaden över hela byggnaden resulterar i ett svaj, som emellertid ger mycket små rörelser.

Den direkta belastningen på en enskild byggnadsdel är lika med tryckskillnaden på båda sidor om densamma. Därtill kommer indirekt belastning p g a rörelser hos intilliggande byggnads-element. Inverkan av en stötvåg på en byggnadsdel är en funktion av byggnadsdelens massa, styvhet och dämpningsegenskaper och överstiger inverkan av en statisk last av samma storlek med en faktor, som benämnes den dynamiska förstärkningsfaktorn. (Dynamic Amplification Factor. DAF).

DAF varierar med stötvågens periodlängd och med graden av dämpning hos byggnadsdelen i fråga. Stötvågens form inverkar också. En vågform med spikar ger ett högre maximalt övertryck men lägre värde på DAF, medan en rundad form med lägre övertryck ger en större DAF. Crocker och Hudson (1969) har visat att praktiskt användbara värden för DAF vid inverkan av ljudbangar på byggnadsdelar varierar mellan 0 och 2,5. Blume, Sharpe, Kost och Proulx (1967) anger i ett generaliserat DAF-spektrum $DAF = 2,0$ för bangar med varaktighet mellan 0,1 och 0,5 sek och $DAF = 2,15$ när varaktigheten är mindre än 0,1 sek.

2.3.3 Inverkan på byggnadsdelar

Ljudbangars inverkan på olika byggnadsdelar har undersökts experimentellt vid överflygningar och med hjälp av simulerade bangar.

Därvid har man kunnat visa att byggnaders grunder praktiskt taget inte rört sig alls. Rörelser hos bjälklagen blir av den storleksordningen att de kan uppfattas av människor i huset. Rörelser i väggar har för bangar med övertryck upp till omkring 200 N/m^2 visats vara jämförbara med rörelser orsakade av normala påkänningar som t ex stängning av en dörr. (Blume et al 1967). Stora takytor har haft de största rörelserna.

2.4 Tänkbara byggnadsskador

Skador direkt orsakade av ljudbangar är tänkbara på lätta byggnadsdelar med stor yta och material med ringa draghållfasthet.

I de undersökningar som finns gjorda, främst i USA, har skador i första hand förekommit på fönsterglas och puts. En annan relativt vanlig skadetyper är föremål, som t ex fallit ner från hyllor och gått sönder.

2.4.1 Fönsterglas

Av alla skadeanmälningar i USA, England och Frankrike har ca 80 % gällt glasskador (Lilley, 1969:c). Det är därför naturligt, att just inverkan på fönsterglas av ljudbangar ägnats stort intresse och undersökts både vid laboratorieprov och provserier med överflygningar.

Påkänningen blir ungefär 4 gånger större på byggnadens stötsida än på dess läsida. (Wiggins, 1965).

För de flesta fönster gäller att vid låga övertryck blir den största påkänningen på glaset i centrum av rutan, men för högre övertryck längs rutans diagonaler på något avstånd från centrum. (Freynik, 1963).

Förutom glasrutans dimensioner påverkar också sådana faktorer som infästningen dess reaktioner på en ljudbang. Om glaset sitter löst i bågen kan det komma i vibration på ett sådant sätt att det slår emot t ex ett glasningsstift och en spricka uppstår.

Två fall av glasskador vid nominellt övertryck av ca 500 N/m^2 relateras av Blume & Ass (1965). På en tidigare spräckt ruta hade sprickan förlängts. I det andra fallet hade en glasruta i ett växthus slagit emot ett av de stift den var fastsatt med och rutans ena hörn slogs då av.

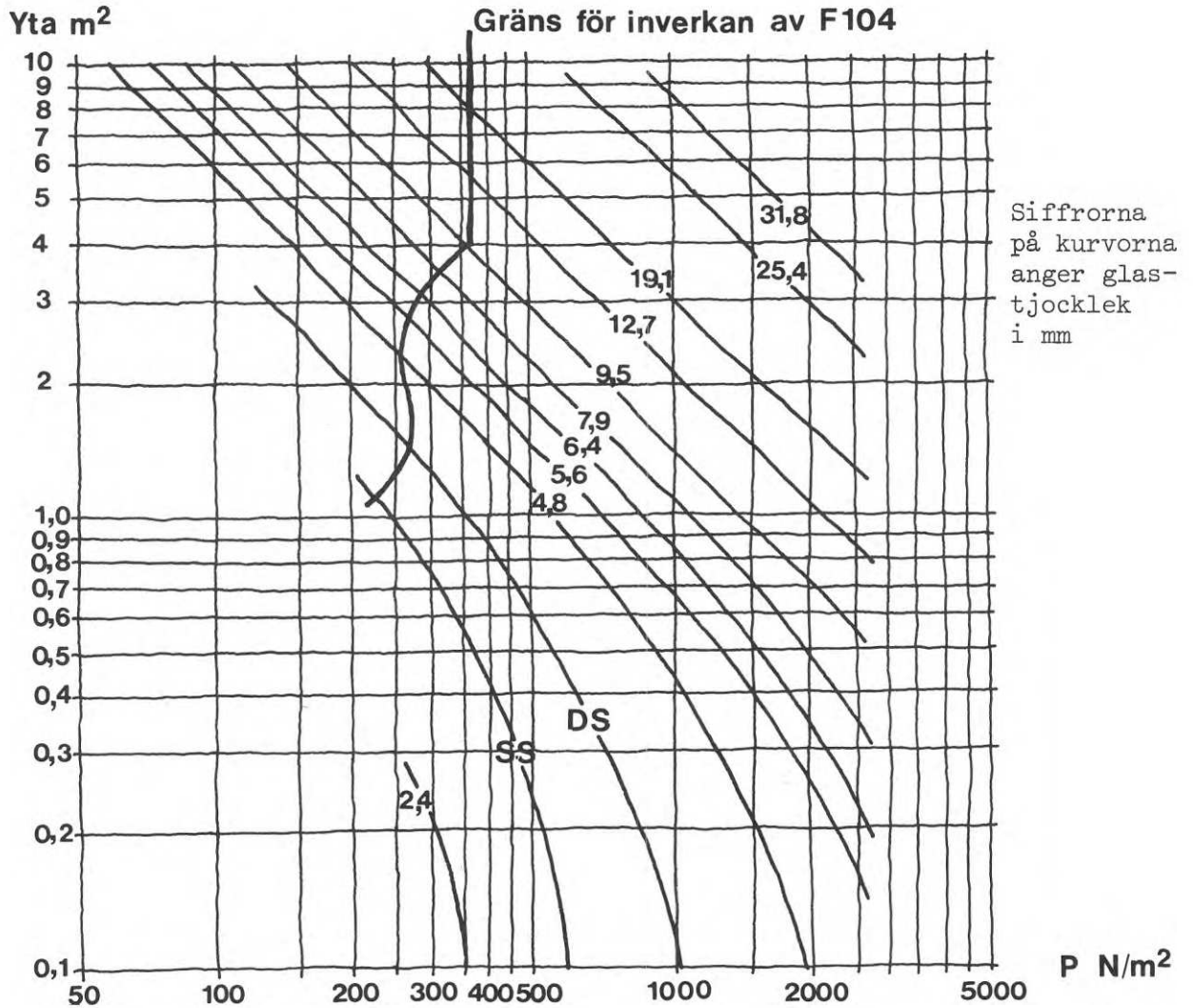


FIG. 11. Diagram över säkerhetsgränser för glasskador p g a ljudbangar. Vid de angivna värdena är sannolikheten för glasskador mindre än 1/100 000. Vid den angivna gränsen upphör inverkan av F-104, jämförbar med svenska Draken. För stora flygplan av typ SST finns ingen sådan gräns. (efter Wiggins, 1967).

Vid övertryck av storleksordningen $250 - 500 \text{ N/m}^2$ är det skador av denna typ som kan inträffa.

Kao (1970) har gjort en undersökning där glasrutor med måtten $48'' \times 48'' \times 3/32''$ (ca $1\,200 \times 1\,200 \times 2,4 \text{ mm}$) utsattes för simulerade bangar. Säkerhetsgränsen för brott vid upprepade ljudbangar visades för dessa glas ligga omkring 750 N/m^2 .

Wiggins (1967) har på grundval av Pittsburgh Plate Glass Company's Technical Service Report 101 utarbetat ett diagram över högsta säkra nominella övertryck för glas av olika ytor och tjocklek. Fig 11 visar ett sådant diagram i måttenheter enligt SI-systemet.

Vid de övre gränser för nominellt övertryck som anges i diagrammet är sannolikheten för att ett glasbrott skall inträffa av storleksordningen $1/100\,000$. De skador, som då avses är av typen små sprickor utgående från ett glasningsstift eller förlängning av tidigare sprickor.

Lilley (1969 c) jämför Wiggins diagram med dokumenterade skadefall och finner god överensstämmelse. Flera svårigheter erbjuder sig emellertid vid ett försök att anpassa diagrammet till svenska förhållanden. De i diagrammet redovisade glastjocklekarna är andra än här vanliga. Ingen skillnad har heller gjorts på maskinglas och spegelglas, vars hållfasthet är betydligt lägre än maskinglasets. Beteckningarna SS (single strength) och DS (double strength) står för maskinglas med tjocklekarna 2,31 och 3,04 mm.

Man kan dock med utgångspunkt från diagrammet med viss säkerhet förutsäga om glasskador kan komma att inträffa vid bangar med känt nominellt övertryck. Vid övertryck under 200 N/m^2 bör skador uppkomma på mindre än en fönsterruta på $100\,000$.

2.4.2 Puts

Skador på puts har utgjort 5,5 % av skadeanmälningarna i USA, Frankrike och England (Lilley, 1969 c).

Medan skador på glas är relativt lätta att observera och registrera har frågan om skador på puts flera oklara punkter.

Av grundläggande betydelse är naturligtvis egenskaperna hos den konstruktion putsen är anbringad på. En vek vägg får en större utböjning av en ljudbang än en styvare och putsen blir då utsatt för en större påkänning.

En annan viktig faktor är putsens vidhäftning vid underlaget. Är vidhäftningen god blir hela väggens rörelse avgörande för påkänningen på putsen och därmed också för uppkomsten av sprickor. Om vidhäftningen är dålig och större eller mindre putsytor hänger fria kommer putsen att röra sig fritt i förhållande till underlaget.

Noggranna iakttagelser av sprickbildning i puts gjordes under testserien i White Sands (Blume and Ass, 1965). Med utgångspunkt från dessa iakttagelser har Wiggins (1967) angett säkerhetsgränser för sprickbildning i puts på olika underlag. Vid ett nominellt övertryck av 160 N/m^2 finns det enligt Wiggins mindre än en chans på 10 000 att puts på träunderlag skall påverkas så att en putsspricka förlängs eller en lös färgflaga faller ner. Motsvarande siffror är 360 N/m^2 för puts på gipsskivor och 760 N/m^2 för puts på metall- eller betongunderlag.

White Sands-testen omfattade 1 493 bangar med nominella övertryck upp till $1 120 \text{ N/m}^2$. Dessutom ingick en icke planerad bang med ett övertryck av ca $1 800 \text{ N/m}^2$. 21 olika hus observerades. I dessa hus fanns puts på träunderlag, på gipsskivor, på underlag av metall och betong.

Vid en bang med övertryck av 100 N/m^2 föll vid ett till-

fälle en lös flaga av gammal vattenskadad färg ner. En mer uppenbar skada inträffade vid ett övertryck av 500 N/m^2 , då en del av putsen på ett innertak (puts på träpanel) föll ner. Det visade sig att putsen inte hade fäst vid underlaget.

Man gjorde också jämförelser mellan sprickbildningen i putsen under perioder med bangar och utan. I en byggnad med puts på träunderlag fann man en ökning i sprickfrekvensen hos ny puts då den utsattes för bangar med nominellt övertryck av ca 500 N/m^2 . Efter uttorkningen visade putsen ökad sprickfrekvens för bangar med nominellt övertryck av ca $1\,000 \text{ N/m}^2$.

Iakttagna putssprickor var hårfina och svåra att upptäcka med blotta ögat. Sprickorna uppstår, då väggen böjs ut under inverkan av ljudbangen och sluter sig igen när väggen återtar sitt normala läge.

2.4.3 Nedfallna föremål

Lilley (1969 c) anger att ca 15 % av skadeanmälningarna i USA, Frankrike och England har gällt nedfallna och sönderslagna föremål.

Orsaken till sådana skador är att vibrationer åstadkomna av en ljudbang kan få föremål att t ex glida ned från hyllor.

Wiggins (1969) anger som säkerhetsgränser för skador av denna typ 150 N/m^2 för ovarsamt placerade eller särskilt labila föremål och 280 N/m^2 för vanliga föremål med normal placering.

2.4.4 Ljudbangar som skadeutlösande faktor

Direkta skador på grund av ljudbangar skulle alltså i stort sett kunna förväntas uppkomma enbart vid nominella övertryck över ca 200 N/m^2 , och är begränsade till sällsynta fall av obetydlig sprickbildning i ytskikt i regionen upp till ca $1\,000 \text{ N/m}^2$.

Uppkomsten av sådana sprickor är också alltid förutom av bängen ett resultat av spänningskoncentrationer i konstruktionen. Det har sagts, att på material och konstruktioner i god kondition och utan sådana spänningskoncentrationer uppkommer inga skador av denna typ. Detta resonemang är i och för sig riktigt, men det måste också påpekas att det är omöjligt att helt undvika sådana svaga punkter och att de förekommer i alla byggnader i större eller mindre utsträckning. Spänningskoncentrationerna uppstår genom t ex fukt- och temperaturrelaterade fenomen i materialen. När spänningen i en viss punkt blir tillräckligt stor, behövs det bara en ytterligt liten ökning av spänningen för att en spricka skall uppkomma. Ofta kan sprickan utlösas av en yttre påkänning - en dörr som stängs, en tavelkrok som spikas i väggen eller en bil som kör förbi huset. Som sådan skadeutlösande faktor kan naturligtvis också en ljudbang verka. Svårigheten är då att bedöma i hur stor utsträckning bängen har medverkat vid skadans uppkomst.

Den tidigare (kap 2.4.2) relaterade undersökningen av sprickor i puts på träunderlag visar ett sätt att angripa problemet (Blume and Ass, 1965). Den fortskridande sprickbildningen i putsen studerades under perioder utan och med ljudbangsexponering och man iakttog vid vilka övertryck sprickfrekvensen ökade. Också innan denna gräns uppnås måste det ju emellertid hända att ljudbangar kunnat utlösa sprickor, som om de inte utsatts för en ljudbang i stället skulle utlösas av någon annan orsak inom mycket kort tid.

Det förefaller rimligt att bedöma sådana sprickor som ej orsakade av en ljudbang.

2.4.5 Kumulativ verkan

Möjligheterna för att upprepade bangar skulle påskynda byggnaders åldrande eller ge uttrötningseffekter har diskuterats (t ex Wiggins, 1969).

Bangars inverkan på sprickbildningen i ett tiotal provhus stu-

derades vid proven i White Sands (Blume and Ass, 1965). Man studerade uppkomst och förlängning av sprickor i ytskikt under perioder med och utan bangar och bestämde vid vilket nominellt övertryck man fick en ökning av sprickfrekvensen. Det genomsnittliga tröskelvärdet blev för dessa byggnader 760 N/m^2 . Några generella slutsatser kan inte dras av detta begränsade material. Eftersom tröskelvärdet är beroende av byggnadens kondition, material och konstruktion är det rimligt att anta många byggnader skulle ha ett betydligt lägre tröskelvärde.

Inga studier finns beträffande inverkan av många bangar med relativt låga övertryck under en längre tid. Här råder således oklarhet om vilken inverkan en reguljär överljudstrafik skulle kunna ge.

2.4.6 Förebyggande åtgärder

Flera författare, t ex Lilley (1969 c) påpekar, att material i god kondition och omsorgsfullt utförda konstruktioner enligt gällande normer inte kan skadas av ljudbangar med övertryck som inte överskrider ca $1\,000 \text{ N/m}^2$.

De övriga dynamiska laster en byggnad utsätts för - vind, åskväder, slagning i dörrar, rörlig last på bjälklag - är större än den last en bang från ett flygplan på den höjd som är tillåten för överljudshastighet medför.

Några speciella åtgärder i form av ändrade byggnormer med hänsyn till ljudbangsexponering anses därför överflödiga.

2.4.7 Speciellt värdefulla och känsliga byggnader

Ett särskilt problem erbjuder historiska byggnader. De innehåller ofta oersättliga byggnadsdelar, som på grund av sin ålder är svaga och känsliga; t ex målade kyrkfönster. Där kan också finnas ålderdomliga konstruktioner, t ex putsade

innertak på träunderlag, som är känsliga för ljudbangar liksom för andra dynamiska laster. Trots att faran för personskador kan vara stor om ett sådant putsskikt skulle lossna och falla ner, vill man gärna bevara det på grund av dess antikvariska värde.

I Frankrike, Tyskland och England har man särskilt varit orolig för de gamla katedralerna, som i en del fall är i ganska dåligt skick. En engelsk undersökning (Crawford, 1969) behandlar inverkan av olika kortvariga belastningar på tretton engelska och två tyska katedraler. Här jämfördes inverkan av bl a omgivande trafik, orgelspel och klockringning med ljudbangar med nominellt övertryck av ca 70 N/m^2 . Inverkan av bangarna var av något högre storleksordning än av övriga störningskällor. Man mätte emellertid inte inverkan av kraftig vind, vilken troligen är större än av de undersökta störningskällorna.

Denna undersökning har gjort att man i England vidtagit åtgärder för att skydda speciellt värdefulla och känsliga detaljer i några katedraler. Sådana åtgärder kan komma i fråga för unika och oersättliga kyrkfönster eller muralmålningar i dåligt skick.

3 ANMÄLDA SKADOR

I flera av de länder där militärt överljudsflyg förekommer, har bedömning och handläggning av anmälda skador, som tillskrivits ljudbangar, varit ett problem.

Man vet å ena sidan av de erfarenheter som gjorts vid olika testserier, att risken för skador vid övertryck under ca 200 N/m^2 är ytterligt liten. Å andra sidan har, både under testserier med överflygningar över bebyggda områden och vid normal övningsflygning, anmälningar om skador varit vanliga. Anledningen till detta förhållande har diskuterats, och man har påpekat flera faktorer som kan bidra till att förklara det.

3.1 Sannolikhet för uppkomst av skador

Sannolikheten för uppkomsten av olika skadetyper har diskuterats i kap 2.4.

Som tidigare påpekats (kap 2.1) varierar det verkliga övertrycket hos en bang med ett angivet nominellt övertryck. Den statistiska variationen är beroende av t ex rådande atmosfäriska förhållanden. Fördelningskurvan för det verkliga övertrycket vid ett visst nominellt övertryck diskuteras av Wiggins (1969). Dess kritiska extremvärden, som är av intresse för sannolikheten för uppkomst av skador, är inte klart definierade. Det saknas också uppgifter om byggnaders normala kondition och hur denna varierar. Det är därför osäkert, vid vilket lägsta nominella övertryck skador kan utlösas. Detta händer när en byggnadsdel med en svaghet, som gör den disponerad för skada, utsätts för ett tillräckligt högt övertryck.

Det är därför omöjligt att fastställa en undre gräns för nominellt övertryck där skador inte kan inträffa.

3.2 Samband mellan upplevelsen av bangen och skadeanmälningar

Sambandet mellan skadeanmälningar och den subjektiva upplevelsen av en ljudbang har diskuterats av flera författare.

Man har påpekat (t ex Lilley 1969 c) att den övervägande delen av alla skador, som i anmälningarna tillskrivits ljudbangar, visat sig ha andra orsaker.

Att så många skador av denna typ anmälts har man försökt förklara på olika sätt. En förklaring är den mycket spridda uppfattningen att byggnadsskador är den naturliga och oundvikliga följderna av ljudbangar. Denna missuppfattning torde emana ur den naturliga reaktionen att söka ett samband mellan ljudnivån och uppkomsten av skador.

Av alla typer av störningar, som rapporterats från försök med överljudsflygningar, har den vanligaste varit att man känt vibrationer i huset. United States Bureau of Mines har undersökt kriterier för skador på byggnader på grund av markvibrationer (Duvall, W. I., and Fogelson, D. E., 1962). Man har funnit, att människan tydligt märker vibrationer av 75 gånger mindre amplitud än sådana som kan ge byggnadsskador.

Den skarpa knallen och byggnadens vibrationer, som upplevs som starka, för naturligt tanken till uppkomsten av skador i byggnaden. Vittnesberättelser från olika länder följer samma mönster. Man blir överrumplad och skrämmd av bangen, man känner huset skaka och hör fönsterrutor skallra. Då går man runt i huset och letar efter uppkomna skador och finner i allmänhet en del sprickor som inte tidigare observerats.

Flera författare (t ex Wiggins, 1967) påpekar att flertalet skadeanmälningar tillkommer på detta sätt i god tro men att smärre defekter i ytskikten hos en byggnad är fullt normala och att man oftast inte blir varse dem förrän man av någon anledning börjar direkt leta efter dem.

3.3 Dokumenterade och anmälda skador i USA

Skadeanmälningar har förekommit i flera länder med militärt överljudsflyg. Erfarenheter av handläggning, besiktning och bedömning av sådana skador har emellertid redovisats enbart i USA. Redogörelser för besiktningar lämnas av Clark, Buhr and Nexsen (1962) och Wiggins (1969).

Grubb, van Zandt och Bockholt (1967) redogör för bangskadeanmälningar i USA under vissa provperioder och under ett budgetår, FY 1966 (juli 65 - juni 66).

Av de skadeståndsanspråk som under budgetåret ställdes till USAF gällde 70 % enfamiljshus och 22 % kommersiella byggnader. Byggnaderna bedömdes vara i gott skick i 90 % av de anmälda fallen. Av de anmälda skadorna var ungefär 50 % glasskador, 20 % skador på puts, 5 % nedfallna föremål och 25 % övrigt, varav ungefär hälften gällde skador på tyngre konstruktioner. Skrämsel av människor eller djur upptog 0,4 % av skadeanmälningarna.

Av de skador som man betalade ut ersättning för var 72 % glas, 13 % puts, 6 % nedfallna föremål och 9 % övrigt. Utbetalad ersättning för en glasskada var i genomsnitt ca \$ 100, för en putsskada ca \$ 300, för skada på nedfallet föremål ca \$ 75 och för övrig skada ca \$ 450.

Enligt uppgifter från USAF, delvis publicerade av Wiggins (1969), har under budgetåren 1956 - 1970 ett totalt antal av 41 617 skadeståndsanspråk på sammanlagt \$ 30 573 970:02 ingetts. Av dessa har 15 299 ersatts med sammanlagt \$ 1 716 638:82. Antalet anmälningar per år låg fram till år 1960 under 1 000 per år och steg hastigt under första hälften av 60-talet till omkring 9 500 år 1965 men har sedan åter sjunkit och låg år 1970 på omkring 1 000 st.

Yrkat skadestånd per fall har dock visat en ökning, så att den sammanlagda yrkade skadeståndssumman per år varit av samma storleksordning under hela sista femårsperioden. Genomsnittligt har under åren 65-67 utbetalats ca \$ 200 000/år och under åren 68-70 ca \$ 130 000/år.

Några beskrivningar finns dessutom av enstaka fall, där lågflygande plan åstadkommit klart påvisbara skador, t ex Ramsay, (1964) "Damage to Ottawa Air Terminal Building Produced by a Sonic Boom". Ett plan passerade över terminalbyggnaden på ca 100 m höjd. Planet svängde, gjorde en kraftig stigning, accelererade och överskred ljudhastigheten. Övertrycket beräknades till ca 2 000 N/m². Skador för omkring \$ 300 000 uppstod på den inte helt färdigbyggda terminalbyggnaden. Skadorna var begränsade till lätta byggnadsdelar. Fönster vettande mot flygriktningen krossades. Utfackningsväggar, entrépartier och undertak skadades. Takpappen revs loss från underlaget av lättbetong. Flygplanets ändvirvlar, som på grund av den ringa flyghöjden också kan ha inverkat, har emellertid troligen orsakat vissa av skadorna, t ex den lossrivna takpappen. Ett mindre antal liknande fall av skador orsakade av lågflygande plan är kända. I övriga fall har skadorna i allmänhet begränsats till fönsterglas.

3.4 Svenska skadeanmälningar under 60-talet

I Sverige kom de första anmälningarna om skador på byggnader och ljudbangar under de första åren av 1960-talet. Ett fall av unik omfattning inträffade i Norrköping, där ca 300 000 kr utbetalades för byggnadsskador på ett småhusområde. Någon tillförlitlig dokumentation av skadorna finns inte, varför bedömning ej kan göras i efterhand. För övrigt förekom det omkring 20 anmälningar per år fram till och med år 1968, och sammanlagt betalades omkring 500 000 kr ut under denna period. En kraftig ökning kom 1969 med 150 fall. 1970 och 71 anmäldes vardera året 50 skadefall. Siffrorna omfattar samtliga skadeanmälningar. Detaljerade uppgifter om antalet anmälningar eller hur stora summor som gällt byggnadsskador finns inte. Det övervägande antalet anmälningar gäller dock skador på byggnader. Den genomsnittliga yrkade skadeståndssumman för en anmäld byggnadsskada är högre än för andra skador (t ex djur). Denna framställning bygger på uppgifter från Försvarets Civilförvaltning, Juridiska byrån. Ingen statistik över svenska skadeanmälningar finns.

4 INVENTERING AV 133 BANGSKADE- ANMÄLNINGAR

Under första halvåret 1969 anmäldes skador på 133 byggnader i södra Sverige. Den övervägande delen av anmälningarna kom från de norra och mellersta delarna av Småland. Omkring hälften av fallen låg koncentrerade till tre tätortsområden, medan de övriga var spridda över Småland, södra Halland och norra Skåne.

Den sammanlagda summan av yrkat skadestånd kan inte preciseras, eftersom i de flesta fall ingen exakt summa angavs, men beräknades ligga mellan en halv och en miljon kronor.

4.1 Tidigare handläggning av bangskadeanmälningar

Anmälningar om skador på gator och ljudbangar har i en del fall ingetts till polismyndigheten, i andra fall till försäkringsbolag och ibland till den flygflottilj som det överflygande planet kom ifrån. Alla anmälningar har sedan gått till Försvarets Civilförvaltnings Juridiska Byrå (FCF), som handlägger skadeanmälningar till försvaret och sköter utbetalningen av skadestånd. Den byggnadstekniska värderingen har tidigare gjorts av personal antingen från flottiljen eller från militärområdets byggnadskontor. På grund av besiktningsförrättarnas olika bakgrund och genom bristen på bedömningsnormer blev tidigare utbetalningen av skadestånd ganska slumpmässig.

4.2 Målsättning och ansvarsfördelning

Den plötsliga och kraftiga ökningen av skadeanmälningarnas antal aktualiserade behovet av bedömningsgrunder för svenska bangskadeanmälningar. FCF önskade normer för en enhetligare och bättre underbyggd skadevärdering.

För vår del yppade sig en möjlighet att få del av ett värdefullt programunderlag för vidare forskning rörande ljudbangars inverkan på byggnader. Vår målsättning för inven-

teringen kunde preciseras på följande sätt:

Att genom en byggnadsteknisk systematisering och värdering av de anmälda skadorna bedöma i vilken mån svenska bangskadeanmälningar överensstämde med dem i andra länder.

Att med utgångspunkt från undersökningar och prov gjorda i andra länder bedöma om ljudbangar kunnat bidra till eller orsaka de inventerade skadorna.

Att på grundval av detta arbete bedöma om prov gjorda utomlands var tillräckliga för att bedöma här aktuella skador.

Att, om så visade sig erforderligt, utarbeta program för kompletterande försök beträffande sådana byggnadsskador som inte kunde med tillräcklig säkerhet bedömas med utgångspunkt från hittills föreliggande forskningsresultat.

Med hänsyn till olika institutioners intressen bestämdes fördelningen av ansvar och kostnader för inventeringen.

Vår forskningsgrupp åtog sig att i samarbete med personal från Södra Militärömrådets (Milo S) byggnadskontor i Jönköping genomföra besiktning och bedömning men ej ekonomisk värdering av de anmälda skadorna. FCF bekostade härvid resor och traktamenten samt visst fotomateriel och tillgängliga ritningar och överlät efter inventeringens avslutande allt insamlat material till forskningsgruppen att användas efter gottfinnande i framtida forskning.

4.3. Besiktningarnas genomförande

Besiktningarna genomfördes under juni, juli och augusti månader 1969.

En enhetlig rutin för besiktningarnas genomförande visade sig nödvändig. Härigenom kunde alla tillgängliga och erforderliga uppgifter insamlas vid ett tillfälle och man undvek i görligaste mån att uppgifter glömdes bort, blandades ihop eller dubbelfördes.

Före var besiktning gick vi igenom befintligt material om det aktuella huset. I de fall byggnadsnämndshandlingar fanns skaffade vi en omgång som underlag. Polisrapport, rapporter från tidigare besiktningar utförda av t ex försäkringsbolag och skriftliga skadeanmälningar studerades.

Vid så gott som alla besiktningar var skadeanmälaren eller något ombud för denne närvarande. I de flesta fall fanns det redan en vittnesberättelse nedtecknad i någon av handlingarna. Oberoende av detta begärde vi och nedtecknade vittnesberättelser när det var möjligt.

Vid besiktningen kontrollerades och kompletterades tillgängliga uppgifter om husets material och konstruktion. Konditionen hos huset som helhet och skadade byggnadsdelar bedömdes. Samtliga påvisade skador antecknades och fotograferades då så var möjligt. Bedömningen gjordes senare på grundval av besiktningens protokoll.

4.4 Bedömning av skadorna

De aktuella flygningarna hade genomförts enligt gällande bestämmelser, dvs på höjder över 10 000 m. De genererade bangarnas nominella övertryck beräknades till mellan 50 och 100 N/m².

Flera faktorer försvårade bedömningen av skadornas orsak. Eftersom besiktningarna gjordes upp till ett halvt år efter det att skadorna anmäls gav olika tecken på skadornas ålder mindre ledning än om besiktningarna kunnat göras tidigare. I många fall hade reparation redan skett och bedömningen fick här göras med ledning enbart av berättelser och eventuellt tillgängliga handlingar.

Som tidigare nämnts var vår målsättning att bedöma om de anmälda skadorna kunnat orsakas av ljudbangar. Vår uppgift som besiktningsförrättare blev emellertid ofta att för skadeanmälararen visa vilka andra orsaker som kunnat inverka. Det blev därför nödvändigt att göra en systematisering och allmän utredning av de förekommande skadetyperna och deras orsaker. Denna utredning presenteras i kap 5. I bedömningen av de enskilda fallen gjordes hänvisningar till typskador med kompletterande anmärkningar när så behövdes. Den troligaste huvudorsaken till varje skada angavs på så sätt.

En uppskattning av en ljudbangs möjligheter att påverka varje skadas uppkomst måste samtidigt göras. Vissa skador härrörde uppenbarligen från andra orsaker såsom sättningar, fukt- och temperaturrörelser hos materialen, olämpligt val av material eller konstruktion eller felaktigt detaljutförande. För sådana skador kunde ljudbangens medverkan helt uteslutas. Detta gäller också för konstruktioner av en typ som visats vara okänslig för ljudbangar, som t ex grundkonstruktioner.

Andra skador var sådana, att en ljudbangs medverkan var om inte trolig så dock möjlig. Där måste bangen anges som möjlig skadeorsak.

En tredje grupp av skador var mer svårbedömda. Det var sådana, där det var teoretiskt möjligt att en bang kunnat medverka som utlösande faktor för skadan, men där skadans huvudorsak var en annan. Bangen som skadeutlösande faktor har diskuterats i kap 2.5.4.

4.5 Bedömningskod

För varje skada skulle graden av en ljudbangs möjliga medverkan bedömas. En bedömning av den skadade byggnadsdelens allmänna kondition skulle också göras.

För att få en enkel och enhetlig schematisk bedömning använde vi oss av en tvåsiffrig kod, där den första siffran representerade

rade ett mått på en ljudbangs möjliga inverkan vid skadans uppkomst. Den andra siffran anger den skadade byggnadsdelens kvalitet i fråga om utförande och underhåll.

- | | | |
|----------------|-----|---|
| Första siffran | 0. | anger att bangen inte kunnat medverka vid skadans uppkomst. |
| " - | 1. | anger att bangen möjligen kunnat verka som utlösande faktor för en skada som även utan bangens medverkan skulle uppstått inom mycket kort tid. Bangens medverkan är försumbar i jämförelse med andra inverkande faktorer. |
| " - | 2. | anger att bangens medverkan som orsakande eller utlösande faktor vid skadans uppkomst inte kan uteslutas. |
| Andra siffran | . 1 | anger att väsentliga brister beträffande konstruktion, utförande eller underhåll hos den skadade byggnadsdelen påverkat förutsättningarna för skadans uppkomst. |
| " - | . 2 | anger att vissa brister beträffande konstruktion, utförande eller underhåll hos den skadade byggnadsdelen påverkat förutsättningarna för skadans uppkomst. |
| " - | . 3 | anger att inga påvisbara brister beträffande konstruktion, utförande eller underhåll hos den skadade byggnadsdelen påverkat förutsättningarna för skadans uppkomst. |

För flera skadetyper har det varit svårt att finna kriterier för bedömning av vad som är " normalt " eller " fullgott " i

fråga om konstruktion, utförande och underhåll. I tillämpliga fall har föreskrifter i ByggAMA 1965, BABS 1960 eller BABS 1967 använts. Svensk Standard har kunnat användas i en del fall. Ibland har föreskrifter från materialtillverkare utnyttjats.

4.6 Vittnesberättelser

I allmänhet kunde inte vittnesberättelser ge någon ledning om orsakssambandet mellan bangen och skadan.

I något enstaka fall hade man sett skadan uppkomma i samband med att man hört bangen. Det vanligaste var att man hört bangen och antingen genast eller vid någon senare tidpunkt gått igenom huset och upptäckt de skador man anmälde. Ganska många hade inte själva hört bangen utan senare associerat en skada till den. De vanligaste dragen i vittnesberättelserna blev snart välkända för oss.

Bangen beskrevs oftast som en skarp knall. Ofta uppgavs det att man kände huset skaka. Mycket vanligt var att man trodde att värmepannan exploderat. Den subjektiva reaktionen varierade. Någon ringde omgående till polisen och pressen. De flesta gjorde inte genast någon systematisk besiktning för att leta efter skador, utan detta skedde först sedan man läst i tidningen att smällen var en ljudbang, att sådana gav upphov till skador på byggnader och vart man skulle vända sig med skadeståndsanspråk. Tiden mellan bangen och det tillfälle då man upptäckte skadorna varierade från någon minut till flera veckor.

Erfarenheterna från dessa intervjuer visade stora likheter med dem som beskrivits i andra länder och diskuterats i kap 2.2.1 och 3.2.

4.7 Ersättning

Vi rekommenderade ersättning för de skador som fått första siffran = 2. Kodens andra siffra skulle vara till hjälp vid bedömning av ersättningens storlek.

5 BYGGNADSSKADOR I INVENTERINGEN

Övervägande delen av de byggnader, som ingick i inventeringen, var bostadshus. 115 var villor, 5 flerfamiljshus, 7 affärsbyggnader, 4 industribyggnader och 2 allmänna byggnader. (Fastighetsnomenklatur, tredje uppl 1967).

78 st av husen hade stomme av timmer eller plank, 30 st hade regelstomme, 20 st hade stomme av lättbetong och 5 st hade tegelstomme. Utvändigt ytskikt var i 50 fall puts, i 41 fall träpanel, i 34 fall tegel och i 8 fall skivor av asbestcement eller dylikt.

12 hus var byggda under tiden fram till 1900, 61 under åren 1901-1950 och 60 efter 1950.

De anmälda skadorna var av mycket varierande slag. Många typer återkom i flera fall, medan andra var mer sällsynta. De oftast återkommande skadetyperna behandlades som "typfall" och ägnades en särskild beskrivning, som vi hänvisade till i de enskilda fallen. Så snart en skadetypp förekommit ett visst antal gånger blev den betraktad och behandlad som ett typfall. Eftersom typfallen avgränsades efterhand som inventeringen fortskred blev de visserligen ett lätthanterligt verktyg vid den aktuella skadeinventeringen men tenderade att bli relativt snävt avgränsade. En redovisning av skadorna efter deras lokalisering till byggnadsdelar ger större generalitet och har därför valts här.

I de 133 byggnaderna noterades 370 skador. Inventeringen omfattade enbart sådana skador, som anmäls som orsakade av ljudbangar. Skador, som av anmälaren bedömts som ej orsakade av någon bang togs inte med. Oftast hyste anmälaren emellertid den uppfattningen, att huset varit helt felfritt före bangen och alla påvisbara skador kom då med i inventeringen. Som skada definierades varje av en anmälare påpekad bristfällighet. Denna vida definition gjorde, att också mycket obetydliga skönhetsfel tagits med. Samma typ av skada, före-

kommande på flera ställen på samma byggnadsdel eller annan byggnadsdel av samma utförande, betecknades i protokollet som en skada. Härigenom fick visserligen omfattningen av en sprickbildning ingen direkt illustration i protokollet, men motsatta förfarandet skulle i många fall gett ett tidsödande räknearbete.

Appendix 1 redovisar samtliga byggnader i inventeringen, anmälda skador efter lokalisering till byggnadsdelar och bedömning av ljudbang som möjlig skadeorsak (bedömning med första siffran enligt kap 4.5 redovisad). Byggnaderna är sammanförda i grupper efter huvudsakligt material i stomme och utvändig väggbeklädnad. För byggnader uppförda före år 1900 anges 00 som byggnadsår. Då renovering förekommit har åren för sista renovering angetts.

I det följande redovisas för var skadetyper de troliga orsakerna. Bedömningen av ljudbangars troliga medverkan gjordes enligt kap 4.4 och 4.5. En sammanställning av bedömningen av samtliga skador visas i tab 1.

5.1 Skador på råbyggnad

I 67 av byggnaderna noterades sammanlagt 87 skador på råbyggnad. De flesta av dessa skador var väggsprickor genom både ytskikt och underliggande material. Eftersom den primära skadan kunde hänföras till råbyggnaden fördes alla sådana skador enbart till denna rubrik.

5.1.1 Skador på väggar.

En vanlig orsak till genomgående väggsprickor var sättningar i byggnadsstommen som helhet eller nedböjningar i bjälklaget under väggen. Om väggen är tillräckligt styv kommer den då att fungera som en balk mellan punkter med liten nedböjning och de skjuvkrafter som uppstår kan ge upphov till snedsprickor. Om väggen i stället följer rörelserna bildas horisontella sprickor vid taket och vertikala sprickor i svaga snitt, t ex

TAB. 1. Antal skador inom olika rubriker. Bedömning av ljudbangars möjliga inverkan vid skadornas uppkomst gjord med kodsiffror enligt kap 4.5

Skadetyper			Antal skador bedömda med kodsiffror enl kap 4.5									
			0.1	0.2	0.3	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	Tot
Råbyggnad	Väggar	Betong	14	10								24
		Lättbetong		5		6	3		1			15
		Trä	3	5		19	3					30
	Bjälklag	Betong	1	4								5
		Trä	3									3
	Trappor	Trä	3	4		1						8
	Yttertak	Trä	2									2
Huskompl	Fönster	Trä	15	6		3	2					26
	Dörrar	Glas		1		1	2		4	2	18	28
Ytskikt	Utvändig väggbekl	Tegel	1	4								5
		Puts	4	4		6	2		1			17
	Invändig beklädnad	Puts	4	1	5		1		1			12
		Kakel		1		15	3					19
		Papp, väv	3	1		4	3		6	12		29
		Tapet, måln	4	2	1	51	21		3			82
	Golvbel	Betong	1	3								4
Parkett		1	4	4							9	
Yttertak	Tegel	1	3	1							5	
VVS	Värme	Mur	4	8	1		3				16	
Rumskompl	Kök	Skåp	5			5	13				23	
Inredning		Möbler		1							1	
		Lösa förem			2	1			2	1	1	7
Totalt 0.1-2.3			69	67	14	112	56	0	18	15	19	
Totalt 0 - 2			150			168			52			

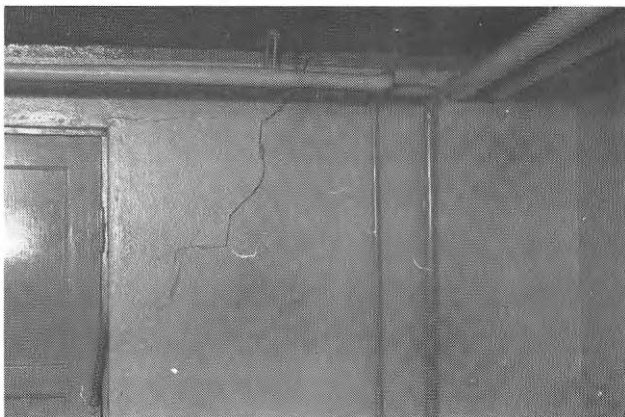


FIG. 12. Källarvägg av betongsten med sprickor orsakade av ojämna sättningar.



FIG. 13, 14. Garagets yttervägg fortsätter i en fristående mur. Genomgående spricka i begränsningen mellan garaget och muren. Olika grundläggningssätt kan misstänkas.

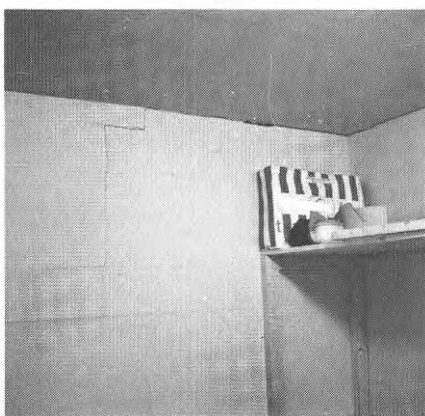
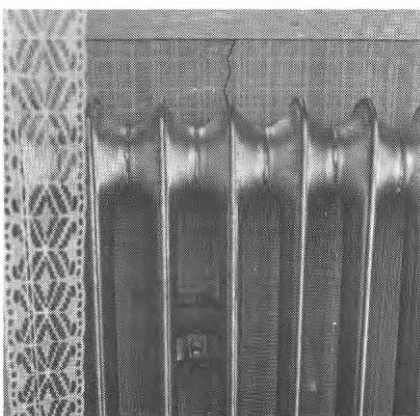


FIG. 15. Krympspricka i invändig isolering bakom radiator på källarvägg.

FIG. 16. Källarvägg med horisontell spricka orsakad av jordtryck. Hörnlyftning i bjälklagsplattan.

över dörrar. (Bygg, kap 622.533). De snedgående sprickorna förekom ofta i murade väggar, och horisontella och vertikala sprickor var vanligast i träväggar.

Betong, betongsten och lättklinkerbetong

Skador på väggar av betongmaterial förekom i 24 hus. De flesta skadorna (20 st) var sprickor i källarväggar, de övriga sprickor i fristående murar eller mellan huset och en fristående mur eller trappa. Orsaken till sprickorna torde ofta ha legat i grundläggningssättet. Uppgifter om detta var i många fall omöjliga att få fram, och bedömningen fick då göras enbart med ledning av skadans utseende. Ojämna sättningar i undergrunden hade i en del fall gett upphov till kraftiga, snedgående sprickor. (Fig 12). Orsakerna till sättningarna kunde ibland visas vara att man grundlagt på för löst packad utfyllnad; i andra fall kunde förändring av grundvattennivån misstänkas.

En inte ovanlig skadetyper var den, där någon del av byggnaden hade annat grundläggningssätt än byggnaden i övrigt. Grundläggningen för t ex en källartrappa eller en fristående mur hade inte förts ner till frostfritt djup. De rörelser, som uppstår vid tjälskjutning, ger oundvikligen sprickor mellan denna byggnadsdel och huset i övrigt. (Fig 13, 14).

Krympning var också en vanlig sprickorsak. Vertikala sprickor i grundmurar uppstår då grundmurens rörelser motverkas av underlaget. Vid grundläggning på berg är denna spricktyp vanlig (Bygg, kap 622:522). Krympsprickor till följd av materialets uttorkning förekommer ofta i murade väggar där murblocken inte getts tid till uttorkning före användandet.

Det var också vanligt med sprickor i väggar där flera material kombinerats och inte getts möjlighet att röra sig i förhållande till varandra. (Fig 15).

I en del fall hade uppenbarligen jordtrycket mot källarväggen gett upphov till sprickor. (Fig 16). Denna typ av skador har be-

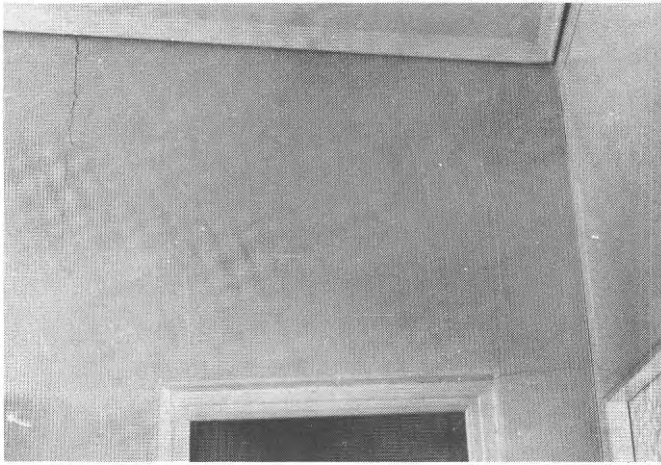


FIG. 17. Lättbetongsprickor. Takanslutning.



FIG. 18. Lättbetongsprickor. Horisontell spricka vid överkant fönster.



FIG. 19. Lättbetongsprickor. vertikal spricka i fönsterbröstning.

handlats av Kolm, 1969.

Dessa skador bedömdes ej kunna ha orsakats av ljudbangar.

Lättbetong.

Skador på konstruktioner av lättbetong förekom på 15 byggnader. I tre fall var skadorna lokaliserade enbart till en källarvåning av lättbetong. Orsakerna till sprickor i källarväggar har behandlats tidigare. I de övriga fallen var lättbetong det huvudsakliga materialet i huset och skadorna var lokaliserade till olika byggnadsdelar.

Sprickbildning i lättbetongbyggnader har behandlats av Lantz (1967), som redovisar tio olika huvudtyper av sprickor. I huvudsak kunde Lantz' klassificering användas för lättbetongsprickorna i denna inventering. Fig 17-19 visar exempel på lättbetongsprickor.

Den huvudsakliga orsaken till sprickor i lättbetongväggar är enligt Lantz' utredning de i byggnaden ingående materialens olika rörelseegenskaper. Betong och puts krymper betydligt mer än lättbetong vid uttorkning och där de olika materialen kombineras uppstår spänningar, som kan ge upphov till sprickor. Trätakstolar på lättbetonghus kan genom träets stora volymförändring vid ändrad fuktkvot ge upphov till allvarliga väggsprickor om de olika materialen inte ges tillfälle att röra sig fritt i förhållande till varandra.

De spricktyper som hos Lantz (1967) oftast förekom i de översta våningarna på de undersökta flerfamiljshusen var vanliga i vår inventering, där småhus utgjorde den övervägande delen av materialet. En bidragande orsak till dessa sprickor var den ringa vertikallasten i husens övre delar och därmed följande känslighet för transversallaster.

Planlösningen och volymens uppbyggnad torde ha stor betydelse för sprickfrekvensen i småhus av lättbetong. Särskilt känsliga för sprickbildning var t ex vinkelhus och hus med bjälklag för-



FIG. 20. Gavelfasad av lättbetong.



FIG. 21. Vägg belastas av wirar för belysningsarmaturer.

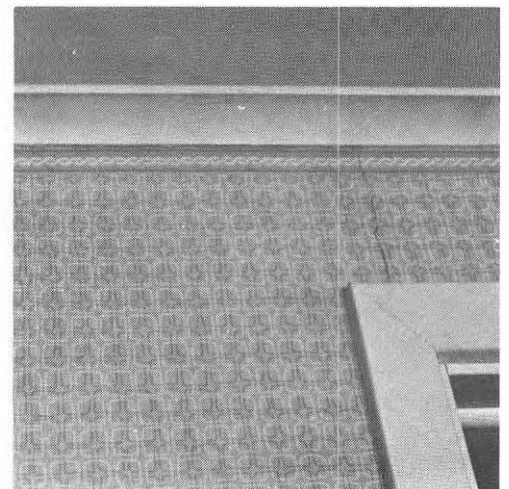


FIG. 22. Vertikal spricka över dörröppning i trävägg.
Horisontell spricka vid takanslutningen.

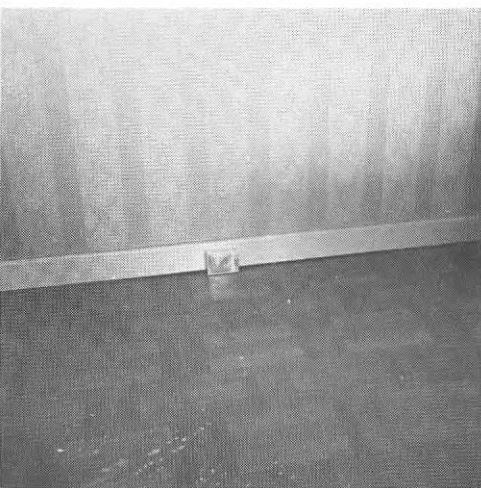


FIG. 23. Träbjälklag som sjunkit lokalt vid avvaxling.

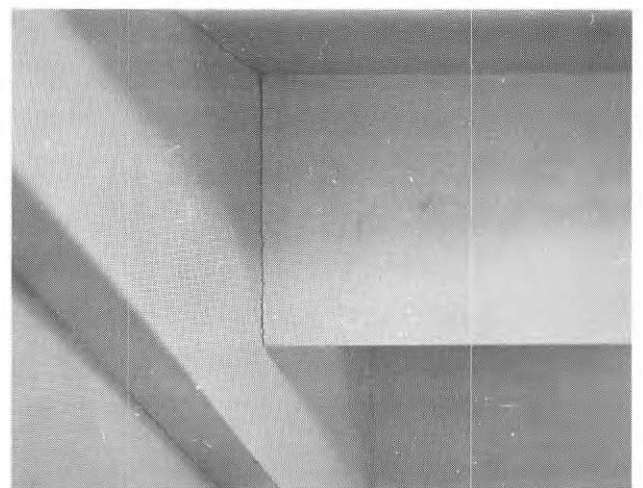


FIG. 24. Springor i innertrappa av trä.

skjutna i höjddled.

Endast i ett fall bedömdes ljudbangar ha kunnat medverka vid skadans uppkomst. Sprickor hade här uppstått på en yttervägg av låsfogad lättbetong. Fig 20. Väggen utgör gavel i en lagerbyggnad och är ca 10 m lång, 2,5 m hög vid hushörnen och 4 m vid gavelspetsen. I väggen finns fyra fönster av ca 1 m bredd och 1,3 m höjd. Inga tvärgående mellanväggar finnas. Väggen bär upp takelement av lättbetong. Den belastas horisontellt av belysningsarmaturer, som hänger i wirar, fästa med krokar i gavelväggarna. Fig 21.

Väggens dimensioner får med hänsyn till konstruktionen anses olämpligt stora. Den är dessutom utsatt för en avsevärd horisontallast. Båda dessa förhållanden gör den känslig för sprickbildning.

Väggens stora yta gör den emellertid så vek att den också blir mera känslig för en ljudbang än en normal lättbetongvägg. Trots att den huvudsakliga orsaken till sprickbildningen alltså är en annan, ansåg vi oss inte kunna utesluta en ljudbangs medverkan.

Trä.

Sprickor på innerväggar av trä förekom i 30 av byggnaderna.

Den vanligaste spricktypen var vertikala sprickor genom dörröppningar. I många fall fanns det samtidigt horisontella sprickor vid taklisten. Sprickor av denna typ uppkommer då upplaget för väggens mittparti har sjunkit. En bidragande orsak var i många fall att ingen tillfredsställande avvaxling gjorts över dörröppningen. (Fig 22)

Ljudbangar bedömdes ej ha kunnat orsaka skadorna.

5.1.2 Skador på bjälklag

Betong.

I fem av husen noterades sprickor p g a hörnlyftning i bjälklagsplattan mellan bjälklagsplatta av betong och gjuten eller murad vägg. Fig 16. Sprickor av denna typ finns beskrivna i bl a Bygg, kap 622:54 (tredje uppl 1964).

Dessa skador bedömdes ej kunna ha orsakats av ljudbangar.

Trä.

I tre hus hade skador på träbjälklag anmälts. I två fall hade bjälklaget sjunkit lokalt vid en avvaxling. Fig 23. Det tredje fallet var ett träbjälklag i en 1700-talskyrka, som renoverats under 1950-talet. I det dekorerade kortaket, som består av breda plankor, hade en ny spricka upptäckts. Det visade sig vara en gammal spricka, som vid renoveringen spacklats igen.

Dessa skador bedömdes ej kunna ha orsakats av ljudbangar.

5.1.3 Skador på innertrappor

Trä.

Åtta fall av skador på innertrappor av trä hade anmälts. Klagomålen gällde springor mellan vangstycke och vägg eller springor mellan vangstycke, plansteg och sättsteg. (Fig 24)

Springor i trätrappor eller mellan trappa och vägg är normalt förekommande och kan, om deras omfattning inte är alltför stor, knappast betraktas som en skada. Trappan fungerar statiskt som en balk som utsätts för rörliga laster. Om den är infäst endast i upplagspunkterna vid bjälklagen kommer vangstycket att röra sig i förhållande till väggen. Genom planstegens nedböjning vid belastning uppstår rörelser i deras anslutning till vangstycke och sättsteg. Dessa rörelser blir större om vang-

stycket är infäst i väggen.

Träets krympning och svällning vid förändring av fuktkvoten har också stor betydelse. Eftersom rörelserna är olika i olika riktningar i materialet får man när materialet krymper alltid springor där trä med olika fiberriktning fogats samman (kap 5.2.1).

Springor i trätrappor uppkommer således nära nog oundvikligt genom deformation p g a belastning och fuktrörelser i materialet.

Skadorna bedömdes ej kunna ha orsakats av ljudbangar.

5.1.4 Skador på yttertak

Trä.

Två trälador, där taket rasat, hade anmälts. I båda fallen var takstolarna klart underdimensionerade. I ena fallet hade handbjälkarna sågats av då man installerat en höhiss.

Skadorna bedömdes ej kunna ha orsakats av ljudbangar.

5.2 Skador på huskomplettering

Skador på huskomplettering förekom i 54 hus.

5.2.1 Skador på dörrar och fönster

Trä.

I 26 hus anmäldes skador på trämaterial i dörrar eller fönster. Skadorna utgjordes i samtliga fall av springor i hopfogningar. Sådana springor är mycket svåra att undvika.

Byggträ (1970), kap B2 och G1, anger att jämviktsfuktkvoten för trä inomhus kan variera från ca 6 % på senvintern till ca

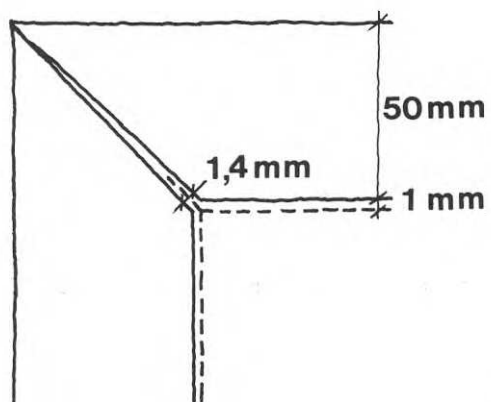


FIG. 25. När ett 5 cm brett dörrfoder krymper 1 mm kan springan mellan överstycket och sidostycket bli upp till 1,4 mm bred. Springan är vidast i vinkeln och smalnar av mot hörnet.



FIG. 26. Målningssprickor i fönstersnickerier.

16 % på eftersommaren. Denna ändring av fuktkvoten ger en krympning och svällning hos furu av omkring 2 % i fibrernas tvärriktning tangentiellt med årsringarna. (Bygg, kap 273:2 1968). Detta betyder, att t ex ett 5 cm brett dörrfoder kan krympa och svälla 1 mm mellan vinter och sommar. Rörelsen i en gerad fog kan då uppgå till omkring 1,4 mm i vinkeln mellan sidostycke och överstycke. (Fig 25, 26).

För trä utomhus blir formförändringarna större. Victorin (1966) mätte fuktkvotvariationer på ytterpanel av trä med olika ytbehandling (oljefärg, PVA-färg och Falu rödfärg) och fann för alla tre ytbehandlingarna en fuktkvotsvariation mellan 7 % och 24 %. Den tangentiella formförändringen i träet beräknades till 6 %.

Springor i fogarna i snickerier får alltså anses vara fullt naturliga. För snickerier inomhus är en formförändring i tangentiell riktning av 1 mm på 5 cm trä normal i vanliga bostadsrum från sommar till vinter. Fönstersnickerier, som utsätts för nederbörd på utsidan och uttorkning från radiatorer på insidan, kan uppvisa betydligt större och mer frekventa formförändringar.

Ljudbangar bedömdes ej kunna ha orsakat skadorna.

Glas.

I 28 hus anmäldes skador på fönsterglas. Som tidigare nämnts (kap 2.4.1) finns fall dokumenterade, där fönsterglas skadats av ljudbangar. Vid lägre övertryck (från ca 250 N/m^2) kan glaset skadas indirekt genom påverkan av bangen, t ex på så sätt att glasrutan bringas i vibration och därvid slår emot någon ojämnhet i infästningen så att en spricka uppstår. Bangar med höga övertryck (från ca $1\,000 \text{ N/m}^2$) kan trycka in glasrutor.

Inga klart dokumenterade fall av glasskador orsakade av ljudbangar med lägre nominellt övertryck än ca 250 N/m^2 finns. Som tidigare påpekats (kap 2.4.4) kan det emellertid tänkas, att latent skador utlöses av bangar med lägre övertryck. Trots att

det nominella övertrycket för de i denna inventering aktuella bangarna låg under 100 N/m^2 kunde möjligheten för glasskador inte uteslutas. I några fall kunde skadorna hänföras till andra uppenbara orsaker. Kännetecken hos sprickbilder och brottytor kan här liksom vid skador på andra material ge ledning vid bedömning av orsakerna. Då ingen sammanfattande redogörelse för sprickbilder och brottytsmärken för glas finns på svenska kan det vara lämpligt att här lämna en kortfattad sådan.

Persson (1965) redogör för glasets mekaniska egenskaper.

Glasets tryckhållfasthet är ca 10 gånger större än draghållfastheten. Det är därför så gott som alltid dragspänningar, som orsakar glasbrott. Som arbetsvärden på draghållfastheten för maskinglas anges 150 kp/cm^2 för långtidsbelastning och 300 kp/cm^2 för korttidsbelastning. Motsvarande värden för spegelglas är 100 resp 175 kp/cm^2 , och för floatglas, som numera används mer än spegelglas, 110 resp 210 kp/cm^2 . Avgörande för hållfastheten är konditionen hos glasytan. Där finns alltid mikroskopiska sprickor, som försvagar glaset. De lägre värdena på hållfastheten för spegelglas beror på att ytan här slipats mekaniskt och därigenom försvagats.

En glasrutas förmåga att uppta belastning avgörs av flera faktorer, såsom tjocklek, format, storlek, belastningstid och infästningssätt. Av två glasrutor med samma tjocklek men olika yta tål den mindre rutan en större utbredd last. Försök utförda vid Libbey-Owens-Ford Glass Company (Glass Age No 3, 1964) visar att glasets totala yta här har större betydelse än förhållandet mellan sidornas längder.

Olika typer av påkänningar på glasrutor ger sprickbilder med olika kännetecken. Märken på brottytorna ger anvisningar om storleken och riktningen på den kraft, som orsakat brottet.

Sådana märken på brottytorna beskrevs av Preston (1926) och studerades vidare av Murgatroyd (1942). Stanworth (1950) har sammanfattat resultaten. Märken av två huvudtyper bildas på glasets brottyta. Den ena typen är revbensliknande och uppstår

i brottytan hos sprickor, som orsakats av relativt svaga spänningar. Sprickhastigheten är beroende av storleken hos den kraft, som orsakat brottet, och revbensmärken visar att sprickan rört sig med relativt låg hastighet. Märkena bildas vinkelrät mot sprickans fortplantningsriktning och deras konvexa sida är vänd framåt i denna riktning. Varje märke är en bild av sprickfronten i ett visst ögonblick. De visar alltså både sprickans huvudriktning och hur den rört sig över sprickytan. Märkena visar också riktningen av den kraft, som orsakat sprickan, eftersom brottet uppstår i rät vinkel mot spänningen.

De symmetriska revbensmärkena i fig 27 visar att båda glasytorna var utsatta för likartad spänning då sprickan uppstod (t ex vid termiska spänningar).

Om glasets båda ytor varit olika belastade, blir revbensmärkena ej symmetriska. Fig 28 visar märken av denna typ. Här har genom t ex böjning av glasets den ena ytan, nedåt på bilden, utsatts för en kraftigare dragspänning. Revbensmärkena är glesa i dragzonen och täta i tryckzonen.

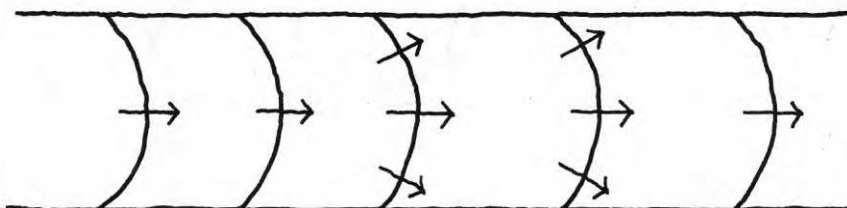


FIG. 27. Symmetriska revbensmärken på brottyta i glas. Pilarna visar sprickans fortplantningsriktning.

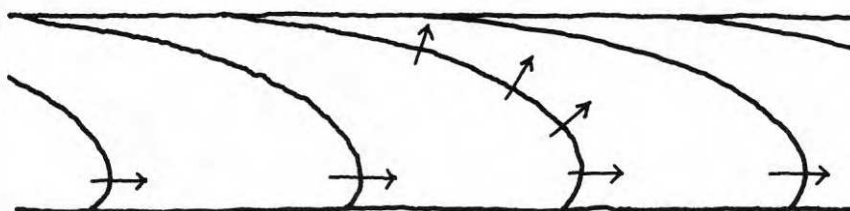


FIG. 28. Osymmetriska revbensmärken. Glasets har böjts så att den ena sidan utsatts för dragspänning.

Vid starka spänningar blir sprickhastigheten hög och det bildas en annan typ av märken, som är täta och fjäderliknande. I motsats till revbensmärkena bildas de i sprickans fortplantningsriktning. Fjädermärken kan ibland observeras löpa genom revbensmärken, och märkena är då vinkelräta mot varandra.

Fig 29 visar kombination av revbensmärken och fjädermärken. Dragspänningen har varit störst i den glasyta, som är vänd nedåt på bilden. Revbensmärkenas begränsning uppåt anger var den ursprungliga dragzonen slutade. När sprickan nått hit blev den ursprungliga tryckzonen plötsligt utsatt för kraftig dragspänning och sprickan fortsatte under bildandet av fjädermärken.

I den punkt, där sprickan börjat, kan ibland en slät, rund "spegel" iakttas. (Fig 30). Storleken på denna beror på storleken av den last, som orsakat brottet. Ju större spegeln är, desto mindre har lasten varit. I PPG Industries Technical

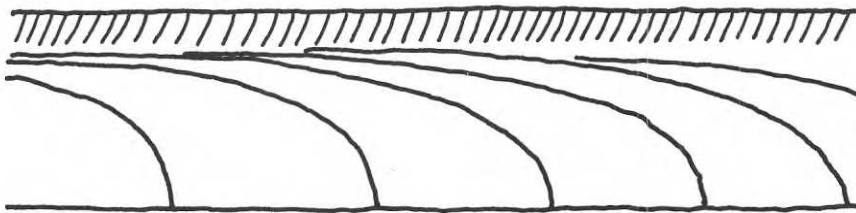


FIG. 29. Osymmetriska revbensmärken i kombination med fjädermärken.

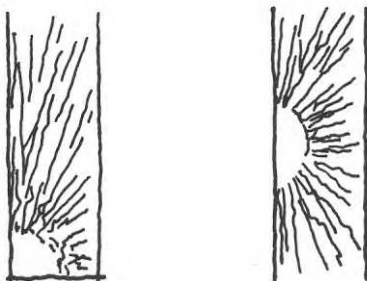


FIG. 30. "Spegel" på brottytan i sprickans utgångspunkt. Till vänster brottytan för en spricka som börjat i glaskanten; till höger för en som börjat på glasytan.

Service Report No 104 B anges att om spegeln är så stor, att någon radie inte kan mätas ($r \geq 25$ mm) så har lasten varit så liten, att någon defekt hos glaset haft avgörande betydelse.

Pilkington Brothers Limited, Glass and Windows Bulletin No 4 (1964) och No 5 (1965) redogör för sprickbilden vid glasbrott med olika orsaker.

Fem olika huvudorsaker till glasbrott kan särskiljas. Ofta inträffar brott genom en kombination av flera.

Temperaturskillnader

Temperaturskillnader i glaset - antingen mellan olika partier av en glasruta eller mellan glasets båda ytskikt - kan genom spänningar uppkomma genom värmeutvidgningar orsaka glasbrott. Vid en undersökning gjord av Pilkington Brothers Ltd (1964) värmdes man upp mittpartiet av kvadratiska glasrutor tills brott inträffade. Temperaturskillnaden mellan kant och mittparti mättes. Vid 30° temperaturskillnad började brott uppträda, vid 55° skillnad hade brott inträffat på hälften av alla rutorna och vid 85° skillnad på samtliga rutor. Variationen i känslighet beror på att glasets hållfasthet varierar på grund av yt- och kantdefekter.

Temperaturskillnaderna kan uppstå på många sätt. Solbestrålning på en del av glasrutan eller ogynnsamt riktad värme från radiatorer kan ge tillräckliga temperaturskillnader. Ett föremål, som kan värmas upp av solen och placerats nära glasrutan eller affischer som klistrats på glaset kan ge en varm zon. Persienner och gardiner kan ge samma effekt om de placeras för nära glaset.

Köldbryggor kring glasets infästning kan också ge stora temperaturskillnader.

Sprickor orsakade av temperaturskillnader är ofta lätt igenkännliga. När sprickan uppstår genom dragspänningar i en

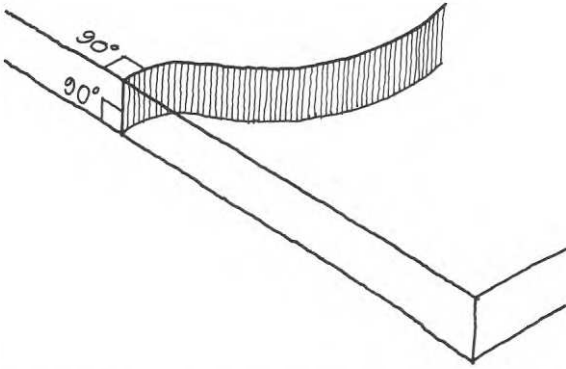


FIG. 31. En spricka som uppstått genom temperaturspänningar är vinkelrät mot glasytorna och i brottpunkten vinkelrät mot kanten.

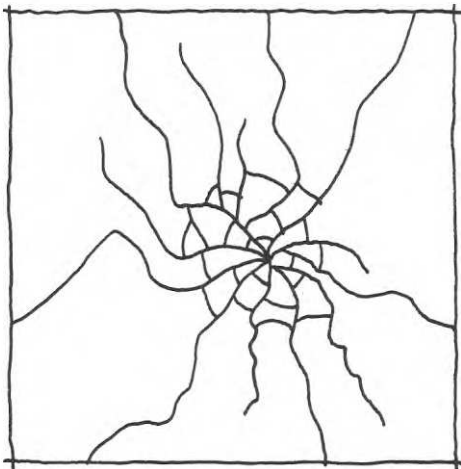


FIG. 32. Sprickbild efter en fotboll på en glasruta ca 1 x 1 m.

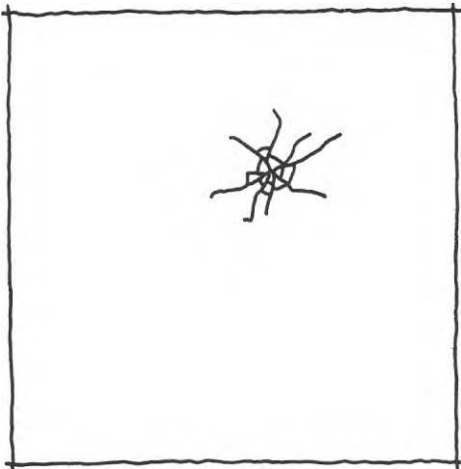


FIG. 33. Sprickbild efter en golfboll på en glasruta ca 1 x 1 m.

kall kant blir den i brottpunkten vinkelrät både mot kanten och glasytorna.

Fig 31.

En spricka som orsakats av starka spänningar löper snabbt och delar upp sig i flera sprickor. Vid brottstället kan en spegel iakttas.

Om sprickan är starkt kurvformig eller delar upp sig i flera delsprickor tyder detta på att permanenta spänningar funnits i glaset som resultat av dålig kylning vid tillverkningen.

Om sprickan orsakats av svagare spänningar har den en enklare form och spegeln är för stor för att kunna mätas. Här har någon skada på glaskanten bidragit till sprickans uppkomst.

Revbensmärkena på brottytorna är symmetriska (fig 27) och sprickan är i hela sin längd vinkelrät mot glasytorna.

Böjning.

Brott på grund av glasets böjning kan likna brott orsakade av temperaturskillnad i glaset, men är inte i hela sin längd vinkelräta mot glasytorna. Revbensmärken på brottytan är asymmetriska. Fjädermärken kan förekomma. (Fig 28, 29).

Slag.

Ett slag mot en glasyta resulterar i en böjning av en del av glaset. Märkena på brottytorna blir därför av samma slag som de som beskrivits ovan. Sprickbildningen ger ledning beträffande det föremål som slagit till rutan. Fig 32 visar sprickbild efter ett stort, mjukt föremål i låg fart (t ex fotboll), och fig 33 efter ett mindre och hårdare föremål i högre fart (t ex golfboll). En gevärskula ger ett litet, koniskt hål i glasrutan.

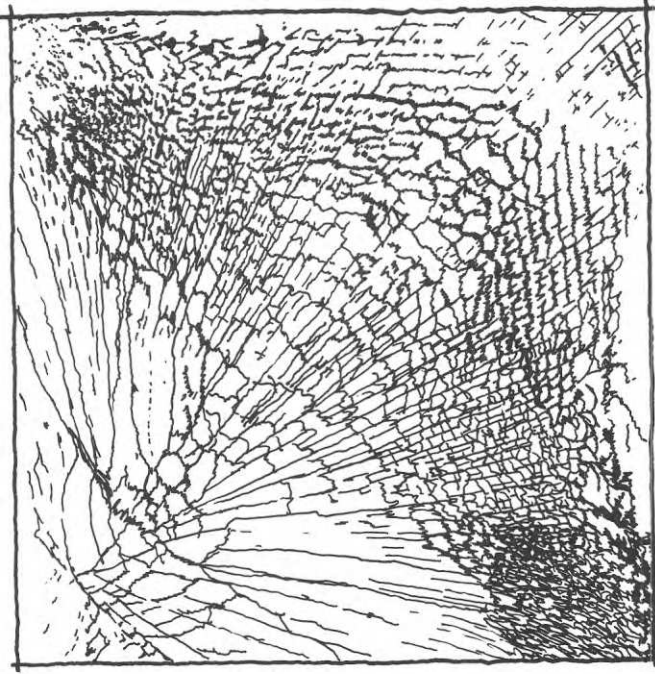


FIG. 34. Sprickbild efter en utbredd last över hela glasytan.
Brottet är orsakat av starka spänningar.

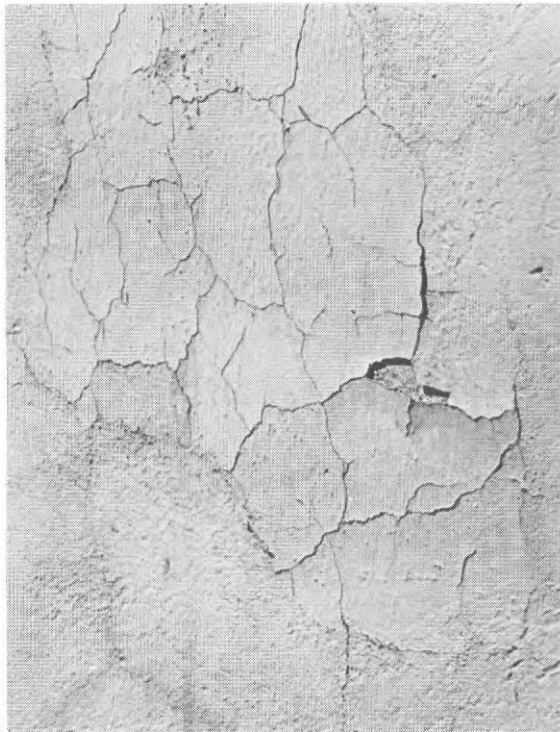


FIG. 35. Sprickor i ett för tätt
ytskikt på utvändig puts.



FIG. 36. Hörspricka i putsen
på reveterat trähus.

Utbredd last.

En utbredd last över glasytan ger en utböjning av glasrutan. Spänningen blir störst längs diagonalerna på något avstånd från centrum av rutan. Sprickbilden kan beskrivas som ett virr-varr av sprickor i ett mönster utgående från ett ursprungligt brottställe (fig 34). Brottytorna har märken som visar att orsaken är böjning av glaset.

Tryck mot glaskanten.

Tryck mot glaskanten kan utövas genom glasets infästning. Till skillnad från sprickor uppkomna genom temperaturspänningar är sprickor orsakade av tryck mot glaskanten inte vinkelräta mot denna.

Bedömningen av ljudbangars möjlighet att medverka vid uppkomsten av de anmälda glasskadorna blev osäker därigenom att de flesta skadade glasrutorna blivit utbytta före besiknings-tillfället. Därför kom också en troligen alltför stor del - 24 av de 28 fallen - att bedömas som möjligen orsakade av ljudbangar.

För de aktuella bangarnas låga övertryck gäller, att bangen kan vara en bidragande men inte ensam orsak till glasbrottet. Bangen kan bringa rutan i vibration så att en ojämnhet i dess infästning ger ett brott i glaskanten. Den kan också utlösa ett glasbrott p g a böjning, t ex i sådana fall där glaset genom brister i planhet utsätts för böjning när det fixeras i en båge.

I en del fall kan bangen uteslutas, nämligen där brottet tydligt visar sig ha uppkommit genom termiska spänningar (fig 27, 31) eller genom ett slag mot rutan (fig 32, 33).

Glasbrott som direkt orsakas av bangar med höga övertryck visar en sprickbild som tyder på en över hela glasytan ut-

bredd last, (Fig 34). I dessa fall skadas glas på byggnadens stötsida för lägre nominella övertryck än på dess läsida. Större glasrutor skadas för lägre övertryck än mindre rutor med glas av samma tjocklek och kvalitet.

5.3 Skador på ytskikt

Skador på ytskikt var det mest vanliga klagomålet. I 110 byggnader noterades sammanlagt 182 sådana skador.

5.3.1 Skador på utvändig väggbeklädnad

Tegel.

I fem hus hade skador på utvändig väggbeklädnad av tegel anmälts. Sprickorna kunde huvudsakligen visas härröra från sättningar. Ljudbangar bedömdes ej ha kunnat orsaka skadorna.

Puts.

Skador på utvändig puts hade anmälts på 17 hus. De flesta av dessa hade stomme av trä. Några putsskador på lättbetonghus förekom också. Sprickor genom både lättbetong och puts behandlas under rubriken 5.1.1.

Klagomålen har gällt sprucken puts, lossnad puts och puts som rasat ned. Dührkop, Saretok, Sneck & Svendsen (1966) har lämnat en ingående redogörelse för vanliga orsaker till putsskador. Denna ligger till grund för följande översikt.

Sprickor i utvändig puts kan uppkomma av en mängd olika orsaker. Sprickbildning av begränsad omfattning behöver inte nödvändigtvis äventyra byggnadens skydd.

Krympsprickor uppträder ofta och kan vara av olika typ. Sprickor, som bildar ett finmaskigt nät i putsens ytskikt uppkommer då det yttersta putsskiktet är för tätt. På helt slät-

skurade putsytor kan man ofta se detta. Genom bearbetningen har här ett lager av bindemedel pumpats fram till ytan, som blir ett tätt skikt och hindrar fuktens passage och därför spricker och flagnar av. En för tät färg kan verka på samma sätt. (Fig 35)

Mera djupgående, glesare krympsprickor kan uppkomma i grovputsens under uttorkningen. Sådana sprickor kan skuras igen och täckas av ytputsens, men slår ofta igenom på ett senare stadium.

S k kalvningssprickor uppkommer i grovputsens på partier där vidhäftningen mot underlaget är dålig. Putsen glider då neråt och det bildas horisontella, ganska breda och korta sprickor.

Putssprickor, som följer murfogar i underlaget, kan bero på dåligt fyllda murfogar eller fogar med för kraftig sugning. Detta har gett en försvagning av putsen över fogarna. Sådana sprickor kan också uppkomma på grund av ojämnheter i underlaget, som ger ojämn tjocklek i putsskiktet. En abrupt förändring av putsens tjocklek över en fog mellan två murstenar ger spänningskoncentrationer över fogen.

Om putsskiktet lämnas obrutet över en materialskarv i underlaget, över en rörlig fog eller över en fog mellan bärande och icke bärande byggnadsdel kommer med största sannolikhet en spricka att bildas.

Putssprickor i hörn är vanliga, särskilt på hus med trästomme. De beror ofta på att väggarna putsats i olika omgångar och putsen på den ena väggen hunnit torka något, då de båda väggytorna putsas ihop. (Fig 36)

En vanlig orsak till putssprickor är att underlaget och putsen varierar olika i volym vid förändringar av fuktkvot och temperatur. Putssprickorna följer då gärna underlagets fogar. I puts på träunderlag är sådana sprickor vanliga.



FIG. 37. Putsspricka vid fönsterhörn på reveterat trähus.



FIG. 38. Kristallbildning mellan putsen och underlaget har sprängt loss putsen.

Fritt hängande armerad puts används numera sällan vid nybyggnader, men förekommer ofta på äldre trähus. Underlaget för putsen kan vara spräckpanel, ofta spikad diagonalt på väggen. Som putsbärare var vassrör i två lag vanligt.

Numera använder man vanligen armeringsmattor, som fästs mot underlaget med ett mellanrum av ca 10 mm. Vid putsning på träväggar läggs numera alltid en papp mellan puts och underlag.

Fritt hängande armerad puts får ofta sprickor som följer armeringen eftersom putsskiktet blir tunnare och därmed svagare över armeringsstängerna.

I fritt hängande puts bildas ofta krympsprickor kring fönster- och dörröppningar. Bidragande till sådana sprickor är också rörelser i träkarmar. (Fig 37)

Om andra byggnadsmaterial - t ex plåt- eller trädetaljer - fästs i putsen utan att åtminstone någon sida lämnas fri, kommer putsen att skadas genom fukt- och temperaturrörelser hos dessa detaljer.

Att puts lossnar från underlaget kan ha flera orsaker. Brottet kan ligga i putsen, mellan puts och underlag eller i underlaget beroende på var den svagaste zonen finns. En för stark puts på ett för svagt underlag kan dra sönder underlaget (t ex en cementrik puts på underlag av gasbetong).

Putsen kan sprängas loss genom kristallbildning - salt- eller iskristaller mellan putsen och underlaget eller mellan puts-skikten. (Fig 38)

Olika rörelser hos ingående material under inverkan av fukt och temperatur kan också göra att putsen lossnar.

Det står alltså klart, att sprickbildning i puts uppkommer av en mängd skilda orsaker. Sprickbildningen är i vissa fall



FIG. 39. Lossnad puts på träunderlag. Efter en ljudbang upptäcktes att ca 1 m^2 av putsen fallit ner.

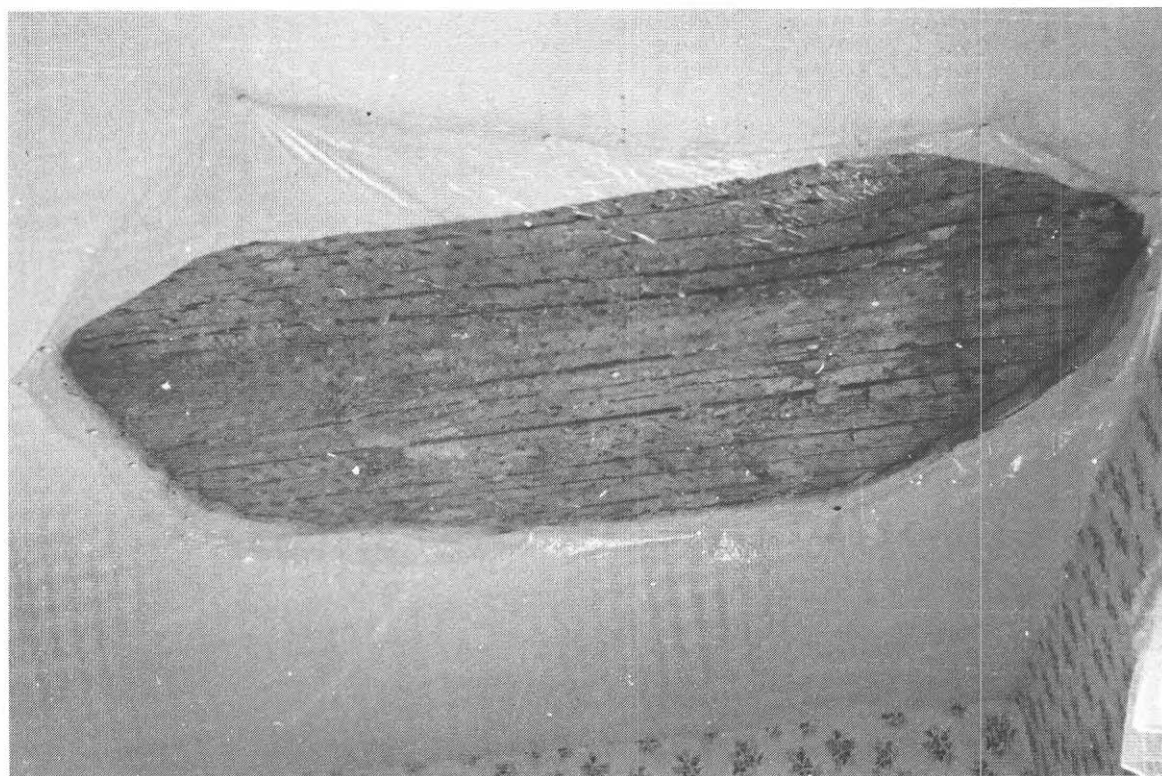


FIG. 40. Gammalt innertak, puts på träunderlag. En ljudbang kan möjligen ha påverkat putsens fall.

mycket svår att undvika och en mindre sprickbildning kan betraktas som fullt normal och behöver inte äventyra byggnaden.

Vid många av de putsskador som relaterats ovan kan ljudbangar ej bidra. Vissa putsskador kan emellertid tänkas påverkas av bangar. Puts är liksom glas ett sprött material med låg draghållfasthet och kan brista om det utsätts för böjning.

Oarmerad puts med dålig vidhäftning eller som har lossnat helt från underlaget kan falla ner vid en ljudbang. Den enda utvändiga putsskada, som i denna undersökning bedömdes som möjligen orsakad av bangar var av denna typ. Det var ett reveterat trähus, där det yttersta putsskiktet hade lossnat. Vid bangen föll en ca 1 m^2 stor putsbit ner. (Fig 39). Eftersom det vid skador av denna typ kan räcka med en ytterst liten extra belastning för att skadan skall utlösas, kan de förmodligen inträffa vid bangar med lågt övertryck.

En fritt hängande armerad puts kan tänkas reagera för en ljudbang på samma sätt som en puts som lossnat från underlaget. Puts av denna typ är emellertid så tung att endast en bang med högt övertryck kan tänkas påverka den. I ett sådant fall måste sprickorna uppkomma på de ställen av väggen där utböjningen blir störst. Sprickorna blir hårfina eftersom deformationen inte kvarstår då belastningen upphört.

Det tredje fall där putssprickor eller vidhäftningsbrott p g a ljudbang är möjliga är då den putsade väggen är så vek att den kan sättas i rörelse av bangen. Blume & Associates (1965) kunde visa att sprickbildningen i putsen på en innervägg med underlag av träpanel påskyndades av bangar med nominellt övertryck av ca 500 N/m^2 . Vid lägre övertryck märktes ingen förändring av sprickfrekvensen. Väggarna bestod av 2" x 4" reglar c/c 16" (41 cm) med träpanel på båda sidor. Väggens vikt var ca 50 kg/m^2 . Putsen var ny. Under en senare period, då putsens uttorkning fortskridit längre, påverkades sprickbildningen först vid ett nominellt övertryck av $1\,000 \text{ N/m}^2$.

Puts på annat underlag - gipsskivor, metall, betong- påverkades inte under provserien.

Det är självfallet omöjligt att dra några generella slutsatser av detta prov, men det finns anledning att förmoda att reveterade träväggar på äldre svenska hus är mindre känsliga för ljudbangar än de nämnda regelväggarna eftersom de vanligen har timmer eller plank som stomme. Även i detta fall måste sprickor orsakade av ljudbangar bli hårfina.

Ljudbangar bedömdes som nämnts ha kunnat medverka till skadans uppkomst i ett fall, där en lossnad puts fallit ner.

5.3.2 Skador på invändig vägg- och takbeklädnad

Puts.

Skador på invändig puts förekom i 12 hus.

För uppkomsten av sprickor i invändig puts gäller i stort sett samma förutsättningar som för utvändiga puts. Dessa beskrivs i kap 5.3.1.

De anmälda sprickorna var till största delen ytliga sprickor i puts på murade väggar, murstockar och spiskupor.

En skada bedömdes ha kunnat orsakas av ljudbang. Det var ett gammalt putsat innertak på träunderlag, där ca 1 m^2 av putsen fallit ner. Fig 40. Huset har ytterväggar av tegel och tegeltäckt sadeltak över ett outnyttjat vindsutrymme. Bottenvåningen är betydligt tätare än vinden, varför tryckskillnaden över bjälklaget kunnat bli relativt stor.

Blume & Associates (1965) relaterar ett liknande fall, där en ny puts med underlag av träpanel i ett innertak föll ner vid en bang med ett nominellt övertryck av ca 500 N/m^2 .

Kakel.

Spruckna eller lossnade kakelplattor på väggar i kök eller badrum hade rapporterats från 19 hus.

I övervägande antalet fall hade kaklet ett underlag av träfiberskivor.

I ByggAMA 1965, kap Sg. 14, anges att underlag på regelstomme för sättning av kakelplattor med fix skall vara ett vid fuktvariationer så dimensionsstabilt och böjstyvt skivmaterial som möjligt, t ex gipsskiva. Ericsson (1964) påpekar att deformationer i underlaget för keramiska plattor ger spänningar i plattskiktet, men att sådana deformationer ofta är svåra att undvika och att man därför måste ta hänsyn till dem vid plattsättningen och utföra konstruktionen på ett sådant sätt att uppkommande spänningar neutraliseras.

Uppsala-Ekeby (1962) har undersökt kakelsättning på olika skivmaterial på trästomme och på grundval härav gett anvisningar för hur sådan kakelsättning skall utföras för att sprickor och vidhäftningsbrott skall undvikas.

Gipsskivor anges vara det lämpligaste underlagsmaterialet.

Spånskivor, lamellträ, plywood och krysslimmade väggelement visade sig olämpliga som underlag. Fuktrörelserna hos dessa material var så stora att sprickbildning och vidhäftningsbrott hos kakelplattorna uppstod. Hård träfiberskiva visade sig lämplig under vissa förutsättningar. Skivan skall fuktas ett dygn före uppspikningen och skall spikas c/c ca 7 cm över hela fältet. Halvhård träfiberskiva visade bättre dimensionsstabilitet än hård skiva vid växlande luftfuktighet. Den kan spikas direkt på reglar (c/c max 40 cm). Spikning c/c 15 cm över hela fältet rekommenderas dock.

Generellt avråder man från skivskarvar under kakelbeklädnad. Nödvändiga skarvar skall spikas tätt och täckas med starkast

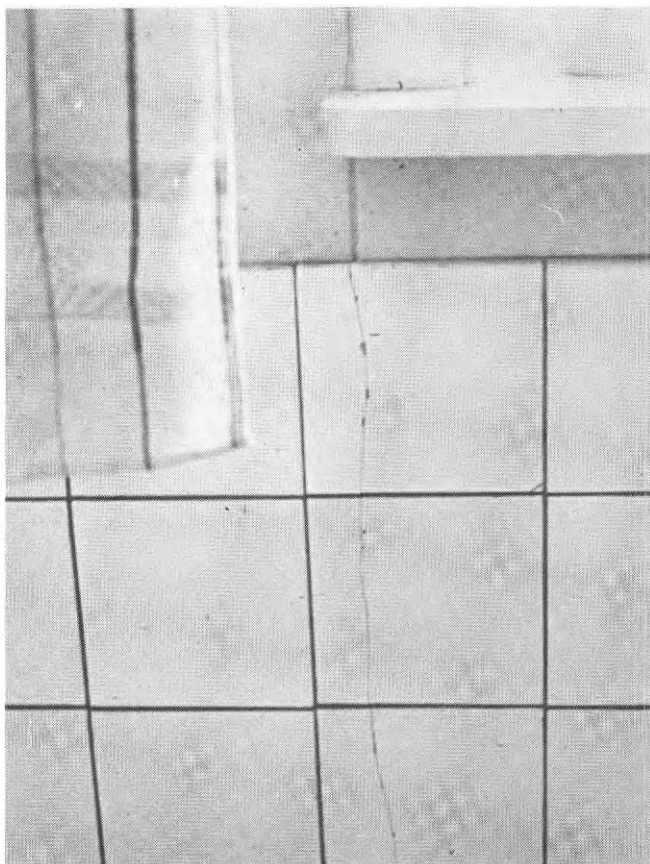


FIG. 41. Sprickor i kakelplattor över fog mellan träfiber-skivor.



FIG. 42. Spricka i pappspänt tak.

möjliga fogremsor.

I flertalet fall där skador på kakelbeklädnad anmälts hade ovanstående rekommendationer inte följts. Träfiberskivor var underlag för kakelsättningen i 15 fall. Spikningen var genomgående gles; i många fall var enbart kanterna spikade. Skivan kommer då att bukta vid variation av fuktkvoten och kaklet spricker eller lossnar beroende på vidhäftningsgraden. Vidhäftningsbrotten fanns i allmänhet över stora delar av skivan, medan brott i kakelplattorna nästan alltid låg över skivskarvarna. Fig 41.

I ett fall var underlaget gipsskiva. Skadan var här sprickor i kakelplattorna över en oarmerad skivskarv.

I två fall bestod skadan av spruckna och lossnade kakelplattor över en skarv mellan trävägg och murad skorstensstock. Ytskikt över sådana skarvar spricker ofta på grund av olika rörelser hos underlagsmaterialen.

I ett fall hade kaklet på en murad vägg i lättklinkerbetong spruckit från golv till tak ungefär mitt på väggen. Sprickan hade troligen uppkommit genom väggmaterialets krympning.

Ett fall, då en spricka i en kakelplatta förlängts under inverkan av en ljudbang, relateras av Blume et al (1965). Det nominella övertrycket var 380 N/m^2 . Sprickan var hårfin och måste svärta med karbonpapper för att kunna fotograferas. Man påpekar, att sprickor orsakade av bangar måste vara av denna typ, eftersom väggen då belastningen upphör återgår till samma läge som före lastens applicerande.

Skadorna på kakelbeklädnader bedömdes inte i något fall ha kunnat orsakas av ljudbangar. Rörelser i underlagsmaterialen var den tydliga orsaken i samtliga fall.

Väv- och pappspänningar.

Skador på papp- eller vävspänning på tak eller väggar hade anmälts från 29 hus.

Utmärkande för konstruktioner av denna typ är att ett tunt membran spänts över underliggande vägg- eller takyta utan vidhäftning mot underlaget och ibland med något avstånd därifrån. Det spända skiktet är fäst kring ytterkanterna. Skarvar sys eller limmas ihop. Skarvar i pappspänningar kan vara spikade mot underlaget.

Konstruktionen blir känslig för dynamiska laster på samma sätt som en glasruta. Ett plötsligt över- eller undertryck i rummet sätter det spända skiktet i rörelse. Äldre pappspänningar med flera skikt av färg eller tapet blir spröda och kan brista.

I 18 fall bedömdes ljudbangar ha kunnat medverka. Samtliga av dessa var pappspänningar, en på vägg och de andra i tak, som spruckit tvärs över. Sprickorna gick ofta genom hål för upphängning av belysning och utgick i flera fall från vinklar vid t ex köks-skåp. Fig 42.

Övriga 11 skador bedömdes ej vara orsakade av ljudbangar. I några fall var det gamla skador som lagats otillfredsställande. Pappspänningar, som lagts över en skarv mellan olika underlagsmaterial och spikats på båda sidor om skarven, förekom också.

Sättningar i huset hade bidragit till en del av skadorna.

Tapet och målning.

Skador på tapet och målning var den vanligast förekommande skadetypen. Sådana skador hade anmälts på 82 av de 133 byggnaderna.

Sprickor över skarvar mellan tapetserade eller målade träfiber-skivor eller i målade panel förekom i 65 hus. Sprickor vid takvinkel fanns i 50 hus och sprickor eller veck på tapet i hörn eller över materialskarvar i underlaget förekom i 50 hus.

Orsaken till uppkomsten av denna typ av sprickor är rörelser i underlaget. Rörelser uppkommer främst som en följd av förändringar i fuktkvot och temperatur hos materialen och genom deformation orsakad av belastning eller sättningar.

Fuktbetingade rörelser är den vanligaste orsaken till sprickor över skivskarvar. Träfiberskivor längdförändras med upp till 3 mm/m vid en ändring av relativ luftfuktighet från 30 % till 90 % (ER-översikt Rj 1, Svensk Byggkatalog 1971). Relativa luftfuktigheten inomhus är i allmänhet lägst under senvintern (ca 30 %) och högst under eftersommaren (ca 80 %). (Byggträ, 1970, kap G1). För att en tapet över en skivskarv skall hålla fordras att skivan är rätt monterad. Osynliga fogar mellan hårda träfiberskivor skall fasas, limmas och spikas genom fasningen. Fogen skall också armeras med en klistrad vävremsa. (ER-översikt Rj 1, Svensk Byggkatalog 1971).

I de hus, där tapetsprickor över skivskarvar hade anmälts, hade skarvarna ej armerats.

Ett färgskikt över en skivskarv är ännu känsligare än en tapet. Osynliga fogar måste utföras på samma sätt som vid tapetsering. Synliga fogar fasas eller täcks med lister. Spikavstånd för olika skivtyper anges i ByggAMA 1965, kap Rj 1.1.

I de fall där klagomålen gällde målningssprickor i skivskarvar hade anvisningarna ej följts.

Sprickor i färgskiktet mellan målade panelbräder uppkommer oundvikligen genom träets formförändring vid fuktvariationer (se kap 5.2.1).

Sprickor i ytskikt i takvinkel förekom för flera material. Sådana sprickor kan knappast förebyggas, eftersom de uppstår i fogar mellan olika konstruktiva element av olika material eller av material i olika riktning. De bör i stället döljas genom att fogen i ytskiktet görs öppen eller täcks med en skugglist. Direkt olämpligt är att täcka takvinkeln med en hålkälslist, som målas ihop med tak och vägg eller klistras över med papper. Fig 43.



FIG. 43. Sprickor i papper över hålkälslist i takvinkel.



FIG. 44. Tapetsprickor över anslutning mellan skorstensstock och trävägg.

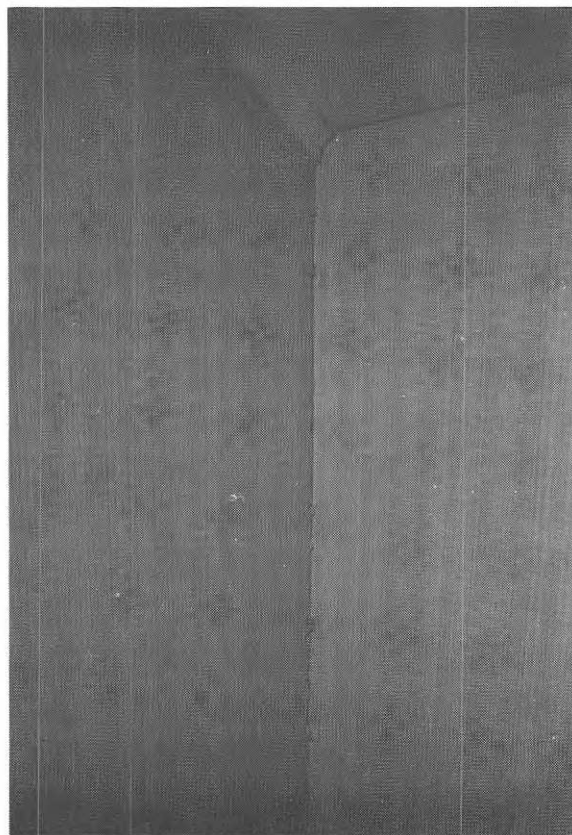


FIG. 45. Tapetsprickor i vinkel mellan ytter- och innervägg.

Olika byggnadsdelars rörelser i förhållande till varandra ger skador i ett ytskikt, som är obrutet över fogen. Vertikala rörelser orsakade av t ex sättningar ger sneda veck och revor i tapeten. I anslutning mellan skorstensstock och vägg är denna spricktyp vanlig. Skorstensstocken har ofta sjunkit i förhållande till väggen. Samma spricktyp finns ofta i anslutning mellan bärande och icke bärande vägg. Över en materialskarv - t ex ett skåpparti i trä och en stenvägg - ger materialens olika fukt- och temperaturrörelser tillräckliga spänningar för att tapeten skall brista. Fig 44.

ByggAMA 1965 kap Rj 1.1 föreskriver en 3 mm fog mellan träfiberskiva och andra material och mellan träfiberskiva i vinkel. Denna öppna fog bör lämnas öppen eller täckas med en list. Tapetseras den över finns det mycket stor risk att tapeten spricker. Fig 45.

Ljudbangar bedömdes inte ha kunnat orsaka skadorna i 79 fall.

I tre fall bedömdes ljudbangar kunna ha medverkat. Dessa tre var fritidshus av trä i klen konstruktion. Väggarna bukade tydligt vid stötar eller då dörrar stängdes. Vi tyckte oss därför inte kunna utesluta, att väggens utböjning vid en ljudbang av aktuellt övertryck kunnat orsaka vissa tapetsprickor.

5.3.3 Skador på golvbeläggning

Betong.

Skador på övergolv av betong hade anmälts i 4 hus. Sprickbildningen var i tre fall av liten omfattning och torde bero på krympning. I ett fall var orsaken kraftiga sättningar som gett omfattande skador.

Ljudbangar bedömdes ej ha kunnat medverka.

Träparkett.

Springor i parkettgolv hade anmälts i 9 hus. I kap 5.2.1 redogöres för formförändring av furu vid varierande fuktkvot.

Krympning och svällning hos ek kan uppgå till 3 % vid normal förändring av inomhusklimatet från sommar till vinter. (Byggträ, 1970, anger att formförändringen för ek är omkring 50 % större än för furu). Både lamellparkett och i ännu högre grad massiv ekparkett får därför ofta under vinterhalvåret springor, som sväller igen under sommaren. Besiktningarna genomfördes på sommaren, och i flera av husen hade springorna i parketten då försvunnit.

Skadorna bedömdes ej ha kunnat orsakas av ljudbangar.

5.3.4 Skador på yttertaksbeklädnad

Tegel.

Skador på tegelpannor hade anmälts i 5 fall.

I de fall där tegelpannorna hade spruckit var de skadade pannorna utbytta vid besiktningstillfället och någon säker bedömning av skadeorsaken kunde inte göras. I något fall fanns de skadade pannorna kvar och det kunde konstateras att materialet flagnat, troligen genom frostangrepp.

Att enstaka takpannor behöver bytas ut är en normal företeelse, och ByggAMA 1965 kap Nf 2.1 anger också att 3 st takpannor per 20 m² horisontell takyta skall läggas upp i reserv.

Ljudbangar med högt övertryck skulle möjligen kunna tänkas ge skador på yttertaksbeklädnad vid mycket lätta konstruktioner med stor yta.

Skadorna bedömdes ej kunna ha orsakats av ljudbangar.

5.4 Skador på värmeanläggning

Skador på anläggningar för byggnadernas uppvärmning hade anmälts i 16 fall.

De anmälda skadorna var till största delen sprickor i murstockar och skorstenar. Sprickor i fogar i kakelugnar och i öppna spisar förekom också.

De stora temperaturvariationer som dessa byggnadsdelar är utsatta för kan ofta ge upphov till sprickor.

Små krympsprickor i kupor till öppna spisar är vanliga. Några av skadorna var av denna typ.

På kakelugnarna bestod skadorna i att fogbruket hade vittrat.

Skador på murstockar och skorstenar kunde hänföras till olika huvudorsaker. Kondensskador kunde mest iakttas ovan tak. När avkylningen av rökgaserna blir för stor uppträder kondens. Orsaken till för kraftig avkylning kan vara att rökkanalens tvärsnittsytta är för stor eller att kanalväggarnas isolering är otillräcklig. Kondensen visar sig som en missfärgning av teglet mittför rökkanalen och kan ge upphov till vittring och frostsador hos teglet och fogbruket.

Soteld är en annan skadeorsak. Den höga temperaturen (ca 1 000^o) vid soteld ger stora påfrestningar på murverket och kan ge upphov till sprickor. Särskilt sprickor, som följer rökkanalen, kan antas ha soteld som orsak. I närheten av pannan kan rökgastemperaturen också vid normal eldning bli så hög att sprickor av denna typ uppstår.

Stumma bjälklagsinfästningar kan ge skador på skorstenen, antingen genom att skorstenens utvidgning hindras eller genom volymförändring av anslutande trä vid ändring av

fuktkvoten. Sättningar i huset kan naturligtvis också ge skador på skorstenen. Sättsprickor på andra byggnadsdelar finns i allmänhet också i sådana fall.

Skador på villaskorstenar är vanliga. Vid utredningar, gjorda av Sveriges Skorstensfejarmästares Riksförbund, har drygt hälften av undersökta rökkanaler till värme-pannor haft otätheter som krävde reparation. Utredningen refereras av Nordström (1963), som också redogör för orsaker till sådana skador.

Skorstenens täthet bestäms genom provtryckning. För att en provtryckning skall kunna ge säker ledning beträffande tidpunkten för skadornas uppkomst krävs enligt uppgifter från Sveriges Skorstensfejarmästares Riksförbund att tidigare provtryckning gjorts under samma eldningssäsong. Påfrestningarna under en normal eldningssäsong ger nämligen så stora förändringar hos skorstenen att otätheter kan uppstå. Det är alltså ofta svårt att bedöma när en skada har uppstått.

Skador på en skorstensstock orsakade av ljudbangar skulle kunna vara möjliga i de fall då bjälklag och skorsten är förbundna med varandra på ett sådant sätt att rörelser hos bjälklaget sätter skorstenen i rörelse. Detta kan tänkas vara möjligt endast vid mycket höga övertryck (se kap 2.4). Några dokumenterade fall av sådana skador finns inte.

Av dessa skador bedömdes ingen ha kunnat orsakas av ljudbangar.

5.5 Skador på rumskomplettering

Kök.

Skador på inredning i kök hade anmälts i 23 fall.

Klagomålen gällde springor mellan skåp och vägg eller

tak eller sprickor i skåpen.

Orsakerna till springorna mellan skåpet och vägg eller tak är till stor del att söka i de förhållanden som beskrivs i kap 5.3.2, Tapet och målning, nämligen olika formförändringar hos anslutande byggnadsdelar. Springor i själva skåpen förekom hos äldre skåp och hade orsakats av formförändringar hos träet (se kap 5.2.1).

Bristfällig infästning och överbelastning av väggskåp hade i flera fall bidragit till att en springa bildats mellan skåp och tak.

I övervägande antalet fall berodde olägenheten på att man försökt göra en osynlig fog mellan skåp och andra byggnadsdelar. Ett riktigt förfarande - öppen fog, eventuellt täckt med en list - döljer naturliga formförändringar. Fig 46. Skadorna bedömdes ej ha kunnat orsakas av ljudbangar.



FIG. 46. Springor i och omkring skåpsinredning. Skåpet har sjunkit så att en springa uppstått i takanslutningen. Skåpfronten har slagit sig.

5.6 Skador på inredning

Skador på lös inredning hade anmälts i 8 fall.

5.6.1 Möbler

En spricka i ett träskåp hade anmälts. Sprickan hade uppkommit genom krympning och bedömdes inte ha kunnat orsakas av ljudbangar.

5.6.2 Lösa föremål

Sju fall av skador på lösa föremål hade anmälts. Tre av dessa gällde föremål som inte fallit ner men som hade stötskador. De bedömdes ej orsakade av ljudbangar.

I fyra hus hade föremål fallit ner från väggar, hyllor eller fönsterbänkar och gått sönder eller i fallet åstadkommit någon annan skada. Denna skadetyper är kända från andra länder (se kap 2.4.3), där den har utgjort en betydligt större del av samtliga anmälningar än här.

Alla de hus, där dessa skador inträffat, var fritidshus av mycket klen konstruktion.

Dessa fyra fall bedömdes kunna ha orsakats av ljudbang.

I de 133 husen besiktigades 370 anmälda skador. Av dessa var 52 skador sådana att ljudbangar möjligen kunnat medverka vid deras uppkomst.

Närmare hälften, 182 st, av de anmälda skadorna var lokaliserade till ytskikt, 87 st till råbyggnad, 54 till huskomplettering, 23 till rumskomplettering, 16 till värmeanläggning och 8 till inredning. Skadornas orsaker diskuteras i detalj i kap 5. Den övervägande delen av skadorna kunde hänföras till två huvudorsaker, nämligen ojämna sättningar och olika rörelser hos byggnadsmaterialen.

Ojämna sättningar i undergrunden eller byggnadsstommen hade i många fall gett de allvarligare skadorna.

Olika rörelser hos byggnadsmaterial under inverkan av fukt- och temperaturvariationer och belastning var orsaken till det största antalet skador. Dessa skador var av mycket varierande svårighetsgrad och hade i de flesta fall kunnat undvikas om man vid konstruktionens utförande tagit hänsyn till de materialrörelser man rimligen kunnat vänta sig. I många fall kunde det som av anmälarna betraktats som skador knappast sägas vara verkliga skador utan snarare skönhetsfel av den art som uppstår vid normal förslitning. Till denna kategori kan räknas t ex sprickor i tapet eller färgskikt över en skarv mellan två olika material. Det övervägande antalet hus i inventeringen var villor. Tidigare har påpekats (Lilley, 1969c) att villaägare i många fall som skador anmäler sådant, som av fastighetsförvaltande organ med byggnadsteknisk erfarenhet bedöms som normala företeelser.

Flertalet skador bedömdes alltså ej ha kunnat påverkas av ljudbangar. En jämförelse med bangskadeanmälningar i USA (Grubb et al, 1967) visar, att man där under senare år bedömt en större procent av de anmälda skadorna som troligen härrörande från bangar. Under budgetåret 65-66 hade 1 670 skador anmälts, och av dessa hade 807 st (48 %) tillstyrkts. Motsvarande siffra i denna inventering var 52 av 370 eller 14 %. En uppdelning av

skadorna i kategorier enligt Grubb et al (1967) belyser orsakerna till denna stora skillnad. (Tab 2) Skadorna har delats upp i fyra kategorier: glas, puts, nedfallna föremål och övrigt. Inom de tre första kategorierna kan man vänta sig en högre procent tillstyrkanden (se kap 2.4). Av alla skador under budgetåret hänfördes 75 % till de tre första kategorierna och genomsnittligt 58 % tillstyrktes. Av de återstående skadorna tillstyrktes 18 %. Samma kategoriindelning för de svenska skadeanmälningarna visar att bara 17 % faller inom kategori 1 - 3, och att 47 % av dessa tillstyrktes.

Använda metoder och kriterier för bedömningen har kunnat jämföras genom kontakter med forskare och skadereglerande myndigheter i USA, och några större skiljaktigheter visade sig inte föreligga. Wiggins' (1969) erfarenheter från bangskadebesiktningen i USA visar också i huvudsak god överensstämmelse med våra.

Det större antalet relevanta anmälningar i USA skulle åtminstone delvis kunna förklaras med att information till allmänheten om ljudbangars natur och möjliga skadeverkningar spritts tidigare och mer systematiskt i USA än i Sverige. Anmälarna i denna undersökning hade i många fall en mycket överdriven uppfattning om inverkan av ljudbangar på byggnader. De hade fått sin information enbart genom tidningsartiklar och bibringats den uppfattningen att byggnadsskador är en oundviklig följd av ljudbangar.

Under 1970 och 71 har de svenska skadeanmälningarna i större utsträckning gällt skadetyper som kunnat vara orsakade av bangar. Den information som via massmedia spritts om föreliggande undersökning har sannolikt bidragit till denna förskjutning.

Bedömningen av skadorna med tanke på ljudbangars eventuella medverkan kunde göras med tillfredsställande säkerhet i vissa fall. Det råder ingen tvekan om att ljudbangar med övertryck av den storleksordning man hittills haft erfarenhet av ej kan på-

verka tunga konstruktioner. På samma sätt kan bangens medverkan i allmänhet inte uteslutas för lätta, spröda material som t ex glas om inga indicier för andra skadeorsaker finns.

Skador av ovan beskrivna typer fick i bedömningen en nolla respektive en tvåa som första siffra enligt den i kap 4.5 beskrivna bedömningskoden. En viss tveksamhet vidlåder dock bedömningen av ett ganska stort antal skador. Av de 370 bedömda skadorna hade 168 fått en etta som första siffra. För dessa skador kunde alltid en annan huvudorsak än bangen påvisas och bangar bedömdes ha kunnat medverka endast som en möjlig utlösande faktor för skadan (kap 2.4.4 och 4.5). I alla dessa fall kunde det också visas att brister i konstruktion, utförande eller underhåll påverkat förutsättningarna för skadans uppkomst.

Det förhållande, att osäkerhet rådde beträffande den möjliga inverkan av ljudbangar vid uppkomsten av vissa byggnadsskador visade att ett behov förelåg av en undersökning som skulle belysa sambandet.

TAB. 2. Jämförelse mellan anmälda och tillstyrkta skador i USA juli 65 - juni 66 och i Sverige jan - mars 69.

Skade- kategorier	USA FY 66				Sverige jan-mars 69			
	Anmälningar		Tillstyrkta		Anmälningar		Tillstyrkta	
	Antal	% av samtl skador	Antal	% av kat.	Antal	% av samtl skador	Antal	% av kat.
1. Glas	825	49	581	70	28	7,5	24	85
2. Puts	354	21	107	30	29	7,5	2	7
3. Nedf.	81	5	46	57	7	2	4	57
Kat 1-3	1 260	75	734	58	64	17	30	47
4. Övrigt	410	25	73	18	306	83	22	7
Kat 1-4	1 670	100	807	48	370	100	52	14

TAB. 3. Skadetyper, som i mer än hälften av förekommande fall bedömts med en etta som första siffra enligt bedömningskoden i kap 4.5.

Skadetyper			Antal skador med första siffran = 1	Totalt antal skador under rubr.
Råbyggnad	Väggar	Lättbetong	9	15
		Trä	22	30
Ytskikt	Inv bekl	Kakel	18	19
		Tapet, måln	72	82
Rumskompl	Kök	Skåp	18	23

Svårigheten att bedöma huruvida skador på ytskikt kunnat orsakas av ljudbangar åskådliggörs av tabell 1, som sammanfattar bedömningen av skadorna i inventeringen. Av tabellen framgår, att osäkerhet i bedömningen finns för flera skadetyper. De skadetyper, som bedömts med en etta som första siffra i mer än hälften av förekommande fall visas i tabell 3.

Att bedömningen av skadorna på väggar och invändiga ytskikt blivit osäker hänger samman med att de prov som gjorts, främst i USA, inte behandlat här aktuella konstruktionstyper. Av förekommande invändiga ytbehandlingar på väggar med trästomme har i USA huvudsakligen puts studerats. Här är den till antalet helt övervägande skadetyper sprickor i tapet eller målning över skarvar i underlaget. Skadorna på tapet och målning och skåpsinredning representerar tillsammans 90 av de 139 skadorna i tabell 3.

Avsikten med provserien var i stort att bredda underlaget för bedömning av sådana byggnadsskador, som antagits kunna vara orsakade av ljudbangar och som tidigare inte studerats i tillräcklig omfattning. Möjligheterna att genomföra prov med flera olika hustyper bedömdes som små. Av inventeringens 133 hus hade 108 stomme av trä, och det var därför naturligt att inrikta intresset på sådana konstruktioner.

Den övergripande målsättningen för provserien var att undersöka inverkan av ljudbangar på vissa byggnadsdelar i hus av trä.

Speciella krav ställdes på konstruktionen av de provenheter som skulle projekteras. Av flera skäl valdes en regelkonstruktion. En sådan är lättare än en plank- eller timmerkonstruktion och därmed känsligare för belastningen från en ljudbang. Man kan därför utgå ifrån att de gränsvärden på tillåtna övertryck som kan fastställas för skador i ett hus med regelkonstruktion också med större säkerhet kan tillämpas för plank- och timmerkonstruktioner. De allra flesta trähus byggs i dag i regelkon-

struktion. I framtiden kan det därför förväntas att en större andel av trähusen kommer att vara av regelkonstruktion än vad som var fallet i inventeringen.

Provenheterna skulle vara av vanlig svensk konstruktion men inom gränserna för acceptabel standard så utformade att så stora rörelser som möjligt skulle uppkomma i de punkter som visat sig känsliga.

På de enligt dessa riktlinjer projekterade provenheterna skulle studeras sådana detaljer som i inventeringen visat sig svåra att bedöma med utgångspunkt från tidigare prov. De rörelser som borde studeras är, ordnade efter en ungefärlig angelägenhetsgradering, följande:

Vid statisk belastning

Väggars utböjning
Glipning i fogar

Vid belastning av ljud-
bangar

Väggars utböjning
Glipning i fogar
Vinkeländring mellan olika
byggnadselement
Rörelser hos lösa föremål
Rörelser i skorstensstock
tegelpannor
bjälklag
yttertak

8 FÖRSÖKSPLANERING

Försöksplaneringen inleddes på våren 1969, då rektorsämbetet vid Chalmers tekniska högskola i brev till Chefen för Försvarsdepartementet anhöll om Flygvapnets medverkan i projektet, som då planerades i samråd med Flygstaben, Flygmaterieförvaltningen och Flygtekniska Försöksanstalten.

8.1 Projektplan

Under den fortgående planeringen utvidgades samarbetet och flera myndigheter och institutioner knöts till projektet och deltog i regelbundna projekteringsmöten. I en projektplan redogjordes för provens organisation och alla deltagande myndigheters och institutioners åtaganden (Kiessling och Wilhelmsen, 1970).

8.2 Deltagande institutioner och myndigheter

CTH	Chalmers tekniska högskola, Institutionen för husbyggnad, Immissionsforskningen. Ledde projektplaneringen, svarade för projektledning under provperioden samt planerade och genomförde den byggnadstekniska delen av försöken. Anslag från BFR.
FFA	Flygtekniska Försöksanstalten. Konstruerade mätgivare, planerade och genomförde mätningar av tryck och byggnadsrörelser. Anslag från FMV.
SIFF	Statens institut för folkhälsan, omgivningshygieniska avdelningen. Planerade och genomförde försök beträffande människans reaktioner på ljudbangar. Rapport publicerad (Rylander et al, 1970).

- SU Stockholm Universitet, Zoologiska institutionen.
Planerade och genomförde försök beträffande renars reaktioner på ljudbangar. Rapport kommer att publiceras (Espmark, 1972).
- FMV Försvarets materielverk.
Följde genom FMV:F:F1 (flygmaterieförvaltningen, flygplanavdelningen) provplaneringen som intressent och uppdragsgivare för FFA.
- FMV:F:RFN Robotavdelningens försöksplats i Norrland. Upplåt försöksplats. Svarade för skjutledning under provperioden. Tillhandahöll hjälp med alla praktiska detaljer på försöksplatsen. Svarade för kontakter med lokalpress, lokalbefolkning och entreprenörer samt transporter under provperioden. Genomförde meteorologiska mätningar.
- FV Flygvapnet.
Följde provplaneringen som intressent. Svarade för administrativ ledning under provperioden. Tillhandahöll genom F 21, Luleå, flygledning och flygförband för flygningarna under provperioden.
- FS Flygstaben. FS/O (organisationsavdelningen) företrädde flygstabens intressen under projektplaneringen, FS/Fh (flygsäkerhetsavdelningen) svarade för flygsäkerhetsfrågor, FS/Press (pressavdelningen) svarade för kontakter med massmedia och organiserade pressinformation under provperioden.
- FCF Försvarets Civilförvaltning, Juridiska byrån hade att pröva under provperioden uppkom-

na ansvarsförhållanden enligt skadeståndsrättsliga regler. Inga av proven vållade skador anmäldes dock.

För att få information om de planerade proven deltog i projekteringsmötena dessutom SjuS (Försvarets Sjukvårdsstyrelse) och FMV:F:FC (Försökscentralen).

Vidsels Lottakår svarade för förplägnad på försöksplatsen under provperioden.

I proven deltog observatörer från Royal Aircraft Establishment, Structures Department, Farnborough, England och Curt-Risch-Institut für Schwingungs- und Messtechnik, Technische Universität, Hannover, Västtyskland.

8.3 Provplatsen - Nausta by

För att tillstånd att genomföra flygningar utom normala gällande bestämmelser skulle kunna erhållas förlades proven till RFN:s övningsområde (se fig 47). Nausta by valdes som plats för försöken. Byn är belägen ungefär mitt i övningsområdet (se fig 48) och hade för proven nödvändiga förutsättningar som t ex plan öppen mark, landsvägs- och telefonförbindelse och förläggingsmöjligheter för provpersonal.

8.4 Information till allmänheten

För att informationen till allmänheten skulle bli saklig samman kallades flera presskonferenser varvid både lokalpress och rikspress inbjöds. Under provperioden inbjöds dessutom ett stort antal tidningar samt radio och TV att besöka Nausta.

Invånarna runt övningsområdet blev sålunda informerade om proven dels genom massmedia, dels också genom stenciler

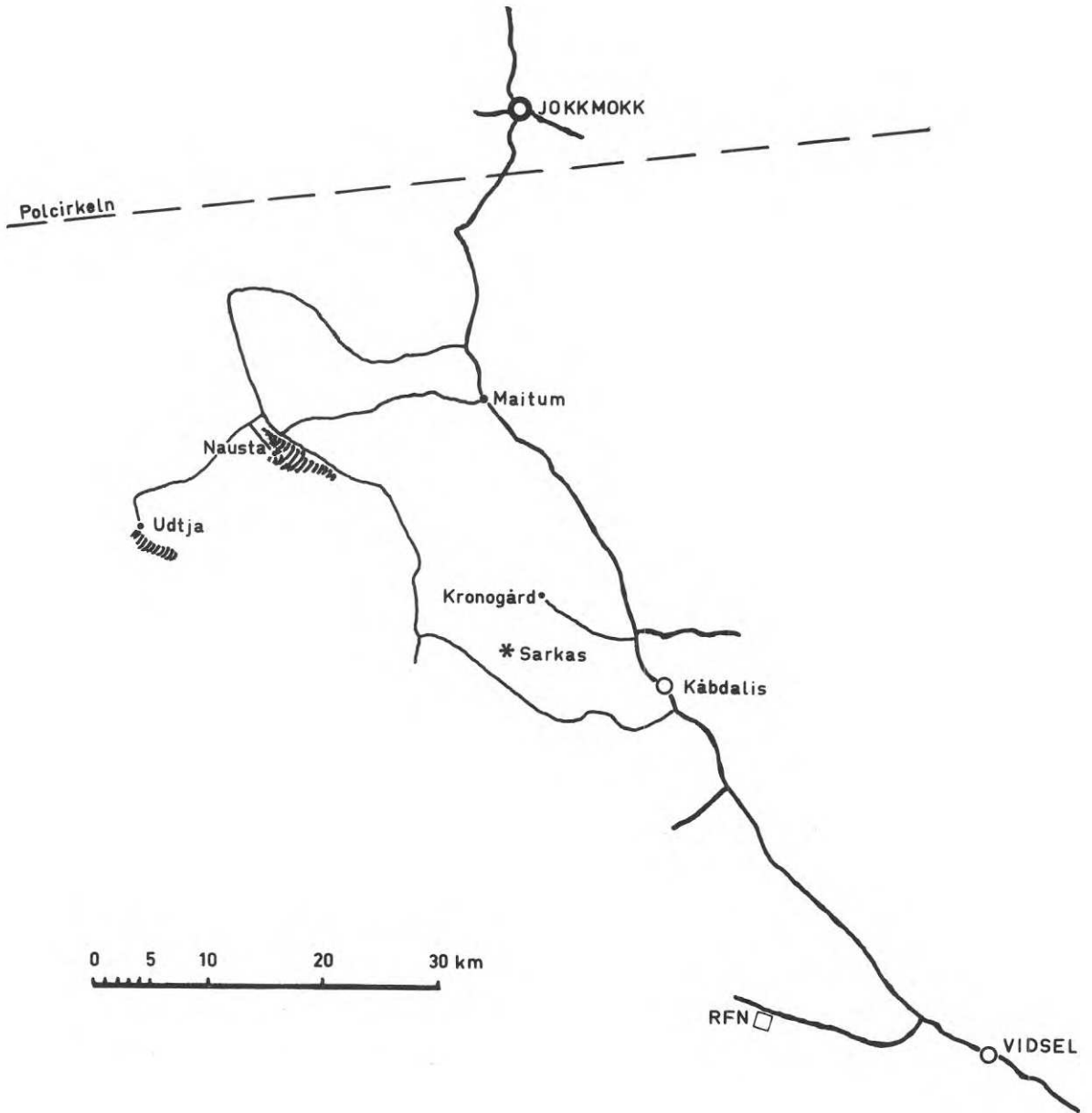


FIG. 47. Karta över trakterna runt Vidsel och Jokkmokk där RFN:s övningsområde är beläget.



FIG. 48. Flygfoto över Nausta by.

som sändes ut i samråd mellan SIFF och RFN. Speciell information fick invånarna i Udtja by (se fig 47) genom säkerhetsofficeren vid RFN.

I denna by, som är belägen inom övningsområdet några kilometer från Nausta besiktigades samtliga hus före och efter försöken. Inga skador kunde därvid konstateras ha orsakats av bangarna.

9 METODER OCH PROVENHETER

Provens huvuddel planerades med överljudsflygningar över provenheter. Flygningarna skulle genomföras på olika höjder för att ge varierande nominella övertryck.

9.1 Provenheter

Rörelser hos olika byggnadsdelar skulle registreras i två speciella provbyggnader. Den ena (PH) var ett elementbyggt hus med två rum och den andra (PT) ett platsbyggt hus med ett rum av samma mått som PH:s och öppet i anflygningsriktningen. Öppningen kunde täckas med lösa provväggar.

Vissa på försöksplatsen befintliga byggnader användes för observation under flygningarna. Provbyggnaderna beskrivs närmare i kap 11.

Relationerna mellan de lösa provväggarnas beteende vid provbelastning i laboratorium och i verkligheten under lasten från en ljudbang skulle också studeras. För detta ändamål konstruerades en försöksanordning som gav en jämnt utbredd statisk last på en provvägg. Anordningen uppfördes i laboratorium på CTH och beskrivs närmare i kap 10.

9.2 Beräkningsmetoder

Flera beräkningsmetoder för en byggnadsdels utböjning p g a den direkta belastningen av en ljudbang finns. En enkel metod beskrevs av Crocker och Hudson (1969). Denna används som grund för alla mer komplicerade metoder, som senare utarbetats.

I princip går metoden ut på att man multiplicerar väggens utböjning (ustat) för ett statistiskt övertryck (pstat) med en faktor (DAF = dynamic amplification factor), varvid produkten (umax) blir väggens utböjning för det maximala övertrycket (pmax) av

en ljudbang om $p_{stat} = p_{max}$. Med annat skrivsätt:

$$DAF = \frac{u_{max}}{u_{stat}}$$

Storleken på DAF beror på chockvågens trycksignatur samt väggens dämpning och egenfrekvens. De egenskaper hos trycksignaturen, som är av intresse, är formen (peaked, normal eller rounded), stigtid, varaktighet av positivt övertryck, total varaktighet samt, betr signaturer med spik, varaktigheten.

Av intresse för uppkomsten av skador är emellertid endast det största värde DAF kan anta för en speciell vägg vid ljudbangar från en speciell flygplanstyp. Ett enkelt diagram för dessa värden finns i ovannämnda uppsats. Se fig 49.

Denna beräkningsmetod valdes att empiriskt prövas i föreliggande provserie. Vi valde härvid $DAF = 2,15$ som av Blume & Ass (1967) anges som ett realistiskt värde.

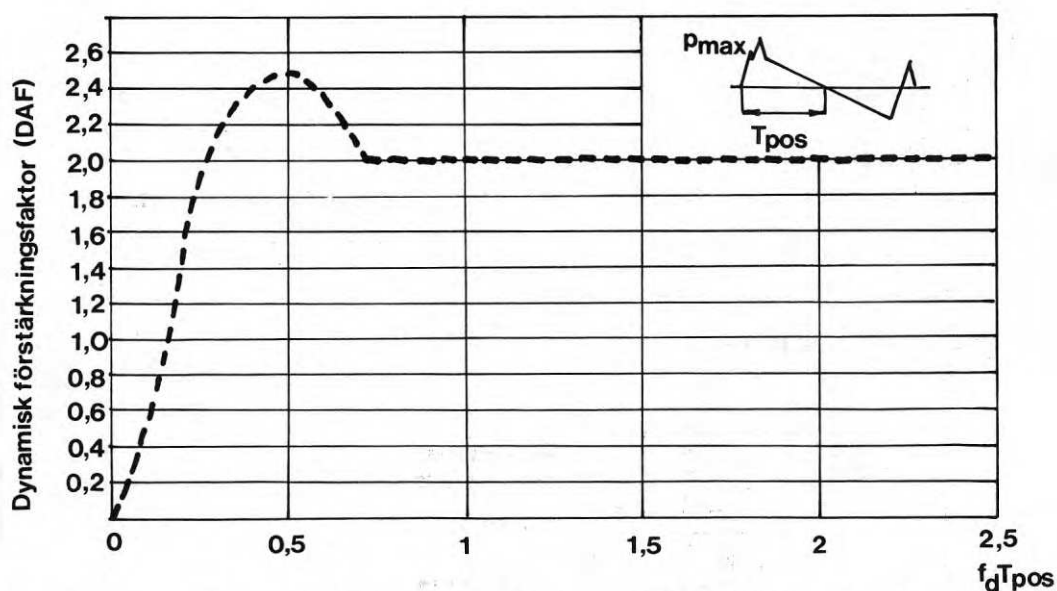


FIG. 49. DAF-spektrums envelopp. (DAF = dynamisk förstärkningsfaktor, f_d = dämpad egenfrekvens, T_{pos} = varaktigheten av den positiva delen av N-vågen.) Enligt Crocker och Hudson (1969).

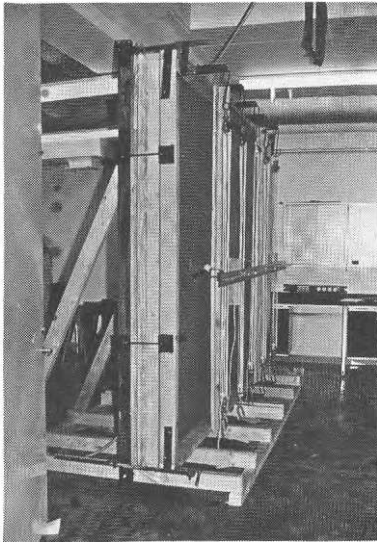


FIG. 50. Testriggen - anordning för att erhålla en jämnt utbredd statisk last på provväggarna.

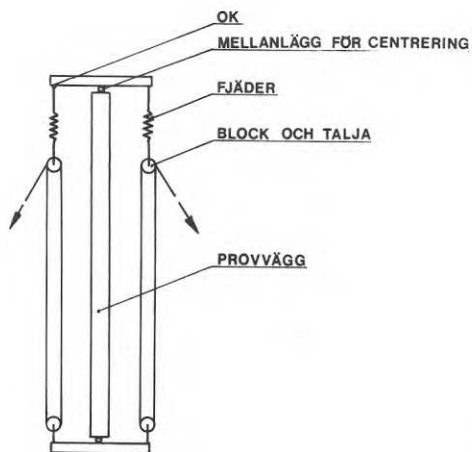


FIG. 51. Principskiss av belastningsanordningen. Axiell last påföres provväggen med hjälp av block och talja varvid lastens storlek kan beräknas med kännedom om de specialgjorda fjädrarnas förlängning.

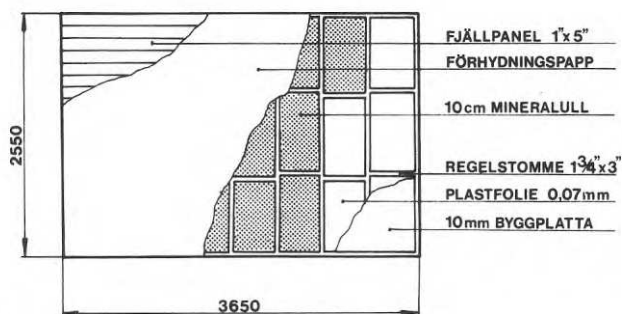


FIG. 52. Veka provväggens konstruktion.

10 LABORATORIEFÖRSÖK

Försök i laboratorium vid CTH utfördes med de lösa väggarna till PT.

10.1 Försöksanordning

Konstruktionen av försöksanordningen (testriggen) framgår av fig 50. Bakstycket består av 1" råspontpanel och 3 mm träfiber-skivor som är tejpade i skarvarna. Bakstycket styvas upp av järnbalkar UNP 8. Runt kanten löper en distanslist av 1" x 2" trä, som kläddes med 5 cm skumplast för tätning mot provväggen. Denna hålls fast vid bakstycket av ett mothåll, en ram av 2" x 4" trä. Mothållet förenades med bakstycket medelst gängade rundjärn och vinkeljärn. Väggens inspänningsgrad bedömde vi motsvara den på provtunneln i Nausta. Måtten på hela anordningen bestämdes av provväggen (se vidare kap 11).

Mellan provväggen och bakstycket bildades med hjälp av distanslisterna ett mellanrum, som fylldes med tryckluft. Härigenom erhöles en jämnt utbredd statisk last, som lätt kunde regleras. Trycket i mellanrummet kunde avläsas på en manometer.

Vi konstruerade också en belastningsanordning för att simulera vertikal last på vägg från ovanförhängande bjälklag. Lasten applicerades på väggen med hjälp av block och talja på ömse sidor av väggen mitt för reglarna via ett ok av UNP 8. Lastens storlek beräknades efter förlängningen hos en specialgjord spiral-fjäder med känd fjäderkonstant. Principen för denna belastningsanordning framgår av fig 51.

10.2 Försökens genomförande

Två träregelväggar skulle provas. Den ena var identisk med ett av elementen i provhuset i Nausta (kap 11.1), och den andra av en något vekare konstruktion. Mått och dimensioner framgår av fig 52.

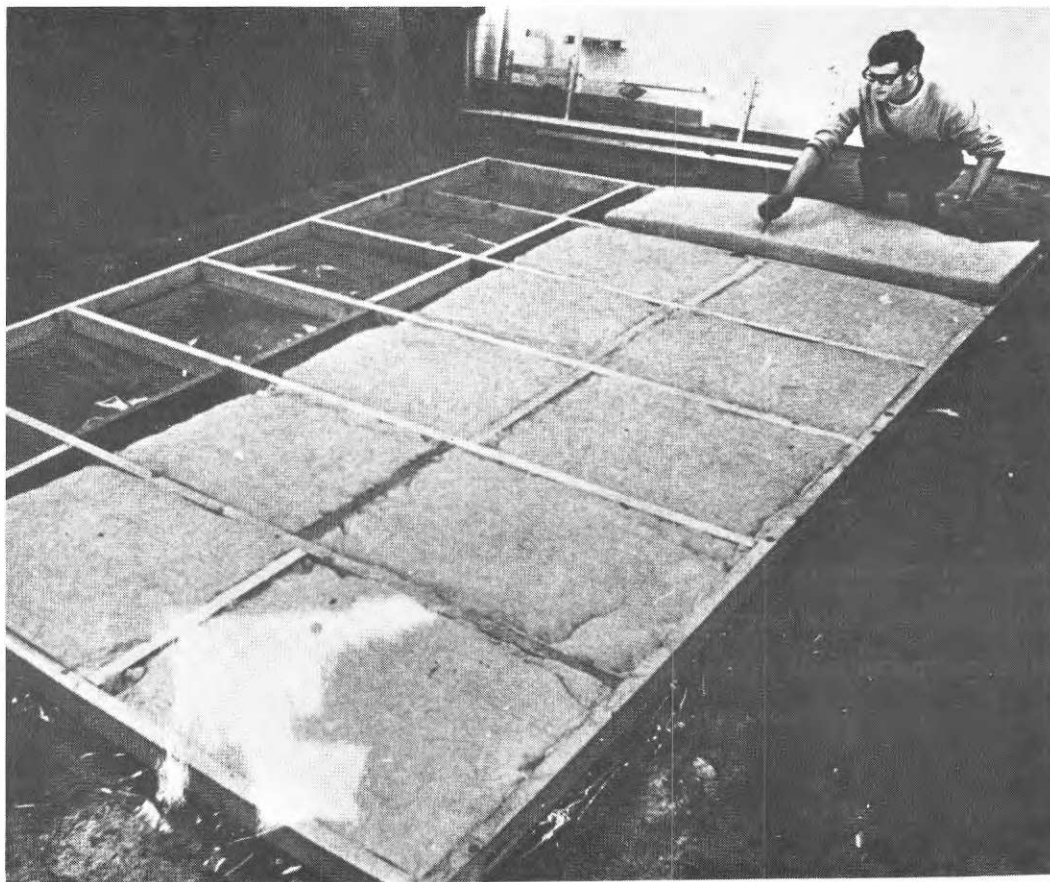


FIG. 53. Veka provväggen under tillverkning på Chalmers.

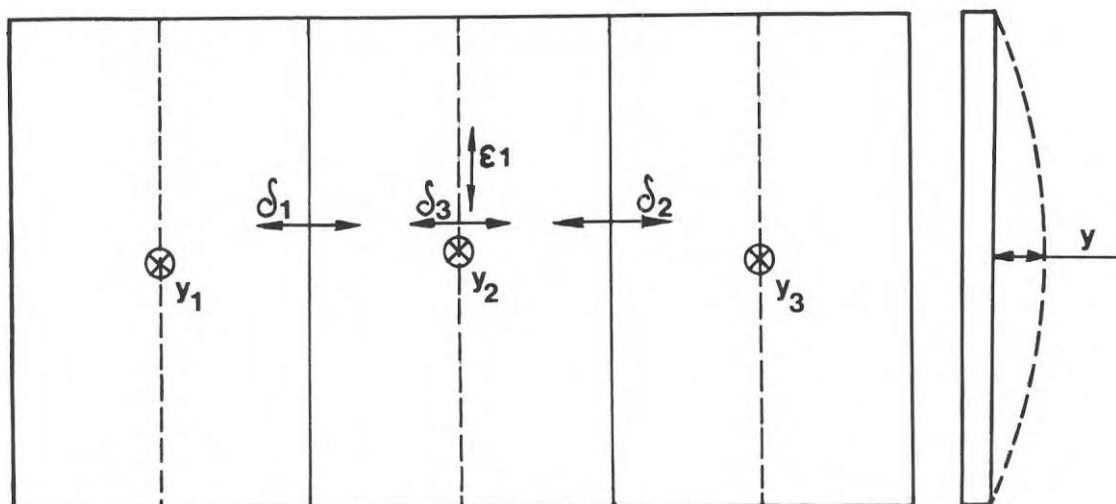


FIG. 54. Mätpunkternas placering under laborieförsöken.
Beteckningarna förklaras i kap 10.2.

Den vekare väggen, som tillverkades på Chalmers, se fig 53, provades först i testtriggen och fraktades sedan till Nausta för bangprov, varefter den åter sändes till Chalmers. Den styvare väggen, som tillverkades på samma snickerifabrik som resten av provhuset, fraktades först till Nausta för bangprov, varefter den sändes till Chalmers för att provas i testtriggen.

Den veka väggen provades dels utan, dels med 2 500 N vertikal belastning på varje regel. Det horisontella trycket på väggen ökades från 0 till 2 500 N/m² i intervaller om 500 N/m². Avläsning av mätpunkterna gjordes mellan intervallen.

Mätpunkterna var placerade enligt fig 54. y_1 , y_2 och y_3 var mätklockor, som visade väggens horisontella utböjning. δ_1 och δ_2 betecknar glipning i skivskarv och mättes med en Steager-mätare. ϵ_1 och ϵ_2 anger vertikal respektive horisontell töjning mitt på en skiva. Även dessa mätvärden erhöles med hjälp av en Steager-mätare.

Den styvare väggen provades efter fältförsöken med avseende på mittutböjning. Glipmätningen uteslöts eftersom fältförsöken visat att glipningen påverkades obetydligt av ljudbangar, och provning med påförd vertikallast utfördes ej då vertikallasten under fältförsöken visat sig inte påverka väggens utböjning.

Av mätvärdena från laboratorieförsöken användes i första hand y_2 , dvs mittpunktens utböjning, för att beräkna väggarnas plattböjstyvhet. Värdet på y_2 kan också användas för att direkt multipliceras med DAF, se kap 9.2, varvid resultatet är ett beräknat värde på väggens utböjning av en ljudbang. Detta beräknade värde jämfördes sedan med de i verkligheten uppmätta och vi fick sålunda en uppskattning av säkerheten i beräkningsmetoden.

Övriga mätvärden användes tills vidare bara för att bestämma vilka glipningar och töjningar, som uppstår vid en viss utböjning hos väggen.

10.3 Resultat

Mätvärden på y_2 för de två väggarna redovisas i fig 55 och 56. I lastområdet 0 - 2 000 N/m² beräknades plattbøjstyvheten för den veika väggen till 5 400 Nm och för den styva väggen 10 000 Nm. Härvid antogs att väggen var fritt upplagd längs alla sidorna. En grov kollationering mot mätvärdena y_1 och y_3 visade nämligen att den verkliga inspänningsgraden låg närmare fri uppläggning än fast inspänning. För denna undersökning syften anser vi denna uppskattning vara tillfyllest.

Övriga mätvärden användes som nämnts, till jämförelser med bangproven, vilka redovisas i kap 11.

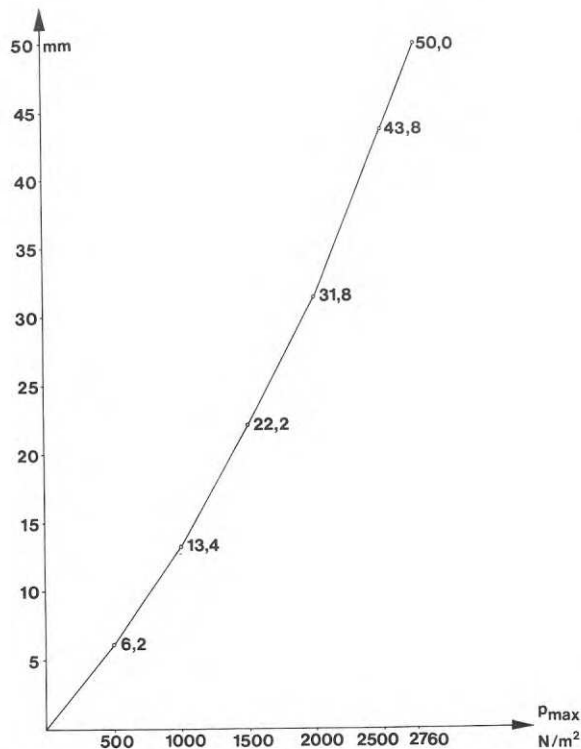


FIG. 55. Diagram över veika provväggens mittutböjning under jämnt utbredd statisk last.

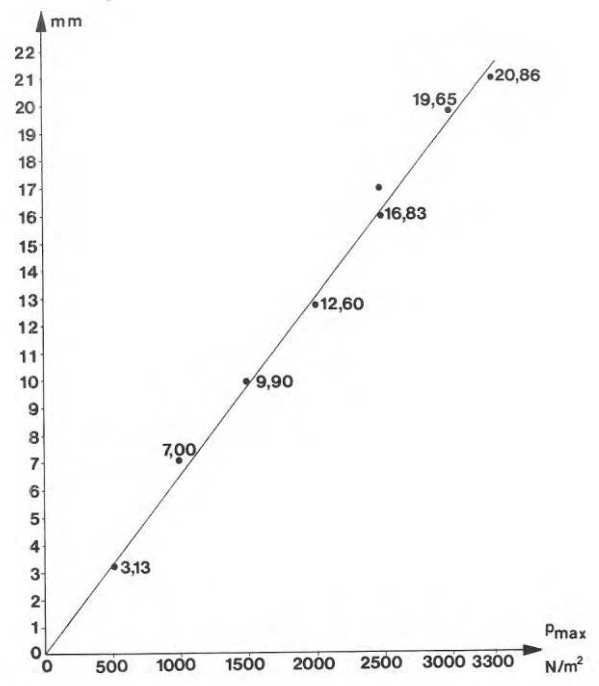


FIG. 56. Diagram över styva provväggens mittutböjning under jämnt utbredd statisk last.

11. FÄLTFÖRSÖK

11.1 Försöksbyggnader

För de planerade mätningarna skulle två provhus uppföras. Okulärbesiktning av byns befintliga byggnader planerades dessutom.

Försöksplatsens otillgänglighet och önskemål från RFN:s sida att byggpersonalen skulle uppehålla sig kortast möjliga tid inom övningsområdet gjorde att prefabricerade byggnadselement valdes i så stor utsträckning som möjligt.

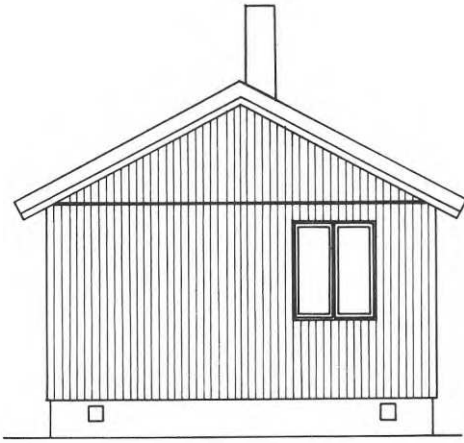
Provhus PH.

Elementbyggt hus med två rum 3 600 x 4 800 mm. (Fig 57). Rummen gavs lika mått för att bli jämförbara och måtten valdes bland ofta förekommande rumsytterväggmått och inom givna ekonomiska ramar. Väggar, bjälklag och tak projekterades som normala svenska regelkonstruktioner av trä.

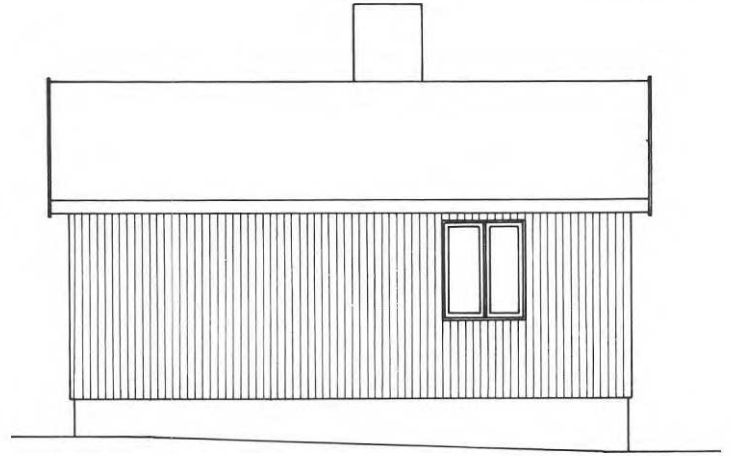
För tillverkning och inköp av provenheterna togs kontakt med ett antal typhusfabrikanter. Det bästa alternativet visade sig då bli att låta en snickerifabrik (Beijer Byggträ AB i Örebro) tillverka elementen och leverera allt övrigt byggmaterial till PH.

Provhus PT.

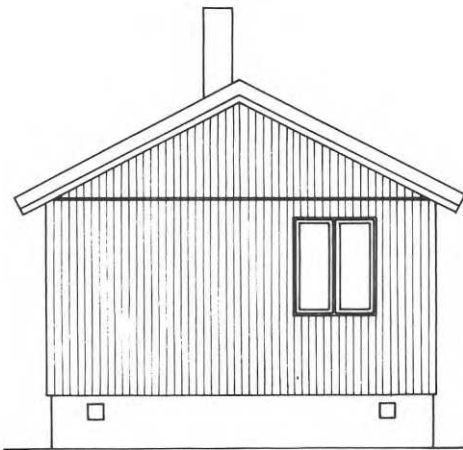
Den mindre provenheten planerades på ett tidigt stadium att utformas som en tunnel och kallades därför, trots att den sedermera fick en annan karaktär, "provtunneln" (PT). PT innehöll i sin slutliga utformning ett rum med samma mått som ett av rummen i PH. Väggar och tak fick ungefär samma konstruktion som i PH med vissa modifieringar för att passa för platsbygge. Som gavel i anflygningsriktningen planerade vi att använda dels den vägg som hade använts till laboratorieförsöken på Chalmers, dels ett exakt likadant väggelement



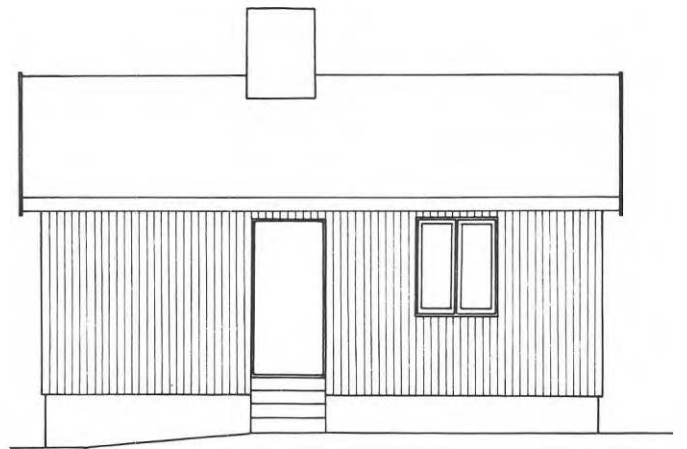
FASAD MOT SYDVÄST



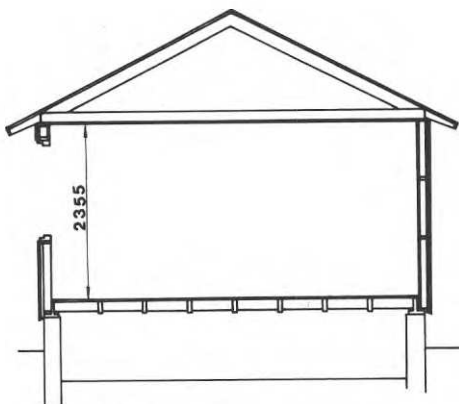
FASAD MOT SYDÖST



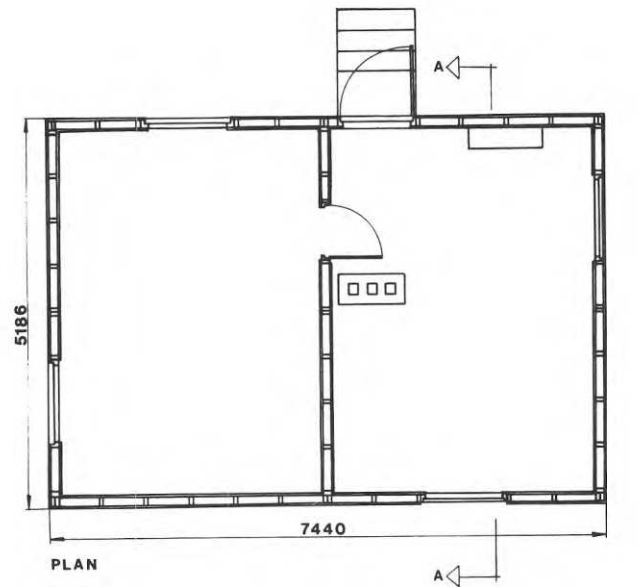
FASAD MOT NORDÖST



FASAD MOT NORDVÄST



SEKTION A - A



PLAN

0 1 2 3 4 5m

FIG. 57a. Huvudritning till provhus PH.

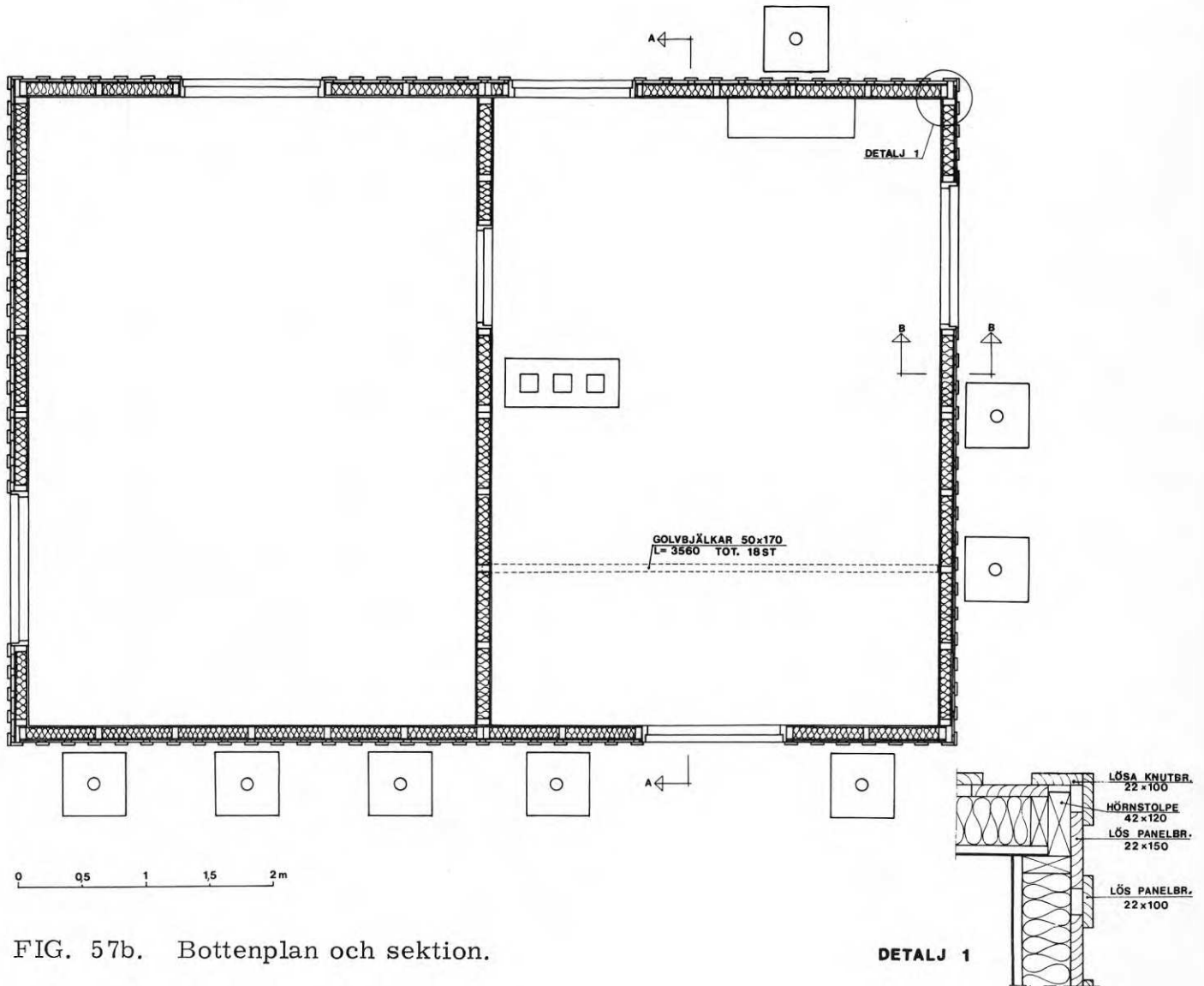
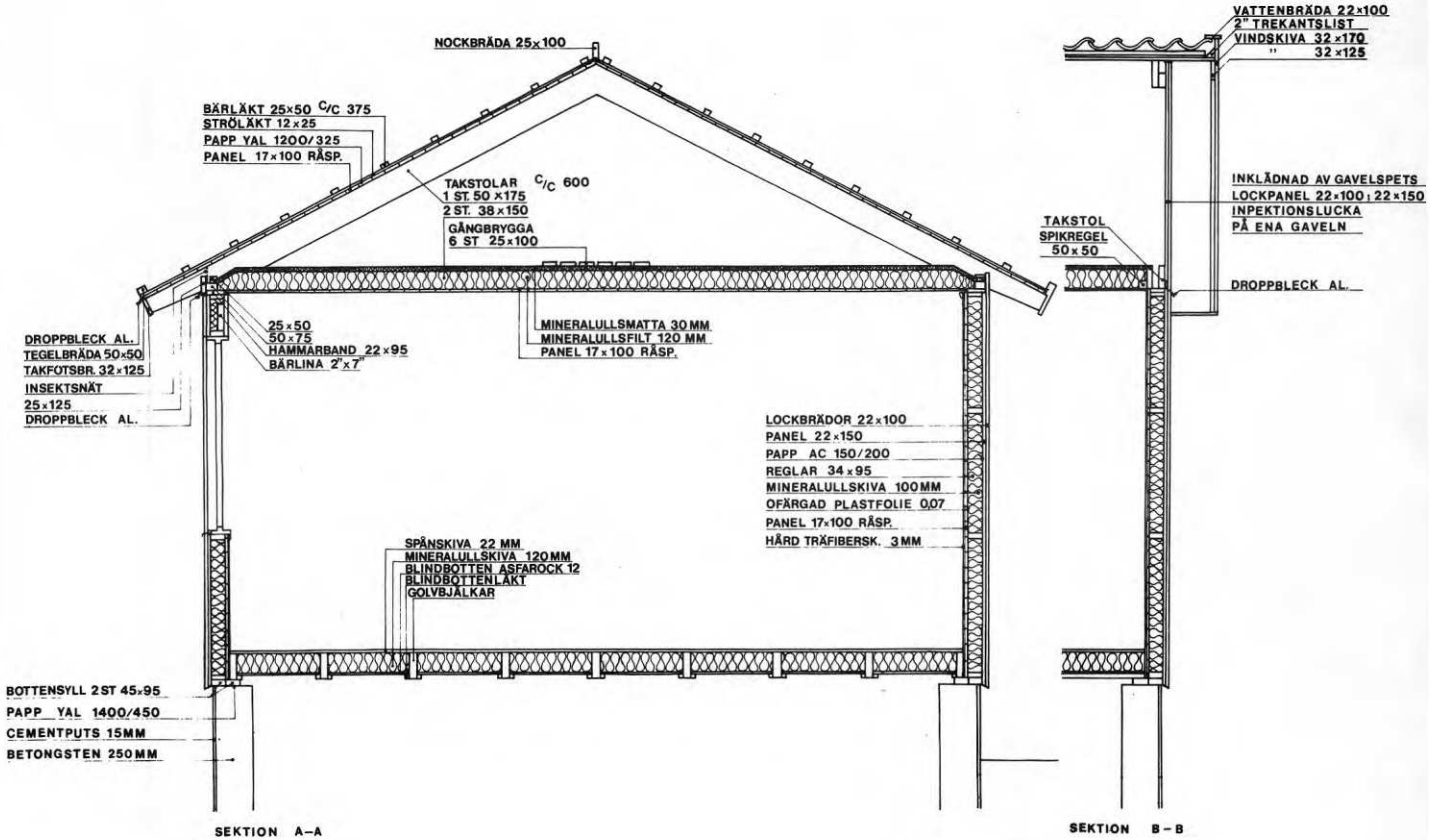


FIG. 57b. Bottenplan och sektion.

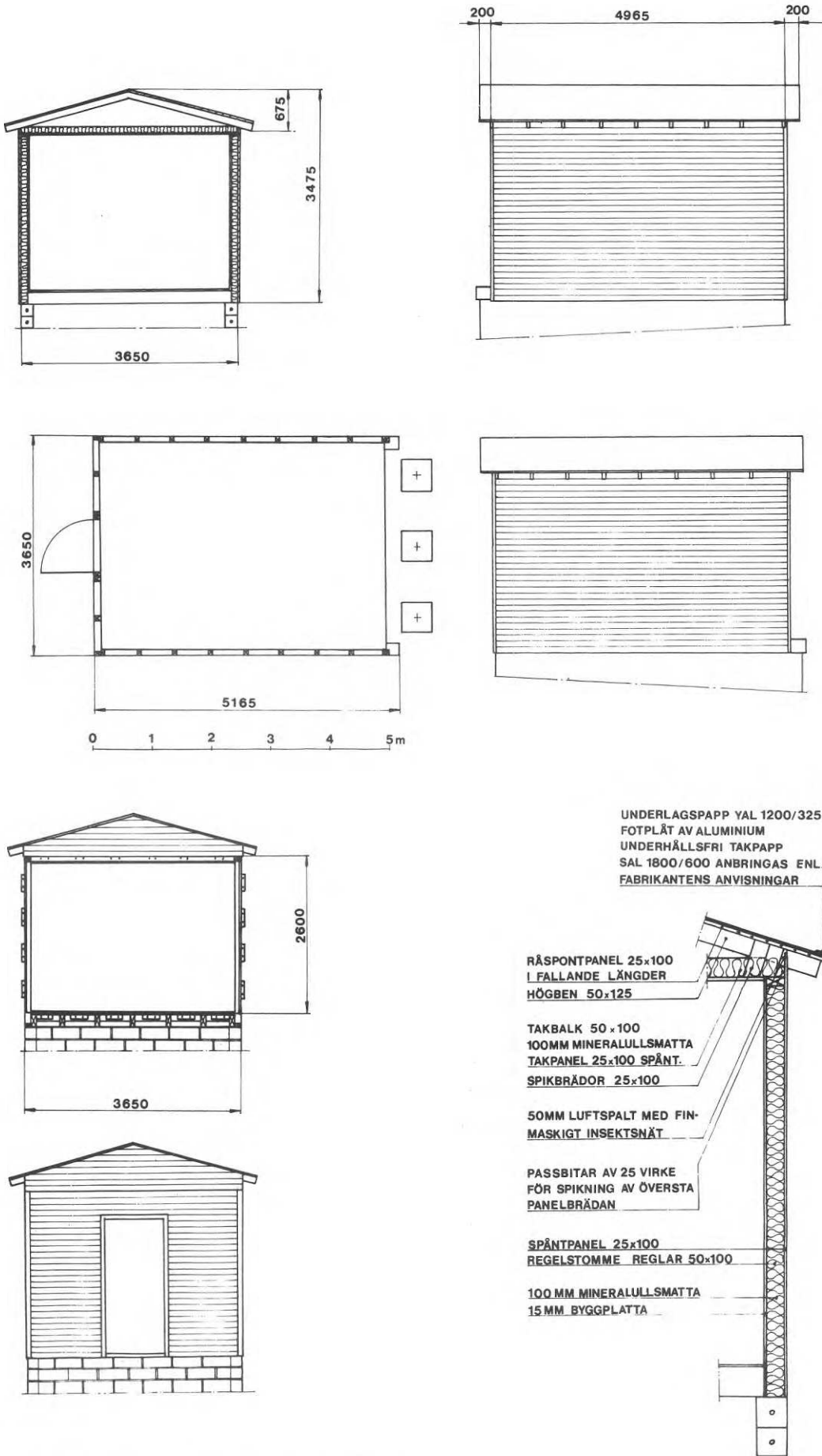


FIG. 58. Ritning till provhus PT.

som i PH. PT försågs därför med erforderliga infästningsanordningar. Fig 58 visar ritningarna till PT.

Grunderna till PH och PT, monteringen av PH samt uppbyggnad av PT lämnades på entreprenad till en lokal byggnadsfirma efter anbudsförfarande.

Arbetena på platsen påbörjades under juni månad. För utsättningen svarade personal från RFN. Elementleveransen från Örebro anlände i mitten på juli och de beställda arbetena var avslutade i slutet på augusti strax före provperioden. Bilderna 59 - 63 visar provenheterna under uppbyggnadsskedet.

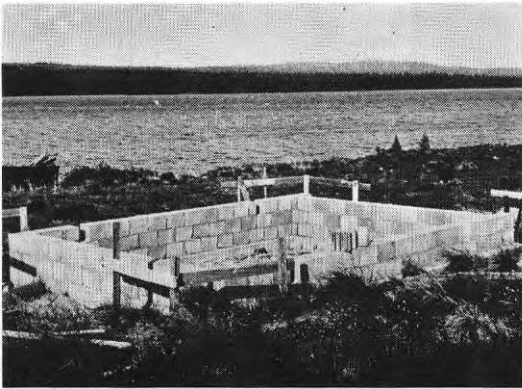


FIG. 59. Grundden till PT under byggnad.



FIG. 60. Grundsulan till PH.



FIG. 61. Grundden till PH och skorstensfundamentet.

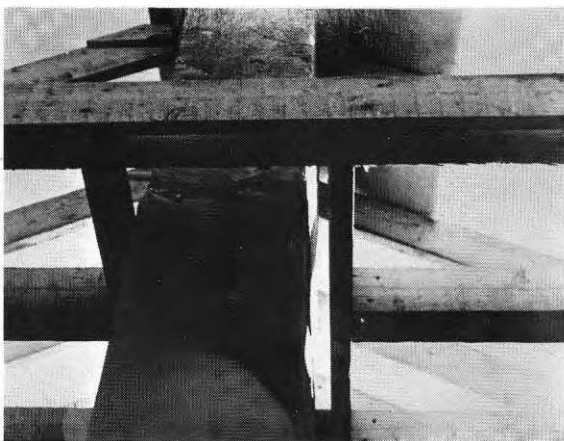


FIG. 62. Vindsbjälklagets avväxling kring skorstensstocken.

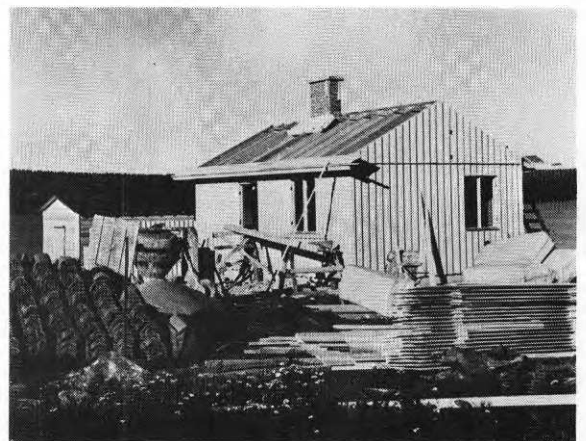


FIG. 63. PH är nästan färdigt. Taktäckningen återstår.

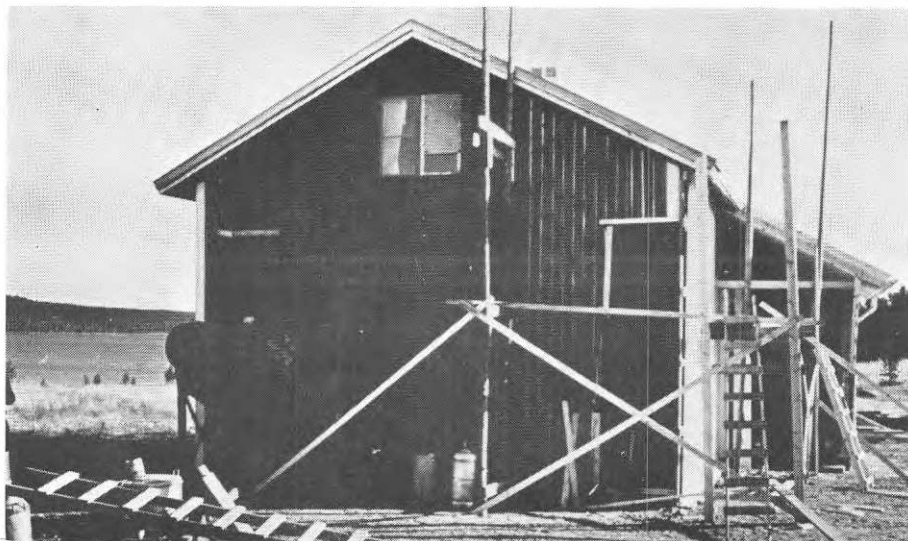


FIG. 64. Westfelts hus (WT) som studerades noggrannt under försöken.

Förutom de två speciellt för dessa försök uppbyggda provenheterna ingick också befintliga byggnader i besiktningrutinerna under försöken.

WT (Westfelts hus) är ett äldre boningshus som renoverades hösten 1969, se fig 64. Byggnaden, som inrymmer 3 rum och ett tillbyggt vindfång, är uppfört av liggtimmer som klätts med stående panel på ut- och insidan. Vid renoveringen 1969 kläddes huset utvändigt med ytterligare ett lager stående panel och invändigt med hårda träfiberskivor. Skivornas kanter fasades, skarvarnas botten spacklades och väggarna målades.

Ytterligare två äldre boningshus av sådan kvalitet att de nyttjas som förläggning finns på provplatsen. Övrig bebyggelse utgöres av ett trettiotal gamla bostads- och uthus i olika grader av förfall.

4 st husvagnar placerades i anslutning till PH och PT, se fig 65. "SIFF grå" och "SIFF brun" användes för folkhälsans tester och "SIFF gul" fungerade som väntrum för försökspersonerna. Husvagnen betecknad "FFA" användes dels av mätledaren och inrymde således radioutrustning etc, dels för en del av FFA:s mätutrustning.

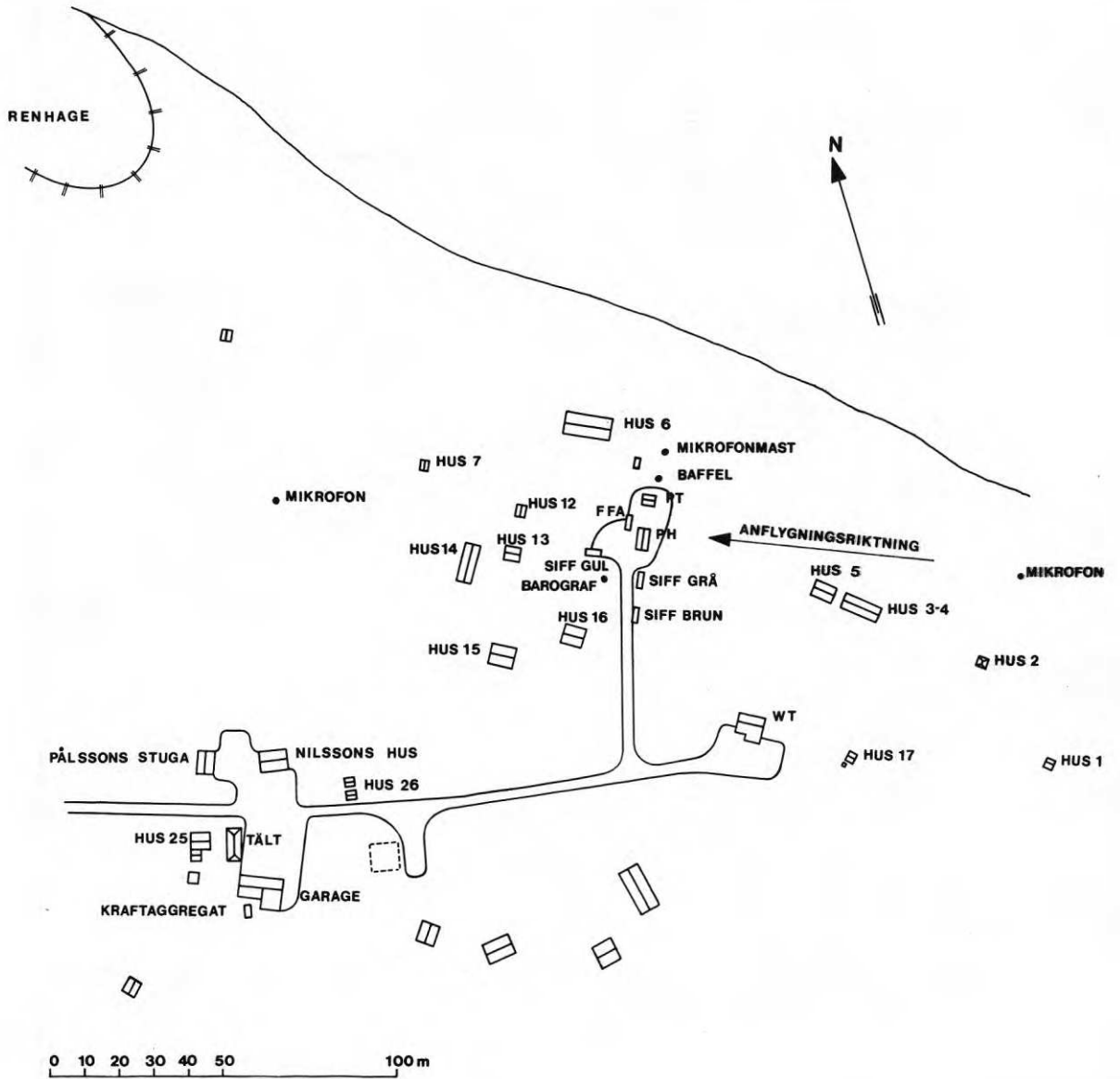


FIG. 65. Karta över Nausta by.

11.2 Organisation på försöksplatsen

Materiel och personal från CTH, FFA och SIFF transporterades till flygbasen i Vidsel med hjälp av ett flygplan Tp 84 Hercules, tillhörigt FV, och vidare till Nausta by med bil.

Viss kompletteringsmateriel som behövde anskaffas under etableringen i Nausta fraktades med helikopter eller bil från Vidsel.

Försökens samordning med andra aktiviteter inom RFN:s område sköttes av RFN. För flygledning svarade personal från F 21. Ansvarig för samordning av aktiviteterna på försöksplatsen var projektledaren, samtidigt mätledare för CTH-gruppen. Denne stod i radiokontakt med flygledningen på RFN-basen och kunde avlyssna flygradion.

Varje dag inleddes med att flygledaren vid RFN och projektledaren i Nausta konfererade om förutsättningarna för flygningarna. Därvid orienterades om väderleksprognoser, ungefärliga flygtider, annan verksamhet på fältet etc.

Före och under varje flygning följde projektledaren ett nederäkningsschema, som omfattade dels klartecken från de olika mätgrupperna, dels angivelser av tid till nästa överflygning.

Flygledaren gav tidsangivelserna via radio till projektledaren, som vidarebefordrade dem via snabbtelefon och handie-talkie till de olika mätgrupperna.

Tre huvudgrupper av försökspersonal arbetade på försöksplatsen. En grupp (huvudsakligen personal från CTH) sysslade med okulärbesiktning och fotografering eller annan registrering av vissa byggnader och byggnadsdelar m m. Den andra gruppen (personal från FFA och tidvis de tyska observatörerna) svarade för registrering av övertryck, rörelser hos vissa byggnadsdelar m m. Den tredje gruppen (personal från SIFF och SU) undersökte inverkan av ljudbangar på människor och djur.

Under försöksserien studerade CTH-gruppens medlemmar prov-enheterna och byns befintliga byggnader enligt följande rutiner: Alla glasrutor och intressanta byggnadsdelar i övrigt i PH, PT och därintill uppställda husvagnar inspekterades före försökens början och efter varje flygning. Föremål på fönsterbänkarna i PH iaktogs under flygningarna. Fönster och dörrar i PH hölls öppna eller stängda efter ett uppgjort schema (kap 11.4).

I byns västra del inspekterades och fotograferades alla glasrutor och vissa andra byggnadsdelar före försökens början. Glasrutorna på vissa hus inspekterades efter varje flygning, och fullständig besiktning motsvarande den före försökens början utfördes efter periodens avslutande.

I Westfelts hus (WT) inspekterades alla ytskikt noggrant före försökens början. Alla sprickor antecknades i protokoll och markerades med tejp. En del sprickor fotograferades. Efter varje flygning inspekterades de tidigare markerade sprickorna. Eventuella förlängningar av dessa eller nyuppkomna sprickor noterades och fotograferades.

Sedan flygningarna avslutats demonterades all mätapparat, packades och återtransporterades.

Beträffande PH och PT träffades överenskommelse med RFN om tillsyn och underhåll. De båda väggelementen som använts i PT fraktades med flyg till Göteborg.

11.3 Mätapparat

Fig 65-67 och tabell 4 sammanfattar mätgivarnas placering och nummerbeteckning.

11.3.1 Meteorologisk mätapparat

Meteorologiska data erfordrades under försöken för flera ändamål. Dels behövde givetvis flygförarna uppgifter för att kunna göra inflygning på rätt kurs, dels behövde projektledaren upp-

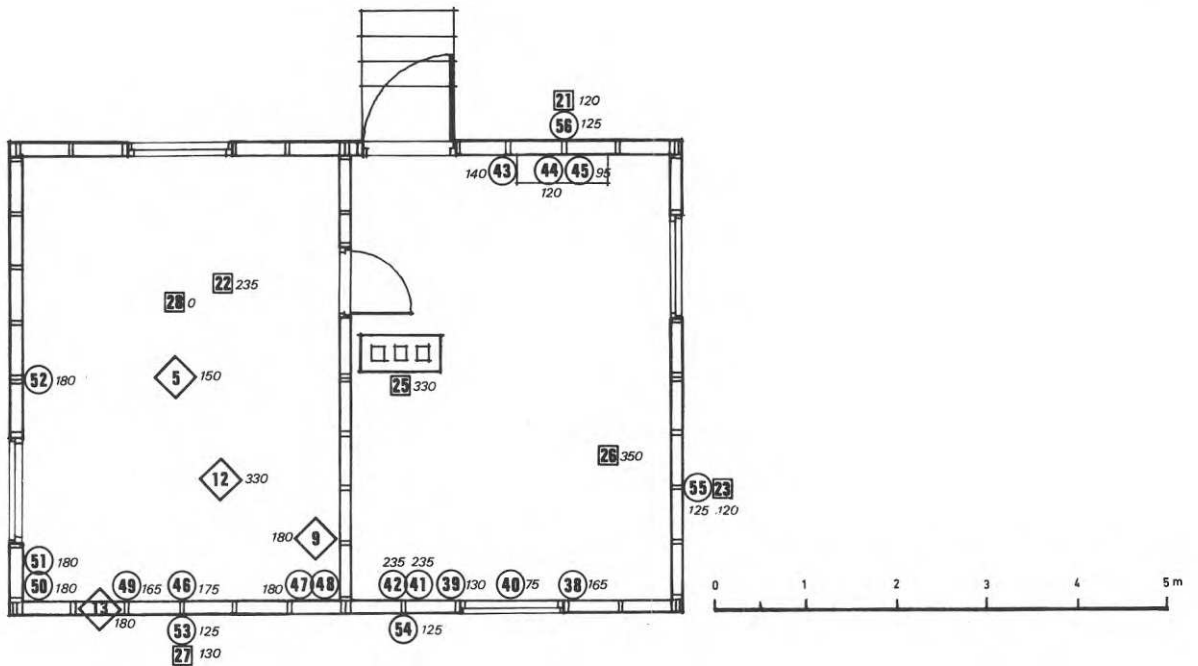


FIG. 66. Mätpunkternas placering i PH. □ betecknar accelerometer, ◇ mikrofon eller tryckgivare och ○ mätanordning med trådtöjningsgivare. Siffror inom symbol anger mätgivarens beteckning och små kursiverade siffror anger givarens placering i höjd över färdigt golv.

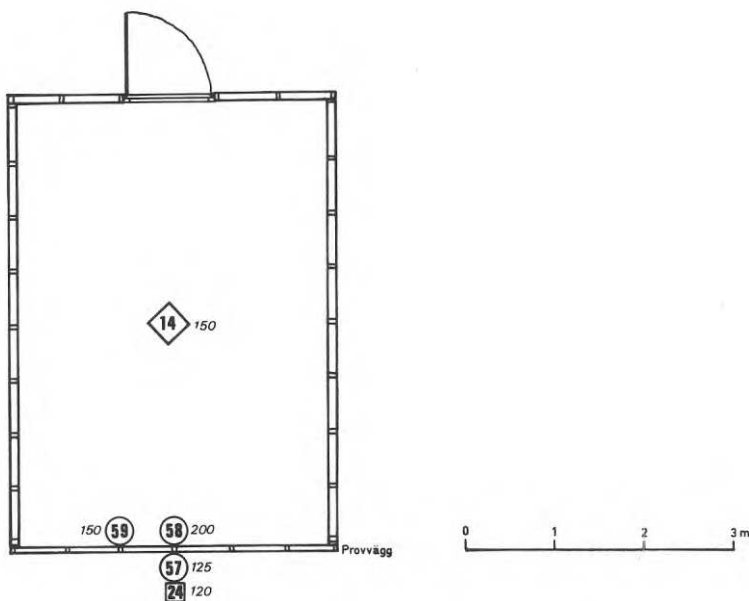


FIG. 67. Mätpunkternas placering i PT. □ betecknar accelerometer, ◇ mikrofon och ○ mätanordning med trådtöjningsgivare. Siffror inom symbol anger mätgivarens beteckning och små kursiverade siffror anger givarens placering i höjd över färdigt golv.

TAB. 4. Sammanställning av mätgivarnas funktion, beteckning och placering.

Mätgivare	Beteckning	Placering
Tryckgivare	3	Mast, 1/2" mikrofon
	4	Mast, 1" mikrofon
	5	PH rum 2, mikrofon
	9	PH rum 2, tryckgivare över plasttaket
	12	PH yttertak, tryckdifferens
	13	PH vägg i anflygningsriktningen, tryckdifferens
	14	PT, mikrofon
	15	Baffel, mikrofon
	Accelerometrar	21
22		PH bjälklag över rum 2
23		PH gavelvägg närmast PT
24		PT provvägg
25		PH murstock över bjälklag
26		PH taktegelpanna
27		PH vägg i anflygningsriktningen, rum 2
28		PH golvet i rum 2
Trådtöjningsgivare		38
	39	PH rum 1, glipning th om fönster
	40	PH rum 1, glipning under fönster
	41-42	PH rum 1, vinkeländring vid tak
	43	PH rum 1, rörelse tv om överskåp
	44	PH rum 1, rörelse under överskåp
	45	PH rum 1, glipning mellan kakelplattor
	46	PH rum 2, kraftändring på tavelkrok
	47-48	PH rum 2, vinkeländring mellan ytter- och innervägg
	49	PH rum 2, glipning, vägg i anflygningsriktningen
	50-51	PH rum 2, vinkeländring mellan fasad och gavelvägg
	52	PH rum 2, glipning i elementskarv på gavelvägg
	53	PH rum 2, utböjning hos vägg i anflygningsriktningen
	54	PH rum 1, utböjning hos vägg i anflygningsriktningen
	55	PH rum 1, utböjning hos gavelvägg
	56	PH rum 1, utböjning hos vägg invid entré
	57	PT, utböjning hos provvägg
58	PT, dragkraft i belastningsfjäder	
59	PT, glipning i provväggen	



FIG. 68. Mikrofonmasten och baffeln. Till höger skymtar PT.

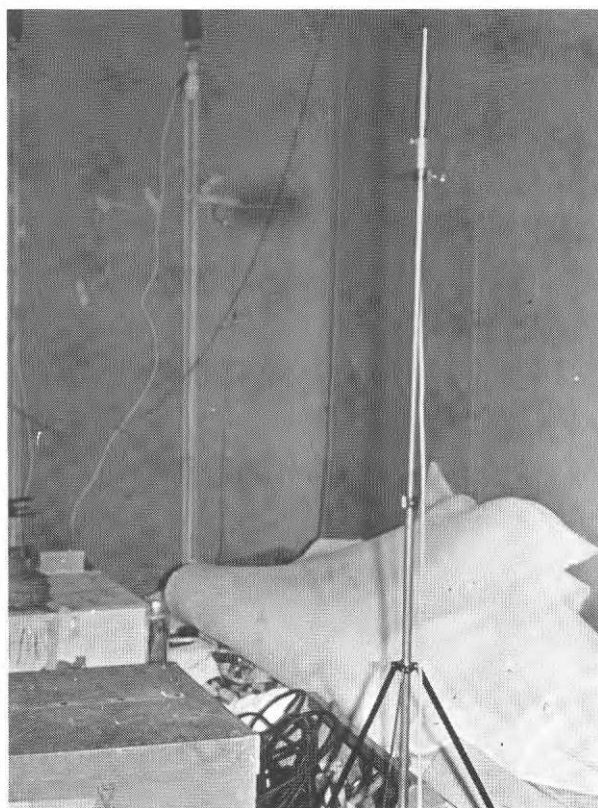


FIG. 69. Mikrofonen i PT.

gifter för att kontrollera att inte bangmattan genom påverkan av sidvindar e d hamnade utanför försöksområdet. Lokala väderleksuppgifter kan också tjäna till att förklara trycksignaturens utseende.

Sålunda mättes temperatur och relativ luftfuktighet vid startbanan på RFN. Från Sarkas och RFN (se fig 47) gjordes sonderingar, som gav vindriktning och -hastighet på olika höjder. I Nausta placerades en vindmätare och en barograf.

I provhuset i Nausta placerades en termohygrograf för kontroll av inomhusklimatet, vilket är av betydelse för byggnadselementens fukt- och temperaturrörelser.

11.3.2 Tryckgivare

Tryckförändringarna utomhus och inomhus är av intresse för bedömningen av alla andra mätvärden från försöksperioden.

Utomhus på marken placerades en mikrofon i en baffel enligt ICAO:s normer (ICAO-SBP Memorandum No 6, 24 October 1969). Markmikrofonen registrerade både den infallande och den reflekterade vågen.

Två mikrofoner med olika frekvensomfång placerades i toppen på en 12 m hög mast. Arrangemanget med mikrofoner i en mast möjliggör registrering av den infallande N-vågen, på grund av att den mot marken reflekterade vågen blir en aning tidsförskjuten. Både baffeln och masten placerades i jämnhöjd med försöks- husen relativt anflygningsriktningen, se fig 68.

Inomhus mättes tryckförändringarna med hjälp av mikrofoner fästa på stativ ca 150 cm över golvet. En mikrofon placerades i provtunneln, se fig 69, och en i provhusets rum 2.

Förutom mikrofoner installerades i rum 2 även en tryckmätare, som mätte tryckdifferensen över ytterväggen i anflygningsriktningen samt en tryckmätare ovanför det spända plasttaket.

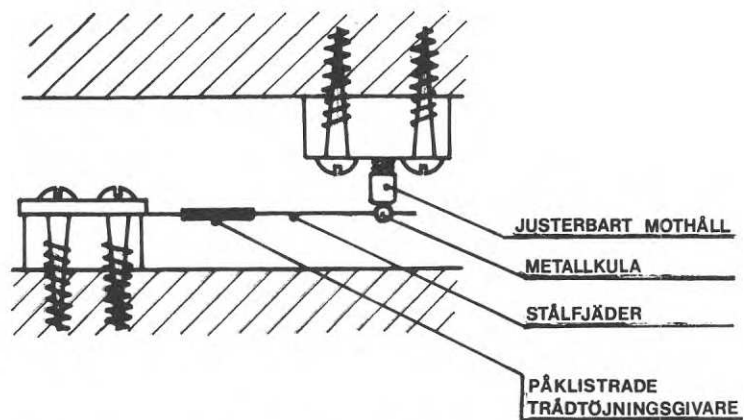


FIG. 70. Principskiss av glipmätgivare.

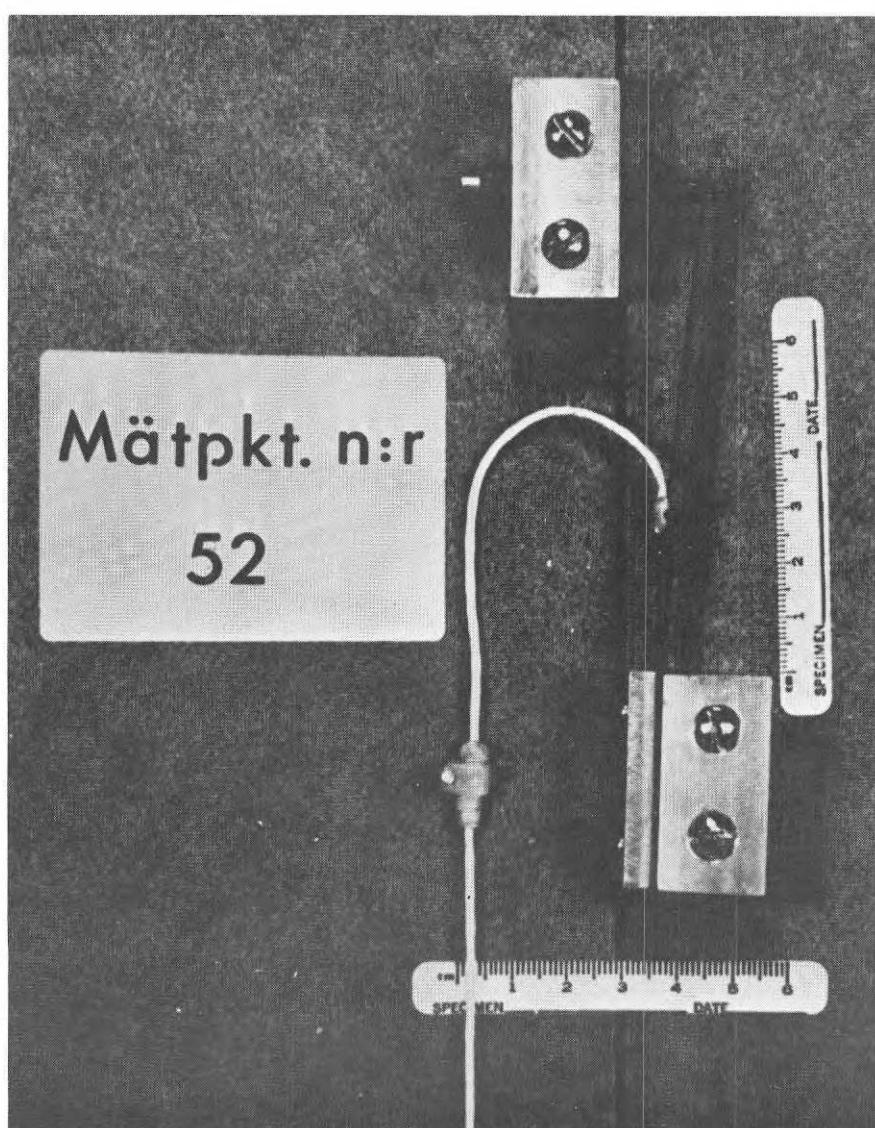


FIG. 71. Glipmätgivare.

En tryckmätare placerades så att den mätte tryckdifferensen över yttertaket.

Signaturerna från ovan nämnda mikrofoner och tryckmätare spelades in på band för att senare, efter försöksperioden, via oscillograf ritas på papper.

Frekvensomfånget för mikrofoner och tryckgivare begränsas dels av själva givarens, dels av inspelningsenhetens prestanda. Mikrofonsystemet hade frekvensomfånget 0,1 till 10 000 Hz och tryckgivarsystemet 0 till några KHz.

Mätresultaten från ovannämnda tryckgivare redovisas i kap 11.6.

Dessutom utplacerades två mikrofoner 150 m framför och 150 m bakom provbyggnaderna i flygriktningen. Impulserna från dessa användes för att beräkna flygplanens hastighet samt för att trigga en del av mätutrustningen. Vidare fanns mikrofoner i SIFF:s båda försöksbaracker för mätning av tryckförändringarna där.

11.3.3 Givare för vinkeländrings- och glipmätning m m

För mätning av vinkeländringar och glipning m m användes tråd-töjningsgivare applicerade på stålfjädrar. Konstruktionen av en typisk givare för glipmätning framgår av fig 70 och 71.

Konstruktionen medger mätning av både "positiv och negativ" rörelse och kompenserar automatiskt för temperaturvariationer i omgivningen.

För vinkeländringsmätning användes två dylika givare, placerade så att de mätte utböjningen nära upplaget och ca 10 cm från detta. Med kännedom om utböjningen i dessa punkter kan vinkeländringen beräknas.

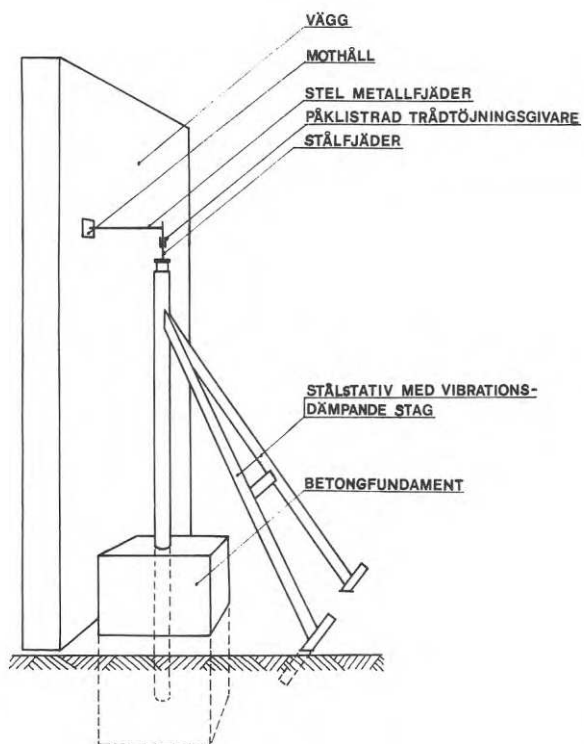


FIG. 72. Principskiss av anordning för att mäta väggarnas utböjning.

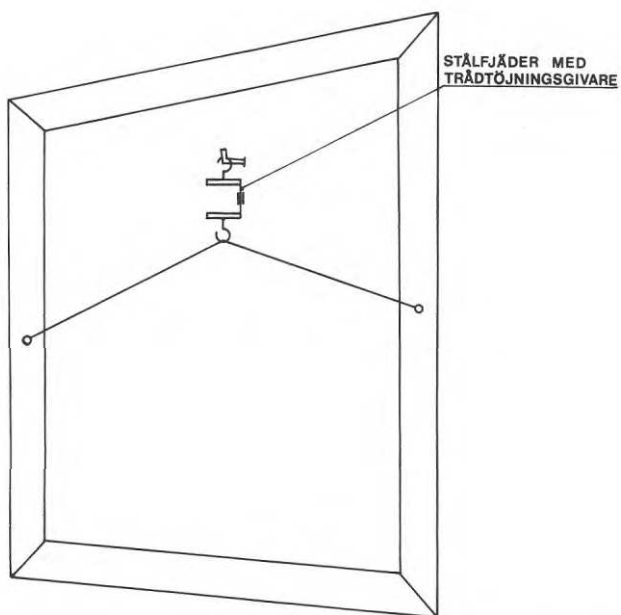


FIG. 73. Principskiss av anordning för att mäta vertikal-lasten på en tavelkrok.

Även väggarnas utböjning mättes med hjälp av trådtöjningsgivare, som applicerats på stålfjädrar. Dessa var fästa i väl förankrade och svängningsdämpade stativ och förbundna med väggarna med stålfjädrar. Principen framgår av fig 72.

För mätning av kraften på en tavelkrok belastad med en stor tavla och dragkraftvariationerna i spänningsanordningen på provväggen i provtunneln användes speciella mätgivare, vars konstruktion bäst framgår av fig 73.

Alla mätgivare, vars signaler bestäms av trådtöjningsgivare, var kopplade till två slingoscillografer, som direkt ger en grafisk bild av rörelseförloppen på ljuskänsligt papper. Apparaturen kalibrerades dels elektriskt, dels mekaniskt genom att trådmått eller motsvarande infördes mellan stålfjädern med trådtöjningsgivarna och mothållet.

11.3.4 Accelerometrar

Ett antal accelerometrar (8 st) placerades i byggnaderna på sådana ställen, där det av någon anledning inte var lämpligt att använda trådtöjningsgivare.

Vi hoppades kunna beräkna utböjningen genom att integrera byggnadsdelarnas acceleration men vid utvärderingsarbetet visade sig detta vara omöjligt då kurvornas upplösning var för dålig. Värden på vissa byggnadsdelars acceleration kan emellertid jämföras med amerikanska normer betr byggnadsskador i samband med jordbävningar. Vidare kan byggnadsdelarnas svängningsfrekvenser bestämmas med hjälp av accelerationskurvorna.

En accelerometer fästes på skorstensstocken ovanför vindsbjälklaget (horisontell acceleration), en på golvet i rum 2 (vertikal acceleration) samt en på en tegelpanna på taket (acceleration vinkelrätt plattans plan). Vidare kompletterades utböjningsgivarna på 4 väggar med en accelerometer för att möjliggöra jämförelser mellan utböjning och acceleration. Signalerna från

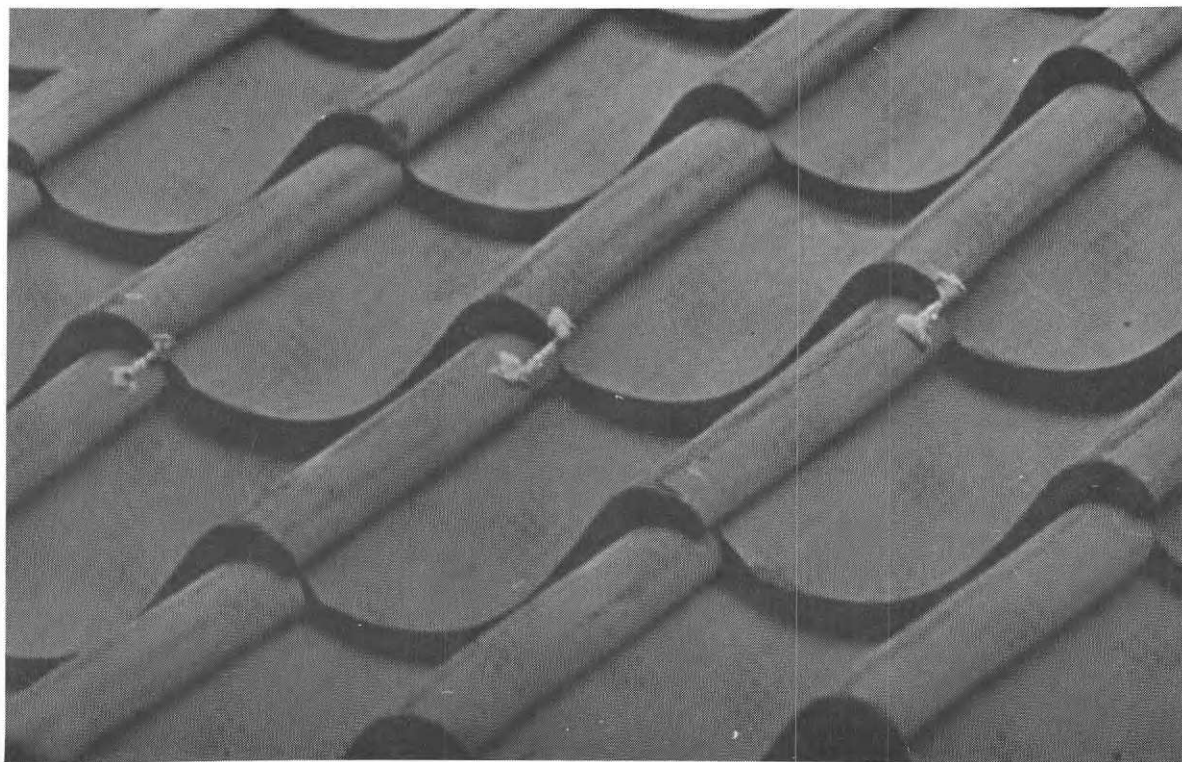


FIG. 74. Glasstavar med brottanvisning applicerade mellan taktegelpannor. När pannorna rör sig relativt varandra brister stavarna.

TAB. 5. Sammanställning av samtliga flygningar under försöksperioden.

Beteckning	Nominell flyghöjd (m)	Nominell flyghastighet (M-tal)	Antal flygningar
1:1 - 7	10 000	1, 3	7
2:1 - 7	7 000	1, 3	7
3:01 - 03	5 000	1, 3	3 (förprov)
3:1 - 15	5 000	1, 3	15
4:1 - 7	3 000	1, 2	7
5:1 - 7	2 000	1, 15	7
6:1 - 3	1 000	1, 11	3
7:1 - 2	100	1, 09	2
8:1 - 19:1	200 - 30	UNDERLJUD	12
20:1 - 2	13 000	1, 3	2
21:1 - 22:2	100 - 30	UNDERLJUD	3

accelerometrarna bandades för att senare köras ut på oscillograf.

11.3.5 Övrigt

Utöver ovan nämnda mätapparater användes givetvis flygplanens egen instrumentering samt radar för att bestämma flygplanens läge i höjd- och sidled samt hastighet. För dessa mätapparater redogörs här inte speciellt.

De utländska observatörerna gjorde en del egna mätningar. Dr Warren från Royal Aircraft Establishment applicerade preparerade glasstavar med plastic padding mellan ett antal tegelpannor på taket till provhuset, se fig 74. Stavarna avsågs brytas vid en viss vinkeländring mellan tegelpannorna. Ingen stav skadades emellertid under försöken. Dr Weber och prof Koch från Curt-Risch-Institut placerade ut ett antal accelerometrar i provtunneln, på grunden till provhuset och på marken samt trådtöjningsgivare på ett par fönsterrutor i provhuset. Signalerna registrerades på slingoscillograf.

11.4 Flygningar

Flygplanens höjd och hastighet vid passage över försöksplatsen var preliminärt bestämda enligt ett schema. Flygningarnas beteckning består av två sifferkombinationer åtskilda av " : " kolon. Siffran före " : " syftar på flyghöjd och hastighet och kallas flygprofil, medan siffran efter " : " endast är ett ordningsnummer. Flygningarna sammanfattas i tabell 5. Höjden 10 000 m valdes med hänsyn till att detta är den lägsta tillåtna flyghöjden för överljudsfart över land i Sverige. Höjderna därunder valdes för att ge en successiv ökning av bangövertrycken.

Hastigheterna valdes bl a med hänsyn till flygsäkerhet.

Ordningföljden mellan flygningarna var bestämd med hänsyn till 7 stycken s k "byggnadskonfigurationer". Med "byggnadskonfiguration" menades i detta sammanhang en viss kombina-

TAB. 6. Sammanställning av konfigurationerna.

Konfiguration	PT		PH		
	Vägg	Belastning	Skorsten	Fönster, dörr	Skåp
I	vek	0	fri	stängt	belastat
II	vek	1 500 N	fri	stängt	belastat
III	vek	3 500 N	fri	öppet V och Ö	belastat
IV	styv	0	klossad	öppet N, S, V och dörr	obelastat
V	styv	1 500 N	klossad	stängt	obelastat
VI	styv	3 500 N	klossad	stängt	obelastat
VII	styv	0	-	stängt	obelastat

TAB. 7. Några byggnadsdelars egenfrekvenser.

Byggnadsdel	Egenfrekvens Hz
PT styv vägg belastad 2 500 N	20
PH vägg vid entré	19
PH gavel mot PT	22
PH vägg anfl riktn mot PT	19
PH vägg anfl riktn mot WT	19
PT provvägg obelastad	22

TAB. 8. Sammanställning av de jämförande proven.

100:1 - 4	Dörrstängning (alla fönster stängda)
100:11	
100:52	
100:5	Promenad på golv (alla fönster stängda)
100:51	
100:6 - 9	Dörrstängning (öppna fönster)
100:10	Fönsterstängning (kök)
100:13	
100:14	Tegelsten släpptes i golvet från 0,2 m
100:15	höjd i rum 2

tion av byggnadselementen i PH och PT. Sålunda kunde som tidigare nämnts två olika väggar provas i PT. De kunde dessutom vara belastade eller obelastade. I PH kunde skorstensstocken förbindas med vindsbjälklaget med hjälp av tråklossar. Vidare kunde fönster och dörrar vara öppna eller stängda. Dessutom kunde köksskåpet i PH belastas. En sammanställning av de använda konfigurationerna visas i tabell 6.

Kombinationerna av flygprofiler och byggnadskonfigurationer framgår av tabellerna i appendix 3.

Tiden mellan två på varandra följande flygningar var beroende av bl a i vilken takt planen hann starta från basen och hur snabbt de olika mätgrupperna i Nausta hann bli färdiga med sina arbetsuppgifter. Även yttre faktorer såsom skiftande väder eller studiebesök kom att påverka väntetiderna.

Flygningarna (inkl underljudsflygningar - se kap 12.5) ägde rum

den 31/8	3 st	(förprov
1/9	5 st	
2/9	15 st	
3/9	22 st	
8/9	23 st	(marken snötäckt)

11.5 Jämförande prov

Utöver flygningarna utförde vi även vissa jämförande prov.

Några olika byggnadsdelars egenfrekvens bestämdes genom att en slägga (vikt ca 10 kg) med normal muskelkraft dunkades i resp golv och vägg så nära mittpunkten som möjligt. Egenfrekvenserna enligt tabell 7 beräknades som medelvärde av andra till femte, sjätte eller sjunde svängningen.

Övriga jämförande prov fick sifferbeteckningar i stil med flygningarna som beskrivits tidigare. Tabell 8 sammanfattar dessa försök.

TAB. 9. Uppmätta vindriktningar och -hastigheter vid sonderingar från Sarkas och RFN.

PLATS DATUM TID	S A R K A S										RFN	
	700831 13.00		700901 09.35		700902 10.45		700903 09.35		700903 13.10		700908 10.00	
R / H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H
HÖJD 0 KM	140	4	230	3	230	4	190	3	180	2	360	6
1							250	10			350	7
2			230	8	260	13	240	9	200	12	355	8
3			235	9	240	12	230	9	195	11	320	7
4			220	9	225	13	215	14	205	21	305	9
5	270	14	230	19	220	13	210	18	210	23	300	10
6	280	16	225	22	220	17	215	20	205	23		
7	290	21	225	21	210	30	230	25	210	25		
8	285	26	230	20	210	30	235	27	210	27		
9	285	30	225	23	210	28	235	26	215	30		
10	285	32	225	27	225	19	235	32	220	29		
11									220	28		
12									215	28		
13									225	10		

R = vindriktning i grader

H = vindhastighet i m/s

TAB. 10. Uppmätta temperaturer ($^{\circ}\text{C}$) utomhus i Nausta by.

Datum	700831	700901	700902	700903	700908
Tid					
0600	5	8	8	4	-3
0900	6	10	9	8	3
1200	7	13	-	9	5
1500	7	11	8	9	7
1800	7	11	9	8	4

För resultaten av dessa försök redogörs tillsammans med mätresultaten från flygningarna i kap 11. 6.

11. 6 Resultat

Som tidigare beskrivits (kap 11. 3) varierade formen för datautskriften beroende på mätappareturens typ och konstruktion.

Alla mätvärden överlämnades till oss i form av skrivarremсор etc. Efter utvärdering av ett antal utvalda parametrar tabellerades dessa.

Härnedan följer en presentation av de utvärderade mätvärdena.

11. 6. 1 Meteorologiska data

Vinduppgifter.

Vinduppgifterna redovisas i tabell 9. Observera att sondering den 8/9 skedde från RFN (ungefär 160 m ö h) - annars från Sarkas (ungefär 600 m ö h). Nausta by ligger 460 m ö h.

Temperaturuppgifter .

Av det material, som finns tillgängligt, redovisar vi här mätvärden endast för de dagar och tider, då flygning ägde rum.

Tabell 10 visar de värden som uppmättes utomhus i Nausta by vid angivna tidpunkter.

Inomhus i PH varierade temperaturen mellan 12° och 25° C.

Under de tider rörelsemätningar skedde varierade temperaturen så obetydligt att den bedömdes inte inverka på mätresultaten.

Inomhus i PT mättes inte temperaturen, men det är troligt att temperaturen var lägre där än i PH.

TAB. 11. Uppmätt relativ luftfuktighet utomhus i Nausta by.

Datum	700831	700901	700902	700903	700908
Max	93 %	93 %	94 %	94 %	93 %
Min	70 %	74 %	60 %	52 %	36 %

TAB. 12. Uppmätt lufttryck (mb) i Nausta by belägen ca 460 m. ö. h.

Datum	700831	700901	700902	700903	700908
Tid					
0600	954	943	940	951	950
0900	955	944	940	951	951
1200	956	944	941	951	950
1500	955	943	944	950	950
1800	954	941	946	947	949

Luftfuktighet.

Mätvärdena på relativa luftfuktigheten redovisar vi som max- och min-värden hos dygnsvariationen. Max-värdet inträffade i regel omkring midnatt och min-värdet omkring kl 12 på dagen. Tabell 11 visar mätvärden utomhus i Nausta by.

Relativa luftfuktigheten inomhus i PH varierade maximalt mellan 35 och 55 %. Denna variation torde under den korta tid försöken varade inte ha någon större betydelse för mätresultaten.

Lufttryck.

Lufttrycket i Nausta by under de dagar då flygning förekom redovisas i tabell 12.

11.6.2 Övertryck

Samtliga mätvärden presenteras i appendix 2.

Övertryck utomhus.

Mätpunkt 3-4 (mikrofonmast)

Mätvärdena från mikrofonmasten, vilka beskriver den sk fri-fältsvågen är av mindre intresse ur byggnadsteknisk synpunkt och analyseras därför inte här.

Mätpunkt 15 (baffel)

Mikrofonen på baffeln (se fig 68) registrerade både den direkt infallande tryckvågen och den mot marken reflekterade. Vanligen används emellertid det nominella övertrycket (se definition) som mått på bangstyrkan.

Figur 75 visar övertrycket som funktion av flygplanets höjd. I diagrammet finns linjer inlagda, som visar medelvärdet av

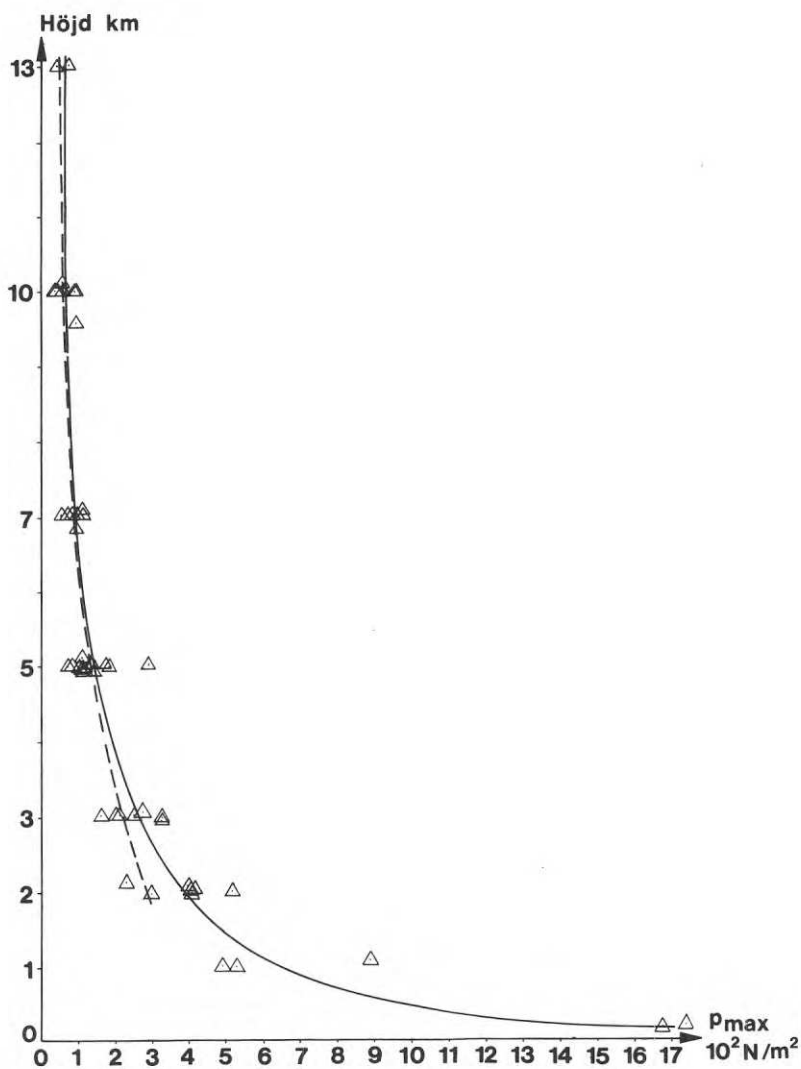


FIG. 75. Diagram över uppmätta övertryck (p_{\max}) vid olika flyghöjder. Den heldragna kurvan är en approximativ medelvärdeskurva för de uppmätta värdena medan den streckade kurvan visar de av FFA (FFAP-M-214) beräknade värdena vid flyghastigheten $M = 1, 2$.

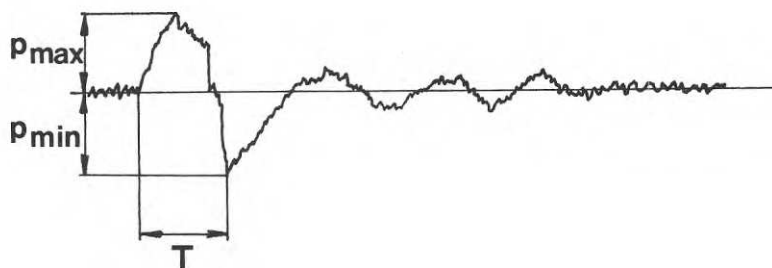


FIG. 76. Typisk trycksignatur punkt 5, mikrofon i PH rum 2.

under provperioden uppmätta värden och förväntade övertryck enligt beräkningar gjorda vid FFA (FFAP-M-214). Differensen mellan kurvorna över 10 km höjd beror troligen på att medelvärdeskurvan baseras endast på två mätvärden. Divergensen under 5 km kan bero på att mätvärdena från provperioden inkluderar eventuella spikar i signaturerna, vilka blir speciellt markanta på låga flyghöjder.

Observeras bör att det statistiska underlaget för medelvärdeskurvan är alltför knäppt för vidare jämförelser med den beräknade kurvan.

Övertryck inomhus.

Mät punkt 5 (mikrofon i PH rum 2)

Övertrycket i provhusets rum 2 mättes med en mikrofon placerad på ett stativ mitt i rummet 150 cm över golvet. En typisk trycksignatur visas i fig 76. De parametrar (p_{\max} , p_{\min} och T), som vi utvärderat, definieras också i denna figur.

Av mätvärdena framgår att storleken av övertrycket inomhus varierar mindre än utomhus. Små variationer av det maximala övertrycket är inte associerade med motsvarande variationer inomhus. Dock tycks inomhusövertrycket öka med en faktor ≈ 2 när fönster eller dörrar var öppna. Alla bedömningar av mätvärdena måste emellertid göras med reservation för bedömningsunderlagets ringa omfång.

Den största totala tryckförändringen, 800 N/m^2 , uppmättes vid flygprofil 7:1. Vid detta tillfälle var alla fönster och dörrar stängda och maximala övertrycket utomhus (mät punkt 15) var $1\,680 \text{ N/m}^2$. Övertrycket inomhus har inget intresse ur byggnadsteknisk synpunkt om det inte jämförs med utomhustrycket varvid skillnaden mellan de båda trycken utgör den direkta lasten på byggnadens omslutningsytor.

Tryckförändringarna inomhus utgör emellertid den ljudeffekt

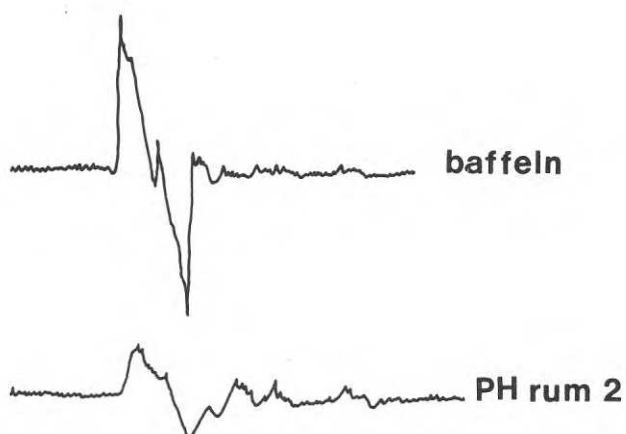


FIG. 77. Jämförelse mellan typiska trycksignaturer från baffeln och från mikrofonen i PH rum 2.

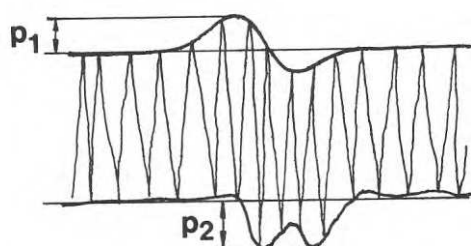


FIG. 78. Typisk trycksignatur från mätpunkt 9, tryckmätare över plasttaket i PH rum 2.

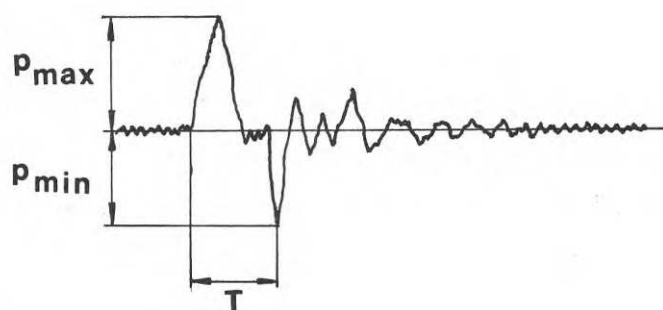


FIG. 79. Typisk trycksignatur från mätpunkt 14, mikrofon i PT.

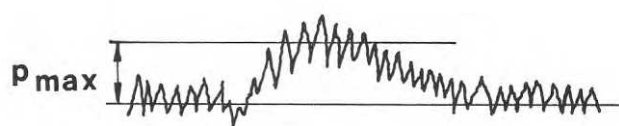


FIG. 80. Typisk trycksignatur från mätpunkt 12, tryckmätare i yttertaket, PH.

som en människa inomhus hör av bangen. Då tryckstörningen inomhus har en mer rundad form än utomhus, se fig 77 samt längre varaktighet är det naturligt att bangen uppfattas olika av en person beroende på om han befinner sig ute eller inne. Härtill bidrager dock även andra fenomen såsom vibrationer i byggnaden och "klirr" från fönsterrutor och prydnadssaker etc.

Mät punkt 9 (tryckmätare över plasttaket, PH rum 2)

En tryckmätare placerades i det ca 4 cm höga utrymmet mellan det spända plasttaket och innertaket. Utrymmet var nästan lufttätt. Luft kunde möjligen läcka ut och in runt kanterna.

Utslagen från mätaren blev merendels mycket små. En typisk signatur med definiering av de utvärderade parametrarna visas i fig 78.

Mät punkt 14 (mikrofon i PT)

Övertrycket i provtunneln mättes med en mikrofon placerad på ett stativ mitt i rummet ca 150 cm över golvet. En typisk trycksignatur visas på fig 79. Av den framgår också definieringen av de parametrar (p_{max} , p_{min} och T), som vi utvärderat.

Mätvärdena från PT är i genomsnitt något större än från motsvarande mätgivare i PH (mät punkt 5). Största uppmätta värdet var $1\,170\text{ N/m}^2$ vid flygprofil 7:1. Se f ö mät punkt 5 ovan.

Tryckdifferens ute - inne.

Mät punkt 12 (tryckmätare i yttertaket, PH)

Tryckskillnaden över och under yttertaket mättes med två tryckmätare, som var kopplade så att de direkt gav tryckdifferensen. Fig 80 visar en typisk trycksignatur och definierar den parameter (p_{max}), som utvärderats.

Utslagen från mätgivaren var så små att få överflygningar gav

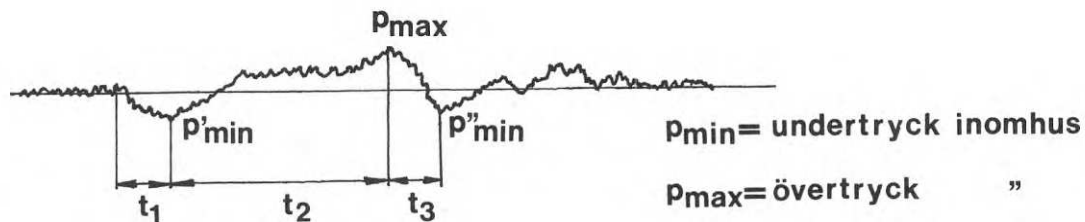


FIG. 81. Typiska trycksignaturer från mätpunkt 13, tryckmätare i yttervägg, PH.

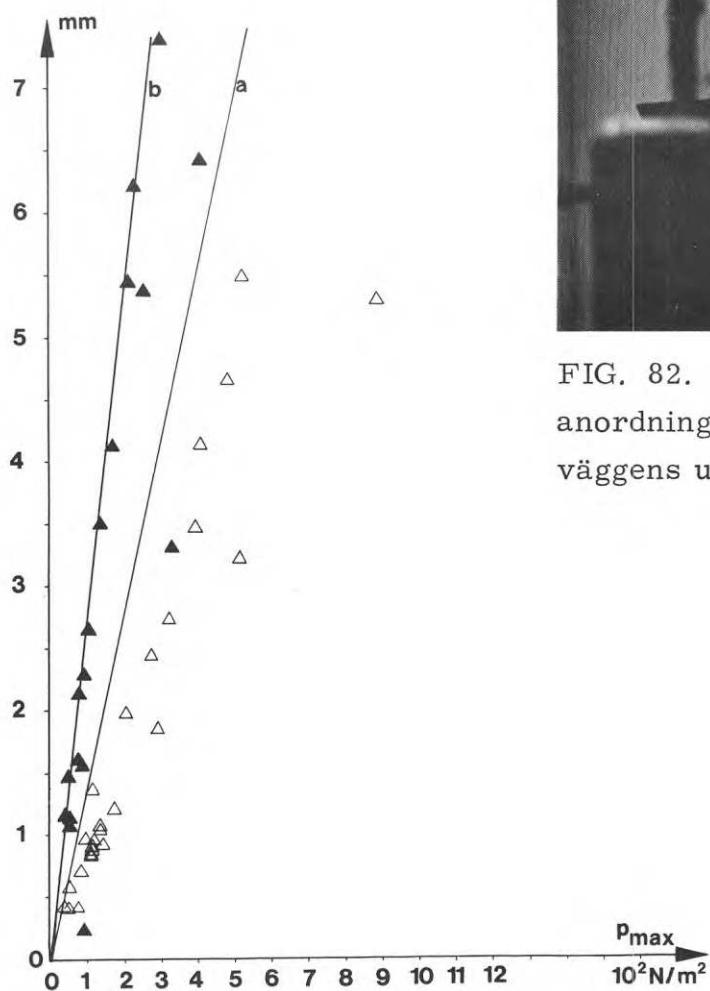


FIG. 83. Mätpunkt 57. Uppmätt utböjning hos provväggen i PT vid olika övertryck. \triangle anger värden för den styva väggen och \blacktriangle för den veika väggen. Linjerna a och b symboliserar beräknad utböjning för den styva respektive veika väggen med $DAF = 2, 15$.

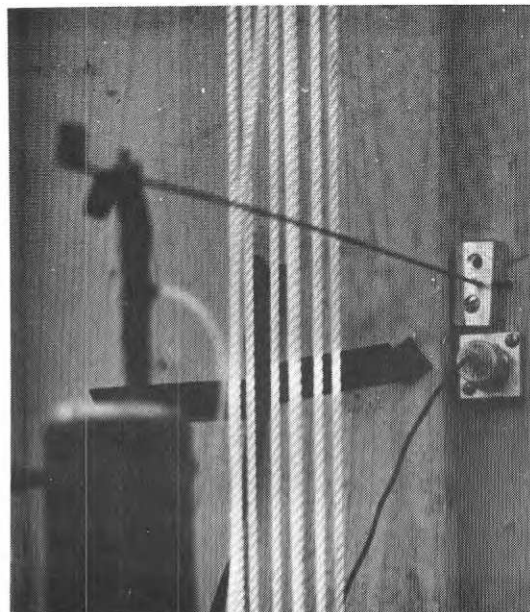


FIG. 82. Mätpunkt 57, anordning för att mäta väggens utböjning, PT.

mätbara resultat.

Mätpunkt 13 (tryckmätare i yttervägg, PH)

Tryckskillnaden utanför och innanför ytterväggen i anflygningsriktningen på provhuset mättes med två tryckmätare, som var kopplade så att de direkt gav tryckdifferensen.

Fig 81 visar en typisk trycksignatur och definierar de parametrar, som vi utvärderat.

Tryckskillnaden över väggen utgör den direkta belastningen på väggen.

11.6.3 Vinkeländrings- och glipmätning m m

Mätvärdena presenteras i appendix 3.

Trådtöjningsgivare i PT.

Mätpunkt 57

Provväggarnas mittutböjning mättes med en anordning enl fig 82. De uppmätta värdena presenteras i diagrammet i fig 83. I diagrammet finns inlagda två linjer som representerar de maximala utböjningar som beräknades efter laborieförsöken med statisk last och $DAF = 2,15$ (se kap 9.2). Största registrerade värdet var 3,4 mm inåt och 4,0 mm utåt vid flygprofil 5:1 (den vekare väggen), samt 2,5 mm inåt och 3,0 mm utåt vid flygprofil 6:1 (den styvare väggen).

Mätpunkt 58 (dragkraft i lastsimuleringsanordningen, invändigt)

Konstruktionen på mätgivaren, som registrerade kraftändringarna i lastsimuleringsanordningen vid överflygning, framgår av fig 84.

Utslagen från denna mätgivare var mycket små. Det största utslaget, ± 50 N, registrerades vid flygprofil 7. Vid övriga flygprofiler höll sig utslaget under ± 25 N. Detta innebär att lastsimuleringsanordningen fungerade så som vi avsett, dvs den belastade väggen med en i stort sett konstant last. Se f ö mät-punkt 57 ovan.

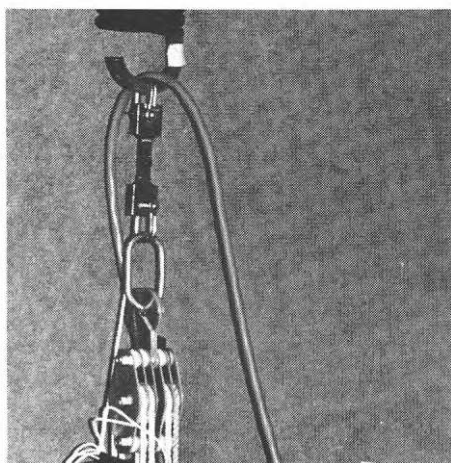


FIG. 84. Mätpunkt 58. Anordning för mätning av kraftändring i lastsimuleringsanordningen i PT.

Mätpunkt 59 (glipning i skivskarv, provväggen, PT invändigt)

Mätgivarens placering och konstruktion framgår av fig 85.

Fig 86 visar grafiskt glipningen som funktion av övertrycket.

Trådtöjningsgivare i PH.

Mätpunkt 53, 54, 55 och 56 (utvändig utböjning)

Mätgivarnas placering och konstruktion framgår av fig 72 och 87-90.

Mätvärdena redovisas grafiskt i fig 91-94.

Den största uppmätta utböjningen uppvisar väggen i PH:s rum 2 - 44, 7 mm för $1\,740\text{ N/m}^2$.

Vid flyghöjden 10 000 m uppmättes för samma vägg maximalt 0,982 mm.

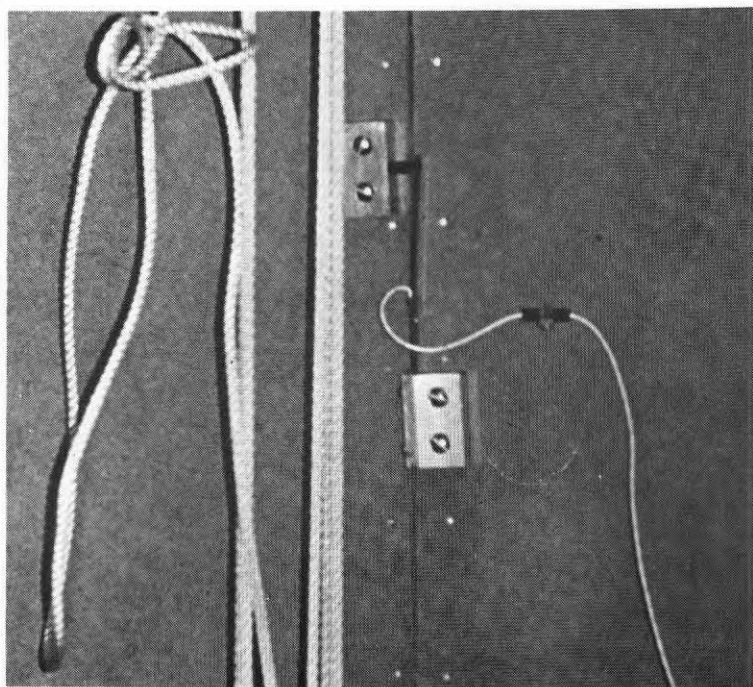


FIG. 85. Mät punkt 59. Glipmätgivare på provväggen i PT.

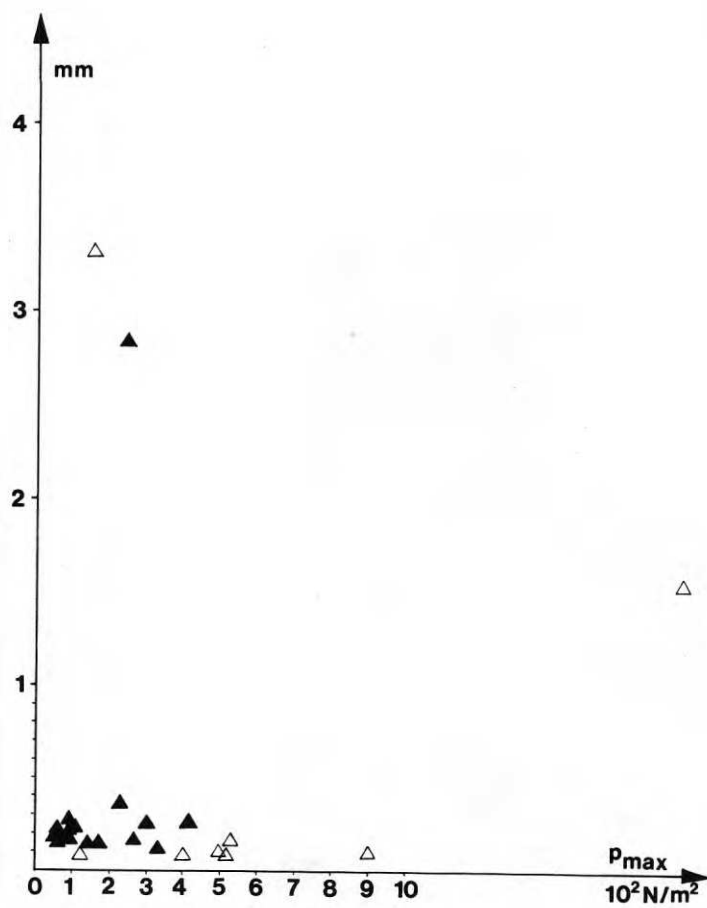


FIG. 86. Mät punkt 59. Uppmätt glipning i skivskarv på provväggen i PT. \triangle anger värden för den styva väggen och \blacktriangle för den veika väggen.

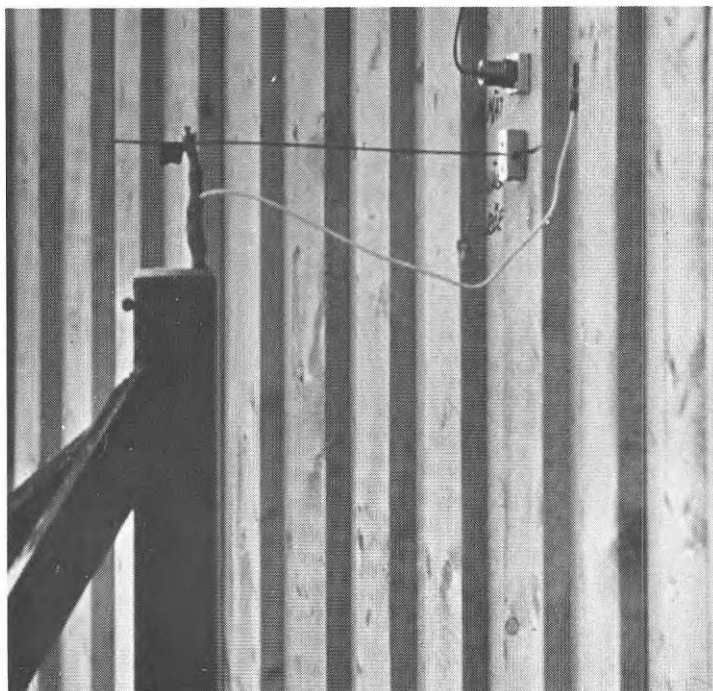


FIG. 87. Mät punkt 53, väggens mittutböjning, PH rum 2 anflygningsriktningen.

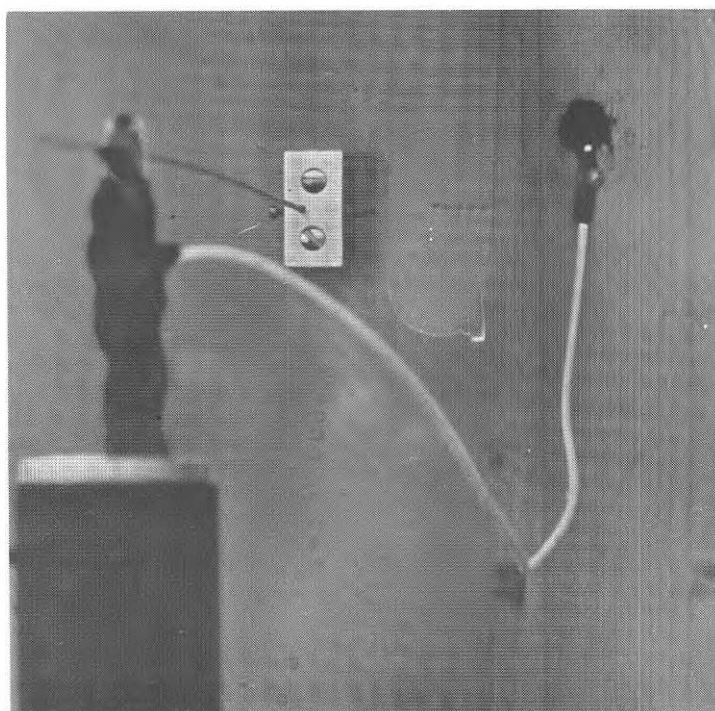


FIG. 88. Mät punkt 54, väggens utböjning 0,6 m från upplaget, PH rum 1, anflygningsriktningen.

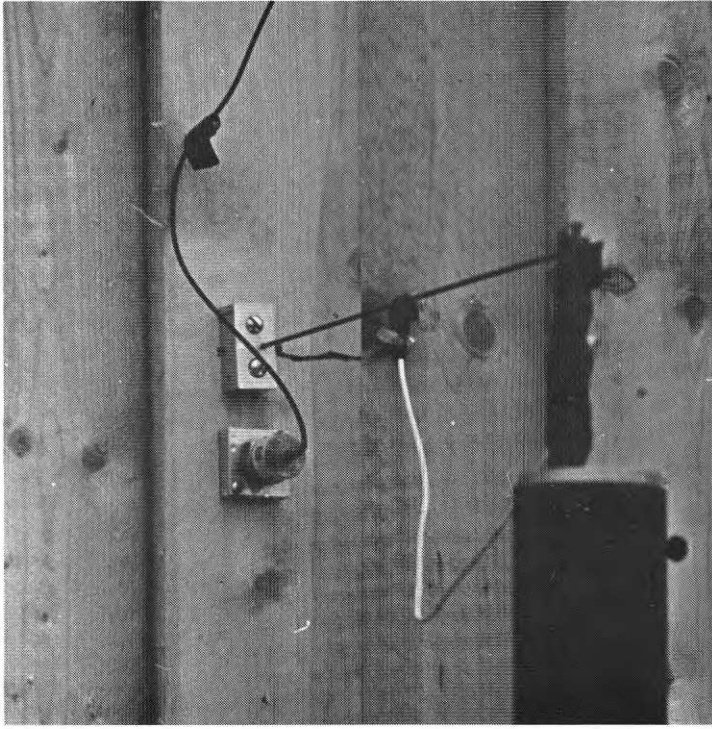


FIG. 89. Mät punkt 55, väggens utböjning 1,2 m från upplaget, PH rum 1 gavel.

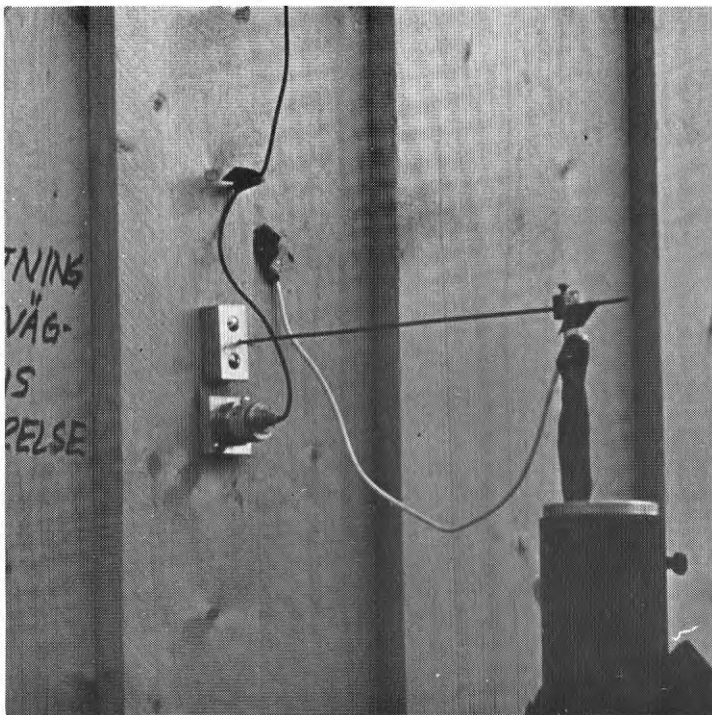
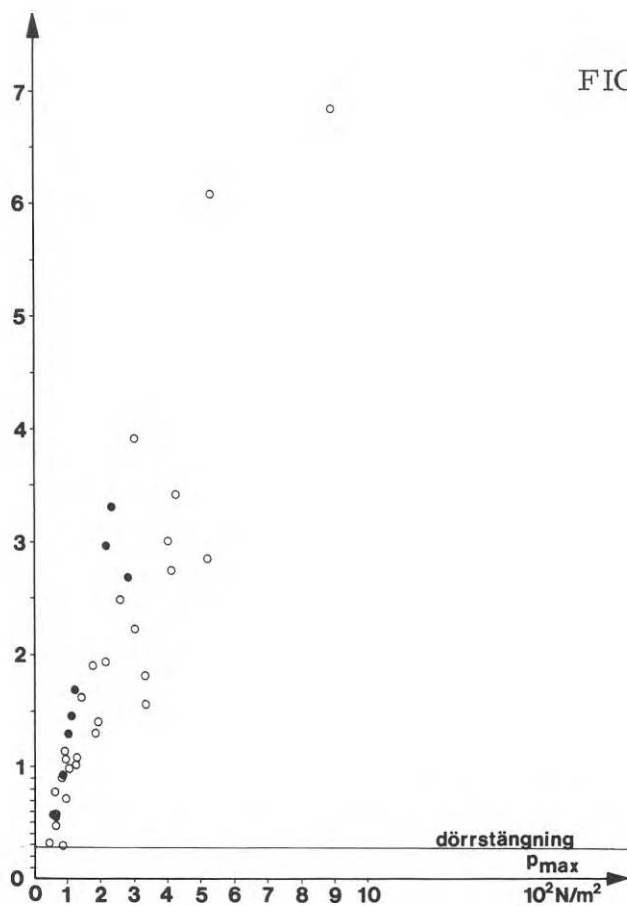


FIG. 90. Mät punkt 56, väggens utböjning mitt emellan dörrhåll och upplag, PH rum 1 entrésidan.

FIG. 91. Mät punkt 53.



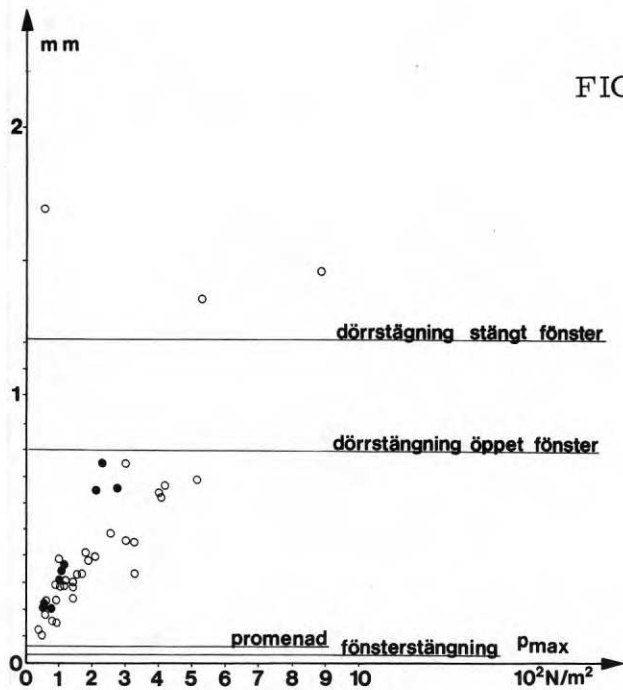
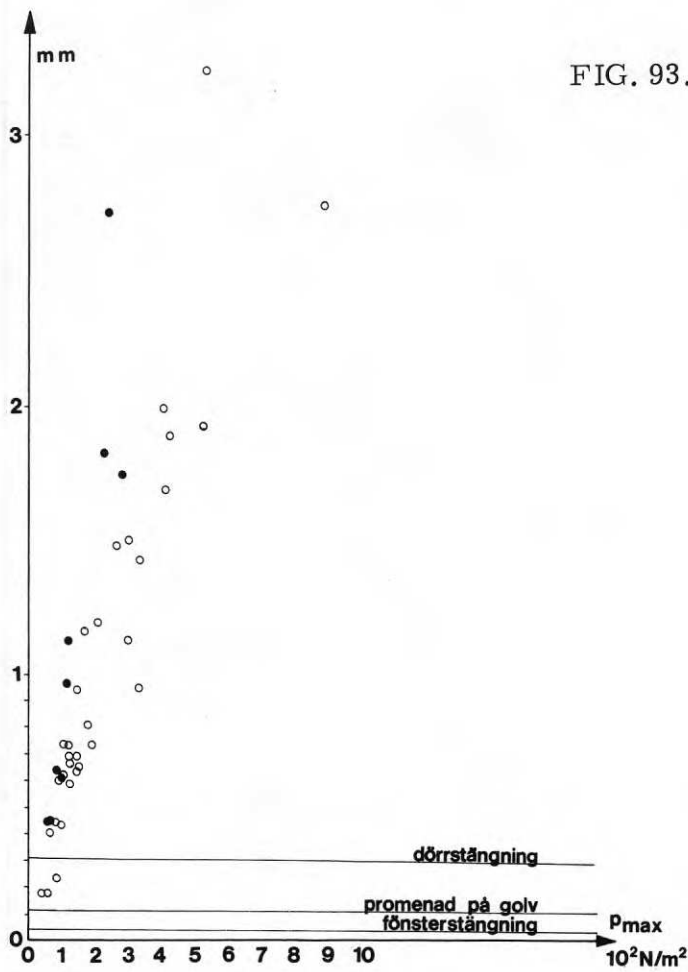


FIG. 93 och 94 ovan. Mät punkt 55 och 56. Uppmätt utbökning hos gavelvägg respektive vägg vid entre i PH:s rum 1. ○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.



FIG. 95. Mät punkt 38, glipning i skivskarv invid fönster i PH rum 1, anflygningsriktningen.

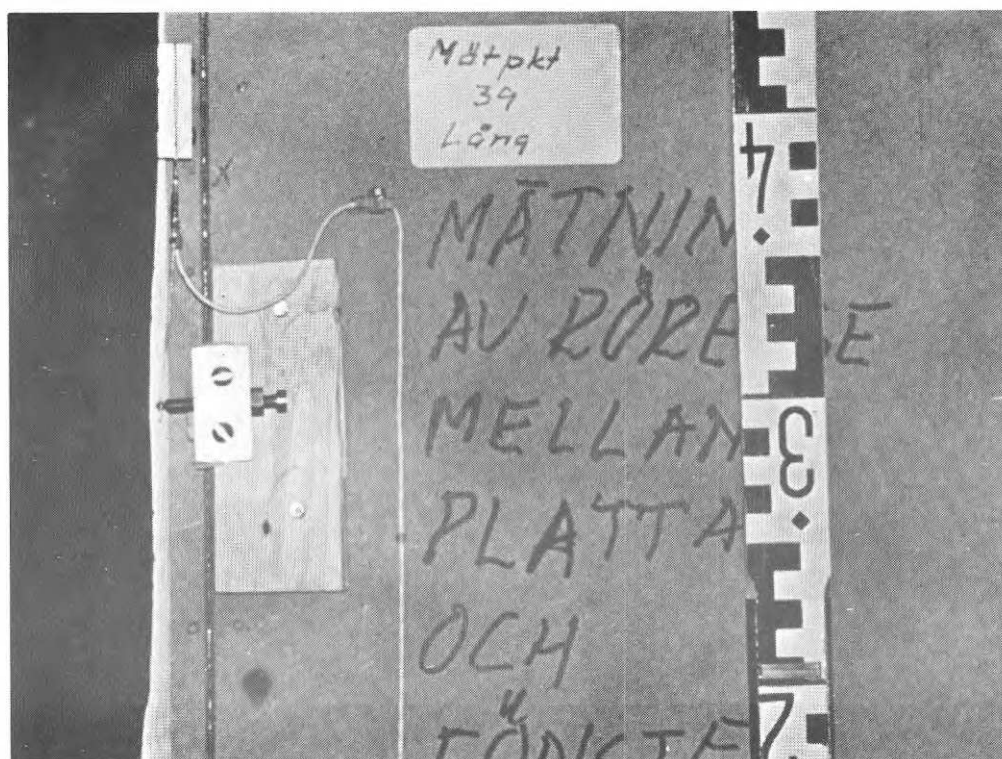


FIG. 96. Mät punkt 39, rörelse mellan fönsterfoder och vägg i PH rum 1, anflygningsriktningen.

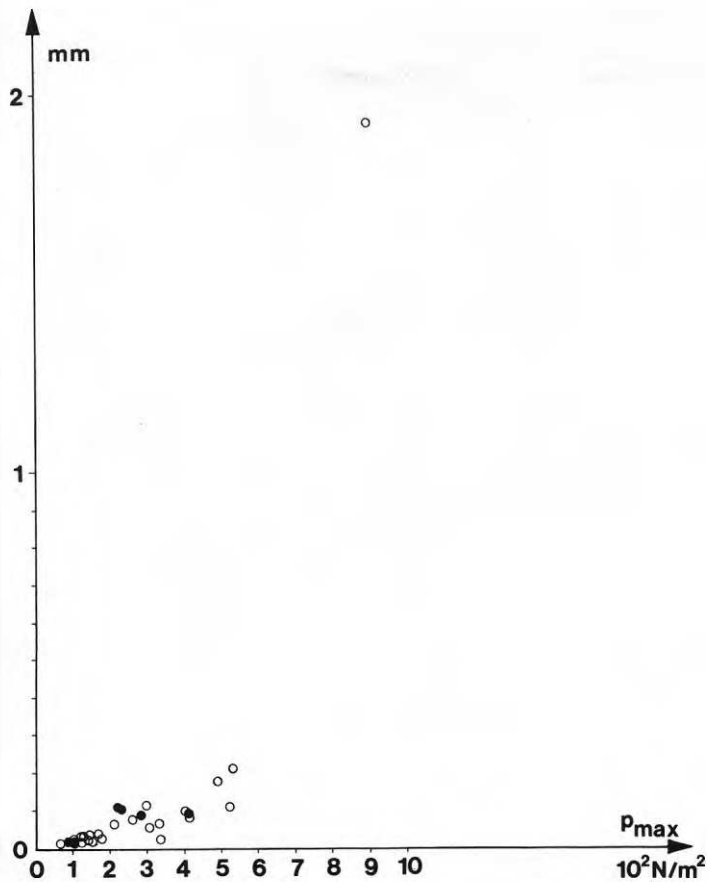


FIG. 97. Mät punkt 39. Uppmätt glipning till höger om fönster i PH:s rum 1. ○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

Mät punkt 38 (glipning i skivskarv t v om fönster, rum 1)

Placering av denna mätgivare framgår av fig 95. Utslagen var mycket små ($< 0,003$ mm).

Mät punkt 39 (rörelse mellan fönsterfoder och vägg, rum 1)

Mätgivarens läge framgår av fig 96. Mätvärdena framställs grafiskt i fig 97.

Mät punkt 40 (rörelse mellan fönsterfoder och vägg under fönster)

Mätgivarens läge framgår av fig 98. Fig 99 framställer mätvärdena grafiskt.

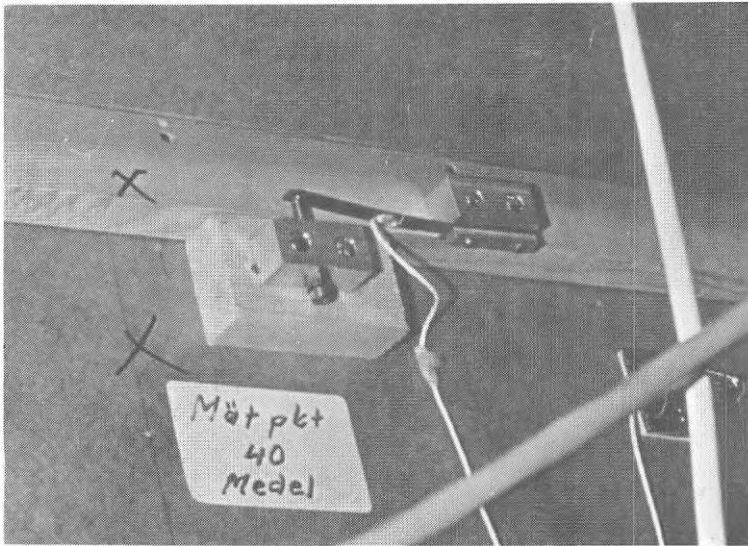


FIG. 98. Mät punkt 40, rörelse mellan fönsterfoder och vägg under fönstret i PH rum 1, anflygningsriktningen.

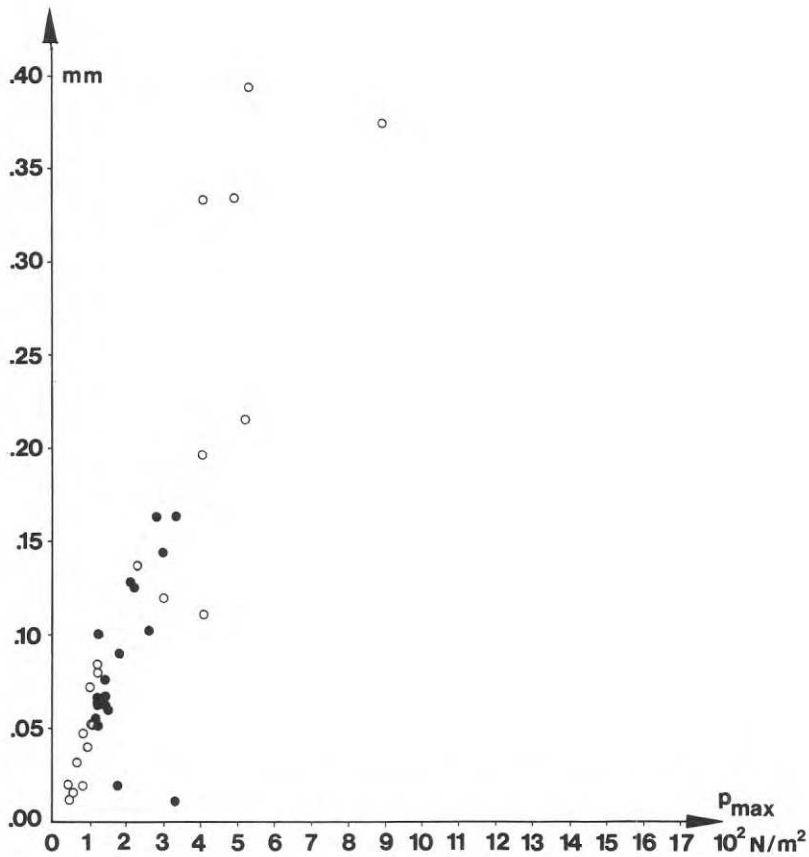


FIG. 99. Mät punkt 40. Uppmätt glipning under fönster i PH:s rum 1. O och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

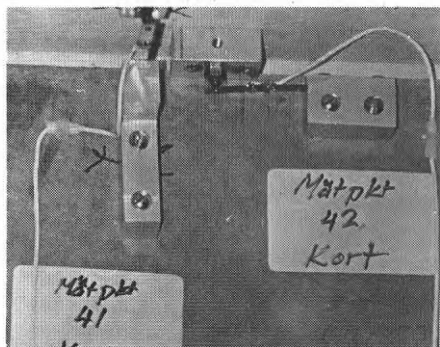


FIG. 100. Mätpunkt 41 och 42, rörelse i takvinkel PH rum 1, anflygningsriktningen.

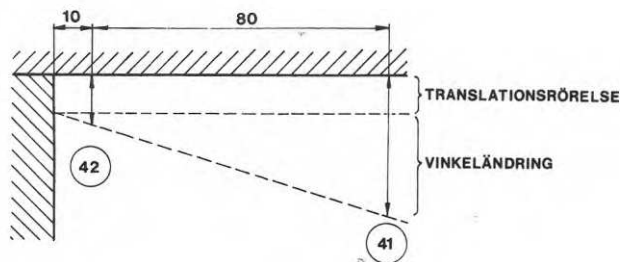


FIG. 101. Principiell placering av mätgivarna 41 och 42.

Mätpunkt 41 och 42 (rörelse i takvinkel, rum 1)

Mätgivarnas placering framgår av fig 100 och 101, där den senare även visar vilka rörelser de båda mätgivarna registrerade. Av fig 100 framgår att mätgivarnas utslag är summan av väggens utböjning i horisontalled och takets eventuella parallellförskjutning och utböjning i vertikalalled. Då endast rörelsen i själva takvinkeln är av intresse kan emellertid mätgivarnas funktion förenklas enligt fig 101.

Ett studium av de mätvärden, som presenteras på fig 102 och 103, visar att vägg och tak troligen endast böjer ut, dvs taket parallellförskjuts inte vertikalt. Takets upplag, dvs den linje omkring vilken taket vrider sig, ligger någonstans mellan väggens ytter- och innerliv. Den ligger närmare innerlivet för negativa rörelser (takets buktar neråt) än för positiva.

P g a att upplaget ligger mellan ytter- och innerliv kommer glipning att uppträda mellan överkanten på väggens innerliv och taket. Glipningens storlek är enligt ovanstående resonemang i verkligheten något mindre än de på mätgivare 42 erhållna värdena. Dessa var i allmänhet mycket små. Största registrerade totala rörelsen, 0,217 mm, erhöles vid flygprofil 5:5.

Mätpunkt 43 (rörelse mellan köksskåp och vägg, rum 1)

Mätgivaren placerades så att den mätte den mot väggen vinkelräta rörelsen hos skåpet 15 cm från dettas underkant, se fig 104.

Av mätvärdena, som presenteras i fig 105, framgår att både positiva och negativa rörelser uppträdde, dvs skåpet rörde sig

FIG. 102. Mätpunkt 41.

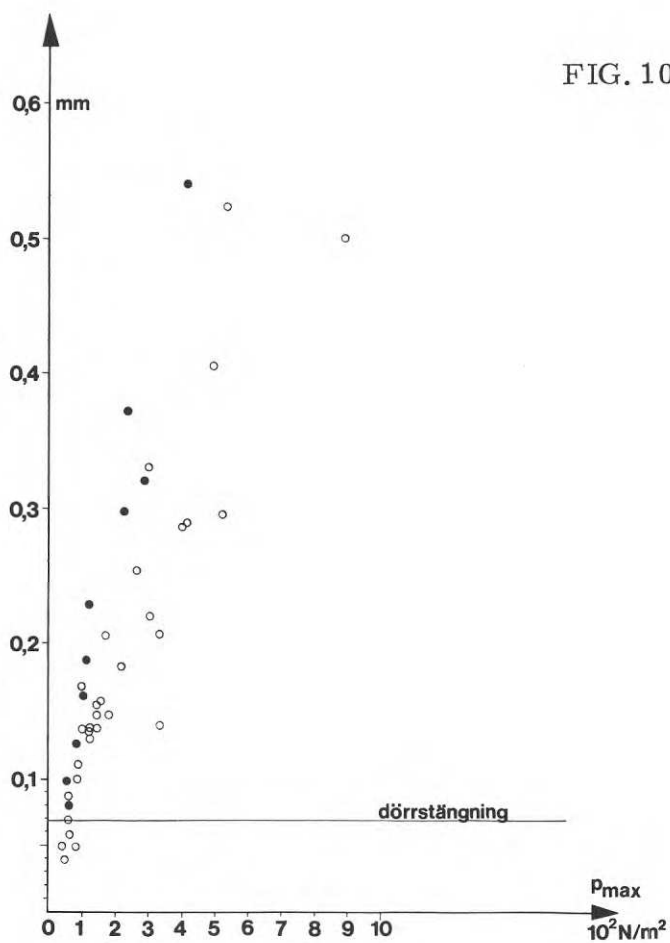


FIG. 103. Mätpunkt 42.

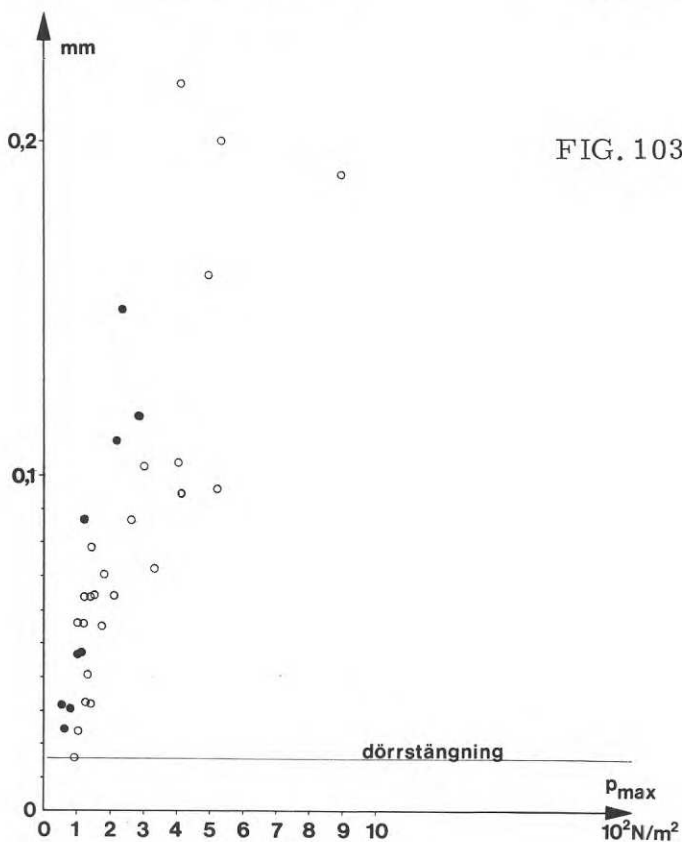


FIG. 102 och 103 ovan. Mätpunkt 41 och 42. Uppmätt vinkeländring vid tak i PH:s rum 1. O och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

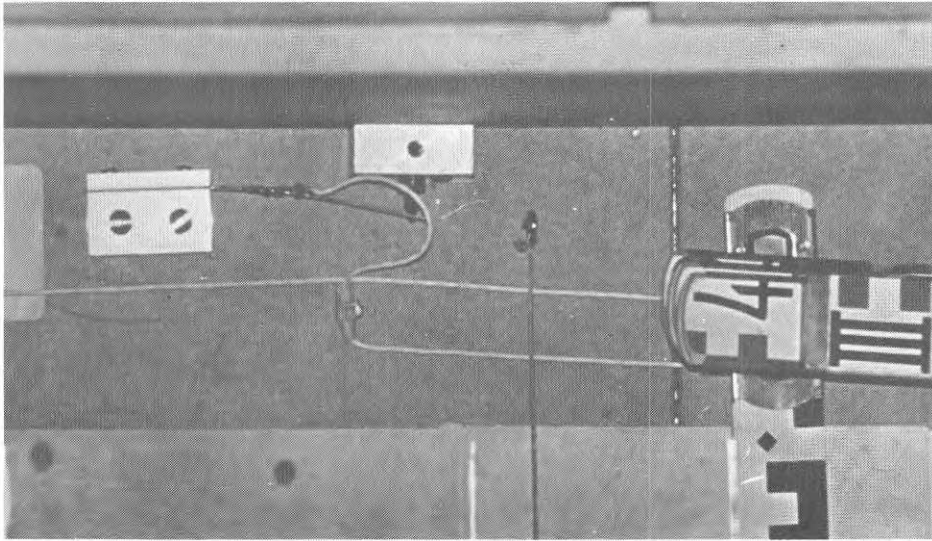


FIG. 106. Mät punkt 44, köksskåpets rörelse i vertikalled.

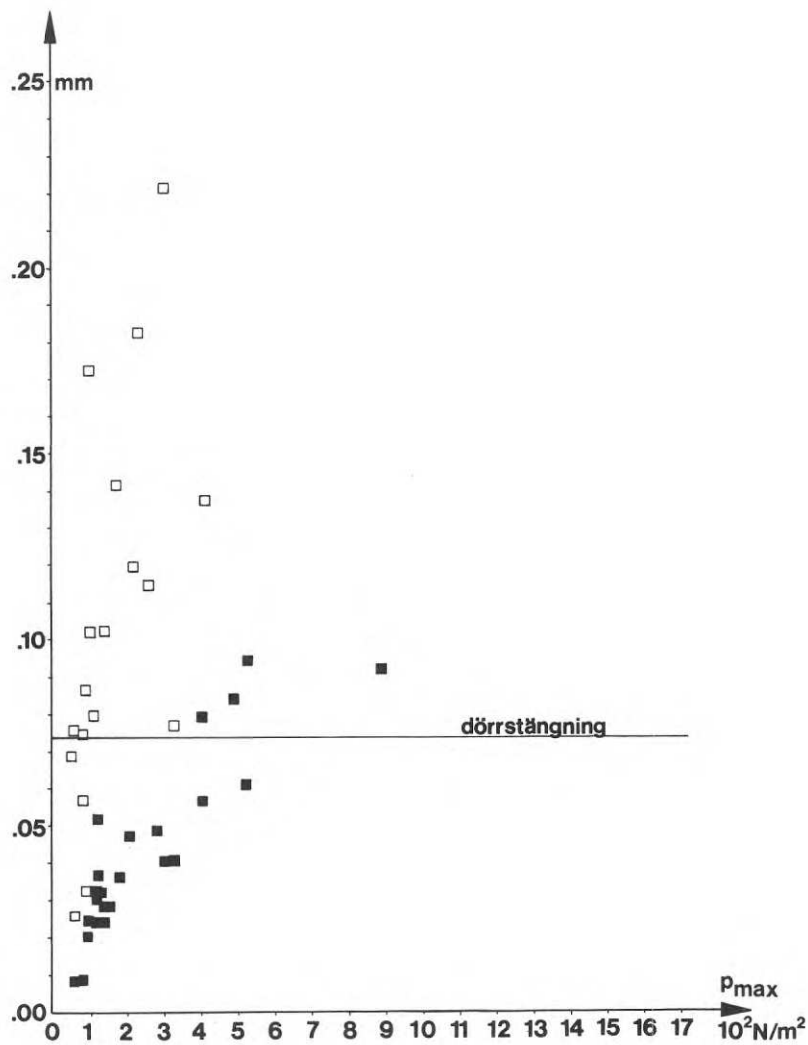


FIG. 107. Mät punkt 44. Uppmätt rörelse under överskåp i PH:s rum 1. □ symboliserar att skåpet är belastat och ■ att det är obelastat.

både utåt och inåt från väggen. Dock var rörelserna så små (största rörelse inåt rummet var 0,295 mm och mot väggen 0,241 mm) att rörelsen mot väggen kan förklaras av att skåpet inte hängde dikt an mot väggen i viloläget.

Mät punkt 44 (skåpets rörelse i vertikalled, rum 1)

Mätgivaren placerades under skåpet så att den mätte dettas vertikala rörelse relativt väggen, se fig 106. Av mätvärdena framgår att rörelsen är både positiv och negativ, dvs skåpet har rört sig både nedåt och uppåt. Den positiva rörelsen, dvs skåpets rörelse nedåt, är i regel större än den negativa.

Största registrerade totala rörelsen, 0,221 mm, uppträdde vid flygprofil 5:1. Samtliga mätvärden presenteras grafiskt i fig 107.

Mät punkt 45 (glipning mellan kakelplattor, rum 1)

Mätgivaren mätte glipningen i en vertikalskarv mellan två kakelplattor. Plattorna var fästa med kakelfix på väggen så att den aktuella vertikalskarven hamnade mitt för en skarv i väggskivorna. Mät donen fästes på kakelplattorna med plastic padding, se fig 108.

De mätbara rörelserna blev mycket små. Endast på flyghöjder under 2 000 meter erhöles mätbara utslag.

Mät punkt 46 (kraftförändring på tavelkrok, rum 2)

Mätgivarens konstruktion och läge framgår av fig 73 och fig 109. Tavlan vägde ca 7 kg.

Den grafiska bilden, se fig 110, visar summan av positiv och negativ kraftändring, dvs största kraftändringen på kroken mellan tavlans vändlägen under en svängning.

För övertryck upp till 100 N/m^2 registrerades kraftförändring upp till 3,0 N. Största värdet, 5,0 N, registrerades vid 400 N/m^2 .

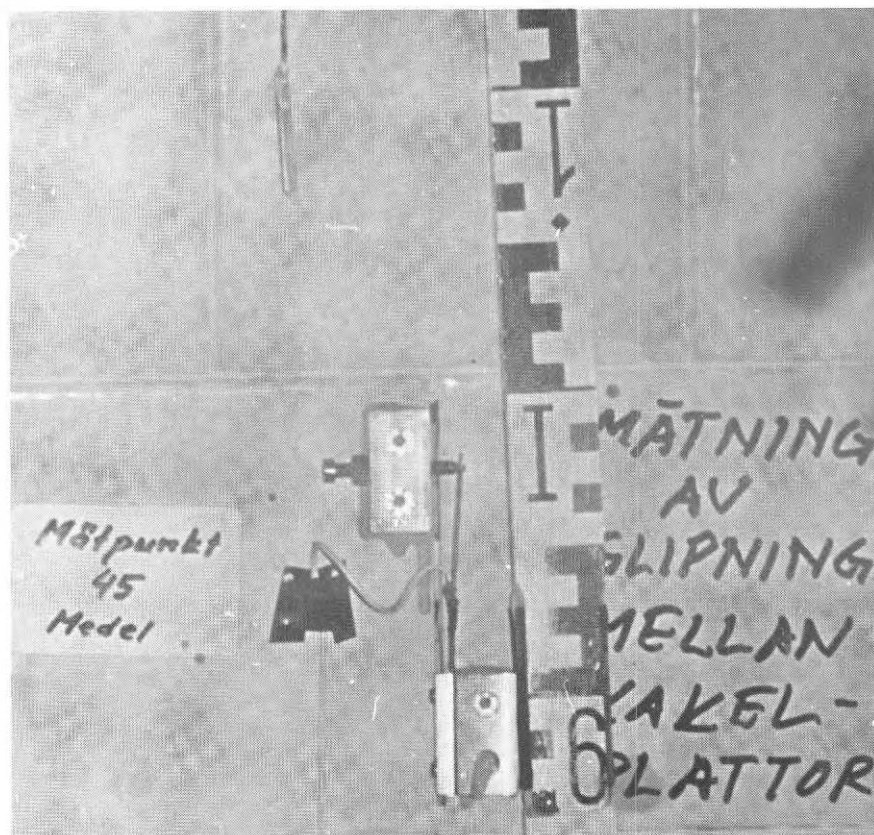


FIG. 108. Mät punkt 45, rörelse mellan kakelplattor under köksskåpet i PH rum 1, entrésidan.

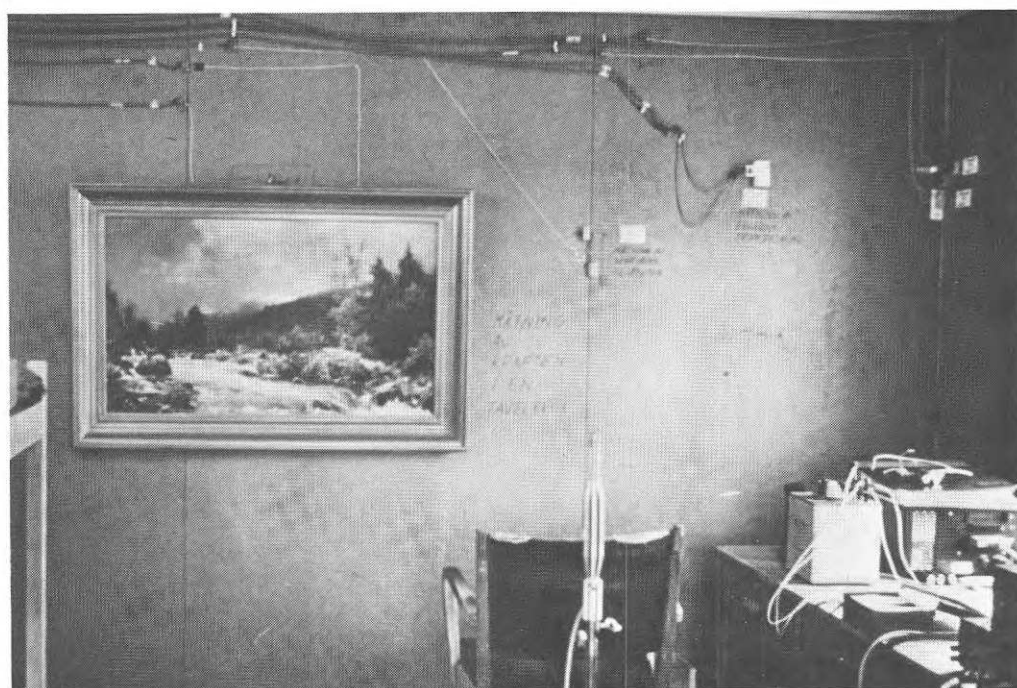


FIG. 109. Mät punkt 46, kraftförändring på tavelkrok, PH rum 2, anflygningsriktningen.

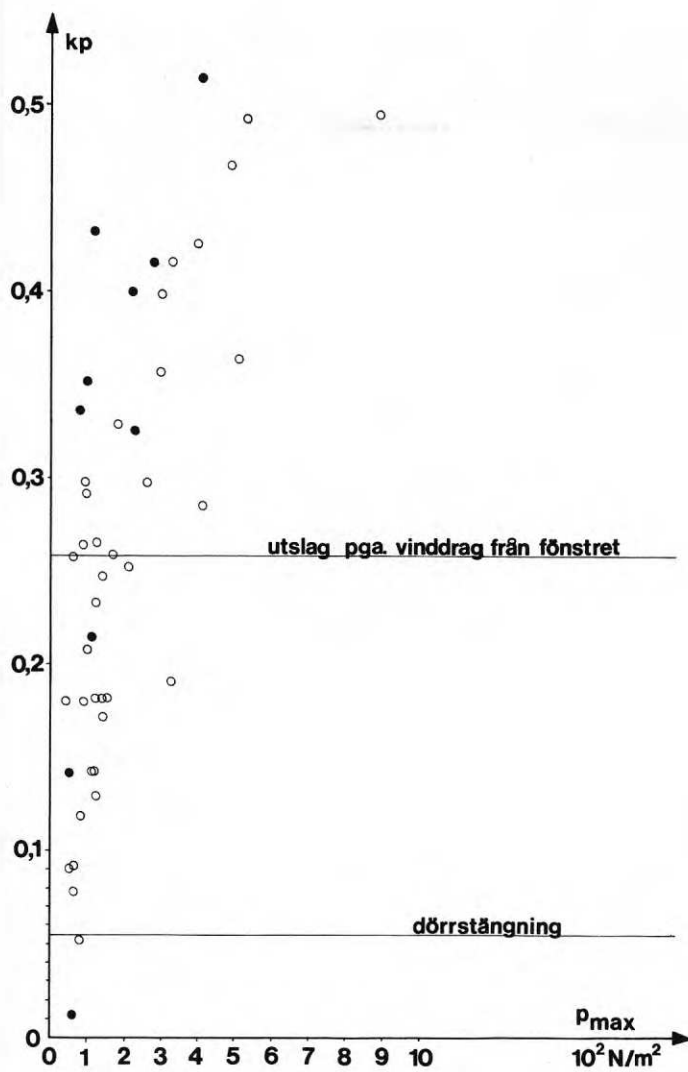


FIG. 110. Mät punkt 46. Uppmätt kraftändring på tavelkrok i PH:s rum 2. ○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

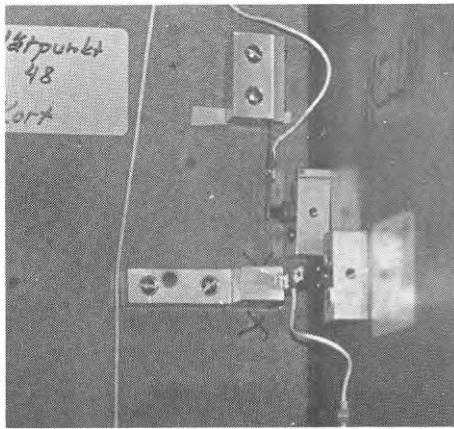


FIG. 111. Mät punkt 47 och 48, rörelse mellan ytter- och innervägg i PH.

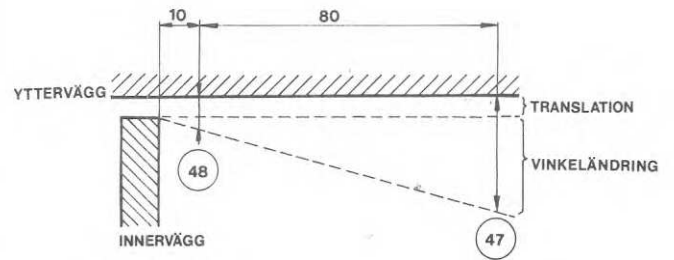


FIG. 112. Principiell placering av mätgivarna 47 och 48.

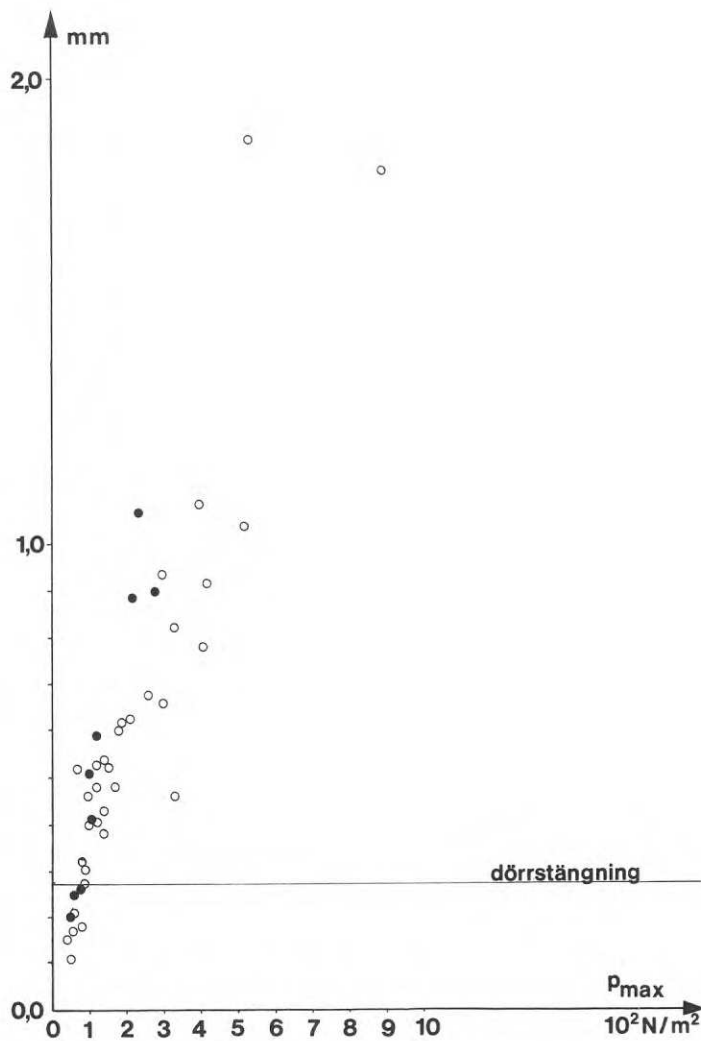


FIG. 113. Mät punkt 47. Diagram över uppmätta värden.

○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

Mät punkt 47 och 48 (rörelse mellan yttre-
och innervägg)

Mätgivarnas placering framgår av fig 111 och fig 112.

Av dessa framgår att utslagen på de båda mätgivarna 47 och 48 är av samma storleksordning, vilket indikerar att vinkeländringen i hörnet varit obetydlig.

Mätresultaten visas grafiskt i fig 113 och 114.

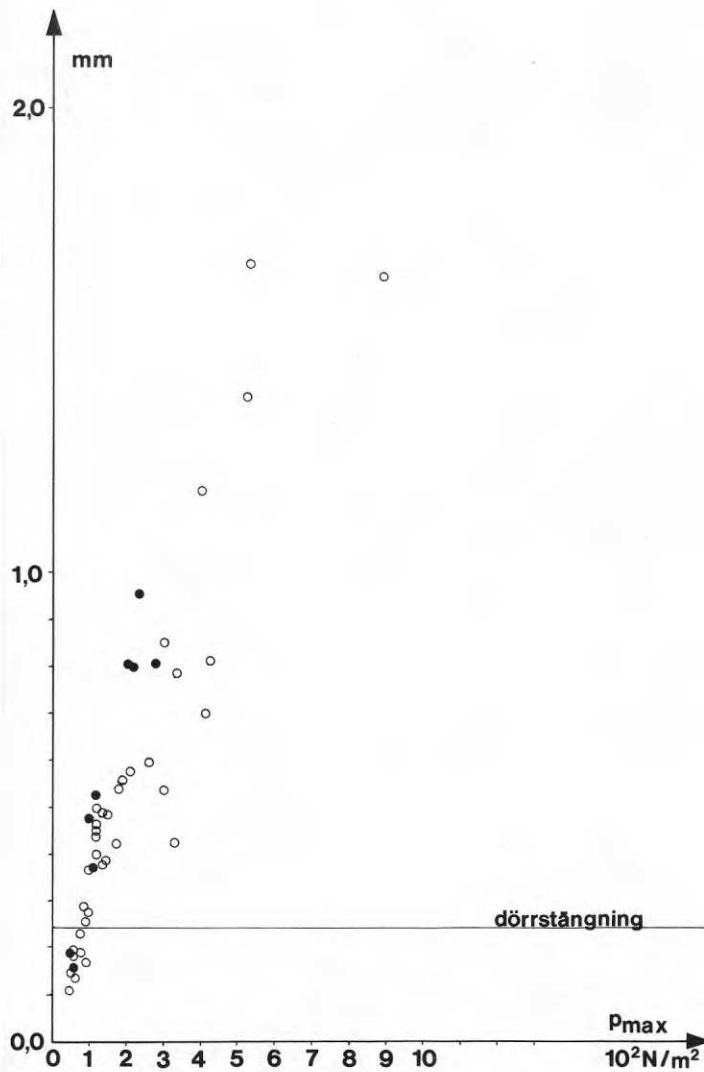


FIG. 114. Mät punkt 48. Diagram över uppmätta värden.

○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

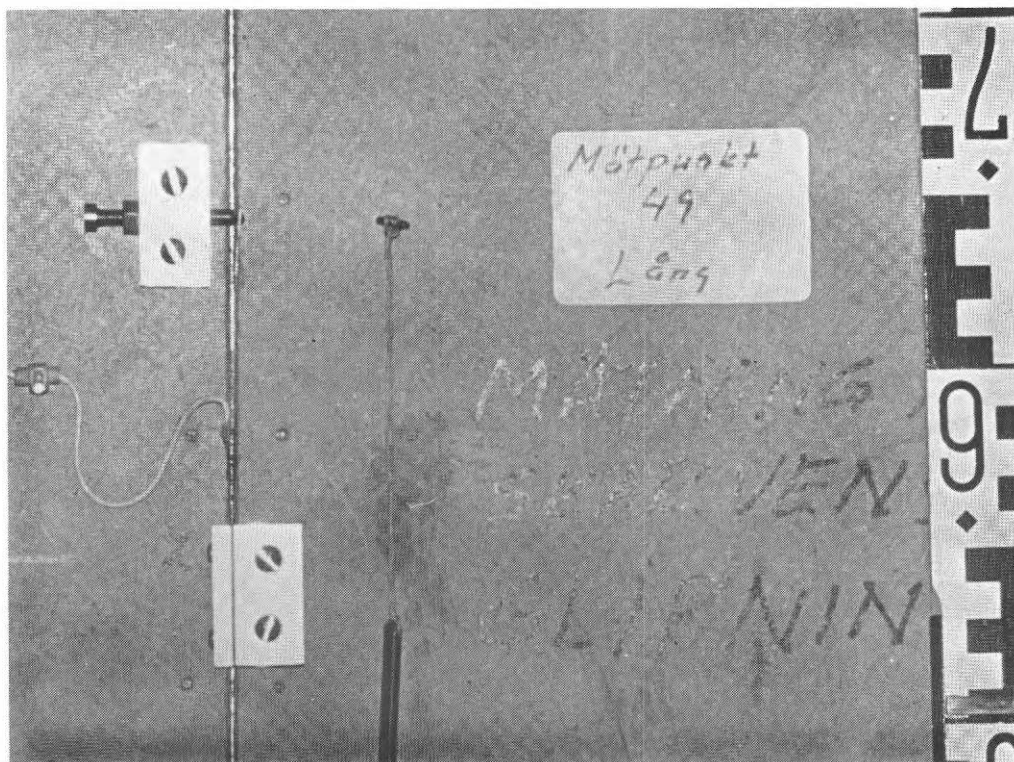


FIG. 115. Mät punkt 49, glipning i skivskarv, PH rum 2, anflygningsriktningen.



FIG. 116. Mät punkt 50 och 51, rörelse mellan två ytterväggar, PH rum 2.

Mät punkt 49 (glipning i skivskarv t h om
tavlan, rum 2)

Mätgivarens placering framgår av fig 115. Endast ett fåtal mätningar gav så stora utslag att utvärdering kunde ske. Vid flygprofil 7 uppgick glipningen maximalt till 0,087 mm.

Mät punkt 50 och 51 (rörelse mellan två ytterväggar, rum 2)

Mät punkternas läge framgår av fig 116 och fig 117

Av dessa framgår att rörelserna vid mät punkt 50 var större än vid mät punkt 51 vilket indikerar en vinkeländring i hörnet.

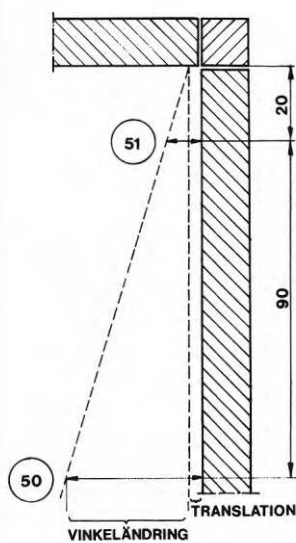


FIG. 117. Principiell placering av mätgivarna 50 och 51.

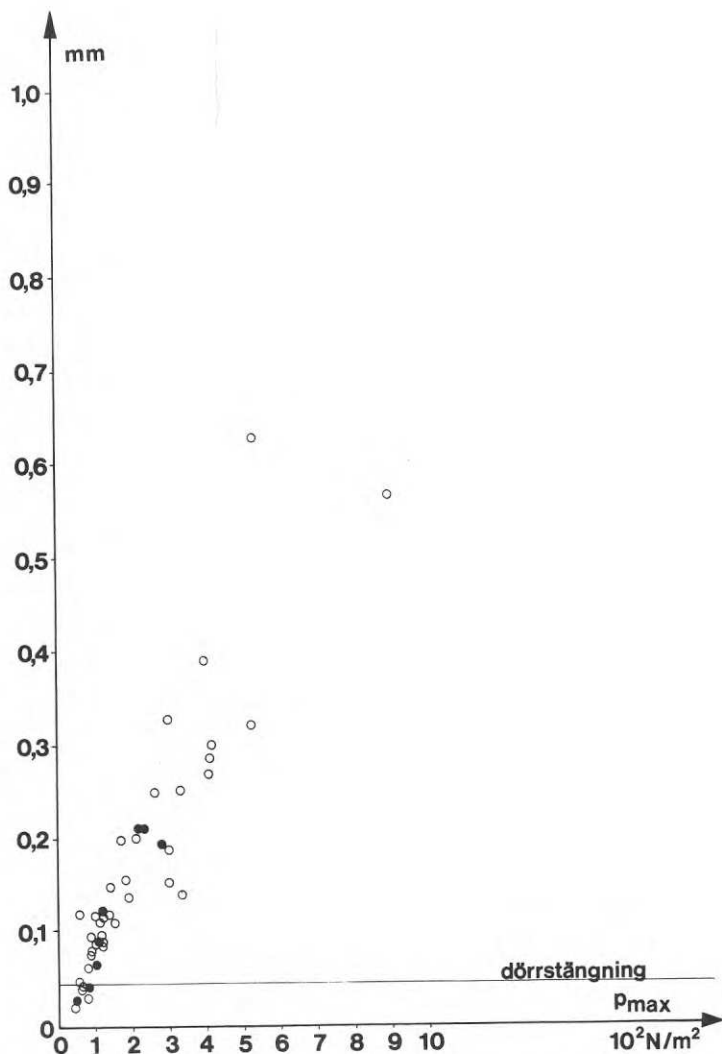


FIG. 118. Mät punkt 50. Diagram över uppmätta värden.

○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

Liksom vid mätpunkterna 41 och 42 fann vi vidare att någon parallellförflyttning av väggen inte hade skett. Eftersom upp-laget, dvs den linje kring vilken väggskivan vrider sig vid utbøjning, ligger någonstans mellan väggens ytter- och innerliv medför väggens utbøjning att en glipa uppkommer i hörnet. Glipan är något mindre än den vid mätpunkt 51 registrerade rörelsen.

Mätresultaten visas grafiskt i fig 118 och 119.

Mät punkt 52 (glipning i elementfog, gavelvägg i rum 2)

Mätgivarens placering framgår av fig 120.

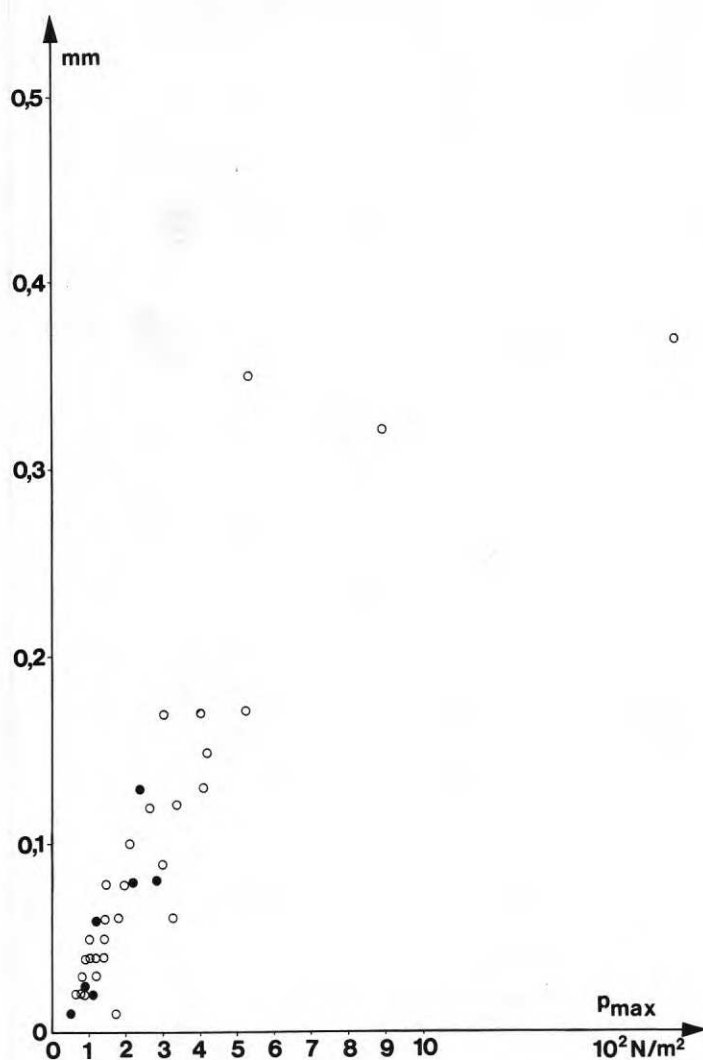


FIG. 119. Mät punkt 51. Diagram över uppmätta värden.

○ och ● symboliserar konfiguration I, II, V och VI respektive III och IV.

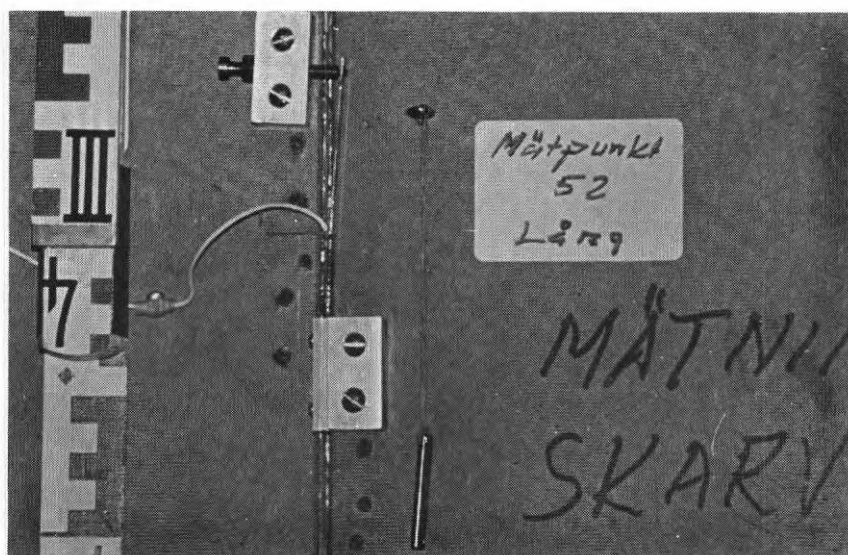


FIG. 120. Mät punkt 52, glipning i elementfog, PH rum 2.

Då utslagen, med undantag för flygprofil 7, var mycket små, är osäkerheten vid utvärderingen mycket stor. Glipningen höll sig (med undantag av flygprofil 7) under 0,065 mm. För flygprofil 1 var glipningen mindre än 1/100 mm.

11.6.4 Accelerometermätvärden

Accelerometrarnas placering framgår av fig 66 och 67. Alla mätvärden redovisas i appendix 4. Mätvärdena för varje enskild mätgivare föregås av ett försättsblad med en typisk signatur där de parametrar som utvärderats definieras.

Mätgivare på PT.

Mätpunkt 24 (provväggens acceleration
i mittpunkten)

I tabellen över mätvärdena avser positiv acceleration att väggen rör sig inåt rummet. Den största accelerationen (-4,45 g) uppmättes vid flygprofil 7 under konfiguration V (styva väggen).

Väggens egenfrekvens enligt denna mätgivare är ca 20 Hz för båda väggarna.

Mätgivare på PH.

Med positiv acceleration menas att byggnadsdelen rör sig "från" mätgivaren.

Mätpunkt 21 (vägg vid entré)

Största accelerationen (+3,20 g) erhöles vid flygprofil 7. Egenfrekvensen för väggen uppmättes med denna mätare till ca 20 Hz. Vid flygprofil 1 erhöles maximalt $\pm 0,30$ g.

Under de jämförande proven uppmättes vid dörrstängning maximalt -4,200 g, vid fönsterstängning i rum 1 $\pm 0,200$ g och vid fallande tegelsten från 0,2 m höjd på golvet i rum 2 maximalt $\pm 0,350$ g.

Mätpunkt 22 (bjälklaget över rum 2)

Största utslaget (+2,50 g) erhöills vid flygprofil 7. Vid profil 1 uppmättes maximalt $\pm 0,05$ g. Egenfrekvensen beräknades till ca 20 Hz.

Mätpunkt 23 (vägg mot norr)

Största uppmätta accelerationen (+3,25 g) erhöills vid flygprofil 7. Vid profil 1 uppmättes maximalt +0,45 g. Egenfrekvensen beräknades till ca 23 Hz.

Mätpunkt 25 (skorstenen över bjälklaget)

Största utslaget (-0,5 g) erhöills vid flygprofil 7. Vid profil 1 erhöills maximalt 0,04 g. Egenfrekvensen beräknades till 14 Hz.

Under konfiguration IV, V och VI anordnades förbindelse mellan murstocken och bjälklaget medelst tråklossar. Detta har dock inte haft någon markant inverkan på murstockens rörelser för bangbelastningen.

Mätpunkt 26 (tegelpanna)

Största accelerationen (-0,9 g) erhöills vid flygprofil 7. Nästan undantagslöst var den negativa accelerationen, dvs rörelse "uppåt" större än den positiva. Den största accelerationen vid flygprofil 1 uppmättes till -0,1 g. Egenfrekvensen beräknades till 22 Hz.

Mätpunkt 27 (vägg i anflygningsriktningen, rum 2)

Största accelerationen (-3,5 g) uppmättes vid flygprofil 6. Vid profil 1 erhöills maximalt -0,75 g. Egenfrekvensen beräknades till ca 20 Hz.

Mätpunkt 28 (golvet i rum 2)

Utslagen var så små att endast ett fåtal mätningar gick att ut-



FIG. 121. Vindsfönstret i Nilssons hus som lossnade vid flygning 7:1.



FIG. 122. Glasrutan i Nilssons hus där en gammal spricka förlängdes vid flygning 7:1.

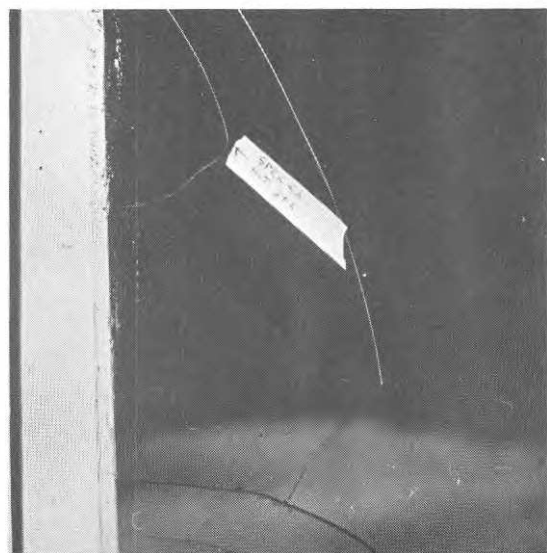


FIG. 123. Samma glasruta som på fig. 122. En ny spricka uppstod vid flygning 7:2.

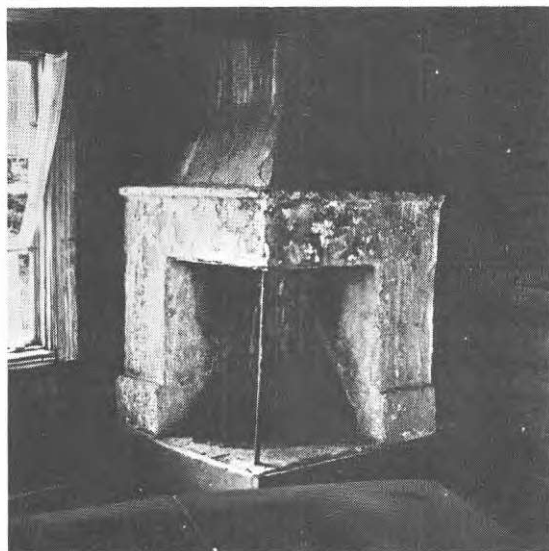


FIG. 124. Putsad murstock i ett av husen i Nausta by.

värdera. Största accelerationen (+2, 25 g) erhöles vid flygprofil 7. F ö uppmättes inga värden över 1 g.

Under de jämförande proven uppmättes för promenad på golvet maximalt -0, 767 g och för en fallande tegelsten från 0, 2 m höjd maximalt +2, 675 g.

11. 6. 5 Övriga resultat

I byn fanns ett 40-tal fönster med glas. Av dessa hade ca 30 st öskadat glas vid försökens början och av återstoden hade hälften sprickor av mindre omfattning. Övriga glas hade allvarliga skador. Alla glas, som var öskadade eller hade mindre skador besiktigades efter varje flygning.

Inga synliga skador uppstod förrän under flygning 7:1 ($p_1 = 1\ 680\ \text{N/m}^2$). Ett fönster med fast enkelglas, spikat utifrån över fönsteröppningen, lossnade i överkanten. (Fig 121). Vid samma flygning förlängdes en gammal spricka i ytterrutan till ett tvåglasfönster ca 20 cm. (Fig 122). Glasrutans mått var ca 50 x 100 cm. Under flygning 7:2 ($p_1 = 1\ 740\ \text{N/m}^2$) uppstod i samma glasruta ytterligare en spricka. (Fig 123). På övriga inspekterade glas uppstod inga synliga skador. Båda fönstren finns på den mot anflygningsriktningen vända gaveln av ett hus (Nilssons) beläget ca 100 m söder om flygstråket.

Puts förekom på några gamla murstockar och spisar. (Fig 124). Putsen var vid försökens början i dåligt skick. Några ytterligare synliga skador kunde inte påvisas vid besiktning efter försöksperiodens slut.

Gamla spåntäckta tak fanns på flera av de äldre husen. (Fig 125). Spåntaken på några av de hus, som låg närmast flygstråket (hus 3-4, 6, 14) och hade relativt stora takytor, iaktogs under överflygningarna. Inga synliga rörelser noterades.



FIG. 125. Spåntak i Nausta by.

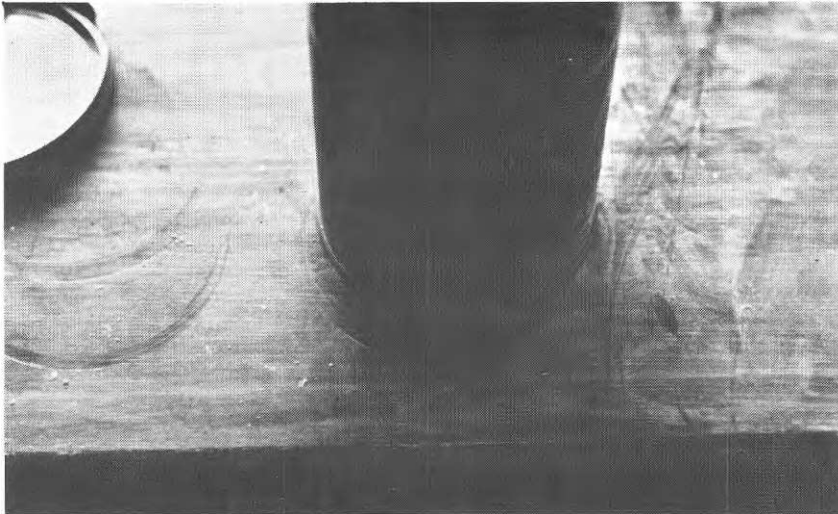


FIG. 126. Spåren i talkpudret på fönsterbrädan i PH rum 2 antydde att lätta föremål "vandrade" vid kraftiga bangar.

I hus WT studerades invändiga ytskikt under flygningarna. Målningssprickor i skivskarvar och på fönster och dörrar markerades vid försökens början. Ingen förändring av sprickorna i snickeriernas målning noterades. Målningssprickorna i de fasade skivskarvarnas botten var svåra att se och varierade från dag till dag. Besiktningar efter flygprogrammets avslutande en dag och före flygningarnas början nästa dag visade att en del sprickor, som varit synliga dagen förut hade slutit sig medan andra, som tidigare inte kunnat ses med blotta ögat, tillkommit. Vid besiktningarna efter varje flygning kunde ingen förändring hos dessa sprickor iakttas.

I PH studerades rörelser hos föremål på fönsterbänkarna, som beströts med talk. En lätt plåtburk rörde sig ca 1 mm vid flygprofil 1 och upp till ca 5 mm vid flygprofil 7. Rörelsen var i samtliga fall riktad mot fönstret. Hos tyngre föremål iaktogs inga rörelser. (Fig 126).

Mycket labilt placerade föremål (fyra tomma glasflaskor ställda på varandra) på ett bord i WT stod kvar under flygprofilerna 1 och 2 men rasade under flygprofil 3:5. Vid flygprofil 7:2 föll några pärmar och böcker, som stått på fönsterbänken i WT.

Lätta skakningar i plasttaket i PH:s rum 2 iaktogs under samtliga flygprofiler.

12 DISKUSSION

12.1 Övertryck

De vid överflygningarna uppmätta övertrycken utomhus överensstämde väl med de av FFA beräknade värdena.

Enklaste sättet att relatera mätvärdena till svenska normer för dimensionering av byggnader har vi funnit vara att jämföra dem med dimensionerande vindhastighetstryck i SBN 67.

En svårighet vid jämförelsen är att bangen är en dynamisk last och vindlasten enligt SBN 67 betraktas som en statisk last.

För beräkning av vindlasten på en byggnadsdel multipliceras hastighetstrycket med en formfaktor, som för ytterväggar varierar mellan 0,5 och 1,2 och för yttertak kan uppgå till 1,8.

En bang med ett visst övertryck kan enligt resonemanget i kap 9.1 jämföras med en statisk last multiplicerad med en förstärkningsfaktor (DAF) som kan uppgå till högst 2,50 och för denna studie sattes till 2,15. (Kap 1.3.2; 9.2).

På flyghöjden 10 000 m registrerade vi bangar av ett genomsnittligt maximalt övertryck av 66 N/m^2 (nominellt 62 N/m^2). Det största maximala övertrycket på denna höjd, 100 N/m^2 , multiplicerat med 2,15 ger 215 N/m^2 . På 5 000 m höjd, den lägsta tillåtna över hav, uppmätte vi i genomsnitt 140 N/m^2 (nominellt 135 N/m^2) och största maximala övertrycket med normal signatur 190 N/m^2 , vilket multiplicerat med 2,15 ger 410 N/m^2 .

Lägsta dimensionerande vindhastighetstrycket enligt SBN 67 är 500 N/m^2 . På ca 3 000 m höjd genererar Draken bangar med jämförbart tryck. SBN:s högsta värde, ca $1 500 \text{ N/m}^2$ (för t ex 20-våningshus i utsatt läge), motsvarar en bang med övertrycket 700 N/m^2 , eller det nominella övertrycket för Draken på lägre höjd än 1 000 m.

Detta resonemang visar att de svenska överljudsplan som för närvarande används vid flygning på tillåten höjd både över land och hav genererar bangar, som innebär en betydligt mindre påfrestning på byggnader än det lägsta dimensionerande vindhastighetstrycket.

På lägre höjder stiger övertrycket, och vid ungefär 1 000 m höjd genereras bangar motsvarande det högsta dimensionerande vindhastighetstrycket.

De uppmätta övertrycken inomhus var lägre än utomhusvärdena, men närmade sig dessa när fönster och dörrar var öppna. Den direkta belastningen på en byggnadsdel utgöres av tryckskillnaden över byggnadsdelen i fråga och blir således större om fönster och dörrar är stängda.

12.2 Utböjning

Utböjningen mättes på de två utbytbara väggarna i PT och på ytterväggar i PH.

Utböjningen var markant större för den veika väggen i PT än för den styva. Något samband mellan vertikallast och utböjning kunde inte utläsas (se diagrammet i fig 83). Av diagrammet framgår också, att inget mätvärde från fältförsöken överstiger de beräknade maximala värdena för utböjningen. Värdena kan inte direkt jämföras med svenska normer, då dessa (SBN 67) endast anger tillåtna spänningar.

För alla väggar där mittutböjningen mättes finns det ett klart samband mellan ökande övertryck och ökande utböjning.

Den styva väggen i PT och PH:s yttervägg i rum 2 hade som tidigare nämnts samma konstruktion. En jämförelse mellan dessa båda väggars utböjning vid en och samma flygning visar att utböjningen ibland var större för den ena väggen och ibland för den andra, vilket troligen har orsakats av lokala mindre variationer i övertrycket. Väggarnas olika inspänningsförhåll-

anden har också inverkat. Detta medför emellertid att osäkerheten blir stor om man försöker korrelera mätvärden erhållna för en vägg provad i PT till samma vägg placerad i ett annat hus.

Vi gjorde också en jämförelse mellan utböjningen av väggen i rum 2 (mätpunkt 53) och tryckdifferensen över väggen enligt mätpunkt 13, se fig 127. Det visade sig då att mätvärdenas spridning från en rät linje blev mindre än när utböjningen direkt jämfördes med det utvändiga trycket.

12.3 Glipning och vinkeländring

Mätvärdena för glipning och vinkeländring mellan olika byggnadsdelar och byggnadselement ger underlag för en bedömning huruvida skador på invändiga ytskikt kan uppkomma som följd av ljudbangar och har därför det för denna studies syften största intresset.

12.3.1 Sammanfattning av mätresultat

Glipning i skarvar mellan träfiberskivor på ytterväggens insida mättes i både PT och PH. Glipmätningen i PT (mätpunkt 59) gav genomgående mycket små värden. Mindre än 0,05 mm uppmättes vid alla flygningar utom två. Vid profil 7:2 uppmättes 0,15 mm. Det höga värdet för profil 5:4 torde härröra från någon tillfällig felkälla. Något klart samband mellan övertryck och glipning kan inte utskiljas. Detta kan möjligen bero på att felkällor i mätapparaturen spelar en relativt sett större roll vid små utslag hos givaren.

Den styva väggen visar en genomsnittligt mindre glipning än den vea.

Motsvarande glipmätning i PH (mätpunkt 38 och 49) gav endast i ett fåtal fall så stora utslag att utvärdering kunde ske. För övertryck under 100 N/m^2 registrerades ingen rörelse. För övertryck mellan 100 och $1\,680 \text{ N/m}^2$ registrerades maximalt

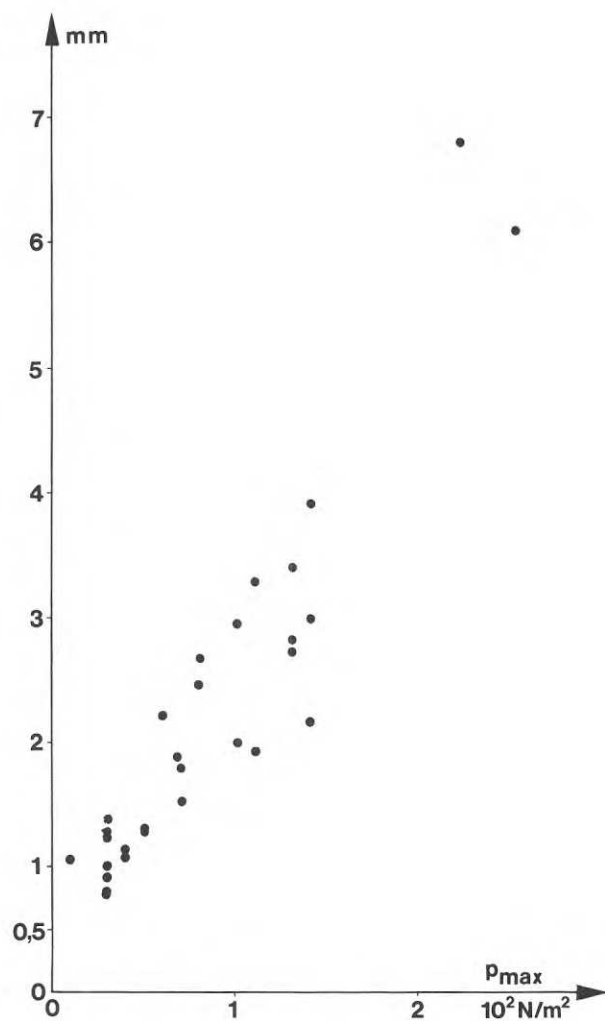


FIG. 127. Mät punkt 53. Diagram över uppmätt rörelse som funktion av tryckdifferensen över väggen.

0,007 mm. Största värdet för mätpunkt 49 var 0,087 vid flygprofil 7:1.

Glipmätningen i en fog mellan två ytterväggselement (mätpunkt 52) gav något större utslag. För övertryck upp till 400 N/m^2 var glipningen av storleksordningen 0,01 mm, upp till $1\,000 \text{ N/m}^2$ 0,07 mm. Högsta uppmätta värde var 1,9 mm för $1\,680 \text{ N/m}^2$.

Glipmätningen i fogen mellan två ytterväggselement i vinkel (mätpunkt 50 och 51) gav vid övertryck upp till 400 N/m^2 värden av storleksordningen 0,1 mm, upp till $1\,000 \text{ N/m}^2$ 0,4 mm. Högsta uppmätta värde var 2,5 mm för $1\,740 \text{ N/m}^2$.

Den uppmätta rörelsen mellan ytter- och innervägg (mätpunkt 47, 48) var i stort sett en parallellförflyttning. Vid övertryck upp till 100 N/m^2 registrerades vid mätpunkt 48 värden upp till ca 0,5 mm, upp till 400 N/m^2 ca 1 mm, upp till $1\,000 \text{ N/m}^2$ ca 1,5 mm. De relativt stora rörelserna tyder på att fogen varit bristfälligt spikad. Högsta uppmätta totala rörelse var 15 mm för $1\,680 \text{ N/m}^2$.

Uppmätta värden på glipning mellan fönsterfoder och vägg överskrider en tiondels mm vid övertryck omkring 300 N/m^2 , och det samma gäller för rörelse vid takvinkel.

För glipning mellan kakelplattor erhöles mätbara rörelser först vid övertryck över 400 N/m^2 . Vid samtliga flygprofiler var rörelserna mindre än en tiondels mm.

Mätningarna av rörelse mellan köksskåp och vägg (mätpunkt 43 och 44) visar dels ett samband mellan övertryck och rörelsens amplitud, dels en ökande rörelse i vertikalled då skåpet belastas. Största uppmätta horisontella rörelse var omkring 0,5 mm och största vertikala rörelse omkring 0,2 mm. Vid övertryck av ca 100 N/m^2 uppmättes upp till 0,1 mm rörelse.

Vid jämförande mätningar av rörelser orsakade av stängning

av en dörr, belägen på samma vägg och med ett avstånd av ca 60 cm från skåpet erhöles en horisontell rörelse av maximalt 0,47 mm.

12.3.2 Möjliga skador på invändiga ytskikt

Rörelserna i skarvarna mellan olika byggnadsdelar och byggnadselement är avgörande för uppkomsten av eventuella skador på tapet och målning.

Den undersökning, som skulle behöva göras av dessa materials egenskaper för att en säker bedömning av sambandet mellan rörelser och skador skulle bli möjlig, faller utanför denna studie. Vissa slutsatser är emellertid möjliga att dra med utgångspunkt från bedömningar och antaganden, baserade på tillgängliga materialdata, rekommendationer och praxis beträffande ytbehandlingars utförande.

Vi har tidigare antagit, att tapetsprickor på grund av ljudbangar inte uppträder om underlaget för tapeten är monterat enligt rekommendationerna i ByggAMA 1965 (kap 5.3.2). Risken för skador finns när underlaget har öppna fogar. Tapetseringens utförande är också en viktig faktor, och saknas en torremsa, som fördelar fogens rörelser, blir risken för skador vid glipning större. Ju smalare område rörelsen fördelas över, desto större är risken för sprickbildning.

Det är alltså omöjligt att ange en generell säkerhetsgräns för tapetsprickor. En jämförelse med t ex fuktbetingade rörelser hos underlagsmaterialet kan ge en viss ledning.

Fuktrörelserna hos träfiberskivor inomhus uppgår normalt till 3 mm/m från sommar till vinter. (Se kap 5.3.2). Öppna fogar i träfiberskivor brukar spikas ca 10 mm från kant. Den genom fuktvariationen uppkomna rörelsen blir då 0,06 mm sammanlagt i kanterna utanför spikraden. Spänningarna i skivans mittparti ger emellertid troligen upphov till en ökning av fogens

rörelse, särskilt efter några år då skivans rörelser påverkat infästningspunkterna under en längre tid.

Den säsongbundna rörelsen hos skivskarvar av denna typ skulle då i gynnsammaste fall vara av storleksordningen 0,1 mm. De av bangarna orsakade rörelserna i provhuset var vid samtliga flygningar mindre än en tiondels mm i plana fogar över träfiberskivor spikade mot ett kontinuerligt underlag. I fog mellan två ytterväggselement i samma plan var rörelsen mindre än en tiondels mm för övertryck upp till $1\ 000\ \text{N/m}^2$.

En tapetserad vinkel mellan två väggar har större möjlighet att uppta rörelser än en plan fog. Tapeten böjs över vinkelns inre del och har här ingen vidhäftning mot underlaget. Om tapeten är kvartscirkelformigt böjd över 5 mm på vardera väggen kan den uppta en horisontell rörelse (den ena väggen rör sig vinkelrät i förhållande till den andra) av ca 1 mm. (Fig 128).

I vinkeln mellan två ytterväggar blev rörelsen större än 1 mm för övertryck över $1\ 000\ \text{N/m}^2$ och i vinkeln mellan ytter- och innervägg för övertryck över $400\ \text{N/m}^2$.

I provhuset skulle under ovan beskrivna förutsättningar tapetsprickor kunnat förväntas i

vinkel mellan ytter- och innervägg vid övertryck över $400\ \text{N/m}^2$ över elementfogar vid övertryck över $1\ 000\ \text{N/m}^2$ och över fogar mellan träfiberskivor spikade mot kontinuerligt underlag endast vid övertryck högre än här uppmätta.

Sprickor i färgskikt kan uppkomma vid mindre rörelser än vad som krävs för att en tapet skall brista, särskilt om färgen är gammal och spröd. Detta innebär emellertid också att färgskiktet är känsligare än en tapet för tex fuktrörelser och det förefaller därför riktigt att tillämpa samma kriterier för färgsprickor som för tapetsprickor, åtminstone vid plana fogar. Färgskikt i vinkel mellan två väggar saknar den möjlighet att uppta rörelser som en tapet i vinkel har, och sprickor borde kunna uppträda vid övertryck från $100\ \text{N/m}^2$ i anslutningar

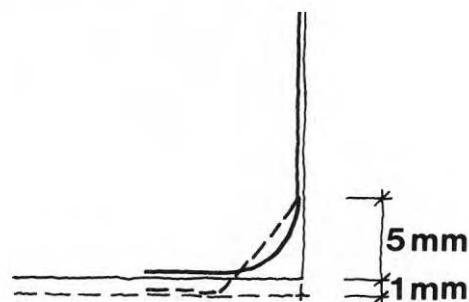


FIG. 128. Tapetserad vinkel mellan två väggar.

mellan ytter- och innervägg och från 400 N/m^2 i anslutning mellan två ytterväggar.

En förutsättning för att en obruten färgfilm skall kunna erhållas över vinkeln är emellertid att fogen är täckt med t ex en list.

Sprickor i färgskikt mellan överskåp och vägg skulle kunna uppträda vid övertryck från 100 N/m^2 , men de rörelser som orsakas av att en dörr på samma vägg stängs är av en storleksordning jämförbar med rörelser orsakade av bangar med övertryck från 500 N/m^2 .

Sprickor i fogbruk mellan kakelplattor på träunderlag skulle kunna uppstå vid övertryck över 400 N/m^2 , och sprickor i färgskikt i takvinkel vid övertryck över 300 N/m^2 .

För alla de spricktyper som här har nämnts gäller att för att sprickor skall kunna uppstå vid de små rörelser det är frågan om måste ytskiktet vara sprött. Sprickorna blir därför hårfina och mycket svåra att upptäcka med blotta ögat. Detta verifieras av iakttagelserna i hus WT, där sprickor i färgskiktet i öppna fogar mellan träfiberskivor iaktogs. Inga nya sprickor med anledning av bangarna kunde med säkerhet fastställas.

12.4 Övriga mätvärden

Mätningen av kraftförändringen på en tavelkrok på g a tavlans rörelser visade att för övertryck upp till 100 N/m^2 motsvarar rörelserna en förändring på ca 4 % av tavlans massa (7 kg). Största kraftförändringen, ca 5,0 N, uppmättes vid övertrycket 400 N/m^2 . Som jämförelse kan nämnas att då fönstret vid sidan om tavlan var öppet medförde luftdraget (det var inte anmärkningsvärt blåsigt) att kraften på kroken varierade totalt 2,6 N.

Den procentuellt sett mycket obetydliga kraftförändringen tyder på att tavlor och andra föremål upphängda på väggar kan falla till golvet vid en ljudbang endast om upphängningsanordningen är mycket bristfällig. Under sådana omständigheter kunde även

en mindre kraftförändring på upphängningsanordningen orsaka ett fall.

Möjligheten att ett föremål hoppar av upphängningsanordningen därför att väggens rörelser varit kraftiga kan finnas då mycket lätta föremål hängts upp på en vek vägg.

Av mätningarna av acceleration är i första hand värdena för skorstensstocken av intresse. Vår teori var att byggnadsstommens rörelser skulle fortplantas till skorstensstocken om denna var fast förbunden med stommen. Mätningarna visade emellertid ingen ökning av accelerationen hos skorstenen när denna var klossad (se kap 11.6.4, mätpunkt 25).

Detta styrker antagandet att ljudbangar inte kan orsaka skador på skorstenar annat än möjligen i extrema fall.

Av mätningen av tryckförändringen ovanför plasttaket kan man sluta sig till att detta rört sig mycket obetydligt. Plasttakets låga egenfrekvens (av storleksordningen 1 - 2 Hz) har begränsat bangarnas inverkan. Det kan förmodas, att skador på innertak av denna och liknande typer uppkommer snarare som en följd av att byggnadens geometri momentant förändras än genom direkt påverkan av tryckförändringen. Då den geometriska förändringen är ytterst liten kan skador uppkomma bara i mycket svaga punkter.

12.5 Slutord

Generellt kan sägas att de antaganden som låg till grund för skadebedömningen i kap 5 i stort sett verifierats av erhållna resultat. De skador, som skulle kunna utlösas av ljudbangar med nominellt övertryck upp till 100 N/m^2 , är enbart sprickor i spröd färg över fogar mellan olika byggnadsdelar. Sådana färgskikt är så känsliga, att vardagliga påfrestningar som t ex dörrstängning ger större rörelser än ljudbangar med övertryck upp till 400 N/m^2 .

Det finns alltså ingen anledning att anta att alltför få av bygg-

nadsskadorna i inventeringen bedömts vara orsakade av bangar. Snarare har proven visat att osäkerheten kan begränsas i bedömningen av skador som möjligen kunnat utlösas av bangar med övertryck upp till 400 N/m^2 . Förutom de skador, som enligt resonemang i kap 5 rekommenderats till ersättning skulle detta kunna inträffa endast med sprickor i färgskikt över skarvar mellan olika byggnadsdelar med bristfällig hopfogning. Det bör också påpekas, att de sprickor som kan utlösas i de flesta fall knappast kan betraktas som skador då de dels är i det närmaste osynliga, dels lokaliseras till platser där sprickor förväntas uppkomma. Ett riktigt utförande enligt tillgängliga rekommendationer kan i alla här diskuterade fall antingen helt förebygga sprickor eller på lämpligt sätt dölja dem som är oundvikliga.

Underlaget för bedömning av sådana skador som antas ha orsakats av ljudbangar har därmed vidgats, och målsättningen för provserien får anses vara uppnådd. Det bör emellertid understrykas att ovan relaterade slutsatser beträffande byggnadsskador är giltiga primärt endast beträffande byggnader med liknande konstruktion som försökshuset. Slutsatserna torde dock kunna ge ledning även vid skadebedömningar för andra huskonstruktioner.

Ytterligare bearbetning av mätresultaten skulle kunna vidga kännedomen om t ex inverkan av trycksignaturens utseende på rörelsernas storlek. Jämförelser av rörelser vid bangar med samma övertryck men genererade vid olika tidpunkter under provserien kunde visa om rörelserna blivit relativt sett större mot provseriens slut, vilket skulle tyda på att de upprepade rörelserna påverkat fästpunkterna och gett en kumulativ effekt. Sådana bearbetningar faller emellertid utanför ramen för denna studie.

Arbetet med dessa försök har aktualiserat frågor som varit av sådan omfattning att de inte kunnat lösas inom ramen för projektet. Några förtjänar dock att avslutningsvis nämnas såsom objekt för eventuellt fortsatta studier.

Under proven i Vidsel utfördes förutom överljudsflygningarna även 15 flygningar i hög underljuds fart på höjder ner till 30 m. Mätresultaten från dessa flygningar tycks vid en preliminär granskning tyda på att stora rörelser alstrades i försökshuset.

Beträffande skadeinventeringen i Småland framgick av vittnesberättelserna i några fall att det buller man uppfattat såsom en bang och satt i samband med byggnadsskador i själva verket härrörde från flygplan i hög underljuds fart på låg höjd.

Problem beträffande lågflygningar torde också kunna uppstå kring flygfält (både militära och civila). Problemens omfattning är såvitt känt ej utredd i Sverige.

Gällande rekommendationer och normer för konstruktion av vissa byggnadsdelar framstod som otillräckliga vid bedömningen av skadorna vid inventeringen i Småland.

SBN anger t ex tillåtna påkänningar för konstruktionsvirke. Det är uppenbart, att en vägg som konstruerats på gränsen för det tillåtna medger så stora utböjningar att sprickor i ytskikt exempelvis i anslutningen mellan ytter- och innervägg är oundvikliga vid normalt bruk av byggnaden. Enkla beräkningsmetoder för sammansatta konstruktioner som t ex träregelväggar skulle behöva utarbetas i anslutning till en eventuell komplettering av gällande normer för byggnadsdelars styvhet m m.

Rekommendationer beträffande utförande av ytbehandlingar med hänsyn till underlagets beskaffenhet är också otillräckliga. Oundvikliga sprickor i tapet och färgskikt kan i många fall förebyggas genom att man lämnar underliggande fogar öppna även i ytbehandlingen eller döljas med lämpligt anbringade lister.

En utredning av dessa problem skulle kunna leda till bättre huskonstruktioner och lägre underhållskostnader.

REFERENSER

Andrews Associates, Structural response to sonic booms. Final report. FAA SST 65-1. AD 610 822 (1965).

BABS 1960, Anvisningar till Byggnadsstadgan. Kungliga Byggnadsstyrelsens publikationer 1960:1. Stockholm 1960.

BABS 1967, Svensk Byggnorm 67. Föreskrifter, råd och anvisningar för byggnadsväsendet utfärdade med stöd av 76 § byggnadsstadgan. Statens planverk. Publikation nr 1. Stockholm 1967.

Bell, W.B., "Animal response to sonic booms". Paper presented at the symposium on Sonic Boom, Annual Meeting at the Acoustical Society of America, Houston, Texas, November 3-6, 1970. J. Acoust. Soc. Amer. (to be published).

Blume, J.A. and Associates, Report on the National Sonic Boom study - Structural reaction program. FAA Rep SST-65-15. Vol 1 and 2 (1965).

Blume, J.A., Sharpe, R.L., Kost, G., Proulx, J., "Response of Structures to Sonic Booms Produced by XB-70, B-58 and F-104 Aircraft. Based on Sonic Boom Experiments at Edwards Air Force Base. AD 662 003. NSBEO -2-67. 1967.

Bond, J., "Effects of Noise on the Physiology and Behaviour of Farm-Raised Animals". Paper presented at the Symposium on Extra-Auditory Effects of Audible Sound, Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science (Dec 29, 1969).

Borsky, P.N., Community reactions to sonic booms in the Oklahoma City area. AMRL - TR - 65 - 37, AD 613 620 (Wright-Patterson AFB) 1965.

de Brisson, L. C., "Opinion study on the sonic bang". Centre d'études et instruction psychologiques de l'armée de l'air. Study no 22 AD 483 066 (Royal Aircraft Establishment Library, Trans. No 1159).

Bygg, Handbok för hus-, väg- och vattenbyggnad. AB Byggmästarens förlag. Tredje upplagan. Stockholm 1959-1971.

ByggAMA 1965. Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten jämte upphandlingsföreskrifter. AB ByggAMA, Stockholm 1965.

Byggträ, Handbok i träbyggnadsteknik. Träinformation AB, AB Byggmästarens Förlag. Stockholm 1970.

Casady, R. B. and Lehman, Response of farm animals to sonic booms. Studies at Edwards Air Force Base, June 6-20 1966. Interim Report. NSBEO Contract AF 49 (638)-1758. Stanford Research Institute 1967.

Clark, Buhr and Nexsen, Report of Architect and Engineering Services for Studies of Sonic Boom Induced Damage. Final Report: Structural Response to Sonic Booms. AD 610 823. SST 65-1. Appendix A1.

Crawford, R., Cathedral Vibration and the Sonic Bang. Consultation Report No 1258 Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton. August 1969.

Crocker, M. J., Hudson, R. R., "Structural Response to Sonic Booms". Journal of Sound and Vibration, Nr 9, 1969.

Duvall, W. I., and Fogelson, D. E., "Review of Criteria for Estimating Damage to Residences from Blasting Vibrations". United States Bureau of Mines, RI 5968, 1962.

Dührkop, H., Saretok, V., Sneck, T., Svendsen, S. D., Bruk - murning - putsning. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1966.

Ericsson, A., Läggnings och sättning av keramiska plattor - en sammanställning av nyare undersökningar. Bygghälsningen. Rapport 105. Stockholm 1964.

Espmark, Y., "Behaviour Reactions of Reindeer Exposed to Sonic Booms". Deer, 1972. (To be published).

Fastighetsnomenklatur och begreppsbestämningar för fastigheter i städer och stadsliknande samhällen. Institutet för värdering av fastigheter i Stockholm, Publikation nr 5. Tredje upplagan, Stockholm 1967.

Freynek Jr, H.S., The non linear response of windows to random noise. NASA TN D.2025 (1963).

Goforth, T.T. and McDonald, J.A., Seismic Effects of sonic booms. Geotech. Rep. TR 67-77. (1967).

Glass Age No 3, 1964 "Tests on strength of glass: USA".

Grubb, C.A., van Zandt, J.E., Bockholt, J.L., Report on Data Retrieval and Analysis of USAF Sonic Boom Claims Files. Contract AF 49 (638)-1696. Stanford Research Institute, Menlo Park, Calif. Technical Report 4, Sept 1967. SRI Project No ETU - 5897.

Heineman, J.M., LeBrocq, E.F., Effects of Sonic Boom on the hatchability of Chicken Eggs. Rehl (K) Project no 65-2 Febr 1965

International Civil Aviation Organisation, Sonic Boom Panel Memorandum No 6. Montreal 1969.

Kao, G.C., An experimental study to determine the effects of repetitive sonic booms on glass breakage. FAA-NO-70-13. 1970.

Kiessling, W., Wilhelmsen, A.M., Immissionsbetingade byggnadsskador. Forskningsprogram. Anslag C504. Slutrapport till Statens råd för byggnadsforskning. Chalmers tekniska högskola. Institutionen för husbyggnad. Göteborg 1969.

Kiessling, W., Wilhelmsen, A.M., Projektplan för bangprov vid RFN 1970. Institutionen för husbyggnad, Chalmers tekniska högskola. Göteborg 1970.

Kolm, L., Entreprenadmaskiner vid småhusbyggen och deras inverkan på jordtrycket vid murade och elementbyggda källarväggar. Examensarbete i ämnet "Läran om transportanordningar", KTH. Stockholm 1969. Sammandrag publ. Byggnadsindustrin 71, nr 21 och 22.

Lilley, G.M., Report in five parts on the Sonic Boom Prepared for the OECD Conference on Sonic Boom Research. Part 1. The generation and propagation of shock waves leading to the sonic boom. Part 2. Variations in the sonic boom pressure signature due to atmospheric conditions and ground reflections. Part 3. Response of structures to the sonic boom. Part 5. Sonic boom research. Aug. 1969.

Murgatroyd, J.B., "The Significance of Surface Marks on Fractured Glass". Journal of the Society of Glass Technology, 1942, 26.

NASA SP - 147 Sonic Boom Research. A Conference held at the National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. April 12, 1967.

NASA SP - 180 Second Conference on Sonic Boom Research. Held at the National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. May 9-10, 1968.

Nixon, C.W., and Borsky, P.N., Effects of sonic boom on people; St Louis, Mo. 1961-62. J. Acoust. Soc. Amer. 39:51-58, 1966.

Nixon, C.W., and Hubbard, H.H., "Results of USAF-NASA-FAA Flight Program to Study Community Responses to Sonic Booms in the Greater St Louis Area." NASA TN D - 2705, May 1965.

- Nordström, E., Rökkanaler - synpunkter på krav, risker och några aktuella problem. Svenska Skorstensfejaren No 1-2, 1963.
- PPG Industries, Glass Product Recommendations. Structural Technical Service Report No 101.
- PPG Industries, Installation Recommendations. Tinted Glass. Technical Service Report No 104 B.
- Parrot, T. L., Experimental Studies of Glass Breakage due to Sonic Booms. Sound - its uses and control 1, 3. 1963.
- Persson, R., Planglas. Teknisk databok. Stockholm 1965.
- Pilkington Brothers Limited, "The fracture of glass by solar radiation". Glass and Windows Bulletin No 4. St Helens, England 1964.
- Pilkington Brothers Limited, "The fracture of glass by mechanical loads". Glass and Windows Bulletin No 5. St Helens, England 1965.
- Preston, F.W., Journal of the Society of Glass Technology, 1926, 10, 234.
- Ramsay, W.A., Damage to Ottawa Air Terminal Building produced by a Sonic Boom. Materials Research and Standard. Vol 4, No 11, November 1964.
- Rice, C.G., Lilley, G.M., Report in Five Parts On the Sonic Boom Prepared for the OECD Conference on Sonic Boom Research. Part 4 Effect on Humans (and animals) to the Sonic Boom. August 1969.
- Rylander, R., editor, Sonic Boom Exposure Effects. Report from a Workshop. Journal of Sound and Vibration (1972) 20 (4).

Robertson, W.B., "Mass Hatching failure of Dry Tortugas Sooty Terns". Paper presented at the 15th International Ornithological Congress, The Hague, Holland, Aug 30 - Sept 5, 1970.

Rylander, R., Kajland, A., Sörensen, S., Medicinsk - hygienisk värdering av ljudbangar. Statens Institut för Folkhälsan, Omgivningshygieniska avdelningen. Stockholm febr 1970.

Rylander, R., Sörensen, S., Berglund, K., Brodin, C., Experiments on Sonic Boom Exposure Effects on Humans. Presented at American Acoustical Society Second Sonic Boom Symposium, Houston, Texas, USA Nov 3, 1970. Statens Institut för Folkhälsan, Omgivningshygieniska avdelningen. Stockholm 1970.

Rylander, R., Sörensen, S., Berglund, K., Sonic boom effects on sleep - a field experiment on military and civilian population. To be published, 1972.

Sawyers, K., Calculated Underwater Pressure Levels from Sonic Booms. Stanford Research Institute Contract AF 49 (638) - 1696 (1967).

Stanworth, J.E., "Physical Properties of Glass". Oxford, 1950.

Svensk Byggekatalog 1971, ER-översikt Rj 1, Stockholm 1971.

Travis, H.F., Richardson, G.V., Menear, J.R., Bond, J., "The effects of Simulated Sonic Booms on Behaviour of Farm - Raised Mink". ARS 44-200. June, 1968.

Uppsala-Ekeby, Kakel på trästomme. Teknisk information nr 3, 1962.

Vallee, J., Rapport d'Etude N^o 272, Operation Jericho Focalisation. Mesure de l'intensité des Bangs soniques engendrés par un avion volant en palier accéléré supersonique. Centre d'essais en vol annexe d'Istres. Octobre 1967.

Vallee, J., Rapport d'Etude N° 277. Operation Jericho Virage. Etude Experimentale des Focalisations de Bangs Soniques Engendres par le Vol Supersonique en Accelération Rectaligne ou en Virage d'un Avion "Mirage" IV a l'Altitude de 11 000 m. Centre d'essais en vol annexe d'Istres. Mai 1969.

Victorin, G., Fuktmätningar i trähus. Rapport från Bygghorsknigen, 44/66. Stockholm 1966.

Wiggins Jr, J.H., The effects of sonic boom on structural behaviour. A supplementary analysis report. FAA SST Rep 65-18 (1965).

Wiggins Jr, J.H., Effect of sonic boom on structural behaviour. Materials Research and Standards, Vol 7, No 6, June 1967.

Wiggins Jr, J.H., Effects of Sonic Boom. J.H. Wiggins Company, Palos Verdes Estates, California. 1969.

Young, R.W., Penetration of sonic booms into the ocean. (presented May 1968 to Acoustical Soc. of America (1968).

Appendix 1
Byggnadsskador

Appendix 2
Övertryck

Mätpunkt 5

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	Anm.
1:1	0,4	0,3	12	
1:2				
1:3	0,2	0,2	12	
1:4	0,5	0,6	14	
1:5	0,7	0,7	13	Obs. signaturen
1:6	0,2	0,0	--	
1:7	0,3	0,2	12	
2:1	0,4	0,3	10	
2:2	0,2	0,2	11	
2:3	0,4	0,4	11	
2:4	0,7	0,6	12	Obs. signaturen
2:5	0,8	1,0	11	- " -
2:6	0,3	0,3	10	
2:7	0,3	0,3	10	
3:1	0,3	0,1	14	
3:2	0,3	0,2	14	
3:3	0,5	0,5	10	
3:4	1,1	1,0	11	Obs. signaturen
3:5	1,2	1,4	11	- " -
3:6	0,6	0,6	10	
3:7	0,4	0,3	10	
3:8	0,3	0,2	10	
3:9	0,4	0,3	10	
3:10	0,4	0,1	10	
3:11	0,3	0,3	10	
3:12	0,3	0,2	10	
3:13	0,3	0,3	10	
3:14	0,3	0,2	10	
3:15	0,3	0,2	10	

Mätpunkt 5

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	Anm.
4:1	0,5	0,4	13	
4:2	0,7	0,5	10	
4:3	0,8	0,7	10	
4:4	1,8	1,7	9	Obs. signaturen
4:5	1,6	1,9	10	- " -
4:6	0,8	0,7	9	
4:7	0,6	0,5	9	
5:1	1,0	1,0	9	
5:2	0,9	0,9	9	
5:3	1,0	0,7	9	
5:4	2,1	1,9	10	Obs. signaturen
5:5	2,4	2,6	10	- " -
5:6	1,0	0,9	10	
5:7	1,0	0,8	9	
6:1	1,6	1,3	9	
6:2	1,3	1,0	10	
6:3	1,6	1,4	9	
7:1	3,7	4,3	7	Speciell signatur
7:2	3,8	4,1	7	- " -
8:1-14:1				Ej mätbart
15:1	0,2	0,2	--	Speciell signatur
16:1	1,0	1,6	--	- " -
17:1	0,3	0,1	--	- " -
18:1	0,9	1,1	--	- " -
19:1	1,9	4,1	--	- " -
20:1	0,2	0,1	--	- " -
20:2	0,2	0,1	--	- " -
21:1				Ej mätbart

Mätpunkt 9

PROFIL	P1 [mb]	P2 [mb]	Anm.
1:1 - 4:7			Ej mätbart
5:1	0,4	0,4	
5:2 - 5:3			Ej mätbart
5:4	0,4	0,4	
5:5	0,4	0,4	
5:6 - 5:7			Ej mätbart
6:1	0,4	0,4	
6:2	0,4	0,4	
6:3	0,6	0,2	
7:1	3,2	4,0	
7:2	2,0	6,0	
8:1 - 15:1			Ej mätbart
16:1	0,4	0,7	
17:1			Ej mätbart
18:1	0,4	0,6	
19:1	1,4	9,6 ^x	^x Spik
20:1 - 21:1			Ej mätbart

Mätpunkt 12

PROFIL	p max [mb]	Anm.
1:1 - 5:4	*	Ej mätbart
5:5	0,7	
5:6 - 5:7		Ej mätbart
6:1	0,8	
6:2	0,8	
6:3	0,8	
7:1	6,8	
7:2	6,2	
8:1-15:1		Ej mätbart
16:1	1,0	
17:1	0,6	
18:1	1,0	
19:1	3,9	
20:1-21:1		Ej mätbart

Mätpunkt 13

PROFIL	p' min	p max	p'' min	t ₁	t ₂	t ₃	Anm.
	[mb]			[10 ⁻² -sek]			
1:1 - 1:7							Inget mätbart utslag
2:1	0,2	0,2	0,2	2	8	3	
2:2	0,1	0,2	0,0	2	8	3	
2:3							
2:4	0,2	0,1	0,1	2	8	3	
2:5	0,2	0,3	0,2	2	8	3	
2:6	0,2	0,2	0,1	2	8	3	
2:7	0,2	0,3	0,2	2	7	2	
3:1	0,1	0,2	--	1	7	-	
3:2	0,2	0,1	0,1	2	8	2	
3:3							
3:4	0,2	0,1	0,2	2	7	4	
3:5	0,3	0,2	0,3	2	7	3	
3:6	0,4	0,2	0,5	3	7	3	
3:7	0,3	0,2	0,1	3	7	2	
3:8							Ej mätbart
3:9							"
3:10	0,1	0,2	0,2	1	6	3	
3:11	0,2	0,1	0,3	0	6	4	+ rassel
3:12	0,1	0,0	0,1	1	7	2	+ rassel
3:13	0,2	0,1	0,4	0	7	5	+ rassel
3:14							Ej mätbart
3:15							Ej mätbart
4:1	0,4	0,3	0,7 ^x	1	7	7	^x Spik
4:2	0,4	0,3	0,2	2	7	3	
4:3	0,4	0,4	0,3	1	8	2	
4:4	0,6	0,4	0,4	2	6	5	
4:5	0,4	0,4	0,5	2	5	5	
4:6	0,6	0,4	0,1	2	7	4	

Mätpunkt 13

PROFIL	p' min	p max	p'' min	t ₁	t ₂	t ₃	Anm.
	[mb]			[10 ⁻² -sek]			
4:7	0,5	0,4	0,3	2	6	2	
5:1	0,8	0,6	0,8	1	8	3	
5:2	0,9	0,4	0,6	1	6	2	
5:3	0,7	0,6	--	1	9	0	+ rassel
5:4	0,7	0,4	0,6	1	6	5	
5:5	0,8	0,8	0,9	1	7	2	+ rassel
5:6	0,7	0,7	0,7	1	7	2	
5:7	0,8	0,5	0,5	1	7	3	
6:1	1,3	1,2	1,0	2	6	2	+ rassel
6:2	1,3	1,2	1,0	2	5	2	
6:3	1,2	1,0	0,9	1	7	3	
7:1	5,6	3,0	2,5	1	4	6	RASSEL
7:2	2,5	3,0	3,8	1	7	8	"
8:1							Ej mätbart
9:1							"
10:1							"
11:1							"
12:1							"
13:1							Rassel
14:1							Ej mätbart
15:1							Rassel
16:1osv							Annan signatur

Mätpunkt 13

PROFIL	p'	p''	p'''	t ₁	t ₂	t ₃	Anm.
	[mb]			[10 ⁻² -sek]			
16:1	0,7	1,0	1,3	4	3	4	Obs. signaturen
17:1							Rassel
18:1	0,8	0,7	1,1	3	5	3	+ rassel
19:1							speciell signatur pmax = 1,6 p min = 5,0
20:1							Ej mätbart
20:2							"
21:1							Rassel

Mätpunkt 14

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	Anm.
1:1	0,4	0,2	11	
1:2	0,2	0,1	11	
1:3	0,2	0,2	11	
1:4	0,2	0,2	11	
1:5	0,2	0,1	11	
1:6				Ej mätbart
1:7	0,2	0,1	11	
2:1	0,3	0,3	10	
2:2	0,2	0,2	10	
2:3	0,4	0,3	10	
2:4	0,3	0,2	10	
2:5	0,3	0,2	10	
2:6	0,2	0,3	10	
2:7	0,3	0,3	10	
3:1	0,3	0,3	9	
3:2	0,2	0,2	9	
3:3	0,6	0,4	10	
3:4	0,5	0,3	10	
3:5	0,4	0,3	10	
3:6	0,5	0,4	10	
3:7	0,3	0,3	10	
3:8	0,3	0,2	10	
3:9	0,4	0,3	10	
3:10	0,4	0,4	9	
3:11	0,4	0,3	10	
3:12	0,4	0,2	10	
3:13	0,4	0,3	9	
3:14	0,3	0,3	10	
3:15	0,4	0,4	9	

Mätpunkt 14

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	Anm.
4:1	0,6	0,3	10	
4:2	0,6	0,4	10	
4:3	0,8	0,6	10	
4:4	0,8	0,5	9	
4:5	0,6	0,5	9	
4:6	0,7	0,5	9	
4:7	0,6	0,4	9	
5:1	1,0	0,7	9	
5:2	1,1	0,7	9	
5:3	0,9	0,5	9	
5:4	0,9	0,5	10	
5:5	1,1	0,7	9	
5:6	0,9	0,7	9	
5:7	1,0	0,6	9	
6:1	1,5	0,9	9	
6:2	1,3	0,7	8	
6:3	1,6	1,0	9	
7:1	6,5	5,2	-	Obs. signaturen
7:2	6,5	4,6	-	"
8:1-14:1				Ej mätbart
15:1	0,1	0,1	-	Speciell signatur
16:1	0,6	0,8	-	"
17:1	0,1	0,0	-	"
18:1	0,5	0,5	-	"
19:1	1,3	2,3	-	"
20:1	0,1	0,0	-	"
20:2	0,1	0,0	-	"
21:1	0,2	0,1	-	"

Mätpunkt 15

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	N-våg	Anm.
1:1	1,0	0,8	12	N	
1:2	0,6	0,5	12	N	
1:3	0,6	0,5	12	N	
1:4	0,5	0,5	12	R	
1:5	0,6	0,5	12	N	
1:6	0,4	0,3	14	(N)	
1:7	0,9	0,7	12	N	Två bangar
2:1	0,9	0,8	10	N	
2:2	0,6	0,5	9	R	
2:3	1,0	0,9	10	N	
2:4	0,8	0,7	9	N	
2:5	1,0	0,8	10	N	
2:6	1,2	0,8	10	P	
2:7	1,2	0,9	10	P	
3:1	0,9	0,8	-	Rassel	
3:2	0,8	0,7	9	N	
3:3	1,4	1,4	10	N	
3:4	1,1	1,2	9	N	
3:5	1,2	1,2	10	N	
3:6	3,0	1,5	10	P	
3:7	1,4	1,0	10	P	
3:8	1,2	1,1	10	N	
3:9	1,2	1,1	10	N	
3:10	1,4	1,3	10	N	
3:11	1,8	1,3	10	N	
3:12	1,2	1,1	9	N	
3:13	1,9	1,2	10	N	
3:14	1,2	1,1	10	N	
3:15	1,5	1,1	9	P	

Mätpunkt 15

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	N-våg	Anm.
4:1	3,3	1,5	8	P	
4:2	1,7	1,7	9	N	
4:3	2,6	2,0	9	P	
4:4	2,2	2,2	9	N	
4:5	2,8	1,8	9	P	
4:6	3,3	2,2	9	P	
4:7	2,1	1,9	9	N	
5:1	3,0	2,3	10	P	
5:2	4,2	2,7	9	P	
5:3	4,1	2,4	9	P	
5:4	2,3	1,9	9	N	
5:5	4,1	3,2	9	P	
5:6	4,0	3,0	9	P	
5:7	5,2	3,0	9	P	
6:1	5,3	4,5	8	P ?	
6:2	4,9	4,1	8	P ?	
6:3	8,9	4,9	8	P	
7:1	16,8	16,6	6	N	
7:2	17,4	15,8	6	N	
8:1					Buller
9:1					Buller
10:1					Buller
11:1					Buller
12:1	Σ 1,2 max				Buller
13:1	Σ 2,1 max				Buller
14:1					Buller
15:1	Σ 2,0 max				Buller
16:1	0,9	2,1			Rassel + buller (Σ 3,5 max)
17:1	Σ 1,5 max				Buller

Mätpunkt 15

PROFIL	p max [mb]	p min [mb]	T (10 ⁻² sek)	N-våg	Anm.
18:1	0,9	1,5			Rassel + buller (Σ 2,5 max)
19:1	2,1	4,6			Rassel + buller (Σ 5,8 max)
20:1	0,5	0,1	13	P	Två bangar
20:2	0,8	0,3	13	P	
21:1	Σ 3,5 max				Buller

Appendix 3

Vinkeländring, glipning etc

MÄTPUNKT: 38 PH Rum 1. Glipning t. v. om fönster

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0	0	0.000	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	-	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	-	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	-	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	-	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	-	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	-	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	-	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	-	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	-	-	-	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0	0	0.000	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	-	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	-	-	-	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	-	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	-	-	-	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	-	-	-	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	-	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	-	-	-	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	-	-	-	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	-	-	-	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	-	-	-	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	-	-	-	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	-	-	-	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	-	-	-	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	-	-	-	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	-	-	-	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	-	-	-	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	-	-	-	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	-	-	-	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	-	-	-	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	-	-	-	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	-	-	-	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.003	0.000	0.003	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	-	-	-	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	-	-	-	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	-	-	-	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	0.003	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0	0	0.000	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	0.031	0.043	0.074	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 39 PH Rum 1. Glipning t. h. om fönster

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	-	-	0.029	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	-	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	-	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	-	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	0.014	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	0.013	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	0.020	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.013	0.007	0.020	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	-	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.018	0.014	0.032	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0	0	0.000	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	-	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.021	0.014	0.035	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.010	0.014	0.024	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.017	0.021	0.038	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.027	0.024	0.051	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	-	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.007	0.003	0.010	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.010	0.010	0.020	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.010	0.010	0.020	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.014	0.014	0.028	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.010	0.007	0.017	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.007	0.010	0.017	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	-	-	0.017	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.014	0.010	0.024	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.021	0.017	0.038	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.031	0.041	0.072	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.038	0.052	0.090	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.037	0.044	0.081	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.031	0.035	0.066	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.028	0.028	0.056	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.063	0.049	0.112	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.041	0.031	0.072	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.047	0.044	0.091	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.091	0.088	0.179	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.041	0.048	0.089	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.055	0.045	0.100	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.103	0.107	0.210	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0.088	0.081	0.169	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	1.017	0.908	1.925	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 40 PH Rum 1. Glipning under fönster

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.037	0.016	0.053	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	-	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.024	0.008	0.032	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	0.020	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.024	0.016	0.040	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	0.016	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.039	0.012	0.051	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.039	0.008	0.047	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.048	0.024	0.072	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.048	0.032	0.080	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.060	0.024	0.084	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0	0	0.000	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	-	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.047	0.016	0.063	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.039	0.016	0.055	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.056	0.044	0.100	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.088	0.056	0.144	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.048	0.028	0.076	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.032	0.020	0.052	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.035	0.028	0.063	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.036	0.032	0.068	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.047	0.043	0.090	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.032	0.032	0.064	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.039	0.028	0.067	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.032	0.028	0.060	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.012	0.000	0.012	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.020	0.000	0.020	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.067	0.036	0.103	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.082	0.043	0.125	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.095	0.068	0.163	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.099	0.064	0.163	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.080	0.048	0.128	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.100	0.020	0.120	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.095	0.016	0.111	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.102	0.035	0.137	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.231	0.103	0.334	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.125	0.072	0.197	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.132	0.084	0.216	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.274	0.119	0.393	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0.233	0.111	0.334	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.259	0.115	0.374	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	0.012	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	0.020	

MÄTPUNKT: 41 PH Rum 1. Rörelse vid tak

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.097	0.072	0.169	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	-	-	0.058	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	0.070	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.049	0.049	0.098	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.040	0.040	0.080	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	0.049	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.050	0.050	0.100	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.077	0.039	0.116	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.048	0.039	0.087	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.099	0.039	0.138	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.068	0.058	0.126	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.060	0.101	0.161	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.070	0.060	0.130	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.081	0.050	0.131	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	-	-	0.145	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.069	0.030	0.099	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.097	0.058	0.155	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.099	0.089	0.188	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.099	0.129	0.228	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.120	0.101	0.221	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.079	0.059	0.138	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.089	0.049	0.138	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.079	0.059	0.138	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.089	0.059	0.148	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.089	0.059	0.148	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.079	0.059	0.138	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.077	0.058	0.135	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.089	0.069	0.158	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.070	0.070	0.140	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.118	0.089	0.207	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.138	0.118	0.256	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.164	0.135	0.299	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.151	0.181	0.322	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.089	0.118	0.207	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.087	0.097	0.184	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.171	0.161	0.332	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.145	0.145	0.290	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.187	0.187	0.374	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.276	0.266	0.542	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.128	0.158	0.286	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.138	0.158	0.296	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.242	0.282	0.524	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0.184	0.222	0.406	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.203	0.296	0.499	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	0.039	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	0.049	

MÄTPUNKT: 42 PH Rum 1. Rörelse vid tak

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	-	-	0.056	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.032	0.000	0.032	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	0.024	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	0.016	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	-	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.024	0.000	0.024	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	0.031	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	0.047	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	0.033	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.025	0.016	0.041	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0	0	0.000	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	-	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.032	0.000	0.032	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	0.047	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.040	0.047	0.087	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.047	0.032	0.079	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.024	0.016	0.040	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.040	0.024	0.064	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.040	0.024	0.064	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.040	0.024	0.064	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.047	0.024	0.071	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.040	0.016	0.056	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.040	0.024	0.064	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.040	0.024	0.064	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	-	-	-	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.055	0.000	0.055	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.047	0.040	0.087	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.063	0.047	0.110	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.063	0.055	0.118	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.040	0.032	0.072	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.032	0.032	0.064	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.063	0.040	0.103	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.047	0.047	0.094	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.095	0.055	0.150	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.129	0.088	0.217	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.048	0.056	0.104	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.048	0.048	0.096	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.096	0.104	0.200	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0.072	0.088	0.160	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.087	0.103	0.190	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 43 PH Rum 1. Rörelse t. v. om skåp

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.031	0.026	0.057	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	0.024	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.014	0.024	0.038	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.010	0.000	0.010	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.020	0.015	0.035	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	-	-	0.051	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	0.036	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.029	0.019	0.048	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.015	0.024	0.039	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	0.025	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	0.039	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.015	0.015	0.030	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	-	-	0.031	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	0.029	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.044	0.025	0.069	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.038	0.043	0.081	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.020	0.015	0.035	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.029	0.029	0.058	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.025	0.010	0.035	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.029	0.020	0.049	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.031	0.026	0.057	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.034	0.025	0.059	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.049	0.029	0.078	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.039	0.015	0.054	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.025	0.025	0.050	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.028	0.014	0.042	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.044	0.029	0.073	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.049	0.024	0.073	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.068	0.053	0.121	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.067	0.072	0.139	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.049	0.039	0.088	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.049	0.025	0.074	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.040	0.025	0.065	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.093	0.054	0.147	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.078	0.049	0.127	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.101	0.072	0.173	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.079	0.069	0.148	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.084	0.044	0.128	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.074	0.049	0.123	
6:1	1000 (999, 8)	1.11	P?	5.3	VI	0.128	0.098	0.226	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0.295	0.241	0.536	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.137	0.112	0.249	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 44 PH Rum 1. Rörelse under skåp

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.053	0.119	0.172	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	-	-	0.025	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.047	0.028	0.075	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.036	0.032	0.068	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.008	0.000	0.008	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	0.020	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.043	0.043	0.086	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	-	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.051	0.051	0.102	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.028	0.028	0.056	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	0.024	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	0.032	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.020	0.016	0.036	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	-	-	0.032	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.033	0.041	0.074	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.055	0.047	0.102	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.043	0.036	0.079	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.020	0.012	0.032	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	-	-	0.040	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.020	0.008	0.028	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.016	0.008	0.024	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.015	0.015	0.030	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.016	0.008	0.024	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.024	0.012	0.036	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.020	0.012	0.032	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.032	0.019	0.051	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.016	0.012	0.028	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.040	0.036	0.076	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.065	0.076	0.141	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.067	0.047	0.114	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.079	0.040	0.119	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.032	0.016	0.048	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.024	0.016	0.048	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.027	0.020	0.047	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.091	0.130	0.221	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.065	0.072	0.137	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.099	0.083	0.182	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	0.047	0.032	0.079	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.036	0.020	0.056	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.040	0.020	0.060	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.053	0.041	0.094	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0.047	0.036	0.083	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.055	0.036	0.091	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	0.008	

MÄTPUNKT: 45 PH Rum 1. Rörelse i kakel

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0	0	0.000	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	-	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	-	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	-	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	-	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	-	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	-	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	-	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	-	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	-	-	-	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0	0	0.000	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	-	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	-	-	-	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	-	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	-	-	-	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	-	-	-	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	-	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	-	-	-	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	-	-	-	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	-	-	-	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	-	-	-	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	-	-	-	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	-	-	-	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	-	-	-	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	-	-	-	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	-	-	-	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	-	-	-	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	-	-	-	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	-	-	-	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	-	-	-	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	-	-	-	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	-	-	-	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	0.005	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	-	-	-	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	-	-	-	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	-	-	0.008	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	0.003	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	-	-	0.011	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	0.042	0.022	0.064	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 46 PH Rum 2. Tavelkrok

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. kraftändr. kp	Max. neg. kraftändr. kp	Max. tot. kraftändr. kp	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0,197	0,095	0,292	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I			0,093	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II			0,078	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III			0,142	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV			0,117	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V			0,181	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI			0,181	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0,203	0,095	0,298	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I			0,257	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0,104	0,104	0,208	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III			0,336	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV			0,351	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V			0,233	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0,093	0,172	0,265	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0,185	0,079	0,264	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0,000	0,119	0,119	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0,129	0,117	0,246	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III			0,215	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV			0,431	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0,119	0,278	0,397	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0,079	0,093	0,172	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0,129	0,000	0,129	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0,039	0,104	0,143	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0,065	0,117	0,182	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0,164	0,164	0,328	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0,065	0,078	0,143	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V				
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0,065	0,117	0,182	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0,091	0,091	0,182	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0,095	0,095	0,190	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0,129	0,129	0,258	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0,142	0,155	0,297	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III			0,398	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV			0,414	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V			0,414	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0,159	0,093	0,252	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0,190	0,165	0,355	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I				
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0,129	0,155	0,284	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III			0,324	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV			0,513	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0,159	0,264	0,423	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0,155	0,207	0,362	
6:1	1000 (999,6)	1.11	P?	5.3	VI	0,212	0,278	0,490	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	0,207	0,259	0,466	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0,233	0,259	0,492	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V				
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V				
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V			0,091	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI			0,053	

pos = kraften ökas

MÄTPUNKT: 47 Rum 2. Rörelse, innervägg vid tak

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.213	0.248	0.461	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0.057	0.114	0.171	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.083	0.130	0.213	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.100	0.100	0.200	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.100	0.146	0.246	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.066	0.085	0.151	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.121	0.176	0.297	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.142	0.142	0.284	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.113	0.095	0.208	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.185	0.213	0.398	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.111	0.148	0.259	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.218	0.291	0.509	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.176	0.223	0.399	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.204	0.204	0.408	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.158	0.110	0.268	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.146	0.173	0.319	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.182	0.246	0.428	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.223	0.185	0.408	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.309	0.282	0.591	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.297	0.362	0.659	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.176	0.204	0.380	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.232	0.250	0.482	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.250	0.278	0.528	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.241	0.297	0.538	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.265	0.331	0.596	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.241	0.241	0.482	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.293	0.322	0.615	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.250	0.269	0.519	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.237	0.284	0.521	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.155	0.300	0.455	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.213	0.269	0.482	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.297	0.380	0.677	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.491	0.400	0.891	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.482	0.418	0.900	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.380	0.436	0.816	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.278	0.352	0.630	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.343	0.594	0.937	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	0.390	0.529	0.919	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.297	0.482	0.779	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.547	0.519	1.066	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.492	0.594	1.086	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.464	0.575	1.039	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.853	0.992	1.845	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.809	0.994	1.803	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	6.214	3.988	10.202	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	1.481	4.016	5.497	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.046	0.065	0.111	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	0.065	0.111	0.176	

MÄTPUNKT: 48 PH Rum 2. Rörelse. Innervägg vid tak

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.117	0.167	0.284	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0.101	0.040	0.141	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.059	0.128	0.187	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.097	0.097	0.194	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.097	0.058	0.155	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.069	0.079	0.148	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.116	0.155	0.271	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.121	0.141	0.262	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.091	0.091	0.182	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.178	0.187	0.365	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.128	0.158	0.286	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.187	0.296	0.483	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.168	0.227	0.395	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.207	0.197	0.404	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.171	0.121	0.292	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.116	0.116	0.232	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.168	0.217	0.385	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.187	0.178	0.365	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.271	0.261	0.532	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.197	0.345	0.542	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.181	0.201	0.382	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.217	0.237	0.454	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.237	0.266	0.503	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.211	0.282	0.493	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.231	0.312	0.543	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.217	0.227	0.444	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.256	0.306	0.562	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.217	0.256	0.473	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.221	0.272	0.493	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.148	0.286	0.434	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.197	0.237	0.434	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.237	0.365	0.602	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.416	0.387	0.803	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.406	0.406	0.812	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.325	0.464	0.789	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.247	0.335	0.582	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.306	0.552	0.858	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	0.325	0.493	0.818	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.256	0.444	0.700	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.483	0.473	0.956	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.414	0.769	1.183	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.387	0.996	1.383	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.710	0.947	1.657	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.697	0.929	1.626	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	7.545	7.545	15.090	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	4.340	4.073	8.413	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.049	0.059	0.108	
20:2	13000	1.28	P	0.8	V7	0.069	0.118	0.187	

MÄTPUNKT: 49 PH Rum 2. Glipning t. h. om tavlan

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0	0	0.000	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	-	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	-	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	-	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	-	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	-	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	-	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	-	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	-	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	-	-	-	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0	0	0.000	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	-	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	-	-	-	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	-	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	-	-	-	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	-	-	-	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	-	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	-	-	0.007	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	-	-	-	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	-	-	0.004	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	-	-	-	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	-	-	0.004	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	-	-	-	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	-	-	-	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	-	-	-	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	-	-	-	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	-	-	-	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	-	-	-	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	-	-	-	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	-	-	-	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	-	-	-	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	-	-	-	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	-	-	-	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	-	-	-	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	-	-	-	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	-	-	-	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0	0	0.000	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	0.036	0.051	0.087	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	0.043	0.043	0.086	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 50 PH Rum 2. Rörelse, hörnet vid gavel

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.065	0.055	0.120	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	-	-	0.035	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	0.053	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	0.027	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.018	0.026	0.044	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.000	0.018	0.018	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.036	0.036	0.072	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	-	-	0.096	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	0.052	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.044	0.044	0.088	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	0.044	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	0.073	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	0.091	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.045	0.045	0.090	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.044	0.035	0.079	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.018	0.055	0.073	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.073	0.073	0.146	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.045	0.045	0.090	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.062	0.053	0.115	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.091	0.100	0.191	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.045	0.055	0.100	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.045	0.055	0.100	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.055	0.063	0.118	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.055	0.064	0.119	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.082	0.082	0.164	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.045	0.045	0.090	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.080	0.062	0.142	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.053	0.053	0.106	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.053	0.053	0.106	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.053	0.089	0.142	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.091	0.109	0.200	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.127	0.118	0.245	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.107	0.098	0.205	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.109	0.082	0.191	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.118	0.127	0.245	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.098	0.098	0.196	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.154	0.173	0.327	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	0.142	0.160	0.302	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.127	0.145	0.272	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.116	0.098	0.214	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.173	0.218	0.391	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.164	0.154	0.318	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.320	0.311	0.631	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.279	0.288	0.567	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	0.345	0.917	1.262	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	2.245	1.670	3.915	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	0.018	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	0.027	

MÄTPUNKT: 51 PH Rum 2. Rörelse, hörnet vid gavel

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	-	-	0,048	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0,000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	0,010	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	-	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	0,020	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	-	-	0,044	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	0,024	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	0,041	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	0,020	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	-	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	0,031	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	-	-	0,030	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	-	-	0,019	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	0,031	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0,020	0,031	0,051	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	0,021	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0,040	0,020	0,060	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0,051	0,041	0,092	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	0,040	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0,031	0,031	0,062	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0,031	0,031	0,062	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0,021	0,042	0,063	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0,031	0,031	0,062	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0,021	0,042	0,063	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	0,083	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0,021	0,021	0,042	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0,042	0,042	0,084	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0,020	0,040	0,060	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	-	-	0,007	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0,063	0,052	0,115	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0,051	0,031	0,082	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0,050	0,030	0,080	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0,061	0,061	0,122	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0,061	0,041	0,102	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0,083	0,083	0,166	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	0,092	0,061	0,153	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0,061	0,071	0,132	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0,073	0,052	0,125	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0,080	0,090	0,170	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0,090	0,080	0,170	
6:1	1000 (999,6)	1.11	P?	5.3	VI	0,190	0,160	0,350	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0,170	0,150	0,320	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	0,261	0,110	0,371	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	1,565	0,939	2,504	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

MÄTPUNKT: 52 PH Rum 2 Glipning, elementskarv t.h. om gavelfönster

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör, mm	Max. neg. rör, mm	Max. tot. rör, mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0	0	0.000	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0	0	0.000	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	-	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	-	-	0.004	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.007	0.000	0.007	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	0.007	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	0.007	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0	0	0.000	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	-	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	0.007	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	-	-	0.007	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	-	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	0.011	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	-	-	0.007	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	-	-	0.004	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	0.004	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	-	-	0.007	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	-	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	-	-	0.007	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	-	-	0.011	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	0.007	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	-	-	0.008	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	-	-	0.007	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	-	-	0.007	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	-	-	0.007	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	-	-	0.007	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	-	-	0.007	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	-	-	-	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	-	-	0.007	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	-	-	0.007	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	-	-	0.007	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	-	-	0.007	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	-	-	0.007	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	-	-	0.011	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	-	-	0.007	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.011	0.007	0.018	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	0.015	0.007	0.022	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.011	0.007	0.018	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	-	-	0.011	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.011	0.011	0.022	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	-	-	0.011	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	0.029	0.014	0.043	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.036	0.029	0.065	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	1.114	0.810	1.924	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	0.312	0.160	0.472	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	0.007	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	0.007	

MÄTPUNKT: 53 PH Utvändig utböjning, anfl. riktn. närmast WT

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.510	0.472	0.982	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0.229	0.249	0.478	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.253	0.311	0.564	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.314	0.255	0.569	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.256	0.276	0.532	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.148	0.167	0.315	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.335	0.384	0.719	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.520	0.613	1.133	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.385	0.385	0.770	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.644	0.722	1.366	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.382	0.529	0.911	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.554	0.732	1.286	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.475	0.604	1.079	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.602	0.699	1.301	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.614	0.455	1.069	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.424	0.374	0.798	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.751	0.859	1.610	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.686	0.765	1.451	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.798	0.887	1.685	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.994	1.233	2.227	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.595	0.624	1.219	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.540	0.470	1.010	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.597	0.537	1.134	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.614	0.624	1.238	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.643	0.643	1.286	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.567	0.507	1.074	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.716	0.676	1.392	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.587	0.617	1.204	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.527	0.527	1.054	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.812	0.713	1.525	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.881	0.911	1.792	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	1.327	1.151	2.478	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	1.637	1.314	2.951	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	1.372	1.303	2.675	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.770	1.020	1.790	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	1.034	0.878	1.912	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	1.702	2.197	3.899	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	1.841	1.564	3.405	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	1.376	1.347	2.723	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	1.655	1.635	3.290	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	1.809	1.174	2.983	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	1.765	1.059	2.824	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	3.323	2.755	6.078	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	3.222	3.585	6.807	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	17.641	13.180	30.821	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	27.539	17.147	44.686	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.119	0.168	0.287	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	0.148	0.148	0.296	

MÄTPUNKT: 54 PH Utvändig utbøjning. anfl. riktn. närmast PT

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.457	0.517	0.974	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0.195	0.239	0.434	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.232	0.306	0.538	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.264	0.285	0.549	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.243	0.338	0.581	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.139	0.181	0.320	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.306	0.380	0.686	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.416	0.404	0.820	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.324	0.275	0.599	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.518	0.507	1.025	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.340	0.456	0.796	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.528	0.697	1.225	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.415	0.523	0.938	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.518	0.507	1.025	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.520	0.336	0.856	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.355	0.349	0.704	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.571	0.623	1.194	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.605	0.594	1.199	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.792	0.740	1.532	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.768	0.832	1.600	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.475	0.486	0.961	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.557	0.546	1.103	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.589	0.600	1.189	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.608	0.618	1.226	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.640	0.682	1.322	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.576	0.533	1.109	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.664	0.664	1.328	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.594	0.594	1.188	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.536	0.589	1.125	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.526	0.728	1.254	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.642	0.734	1.376	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.993	0.993	1.986	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	1.426	1.036	2.462	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	1.316	1.061	2.377	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	1.727	1.077	2.804	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.814	0.888	1.702	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	1.969	1.361	3.330	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	1.289	1.289	2.578	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.987	1.189	2.176	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	1.469	1.236	2.705	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	1.393	1.403	2.796	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	1.391	1.412	2.803	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	2.451	2.430	4.881	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	2.325	2.325	4.650	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	17.179	11.566	28.745	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	15.982	11.042	27.024	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.106	0.170	0.276	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	0.170	0.255	0.425	

MÄTPUNKT: 55 PH Utvändig utböjning mot PT

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.280	0.337	0.617	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	-	-	-	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.159	0.239	0.398	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.178	0.257	0.435	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.199	0.239	0.438	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.080	0.099	0.179	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.182	0.252	0.434	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.269	0.337	0.606	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.206	0.206	0.412	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.337	0.396	0.733	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.265	0.373	0.638	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.388	0.477	0.865	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.239	0.348	0.587	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.325	0.406	0.731	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.355	0.246	0.601	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.200	0.240	0.440	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.487	0.458	0.945	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.473	0.493	0.966	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.584	0.534	1.118	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.540	0.590	1.130	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.309	0.319	0.628	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.260	0.320	0.580	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.330	0.360	0.690	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.330	0.360	0.690	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.400	0.410	0.810	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.280	0.310	0.590	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.380	0.360	0.740	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.289	0.370	0.659	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.301	0.352	0.653	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.482	0.564	0.947	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.583	0.572	1.155	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.792	0.683	1.475	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	1.010	0.824	1.834	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.930	0.812	1.742	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.776	0.656	1.432	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.618	0.576	1.194	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.589	0.915	1.504	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	1.039	0.851	1.890	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.847	0.847	1.694	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	1.469	1.236	2.705	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	1.099	0.891	1.990	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	1.024	0.895	1.919	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	1.741	1.492	3.233	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	1.482	1.235	2.717	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	8.605	9.766	18.371	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	9.350	11.667	21.017	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.079	0.099	0.178	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	0.080	0.149	0.229	

MÄTPUNKT: 56 PH Utvändig utböjning t. v. om entré

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	0.178	0.210	0.388	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0.089	0.089	0.178	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.104	0.130	0.234	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.107	0.091	0.198	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.121	0.095	0.216	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.058	0.058	0.116	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.149	0.140	0.289	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.123	0.109	0.232	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.843	0.843	1.686	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.142	0.142	0.284	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.091	0.107	0.198	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.149	0.157	0.306	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.156	0.147	0.303	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.149	0.140	0.289	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.082	0.059	0.141	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.078	0.068	0.146	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.149	0.132	0.281	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	0.139	0.199	0.338	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.132	0.231	0.363	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.239	0.215	0.454	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.129	0.113	0.242	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.165	0.130	0.295	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.157	0.149	0.306	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.157	0.140	0.297	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.208	0.199	0.407	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.140	0.149	0.289	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	0.190	0.190	0.380	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.157	0.142	0.299	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.165	0.165	0.330	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	0.169	0.150	0.319	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.165	0.165	0.330	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.231	0.248	0.479	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	0.248	0.388	0.636	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	0.199	0.451	0.650	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	0.198	0.239	0.437	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.173	0.217	0.390	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.337	0.400	0.737	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	0.330	0.330	0.660	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.330	0.281	0.611	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	0.256	0.487	0.743	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	0.264	0.363	0.627	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	0.272	0.396	0.668	
6:1	1000 (999,6)	1.11	P?	5.3	VI	0.788	0.567	1.355	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	-	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	0.825	0.578	1.403	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	5.198	6.973	12.171	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	2.054	3.722	5.776	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.050	0.050	0.100	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	0.083	0.074	0.157	

MÄTPUNKT: 57 PT Utvändig böjning

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	1.232	1.053	2.285	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	0.560	0.500	1.060	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	0.560	0.560	1.120	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.600	0.550	1.150	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	0.299	0.270	0.569	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	0.200	0.200	0.400	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	0.410	0.300	0.710	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	0.985	1.151	2.136	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	0.680	0.760	1.440	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	0.112	0.097	0.209	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.850	0.750	1.600	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	0.470	0.479	0.949	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	0.460	0.430	0.890	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	0.500	0.490	0.990	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	0.820	0.700	1.520	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	0.836	0.758	1.594	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	1.680	1.833	3.513	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	1.400	1.250	2.650	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	0.657	0.686	1.343	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	0.900	0.930	1.830	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	0.560	0.500	1.060	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	0.467	0.350	0.817	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	0.506	0.447	0.953	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	0.544	0.476	1.020	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	0.620	0.572	1.192	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	0.488	0.400	0.888	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	0.467	0.369	0.836	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.504	0.411	0.915	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	1.721	1.614	3.335	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	1.951	2.185	4.136	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	2.698	2.698	5.396	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	2.750	2.700	5.450	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	1.120	1.320	2.440	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	1.220	1.490	2.710	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	0.960	1.000	1.960	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	3.372	4.030	7.402	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	3.360	3.105	6.465	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	3.207	3.004	6.211	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	1.860	2.280	4.140	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	1.536	1.925	3.461	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	1.463	1.734	3.197	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	2.520	2.954	5.474	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	2.114	2.530	4.644	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	2.491	2.800	5.291	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	-	-	-	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	0.174	0.222	0.396	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	0.212	0.183	0.395	

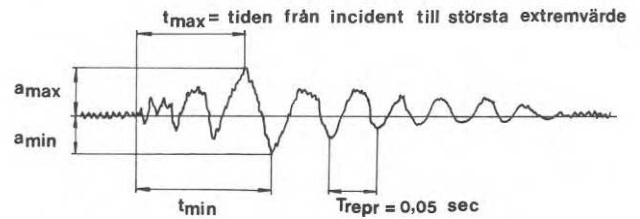
MÄTPUNKT: 59 PT Invändig glipning

Flygprofil	Höjd m	M-tal	Sign.	P ₁ mb	Konf.	Max. pos. rör. mm	Max. neg. rör. mm	Max. tot. rör. mm	ANM.
1:1	9575	1.31	N	1.0	I	-	-	0.022	
1:2	10100	1.31-33	N	0.6	I	-	-	0.018	
1:3	10000	1.30	N	0.6	II	-	-	0.014	
1:4	10000	1.31	R	0.5	III	0.014	0.003	0.017	
1:5	10000	1.34-36	N	0.6	IV	-	-	-	
1:6	10000	1.35	(N)	0.4	V	-	-	-	
1:7	10000	1.34	N	0.9	VI	-	-	-	
2:1	7000	1.32	N	0.9	I	-	-	0.025	
2:2	7000	1.33	R	0.6	I	-	-	0.021	
2:3	7000	1.36	N	1.0	II	-	-	0.020	
2:4	7000	1.43-45	N	0.8	III	0.014	0.003	0.017	
2:5	7000 (6850)	1.35	N	1.0	IV	-	-	-	
2:6	7100	1.30	P	1.2	V	-	-	-	
2:7	7000	1.30	P	1.2	VI	-	-	-	
3:1	5000	1.26	Rassel	0.9	I	-	-	0.015	
3:2	5000	1.32	N	0.8	I	-	-	0.018	
3:3	5000	1.32	N	1.4	II	0.007	0.007	0.014	
3:4	5000	1.34	N	1.1	III	-	-	0.021	
3:5	5000 (5114)	1.26	N	1.2	IV	-	-	-	
3:6	5000	1.25	P	3.0	V	-	-	-	
3:7	5000	1.27	P	1.4	VI	-	-	-	
3:8	4970 (4960)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:9	5000 (4924)	1.29	N	1.2	V	-	-	-	
3:10	5000 (4978)	1.33	N	1.4	V	-	-	-	
3:11	5000	1.31	N	1.8	V	-	-	-	
3:12	5000 (4950)	1.30	N	1.2	V	-	-	-	
3:13	5000 (4996)	1.33	N	1.9	V	-	-	-	
3:14	5000 (4920)	1.31	N	1.2	V	-	-	0.007	
3:15	5000 (4928)	1.31	P	1.5	V	0.165	0.165	0.330	
4:1	3000	1.22	P	3.3	I	-	-	0.010	
4:2	3000	1.22	N	1.7	I	0.007	0.007	0.014	
4:3	3000	1.22	P	2.6	II	0.007	0.007	0.014	
4:4	3000	1.22	N	2.2	III	-	-	0.035	
4:5	3000 (3051)	1.21	P	2.8	IV	-	-	-	
4:6	3000 (2974)	1.23	P	3.3	V	-	-	-	
4:7	3000	1.23	N	2.1	VI	-	-	-	
5:1	2000	1.12	P	3.0	I	0.017	0.007	0.024	
5:2	2000 (2014)	1.15	P	4.2	I	-	-	-	
5:3	2000	1.15	P	4.1	II	0.014	0.010	0.024	
5:4	2000 (2143)	1.11	N	2.3	III	-	-	0.285	
5:5	2000 (1956)	1.16-15	P	4.1	IV	-	-	-	
5:6	2000 (2079)	1.17-15	P	4.0	V	-	-	0.007	
5:7	2000	1.15	P	5.2	VI	-	-	0.007	
6:1	1000 (999, 6)	1.11	P?	5.3	VI	-	-	0.014	
6:2	1000	1.11	P?	4.9	VI	-	-	0.010	
6:3	1000 (1066)	1.11	P	8.9	VI	-	-	0.010	
7:1	100 (134)	1.09	N	16.8	V	-	-	-	
7:2	100 (152)	1.08	N	17.4	V	0.068	0.082	0.150	
20:1	13000	1.24-25	P	0.5	V	-	-	-	
20:2	13000	1.28	P	0.8	VI	-	-	-	

Appendix 4
Acceleration

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
1:1					
1:2	0,30	0,30	0,20	0,17	
1:3 - 1:4					
1:5	0,10	0,10	0,20	0,22	
1:6	0,10	0,10	0,06	0,04	
1:7	0,30	0,30	0,19	0,16	
2:1	0,35	0,15	0,14	0,12	
2:2	0,15	0,15	0,30	0,28	
2:3 - 2:4					
2:5	0,20	0,15	0,12	0,14	
2:6	0,35	0,30	0,14	0,16	
2:7	0,35	0,40	0,14	0,16	
3:1	0,20	0,15	0,12	0,14	
3:2 - 3:4					
3:5	0,60 ^{x)}	0,25	0,13	0,11	x) Spik
3:6	0,75	0,65	0,14	0,16	
3:7	0,50	0,30	0,13	0,11	
3:8	0,35	0,30	0,13	0,15	
3:9	0,30	0,40	0,13	0,15	
3:10	0,40	0,55	0,13	0,15	
3:11	0,70	0,40	0,14	0,16	
3:12	0,40	0,25	0,13	0,15	
3:13	0,40	0,40	0,13	0,15	
3:14	0,70	0,40	0,13	0,15	
3:15	0,30	0,30	0,13	0,15	
4:1 - 4:4					
4:5	0,80	0,60	0,13	0,10	
4:6	0,85	0,50	0,13	0,11	

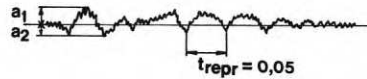
MÄTPUNKT 21, accelerometer,
PH vägg t v om entré



Profil	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
4:7	0,65	0,50	0,13	0,10	
5:1 - 5:4					
5:5	1,65	1,40	0,13	0,10	
5:6	1,95	1,10	0,12	0,10	
5:7	1,40	1,20	0,13	0,11	
6:1	1,80 ^{x)}	1,45	0,13	0,11	x) Spik
6:2	1,75 ^{x)}	1,70	0,12	0,10	x) Spik
6:3	1,80	1,70	0,13	0,06	
7:1	3,20	3,05	0,04	0,11	
7:2	3,00	2,95	0,08	0,12	
8:1 - 9:1					Ej mätbart
10:1	0,95	0,95	---	---	Speciell signatur
11:1	0,35	0,25	---	---	- " -
12:1	0,55	0,50	---	---	- " -
13:1	0,85	0,90	---	---	- " -
14:1	0,35	0,30	---	---	- " -
15:1	0,75	0,80	---	---	- " -
16:1	2,80	3,00	---	---	- " -
17:1	0,80	0,70	---	---	- " -
18:1	1,85	1,60	---	---	- " -
19:1	2,95	2,90	---	---	- " -
20:1	0,10	0,10	0,05	0,03	
20:2	0,15	0,30	0,19	0,04	
21:1	2,60	1,95	---	---	Speciell signatur

PROFIL	a_1 [g]	a_2 [g]	t repr [sek]	Anm.
1:1				
1:2	0,05	0,05	0,05	
1:3	0,05	0,05	0,04	
1:4	0,05	0,05	---	
1:5	0,05	0,05	---	
1:6	---	---	0,04	
1:7	0,05	0,05	0,05	
2:1	0,05	0,05	0,05	
2:2	---	---	0,05	
2:3	0,10	0,10	0,05	
2:4	0,05	0,10	0,05	
2:5	0,05	0,10	0,05	
2:6	0,05	0,05	0,05	
2:7	0,05	0,10	0,05	
3:1	0,05	0,05	0,05	
3:2	0,05	0,05	0,05	
3:3	0,10	0,10	0,05	
3:4	0,10	0,15	0,05	
3:5	0,10	0,15	0,05	
3:6	0,15	0,20	0,05	
3:7	0,10	0,15	0,05	
3:8	0,05	0,10	0,05	
3:9	0,05	0,10	0,05	
3:10	0,10	0,10	0,05	
3:11	0,10	0,20	0,05	
3:12	0,10	0,10	0,05	
3:13	0,10	0,15	0,05	
3:14	0,10	0,15	0,05	
3:15	0,10	0,10	---	

MÄTPUNKT 22, accelerometer,
PH bjälklag

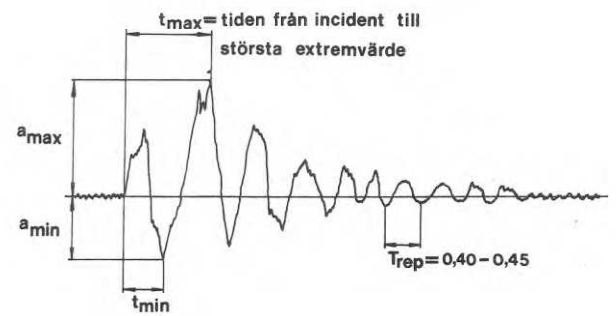


PROFIL	a_1 [g]	a_2 [g]	t repr [sek]	Anm.
4:1	0,20	0,25	0,05	
4:2	0,15	0,15	0,05	
4:3	0,20	0,25	0,05	
4:4	0,20	0,25	0,05	
4:5	0,20	0,25	0,05	
4:6	0,20	0,25	0,05	
4:7	0,15	0,20	0,05	
5:1	0,25	0,30	0,05	
5:2	0,20	0,35	0,05	
5:3	0,25	0,40 ^{x)}	0,05	x) Spik
5:4	0,25	0,30	0,05	
5:5	0,30	0,45	0,05	
5:6	0,25	0,35	0,05	
5:7	0,25	0,30	0,05	
6:1	0,40	0,50	0,05	
6:2	0,35	0,60	0,04	
6:3	0,35	0,55	---	
7:1	1,50	2,50	---	
7:2	1,15	2,05	---	
8:1 - 9:1				Ej mätbart
10:1	0,10	0,10	---	Annan signatur
11:1				Ej mätbart
12:1	0,05	0,05	---	Annan signatur
13:1	0,15	0,15	---	- " -
14:1	0,05	0,05	---	- " -
15:1	0,25	0,20	---	- " -
16:1	0,65	0,80	---	- " -
17:1	0,20	0,25	---	- " -
18:1	0,70	0,65	---	- " -

PROFIL	a_1 [g]	a_2 [g]	t repr [sek]	Anm.
19:1	1,20	1,65	---	Annan signatur
20:1 - 20:2				Ej mätbart
21:1	0,30	0,35	---	Annan signatur

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
1:1					
1:2	0,35	0,40	0,18	0,15	
1:3	0,30	0,30	0,17	0,15	
1:4	0,25	0,20	0,05	0,03	
1:5	0,20	0,25	0,05	0,10	
1:6	0,15	0,15	0,05	0,03	
1:7	0,45	0,40	0,17	0,15	
2:1	0,35	0,40	0,16	0,13	
2:2	0,25	0,25	0,17	0,14	
2:3	0,45	0,50	0,11	0,14	
2:4	0,30	0,35	0,05	0,13	
2:5	0,35	0,40	0,11	0,14	
2:6	0,45	0,45	0,16	0,13	
2:7	0,65	0,55	0,11	0,13	
3:1	0,35	0,35	0,10	0,13	
3:2	0,25	0,25	0,10	0,13	
3:3	0,55	0,50	0,11	0,13	
3:4	0,40	0,50	0,10	0,03	
3:5	0,60	0,50	0,10	0,13	
3:6	1,05	0,60	0,11	0,13	
3:7	0,50	0,40	0,10	0,13	
3:8	0,45	0,40	0,11	0,13	
3:9	0,40	0,45	0,11	0,13	
3:10	0,45	0,40	0,10	0,12	
3:11	0,60	0,50	0,10	0,13	
3:12	0,45	0,35	0,10	0,12	
3:13	0,60	0,50	0,10	0,12	
3:14	0,60	0,45	0,10	0,12	
3:15	0,40	0,35	0,10	0,13	

MÄTPUNKT 23, PH gavel mot PT

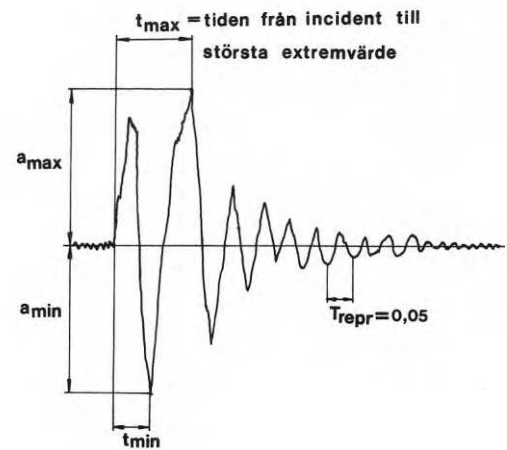


PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
4:1	0,95	0,90	0,10	0,02	
4:2	0,70	0,65	0,11	0,14	
4:3	1,10	0,85	0,10	0,03	
4:4	0,90	0,95	0,10	0,03	
4:5	0,85	0,80	0,05	0,03	
4:6	0,95	0,90	0,06	0,03	
4:7	0,75	0,65	0,05	0,03	
5:1	1,60	1,35	0,10	0,13	
5:2	1,35	1,30	0,05	0,12	
5:3	1,40	1,00	0,09	0,03	
5:4	1,45	1,15	0,10	0,13	
5:5	1,30	1,55	0,06 ^{x)}	0,03	x) Även 0,01
5:6	1,40	1,40	0,05	0,03	
5:7	1,55	1,35	0,10	0,03	
6:1	1,80	2,05	0,13 ^{x)}	0,03	x) Även 0,05
6:2	1,80	1,85	0,05	0,03	
6:3	1,90	2,05	0,06	0,12 ^{x)}	x) Även 0,03
7:1	3,20	3,15	0,15	0,02 ^{x)}	x) Även 0,17
7:2	3,25	3,05	0,14	0,04 ^{x)}	x) Även 0,10 och 0,17
8:1	0,30	0,35	---	---	Speciell signatur
9:1	0,20	0,20	---	---	- " -
10:1	0,30	0,30	---	---	- " -
11:1	0,10	0,10	---	---	- " -
12:1	0,65	0,65	---	---	- " -
13:1	0,15	0,15	---	---	- " -
14:1	0,25	0,20	---	---	- " -
15:1	0,70	0,70	---	---	- " -
16:1	1,90	2,05	---	---	- " -
17:1	0,75	0,45	---	---	- " -

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
18:1	1,65	1,65	---	---	Speciell signatur
19:1	2,90	2,95	---	---	- " -
20:1	0,15	0,10	0,05	0,03	
20:1	0,20	0,40	0,05	0,02 ^{x)}	x) Även 0,15
21:1	1,80	1,85	---	---	Speciell signatur

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
1:1					
1:2	1,35	0,90	0,13	0,03	
1:3	0,90	0,55	0,12	0,03	
1:4	0,60	0,45	0,12	0,03	
1:5	0,40	0,50	0,12	0,14 ^{x)}	x) Även 0,03
1:6	0,35	0,30	0,18 ^{xx)}	0,16 ^{xx)}	x) Även 0,05, xx) Även 0,05
1:7	0,60	0,60	0,13 ^{x)}	0,03 ^{xx)}	x) Även 0,01 och 0,05 xx) Även 0,14
2:1	0,85	0,90	0,06 ^{x)}	0,03	x) Även 0,11
2:2	0,60	0,55	0,06	0,03	
2:3	0,85	0,95	0,06	0,03	
2:4	0,60	0,75	0,06	0,03	
2:5	0,70	0,65	0,11	0,03 ^{x)}	x) Även 0,13
2:6	0,95	0,75	0,11	0,03 ^{x)}	x) Även 0,13
2:7	1,05	1,00	0,11	0,13	
3:1	0,85	0,85	0,11	0,03 ^{x)}	x) Även 0,13
3:2	0,50	0,75	0,15	0,03	
3:3	1,15	1,50	0,06	0,03	
3:4	1,10	1,15	0,06	0,03	
3:5	1,35	1,05	0,10	0,03 ^{x)}	x) Även 0,12
3:6	1,80	2,00	0,10 ^{x)}	0,12	x) Även 0,10
3:7	1,90	1,90	0,10	0,12	
3:8	0,80	0,80	0,10	0,03	
3:9	0,85	0,85	0,10	0,03 ^{x)}	x) Även 0,17
3:10	0,95	0,95	0,10	0,12	
3:11	1,60	1,20	0,10	0,12	
3:12	1,00	0,85	0,10	0,12	
3:13	1,25	1,25	0,10	0,12	
3:14	1,30	1,00	0,10	0,12	
3:15	0,85	0,85	0,10	0,02	

MÄTPUNKT 24, accelerometer,
PT provvägg

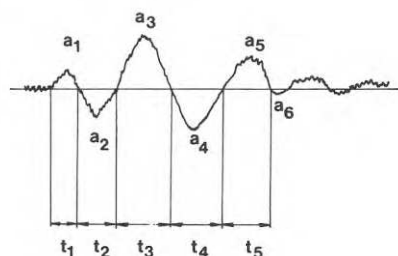


PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
4:1	0,95	2,60	0,09	0,15	
4:2	0,50	2,90	0,10	0,17	
4:3	1,55	2,20	0,15 ^{x)}	0,03	x) Även 0,10 och 0,00
4:4	1,55	2,20	0,10	0,03	
4:5	1,90	1,70	0,10	0,03	
4:6	1,55	2,05	0,05	0,02	
4:7	1,50	1,40	0,10	0,12	
5:1	1,60	3,20	0,15 ^{x)}	0,03	x) Även 0,01
5:2	1,50	3,30	0,01	0,03	
5:3	1,55	2,40	0,06	0,03	
5:4	1,60	2,50	0,16 ^{x)}	0,03	x) Även 0,06 och 0,01
5:5	2,45	2,80	0,06	0,03	
5:6	1,50	2,30	0,05	0,03	
5:7	2,00 ^{x)}	2,40	0,05	0,03	x) Spik
6:1	4,25	3,05	0,09	0,03	
6:2	1,90	2,95	0,01	0,03	
6:3	1,85	3,60	0,05	0,03	
7:1	2,50	4,20	0,19	0,08	
7:2	1,95	4,45	0,20 ^{x)}	0,08	x) Även 0,26 och 0,35
8:1	0,50	0,55	---	---	Speciell signatur - rassel
9:1	1,05	1,00	---	---	- " -
10:1	2,15	1,40	---	---	- " -
11:1	0,75	0,75	---	---	- " -
12:1	2,85	2,95	---	---	- " -
13:1	1,80	1,80	---	---	- " -
14:1	1,05	1,05	---	---	- " -
15:1	2,20	3,75	---	---	- " -
16:1	2,90	4,00	---	---	- " -
17:1	1,95	2,30	---	---	- " -

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
18:1	1,95	3,00	---	---	Speciell signatur - rassel
19:1	2,40	3,85	---	---	- " -
20:1	0,25	0,25	0,19 ^{x)}	0,16 ^{xx)}	Speciell signatur - sinus- våg x) Även 0,05 xx) Även 0,03
20:2	0,50	0,40	0,14	0,16	Speciell signatur - sinus- våg
21:1	2,65	3,30	---	---	Mest rassel

PROFIL	$a_1-a_2-a_3 - osv [0,0125 g]$	$t_1-t_2-t_3 - osv [10^{-2} sek]$	Anm.
1:1			
1:2			- " -
1:3	1-2-3-3-3-2	4-4-7-6-7	u=0,0001 m
1:4	1-2-2-3-2-2	2-4-7-6-7	
1:5	1-2-2-3-3-2	3-4-8-6-8	
1:6	1-2-2-2-2-1	3-4-7-6-6	
1:7	2-2-3-3-3-1	3-5-7-7-6	
2:1-2:2			
2:3	2-3-4-4-3-2	3-5-6-7-7	
2:4	1-2-3-3-3-2	3-5-6-7-7	
2:5	2-3-5-4-4-2	4-4-7-6-7	
2:6	2-3-4-4-3-2	4-5-7-6-6	
2:7	3-3-5-4-3-2	4-5-7-6-7	u=0,00025 m
3:1			
3:2			
3:3	2-3-5-5-4-2	3-6-6-7-7	
3:4	2-3-4-4-2	3-5-6-6-7	
3:5	3-4-6-7-5-2	4-5-6-6-7	
3:6	4-4-7-6-5-2	4-5-6-7-7	u=0,00025 m
3:7	2-3-5-5-4-2	4-5-6-6-7	
3:8	2-3-5-5-4-2	4-5-7-6-7	
3:9	2-3-4-5-3-2	4-5-6-7-7	
3:10	2-3-5-5-4-2	4-5-6-7-7	
3:11	3-4-5-5-4-2	4-5-7-6-7	
3:12	3-3-5-4-3-2	4-5-7-6-7	
3:13	3-3-5-5-4-3	4-5-6-7-7	
3:14	3-3-5-4-3-2	4-5-6-7-7	
3:15	2-3-5-5-4-2	4-5-6-7-7	
4:1	4-4-5-4-3-2	4-5-6-7-7	

MÄTPUNKT 25, accelerometer, PH skorsten

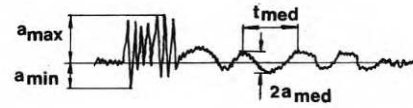


PROFIL	$a_1-a_2-a_3 - osv [0,0125 g]$	$t_1-t_2-t_3 - osv [10^{-2} sek]$	Anm.
4:2	3-3-7-6-6-2	4-5-7-6-7	
4:3	4-5-7-6-5-3	4-5-6-7-7	
4:4	4-4-8-7-6-3	4-4-6-6-7	
4:5	4-5-10-9-8-2	4-5-6-6-7	u=0,00033 m
4:6	5-5-9-7-5-2	4-5-6-7-7	
4:7	4-5-8-6-5-2	4-5-6-6-6	
5:1	4-5-11-8-6-3	4-6-6-7-7	
5:2	5-5-9-7-5-2	4-6-6-7-8	
5:3	4-6-8-8-5-3	4-6-6-6-7	
5:4	4-5-10-9-7-3	4-6-6-7-8	
5:5	7-9-14-12-9-3	4-5-6-7-8	u=0,0005 m
5:6	5-8-11-11-7-2	4-5-6-7-7	
5:7	5-7-10-8-5-2	4-5-6-7-7	
6:1	8-11-17-13-7-3	4-5-6-8-7	u=0,0008 m
6:2	7-9-14-11-6-3	4-5-6-8-7	
6:3	7-11-16-11-7-3	4-6-6-8-8	
7:1	30-32-17-14-8-5	xx)	x)spikar xx)rassel
7:2	30-40-14-13-8-5	xx) $f \approx 7$	x)spikar xx)rassel u=0,003 m
8:1			Ingåt utslag
9:1			- " -
10:1	$\ddagger 2$	$\lambda = 7-9$	speciell signatur
11:1			Rassel
12:1	$\ddagger 2$	$\lambda = 7-9$	Speciell signatur
13:1			Rassel
14:1			- " -
15:1	$\ddagger 8$	$\lambda = 7$	Speciell signatur
16:1	$\ddagger 20$	$\lambda \approx 7-8$	" "
17:1	$\ddagger 6$	$\lambda \approx 7$	" "

PROFIL	$a_1-a_2-a_3 - osv [0,0125 g]$	$t_1-t_2-t_3 - osv [10^{-2} sek]$	Anm.
18:1	+ 21 ; 15	$\lambda \approx 6-8$	Speciell signatur
19:1	+ 34 ; 24	$\lambda \approx 6-13$	" " (u=0,005 m)
20:1	$\ddagger 2$	$\lambda \approx 6$	" "
20:2	$\ddagger 2$	$\lambda \approx 6$	" "
21:1			Rassel

PROFIL	a max	a min	2a med	t med	Anm
1:1 - 1:4					
1:5	4	7	-	-	
1:6	-	-	3	4,5	
1:7	7	10	3	-	
2:1 - 2:4					
2:5	4	8	3	4,5	
2:6	8	11	4	4,5	
2:7	11	27	x)	x)	x) dämpning
3:1 - 3:4					
3:5	17	30	x)	4,5	x) dämpning
3:6	29	52	x)	4,5	"
3:7	14	14	x)	4,5	"
3:8	10	19	x)	4,5	"
3:9	13	13	x)	4,5	"
3:10	13	24	x)	4,5	"
3:11	28	40	x)	4,5	"
3:12	10	17	"	"	
3:13	19	23	"	"	
3:14	20	33	"	"	
3:15	11	9	"	"	
4:1					
4:2	13	15	"	"	
4:3 - 4:4					
4:5	25	36	"	"	
4:6	33	61	"	"	
4:7	21	32	"	"	
5:1 - 5:4					
5:5	32	82	7	4,5	
5:6	33	96	x)	4,5	x) dämpning

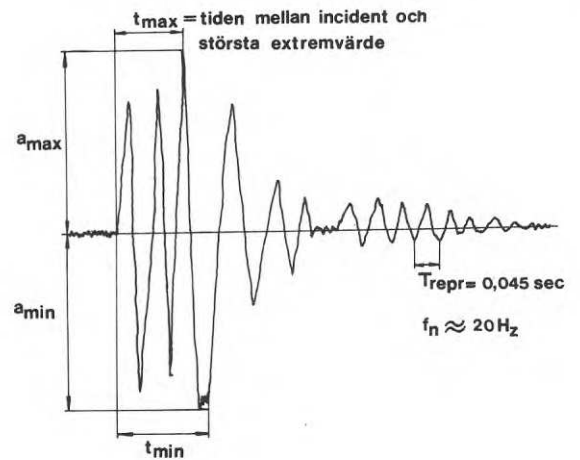
MÄTPUNKT 26, accelerometer,
PH tegelpanna



PROFIL	a max	a min	2a med	t med	Anm.
5:7	29	87	x)	4,5	x) dämpning
6:1	41	81	x)	"	
6:2	34	87	x)	"	
6:3	50	85	x)	"	
7:1	49	70	-	-	
7:2	33	73	-	-	
8:1	5	6	-	-	Speciell signatur
9:1	5	4	-	-	- " -
10:1	18	17	-	-	- " -
11:1	10	12	-	-	- " -
12:1	20	15	-	-	- " -
13:1	20	23	-	-	- " -
14:1	11	14	-	-	- " -
15:1	22	32	-	-	- " -
16:1	57	45	-	-	- " -
17:1	35	42	-	-	- " -
18:1	43	57	-	-	- " -
19:1	49	75	-	-	- " -
20:1	-	-	-	2	4,5
20:2	8	9	2	-	
21:1	28	34	-	-	Speciell signatur

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
1:1 - 1:2					
1:3	0,45	0,50	0,08	0,02	
1:4	0,45	0,45	0,05	0,03	
1:5	0,40	0,55	0,05	0,03	
1:6	0,30	0,25	0,05	0,16 ^{x)}	x) Även 0,03
1:7	0,65	0,75	0,05	0,03	
2:1 - 2:2					
2:3	1,05	1,30	0,15	0,13	
2:4	0,60	0,80	0,15 ^{x)}	0,13	x) Även 0,05
2:5	0,80	0,85	0,15	0,13	
2:6	0,75	1,00	0,15	0,13	
2:7	0,95	1,30	0,13	0,13	
3:1 - 3:2					
3:3	1,25	1,10	0,10	0,13	
3:4	1,05	0,90	0,10	0,13	
3:5	1,45	1,15	0,10	0,03	
3:6	2,00	2,15	0,11	0,13	
3:7	1,05	1,20	0,10	0,12	
3:8	0,90	0,90	0,10	0,12 ^{x)}	x) Även 0,02
3:9	0,95	1,00	0,10	0,12	
3:10	1,00	1,05	0,10	0,12	
3:11	0,90	1,35	0,15 ^{x)}	0,12	x) Även 0,01 och 0,10
3:12	0,95	0,90	0,10	0,12	
3:13	1,40	1,55	0,10	0,12	
3:14	1,40	1,25	0,10	0,12	
3:15	1,00	0,85	0,10	0,12	
4:1	1,15	1,20	0,10 ^{x)}	0,10 ^{xx)}	x) Även 0,05, xx) Även 0,01
4:2	0,20	3,00	0,14 ^{x)}	0,16	x) Även 0,01-0,05-0,10

MÄTPUNKT 27, accelerometer,
PH rum 2, vägg i anflygningsriktningen

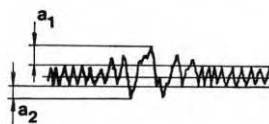


PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
4:3	1,75	1,75	0,10	0,12 ^{x)}	x) Även 0,03
4:4	1,40	1,90	0,05	0,03	
4:5	1,95	1,55	0,10	0,03	
4:6	1,80	1,75	0,10	0,03	
4:7	1,65	1,35	0,10	0,03	
5:1	1,55	3,15	0,15	0,13	
5:2	1,45	2,80	0,04	0,12	
5:3	1,45	2,40	0,06	0,03	
5:4	1,65	2,10	0,11	0,13	
5:5	2,00	3,15	0,06	0,03	
5:6	0,95	2,35	0,14 ^{x)}	0,03	x) Även 0,01
5:7	1,90	2,85	0,10 ^{x)}	0,03	x) Även 0,05
6:1	1,90	3,45	0,14	0,03	
6:2	1,80	3,20	0,01	0,02	
6:3	1,80	3,50	0,14	0,07 ^{x)}	x) Även 0,02
7:1	3,35	3,10	0,21	0,03 ^{x)}	x) Även 0,17 och 0,25
7:2	3,10	3,10	0,21	0,02 ^{x)}	x) Även 0,10, 0,16 och 0,25
8:1	0,25	0,25	-	-	Speciell signatur - bara rassel
9:1	0,25	0,25	-	-	-"-
10:1	2,15	2,15	-	-	-"-
11:1	0,55	0,55	-	-	-"-
12:1	1,55	1,85	-	-	-"-
13:1	1,55	2,00	-	-	-"-
14:1	0,90	0,85	-	-	-"-
15:1	2,15	2,90	-	-	-"-
16:1	2,70	3,30	-	-	-"-
17:1	2,49	2,55	-	-	-"-
18:1	2,85	3,20	-	-	-"- mest rassel

PROFIL	a max [g]	a min [g]	t max [sek]	t min [sek]	Anm.
19:1	2,95	3,10	-	-	Speciell signatur
20:1	0,20	0,25	0,05	0,16 ^{x)}	x) Även 0,03 Speciell signatur - sinusvåg
20:2	0,30	0,50	0,05	0,03	
21:1	3,25	3,10	-	-	Speciell signatur - mest rassel

PROFIL	a_1 [g]	a_2 [g]	Anm.
1:1 - 4:7			Ej mätbart
5:1	0,20	0,25	
5:2	0,20	0,15	
5:3	0,15	0,10	
5:4	0,20	0,15	
5:5	0,25	0,25	
5:6	0,25	0,15	
5:7	0,20	0,10	
6:1	0,35	0,25	
6:2	0,30	0,25	
6:3	0,30	0,30	
7:1	2,25	1,35	
7:2	2,00	1,55	
8:1 - 15:1			Ej mätbart
16:1	0,35	0,30	
17:1			Ej mätbart
18:1	0,20	0,20	
19:1	1,15	0,80	
20:1 - 21:1			Ej mätbart

MÄTPUNKT 28, accelerometer,
PH rum 2, golv



CAPTIONS (figurtexter till engelska)

FIG. 1. Propagation of disturbance around a plane flying at a subsonic, a transonic and a supersonic speed.

FIG. 2. At point 1 the plane creates a pulse which reaches the ground when the plane has reached point 2. Mach angle = α .

FIG. 3. The plane creates pulses which are directed forwards. The plane moves faster than the pulses which form a conical shock front behind the plane.

FIG. 4. Appearance of the pressure signature at increasing distances from the plane. In the near field there are several pulses while in the background the pressure signature has the shape of the letter N.

FIG. 5. Recorded pressure signatures generated by a small fighter (F104). a) normal shape b) rounded shape c) with peaks. (According to Andrews Ass, 1965).

FIG. 6. The pressure wave is deflected upwards owing to the influence of the temperature gradient. This deflection affects the width of the boom carpet. The maximum overpressure has its highest value directly underneath the flight path.

FIG. 7. The shock wave is reflected from the ground and there is interaction between the incident and reflected shock waves. The overpressure is twice as high near the reflecting surface as in the free field. The signatures show the variation in pressure at different altitudes.

FIG. 8. Focusing during acceleration.

FIG. 9. Forward portion of the boom carpet during acceleration to supersonic speed. The heavy full line indicates focusing (according to Vallée, 1967).

FIG. 10. Focusing in conjunction with a horizontal turn (according to Vallée, 1967).

FIG. 11. Diagram showing safety limits with regard to damage to glass caused by sonic booms. For the values stated, the probability of damage to glass is less than 1/100,000. At the limit stated the effect due to an F-104, comparable to a Swedish Draken, ceases. There is no such limit for large planes of the SST type (according to Wiggins, 1967).

FIG. 12. Basement wall of concrete blockwork with cracks due to uneven settlement.

FIGS. 13, 14. The external wall of the garage continues as an unsupported wall. Through crack at boundary between garage and wall. Suspected cause is uneven settlement due to different method of foundation.

FIG. 15. Shrinkage crack in internal insulation behind radiator on basement wall.

FIG. 16. Basement wall with horizontal crack due to earth pressure. Upward deflection of corner of floor slab.

FIG. 17. Cracks in lightweight concrete. Junction with ceiling.

FIG. 18. Cracks in lightweight concrete. Horizontal crack at top of window.

FIG. 19. Cracks in lightweight concrete. Vertical crack in wall underneath window.

FIG. 20. End face of building in lightweight concrete.

FIG. 21. The wall is loaded by cables carrying lighting fittings.

FIG. 22. Vertical crack above door opening in timber wall. Horizontal crack at junction with ceiling.

FIG. 23. Wood floor showing local settlement at the trimmer joist.

FIG. 24. Gaps in internal wood staircase.

FIG. 25. When a door lining 5 cm wide shrinks 1 mm, the gap between the top piece and the side piece may be up to 1.4 mm wide. The gap is widest at the angle and narrows towards the corner.

FIG. 26. Cracks in paintwork in window joinery.

FIG. 27. Symmetrical herringbone pattern on fracture surface in glass. The arrows show the direction of propagation of the crack.

FIG. 28. Unsymmetrical herringbone pattern. The glass has been bent so that one side has been subjected to tensile stress.

FIG. 29. Unsymmetrical herringbone pattern in combination with feather pattern.

FIG. 30. A "mirror" on fracture surface at beginning of crack. To the left, the fracture surface of a crack which originated at the edge of the pane of glass, to the right, the fracture surface of a crack which originated on the surface of the pane.

FIG. 31. A crack caused by temperature stresses is perpendicular to the surfaces and perpendicular to the edge of the pane at the point of fracture.

FIG. 32. Crack pattern caused by a football on a pane of glass measuring about 1 x 1 m.

FIG. 33. Crack pattern caused by a golf ball on a pane of glass measuring about 1 x 1 m.

FIG. 34. Crack pattern caused by a distributed load over the whole surface of the pane. Fracture is due to high stresses.

FIG. 35. Cracks in surface layer of external stucco which is far too impermeable.

FIG. 36. Corner crack in the stucco on a roughcast-coated timber house.

FIG. 37. Crack in stucco at corner of window on a roughcast-coated timber house.

FIG. 38. Crystallisation between the plaster and the backing has loosened the plaster.

FIG. 39. Loosened plaster on a timber backing. It was found after a sonic boom that about 1 m² of the plaster had dropped off.

FIG. 40. Old ceiling made up of plaster on a wood backing. A sonic boom may have contributed to dropping-off of the plaster.

FIG. 41. Cracks in tiles over joint between sheets of fibreboard.

FIG. 42. Crack in ceiling of stretched building paper.

FIG. 43. Cracks in paper over fillet at angle of ceiling.

FIG. 44. Cracks in wallpaper over junction between chimney stack and wood wall.

FIG. 45. Cracks in wallpaper in angle between external and internal wall.

FIG. 46. Gaps in and around fitted cupboard. The cupboard has dropped causing a gap at the junction with the ceiling and its front has become warped.

FIG. 47. Map of area around Vidsele and Jokkmokk where the test site is situated.

- FIG. 48. Aerial photograph of Nausta village.
- FIG. 49. DAF spectrum envelope. (DAF=dynamic amplification factor, f_d =damped natural frequency, T pos=duration of the positive portion of the N-wave). According to Crocker and Hudson (1969).
- FIG. 50. Test rig used to ensure that static load is uniformly distributed over the test walls.
- FIG. 51. Sketch showing arrangement of loading device. Axial load is applied to the test wall by means of a block and tackle, the magnitude of the load being determined on the basis of the elongation of the custom-made springs.
- FIG. 52. Construction of the weak wall.
- FIG. 53. The weak test wall being made at Chalmers University of Technology.
- FIG. 54. Placing of gauge points during laboratory tests. The symbols are explained in Section 10.2.
- FIG. 55. Diagram showing central deflection of the weak test wall due to a uniformly distributed static load.
- FIG. 56. Diagram showing central deflection of stiff test wall due to a uniformly distributed static load.
- FIG. 57. Drawing of test building PH.
a) Elevation b) Section c) Floor plan.
- FIG. 57b. Section.
- FIG. 57c. Floor plan.
- FIG. 58. Drawing of test building PT.
- FIG. 59. Foundation for PT being constructed.
- FIG. 60. Foundation slab for PH.
- FIG. 61. Foundation for PH and the chimney stack.
- FIG. 62. Trimming of ceiling joists around the chimney stack.
- FIG. 63. PH completed with the exception of roofing.
- FIG. 64. The Westfelt building (WT) which was carefully studied during the tests.
- FIG. 65. Map of Nausta village.
- FIG. 66. Placing of gauge points in PH. □ denotes accelerometer, ◇ microphone or transducer and 0 measuring device incorporating a strain gauge. The figure inside the symbol indicates the designation of the gauge and the small figures in italics the height of the gauge above finished floor level.
- FIG. 67. Placing of gauge points in PT. □ denotes accelerometer, ◇ microphone and 0 measuring device incorporating a strain gauge. The figure inside the symbol indicates the designation of the gauge and the small figures in italics the height of the gauge above finished floor level.
- FIG. 68. The microphone mast and baffle. PT may be seen at the right.
- FIG. 69. The microphone in PT.
- FIG. 70. Sketch showing arrangement of movement gauge.
- FIG. 71. Movement gauge.
- FIG. 72. Sketch showing arrangement of device for measurement of wall deflection.
- FIG. 73. Sketch showing arrangement of device for measurement of the vertical load on a picture hook.
- FIG. 74. Notched glass rods fitted between roofing tiles. When there is relative movement between the tiles, the rods break.
- FIG. 75. Diagram showing overpressure (p max) recorded at different flight altitudes. The full curve shows the approximate mean values of the readings while the dashed curve shows the values at a flight velocity of $M = 1.2$ calculated by FFA (FFAP-M-214).
- FIG. 76. Typical pressure signature from gauge point 5, microphone in PH room No 2.
- FIG. 77. Comparison of typical pressure signatures from the baffle and the microphone in PH room No 2.
- FIG. 78. Typical pressure signature from gauge point 9, pressure gauge above plastic ceiling in PH room No 2.
- FIG. 79. Typical pressure signature from gauge point 14, microphone in PT.
- FIG. 80. Typical pressure signature from gauge point 12, pressure gauge in roof in PH.
- FIG. 81. Typical pressure signatures from gauge point 13, pressure gauge in external wall in PH.
- FIG. 82. Gauge point 57, device for measurement of deflection of wall.
- FIG. 83. Gauge point 57. Deflection recorded at different overpressures. Δ indicates the values for the stiff wall and \blacktriangle the values for the weak wall. Lines a and b symbolise the calculated deflections for the stiff and weak wall respectively with a DAF = 2.15.
- FIG. 84. Gauge point 58. Device for measurement of change in force in the load simulator in PT.
- FIG. 85. Gauge point 59. Movement gauge on the test wall in PT.
- FIG. 86. Gauge point 59, diagram showing values recorded. Δ indicates values for the stiff wall and \blacktriangle those for the weak wall.
- FIG. 87. Gauge point 53, central deflection of wall, PH room No 2 in the approach direction.
- FIG. 88. Gauge point 54, deflection of wall 0.6 m from the support, PH room No 1, approach direction.
- FIG. 89. Gauge point 55, deflection of wall 1.2 m from the support, end wall of PH room No 1.
- FIG. 90. Gauge point 56, deflection of wall centrally between door opening and port, PH room No 1, entrance side.
- FIG. 91. Gauge point 53. Diagram showing readings. \circ and \bullet symbolise configurations I, II, V and VI and III and IV respectively.
- FIG. 92. Gauge point 54. Diagram showing readings. \circ and \bullet symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.
- FIG. 93. Gauge point 55. Diagram showing readings. \circ and \bullet symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.
- FIG. 94. Gauge point 56. Diagram showing readings. \circ and \bullet symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.
- FIG. 95. Gauge point 38, movement in joint between sheets of fibre board next to window in PH room No 1, approach direction.
- FIG. 96. Gauge point 39, movement between window lining and wall in PH room No 1, approach direction.

FIG. 97. Gauge point 39. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 98. Gauge point 40, movement between window lining and wall below window in PH room No 1, approach direction.

FIG. 99. Gauge point 40. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 100. Gauge points 41 and 42, movement at angle of ceiling in PH room No 1, approach direction.

FIG. 101. General placing of gauges 41 and 42.

FIG. 102. Gauge point 41. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 103. Gauge point 42. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 104. Gauge point 43, movement between kitchen cupboard and wall in PH room No 1, entrance side.

FIG. 105. Gauge point 43. Diagram showing readings. □ symbolises that the cupboard is subjected to load and ■ that it is unloaded.

FIG. 106. Gauge point 44, vertical movement of kitchen cupboard.

FIG. 107. Gauge point 44. Diagram showing readings. □ symbolises that the cupboard is subjected to load and ■ that it is unloaded.

FIG. 108. Gauge point 45, movement between tiles underneath the kitchen cupboard in PH room No 1, entrance side.

FIG. 109. Gauge point 46, change in force on picture hook, PH room No 2, approach direction.

FIG. 110. Gauge point 46. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 111. Gauge points 47 and 48, movements between external and internal wall in PH.

FIG. 112. General placing of gauges 47 and 48.

FIG. 113. Gauge point 47. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 114. Gauge point 48. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 115. Gauge point 49, movement in joint between sheets of fibre board. PH room No 2, approach direction.

FIG. 116. Gauge points 50 and 51, movement between two external walls, PH room No 2.

FIG. 117. General placing of gauges 50 and 51.

FIG. 118. Gauge point 50. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 119. Gauge point 51. Diagram showing readings. ○ and ● symbolise configurations I, II, V and VI, and III and IV respectively.

FIG. 120. Gauge point 52, movement in joint between sections. PH room No 2.

FIG. 121. The attic window in Nilsson's house which became detached during overflight 7:1.

FIG. 122. Window pane in Nilsson's house in which an old crack was extended during overflight 7:1.

FIG. 123. The same window pane as in FIG. 122. A new crack occurred during overflight 7:2.

FIG. 124. Plastered brick chimney stack in one of the houses in Nausta village.

FIG. 125. Shingle roof in Nausta village.

FIG. 126. Tracks in the talcum powder on the window sill in PH room No 2 indicated that light objects moved about as a result of loud booms.

FIG. 127. Gauge point 53. Diagram showing recorded movement as a function of pressure difference across the wall.

FIG. 128. Papered corner between two walls. If the paper is rounded 5 mm over each wall, it can absorb a horizontal movement of about 1 mm.

R43: 1972

Denna rapport avser anslag C 551 från Statens råd för byggnadsforskning till bitr professor Walter Kiessling och arkitekt Anne Marie Wilhelmsen vid Institutionen för husbyggnad, CTH. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: konstruktion**

Pris: 33 kronor