

Rapport

R18:1971

Byggnadsstatik

**Måttnoggrannheten vid
byggnadsstyrelsens nya
byggsystem**

John van den Berg

Byggforskningen

Måttnoggrannheten vid Byggnadsstyrelsens nya byggsystem

John van den Berg

Ett kraftigt stigande behov av lokaler för civila statliga verksamheter tvingar fram tids- och arbetsbesparande metoder i byggnadsproduktionen. Televerkets nya byggnader i Farsta är det första av Byggnadsstyrelsens objekt där man tillämpar industriellt byggande med förtillverkade byggnadsdelar.

Byggnadernas geometriska kvalitet undersöktes som inledning till en serie studier för att få fram tillämpbara toleranser inom byggbranschen. Mätresultatet skall användas vid projektering av liknande objekt och tjäna som underlag för arbeten inom Byggstandardiseringen och ByggAMA.

Med undantag av några platsgjutna delar har de nya kontoren monterats med fabrikstillverkade komponenter. De viktigaste av i anläggningen ingående komponenter är fasad-, bjälklags-, balk- och pelarelementen. Platsgjutna delar är i huvudsak grundplintarna och hörntornen.

Huvudvikten av studien lades vid montering av stommen.

Nybyggnaden omfattar ca 200 000 m³ byggnadsvolym, fördelad på fem huskroppar. Se FIG. 1 och 2.

Uppläggning

Med måttnoggrannhet menas att man värderar relationen mellan en färdig

byggnad eller en byggnadsdels läge och dimensioner samt de mått som ritningarna anger; med andra ord, en bedömning av byggnadens geometriska kvalitet. Därvid bör undersökas: (1) tillverkningsnoggrannheten, (2) monteringsnoggrannheten samt (3) utställningsnoggrannheten.

För att bestämma toleranser måste man som underlag känna till vilka faktorer som i praktiken påverkar måttnoggrannheten.

Vid undersökningarna har Statens institut för byggnadsforskning samarbetat med Byggnadsstyrelsen och entreprenören.

Redovisning av mätresultatet sker mestadels i form av grafiska framställningar, s.k. histogram (FIG. 3).

Medelvärde är det aritmetiska me-

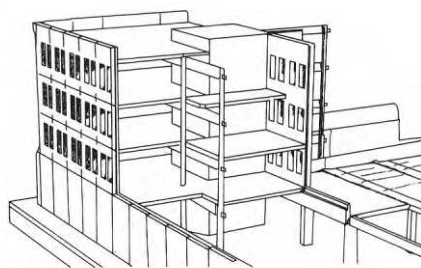


FIG. 1. Konstruktionssystem.

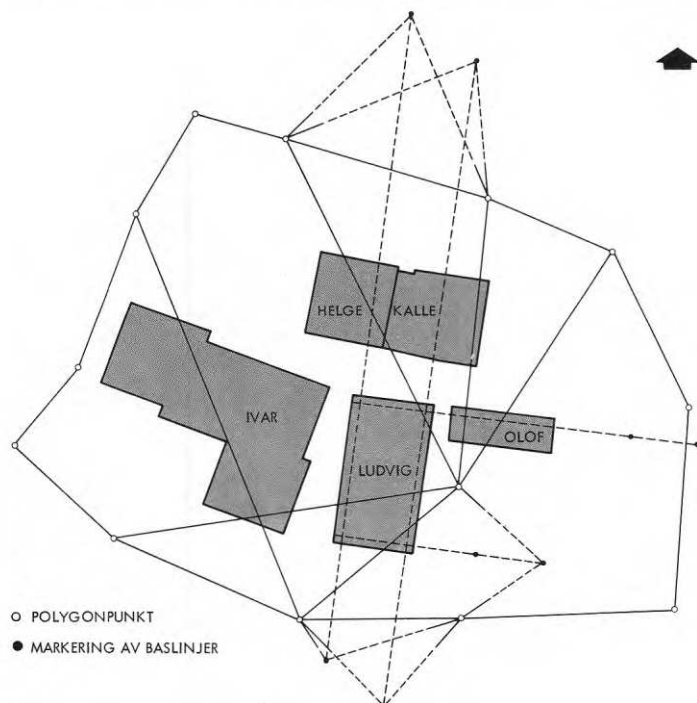


FIG. 2. Situationsplan.

Byggnadsforskningen Sammanfattningar

R18:1971

Nyckelord:

elementbyggnad, stomelement, utsättning, måttnoggrannhet, toleranser, geodetiska stornät, statistik

byggsystem (Byggnadsstyrelsen), förtillverkade betongelement, administrationsbyggnad (Farsta 1966-69)

Rapport R18:1971 avser projekt 136 inom Statens institut för byggnadsforskning.

UDK 621.753.1.69
69.057.132
691.32
SfB A

Sammanfattning av:

van den Berg, J, 1971, *Måttnoggrannheten vid Byggnadsstyrelsens nya byggsystem. Studier på Televerkets nya förvaltningsbyggnader i Farsta 1966-69.* (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R18:1971, 243 s., ill. 29 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

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

Abonnemangsgrupp:

(p) produktion

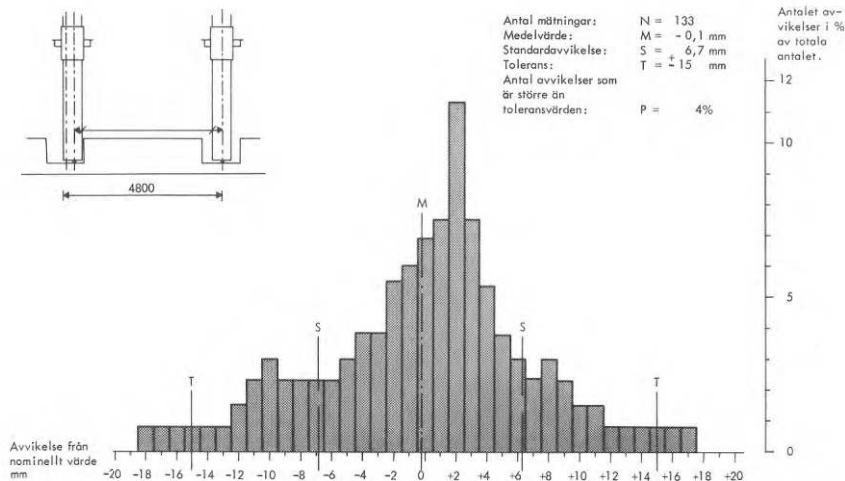


FIG. 3. Exempel på grafisk framställning av mätresultat. Avståndsavvikelse mellan pelarna vid fundamentet.

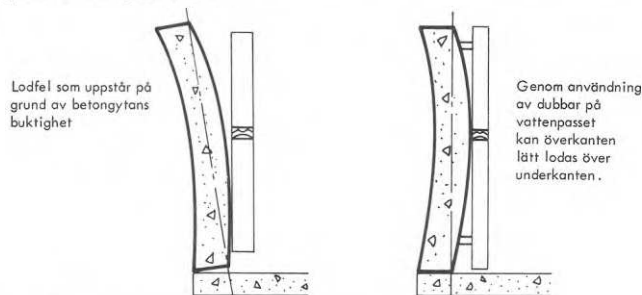


FIG. 4. Lodningsmetod för väggelement.

delvärdet av de konstaterade avvikelserna. Det vanligaste spridningsmålet i dylika undersökningar är standardavvikelsen S . Denna storhet anger att ungefär 68 % av det undersökta materialet ligger innanför de gränser, som ligger på ett avstånd S till vänster och höger om medelvärdet.

Mätdata från den färdigmonterade stommen

Vid redovisning av stommens mätdata ges i rapporten först uppgifter om hur de aktuella elementen är utformade, var de är placerade, samt hur utsättning av läget för dessa element har gjorts. På några ställen i rapporten återges även internationella synpunkter på berörda studiemoment.

Nedan följer några av de viktigaste värdena:

Pelare

Korridorpelarnas lägesavvikelser vid fundament har bestämts i förhållande till de givna baslinjerna.

Härvid erhålls

$$m = 0,5 \text{ mm}$$

$$S = 4,8 \text{ mm.}$$

Det betyder att det systematiska felet är obetydligt, och att 68 % av pelarna har en avvikelse som är mindre än 4,8 mm.

Det kunde konstateras att utsättning av pelarnas läge praktiskt taget inte hade någon inverkan på lägesavvikelserna. Avståndet mellan pelarna varierar i ännu högre grad

$$m = 0,6 \text{ mm}$$

$$S = 6,7 \text{ mm.}$$

Pelarnas lodavvikelser har i balkriktningen standardavvikelsen

$$S = 5,8 \text{ mm (räknat över 3 meters våningshöjd)}$$

och i riktningen mot fasaden

$$S = 4,4 \text{ mm (räknat över 3 meters våningshöjd).}$$

Dessa avvikelser är dels försakade av pelarnas slanka form, dels av lodningsmetoden samt i balkriktningen framför allt av arbetsmetoden vid uppläggnings av balkar på pelarna.

Placeringsfel och lodavvikelser gör att pelarnas lägesavvikelser på de olika våningsplanen är större än vid fundamenten,

t.ex. har i balkriktningen erhållits

$$\text{vid plan 0 } S = 4,8 \text{ mm}$$

$$\text{” ” 1 } S = 6,3 \text{ mm}$$

$$\text{” ” 2 } S = 8,3 \text{ mm}$$

$$\text{” ” 3 } S = 9,0 \text{ mm}$$

Härvid dominerar i hög grad inverkan av lodavvikelsen.

Fasadelement

Elementen har placerats efter stomlinjer som montörerna själva har satt ut, utgående från huvudbaslinjerna.

Lägesavvikelserna:

$$m = +2,2 \text{ mm}$$

$$S = 4,5 \text{ mm}$$

Inverkan av den sekundära utsättningen och elementmonteringen var härvid lika stor.

Lodavvikelserna:

$$m = 1,1 \text{ mm}$$

$$S = 3,5 \text{ mm.}$$

Avvikelserna beror huvudsakligen på lodningsmetoden. När man använder vattenpass bör detta vara lika långt

som elementet och försett med dubbar, så att elementets översida kommer att ligga lodrätt över undersidan (FIG. 4).

Balkar

Balkarna hade inte de fina justeringsmöjligheter som fasadelementen hade och därför blev höjdavvikelsernas standardavvikelse större, nämligen 4,6 mm.

Hålbjälklagselement

Av de mätta förskjutningarna i höjled mellan intilliggande element var 18 % större än 5 mm

(toleransgräns)

$$8 \% \text{ ” ” } 7 \text{ mm}$$

$$2 \% \text{ ” ” } 10 \text{ mm}$$

Alla avvikelser var dock mindre än 15 mm.

Rektangulärt öppningsmått

Förutom att redovisa avstånden mellan de olika elementen kan man också betrakta den rektangel som kan placeras mellan dessa element. Frågeställningen kan bli aktuell med tanke på användning av förtillverkade mellanväggar.

Polygonnät

Beräkningar har visat att punkterna i polygonnätet och punkterna på baslinjerna var behäftade med medelfel, varierande mellan 3–7 mm. Enligt teoretiska betraktelser kan ett bättre resultat, under tillämpning av temperatur- och spänningskorrektioner, inte uppnås med en teodolit Wild T2, Kern DKM 2 och ett polygonmätband – gängse instrument på viktigare byggen.

Man rekommenderar dock att formen på dylika nät undersöks innan mätningar görs. För punkternas noggrannhet är det nämligen, felteoretiskt sett, inte likgiltigt hur ett polygon- eller triangelnät ser ut.

Allmänt

Nästan inga onormala svårigheter vid monteringen uppstod. Även jämfört med värden som erhållits på andra byggplatser i Sverige och utomlands, intar resultaten av studien vid Farsta-Tele en gynnsam plats. Detta tack vare en noggrann utsättning av huvudbaslinjer och en intensiv måttkontroll.

Vid stomkompletteringen uppstod emellertid vissa problem på grund av att pelare lutade och balkar var buktiga (rektangulärt öppningsmått).

Studien har visat att mättsättningen på ritningar bör vara mer utsättningsvänlig, och även att en utsättare bör ha gott om tid för att förbereda sitt arbete. I projekteringsstadiet är – om man vill rationalisera – ett samarbete mellan projektörerna och en mätningensjör absolut nödvändigt.

Dimensional accuracy in the new construction system of the National Swedish Board of Public Building

John van den Berg

The rapidly growing need for premises to house government offices provides the impetus for the development of time and labour saving techniques in building production. The new buildings of the National Swedish Telecommunications Administration at Farsta are the first constructed by the National Swedish Board of Public Building which employed industrialised techniques using prefabricated building components.

The geometrical quality of these buildings was investigated as an introduction to a series of studies to be carried out with the aim of specifying suitable tolerances for use in the building industry. The results will be used in designing similar projects and will form the basis of work on construction standards and constructional specifications.

With the exception of some components which were cast in situ, the new office buildings were constructed using prefabricated components. The most important components making up the installation are façade units, flooring units, girders and columns. The parts cast in situ are mainly foundation piers and corner towers.

The main emphasis in the study was laid on erection of the load-bearing framework.

The new building complex comprises a building volume of about 200 000 m³,

divided over five buildings. See FIG. 1 and 2.

Organisation

The term accuracy is taken to mean the evaluation of the relationship between the positions and dimensions of a complete building or parts thereof and the dimensions on the drawings; i.e. an assessment of the geometrical quality of the building. Thereby the (1) manufacturing accuracy, (2) erecting accuracy and (3) setting out accuracy should be investigated.

In order that tolerances may be determined, it is necessary to know the factors which influence dimensional accuracy in practice.

Measurement results are mostly shown graphically in the form of histograms (FIG. 3).

The mean is the arithmetical mean of the deviations found. The most usual meas-

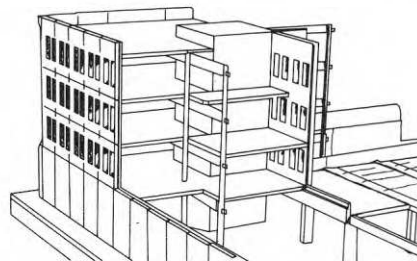


FIG. 1. The construction system.



FIG. 2. Layout plan.

National Swedish Building Research Summaries

R18:1971

Key words:

industrialised construction, load-bearing unit, setting out, dimensional accuracy, tolerances, survey grid, statistics construction system (the National Swedish Board of Public Building), prefabricated concrete units, administration building (Farsta 1966—69)

Report R18:1971 refers to project 136 of the National Swedish Institute for Building Research.

UDC 621.753.1.69
69.057.132
691.32
SfB A

Summary of:

van den Berg, J, 1971, *Måtnoggrannheten vid Byggnadsstyrelsens nya byggsystem. Studier på Televerkets nya förvaltningsbyggnader i Farsta 1966—69*. Dimensional accuracy in the new construction system of the National Swedish Board of Public Building. Studies at the new administration buildings of the Swedish Telecommunications Administration at Farsta 1966—69. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R18:1971, 243 p., ill. 29 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

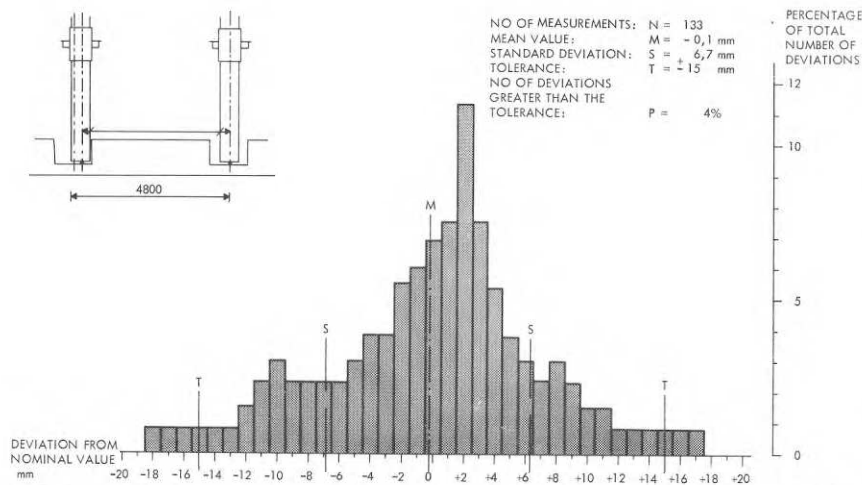


FIG. 3. Example showing graphical representation of the measurement results. Deviation from distance between the columns at the base.

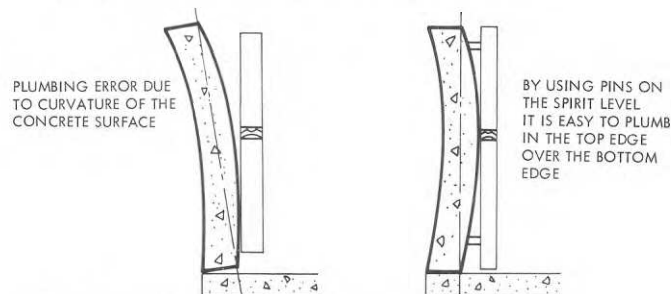


FIG. 4. Plumbing method used for wall units.

ure of the spread of readings in such investigations is the standard deviation S . This quantity specifies the percentage of the material investigated which lies inside the limits situated at a distance S to the left and right of the mean value. The value of the standard deviation is calculated by taking the square root of the sum of the squares of the differences between a deviation and the corresponding mean value. The smaller the standard deviation, the better the accuracy, provided that the mean value is small, i.e. that there are no systematic errors.

Measurement data from the erected load-bearing frame

The report provides information on the way the component is shaped, the place where it is put and the way setting out of the site was performed. Some sections also include international aspects of the part of the study being dealt with.

The most important observations are as follows:

Columns

The *positional deviations* of the corridor columns at the base have been determined in relation to the base lines. The result is

$$m=0.5 \text{ mm}$$

$$S=4.8 \text{ mm}$$

This means that the systematic error is insignificant and that 68 % of the columns have a deviation less than 4.8 mm.

It could be established that setting out of the positions of the columns had practically no effect on the positional deviations. The distance between columns shows an even greater variation, being

$$m=0.6 \text{ mm}$$

$$S=6.7 \text{ mm}$$

The *deviation* of the columns from the vertical in the direction of the girders has the standard deviation $S=5.8$ mm (over a storey height of 3 m), and in the direction towards the façade, $S=4.4$ mm (over a storey height of 3 m).

The reasons for these deviations are the slenderness of the columns, the plumbing method used and, in the direction of the girders, primarily the working method used in laying the girders on the columns.

Positional and verticality errors result in the *positional deviations of the columns at the different floors* being larger than at the base. In the direction of the girders, for instance, the values are

at floor 0	$S=4.8$ mm
" " 1	$S=6.3$ mm
" " 2	$S=8.3$ mm
" " 3	$S=9.0$ mm

The effect of the deviation from the vertical is the predominant factor in this connection.

Façade units

These units were positioned on the basis of grid lines set out by the erectors themselves from the main base lines.

Positional deviations:

$$m=+2.2 \text{ mm}$$

$$S=4.5 \text{ mm}$$

The effects due to secondary setting out and erection of the units were the same in this case.

Deviation from the vertical:

$$m=1.1 \text{ mm}$$

$$S=3.5 \text{ mm}$$

The deviations are mainly due to the plumbing method. When a spirit level is used, this should be the same length as the unit and be fitted with pins so that the top of the unit will be directly above the bottom (FIG. 4).

Girders

There was no provision for fine adjustment of the girders to the same extent as in the case of the façade units, and the standard deviation of the *deviations in level* is therefore higher, 4.6 mm.

Hollow flooring units

Of the displacements in level between adjacent units,

18 %	exceeded 5 mm (tolerance limit)
8 %	" 7 mm
2 %	" 10 mm

Rectangular opening dimension

In addition to listing the distances between the various units, the rectangle which can be placed between these units can also be considered. This may have relevance in view of the use of prefabricated partitions.

The traverse

Calculations have shown that the points in the traverse and the points on the base lines had mean errors varying between 3–7 mm. According to theoretical considerations it is not possible to attain a better result, without corrections for temperature and tension, when using a Wild T2 theodolite, a Kern DKM 2 level and a traverse measuring tape, which are the usual instruments on more important construction sites.

It is recommended however that the shape of such a traverse should be examined before the measurements are taken. From the point of view of error theory, it is not immaterial what shape a traverse has.

General

There were practically no abnormal difficulties during erection. Even compared with results obtained on other construction sites in Sweden and abroad, the results of the study at the Farsta site are favourable. This is due to accurate setting out of the main base lines and intensive dimensional control.

There were some problems, however, during placing of the non-load bearing components due to inclination of the columns and deformations in the girders (deviations in the rectangular opening dimension).

The study has shown that the dimensions shown on the drawings should be such as to make setting out easy, and that the staff who do the actual setting out should have plenty of time in which to prepare their work. If rationalisation is to be achieved, co-operation between the designers and a surveyor is absolutely necessary at the design stage.

Rapport R18:1971

MÄTTNOGGRANNHETEN VID BYGGNADSSTYRELSENS NYA BYGGSYSTEM

Studier vid Televerkets förvaltningsbyggnader i Farsta
1966-69

DIMENSIONAL ACCURACY IN THE NEW CONSTRUCTION SYSTEM OF
THE NATIONAL SWEDISH BOARD OF PUBLIC BUILDING

Studies at the new administration buildings of the
Swedish Telecommunication Administration at Farsta
1966-69

av John van den Berg

Denna rapport avser projekt 136 inom Statens institut
för byggnadsforskning. Arbetet har utförts inom insti-
tutets produktionsgrupp med civilingenjör John van den
Berg som utredningsman. Försäljningsintäkterna till-
faller fonden för byggnadsforskning.

INLEDNING

Enligt Kungl. Byggnadsstyrelsens (KBS) uppdrag av den 1.11.1965 har Statens institut för byggnadsforskning (SIB) genomfört en måttnoggrannhetsstudie vid uppförandet av Televerkets nya förvaltningsbyggnader i Farsta.

Anledning till denna undersökning var att det vid projekteringen av det valda byggsystemet har visat sig nödvändigt att utvidga kunskaperna om geometriska toleranser, dels angående deras storlek, dels hur dessa toleranser är hanterbara i praktiken.

Uppdraget var en forskningsuppgift och var således helt skilt från varje form av affärsmässig måttkontroll.

Parallellt med måttstudierna har SIB, ävenledes på uppdrag av KBS, följt upp produktionen av ovannämnda byggnader. Resultatet av denna studie redovisas i en särskild rapport. En stor del av det förberedande programarbetet har gjorts av civ.ing. L. Klingberg.

Måttstudierna har gjorts inom SIBs produktionsgrupp, där civ.ing. Göran Hellsten är forskningsledare. Utredningsman har varit civ.ing. John van den Berg. Mätarbetet på byggplatsen har huvudsakligen utförts av ing. Tomas Ahlin, som tillsammans med ing. Rune Wretman också har medverkat i bearbetningen av mätdata. En analys av polygonnätet har utförts av civ.ing. B. Krijger vid Tekniska Högskolan, Delft, Holland. Figurerna har ritats av Fru Agnetha Cederroth.

INNEHÅLL

<u>1</u>	<u>BESKRIVNING AV UNDERSÖKNINGEN</u>	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Uppläggning	8
<u>2</u>	<u>OBJEKTBESKRIVNING</u>	10
2.1	Situationsplan	10
2.2	Konstruktionssystem	10
2.3	Tidplan	11
2.4	Byggnadsentreprenör	11
2.5	Utsättning och den affärsmässiga måttkontrollen	12
2.5.1	Mätning väsendet på byggplatsen	12
2.5.2	Utgångsläget vid måttsättningen	12
2.5.3	Måttkontroll	13
2.5.4	Toleranser	13
<u>3</u>	<u>LITTERATURINVENTERING</u>	15
<u>4</u>	<u>METODIK VID REDOVISNING AV MÄTDATA</u>	17
4.1	Allmänt	17
4.2	Mätvärdernas karakteristika	17
4.3	Bestämning av toleranser	20
<u>5</u>	<u>MÄTDATA FRÅN DEN FÄRDIGMONTERADE STOMMEN</u>	21
5.1	<u>Pelare</u>	21
5.1.01	Allmänt	21
5.1.02	Utsättning för pelare	21
5.1.03	Pelarnas läges avvikelse vid fundament	22
5.1.04	Avstånd savvikelse mellan pelare vid fundament	23
5.1.05	Pelarnas lod avvikelse	23
5.1.06	Pelarnas rakhets avvikelse	27
5.1.07	Pelarnas läges avvikelse på de olika våningsplanen	27
5.1.08	Avstånd savvikelse mellan pelare på samma våningsplan	30
5.1.09	Pelarnas diameter och den fyrkantiga delens storlek	30

5.1.10	Excentricitet mellan pelardelar	31
5.1.11	Vridning av pelare kring centrumlinjen	31
5.1.12	Höjdavvikelser hos pelarnas centrumplatta	31
5.1.13	Höjdavvikelser hos pelarkonsoler	31
5.2	<u>Fasadelement</u>	32
5.2.01	Allmänt	32
5.2.02	Utsättning för fasadelement	32
5.2.03	Avvikelser från fasadens stomlinje	34
5.2.04	Innerskivans lodavvikelse	36
5.2.05	Avvikelser från vertikalt montageplan hos fasad- elementens innerskiva	39
5.2.06	Förskjutning mellan innerskivor hos intilliggande fasadelement	40
5.2.07	Avvikelser från vertikalt montageplan hos fasad- elementens sidokanter	41
5.2.08	Förskjutning mellan sidokanter hos fasadelement på olika våningar	44
5.2.09	Fogar mellan fasadelement (längdavvikelser)	45
5.2.10	Rätvinkelavvikelser	47
5.2.11	Sidornas rakhetsavvikelser	48
5.2.12	Planhetsavvikelser	48
5.2.13	Höjdavvikelser	50
5.3	<u>Balkar</u>	51
5.3.01	Allmänt	51
5.3.02	Utsättning för balkar	51
5.3.03	Avvikelser från horisontellt montageplan U.K. balk	51
5.3.04	Avvikelser från horisontellt montageplan Ö.K. balk	51
5.3.05	Höjdavvikelser som förorsakar förskjutning mellan intilliggande D-komponenter	53
5.3.06	Längdavvikelser	54
5.3.07	Längdförändring efter avspänning	54
5.3.08	Breddavvikelser	55
5.3.09	Avvikelser från balkhöjd	55
5.3.10	Fogar mellan balk och pelare	56
5.3.11	Förskjutning mellan pelare och balk	56
5.3.12	Lodavvikelser vid balkarnas sidokanter	57
5.3.13	Sidokrokighet (storbuktighet)	57
5.3.14	Ingjutningsdetaljer	58
5.3.15	Överhöjning (undersidan)	58
5.4	<u>Hålbjälklagselement</u> (D-komponent)	59
5.4.01	Allmänt	59
5.4.02	Utsättning	59
5.4.03	Tjockleksavvikelser	59
5.4.04	D-komponenters avvikelser från horisontellt montage- plan	59

5.4.05	Förskjutning i höjddled mellan intilliggande D-komponenter	60
5.4.06	D-komponenternas lägesavvikelser i balkriktningen .	63
5.4.07	D-komponenternas lägesavvikelser i längdriktningen	63
5.4.08	D-komponenternas riktningsavvikelser	65
5.4.09	D-komponenternas längd- och breddavvikelser	65
5.4.10	Rakhetsavvikelser av D-komponenternas långa sidor .	65
5.4.11	Fogar mellan D-komponenter	65
5.4.12	Lägesavvikelser på D-komponenternas ingjutningsgods	66
5.4.13	D-komponenternas upplag vid balk- och fasadelement	66
5.4.14	Avvikelser från detaljmått	66
5.4.15	D-komponenternas nedböjning	66
5.4.16	Buktighet av underkant vid upplaget (kortsidan) . .	67
5.4.17	Planhetsavvikelser av D-komponenternas underyta . .	67
5.5	<u>TT-kassetter</u>	68
5.5.01	Allmänt	68
5.5.02	Utsättning	68
5.5.03	Breddavvikelser	69
5.5.04	Längdavvikelser	69
5.5.05	TT-kassetternas tjocklek	69
5.5.06	TT-kassetternas skevhet	69
5.5.07	Sidokrokighet	69
5.5.08	Överhöjning	69
5.5.09	Avvikelser från horisontellt montageplan (uk element)	70
5.5.10	Förskjutning i höjddled mellan intilliggande TT-kassetter	70
5.6	<u>Avstånd och utrymmen mellan elementen samt avstånd mellan element och platsgjutna delar</u>	71
6	<u>NOGGRANNHET HOS POLYGONNÄTET</u>	73
7	<u>ALLMÄNT</u>	76
	<u>LITTERATUR</u>	77
	BILAGA 1: FIGURER	79
	CAPTIONS	234

1 BESKRIVNING AV UNDERSÖKNINGEN

1.1 Bakgrund

Behovet av lokalanskaffning för de civila statliga verksamheter, för vilket Kungl. Byggnadsstyrelsen svarar, har under senare år vuxit i en sådan utsträckning att en inriktning på tids- och arbetsbesparande metoder vid byggnadsproduktionen har blivit nödvändig. Det medför en övergång i största möjliga utsträckning från traditionellt objektbundet arbete till ett industriellt byggande med förtillverkade byggnadsdelar. Byggnadsstyrelsens första objekt i denna utveckling är Televerkets nya byggnader i Farsta. Med undantag av några platsgjutna delar monterades de nya kontoren med fabrikstillverkade komponenter. För att ytterligare förkorta byggnadstiden utfördes även källarvåningarna med prefabricerade element.

Styrning av byggnadsproduktionen i industrialiserad riktning betyder inte bara standardisering och normering av byggnadsdelar och arbetsmetoder utan även att man - inom vissa gränser (toleranser) - behärskar de geometriska momenten vid tillverkning och montering av byggnadsdelar. Avvikelser från planerade dimensioner och lägen kan innebära svårigheter vid montering och komplettering av husets stomme och därmed även medföra en dyrbar leveransförsening. Andra allvarliga konsekvenser av en "geometrisk vanvård" är att farliga belastningar uppstår, t.ex. excentriska, att störande estetiska effekter faller i ögonen eller att byggnadstekniska olägenheter uppstår, t.ex. att fogar kan blir för stora eller för små.

Eftersom ett, ur geometrisk synpunkt, totalt felfritt byggande skulle bli oerhört dyrt - även om det praktiskt vore möjligt - tillåter man vissa toleranser, dvs. vissa måttavvikelser.

1.2 Syfte

Som redan nämnts i förordet var anledningen till föreliggande undersökning den att det var nödvändigt att fördjupa kunskaperna om geometriska toleranser vid byggnadsstyrelsens nya byggsystem. Dessa toleranser är ett medel att styra måttnoggrannheten hos den färdiga stommen. (Med måttnoggrannhet menas att man värderar relationen mellan en färdig byggnad eller en byggnadsdels läge samt dimensioner och de mått som ritningen anger; med andra ord en bedömning av byggnadens geometriska kvalitet.)

Den resulterande måttnoggrannheten hos den färdiga stommen beror på:

1. Måttnoggrannheten hos plats- och fabrikstillverkade element.
2. Den måttnoggrannhet, med vilken man kan montera ett element på sin - genom utsättning - angivna plats.
3. Metoder och instrument som används vid utsättning av mått.

Kännedom om dessa resulterande och bildande måttnoggrannheter, som kan uppnås i praktiken underlättar bildandet av det underlag som behövs vid bestämning av toleranser.

Undersökningens syfte var att studera den noggrannhet med vilken Televerkets nya förvaltningsbyggnader har uppförts. Denna uppgift är en av de första studierna som ingår i ett större arbete som syftar till att få fram tillämpbara toleranser inom byggbranschen. Resultatet av en av de inledande studierna på detta område i Sverige har tidigare publicerats av - sedermera framlidne - Ingemar Nyquist i rapporten: Måttnoggrannhet och toleranser vid monteringsbyggeri. Bland andra objekt som mätts och analyserats kan nämnas Östra Sjukhuset i Göteborg, vilket arbete leds av Lennart Klingberg. Denne har också under de senaste åren gjort undersökningen av några metoder för mätning och utsättning på byggplatsen. Resultaten härav har bl.a. redovisats i informationsblad och tidskriftsartiklar.

1.3 Uppläggning

Undersökningen var ett samarbete mellan Kungl. Byggnadsstyrelsen, (KBS), Farstakonsortiet (FK) och Statens institut för byggnadsforskning (SIB), varvid dock SIB hade huvudansvaret.

Arbetet var fördelat enligt följande:

1. Insamling av primära material vid fabrik utfördes av FK.
2. Studien på arbetsplats och härtill hörande mätningar gjordes av SIB.
3. Bearbetning av resultaten utfördes genom SIBs försorg.
4. Resultaten sammanställs och utvärderas av SIB, varvid samråd sker med FK innan resultatet framlägges.

Data insamlades således både på byggplatsen i Farsta och vid de fabriker, där byggnadsdelarna tillverkades.

Delresultat har under hand redovisats i en arbetsgrupp med representanter för KBS, FK och SIB. Under byggperioden ingick i denna arbetsgrupp:

KBS	avd.dir.	B. Bergvall	(Sammankallande)
FK	övering.	K.G. Bernander	(AB Strängbetong)
	ing.	J. Iggström	(Cegement)
	civ.ing.	T. Ågren	(A-Betong)
SIB	civ.ing.	G. Hellsten	
	civ.ing.	J.W. van den Berg	

Mätning av element vid fabrik har utförts av tillverkarna enligt deras program (se SIBs PM av den 31.5.1967) medan SIBs PM av den 25.8.1965 ligger till grund för mätningen på byggsplatsen i Farsta. Sistnämnda mätningar koncentrerades kring kvarteret Ludvig. För vissa studiemoment har dessutom kompletteringsmätningar gjorts i kvarteren Helge och Ivar, FIG. 1.

2 OBJEKTBESKRIVNING

2.1 Situationsplan

Till följd av saneringsplaner för centrala Stockholm fick Televerket utrymma sina lokaler i kvarteret Fyrmörsaren vid Brunkebergstorg i Stockholm och flytta till nya kontorsbyggnader. Dessa byggnader, som är planerade för ca 1400 personer, ligger invid Televerkets tekniska laboratorier i Farsta. Kostnaderna uppskattades av KBS till 65 miljoner kronor i 1962 års penningvärde.

Med tanke på stadsbild, funktionsmässiga krav, planeffektivitet och kostnad valdes 2- och 3-våningshus. Den nya bebyggelsen är uppdelad i kvarter av olika form, FIG. 1, som dock är sammansatta av ett och samma grundelement, en kringbyggd kvadratisk gård.

2.2 Konstruktionssystem

Med undantag av några platsgjutna delar monteras de nya kontoren med fabrikstillverkade komponenter. Platsgjutna delar är i huvudsak grundplintarna och hörntornen. Dessa hörntorn, som förlagts till de inre mörka hörnen, är statiskt och mättekniskt sett stabiliserande element under montagearbetet, FIG. 2.

Genom en noggrann måttsamordning har alla element ritats på sådant sätt att deras mått utgör multiplar av 3M (där M = 100 mm).

De viktigaste komponenterna i anläggningen är fasad-, bjälklags-, balk- och pelarelement, FIG. 3. Fasadelementen är av sandwichtyp, varvid det inre skiktet är bärande. För att kunna undvika ytavjämning behandlings är bjälklagselementen försedda med plana över- och undersidor. Elementsektioner av sistnämnda komponenter har utformats med runda kanaler för framdragning av varmluft och kablar, som dessutom gör elementen lättare. Balkelementen är av enkel form. Pelarna, som är hushöga, har fastgjutna upplag för balkarna.

Stommen består alltså av bärande fasadelement, pelare och balkar. Bjälklagselementen vilar således på fasaden och balkarna, FIG. 3.

2.3 Tidplan

Den 17 maj 1963 underställdes Kungl. Maj:t program för denna nybyggnad och i november samma år fick Kungl. Byggnadsstyrelsen i uppdrag att starta projekteringarna.

Påbörjandet av schaktningsarbetena planerades till september 1965, men på grund av de kända restriktionerna vid uppförande av kontorsbyggnader, uppsköts påbörjandet till november 1966.

Tidskravet på genomförandet av byggnadsprojektet var så högt att en normal byggprocess - där produktionen börjar först när program- och projekteringsarbetet har avslutats - skulle ta alltför lång tid. Därför valdes en tidplan där produktionen sätts igång innan projekteringen är helt avslutad. Eftersom en entreprenad till fasta priser eftersträvades, har en uppdelning i fyra entreprenadetapper gjorts, nämligen:

1. Schakt och sprängning.
2. Platsgjutna stombyggnadsdelar.
3. Prefabricerade stombyggnadsdelar.
4. Stomkomplettering samt fast inredning och utrustning.

Televerkets egna inredningar kallas etapp 5.

Tidplan för etapperna 1-4 har skisserats i FIG. 4.

2.4 Byggnadsentreprenör

För den prefabricerade stommen (etapp 3) svarar ett konsortium bestående av:

- AB Strängbetong
- AB Skånska Cementgjuteriet
- A-Betong AB

Detta konsortium - Farsta-konsortiet (FK) - svarade för leverans och montering av elementen till stommen och delade sinsemellan upp åtagandet, så att AB Strängbetong tillverkade balkar (B), TT-plattor (T), pelare (P) och trappor (R); Cegement (AB Skånska Cementgjuteriet) fabricerar sandwich- (S), beklädnads- (L) och väggelement (V), medan hålbjälklag (D) och plana plattor (K) görs av A-Betong AB. Montering av stommen utfördes av AB Strängbetong.

Byggnadsentreprenör för etapp 1, 2 och 4 var AB Skånska Cementgjuteriet. Ovanstående avsnitt behandlas mera detaljerat i rapport R 13:1970.

2.5 Utsättning och den affärsmässiga måttkontrollen

Här följer endast en kort inledning av berörda arbetsmoment, en närmare behandling följer samtidigt med redovisningen av mätresultaten.

2.5.1 Mätningväsendet på byggplatsen

Vid angivandet av mått förekommer tre olika moment, nämligen utsättning av:

1. Byggnadens begränsningslinjer.
2. Kvarterens stomlinjer (FIG. 5).
3. Detaljlinjer som bildar en förtätning av stomlinjenätet.

Stockholms Stads mättningsman utförde arbetet under punkt 1. Utsättningen under punkt 2 gjordes av byggherren. För punkt 3 svarade byggentreprenören. Punkterna 2 och 3 berör direkt byggnadens måttnoggrannhet medan utsättning av begränsningslinjer även är av juridisk karaktär (t.ex. plats på tomten, förhållande till tomtgräns).

I de mättekniska ärendena representerades byggherren av ingenjörsfirman Orrje & Co.

2.5.2 Utgångsläget vid måttsättningen

Från det nät, som ligger över varje kvarter och som bildas av ovannämnda stomlinjer har vissa linjer utvalts till baslinjer, från vilka all måttsättning har gjorts. Dessa baslinjer, FIG. 5, är matematiskt förbundna med varandra genom ett polygonnät, FIG. 6, som är anslutet till Stockholms nät och som går runt omkring hela projektet. För samtliga baslinjer utsattes punkter från detta nät med hjälp av geodetiska metoder, t.ex. avskärning, och befästades på s.k. bakpunkter, som består av ett borrhål i en dubb i berg, FIG. 7. Från bakpunkterna drogs baslinjerna sedan ut över arbetsplatsen och markerades först med spik på profilställningarna och senare på färdiga pelarfundament genom ett borrhål i en stålbricka som var fastbultad i betongen med s.k. Hiltispik, FIG. 8. För att snabbt kunna återutsätta baslinjerna på olika våningsplan är dessa linjer "försäkrade" på stålkonso-ler som är monterade mot de platsgjutna trapphustornen, FIG. 9. Dessa konsoler var även utgångspunkt vid höjdmätning på olika våningsplan. Från baslinjerna skedde förtätningar av nätet.

2.5.3 Måttkontroll

Under hela byggtiden har byggherren utfört en noggrann måttkontroll vid alla etapper. Såväl formsättning som färdiga delar har kontrollerats.

2.5.4 Toleranser

I de två PM som behandlar utsättning och måttkontroll skriver byggherren bl.a. följande om de geometriska toleranserna:

"Helt allmänt kan här anges att begränsningen av modulområdet för platsgjutna hörntorn ligger 20 mm utanför de nominella måtten. För envåningsdelar som skyddsrum, fristående platsgjutna väggar m.m. är motsvarande mått 10 mm.

Toleranserna för den platsgjutna stommen är:

Alla mått gäller med en noggrannhet av ± 10 mm.

Alla dimensionsmått, som pelardimensioner, väggdjocklekar m.m. gäller med en noggrannhet av ± 5 mm.

Alla plushöjder gäller med en tolerans av ± 10 mm.

Fasader:

1. Avvikelse från vertikalt montageplan, fasadytan, max. ± 20 mm.
2. Storbuktighet i horisontalled, fasadytan, pilhöjd max. 20 mm, mätsträcka 264 M.
3. Storbuktighet i vertikalled, fasadytan, pilhöjd max. 15 mm, mätsträcka 90 M.
4. Småbuktighet i horisontalled och vertikalled, fasadytan, pilhöjd max. 5 mm, mätsträcka 24 M.
5. Avvikelse från horisontellt montageplan, överkant och underkant fasadkomponent, max. ± 10 mm.
6. Storbuktighet överkant fasadkomponent, pilhöjd max. 10 mm, mätsträcka 72 M.
7. Avvikelse från vertikalt montageplan, komponenternas sidokanter, max. ± 10 mm.
8. Storbuktighet, fasadkomponenternas sidokanter, pilhöjd max. 15 mm, mätsträcka 90 M.
9. Förskjutning mellan intilliggande komponenter, max. 5 mm på insida och max. 8 mm på utsida, gäller i såväl sida, höjd som djupled.
10. Avvikelse från nominell fogbredd, max. ± 5 mm.
11. Avstånd mellan fasad och korridorpelare samt mellan fasader på ömse sidor om korridorpelare, max. ± 15 mm.

Hålbjälklag:

1. Avvikelse från horisontellt montageplan, max. ± 20 mm.
2. Storbuktighet, bjälklagsyta, pilhöjd max. 20 mm, mätsträcka 144 M.
3. Småbuktighet, bjälklagsyta, pilhöjd max. 7 mm, mätsträcka 72 M.
4. Förskjutning mellan två intilliggande komponenter, max. 5 mm, för passbitar gjutna i träform gäller max. 8 mm.

5. Avvikelse från nominell fogbredd, max. ± 5 mm, för passbitar gjutna i stålform med träavstängare och i träform gäller max. ± 8 mm.
6. Avvikelse från fasadens insida för tallriksventilens ursparing, max. ± 7 mm.

Spända bjälklag:

1. Avvikelse från horisontellt montageplan, max. ± 20 mm.
2. Storbuktighet, bjälklagsyta, pilhöjd max. 30 mm, mätsträcka 288 M.
3. Småbuktighet, bjälklagsyta, pilhöjd max. 20 mm, mätsträcka 72 M.
4. Förskjutningar mellan intilliggande komponenter, max. 10 mm. Vid komponenter med ljusöppning, max. 15 mm.
5. Avvikelse från nominell fogbredd, max. ± 7 mm.

Pelare:

1. Avvikelse i avstånd mellan pelare, max. ± 15 mm.
2. Avvikelse från vertikala montageplan för pelarens lodlinje, max. 15 mm.
3. Avvikelse i höjdläge för konsol på pelare, max. ± 7 mm.

Balkar:

1. Avvikelse från horisontellt montageplan, balkmitt, max. ± 10 mm.
2. Överhöjning, pilhöjd max. +10 mm, -0 mm, mätsträcka lika med balklängd.
3. Storbuktighet för balksida, pilhöjd max. 7 mm, mätsträcka lika med balklängd.
4. Avvikelse från nominell fogbredd, max. ± 7 mm.
5. Förskjutning mellan balk och pelare, max. 5 mm."

3 LITTERATURINVENTERING

SIB började Farstaundersökningen med en inventering av den litteratur som behandlar instrument och metoder som används vid utsättning och mätning på byggplatsen samt vid kontroll av förtillverkade byggnadsdelar. I huvudsak berörs geodetiska och mekaniska instrument och metoder. Såsom första utkast har skrivits fyra delar med titeln: "Metoder för mätning av element och rum", som redan har presenterats för Byggnadsstyrelsen och Farstakon-sortiet. Sedermera har rapporten omarbetats till en del och publicerats i september 1969 under nr 42:1969 med titeln: "Utsättnings- och kontrollmättningsmetoder vid byggnadsproduktion".

För att kunna bilda sig en uppfattning om rapportens innehåll, lämnas nedan några av de moment som antecknades i inventeringen.

Vid läsning av litteraturen ser man att vid alla utsättningar och mätningar, mätnoggrannheten är en viktig del när man syftar till en hög måttnoggrannhet. Det bör därför vara ett krav att en kvalificerad fackman - helst en mättningsingenjör är på platsen för att utföra eller leda arbetet. Denna person har kännedom om instrumentets egenskaper och mätmetodens möjligheter samt orsak till fel, med vilka de kan vara behäftade. Merkostnader - säger litteraturen - för en fackman är mycket små och lätta att förränta genom att kostsamma ändringsarbeten kan undvikas.

Det antecknades också i litteraturen att även en utsättare bör ha god tid på sig för att kunna förbereda sina uppgifter. Utsättning och kontrollmätning bör därför också ha ett eget utrymme i produktionens tidplan.

I inventeringen omnämns också ett antal utsättningsmetoder vid monteringsbyggeri samt några möjligheter för markering och signalering av utgångspunkter härvid.

I redovisningen av utsättningsmetoder hos några monteringsbyggerier berättades att punkter i det stomlinjenät, som är utlagt på ett våningsplan, kan vara angivna med ett grundmedelfel om ± 4 mm,

Vid beskrivning av kontroll och mättningsmetoder hos förtillverkade element påpekar flera författare att man även bör känna till det utrymme som ifrågavarande element behöver, vilket dock kan medföra tunga mätdon vid besiktning av större element.

Denna litteraturinventering behandlar endast en liten del av den internationella litteraturen inom området och gör således inte anspråk på fullständighet. Avsikten är dock, att inom ämnesområdet kunna få en global uppfattning om vad andra har gjort tidigare.

4 METODIK VID REDOVISNING AV MÄTDATA

4.1 Allmänt

Bedömningen av ett objekts måttnoggrannhet sker generellt efter bestämning av ett antal avvikelser:

1. Dimensionsavvikelser hos de ingående elementen, längd, bredd, höjd, tjocklek, diameter.
2. Formavvikelser, t.ex. planhets- och rakhetsavvikelser.
3. Lägesavvikelser hos de ingående byggelementen.
4. Fogavvikelser.
5. Avvikelser hos det utrymme, som bildas av dessa element, som följd av 1, 2, 3.

De vid 1 och 2 nämnda avvikelserna uppstår, av någon anledning, under tillverkning av element, vid lagerhållning eller när de transporteras till byggplatsen.

Lägesavvikelse är en kombination av de avvikelser som uppstått vid angivandet av elementets plats i byggnaden och vid monteringen av elementet på denna plats. Dessa avvikelser kallas ofta utsättnings- och placeringsfel.

Lägesavvikelser kännetecknas av sex s.k. frihetsgrader, nämligen förflyttningar och vridningar, FIG. 10. I nedanstående kapitel redovisas förflyttningarna x och y som avvikelser från baslinje, förflyttningen z som höjdavvikelse. Vridningarna M_x , M_y och M_z anger horisontavvikelse, lodavvikelse och parallellitetsavvikelse. Lägesavvikelserna anges i förhållande till de baslinjer som har utsatts av byggherren.

4.2 Mätvärdenas karakteristika

Redovisning av mätresultatet sker i allmänhet i form av grafiska framställningar, s.k. histogram, FIG. 11. På en vågrät linje sätter man ut en skala med lika många steg som motsvarar de olika avvikelserna. På denna skala ritas staplar, vilkas höjd anger hur många gånger en viss avvikelse har iakttagits. Vanligare är dock att sådan höjd anges i procent av totala antalet observationer, FIG. 11.

I FIG. 11 t.ex. visas att 22 % av den mätta storheten hade en avvikelse om +1 mm. Man brukar också ange antal mätningar N ,

medelvärde M , standardavvikelse S och ibland den gällande toleransen T , samt procent P av de observationer som ligger utanför toleransgränserna.

Medelvärde och standardavvikelsen är storheter som används vid beskrivning av Gauss' normalfördelningskurva, FIG. 12. Denna kurva är en teoretisk fördelning av alla avvikelser som kan förekomma. Histogrammet i FIG. 11 kan dock aldrig övergå i en sådan kontinuerlig fördelning, eftersom det skulle betyda att man övergick till oändligt små mätintervaller.

Medelvärde M är det aritmetiska medelvärde av de konstaterade avvikelserna. I FIG. 11 är avvikelserna fördelade eller spridda mellan $+4$ och -3 mm. Det vanligaste spridningsmåtten som man härvid brukar använda är standardavvikelsen S . Standardavvikelsen anger att ungefär 68 % av det undersökta materialet ligger innanför de gränser som ligger på ett avstånd S till vänster och höger om medelvärdet, i FIG. 11 alltså mellan $-0,76$ mm och $+2,76$ mm. S är ett koncentreringsmått kring medelvärdet; med andra ord en kvalitets mått.

Ju mindre standardavvikelsen är desto större är måttnoggrannheten under förutsättning att systematiska fel inte förekommer, dvs. när medelvärdet ligger långt ifrån ritningsmåtten.

Beräkningsmässigt är standardavvikelsen lika med roten ur medelvärdet å kvadraten av differensen mellan en avvikelse och motsvarande medelvärde. Ett grafiskt uttryck för standardavvikelsen är det horisontella avståndet från kurvans mittaxel till kurvans brantaste punkt - inflexionspunkten.

Kurvan har bl.a. följande egenskaper:

Inom området	$+s$	$-s$	ligger	68,27 %	av avvikelserna
"	"	$+2s$	$-2s$	"	95,45 % " "
"	"	$+3s$	$-3s$	"	99,73 % " "

Fördelningen av redovisade avvikelser antas vara normal. Vissa tester har gjorts för att kontrollera detta.

Beräkningsexempel

x	f	fx	M-x	(M-x) ²	f·(M-x) ²	f·(M-x)
-3	1	-3	+4	16	16	+4
-2	2	-4	+3	9	18	+6
-1	3	-3	+2	4	12	+6
0	6	0	+1	1	6	+6
+1	7	+7	0	0	0	0
+2	6	+12	-1	1	6	-6
+3	5	+15	-2	4	20	-10
+4	2	+8	-3	9	18	-6
Σ	32	N = 32			96	0

x = avvikelserna som förekommer i denna mätserie.

f = antal gånger avvikelserna har konstaterats.

$$N = \Sigma f = 32$$

$$M = \frac{\Sigma fx}{N} = \frac{32}{32} = +1$$

$$S = \pm \sqrt{\frac{\Sigma f \cdot (m-x)^2}{N-1}} = \frac{96}{31} = \pm 1,76$$

Standardavvikelsen används i den här rapporten som en kvalitetsbeskrivning av vissa objekt. Liknande storhet är medelfelet, som dock kommer in i bilden när man redogör för mätmetodens noggrannhet.

På vissa ställen i rapporten behandlas inverkan av t.ex. två olika avvikelser, a och b på en tredje avvikelse, c. Samspelet mellan avvikelserna a och b anges med kovarians S_{ab} eller med korrelationskoefficient p.

Härvid gäller:

$$S_c^2 = S_a^2 + S_b^2 + 2S_{ab} \quad \text{med} \quad S_{ab} = p \cdot S_a \cdot S_b$$

4.3 Bestämning av toleranser

Rapporten ger en uppfattning om de måttavvikelser som finns hos Farsta-Tele. Huruvida detta stickprov är representativt för monteringsbyggeriet i allmänhet, eller för detta byggsystem i synnerhet, har ännu inte utretts. Vid bestämning av toleranser räcker det inte med en enstaka rapport som underlag, utan det behövs flera. Utsättningsmetodikens möjligheter och eventuella föreslagna förbättringar bör prövas i praktiken, och därefter bör resultaten tas med i diskussionen. Det är därför svårt att redan här presentera ett förslag till toleranssättning.

För att man av denna rapport skall kunna skaffa sig en uppfattning om toleransernas storleksordning, återges här två formler som publicerats i utländska rapporter:

$$T = \pm W.S.$$

eller om medelvärdet M avviker från nollvärdet

$$D = 2(|M| + W.S)$$

där D = totala toleransområdet

S = standardavvikelse

W = 3 (oftast)

M = medelvärde (tages här positivt).

5 MÄTDATA FRÅN DEN FÄRDIGMONTERADE STOMMEN

Huvuddelen av studiematerialet har hämtats från kvarteret Ludvig. Vissa kompletteringar har dock gjorts i Helge och Ivar.

5.1 Pelare5.1.01 Allmänt

De hushöga pelarna, FIG. 13, placerades i 70 cm djupa holkar, FIG. 14. Runt dessa holkar var pelarcentrum angivet genom körnslagmarkeringar på 4 st. metallbrickor, FIG. 8. Utgående från markeringarna monterades styrlinjaler mot holkarnas vertikala ytor. Dessa linjer gör att pelaren tvingas in i ett visst läge, FIG. 15.

För att kunna få upplagen för balkarna att ligga på den rätta höjden, skapades möjlighet att justera pelarna med en bult som gängades i en ingjuten hylsa i pelarens botten. Pelarna vilade med denna bult på en stålplatta som var ingjuten i holkens fot, FIG. 14.

Justerbultens längd beräknades efter avvägning av plattan i holken och mätning av avståndet mellan underkant bult och överkant av det första balkupplaget, FIG. 42.

Efter inpassning i holken vreds pelaren i rätt läge. Lodläget kontrollerades med vattenpass eller teodolit varefter konstaterade avvikelser justerades med hjälp av tråkilar, FIG. 16. Efter kontrollavvägning av balkupplaget fylldes holken med betong.

5.1.02 Utsättning_för_pelare

Korridorpelarna är alla placerade på kvarterets baslinjer. Som redan nämnts kunde man utsätta längdriktningen direkt från bakpunkter, FIG. 5 och 6. Baslinjer markerades först med ett blyertsstreck på betong, över vilket sedan placerades en stålbricka. Efter inriktningen av en körnare kunde baslinjen markeras genom ett hål i stålbrickan. Befästning av pelarens centrum, linjen vinkelrät däremot, gjordes genom längdmätning. Utgångspunkt för denna mätning var skärningspunkten av två baslinjer (t.ex. baslinjerna P och 2 i FIG. 5) och avslutades i skärningspunkten mellan en av baslinjerna och en annan (t.ex. P och 9 i FIG. 5). Markering av baslinjen i riktningen vinkelrätt mot baslinjen gjordes också genom ett hål i en stålbricka (FIG. 8).

För utsättning av styrlinjaler i holkarna använde timmermannen ett träkors som lades över balken och som passades in efter körnslagen, FIG. 17. Därefter lodade man med ett vattenpass träkorsets kanter ned över holkens innersida mot botten, varvid en rits gjordes i betongen utefter vattenpasset. Denna angav baslinjen och därmed centrum för styrlinjalerna. Utgående från träkorsets centrum justerades linjalernas inbördes avstånd med snörlod och tumstock.

Någon särskild höjd för balkarnas upplag angavs inte, utan man avvägde centrumplattorna direkt från fixpunkterna. Sedan fortsatte man med den höjjustering som omnämns i 5.1.01.

5.1.03 Pelarnas lägesavvikelse vid fundament

Lägesavvikelsen har mätts i förhållande till de givna baslinjerna. Utgångspunkter var baslinjens bakpunkter. Efter montering av pelarna var baslinjen inte längre - mättekniskt sett - tillgänglig, varför mätning utfördes från en linje parallellt med baslinjen.

Histogrammet i FIG. 18 visar att toleransgränserna inte överskridits vid dessa lägesavvikelser. De redovisade avvikelserna i FIG. 18 är lägesavvikelserna i baslinjens riktning och de som är vinkelräta mot baslinjen. Totalt har hos 51 pelare dessa lägesavvikelser bestämts.

Inverkan av utsättningsfel är liten ($S = \pm 2$ mm) och kan ytterligare minskas om brickor på holkarna är av tjockare material än det rostfria bandjärn som används nu, eventuellt kan man ta något kortare brickor. Det kunde konstateras att brickorna var upphöjda efter någon tid, varigenom markeringen förflyttades något. Det mest känsliga mätmomentet förekommer dock vid insättning av styrlinjalerna. Det trånga utrymmet i de 700 mm djupa holkarna gör att hanteringen av mättonen måste ske under obekväma arbetsställningar, något som knappast kan leda till ett noggrant arbete.

I den tyska litteraturen rekommenderas ofta användning av två teodoliter vid montering av pelare. Dessa teodoliter är centrerade över punkter på linjer som är parallella med baslinjen respektive stomlinjen (jfr FIG. 5), teodoliternas riktlinjer är således vinkelräta mot varandra.

Vid monteringsstillfället kontrollerades pelarnas läge genom mätning av avstånd mellan betongytan och siktlinjerna. Lägesjustering sker här med styrskruvar, FIG. 19, som ersätter styrlinjalerna.

Man kan också parallellförflytta baslinjen och stomlinjen och markera dem med en rits i en stålskiva på holkens överkant, FIG. 20. Dessa ritsar har nu samma funktion som siktlinjen till en teodolit. Vid dessa två metoder slipper man besvärliga mätarbeten hos styrlinjalerna. Ritsen signaleras lämpligen genom två små hål genom skivan. Rost kan nämligen göra att ritsen försvinner.

5.1.04 Avståndsavvikelse mellan pelare vid fundament

Lägesavvikelse gör att också avstånden mellan pelarna varierar. Fördelningen av dessa visas i histogrammet i FIG. 21.

5.1.05 Pelarnas lodavvikelse

En av de mest framträdande avvikelserna hos monterade betongelement är lodavvikelsen.

Vid montering justerades inte pelarna över hela höjden utan endast våningsvis, dvs. att man efter monteringen av ett hålbjälklag kontrollerade och justerade den ännu fritt stående pelardelen. Denna kontroll utfördes dels med teodolit, dels med ett långt vattenpass, s.k. "Danderydvattenpass". På bottenvåningen korrigerades lodläget genom att man stack ned tråkilar mellan pelaren och holkväggen. Lodläget hos pelarna, som står på skyddsrum, justerades med hjälp av bultarna i fotplattan.

Pelarnas lodläge på de andra våningarna kontrollerades och justerades på vissa ställen, FIG. 27.

Lodavvikelsen har bestämts i två vinkelräta riktningar; i balkriktningen (B i FIG. 22) och i riktningen mot fasaden (F i FIG. 22). Vid dessa undersökningar har ett vertikalt mätplan konstruerats med hjälp av en teodolit. Mätplanet var det samma för alla våningar, FIG. 22. Det visade sig att lodavvikelserna i balkriktningen, FIG. 23, hade en något större spridning än avvikelserna i riktningen mot fasaden, FIG. 24.

En lodavvikelse i balkriktningen kan vara förorsakad av:
(FIG. 25)

1. Lägesavvikelse som medför att avståndet mellan pelarna är för kort. Man är då tvungen att forcera emellanliggande balkar, vilket i sin tur innebär att pelarna kommer att stå snett.
2. För långa balkar. För stora längd avvikelser hos balkar har samma effekt som placeringsfel under 1. Dessa avvikelser kan då även styra lodläget.
3. Montageförfarandet. Man kan fråga sig om montageförfarandet stör lodläget hos pelare som redan är justerade.
4. Lodinstrument eller mätmetod.

Varken pelarnas lägesavvikelser eller längd avvikelser hos balkarna var så stora, att de kunde påverka pelarnas lodläge. Inte heller har en felaktig kombination av dessa avvikelser förekommit vid de pelare som har undersökts.

Nästa moment i denna lodningsfråga var: Vad gör pelarna när man monterar balkarna? Är det enbart fråga om en temporär eller en permanent deformation på grund av montage och en tillfällig ensidig belastning, eller finns själva montageförfarandet också med i bilden?

Vid pålyftning av balkar på pelarens konsol konstaterades vid pelarens topp en tillfällig förskjutning om 7 mm, som dock återställdes nästan helt när balken låg på plats. Vad som återstod var en avvikelse om högst 2 mm, som försvann när man hade monterat balken på andra sidan. Men i allmänhet justerade man balkarna i längdled, varvid man såg till att det fria avståndet mellan balk och pelare blev lika vid båda ändar, FIG. 26. Detta gjorde man med ett spekt.

Under dessa manövrer pendlade pelartoppen fram och tillbaka över ett 80 mm avstånd. Vad nu ofta hände var att man inte flyttade själva balken utan pelaren. Man ändrade alltså lodläget, och den maximala permanenta avvikelse, som vi uppmätte var vid pelartoppen 14 mm. Man har försökt att justera dessa avvikelser med hjälp av teodolit, men eftersom fogningen gick ganska fort kom man ofta för sent.

Vid undersökning av lodavvikelserna i riktningen mot fasaden konstaterade vi att varken geometriska avvikelser hos bjälklags-element eller montageförfarandet har styrt pelarnas lodläge.

Lodavvikelseerna är, för alla våningar utom källaren, av samma storleksordning, nämligen den som redovisas i FIG. 23 och 24. I källare och i plan 1, hos de pelare som är monterade på skyddsrum, är lodavvikelseerna dock mindre. Standardavvikelseerna för lodavvikelse i mm per meter ges i nedanstående tabell.

Riktning	Plats		
	Källare	Skyddsrum	Våningar
balk	±1,25	±1,75	±1,93
fasad	±1,16	±1,13	±1,47

I balkriktningen berodde avvikelseerna på justering av balken i längdled efter pålyftning. Avvikelseerna i riktningen mot fasaden uppstår på de övre våningarna också vid justering av intillstående pelare, eller av okänd orsak, förmodligen vind, samt genom lodningsmetod på bottenvåning.

Vanligen justerades pelare på de övre våningarna först efter montering av balkarna, FIG. 27 och 28. Endast vad som bedömdes vara de värsta fallen uttogs för korrigerings. Om man nu emellertid spände en vajer t.ex. vid pelaren C i FIG. 27, så ändrades inte bara denna pelares läge utan - genom balkförbindelsen - även B och D, i några fall till och med A och E. Pelarens vertikala lägesavvikelse kunde mätas med mätmärken som var klistrade på pelarens fyrkantiga förtjockningar, FIG. 29. Med teodolit uppställd över en given mätlinje, kunde man genom att rikta mot skalan på mätmärkena, observera pelarens förändringar vid montage av andra element eller vid korrigerings av läget.

Med hjälp av dessa mätmärken var det också möjligt att undersöka pelarnas fristående del, när montage av en pelargrupp inte pågick i närheten. Även då kunde det konstateras att läget inte var konstant. Ändringar om 6 mm inom några timmar vid pelartoppen förekom ofta. Någon märkbar orsak förelåg härvid inte. Man kan endast förmoda att vinden pressade pelarna i en viss riktning, huvudsakligen kring den första fyrkantiga förtjockningen, FIG. 13 (3 meter över fundamentet).

Av dessa observationer kan man dra slutsatsen att vid sådana slanka pelare, lodläget inte kan behärskas utan hjälpmedel. Hjälpmedel kan t.ex. vara strävor, FIG. 30, som stöder pelardelarna tills nästa våning har monterats.

Anordningar som tvingar pelarna i lod är de redan omnämnda träkilarna, FIG. 14 och 16. Genom att slå på dem med en slägga rör sig pelaren i önskad riktning. I allmänhet är en sådan finjustering arbetsam, eftersom den tänkta sista smällen gärna vill styra pelaren genom lodläget i stället för exakt. Enligt litteraturen ger centreringsanordningen i FIG. 19 möjlighet till en snabb justering av pelare. Inköpspriset är förmodligen något högre än för styrlistor och kilar av trä, men korrigeringen av läget och lodriktningen går i gengäld smidigare och blir billigare. Dessutom uppnås en större måttnoggrannhet.

Som redan nämnts skedde lodning av pelare med ett långt vattenpass eller med en teodolit. Lodningen med vattenpass gick så till, att man tryckte donet mot pelaren och justerade denna tills blåsan spelade in. Här förekommer ett antal felkällor som dock lätt kan undvikas. För det första är pelarna buktiga, för det andra inverkar sol- eller handvärme, och för det tredje är vattenpasset för kort.

Buktigheten hos de cylindriska delarna är inte stor, max. 2 mm över 2 meter ($S = \pm 0,7$ mm, se FIG. 31B) men det medför trots det att man inte lodar pelaren utan en tangent mot pelare (se även FIG. 52 I). Man kan skruva dubbar på vattenpasset som gör att man lodar punkter vid ändarna, FIG. 31A. Handvärme framkallar förmodligen inte stora mätfel. Solvärme däremot gör att libellen deformeras. Eftersom materialet oftast inte är homogent sker deformationen ojämnt, dvs. blåsan som alltid söker den högsta punkten kommer då att ligga excentriskt. Vid monteringen låter man blåsan spela in och tror då att pelaren är i lod. Men i verkligheten står den snett. Man kan i viss mån eliminera dessa fel genom att vrida vattenpasset och kontrollera om mät donet fortfarande visar lodläget. För korta vattenpass gör att man inte kan rikta över hela våningshöjden.

Övriga orsaker är mer allmänna störningskällor vid lodningsmetoder, såsom solsken på lodinstrumentets vattenpass; små diameteravvikelser hos pelarna vid golv och tak som gör att den ena sidan står i lod medan den andra är sned; avvikelser vid anläggning av mätstänger; och sist men inte minst, olika temperatur vid golv och innertakshöjd intill pelaren, som medför att det optiska mätplanet inte längre är vertikalt. Dessa fenomen stör alla lodningsmetoder med optiskt instrument. Ibland vidtar man då vissa åtgärder, t.ex. lodar vid de lägre morgon- eller kvällstemperaturerna.

Vad som redan har nämnts om deformation av libellen i ett vanligt vattenpass gäller också här. Efter att solen har värmt upp libellen ligger blåsan inte längre symmetriskt, men det behöver inte betyda att teodolitens horisontalläge också har ändrats. Första reaktionen hos observatören är i allmänhet att han börjar skruva till. Risken blir då att man förstör horisonteringen. Efter några minuters mätning ser man att blåsan slår ut mot ett annat ställe, och man börjar skruva på nytt. Under varma dagar kan processen således vara ändlös.

För att undvika solsken på instrumentets libell använder man inom geodesin parasoller. Man kan dock tänka sig att det är svårt att hantera ett parasoll på byggplatsen. Det erfordras bl.a. en anordning att fästa parasollet i. En bra förbättring får man om man viker en bit vit kartong över libellen.

Bidraget av nämnda felkällor till lodavvikelse är föremål för en undersökning.

5.1.06 Pelarnas rakhetsavvikelse

Genom olika lodavvikelser hos dellängder är en korridorpelare inte längre rak. FIG. 32 och 33 visar hur rakhetsavvikelserna är fördelade efter montering av pelarna.

Mätningen, som gjordes på fabrik, visar ett mycket bättre resultat. Här var standardavvikelsen endast $\pm 0,99$ mm mot $\pm 4,68$ och $\pm 4,12$ efter monteringen. Undersökningen på fabrik gjordes dock strax efter avformning. På grund av något otillräcklig lagring på fabrik eller på byggplatsen, och vid monteringen, när pelaren lyftes med stropp, ändrades raketten hos dessa slanka pelare.

Fabriksmätningarna visar dock att sammankoppling av små delpelare till hushöga kan göras med stor rakhetsnoggrannhet.

5.1.07 Pelarnas lägesavvikelser på de olika våningsplanen

De redan nämnda lägesavvikelserna vid fundament och delpelarnas lodavvikelser gjorde att pelarcentrum avvek från det tänkta vertikala montageplanet.

Dessa avvikelser har mätts både i balkriktningen och i riktningen mot fasaden. I balkriktningen, FIG. 35, blev $M = 1,4$ mm och $S = \pm 8,5$ mm. Avvikelserna i riktningen mot fasaden har en liknande fördelning med $M = -0,6$ och $S = \pm 8,0$ mm. I båda fallen

översteg ca 8 % av värdena toleransgränsen. Av FIG. 34 framgår att t.ex. avvikelserna från vertikalt montageplan på plan 2 kan skrivas:

$$D_2 = P_L + L_1 + L_2$$

eller

$$D_2 = P_L + L_1 - L_2 \text{ osv.}$$

där P = pelarens lägesavvikelse vid fundament

och L = lodavvikelse per våning.

Per pelare är P konstant medan L_1 och L_2 varierar. I det totala mätmaterialiet varierar både P och L. Fördelningen av D redovisar samspelet mellan de redan kända storheterna P och L. Enligt den allmänna "felfortplantningslagen" gäller för avvikelserna på plan 2:

$$S_{D_2}^2 = S_{P_L}^2 + S_{L_1}^2 + S_{L_2}^2 + 2r_1 S_P S_{L_1} + 2r_2 S_P S_{L_2} + 2r_3 S_{L_1} S_{L_2}$$

och med $S_{L_1} = S_{L_2} = S_{LP}$

$$S_{D_2}^2 = S_{P_L}^2 + 2 S_L^2 + 2 S_P S_L (r_1 + r_2) + 2 r_3 S_L^2$$

där r_1 = korrelationskoefficient (varierar mellan -1 och +1).

Korrelationskoefficienten är ett mått på samspelet mellan P och L. Storlekarna S_P och S_L kan vara konstanta för många byggnader, kvarter eller pelargrupper, medan r_1 och därmed D_1 varierar från sample till sample. En grafisk framställning kan belysa i vilken grad de båda avvikelserna bidrar till den totala avvikelserna (D). I FIG. 36 är - för de båda mätriktningarna - standardavvikelserna S karterade våningsvis. Dessa värden har förbundits med varandra genom den heldragna linjen I. Sedan har mätmaterialiet betraktats på nytt, men nu har avvikelserna beräknats från lodlinjen genom pelarens centrum vid fundament. Här har man alltså antagit att lägesavvikelserna vid fundament var lika med noll. Per våning kunde avvikelserna från denna lodlinje avläsas ur materialet, varefter karakteristikerna i deras fördelning beräknades. De nya standardavvikelserna har också karterats i FIG. 36. Den streckade linjen II förbinder dessa punkter. Man ser nu att inverkan av en felplacering av pelarna i holkarna var liten i riktningen mot fasaden och i balkriktningen nästan nihil.

Lodavvikelseerna dominerar alltså i hög grad. Vid en à priori uppskattning av S_D antas S_P och S_L okorrelerade, dvs. r_1 lika med noll. Andel av S_P och S_L i S_D kan då illustreras genom nedanstående formler.

$$S_{D_1}^2 = S_{P_L}^2 + S_L^2 \quad \text{för plan 1}$$

$$S_{D_2}^2 = S_{P_L}^2 + 2 S_L^2 \quad \text{för plan 2}$$

$$S_{D_3}^2 = S_{P_L}^2 + 3 S_L^2 \quad \text{för plan 3}$$

$$S_{D_4}^2 = S_{P_L}^2 + 4 S_L^2 \quad \text{för plan 4 (takets)}$$

eller med de kända siffervärdena för balkriktning, FIG. 18

plan (n)	S_P^2	nS_L^2	$S_{D_b}^2$	$S_{D_m}^2$	S_{D_b}	S_{D_m}
1	23,02	+ 33,42	= 56,44	39,95	7,5	6,3
2	23,02	+ 66,84	= 89,86	69,31	9,5	8,3
3	23,02	+ 100,26	= 123,28	81,40	11,1	9,0
4	23,02	+ 133,26	= 156,28	108,45	12,5	10,4

för riktningen mot fasaden:

1	23,02	+ 19,76	= 42,78	44,24	6,5	6,7
2	23,02	+ 39,52	= 62,54	59,60	7,9	7,7
3	23,02	+ 59,28	= 82,30	72,30	9,1	8,5
4	23,02	+ 79,04	= 102,6	76,60	10,1	8,8

där $S_{D_b}^2$ erhålles ur $S_P^2 + n S_L^2$,

$S_{D_m}^2$ " " direkta mätningar

och n = antal våningar.

De understrukna värdena anger lodavvikelseernas andel. Av tabellerna framgår också att S_{D_m} är mindre än S_{D_b} .

(Skulle den i praktiken otänkbara situationen uppstå att medelvärde: $M_L = 0$ och $S_L = 0$, blir

$$S_D = S_P = \pm 4,8 \text{ mm.})$$

5.1.08 Avståndsavvikelse mellan pelare på samma våningsplan

Avståndet mellan två pelare på ett visst våningsplan beror på deras läges- och lodavvikelse. Generellt gäller för plan 1, FIG. 37:

$$A_1 = A_n - P_1 - P_2 - L_1^1 - L_2^1$$

där A_n = ritningsmått. Under antagandet att korrelation mellan P och L inte förekommer är enligt den "allmänna felfortplantningslagen":

$$S_{A_1}^2 = S_{P_{L_1}}^2 + S_{P_{L_2}}^2 + S_{L_1}^2 + S_{L_2}^2$$

$$\text{Med } S_{P_{L_1}}^2 = S_{P_{L_2}}^2 \text{ och } S_{L_1}^2 = S_{L_2}^2$$

$$\text{gäller för plan 1: } S_{A_1}^2 = 2 S_P^2 + 2 S_L^2$$

$$\text{" " " 2: } S_{A_2}^2 = 2 S_P^2 + 4 S_L^2$$

$$\text{" " " 3: } S_{A_3}^2 = 2 S_P^2 + 6 S_L^2$$

$$\text{" " " 4: } S_{A_4}^2 = 2 S_P^2 + 8 S_L^2 \text{ (vid taket).}$$

Lodavvikelseverkan på S_A är alltså avsevärt farligare än den som är förorsakad av lägesavvikelse vid fundament. 15 % av värdena överskred toleransgränsen.

5.1.09 Pelarnas diameter och den fyrkantiga delens storlek

De i föregående kapitel redovisade lod- och lägesavvikelseverkan hänförs till pelarnas centrumlinje. Vid inmätningen av pelare var det därför nödvändigt att bestämma pelarnas diameter samt dimensioner av de fyrkantiga förtjockningarna.

Fördelningen av diameteravvikelseverkan är ritad i FIG. 38A. Härvid kan påpekas att de avvikelseverkaner som ligger utanför gränserna -5 och +4 endast förekommer hos delpelarna i källaren. Hos dessa, som har en diameter på 330 mm, har diametern mätts på två ställen (två vinkelräta riktningar) nämligen direkt under plan 1 samt ovanför holken. Största skillnaden mellan mätten vid toppen och botten var 7 mm. Fördelningen av diameteravvikelseverkaner har medelvärde 0,2 mm och standardavvikelse $\pm 2,3$ mm. Histogrammet i FIG. 38B berör den fyrkantiga delen.

5.1.10 Excentricitet mellan pelardelar

Under stommontage kunde excentriciteten mellan delpelaren direkt mätas. Detta tillgick så att från en teodolit-uppställning har flera delpelare iakttagits enligt principen i FIG. 22.

Histogrammet i FIG. 39 ger fördelningen av excentricitet.

5.1.11 Vridning av pelare kring centrumlinjen

Efter placering i holken vreds pelaren i rätt läge med ett spett. Styrlinjalen och pelarens nedre ända är så utformade att pelaren låses i en viss riktning. Genom avståndsskillnaden mellan dessa styrlinjaler och pelarens plana ledytor uppstår ett glapp som gör att pelaren står något vriden. Fördelningen av dessa vridningar visas i FIG. 40 och avser mm per 350 mm, dvs. övre bredden av pelarens fyrkantiga förtjockningar.

Det har inte konstaterats att dessa vridningar hindrade montaget av balkarna.

5.1.12 Höjdavvikelser hos pelarnas centrumplatta

Innan pelarna monterades avvägde man centrumplattan, FIG. 41, i holken och mätte avståndet mellan första konsolen och pelarens höjdskruv för att kunna beräkna dennas längd, FIG. 42. Centrumplattorna var dock behäftade med stora höjdavvikelser, FIG. 41. Det visade sig att någon höjdmätning med hjälp av ett avvägningsinstrument inte har ägt rum, utan man har nöjt sig med att sikta över betongformarnas kanter.

Dessa stora höjdskillnader medförde att man ofta fick lägga ett stort antal stålskivor mellan höjdskruv och centrumplatta. För betongstommens måttnoggrannhet har detta dock ingen betydelse. Om höga staplar av stålskivor är bra för konstruktionens stabilitet kan diskuteras.

5.1.13 Höjdavvikelser hos pelarkonsoler

Som redan nämnts beräknades höjdskruvens längd efter avvägning och längdmätning. Efter montering hade konsolen en viss höjd. Histogrammet i FIG. 43 belyser hur mycket de första konsolernas höjd avviker från den planerade höjden. 9 % av de mätta värdena var större än toleransen. Överskridande av toleransgränser innebär dock inget hinder vid montering av balkar. Konsolernas nominella höjdmått är 20 mm lägre än balkens uppslagsyta. För varje

balk uträknades det antal höjdjusteringsbrickor, som var nödvändigt mellan balken och konsolen. För höga konsoler medför dock att överytan hos de fyrkantiga förtjockningarna inte kommer att ligga i jämnhöjd med överytan hos de intilliggande komponenterna. Även höjdavvikelse kombinerad med avståndsavvikelse mellan konsolen och den fyrkantiga delens överyta, FIG. 45, spelar härvid en roll.

Förhållandet till andra våningsplan är liknande, eftersom konsolernas inbördes avstånd har ringa avvikelse, FIG. 44. Däremot var fördelningen av avvikelserna för avstånd mellan den första konsolen och pelarbotten inte så koncentrerad. (Standardavvikelse = +8,3.) I princip behövs här ingen stor måttnoggrannhet, eftersom konsolhöjden regleras med justerskruven.

Den i FIG. 42 skisserade längdmätningen är inte den metod som var gängse på byggplatsen utan ett förslag till förbättring. Vid bestämning av justerskruvens längd mätte man endast till pelarbotten och inte till justerskruvens bärande yta, exempelvis med hjälp av en vinkelhake. Eftersom botten i allmänhet inte var vinkelrät mot pelaren blev justerskruvens längd också behäftad med fel.

5.2 Fasadelement

5.2.01 Allmänt

Fasaden består av element, FIG. 46, med bärande innerskiva, s.k. "Sandwich type". Komponenterna vilar på upplagsbultarna som är justerbara i höjddled.

I fasadriktning placerades elementen utmed eller parallellt med en på golvet utsatt hjälplinje. Vinkelrät mot fasadlinjen fanns endast lägena utsatta på de platsgjutna delarna. Justering av fasadelementens läge på de övriga våningarna skedde i riktningen vinkelrät mot fasaden, genom att man syftade in kanten i förlängningen av den underliggande komponenten. Efter lodning av innerskivan med vattenpass fästes elementet med ett temporärt stag. Detta togs bort efter montering av hålbjälklag.

5.2.02 Utsättning för fasadelement

Montering av fasadelement skedde utefter en, av montörerna utsatt, detaljlinje som var parallell med baslinjen genom pelarraden. Som redan nämnts har man försäkrat dessa baslinjer på konsoler mot trapphustorn. För att undvika skada och åverkan monterades

dessa konsoler två meter över golvet. Vid utsättning i plan lodade man ned försäkringspunkten mot golvet med ett vanligt snör-lod, FIG. 47. Från den nedlodade punkten (N i FIG. 47) satt man ut ett avstånd NF_1 i en riktning vinkelrät mot fasaden. På varje trapphustorn får man alltså två punkter F_1 och på varje kvarter åtta. Genom att parvis förbinda dessa punkter realiseras detaljlinjen (även kallad monteringslinjen). Dessa linjer kan sammanfalla med elementets stomlinje eller vara parallella med denna.

Markeringen av punkterna F_1 bestod av spik på trä- eller fiber-skivor. Monteringslinjen utgjordes av en vanlig rikttråd spänd mellan spikarna eller en färgad linje på golvet. Den sistnämnda märkningen får man genom att något lyfta ett hårt spänt färgsnöre och sedan släppa det. Snöret träffar då golvet och lämnar härpå kvar en tydlig linje.

Nackdelen med en vanlig rikttråd är att denna inte sitter spänd någon längre tid och på grund härav ger en felvisning, när ett föremål har råkat komma ovanpå.

Förlängningen av monteringslinjen skedde antingen medelst en teodolit eller manuellt. Teodoliten ställdes upp över den ena F-punkten och riktades mot den andra. Efter genomslag av kikare kunde då en hörnpunkt (H i FIG. 47) riktas in i siktlinjen.

Den manuella eller, som man ofta säger, den mekaniska metoden innebär att man befäster tråden, t.ex. på spiken i F_2 , FIG. 47, och sedan sätter sig med tråden i handen någonstans vid H_A . Man svänger tråden kring F_2 tills den tangerar spiken i F_1 . Tråden anses då sammanfalla med linjen $F_1 F_2$. Det är dock svårt att av-göra när tråden rör spiken; ofta går man för långt. Noggrannheten vid detta förfarande är därför inte så god som vid teodolit-mätning.

Utsättning av monteringslinjer parallellt mot fasaden gjordes på alla våningar. Angivandet av modulområdet på dessa linjer, dvs. måtten vinkelrätt mot fasaden, gjordes dock endast på bottenplanet. Man började att sätta av de 2400 mm långa modulområdena vid en F-punkt. I FIG. 47 har dessa figurer nummerats med 1, 2, 3 osv. Som redan nämnts, valde man som utgångsläge på de övriga planen det nedanför monterade elementet.

Speciell utsättning för elementhöjd gjordes inte, utan elementet justerades i höjddled under monteringen. På elementets överkant hängde man en måttkäpp eller en avvägningsstång. Med kännedom om höjden på avvägningsinstrumentets siktlinje och den önskade höjden på elementets överkant, kunde man då beräkna den motsvarande stångavläsningen.

Med hjälp av justerbultarna, på vilka elementet vilar, höjdes eller sänktes elementen tills den beräknade avläsningen sammanförts med instrumentets siktlinje.

5.2.03 Avvikelser från fasadens stomlinje

Avvikelser från fasadens stomlinje uppstod på grund av avvikelser vid utsättning av monteringslinjer och vid placering av element på dessa linjer. Histogrammet i FIG. 48 representerar således de värden som har uppmätts vid elementens underkant. Avvikelser som är större än 10 mm ligger alla på linjerna $F_i H_i$, dvs. efter den markering som man får genom förlängning av linjerna $F_i F_j$. Toleransgränsen på 20 mm har inte överskridits.

Arbetsmoment som ingår i montering av ett fasadelement är:
(FIG. 47)

1. Nedlodning av försäkringspunkter på konsolerna.
2. Utsättning av avståndet NF , med hjälp av ett måttband, samt markering av F_i med spik.
3. Markering av linje $H_i F_i F_j H_j$ vid montage-tillfället, dvs. befästningen på spikar.
4. Placering av element.

1. Lodningen skedde med ett vanligt snörlod, s.k. mekanisk lodning. Genom optisk lodning har 28 punkter undersökts. Medelfelet i den mekaniska lodningen visade sig vara $S_1 = 1,73$ mm (över en lodningshöjd på 2 300 mm). Medelfelet i en optisk lodning över denna höjd är 0,2 mm; försumbart liten således.

2. Medelfelet i utsättning av avståndet NF_i inklusive markering av punkten F var $S_2 = 1,98$ mm (över 6 650 mm). Engelska undersökningar visar att kontroll av bandspänning och temperatur är nödvändig även för korta avstånd. Enbart på grund av olika spänningar kan en 6000 mm sträcka variera mellan 5998 och 6002 mm. Vid temperaturkorrigering används i allmänhet endast lufttemperatur. Temperaturen på den betongyta som understöder bandet kan emellertid vara ansevärt högre eller lägre. I engelsk

litteratur har man rekommenderat att bandet skall vara understött av små träbitar. På sådant sätt skall bandtemperaturen bättre stämma med den mätta lufttemperaturen. Huruvida en längdmätning över träbitar kommer att fungera i praktiken är ännu inte känt.

3. Monteringslinjer angavs genom ett snöre, fastknutet på spikar. Denna befästning var dock nästan alltid excentrisk, dvs. snöret tangerar spiken och skär således inte centrum. (Detta gäller praktiskt taget alla byggen.) Dessutom lossnar snöret något efter en tid, och böjs då ned mot golvet och blockeras i ett visst läge. Inmätning av 16 sådana monteringsfärdiga linjer i förhållande till en linje genom spikcentrum gav som resultat $S_3 = 1,48$ mm.

Färgade linjer (15 st.) har också undersökts. Medelfelet var av samma storleksordning ($S = 1,45$). Förväntningen var dock att denna orubbliga markering skulle ge ett mycket bättre resultat.

4. Man placerade fasadelementen antingen över färgade linjer, (dvs. man lodade med "ögonmått") eller 100 mm från ett spänt snöre, varvid en tumstock användes.

Elementens läge har också kunnat mätas i förhållande till monteringslinjerna. Härvid erhöles avvikelser som kan definieras som placeringsavvikelse. Standardavvikelsen var vid

rikttråd $S_4 = 3,46$ mm

färgad linje $S_4^1 = 3,10$ mm.

En färgad linje gav således ett något bättre riktmärke än en tråd, fastän inte signifikant.

Nackdelen med en rikttråd är framför allt att den är en störande faktor vid montage av element. Trådens läge rubbas ofta av verktyg e.d. som råkar träffa den.

Från säkerhetssynpunkt är en tråd som är spänd några centimeter över golvet inte lämplig.

Sammanställning av de olika delavvikelserna kan göras med fel-
fortplantningslagen:

$$S_p^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2$$

Där (som redan nämnts i detta avsnitt):

S_1 = Medelfelet i den mekaniska lodningen från konsolen mot golvet. ($S = 1,73$ mm)

S_2 = Medelfelet i utsättningen av markeringarna (spikar) för monteringslinjer på ett avstånd av 6650 mm från lodpunkten. ($S_2 = 1,98$ mm)

S_3 = Medelfelet i realiseringen av en monteringslinje i förhållande till markeringarna. ($S_3 = 1,48$ mm)

S_4 = Standardavvikelse i ett elements läge i förhållande till monteringslinjer ($S_4 = 3,46$ mm)

och

$S_{\rho 1}$ = Den ur formeln beräknade standardavvikelsen i ett elements läge i förhållande till fasadens stomlinje på golvhöjd.

S_{ρ} = Den ur mätningar erhållna standardavvikelsen i ett elements läge i förhållande till fasadens stomlinje, mätt vid golvhöjd. ($S_{\rho} = 4,50$ mm)

med värdena

$$S_{\rho 1}^2 = 21,07 = 2,98 + 3,92 + 2,20 + 11,95$$

så att

$$S_{\rho 1} = 4,59 \text{ mm.}$$

Man kan härav dra slutsatsen, att utsättning av monteringslinjer (S_1 , S_2 och S_3) och montering av element (S_4) har lika stora andelar i elementens lägesavvikelse vid golvet.

5.2.04 Innerskivans lodavvikelse

När fasadelementen stod på plats lodades innerskivan med hjälp av ett "danderydsvattenpass", varefter stagen förankrades.

Vid undersökning av fasadelementens läge mättes nästan alltid de fyra hörnpunkterna i förhållande till ett vertikalt mätplan. Detta innebär att man, förutom elementens läge vid golvet, också kan beräkna elementens lodavvikelse på två ställen.

I histogrammet i FIG. 49 betyder positiva avvikelser att elementet lutar utåt. Den i figuren redovisade standardavvikelsen S_{Lf} 3,50 mm betyder inte att lodningsmetoden är behäftad med ett medelfel på 3,50 mm per våningshöjd (= 1,47 mm per meter). Det kan anses att de rapporterade lodavvikelserna har förorsakats av tre faktorer:

1. Lodningsmetod (S_M).
2. Ändring av läget vid montering av bjälklag ($S_{\ddot{a}}$).
3. Elementets form (S_{DF}).

1. Lodningsmetodens medelfel kan betecknas med S_M .

2. Hos 43 element har hörnpunkternas läge bestämts två gånger, nämligen före och efter montering av hålbjälklag. Differensen som varierar mellan +4 och -3 mm har standardavvikelsen $S_{\ddot{a}} = 1,42$ mm.

3. Med elementens formavvikelse menas här endast avståndet mellan en hörnpunkt och ett plan, som går genom de tre övriga. Detta avstånd brukar man benämna skevhet.

I FIG. 50^I är ritat ett plan genom tre punkter A, B och C. Punkt D är en punkt på detta plan. Om nu linje BC är lodrät är också AD lodrät. Linje AD', som inte ligger på planet utan skär detta i A, avviker alltså från lodlinjen.

De i FIG. 49 redovisade lodavvikelserna berör elementens båda sidor, nämligen storheterna a och b i FIG. 50^{II}. Skevheten blir: $d = b - a$.

Ett element kan inte lodas exakt om skevhet förekommer. Antingen lodar man BC eller AD. Med kännedom om ett elements skevhet skulle man kunna minska lodavvikelsen genom att ge BC och AD en lika stor lutning, dock i motsatta riktningar, FIG. 50^{III}. De lodavvikelser som sedan konstateras beror då endast på skevheten.

Skevheten d hade mätts på fabriken och kunde också räknas fram ur lodningsmätningarna på byggplatsen efter monteringen. FIG. 51 ger histogrammet till de skevheter som har konstaterats på byggplatsen. Fabriks- och byggplatsmätningar gav båda $S = 3,1$ mm.

Den minsta möjliga lodavvikelse som skevheten tillåter är $1/2 d$, FIG. 50^{III}. Lutningarnas standardavvikelse skulle i så fall bli $S_{df} = 1/4 S_d^2$.

Andelar av lodningsmetod, ändring av läget under montage av hålbjälklagselement och elementets form i de rapporterade lodavvikelserna kan uttryckas med hjälp av felfortplantningslagen:

$$S_{Lf}^2 = S_M^2 + S_{\ddot{a}}^2 + S_{df}^2 \quad \text{eller}$$

$$S_M^2 = S_{Lf}^2 - S_{\ddot{a}}^2 - S_{df}^2.$$

där (som redan nämnts i detta avsnitt):

S_{Lf} = Den ur mätningarna erhållna standardavvikelsen i ett elements lodläge. ($S_{Lf} = 3,50$ mm)

S_M = Lodningsmetodens medelfel.

$S_{\ddot{a}}$ = Standardavvikelsen i ändringar av lodläge förorsakad av bjälklagsmontage. ($S_{\ddot{a}} = 1,42$ mm)

S_{df} = Standardavvikelsen i elementens lodläge, endast beroende på elementens form. ($S_D = 1,70$ mm)

med dessa värden:

$$S_M^2 = 12,25 - 2,00 - 2,89 = 7,36 \quad \text{så att}$$

$$S_M = 2,7 \text{ mm per våningshöjd eller}$$

$$S_M = 1,13 \text{ mm per meter.}$$

Jämfört med utländska forskningsresultat är de i Färsta observerade lodavvikelserna ingalunda extrema. Standardavvikelsen S_L ligger mittemellan de utländska värdena. Detta gäller även skevheten.

Ändring av fasadelementens lodläge under montering av D-komponenter kan möjligen minskas genom en bättre staginfästning i bjälklaget.

Vad som har anförts vid pelarlodning med hjälp av ett vattenpass gäller också lodning av fasadelement. Buktighet (max. 2 mm över 2600 mm) hos den yta, mot vilken man trycker vattenpasset, medför att över- och undersidan inte kommer att ligga på samma vertikalkplan, FIG. 52^I. Solvärme gör att libellens form ändras och blåsans läge blir excentriskt, medan det för korta vattenpass innebär att man inte lodar över hela elementhöjden.

På vissa fabriker och byggplatser i Sverige och utlandet har man bemött dessa problem genom att begagna sig av långa vattenpass,

som hänger på elementets överkant och vilar med dubbar mot inner-skivan, FIG. 52^{III} och 52^{IV}. Hänganordningen gör att mätdonet är lättare att hantera. Den person som annars måste hålla fast vattenpasset, kan nu hjälpa till vid justeringen av elementet. Med dubbar på donet eliminerar man inverkan av elementets buktighet, så att överkant och underkant kan lodas över varandra. Instrumentet i FIG. 52^{IV} kan man vrida kring en vertikalaxel. Härmed möjliggörs kontroll av libellen.

Mätdonet i FIG. 52^V, som består av en rätskiva och ett vanligt lod, kan tillverkas på byggplatsen. Nackdelen är dock att vinden styr lodet i en viss riktning. Försök som har gjorts i utlandet med att använda genomskinliga plaströr i vilka loden hänger, gav dåligt resultat, eftersom många av dessa ömtåliga rör bryts sönder på byggplatserna.

5.2.05 Avvikelser från vertikalt montageplan hos fasadelementens innerskiva

På grund av de avvikelser som uppstår vid placering och lodning av fasadelement sammanfaller inte innerskivor med det tänkta vertikala montageplanet. Vid ett 350-tal komponenter har fyra punkter mätts in i förhållande till nämnda montageplan. Resultatet ges i histogrammet i FIG. 53. Knappt 0,1 % av värdena överstiger toleransgränserna.

Andelen lägesavvikelser vid golv och elementets lutning kan beskrivas med felfortplantningslagen:

$$S_V^2 = S_\rho^2 + S_{Lf}^2$$

där S_V = Den ur formeln beräknade standardavvikelsen i ett elements läge i förhållande till det vertikala montageplanet genom fasadens stomlinje.

och som redan nämnts i avsnitt 5.2.03:

S_ρ = Den ur mätningar erhållna standardavvikelsen i ett elements läge i förhållande till fasadens stomlinje, mätt vid golvhöjd. ($S_\rho = 4,50$ mm)

samt enligt avsnitt 5.2.04:

S_{Lf} = Den ur mätningar erhållna standardavvikelsen i ett elements lodläge. ($S_{Lf} = 3,50$ mm)

Med dessa värden:

$$S_V^2 = 20,25 + 12,25 = 32,50.$$

Härav framgår att inverkan av fel vid placering av element på stomlinjer är större än den som är förorsakad av elementens lutning.

5.2.06 Förskjutning mellan innerskivor hos intilliggande fasad-element

Förskjutningar mellan fasadelementens innerskivor har mätts på två ställen vid sidokanter, FIG. 54, samt vid över- och undersidan, FIG. 56. Av FIG. 54 framgår att 14 % av "sidoavvikelserna" överskred toleransen.

Ett sätt att undersöka i vilken grad läget vid golvet och innerskivans lutning har skapat dessa förskjutningar är att endast betrakta förskjutningarna mellan fasadelement vid taket. Som syns i FIG. 55^I är F_t på den höjden en kombination av förskjutningen vid golvet (F_g) och lodavvikelsen (L). Man kan nu anta att alla $F_g = 0$ och sedan upprita fördelningen av den nya F_t . Ävenledes kan alla L_i förutsättas vara noll. Den fördelning som F_t nu kommer att inta är då lika med den för F_g . Med hjälp av mätmaterial kan sådana indelningar göras.

Nedanstående tabell visar att andelarna F_g och L i F_t är lika stora, dvs. att F_t är lika stor vid $F_g = 0$ och $L \neq 0$, som vid $F_g \neq 0$ och $L = 0$.

		F_t	
		S_F^2	S_F
$F_g \neq 0$	$L \neq 0$	17.06	4.13
$F_g = 0$	$L \neq 0$	11,25	3.35
$F_g \neq 0$	$L = 0$	10.98	3.31

Utan hjälpmedel är det inte lätt att bedöma om elementen ligger jämnt eller inte. De fasade kanterna försvårar en injustering med "ögonmått", men gör å andra sidan att de redovisade förskjutningarna knappast faller i ögonen.

Förskjutningen vid innerskivan mellan element som är monterade ovanpå varandra kan också kallas excentricitet. Dess fördelning ges i FIG. 56. Av figuren framgår att man enligt felfortplantningslagen kan skriva:

$$S_e^2 = 2 S_\rho^2 + S_{Lf}^2 \quad \text{där}$$

S_e = Den ur formeln beräknade standardavvikelsen i förskjutningarna mellan innerskivor som är monterade ovanpå varandra.

Enligt avsnitt 5.2.03:

S_ρ = Den ur mätningar erhållna standardavvikelsen i ett elements läge i förhållande till fasadens stomlinje, mätt vid golvhöjd. ($S_\rho = 4,50$ mm)

Enligt avsnitt 5.2.04:

S_{Lf} = Den ur mätningar erhållna standardavvikelsen i ett elements lodläge. ($S_{Lf} = 3,50$ mm)

Med dessa värden blir:

$$S_e^2 = 2 \cdot 20,25 + 12,25 = 52,79.$$

Emellertid gav mätningarna:

$$S_e^2 = 41,10; \quad S_e = 6,41 \text{ mm.}$$

Detta tyder endast på en reducerande korrelation mellan läges- och lodavvikelser. Formeln visar dock att lägesavvikelsernas bidrag till denna excentricitet är störst.

Vid utsidan döljer ytans mönster förskjutningar mellan sidokanter av element på samma våningsplan. Däremot är över- och undersidan slät, vilket gör att ojämnheter mellan element på två olika våningsplan kan iakttagas. Fördelningen av denna avvikelse visas i FIG. 57. Av de mätta värdena var 23 % större än toleransen. Standardavvikelsen är något större här än för ovannämnda excentricitet (6,52 mot 6,41 mm). Detta kan emellertid bero på mönstrets oregelbundna form.

5.2.07 Avvikelser från vertikalt montageplan hos fasadelementens sidokanter

På fasadens stomlinje har man utsatt delsträckor på 2400 mm, inom vilka fasadelementen placerades. Komponenternas sidokanter bör härvid tangera var sitt vertikalt montageplan. Avståndet mellan dessa plan är 2388 mm. Sidokanterna får inte avvika från planen mer än 10 mm. Av FIG. 58A framgår dock att 11 % av avvi-

kelserna var större än 10 mm. Förtjockningen i histogrammets vänstra svans har förorsakats av nio intilliggande element som alla hade ett felaktigt läge på grund av en systematisk avvikelse på plan ett. Om man tog bort inverkan av dessa avvikelser, genom att spegla histogrammets högra del kring nollvärdet, skulle man få en standardavvikelse på 5,7 mm (istället för 6,0 mm i FIG. 58A) medan 9,6 % av värdena skulle ligga utanför toleransområdet.

En av orsakerna till de konstaterade vertiklavvikelserna är bl.a. elementens längdvariationer, FIG. 64. Mäter man i mitten vid golvet, får man en något bättre fördelning, FIG. 58B, med en standardavvikelse på $S = 5,1$ mm och 7,5 % ej tolererade värden.

För vidare undersökning av dessa lägesavvikelser bör utsättningsförfarandet betraktas. Förlängning av N_i -linjer, FIG. 47, och utsättning av F_i -punkter är i allmänhet ett relativt ofarligt förfarande om det görs med teodolit. Utsättning av punkterna M vid fasad mot gård är dock något komplicerad, eftersom flera arbetsmoment behövs. Först är man tvungen att utsätta en punkt I i en $N_i N_j$ -linje, sedan skall man ställa upp en teodolit över denna punkt, för att kunna sätta ut den räta vinkeln NIM och punkt M. Härvid användes som signal en spik eller blyertspenna. För kortare avstånd syns dessa riktmärken kanske stora i instrumentet, och då blir det svårt att uppskatta signalens mittlinje för fixering av hårkorsen.

Ett bättre resultat får man genom att samtidigt med utsättningen av konsolpunkterna även markera I-punkter. I en mätlinje $I_i I_j$ t.ex. $I_1 I_2$ i FIG. 47 kan man då sikta in M_1 och M_2 . Det kunde konstateras att man ibland bortsåg från detta omständliga förfarande. Avståndsmätning, inriktning av punkter och vinkelmätning med teodolit är tidskrävande. Istället har man då mätt avståndet mellan trapphustornen, för att kunna beräkna hur stora fogarna mellan anslutande fasadelement och respektive torn skall bli, så att elementraden skall komma symmetriskt mellan dessa torn.

Från M- och F-punkterna sätter man sedan ut de 2400 mm långa facken med hjälp av mätband. Standardavvikelsen härvid blev $S_u = 1,2$ mm.

Om man antar att utgångspunkterna M_i är felfria och sedan beräknar de nya e-värdena, blir standardavvikelsen 3,27 mm, medan endast 1 % av värdena överstiger toleranserna.

Nedanstående tabell ger en kort översikt av sidokanternas lägesavvikelser.

Lägesavvikelser	S	% större än toleransen
mätta värden hos sidokanter	6,0 mm	11,3
idem, men nu efter eliminering av extrema värden	5,7 mm	9,6
elementens mittpunkt e	5,1 mm	7,5
idem, men efter korrigerig av utsättningsfel på plan 1 (i punkterna M_i)	3,3 mm	1,0

Det framgår av tabellen att noggrannheten i utsättningen av punkterna M_i i hög grad har påverkat läget hos sidokanterna på de element som ligger mot gården. Elementens tillverkningsfel, här längderna, gör att standardavvikelsen ökar endast några decimaler.

Inverkan av fel vid inriktning av punkterna F_i i linjen $N_i N_j$ är betydelselös i detta sammanhang.

Enligt vad som framgår av mätresultatet, bör man vid utsättning av mått för gårdsfasaderna avväga vilket läge som är viktigast; det absoluta läget (i förhållande till kvarterets koordinat-system) eller det relativa läget (symmetriskt mellan två torn). Kräver man stor noggrannhet i det absoluta läget, bör byggherrens mätningssavdelning ordna huvudpunkter för att direkt kunna utsätta punkterna.

Dessa punkter kan t.ex. utgöras av markering på en konsol mot tornet, vilken kan utsättas samtidigt med markeringarna på de andra konsolerna. Nöjer man sig med ett relativt läge, räcker det med att placera elementraden symmetriskt mellan två torn. De nödvändiga utsättningarna härtill kan snabbt göras genom bandmätning.

Som redan nämnts siktar man in elementets sidokant över sidokanten hos elementet på våningen närmast under. Härvid styrs läget hos det nya elementet av lodavvikelsen (L_s) hos sidokanterna av det lägre elementet. Avvikelsen i lodriktningen består av rätvinkelavvikelsen (Z), se FIG. 59, och avvikelsen (W) av

elementets överkant från horisontalläget. Av fabriksmätningar fick man fram S_Z och av mätningar på byggsplatsen S_W . Detta ger med felfortplantningslagen sambandet:

$$S_{Ls}^2 = S_Z^2 + S_W^2 = 4,00 + 1,74 = 5,74$$

$$S_{Ls} = 2,3 \text{ mm (beräknat)}$$

$$S_{Ls} = 1,9 \text{ mm (mätt).}$$

Kvarstår nu noggrannhet i inriktning, dvs. den noggrannhet med vilken man monterar ett fasadelement på ett annat. Denna kan jämföras med förskjutningen (F) mellan intilliggande element på olika våningsplan, FIG. 59.

De F-värden som har mätts gav:

$$S_F = 2,2 \text{ mm.}$$

Noggrannheten i denna placering är här större än vid montering efter fasadens stomlinje (jfr 5.2.03), alltså $S_u = 3,45 \text{ mm}$. Förmodligen är det inte tillräckligt med ett snöre eller en färgad linje på golvet som riktmärke, utan man behöver tydliga markeringar. Vilka andra alternativ som föreligger har ännu inte undersökts men bör bli föremål för fortsatta studier.

Enligt felfortplantningslagen gäller: (se FIG. 59)

$$S_{vk}^2 = S_u^2 + S_{Ls}^2 + S_F^2$$

eller med de ovan angivna värdena:

$$S_{vk}^2 = 1,44 + 3,61 + 4,84 = 9,89.$$

$$S_u = \text{medelfelet vid utsättning av 2400 mm modulen.}$$

Lodavvikelser och förskjutningar har således de största andelar-na där S_{vk} = avvikelse från vertikalt montageplan (beräknat), med antagandet att punkt M är felfri.

5.2.08 Förskjutning mellan sidokanter hos fasadelement på olika våningar

Förskjutningar mellan fasadelementens sidokanter på utsidan omnämndes redan under 5.2.07. Deras fördelning har ritats i FIG. 59. Avvikelserna ligger nästan alla inom toleransgränsen. Under 5.2.07 jämfördes denna storhet med placeringsnoggrann-

heten, eftersom man har försökt att placera elementens sidokanter i förlängningen av varandra, FIG. 60^I. Detta medför att elementens hörnpunkter vid golvet inte längre sammanfaller med vertikalt montageplan utan avviker K mm, FIG. 60^I.

Ur det studiematerial som står till förfogande har vi valt ut en fasaddel och med de kända måtten placerat denna enligt ritningsmått, dvs. hörnpunkterna ligger i vertikalt montageplan, FIG. 60^{II}. Resultatet blev i så fall att 4,1 % av de teoretiska förskjutningarna (F_2 i FIG. 60^{II}) skulle vara för stora (mot 0,5 % mätt).

Elementens form och horisontalläget hos överkant medför för situationen i FIG. 60^I en liten förskjutning F_1 och en stor avvikelse från vertikalt montageplan K_v . Däremot blir K liten och F stor om elementen placeras i ett vertikalt montageplan, FIG. 60^{II}.

Vid montage kan man alltså välja mellan de båda alternativen i FIG. 60. Mättekniskt är metoden i FIG. 60^I billigare eftersom utsättning är nödvändigt enbart på bottenplanet. Metoden enligt II i FIG. 60 är säkrare. Här placeras element enligt ritningsmått, vilket kan vara viktigt om andra byggelement kräver en noggrann anslutning (t.ex. VVS).

5.2.09 Fogar mellan fasadelement (längd avvikelser)

FIG. 61 ger fördelningen av fogbreddsavvikelserna mellan elementens innerskivor och FIG. 62 de vid fasadytan.

Vid innerskivorna är 22 % av fogarna för stora, medan vid yttersidan fasaden överskred toleranserna med 11 % (8 % för stora, 3 % för små). Som framgår av FIG. 64 är fasadelementen vid innerskivorna i allmänhet för korta, vilket med excentriska placeringar medför för stora fogar. Av FIG. 65 framgår att:

$$F_m = 2400 - 1/2 L_{g1} - 1/2 L_{g2} - (e_1 + e_2)$$

där F_m = fog mätt mellan innerskivor

L_{g1} = fasadelementens längd

e_1 = osymmetrisk placering av fasadelement.

Placeras elementen symmetriskt i modulområdet beror fogbredderna endast av längden hos de intillstående elementen så att:

$$F_b = 2400 - 1/2 L_{g1} - 1/2 L_{g2}. \text{ Nu blir}$$

$$F_m = F_b + (e_1 + e_2) \text{ eller}$$

$$F_m = F_b + E.$$

Vid 82 element har mätts F_m , L_{g1} och L_{g2} . Med L_{g1} och L_{g2} beräknades 81 stycken F_b . Fördelningen för F_b hade samma medelvärde som F_m men en mindre standardavvikelse, nämligen 1,3 mot 2,4 mm för F_m . Antalet fogar F_b som var större än tillåtet var dock nästan lika stort (16 % mot 23 %) som de i fördelningen för F_m .

Ställdes toleransen på ± 7 mm istället för ± 5 mm, skulle endast 1 % av F_b vara för stor och 8 % av F_m .

Man ser att en symmetrisk placering minskar spridningen, men den påverkar i detta fall inte nämnvärt antalet överskridningar av 5 mm (toleransgränsen). Vid detta mått påverkades antalet för stora fogar huvudsakligen av innerskivornas längd, FIG. 64.

Först vid en något generösare toleransgränssättning ger en symmetrisk placering färre överskridningar, vilket nedanstående tabell visar.

Antal för stora fogar (procent)

<u>Tolerans i mm</u>	<u>% mätt</u>
5	23
6	14
7	7
8	3
9	0,5
10	-

Symmetriska placeringar föranleder dock avvikelser på annat håll, t.ex. förskjutningar mellan fasadelementens sidokanter. (som omnämns i 5.2.08).

Med samma excentriska placering, som denna del av materialet är behäftat med, kan man under antagandet att innerskiv-längderna är felfria, beräkna de fogbredder som då skulle uppstå.

Fördelningen av sådana fogar har medelvärde -1,0 mm och en standardavvikelse på 1,2 mm. Fogarna har i detta fall alltså inte blivit större än vad som tillåtes, och endast 3 % har blivit för små.

Samma slags behandling kan inte tillämpas på fogarna vid utsidan. Här föreligger ingen längdmätning som kan kopplas till fogbredder och elementens läge.

Längder hos ytterskivorna redovisas i FIG. 63 (mätt på fabrik).

Det är att märka att längdmåttet vid ytterskivornas undersida var signifikant (5 % risknivå) bättre än vid översidorna ($S = 2,5$ respektive $3,6$ mm). Vid innerskivorna är dock de båda längdmåtten av samma kvalitet.

5.2.10 Rätvinkelavvikelser

Rätvinkelavvikelse omnämndes redan i avsnitt 5.2.07 i samband med avvikelser från vertikalt montageplan hos fasadelementens sidokanter (se även FIG. 59).

Histogrammet som i FIG. 66 visar vilka värden som förekommer, är sammansatt av vinkelavvikelserna vid innerskivans vänstra och högra hörn. Standardavvikelsen för fördelning i FIG. 66 är: $S_z = 2,0$ mm.

Vid vänstra hörnet gäller $S_{z_1} = 1,9$ mm

och vid högra: $S_{z_2} = 2,1$ mm.

Skillnaden är alltså inte signifikant.

I kombination med elementens längd gör dessa rätvinkelavvikelser att elementen utnyttjar antingen ett större eller ett mindre område än vad ritningarna anger. FIG. 67 visar hur stora dessa områden är för 170 element. Man ser att rektanglarnas längd inte är så stor att sidokanterna, enbart på grund av denna avvikelse, skulle överstiga montageplanets toleranser (± 10 mm).

Man kan nu vid ett antal element mäta hur stort utrymme som en serie tar. Det längdmått som har valts i FIG. 68 berör 11 element (antalet element mellan två trapphustorn). Histogrammet visar längdavvikelserna hos dessa serier. Man ser att de utnyttjade utrymmena är för korta vid innersidan. Detta beror på de i allmänhet för korta element som bildar serierna. Man kan också

betrakta avståndet mellan motsvarande hörnpunkter på de rektanglar som innesluter intilliggande serier, FIG. 69. Dessa varierar på samma sätt som avvikelserna (vid sidokanter) från vertikalt montageplan. Totalt sett visar det sig alltså att det utrymme som ett enskilt element intar inte hindrar att ett annat element kan placeras på planerad plats.

På grund av rätvinkelavvikelse (Z) och avvikelse från horisontalläge hos elementens översida (W) skiljer sig fogbredden vid taket från den vid golvet, FIG. 70. Sambandet är även här:

$$S_{Ls}^2 = S_Z^2 + S_W^2 = 4,00 + 1,74 = 5,74 = S_{(F_u - F_n)}^2$$

Rätvinkelavvikelsen (Z) har alltså störst andel i skillnaden ($F_u - F_n$) (se även avsnitt 5.2.07).

5.2.11 Sidornas rakhetsavvikelser

a. Innerskiva

Histogrammet i FIG. 71 ger avvikelserna från raket hos elementens horisontella sidor och i FIG. 72 hos de vertikala sidorna. Rakhetsavvikelsen inverkar på fogbredden i mittpunkter på de vertikala sidorna, FIG. 73.

b. Ytterskiva

Rakhetsavvikelser hos ytterskivorna redovisas i FIG. 74 och 75. De horisontella sidorna har samma kvalitet som de på innerskivorna. De vertikala sidorna var något sämre, särskilt högra sidan ($S = 1,57$ mot $S = 0,85$ vid den vänstra sidan). Detta beror dock på något extrema avvikelser hos en av de nio stålformar, som användes vid tillverkningen.

5.2.12 Planhetsavvikelser

5.2.12.1 Rakhetsavvikelse vid innerskivans kanter

På fabrik har man mätt rakhetsavvikelsen av innerskivans 4 kanter. Histogrammet i FIG. 76 ger fördelningen av kantpunkter på de horisontella kanterna och FIG. 77 på de vertikala.

5.2.12.2 Skevhet

Skevheten har redan beskrivits i avsnitt 5.2.04, och man definierade den som avståndet mellan en hörnpunkt och ett plan som går genom de tre övriga hörnpunkterna. FIG. 51 ger fördelningen

av den skevhet som har konstaterats på byggplatsen. Denna är lika stor för de fabriksmätningar som gjordes vid avformning och utlastning. Med hjälp av de upplysningar som det totala materialet ger kan man anta att skevheten inte har ändrats under transport och montage. En direkt jämförelse mellan de olika stadierna för ett visst element var inte möjlig. Efter hand visade det sig att man härtill skulle behöva väl markerade mätpunkter, t.ex. små dubbar eller en rits i betongen och inte ungefärliga lägen. En ändring av läget ger en annan avläsning, och eftersom man behöver fyra mätningar för en skevhetsbestämning, kan andra utgångspunkter ge en helt annan skevhet. Differenser på max. 2 mm kunde konstateras.

5.2.12.3 Avvikelse i förhållande till en referensplan

På fabrik har man mätt åtta punkter per element. Dessa punkter är symmetriskt fördelade över innerskivans yta. Man kan nu bestämma avståndet mellan punkter på ytan och ett referensplan. Dessa åtta avstånd betraktas sedan som avvikelser och per element beräknas standardavvikelsen, dvs. man tar summan av kvadraten å dessa åtta avvikelser, man delar denna summa med åtta och drar till slut roten ur denna kvot.

Som referensplan kan man välja planet som går genom tre hörnpunkter, FIG. 78^I, eller ett plan enligt minsta kvadratmetoden, dvs. ett plan som går så gott som möjligt genom alla inmätta punkter, FIG. 78^{II}.

Vid val av trehörnpunktsplan antar man att de tre hörnpunkterna är felfria och ger dem alltså en högre vikt vid bestämning av planhetsavvikelsen. Med planet enligt "minsta kvadratmetoden" får man planhetsavvikelser som är mindre spridda än vid ett trehörnpunktsplan. Man förutsätter härvid att hela ytan har tillverkats med samma noggrannhet. Alla mätpunkter har således samma vikt vid bestämning av planhetsavvikelse. Fabriksmätningar har bearbetats för båda metoderna och resultaten jämförts. Det kan tilläggas att beräkning enligt "trehörnpunktsmetoden" är enklare än enligt minsta kvadratmetoden.

Ett antal element har mätts två gånger, nämligen både vid avformning och utlastning. I FIG. 79 har fyra histogram ritats; två för planhetsavvikelse enligt trehörnpunktsplanet och två enligt minsta kvadratmetoden. För båda metoderna är mätresultatet vid avformning och utlastning redovisat.

De värden som är staplade i histogrammen i FIG. 79 gäller inte en fördelning av de avstånd som har mätts mellan referensplanet och punkter på innerskivans yta, utan standardavvikelserna, per element, av dessa avstånd enligt FIG. 78. Dessa storheter är nämligen ofta ett mått på planhetsavvikelse i den internationella litteraturen. Avstånden mellan punkter på innerskivan och ett av de båda referensplanen är redovisade i FIG. 80.

Både av FIG. 79 och 80 skulle man kunna dra slutsatsen, att ändring av planhet inte ägt rum mellan avformning och utlastning, eftersom standardavvikelsen inte skiljer sig signifikant. För studie av varje element för sig fordras, som redan nämnts i avsnitt 5.2.12.2, att mätpunkterna markeras med rits, dubb e.d.

5.2.13 Höjdavvikelser

5.2.13.1 Innerskivornas höjdavvikelse

Metoden som användes vid utsättning av höjdmått har redan omnämnts i avsnitt 5.2.04.

Av histogrammet i FIG. 81 framgår att toleransgränserna inte har överskridits. Fördelningen är något osymmetrisk i förhållande till det nominella värdet. Detta beror på att man vid ett antal montageställ antog ett annat nominellt mått, nämligen 38205 eller 35205 osv. istället för 38210 eller 35210. På vissa ritningar förekommer höjdangivelse på ett inte entydigt sätt, nämligen 38200-38210. Detta bör lämpligen undvikas.

Justering i höjddled kan vid dessa element, med sina goda justeringsmöjligheter, göras med stor noggrannhet. Betraktar man ett antal serier av 16 element som har avvägts från samma siktlinje, ser man att standardavvikelsen är 1,6 mm istället för 2,5 mm i det totala materialet. Höjden på ytterskivornas översida varierar något mera ($S_y = 3,0$ mm). Detta har samband med avståndet D_H , FIG. 81, som hade $S = 1,4$ mm.

Förskjutningar i höjddled mellan intilliggande element är samlade i histogrammet i FIG. 82. Av dessa mätvärden var ca 4,5 % för stora.

5.3 Balkar

5.3.01 Allmänt

De balkar som har studerats är de rektangulärformade, FIG. 83, som är avlastade på de hushöga korridorpelarna. Uppläggningsen på pelarna består i en ursparing som omger konsolen, FIG. 83.

5.3.02 Utsättning för balkar

Den enda utsättning som behövdes var den för balkens höjd. Man avvägde pelarkonsolen och beräknade antalet höjbrickor som behövdes mellan konsolen och balkens upplagsyta för att Ö.K. (överkant) balk skulle ligga på rätt höjd. Som kontroll angavs även balkens undersida på pelaren.

5.3.03 Avvikelser från horisontellt montageplan U.K. (underkant) balk

När balken låg på plats kontrollerades inte översidan, utan man kontrollerade helt enkelt om balkens undersida sammanföll med blyertsmarkeringen på pelaren.

I FIG. 84 redovisas höjdavvikelserna vid balkarnas uppläggning; i FIG. 85 vid balkmitten och i FIG. 86 de båda storheterna tillsammans. Mittpunkterna har en mindre spridning än ändpunkterna. Balkarna ligger i allmänhet inte horisontellt, som FIG. 87 visar, och mittpunkterna verkar vara vridpunkter.

Vid ett antal balkar har mittpunkter avvägs före och efter monteringen av D-komponenterna. I FIG. 88 redovisas höjdändringarna.

5.3.04 Avvikelser från horisontellt montageplan Ö.K. balk

Höjdlägena för balkarnas översida redovisas i FIG. 89, 90 och 91. FIG. 89 gäller för ändpunkterna intill pelare; FIG. 90 för mittpunkterna och FIG. 91 för änd- och mittpunkterna.

I nedanstående tabell jämförs standardavvikelserna på översidan med dem på undersidan.

	<u>Vid uppl.</u>	<u>Vid mittpunkt</u>	<u>Uppl. + mittpunkt</u>
Översidan S _{Ö.K.}	4.08	5.08	4.61
Undersidan S _{U.K.}	5.39	4.21	5.12

(S i mm)

Att översidan vid uppläggningsen har en något bättre höjdfördelning än undersidan är kanske inte så underligt, eftersom man utgick från översidan vid beräkning av antalet erforderliga höjdbriklar, vartill mättes avstånd mellan översidan och de bärande ytorna, FIG. 83. Undersidans höjd skulle då påverkas av balkhöjdvariationer, FIG. 92.

Tabellvärdena avser dock den bärande delen av balkarnas översida och har bestämts genom avvägning med hjälp av hängstänger, FIG. 93.

Liksom vid höjjustering av fasadelement figurerar höjdangivelsen på ritningarna. Den är i viss mån med i det redovisade resultatet. Balkarnas höjdläge angavs med t.ex. 38200-38210, vilket gjorde att särskilt i början av montageperioden, båda värdena användes som utgångsdata. Om man antar att 35210 (38210 etc.) är den nominella höjden för balkmitten, visar FIG. 90 att 27,2 % av värdena är för stora. Är däremot 35200 (38200 etc.) den höjd som eftersträvas, ligger endast 9,6 % utanför toleransgränsen (T_2 i FIG. 90).

Vid de balkar som monterades efter semestern 1968 är höjdvivkelsen på balkändarna tydligt spridda kring 35200 (38200 etc.).

En sådan mätserie av balkändar har standardavvikelsen 3,5 mm, FIG. 94, mot $S = 4,1$ mm, FIG. 89. För balkmitt, FIG. 95, gäller då en nominell höjd på 35210 (38210 etc.). I ovannämnda mätserie (33 balkar) ligger 11 % av antalet mätta mittpunkter utanför toleransen, dvs. för lågt. Godkänner man medelvärdet (35205) i FIG. 95 som nominellt värde, betyder detta att en tolerans om ± 10 mm från detta medelvärde, dvs. värdena 35195 och 35215, inte överskrids. Både fabriksmätningar och byggplatsmätningar (efter montering av D-komponent) ger intryck av att en överhöjning om 10 mm sällan förekommer vid dessa balkar, FIG. 96. Medelvärdet av överhöjningar är vid färdigmonterad balk 3 mm.

Ett mera exakt resultat än det i FIG. 94 kan förmodligen inte erhållas. Detta beror på att balkarna inte har den fina justeringsmöjlighet som fasadelementen har. Det ser man också när man tittar på höjdskillnaden mellan ändarna på samma balk, FIG. 87. Standardavvikelsen är av samma storleksordning som den i FIG. 94. I princip är mätning av avstånd mellan översidan och den bärande ytan vid balkändarna inte tillräckligt. Även förhållandet till andra punkter på denna yta borde bestämmas, annars kan de höjdfel förekomma som skisserades i FIG. 83.

Förfarandet med höjdbrickor är dessutom tidskrävande. Brickorna bildar ofta en instabil hög som rasar när man monterar balken.

5.3.05 Höjdavvikelser som förorsakar förskjutning mellan intilliggande D-komponenter

Höjdavvikelser som gör att intilliggande D-komponenter inte hamnar på samma höjd kan bero på såväl tillverknings- som monteringsfel:

1. Höjdskillnader mellan balkar på vardera sidan av en pelare.
2. Överytan är inte horisontell.
3. Överytans planhetsavvikelse.

5.3.05.1 Höjdskillnader mellan intilliggande balkar

Skillnader i höjdlägen mellan intilliggande balkar redovisas i histogrammet i FIG. 97. Fördelningen har en liknande standardavvikelse ($S_{F_{bi}} = 3,6$ mm) som den för horisontalavvikelse i FIG. 87.

5.3.05.2 Horisontalavvikelse vid balkarnas överyta (vinkelrätt mot balkriktningen)

Horisontalavvikelser på balkarnas överyta i tvärled, FIG. 98, beror dels på skillnad i höjdmått, FIG. 99, och dels på att balkarna är vridna kring horisontalaxeln. Som mått på denna vridning, som är ett montagefel, föreligger ett antal avvägningar av punkter som ligger mitt emot varandra på balkens undersida. Höjdskillnaden mellan dessa punkter (parvis) antas i detta sammanhang vara vridningen kring horisontalaxeln. För 56 punkter var standardavvikelsen $S = 1,7$ mm. Vridningens andel är alltså ytterst liten, medan tjockleksskillnaden ($H_2 - H_1$) gör att överytan lutar.

Den icke horisontella överytan gör att mellan överytorna av de D-komponenter som vilar på denna balk, och som ligger i förlängningen av varandra, uppstår en höjdskillnad, FIG. 100. Fördelningen av dessa höjdskillnader har en standardavvikelse $S_{hs} = 2,0$ mm, dock under förutsättning att höjdskillnaden avtar linjärt. Överytan är dock inte plan, som sektionering av ett antal överytor visade utan något buktig. Den totala inverkan på höjdskillnaden är $S_{FLdu}^2 = 4,00 + 4,00 = 8,00$ mm eller $S_{FLdu} = 2,83$ mm (se även FIG. 137).

5.3.05.3 Planhetsavvikelser vid balkarnas överyta

I detta avsnitt skall inte avvikelser av punkter på överytan från ett visst referensplan beskrivas utan i vad mån överytans beskaffenhet inverkar på förskjutningen i höjddled vid de D-komponenter som ligger bredvid varandra på denna yta. För att kunna fastställa dessa avvikelser har överytan på ett antal balkar (i fabrik) fördelats i lika stora rutor, 170 x 170 mm. Hörnpunkter har avvägts och resultatet karterats. Sedan har denna karterade yta D-komponenter ritats och förskjutningar i höjddled mellan överytorna på dessa mätts. Dessa förskjutningar är redovisade i histogrammet i FIG. 101. Standardavvikelsen blir härvid $S_R = 1,7$ mm.

5.3.06 Längdavvikelser

Balkarna har tillverkats på två olika fabriker. Samma former har dock använts. Mätningen har gjorts före och efter avspänningen. Histogrammet i FIG. 102 har bildats av längdavvikelser på rektangulära balkar från de två fabrikerna (FIG. 104 längd-avvikelser vid fabrik V och FIG. 105 vid fabrik K).

Man kan alltså konstatera att längdavvikelserna vid fabrik V ($S_{LV} = 4,01$) var mindre spridda än de vid fabrik K ($S_{LK} = 5,61$ mm). En närmare indelning i 4400 och 6600 mm långa balkar ger en liknande bild och även en indelning i olika tidsperioder. Lösningen till problemet bör sökas vid utsättning av längdmått i formarna och sättet att förankra avstängaren i formen. Eventuell påverkan på ytbehandlingen, genom avbränning av armering vid balkändarna samt slipning, har inte undersökts.

5.3.07 Längdförändring efter avspänning

Balkarna har mätts två gånger; före och efter avspänning. I FIG. 112A visar ett antal histogram längdavvikelserna för olika balkar och mätställen. Som framgår av figuren är de flesta avvikelserna inte normalt fördelade. Flera orsaker föreligger. För det första gäller, att intervallen mellan mätningarna före och efter avspänningen är olika. För det andra, har längdmätningarna inte utförts med bandsträckare och mätresultatet har inte korrigerats med tanke på temperaturinverkan. Engelska undersökningar visar att måttband ganska snabbt antar betongens temperatur, och eftersom balktemperaturen kan variera kraftigt före och efter avspänning, uppstår ansevärliga måttfel. Försummar man bandspänning och temperaturkorrigeringar, kan maximi-felet för en 6000 mm lång balk uppgå till 3 mm.

5.3.08 Breddavvikelser

Bredden har mätts på balkarna: i V på översidan och i K både på över- och undersidan. Mätresultaten framgår av FIG. 106. Fördelningen är uppbyggd av tre komponenter, nämligen breddavvikelser Ö.K. balk i K, Ö.K. balk i V och U.K. balk i K, FIG. 107, 108 och 109. Betraktar man karakteristiken i dessa histogram, ser man att skillnader i medelvärden föreligger mellan K och V. Formutrustningen är en blandning av olika typer, nämligen de lånade från V och de olika egna typerna. Vidare gör en otillräcklig rengöring av formen efter gjutningen, t.ex. mellan formkant och formbotten, att systematiska fel uppstår. En förstyvning på formarna kan bidra till att översidans breddavvikelser minskar. Jämför man också FIG. 110 och 111, som behandlar T-balkarnas breddavvikelse, med FIG. 108 får man den uppfattningen att breddavvikelse i höjdgrad behärskas av det sätt, med vilket man behandlar och underhåller formarna. Ett studiebesök visade nämligen att formarnas basmätt inte var behäftade med större fel.

Nedanstående tabell ger en översikt på breddmätt hos balkarna.

		Rektangulära balkar			T-balkar	
		Ö.K. V	U.K. K	Ö.K. K	U.K.	Ö.K.
Antal	N	266	130	78	101	123
Medelvärde	M	0,3 mm	2,8 mm	2,8 mm	6,0 mm	-3,8 mm
Standardvärde	S	2,7 mm	2,8 mm	3,8 mm	6,8 mm	7,1 mm

5.3.09 Avvikelser från balkhöjd

Även här kan en jämförelse göras mellan produkter från V och K, FIG. 113 och 114. Medelvärdena och standardavvikelserna är signifikant olika. För att kunna förklara det systematiska felet om 7 mm, hade en mer ingående fabriksstudie varit nödvändig. Som redan nämnts under behandling av breddmätten, är formarna av olika fabrikat. Dessutom gjuts betongen på sådant sätt att en del av överytan kommer att ligga över formkanten och en annan del under, så att ytan inte har avjämnats tillräckligt efter gjutningen.

Samma sak gäller för V. Dock är det systematiska felet endast 2,3 mm och standardavvikelsen 2,3 mm istället för 7,0 respektive 2,9 mm i K. Det extrema värdet 10 mm, till vänster i FIG. 113, påverkar resultatet obetydligt.

5.3.10 Fogar mellan balk och pelare

Avvikelsen från de nominella fogbredderna mellan balkar och pelare redovisas i FIG. 115. Av 370 fogar var 7,5 % för stora och 26,7 % för små.

Av FIG. 116 framgår att:

$$F_{bL} = \frac{A-L_{gb}}{2} - e \quad \text{eller}$$

$$S_{F_{bL}}^2 = 1/4 S_A^2 + 1/4 S_{L_{gb}}^2 + S_{eb}^2$$

e_b = excentricitet (framgår av mätningarna)

med $S_e^2 = 20,25$ och de kända värdena i FIG. 37 och 102 får man:

$$S_{F_{bL}}^2 = 28,10 + 5,28 + 20,25 = 56,53$$

$$S_{F_{bL}}^2 \quad (\text{mätt}) = 49,00.$$

Av siffervärdena i formeln för S_F^2 framgår att inverkan av balkarnas tillverkningsfel är liten, och att fogbredden i första hand styrs av avstånden mellan pelarna, och i andra hand av det excentriska läget e . Man har eftersträvat att göra F_1 och F_2 lika stora; dock utan att använda mätton.

5.3.11 Förskjutning mellan pelare och balk

En förskjutning i sidled mellan en pelare och en balk, FIG. 117, beror på:

1. Balkens breddavvikelse.
2. Pelarens breddavvikelse.
3. Vridning av pelarna kring vertikalaxeln.
4. Excentrisk uppläggning av balken.

Enligt FIG. 118 gäller:

$$1/2 T_P^1 - 1/2 V_r + F_{PB} = e_p + 1/2 b \quad \text{eller}$$

$$F_{PB} = 1/2 b - 1/2 T_P^1 + 1/2 V_r + e_p \quad \text{varvid}$$

$$1/2 T_P^1 \approx 1/2 T_P \quad (\text{FIG. 38B}).$$

Tillämpning av medelfelets fortplantningslag ger:

$$S_{FPB}^2 = 1/4 S_b^2 + 1/4 S_{TP}^2 + 1/4 S_{Vr}^2 + S_{e_p}^2$$

med $S_b = 3,2$ mm, $S_{TP} = 1,1$ mm, $S_{Vr} = 3,8$ mm och $S_{e_p} = 3,8$ mm (mätt)

(FIG. 106, 38B och 40) blir

$$S_{FPB}^2 = 2,56 + 0,3 + 3,61 + 14,44 = 20,64$$

(mot $S_{FPB}^2 = 19,36$, ur mätdata).

Den excentriska placeringen av e_p , FIG. 118, är alltså den största orsaken till förskjutningar. Excentriciteten kan ha förorsakats dels av en mindre omsorgsfull placering, dels av ursparingens formavvikelse, vilken fungerar som en tvångscentrering.

Som framgår av formeln är tillverkningsfelens bidrag i S_{FPB} små.

5.3.12 Lodavvikelser vid balkarnas sidokanter

Sidokanternas lodavvikelse, FIG. 119, beror dels på att breddmåtten på balkarnas över- och undersidor, FIG. 120, skiljer sig från varandra, dels på att balkarna är vridna kring horisontalaxeln. För att kunna få ett mått på vridningen har underkanterna avvägts. För de konstaterade horisontalavvikelserna i tvärriktningen blev $S_{hs} = 2,0$ mm (se även 5.3.05.2).

Tillverkningens bidrag till de konstaterade avvikelserna är alltså något större än monterings. Som emellertid konstaterats vid 5.3.11, har ursparingens form inte undersökts på avvikelser, som skulle kunna tvinga balken i ett visst läge. Det bör vidare påpekas att balkarna har mätts efter montering av D-komponenterna. Man vet alltså inte om montageförfarandet har styrt sidokanternas lodläge.

5.3.13 Sidokrokighet (storbuktighet)

Med sidokrokighet menas här endast storbuktighet, eftersom inga andra mått än pilhöjden har bestämts. I FIG. 121 redovisas pilhöjden för olika balklängder, nämligen för de 4410 och 6810 mm långa balkarna. Härvid var 4 % av de mätta pilhöjderna för stora och ca 4 % för små. I FIG. 122 ges pilhöjderna för mätsträcken 4410. Här blev 4 % av pilhöjderna för stora och 1 % för små.

FIG. 121 och 122 avser korridor**balkar** efter montering av hålbjälklagselement.

5.3.14 Ingjutningsdetaljer

I vissa balkar finns det ingjutningsdetaljer (ϕ 25 mm rör) såväl i överytan som i de vertikala ytorna. I båda ytorna kan läget anges med koordinaterna L och H. Koordinatavvikelserna redovisas i FIG. 123-126.

Nedanstående tabell ger en översikt av avvikelsernas parametrar M, S samt antalet observationer N.

Yta/Mått		L_K	H_K	
	N	409	413	
Vertikal				
	M	-5,0	4,0	
	S	5,5	3,4	
Horisontal	N	99	86	
	M	0,1	1,7	N = antal
	S	4,3	3,6	M = medelvärde
				S = standardvärde

Detaljerna har antingen placerats före gjutningen (vertikala ytor) eller direkt efter gjutningen (horisontala ytor). Man kan förmoda att detaljerna förskjuts i de vertikala ytorna under gjutning och vibrering av betongen. Dessa detaljer är befästade på armeringen med höjningar.

Värdena på de horisontella ytorna torde representera utsättningsnoggrannheten på de här placerade ingjutningsgodsen.

5.3.15 Överhöjning (undersidan)

FIG. 127 ger histogrammet för överhöjning hos de rektangulära balkarna, mätt på fabrik. FIG. 96 ger överhöjningar efter montering av hålbjälklagselement.

I FIG. 128 återfinns överhöjningarna för T-balkar, observerade på fabrik. Mätning av överhöjning på arbetsplatsen i Farsta har inte gjorts.

De i FIG. 127-128 redovisade pilhöjderna hänför sig till en 4400 mm mätsträcka.

5.4 Hålbjälklagselement (D-komponent)

5.4.01 Allmänt

Hålbjälklagselement, FIG. 129, går från fasaden till korridor-balkarna, FIG. 13. Kanalerna i hålbjälklagen är anslutna till byggnadens värmesystem. På komponenternas översida har lagts ett ytavjämnande skikt av 1 cm asfalt-emulsion, som underlag för linoleummattor. Undersidan som är plan, utgör undertaket i kontorsrummen. Endast i ett fåtal rum förekommer ett speciellt undertak.

5.4.02 Utsättning

Utsättning av mått för att ange D-komponentens läge har inte förekommit. Man justerade läget vid monteringen. I tvärriktning bedömde man okulärt om fogarna hade de rätta storlekarna. Läget i längdriktningen mättes från fasadelementens innerskiva med särskild mätkäpp, en s.k. tolk. Från underliggande våning gjorde man en snabb besiktning, för att kunna se om fogarna var ungefär lika stora, varvid extrema fall korrigerades.

5.4.03 Tjockleksavvikelser

Ett av de viktigaste dimensionsmått är komponentens tjocklek, eftersom golvet höjd och komponenternas inbördes höjdläge styrs härav. Tjockleksavvikelsernas fördelning är redovisade i FIG. 130. De värden som avviker mer än +8 mm och -12 mm från nominellt mått är byggplatsmätningar. Det är endast 10 element; 8 från montage före och 2 efter semestern 1969.

5.4.04 D-komponenters avvikelse från horisontellt montageplan

Undersidan i FIG. 131 redovisar höjdläget av komponenternas undersida. Toleransgränsen (± 20 mm) har inte överskridits. Värdena stämmer någorlunda överens med de för fasad- och balkhöjder, men kan inte vara helt lika, eftersom även komponenternas planhetsavvikelse inverkar.

Översidan

Höjdläget på översidan framställs i FIG. 132. Avvikelserna beror på undersidans höjdläge och tjockhetsavvikelse samt på samspelet mellan dessa.

Fördelningens karakteristik avser värdena mellan +20 mm och -22 mm. Värdena som antecknats vid -23 t.o.m. -27 mm hänför sig till endast 8 punkter, alla belägna vid samma balk. På grund av större utsättningsfel har denna balk kommit för lågt.

Drar man av dessa värden från det totala materialet är 0,3 % större än toleransen; annars 0,9 %

Nedanstående tabell ger procenttalet (P) toleransöverskridningar vid olika toleransvärden. Ävenledes omnämnes härvid hur dessa procenttal är fördelade över höjden vid fasaden, vid balkarna och mitt på komponenterna. Kolumnen längst till höger är motsvarande procenttal från nybyggnationen vid Karolinska sjukhuset, där samma sorts plattor använts. Någon praktisk skillnad från Farsta föreligger inte.

Överskridanden av toleranser

Tol. mm	P (balk) %	P (mitt) %	P (fasad) %	P (tot.) Farsta %	P (tot.) Karolinska %
20	0,3	0,1	-	0,4	0,2
15	1	1	1	3	2
10	4	4	3	11	12
7	8	9	8	25	24
5	14	14	12	40	41

5.4.05 Förskjutning i höjddled mellan intilliggande D-komponenter Höjdskillnad mellan U.K. D-komponent

Histogrammet i FIG. 133 över höjdskillnader mellan intilliggande D-komponenter visar, att på undersidan ca 11 % av mätvärdena är större än toleransen. Härav ligger 3 % vid balk, 4 % vid fasad samt 4 % mellan fasad och balk.

Ett liknande resultat erhöles vid Karolinska sjukhuset, där samma slag av komponenter använts. Enligt FIG. 135 gäller för förskjutningar mellan D-komponenternas mitt på fasadelement:

$$F_{du} = S_1 - S_2 \dots \dots \dots (5.4051)$$

och vid två intilliggande fasadelement:

$$F_{d'u} = S_3 - S_4 + F_f \dots \dots \dots (5.4052)$$

där F_f = förskjutning i höjddled mellan två fasadelement.

Vid balkar gäller:

$$F_{du} = S_1 - S_2 \dots \dots \dots (5.4053)$$

$$F_{d'u} = S_4 - S_3 - F_{bi} \dots \dots \dots (5.4.054)$$

där F_{bi} = förskjutning i höjddled mellan två balkar.

Storheterna S innebär läges- och formavvikelser.

Lägesavvikelserna är förorsakade av:

1. Olika riktningar hos Ö.K. balk och fasadelement, FIG. 136.
2. Förskjutning mellan intilliggande fasadelement, FIG. 82.
3. Förskjutning mellan balkar, FIG. 97.
4. Planhetsavvikelse Ö.K. balk, FIG. 101.
5. Planhetsavvikelse Ö.K. fasadelement.

Som formavvikelse kan tänkas:

- a. Uppböjning av kortsidorna.
- b. Skevhet.
- c. Nedböjning i mitten.

Om balkarnas överkant inte har samma riktning (i höjddled) som fasadelementen innebär detta att D-komponenten vilar med två punkter på balken och med en punkt på fasadelementet, FIG. 136, eller tvärtom.

Ur mätmaterialiet (rörande avvägning av balkar och fasadelement) har 200 värden F_n beräknats, FIG. 136. Dessa låg mellan 0 och 5 mm. På grund av komponentens egenvikt blir F_n i praktiken nihil.

Inverkan av planhetsavvikelse av Ö.K. balk angavs redan i FIG. 101. De släta ytor som bildar Ö.K. fasadelement har ingen inverkan på höjdskillnader mellan två intilliggande D-komponenter. Om man nu betraktar fasadsidan och delar upp de mätta värdena i F_{du} och F_{du}^1 gäller:

$$S_{F_{du}}^2 = S^2 (S_1 - S_2) = 7,54 \text{ (se FIG. 135) och}$$

$$S_{F_{d'u}}^2 = S^2 (S_3 - S_4) + S_{F_f}^2 \quad \text{med}$$

$$S^2 (S_3 - S_4) = S^2 (S_1 - S_2) = 7,54$$

$$S_{F_{d'u}}^2 = 7,54 + 6,25 = 13,79 \quad (S_{F_f} = 2,5 \text{ i FIG. 82})$$

$$\text{(ur mätvärdena } S_{F_{d'u}}^2 = 11,50)$$

Inverkan av läges- (F_f) och formavvikelse (S_1) är alltså nästan lika stor.

Av de redan nämnda 4 % för stora höjdskillnaderna vid fasadsidan beror således 2,5 % på formavvikelse och 1,5 % på förskjutningar i höjddled mellan fasadelementen.

D-komponenternas inbördes höjdskillnader intill upptaget på balkarna beror på D-komponenternas egen formavvikelse, balkarnas planhetsavvikelse samt på höjdskillnader mellan två intilliggande balkar. Man kan av det totala antalet avvikelser först betrakta de komponenter som ligger på samma balk och sedan de komponenter som ligger bredvid varandra; dock på olika balkar. Det visade sig att i det första fallet 2 % av avvikelserna var för stora och i det andra 1 %; totalt 3 % av samtliga mätvärden.

Vid beräkning av varianser för formlerna 5.4053 och 5.4054 bör även balkarnas planhetsavvikelse, FIG. 101, ingå.

$$S_{F_{du}}^2 = S^2(S_1 - S_2) + S_R^2 \quad (\text{på balken})$$

$$10,43 = 7,54 + 2,89 \quad (\text{mätt: } 8,76)$$

$$S_{F_{d'u}}^2 = S^2(S_3 - S_4) + S_R^2 + S_{F_{bi}}^2 \quad (\text{vid pelare})$$

$$22,39 = 7,54 + 2,89 + 12,96 \quad (\text{mätt: } 10,09)$$

Höjdskillnader mellan element på samma balk förorsakades framför allt av D-komponenternas form. Mellan elementen på balkändarna är dock lägesavvikelse hos underlaget störst. I mitten förorsakar endast olika nedböjningar av D-komponenterna höjdskillnader.

Tabellen ger bidragen i procent.

	<u>Formavvikelse</u>	<u>Lägesavvikelse</u>
D-komponent	4,3	-
Olika nedböjning	4	
Fasadelement	0	1,5
Balk	0,7	0,5

eller i andelar av D-komponent och underlaget

D-komponent 8,3 %

Underlaget 2,7 %

11,0 % (se FIG. 133)

Ur mätning (dvs. det totala materialet):

$$S_{F_{d\ddot{o}}}^2 = 14,84 \quad (S_{F_{d\ddot{o}}} = 3,85 \text{ m})$$

Förekomsten av kovarianser betyder att ett visst samspel mellan $(T_2 - T_1)$ och F_{du} samt mellan T_2 och T_1 föreligger, vilket i detta fall har haft en "bromsande inverkan" på höjdskillnaden mellan elementens överkanter. Om t.ex. kovariansen $S(T_2 - T_1)(F_{du})$ hade varit noll hade $S_{F_{d\ddot{o}}}$ fått ett högre värde, $S_{F_{d\ddot{o}}}^2 = 17,14 + 9,83 = 26,97$ eller $S_{F_{d\ddot{o}}} = 5,19 \text{ m}$, vilket skulle innebära att ca 32 % av värdena ligger över toleransgränsen.

Man kan också direkt jämföra värdena på översidan med dem på undersidan. I det första fallet var 11 % av avvikelserna större än toleransen och i det senare 18 %. Om plattornas tjocklek hade varit felfri hade överytan haft samma kvalitet som underytan. Ökningen på 7 % kan då anses vara beroende av tjockleksavvikelsen.

Höjdskillnader mellan Ö.K. D-komponent som ligger i förlängningen av varandra

Dessa höjdskillnader redovisas i FIG. 137. Toleransgränserna överskrides här med 20 %.

5.4.06 D-komponenternas lägesavvikelser i balkriktningen

För läget i balkriktningen av D-komponenterna har ingen utsättning gjorts. Komponenterna fördelades "med ögonmått" över upplagen. Vid sådan fördelning av läget utgör pelarna riktmärken. Emellertid är även dessa pelare behäftade med lägesavvikelser, vilket medför att avvikelserna har ganska stor spridning, FIG. 138. För bedömning av det relativa läget, dvs. mellan två pelare, kan avvikelser från fogbredden ge en uppfattning, FIG. 144.

5.4.07 D-komponenternas lägesavvikelser i längdriktningen

Som redan nämnts har komponenternas läge i förhållande till byggnadens baslinjer inte markerats på upplagen. Man använde dock vid montage en måttkäpp, för att åstadkomma att avståndet mellan ett armaturuttag var enligt ritningen. De avvikelser som redovisas i FIG. 139 beror endast på den noggrannhet, med vilken justeringen med måttkäppen har skett. Läget i förhållande till en rät linje ges i FIG. 139A.

Följande tabell ger en översikt av toleransöverskridningar vid olika värden.

Höjdskillnader mellan U.K. D-komponent.

Tol.	P(balk) %	Pc(mitt) %	P(fasad) %	P(tot.) Farsta	P Karolinska
20 mm	-	-	-	-	-
15 "	-	-	-	-	-
10 "	-	0,3	0,2	0,5	
7 "	1,2	1,5	1,3	4,0	1,1
5 "	3,2	4,0	3,8	11,0	9,6

Höjdskillnad mellan Ö.K. D-komponent (bredvid varandra)

Av höjdskillnaderna mellan D-komponenternas översidor är 18,5 % för stora (7 % vid balk, 5 % vid fasad och 6 % i mitten).

Nedanstående tabell visar hur många värden som är större än toleransen vid olika krav. En jämförelse med Karolinska sjukhuset kunde inte göras, eftersom motsvarande mätningar inte föreligger.

Tol.	P(balk) %	P(mitt) %	P(fasad) %	P(tot.) %
20 mm	-	-	-	-
15 "	-	-	-	-
10 "	0,7	0,6	0,5	1,8
7 "	2,6	3,2	1,9	7,7
5 "	7,3	6,2	5,0	18,5

Enligt FIG. 135 gäller:

$$F_{d\ddot{o}} = (T_2 - T_1) + F_{du} \quad \text{eller}$$

$$S_{F_{d\ddot{o}}}^2 = S_{(T_2 - T_1)}^2 + S_{F_{du}}^2 + 2 S_{(T_2 - T_1)}(F_{du}) \quad \text{med mätvärdena för}$$

$(T_2 - T_1)$ och F_{du} (FIG. 133) samt beräkning av kovariansen (ur mätvärdena)

$$S_{(T_2 - T_1)}(F_{du})$$

$$S_{F_{d\ddot{o}}}^2 = 17,14 + 9,83 - 14,01 = 12,96$$

5.4.08 D-komponenternas riktningsavvikelser

Riktningen av komponenternas sidor bör vara vinkelrät mot balk eller fasadelement. Avvikelserna visas i FIG. 140.

5.4.09 D-komponenternas längd- och breddavvikelser

Dessa avvikelser som har observerats på fabrik redovisas i FIG. 141 och 142.

5.4.10 Rakhetsavvikelser av D-komponenternas långa sidor

Rakhetsavvikelser (krokighet) bestämdes på fabrik. På båda sidorna har tre punkter mätts. Resultatet visar histogrammet i FIG. 143 och är lika med kantrakhetsavvikelse hos fasadelement, se avsnitt 5.2.11.

5.4.11 Fogar mellan D-komponenter

FIG. 144 ger fördelningen av fogbredderna, mätta mellan flänsarna. Fogbredden beror på elementens dimensioner och kantrakhetsmen framför allt på elementens läge. Endast 4 % av värdena var större än toleransen. Standardavvikelsen är lika stor som standardavvikelsen för fogarna mellan fasadelementens innerskivor. Medelvärdena är däremot inte lika; 0,8 mm vid D-komponenterna mot 3,3 mm vid fasadelementen, vilket gör att antalet värden som var större än toleransen var färre vid D-komponenterna. Vid montering av D-komponenterna har man inte direkt försökt att placera elementen på de planerade modulområdena utan lagt dem så att fogbredderna var riktiga. Detta skedde under monteringen efter anvisningar från en montör som befann sig på underliggande bjälklag.

Därför är resultatet bättre här än vid fasadelementen. Vid fasadkomponenter siktar man sidokanterna i förlängningen av varandra. Fogarna kom alltså på andra plats. Vid D-komponenterna riktade man in sig på en jämn fördelning av fogbredderna. Om man sätter en toleransgräns på 7 mm behöver inga värden underkännas.

För fogarna mellan D-komponenten och pelarna var $M = +1$ mm och $S = 11,9$ mm.

5.4.12 Lägesavvikelser av D-komponenternas ingjutningsgods

Dessa avvikelser bestämdes på fabrik:

a. Inbördes avstånd.

Avståndsavvikelser mellan eldosor ger FIG. 145.

b. Avstånd mellan eldosor och elementens kortsidor.

Avvikelserna från detta avstånd, FIG. 146, är något sämre än vid de inbördes avstånden. Förmodligen beror detta på betongens grova kant, vilket medför att mätpunkterna inte kan definieras exakt.

5.4.13 D-komponenternas upplag vid balk- och fasadelement

Längden av upplaget vid balk- och fasadelement anges i histogrammen i FIG. 147 och 148. Dessa längder beror vid balksidan på ett stort antal (redan rapporterade) faktorer, t.ex. pelarnas avvikelser från vertikalt montageplan, balkarnas sidokrokighet, fasadelementens lägesavvikelse eller D-komponenternas läges- och längd avvikelser. Vid fasadsidan beror avvikelserna på den noggrannhet, med vilken armaturuttaget injusterades. Läget hos denna detalj bestämdes nämligen i förhållande till fasadelementets innerskiva. Fördelningen i FIG. 148 är därför nästan identisk med den i FIG. 139. Positiva värden förekommer inte i FIG. 148 (inte heller i 139), eftersom elementets kortsida ligger mot ytterskivan vid 0-värden.

5.4.14 Avvikelser från detaljmått

Elementen är så utformade att fyra element kan omsluta pelarens fyrkantiga delar. Måttavvikelser vid dessa ursparingar visas i FIG. 149.

5.4.15 D-komponenternas nedböjning

Denna storhet visas i FIG. 150B. Variationen bidrar också till höjdskillnader mellan intilliggande element. I FIG. 150A ser man avvägningsresultatet av botten i stålformarna. Fördelningens standardavvikelse skiljer sig från den för fördelningen av komponenterna efter montage. Denna formavvikelse beror endast på komponenternas egen vikt. Någon extra belastning av byggmaterial förekom inte vid mättillfället.

5.4.16 Buktighet av underkant vid upplaget (kortsidan)

Buktighet på undersidan gör att höjdskillnader kan förekomma mellan intilliggande D-komponenter. FIG. 151A ger den buktighet vid upplaget som konstaterades efter monteringen på byggplatsen och FIG. 151B motsvarande storhet i stålformarna på fabrik.

5.4.17 Planhetsavvikelser av D-komponenternas underyta

Några planhetsavvikelser omnämndes redan som överhöjning och buktighet vid upplaget (5.4.15 och 5.4.16). Från de avvägningss-data som står till förfogande kan man också beräkna andra storheter. Ett ofta använt mått på planhet är skevheten, dvs. avståndet mellan en hörnpunkt och ett plan som går genom de tre övriga.

FIG. 152B ger denna skevhet efter montering. Någon skevhetsmätning på element har inte utförts på fabrik. Däremot står ett antal avvägningar över elementens stålformar till förfogande, FIG. 152A. Skillnaden mellan de båda fördelningarna är inte signifikant.

Liksom vid fasadelementens innerskiva kan man även bestämma avståndet mellan ett antal punkter på undersidan och ett referensplan. Som referensplan kan också här väljas ett som går genom tre hörnpunkter och ett plan enligt minsta kvadratmetoden, se FIG. 78 (jfr 5.2.12.3).

I FIG. 153 visas fyra histogram. Två ger avstånden till referensplanen och två fördelningen av standardavvikelser per element. Som redan nämnts under avsnitt 5.2.12.3 kan man ur de olika avstånden beräkna standardavvikelsen per element och sedan betrakta denna storhet som ett mått på planhet.

I nedanstående tabell jämförs värdena med dem för fasadelementens innerskiva samt med de värden som erhöles efter avvägning av formbotten i fabriken.

	<u>D-komponent</u>		<u>Stålformar</u>		<u>Fasadelement</u>	
	MK	TP	MK	TP	MK	TP
Avstånd till referensplan	$S_v=1,1$	$S_d=2,4$	$S_v=1,1$	$S_d=1,7$	$S_v=0,9$	$S_d=1,5$
Mått på planhetsavvikelse	$S_{Mg}=0,9$	$S_{Mg}=1,3$	$S_{Mg}=0,3$	$S_{Mg}=0,7$	$S_{Mg}=0,3$	$S_{Mg}=0,8$

(Se FIG. 78)

1) MK = enligt minsta kvadratmetoden.

TP = i förhållande till trepunktsplan.

Av tabellen framgår att planhetsavvikelserna hos D-komponenternas stålformar är av ungefär samma kvalitet som fasadelementens innerskivor. Efter montering uppstår dock nedböjning genom komponenternas egenvikt. Detta medför att planhetsavvikelserna blir större.

FIG. 153.3 och 153.4 visar att avvikelser i förhållande till ett trepunktsplan är större än avstånden till planet, lagt enligt minsta kvadratmetoden. Detta beror dock på att trepunktsplanet styrs helt av de punkter som antas vara felfria och som då har en större vikt än de övriga inmätta punkterna. Det är då kanske inte längre lämpligt att tala om planhetsavvikelse utan istället om planavvikelse. Man kan utgå ifrån att tillverkaren försöker att göra en jämn betongyta utan att den ena punkten skall bli bättre än den andra. Slutprodukten är behäftad med upphöjningar och försänkningar eller rynkor. Med minsta kvadratmetoden "stryker man bort" dessa ojämnheter över det "närmaste" planet, medan man vid trepunktsmetoden förflyttar ojämnheter över ett större avstånd.

5.5 TT-kassetter

5.5.01 Allmänt

TT-kassetterna, FIG. 154, utgör gårdsbjälklagen.

5.5.02 Utsättning

Någon utsättning av läget eller avvägning under monteringen utfördes ej.

5.5.03 Breddavvikelser

Histogrammen i FIG. 155 ger de breddavvikelser som har konstaterats hos de färdiga TT-kassetterna på fabrik och hos stålformarna. FIG. 155c ger skillnaden mellan elementmått och formmått. Elementen har blivit något bredare efter avformningen. Resultatet är bättre än vid balkarna (jfr. 5.3.08), dock något sämre än vid D-komponenterna (5.4.09).

5.5.04 Längdavvikelser

Längdmätningarna har gjorts efter avspänningen på fabrik. Resultatet ges i FIG. 156. Värdena är ganska spridda. Särskilda mätningar för att undersöka vad skillnaden beror på (dvs. måttsättningen eller förskjutning av avstängerna under gjutningen) har inte gjorts.

5.5.05 TT-kassetternas tjocklek

Tjockleksmätning gjordes genom avvägning av formbotten före gjutningen och plattans översida efter gjutningen. Skillnaden mellan de båda mätningarna ger tjockleken. Avvikelserna från nominellt mått ger histogrammet i FIG. 157.

5.5.06 TT-kassetternas skevhet

Den genom avvägning på byggplatsen konstaterade skevheten redovisas i FIG. 158. Mätningar gjordes efter belastning av elementen med sand (gårdselement).

5.5.07 Sidokrokighet

Sidokrokigheten har på byggplatsen bestämts med hjälp av teodolit. Histogrammet i FIG. 159 visar resultatet.

5.5.08 Överhöjning

TT-kassetternas överhöjning har mätts på fabrik, FIG. 160A, och på byggplatsen efter montage, dock före belastning, FIG. 160B. Ett år efter belastningen i kv. Ludvig har ett 30-tal plattor mätts på nytt. Någon minskning av överhöjningen har inte konstaterats.

5.5.09 Avvikelser från horisontellt montageplan (uk element)

I FIG. 161 är fördelningen av höjdavvikelserna ritad. Materialet består av höjden på 173 element. Av dessa finns 110 i kv. Ludvig och de andra i Helle, Ivar och Kalle. Totalt blir 728 punkter höjdbestämda. Härav överskred 29 % toleransgränserna. Den stora avvikelsen av medelvärde från nominella värdet beror på starka överhöjningar hos TT-kassetterna och T-balkarna. Dock är undersidan hos kassetterna i genomsnitt för hög även vid pelarna. Här föreligger ett systematiskt fel om 6 mm vid upplaget, vilket nedanstående tabell visar. Utan detta fel skulle endast 9 % av värdena vara för stora.

	P	M(mm)	S(mm)
För alla observationer	29 %	+15	8,9
För punkter på T-balken	12 %	+11	7,8
För punkter vid pelarna	4 %	+ 6	7,4
För hela materialet utan förekomst av systematiskt fel (=medelvärde)	9 %	0	8,9

TT-kassetterna är avlastade på T-balkar. Dessa balkar vilar på korta pelare. Någon uppläggning på konsoler finns inte. Höjdfel på ök pelare inverkar alltså direkt på balkens höjdläge. Uppläggningen är inte lika med den vid korridorpelarna, varvid balkhöjden korrigeras med hjälp av skivor på pelarkonsolerna. T-balkarnas höjdavvikelse på översidan vid pelarna har medelvärde $M = +3$ mm och $S = 6$ mm och 12 % av värdena är större än toleransen. Av det ursprungliga systematiska felet på 6 mm återstår nu 3 mm förorsakat av neoprenremsans tjocklek samt av små planhetsavvikelser på kassetternas korta sidor.

5.5.10 Förskjutning i höjdlid mellan intilliggande TT-kassetter

Höjdskillnaden mellan två komponenter har bestämts på undersidan i mitten av spännvidden och vid upplagen, FIG. 161A. Av de konstaterade avvikelserna var 5 % större än toleranserna. Nedanstående tabell ger olika toleransvärden vid en jämförelse med D-komponenter.

Tol.	D-komp.	TT-k.
	P %	P %
20	-	-
15	-	0,5
10	0,5	5,0
7	4,0	17,0
5	11,0	33,0

5.6 Avstånd och utrymmen mellan elementen, samt avstånd mellan element och platsgjutna delar

De i föregående avsnitt rapporterade avvikelserna medför också inbördes avstånd mellan elementen. Avstånden mellan dessa och de platsgjutna delarna stämmer inte längre överens med ritningsmått.

Avståndsavvikelser mellan pelare och fasad, FIG. 162, är något bättre än mellan pelarna sinsemellan, FIG. 37. Toleransöverskridningar i avstånd mellan pelare och fasad är 9,5 % mot 15 % mellan pelarna sinsemellan. Skulle toleransgränserna ha varit ± 20 mm har procentaget blivit 3 % vid avståndet mellan pelarna och fasad samt 7 % mellan pelarna. Även det avstånd som är mätt vid taket skiljer sig från det som är mätt vid golv i samma sektion, FIG. 163 och 164.

Förutom redovisning av avstånd mellan de olika elementen kan man också betrakta den rektangel som kan placeras mellan dessa element. Problemet kan bli aktuellt när man tänker på användning av förtillverkade mellanväggar.

Man kan tänka sig en toleranssättning i längd- och höjddel för sådana rektanglar. Av de konstaterade längd- och höjdavvikelserna i de rektanglar som kan placeras mellan fasadelement, 2 D-komponenter och pelare, FIG. 165A och B, samt mellan 2 pelare och 2 D-komponenter, FIG. 166A och B, har nedanstående tabell sammanställts.

T	Längd		Höjd	
	Pelare Fasad FIG. 165A P %	% mellan pelarna FIG. 166A P %	Pelare Fasad FIG. 165B P %	% mellan pelarna FIG. 166B P %
35	-	0,6	-	-
30	-	1,7	-	-
25	-	4,5	-	-
20	0,5	0,2	-	1,1
15	9	18,5	0,6	6,0
10	22	40,3	11,8	23,3

För att få kunskap om anslutningen av stommen till de platsgjutna formerna kan man betrakta fogarna mellan fasadelementen och tornen, FIG. 167. Avvikelserna beror till största delen på lägesavvikelse hos tornen. Det kan noteras att monteringen av fasadelement mellan trapphustorn gick friktionsfritt, dvs. att man ingenstans var tvungen att bila för att få elementen på plats.

Avvikelser från kvarterens längd och breddmått rapporteras i FIG. 168. Fördelningen är föga representativ eftersom endast 33 värden står till förfogande. Avvikelserna varierar mellan -15 till +11 mm. Tar man hänsyn till felvisningen av huvudmått på konsolerna varierar avvikelserna mellan -10 och +9 mm, och standardavvikelsen blir 5,1 mm mot 6,0 mm i FIG. 168.

I avsnitt 2.5.2 omnämndes att baslinjerna är förbundna med varandra genom ett polygonnät, FIG. 6, som går runt omkring hela projektet. Detta slutna polygontåg är anslutet till Stockholms stads koordinatsystem i Punkt 10 och genom en anslutningsriktning mot en annan punkt som är känd i Stockholms koordinatsystem. Planering och mätning av nätet har utförts av ingenjörsfirman Orrje & Co. i Stockholm. Vinklarna i nätet har bestämts med en Wild T-2 teodolit, medan längdmätningen har gjorts med ett 100 m polygonband och en geodimeter. Eftersom överbestämningar föreligger, har koordinatberäkningen för punkterna 2-9 samt 11-14 gjorts efter utjämning av motsägelserna enligt minsta kvadratmetoden.

Detta beräkningssätt medför också att man får uppgift om koordinaternas noggrannhet genom s.k. uppskattning av medelfelet. Man brukar ange detta medelfel i x och y riktning (S_x , S_y) och som relativt punktfel (S_r , med $S_r^2 = S_x^2 + S_y^2$), enligt en definition i § 14 av Lantmäteristyrelsens verkställighetsföreskrifter till 1920 års mättningsförordning.

Utgående från det erhållna medelvärdet kan medelfelet även uppges i varje godtycklig riktning. Den geometriska orten som innehåller alla dessa medelfel kallas medelfelskurvan. Denna kurva är symmetrisk kring medelvärdet och har två ortogonala huvudaxlar, FIG. 169.

Vid redovisning av mätresultat i triangelnät intas dock sällan medelfelskurvan, utan man nöjer sig med den s.k. felellipsen, FIG. 169, vars axlar är identiska med felkurvans.

För utgångsnätet i FIG. 6 samt för några punkter på baslinjerna till kv. Ludvig är felellipserna ritade i FIG. 170 (ellipsskala 1:1). Punkt 10 har ingen felellips, eftersom denna punkt var utgångspunkt vid mätning och således antas vara felfri.

Utjämning av utgångsnät samt beräkning av felellipser är mycket tidsödande om detta görs för hand. Användning av en dator för dylika uppgifter är alltså önskvärd. Utjämning av nätet i FIG. 6 har utförts av AB Geocode i Stockholm. Beräkningarna av felellipserna skedde under ledning av civ.ing. B G K Krijger vid institutionen för geodesi vid Tekniska Högskolan Delft, Holland. Denna

institution behandlade år 1969 ett stort antal liknande "byggnät", vilket gjorde att beräkningarna av felellipser i nätet för Farsta-Tele inte bara kunde utföras rutinmässigt utan även medgav en jämförelse med en teoretisk modell.

Studier inom geodesin har visat att en nätmodell kan uppbyggas av standardavvikelseerna för vinkel- och längdmätning, vilka i praktiken kan uppnås av kvalificerad personal. I modellen ger man då standardavvikelsen i en vinkelmätning; ett värde som beror på teodolitklassen och antalet satser. Standardavvikelsen i en längdmätning är också knuten till metod och redskap.

För att med standardavvikelseernas antagna värden kunna beräkna medelfelet i koordinaterna för de olika punkterna, föres dessa värden in i formler som är uppställda enligt felfortplantningslagen och beräkningssystemet i den minsta kvadratmetoden. Det bör dock poängteras att funktioner av vinklar och längder ofta i hög grad bestämmer den teoretiska modellen som har räknats ut med dessa formler. Därför är det för medelfelet i en viss punkt, inte likgiltigt vilken form som nätet har. I praktiken kan man därför redan i förväg få en uppfattning om nätets noggrannhet. Är man inte nöjd härmed, kan man antingen ändra nätets form eller också förbättra mätningssystemet (flera satser i vinkelmätning e.d.).

Den teoretiska modellen för nätet i Farsta har enligt ovannämnda principer beräknats för tre dubbelsatser i en vinkelmätning med en Wild T-2 teodolit; fyra mätningar med ett 100 meter långt s.k. polygonmätband av ett avstånd i de sidor som begränsar nätet och för en dubbelmätning med geodimeter av sidorna mot punkt 2.

Det kunde anses att felellipserna som erhållits ur mätresultatet är identiska med dem i den teoretiska modellen. Att öka noggrannheten genom att bestämma sig för flera satser i en vinkelmätning än tre eller flera upprepade mätningar av ett avstånd än fyra, skulle knappast leda till något bättre resultat. Med andra ord, att mäta noggrannare med den befintliga mätutrustningen är inte möjligt i den valda nätformen.

Något gynnsammare hade resultatet blivit om man hade avrundat hörnen 3-4-5, 6-7-8 och 11-12-13 litet smidigare. Terrängförhållandena tillät dock knappast detta.

Av felellipserna i FIG. 170 framgår att medelfelet i avståndet (ca 40 meter) mellan två baslinjer i kv. Ludvig är ca 6 mm. Detta kan anses vara tillräckligt för grovutsättning. Vid utsättning för stommontering (upplodning till konsolerna på trapp-hustorn) har detta avstånd kontrollerats. Standardavvikelser av de undersökta avstånden (33) mellan baslinjerna vid märkningen på de konsoler som inte har rubbats var 2,5 mm, och största avvikelsen var 6 mm.

För mindre byggnader blir måttnoggrannheten otvivelaktigt bättre, om man från utgångsnätet först anger en hörnpunkt och en riktning av en baslinje. Sedan sätter man från denna punkt ut de andra punkterna i baslinjenätet. För långa objekt som t.ex. kv. Ludvig (ca 90 meter) skulle man dock ha förlorat mycket genom längdmätningen över besvärlig terräng.

Från felteoretisk synpunkt är det mycket viktigt för dessa ringformiga polygontåg, de s.k. slutna polygontågen, att nätet planeras på sådant sätt att diagonalmätningar blir möjliga. Härmed ökar noggrannheten av nätpunkternas koordinatvärden.

En del av polygonnätet mättes när schaktningsarbetet påbörjades, och detta medförde nackdelar. För det första, förorsakar grävskopor, traktorer e.d. vibreringar som försvårar horisonteringen av teodoliter och avvägningsinstrument. För det andra, står dessa maskiner ofta mitt i mätvägen och låter sig inte gärna förflyttas. Slutligen blir mätpersonalen ofta ombedd att assistera vid detaljutsättning av schakten och grunden. Instrument och personal förflyttas fram och tillbaka, så att arbetsron störs, varigenom noggrannheten äventyras.

Ett polygonnät som är det geometriska utgångsläget för en byggnad bör helst mätas utan något hinder från byggverksamheten.

Byggherrens mätpersonal bestod i allmänhet av en mätningssingenjör, en tekniker och en hantlangare. Vid behov kompletterades styrkan med ytterligare en ingenjör och två tekniker. Denna mätavdelning har planerat och mätt polygonnätet, satt ut huvudbaslinjerna och angivit höjder. Att kontrollera den förtätning av byggherrens utgångsnät, som gjordes av entreprenören, ålåg också mätpersonalen. Mätningarna utfördes av kvalificerad personal efter ett program som upprättades enligt instruktioner av byggleddningen. Organisationen verkade fungera friktionsfritt och föredömligt.

En anmärkning bör dock riktas mot valet av den tid som ansågs vara nödvändig för att förbereda mätuppgifterna. Det visade sig att denna tid var alldeles för kort. När mätpersonalen fick uppdraget hade man redan börjat med röjning, grovschaktning och sprängning. Det blev således för planeringen av nätet inte lång tid kvar för att gå igenom ritningarna och dispositionsplanen på ett ordentligt sätt. Konsekvensen var (förutom vad som redan har sagts i avsnitt 6) att en polygonpunkt och två bakpunkter till en baslinje hamnade på olämpliga ställen och rubbades vid bergsprängning. Återställande av sådana punkter är alltid en tidsödande uppgift som ofta också går på bekostnad av mått noggrannheten. Genom en genomtänkt planering av mätarbetet kan sådana onödiga procedurer undvikas.

Angående måttsättningen på ritningarna kan sägas att denna inte var utsättningsvänlig. Speciella utgångslinjer fanns inte angivna utan man fick begagna sig av baslinjer som tyvärr sammanföll med pelarraderna. Efter montage av pelarna var sådan baslinje, mättekniskt, inte längre tillgänglig, så att man var tvungen att parallellförflytta denna, vilket betyder ytterligare arbetsmoment (utsättning av nya punkter) med tillhörande felkällor.

Bäst är om byggherren eller konstruktören gör upp dispositionsplanen och måttsystemet på ritningarna i samråd med den som kommer att svara för utsättningsarbetena. Härmed kan onödiga hinder undvikas.

LITTERATUR

Studieresultat från andra objekt

Baehre, Rolf,
Stålformars måttnoggrannhet,
Statens institut för byggnadsforskning, Rapport 54/68
Stockholm 1968

Klingberg, Lennart,
Måttnoggrannhetsstudier på pelar-balkstomme,
Statens institut för byggnadsforskning, Rapport R 38:1970

Nyquist, Ingemar,
Måttnoggrannhet och toleranser vid monteringsbyggeri,
Statens nämnd för byggnadsforskning, Rapport 54
Stockholm 1959

Allmänt om instrument och mätmetoder på byggplatser

Albertsson, Arne och Sahlström, Rolf,
Mätningsteknik,
Härno-Förlaget
Härnösand 1970

van den Berg, John,
Utsättnings- och kontrollmätningssmetoder vid byggnadsproduktion,
Statens institut för byggnadsforskning, Rapport 42/69
Stockholm 1969

Klingberg, Lennart,
Utsättning med optiskt lod,
Statens institut för byggnadsforskning, Informationsblad 1963:40

Svensson, Conny och Rosell, Billy,
Utsättning och massberäkning,
SRS Förlag
Stockholm 1969

Ternryd, Carl-Olof och Lundin, Eliz,
Mätningsteknik och fotogrammetri,
Akademiförlaget - Gumpers
Göteborg 1966

Andra studier av det aktuella objektet

Andersson, G,
Produktionsuppföljning. Kontorsbyggnad med betongelementstomme,
Statens institut för byggnadsforskning, Rapport R 13:1970
Stockholm 1970

Allmänt om felteori och matematisk statistik (urval)

Bjerhammar, Arne,
Felteori,
Kungl. Tekniska Högskolan
Stockholm 1958

Hald, A,
Statistical Theory with Engineering Applications,
John Wiley & Sons, Inc.
New York 1965

Hallert, Bertil,
Elementär felteori för mätningar,
P.A. Norstedt & Söners Förlag
Stockholm 1967

Undersökning av triangelnät o.d.

Baarda, W,
A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks,
Netherlands Geodetic Commission, Publications on Geodesy,
New Series, Volume 2, No. 5,
Delft, Holland 1968

Bjerhammar, A,
A General Formula for an Unbiased Estimate of the Standard
Deviation of a Triangulation Network,
Transactions Royal Institute of Technology, No. 171
Stockholm 1961

Noggrannhet hos mätband

Funcke, Kristina och Galvenius, Göran,
Undersökning av mätband använda vid byggnadsverksamhet,
Institutionen för Geodesi, Kungl. Tekniska Högskolan
Stockholm 1970

Klingberg, Lennart,
Kvaliteten på stålmåttband,
Statens institut för byggnadsforskning, Informationsblad 1966:15

Milner, R.M.,
Accuracy of Measurement with Steel Tapes,
Building Research Station, Current paper 51/69
Gaston, Watford, WD2, JIR

Ett nytt standardblad rörande mätband utarbetas för närvarande
vid Byggstandardiseringen.

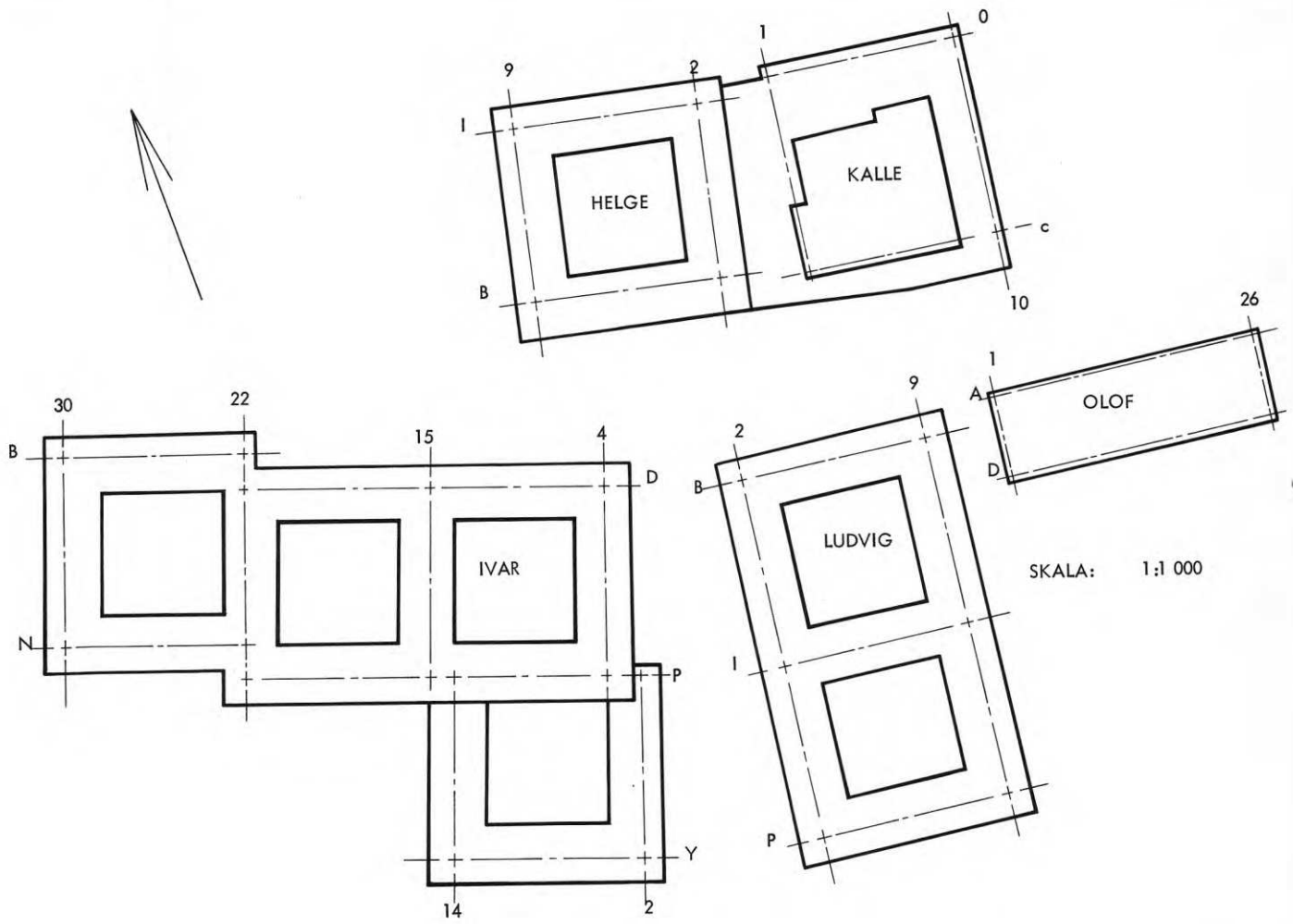
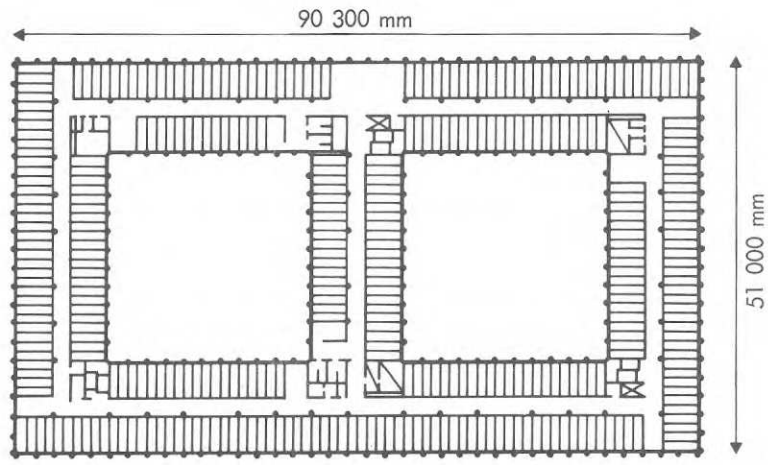
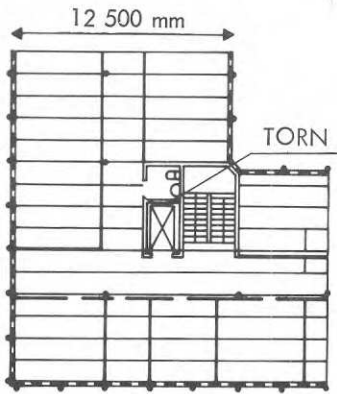


FIG. 1 Situationsplan med kvartersbeteckning och baslinjer.



A



B

FIG. 2 Typplan (A) för televerkets nya förvaltningsbyggnader i Farsta B = hörnlösning.

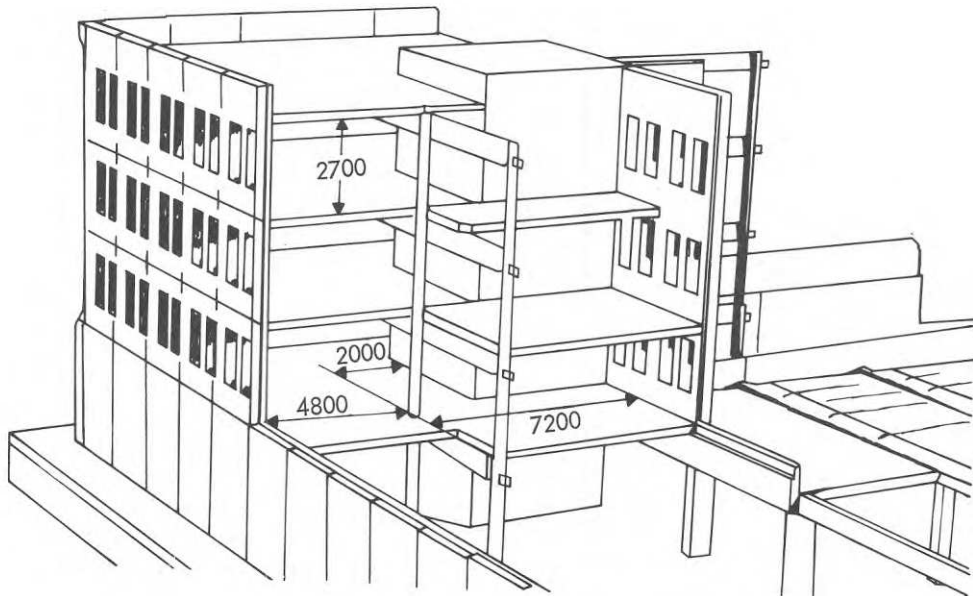


FIG. 3 Konstruktionssystem.

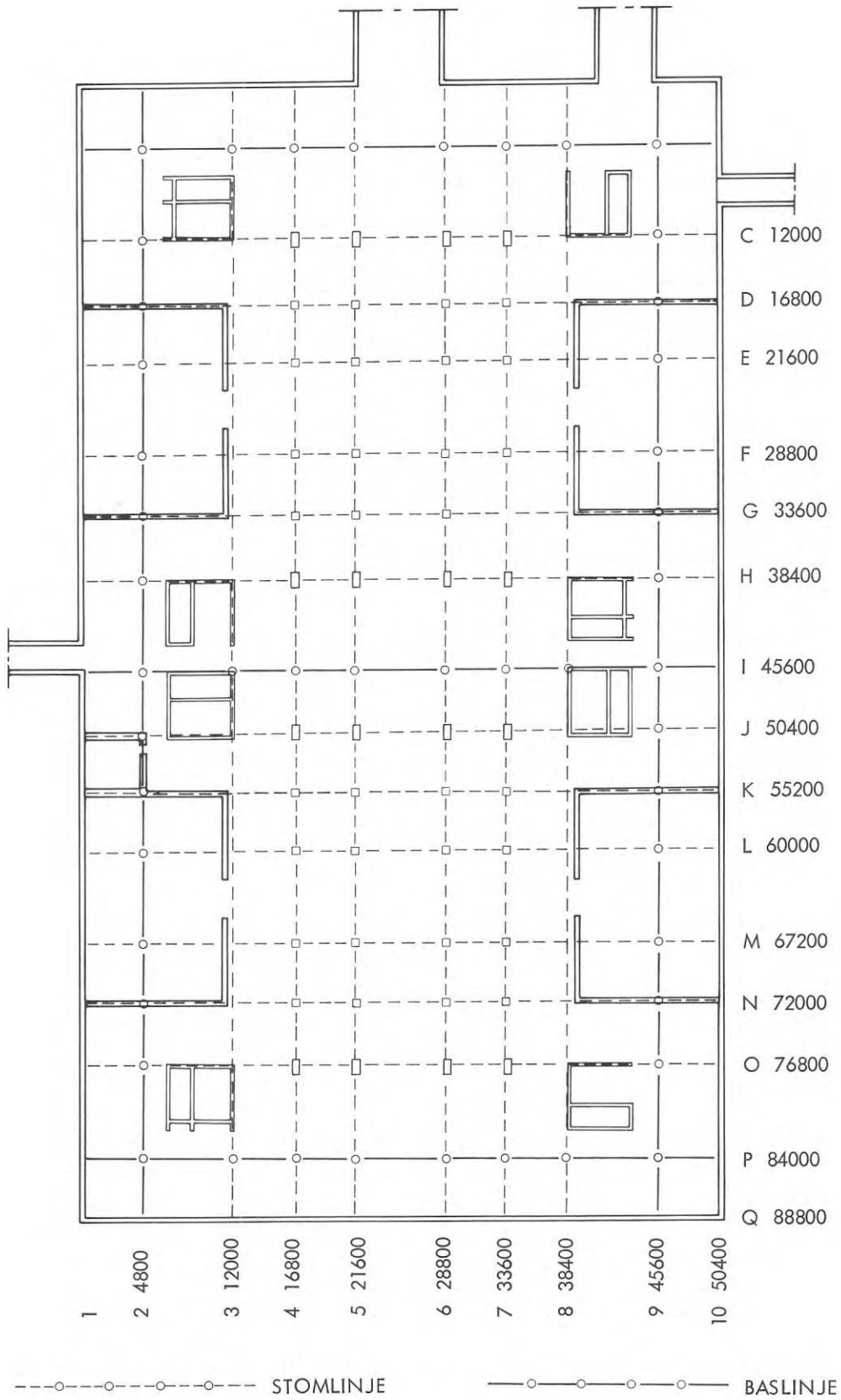
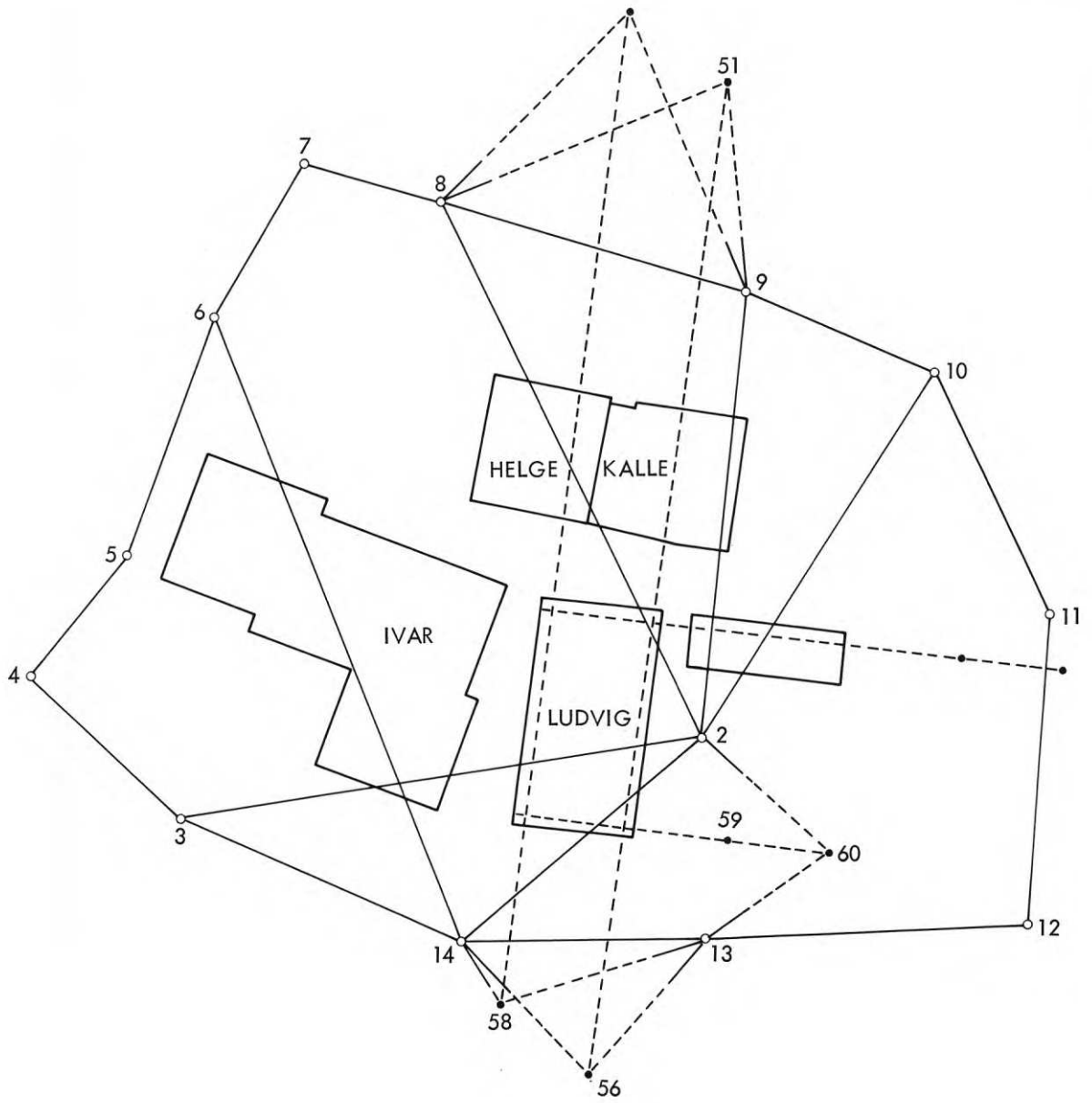


FIG. 5 Bas- och stomlinjerna över kvarteret "LUDVIG".



○ 12 POLYGONPUNKT

• 50 MARKERING AV BASLINJER

FIG. 6 Polygonnät och baslinjer.

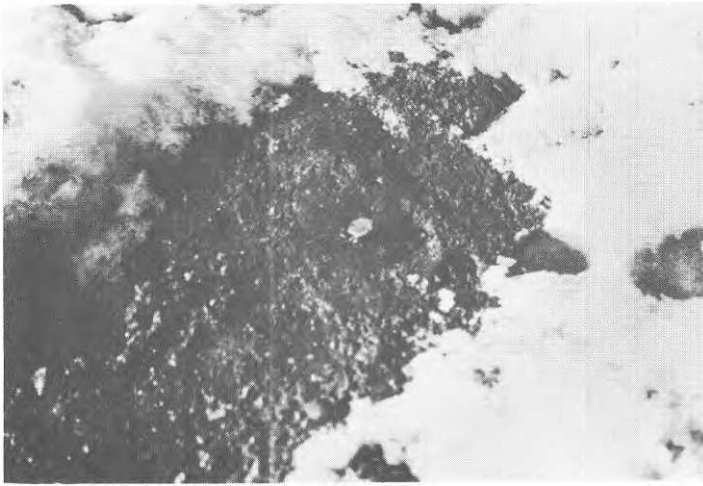


FIG. 7 Dubb i berg med borrhål som bakpunkt i en av kvarterens baslinjer.



FIG. 8 Hål i stålbricka som markering av en baslinje.

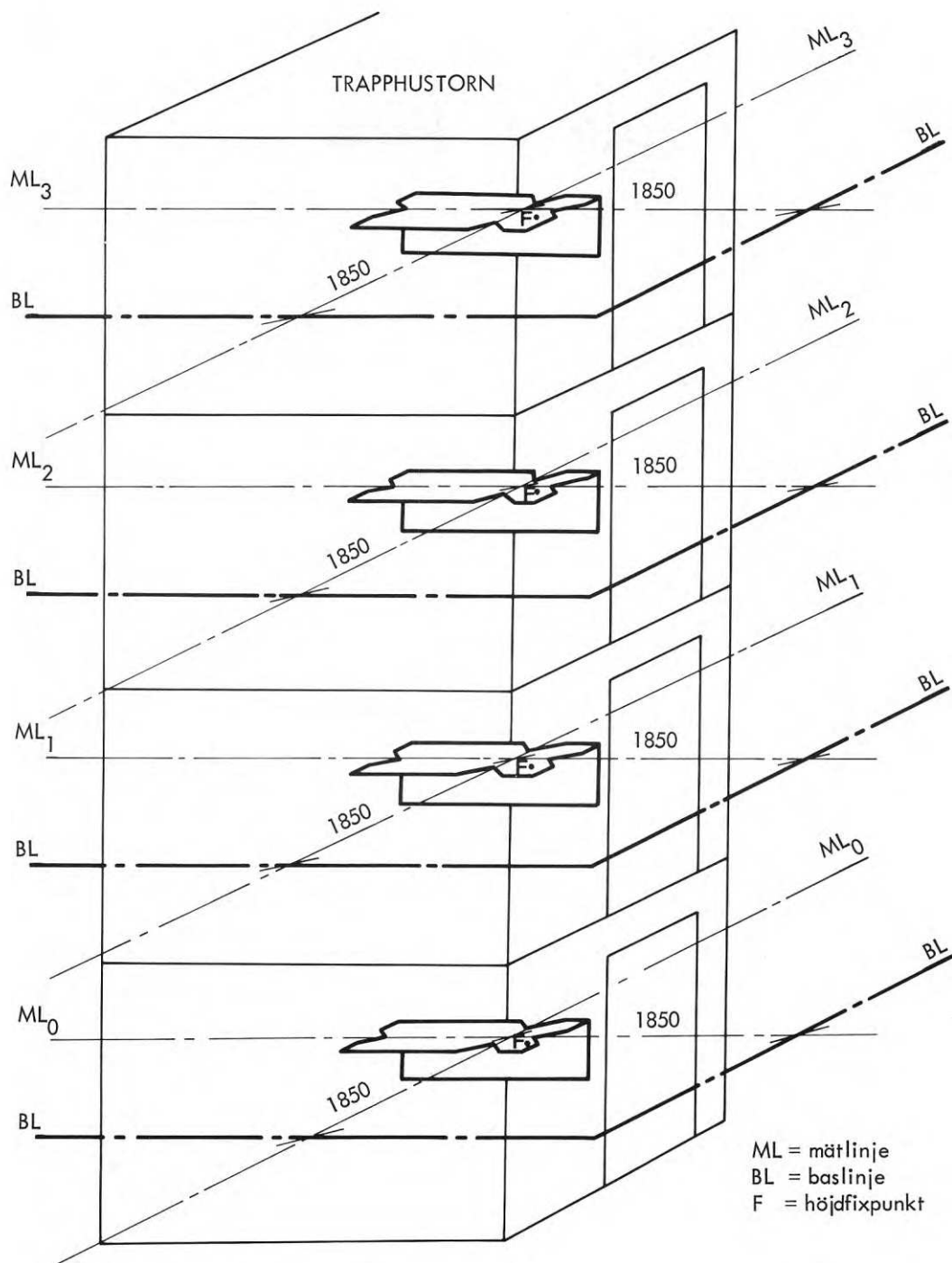


FIG. 9 Stålkonsoler mot trapphustorn som utgångspunkt vid utsättning av baslinjer och höjder på olika våningar.

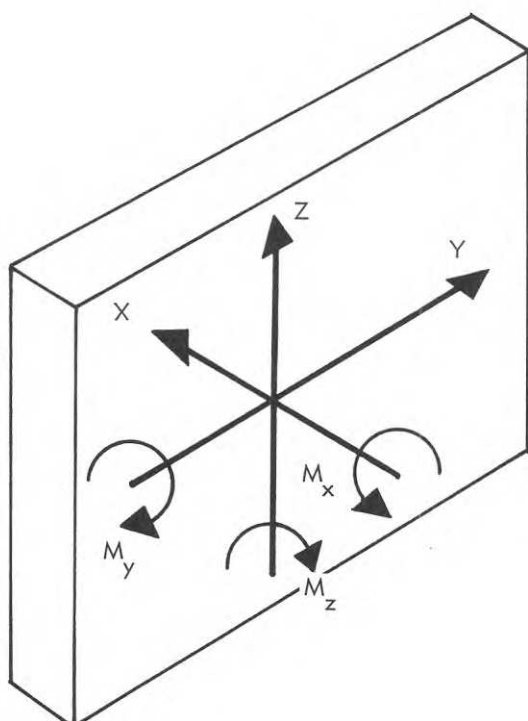


FIG. 10 Lägesavvikelser kan betecknas med 6, "frihetsgrader".

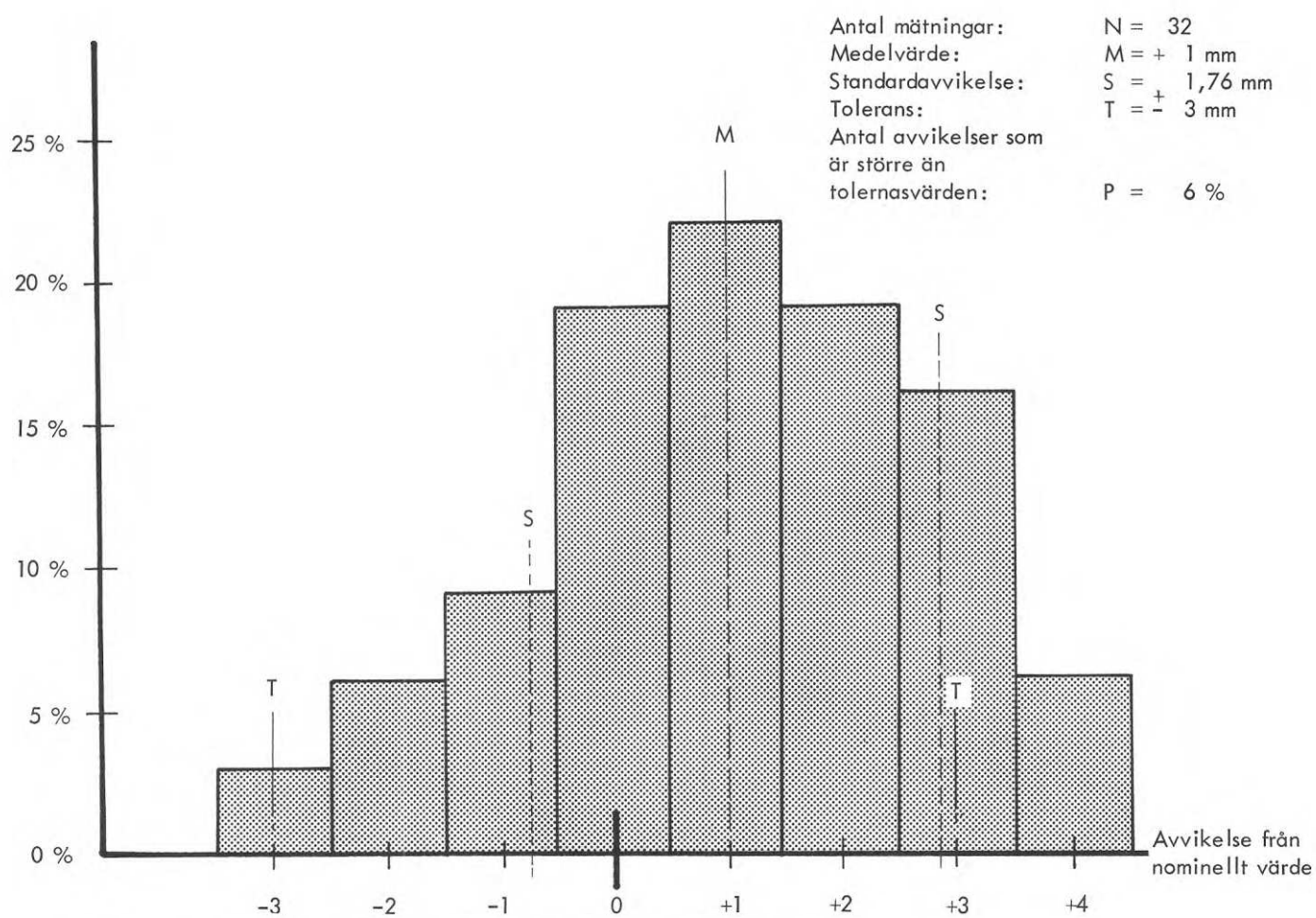


FIG. 11 Exempel på grafisk framställning av mätresultat.

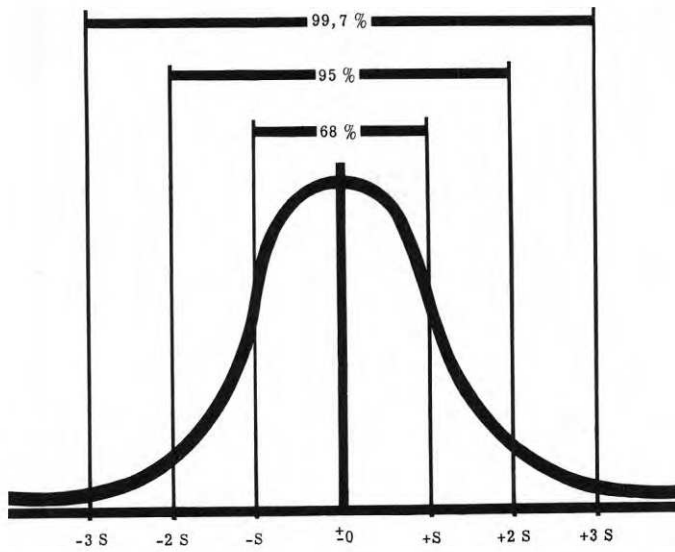


FIG. 12 Gauss' fördelningskurva. Procentsiffrorna anger hur stor del av kurvans yta som faller inom respektive område.

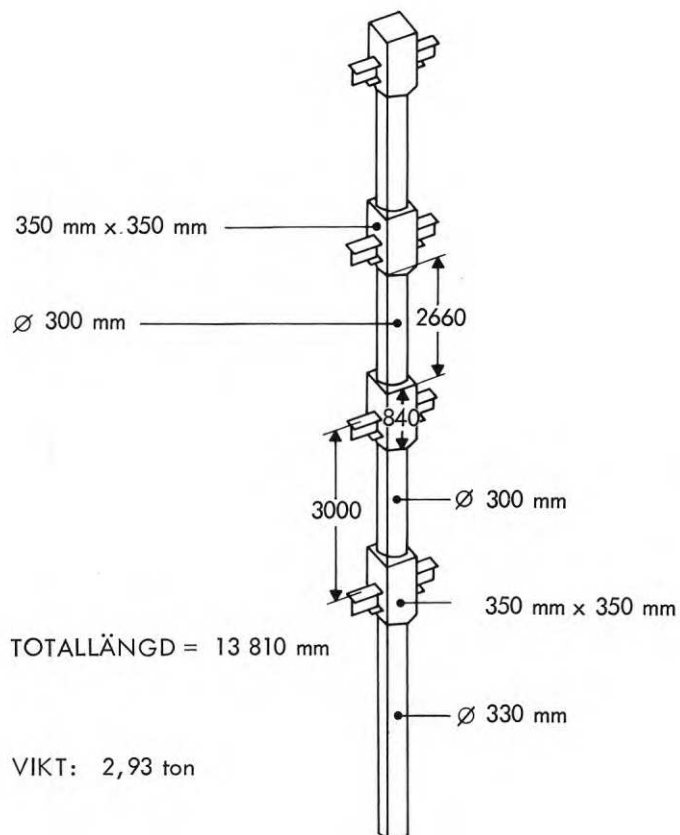


FIG. 13 Korridorpelare.

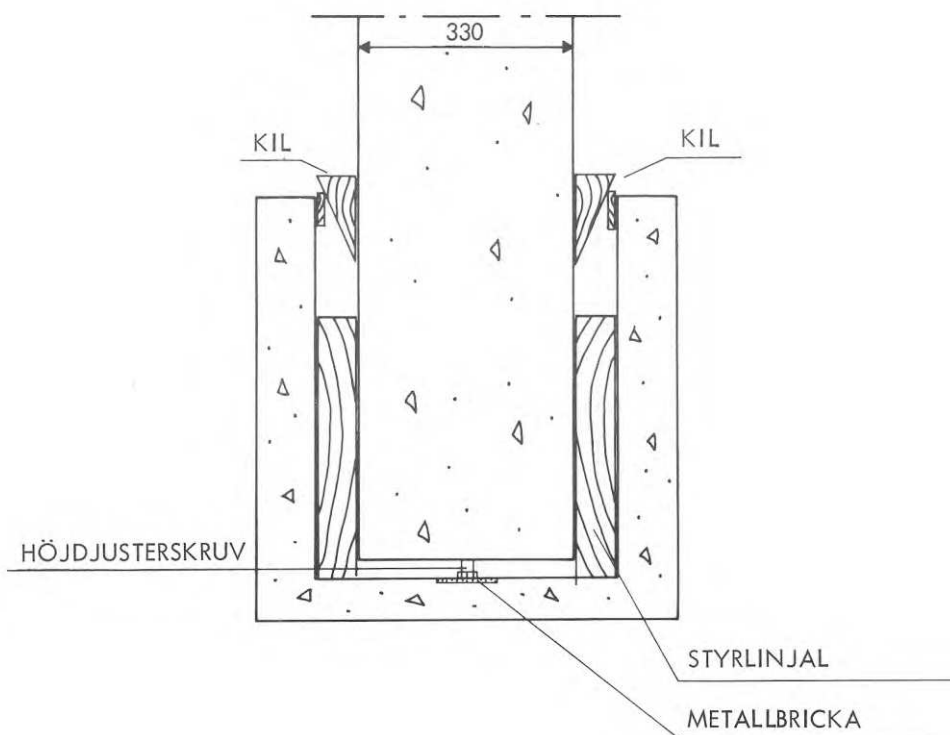


FIG. 14 Placering av pelare i holken.

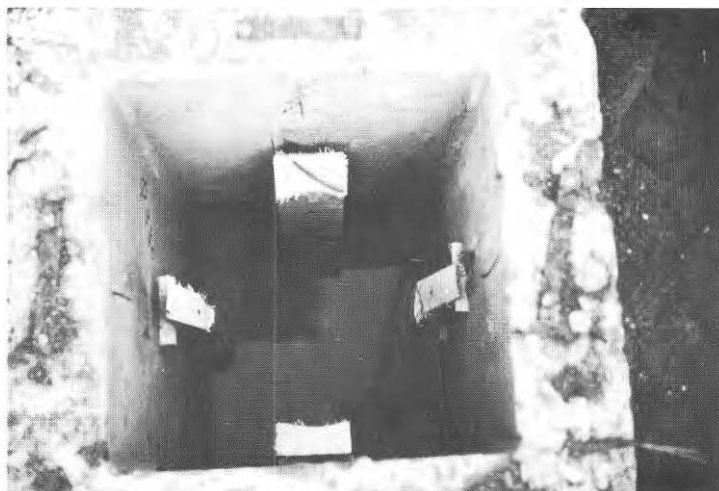


FIG. 15 Styrlijaler i pelarholken.



FIG. 16 Pelarens lodläge justerades med hjälp av träkilar.

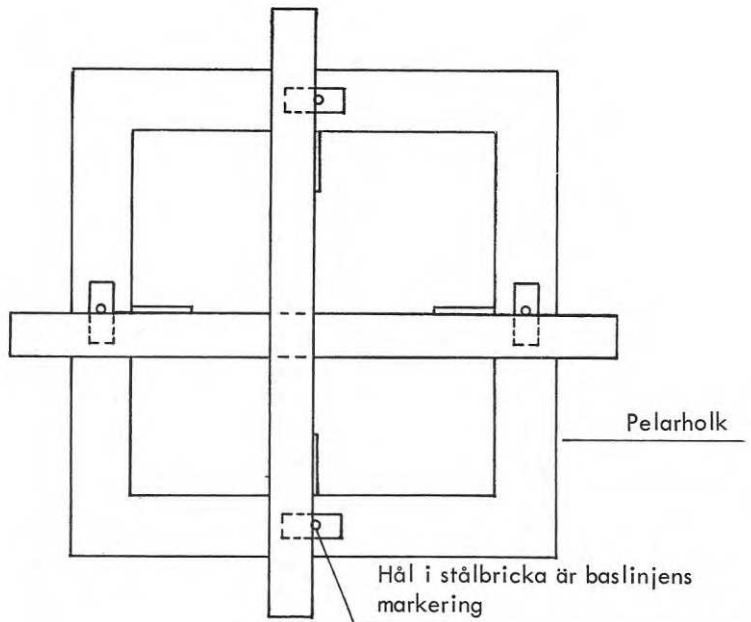
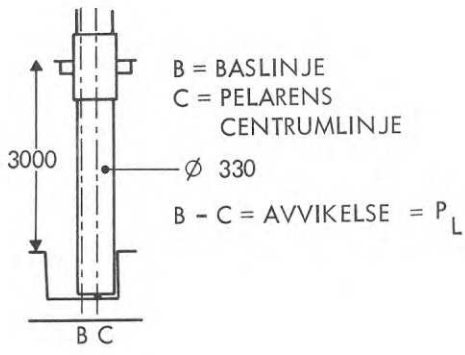


FIG. 17 Träkors som hjälpmedel vid insättning av styrlinjaler.



N = 102
 M = - 0,5 mm
 S = 4,8 mm

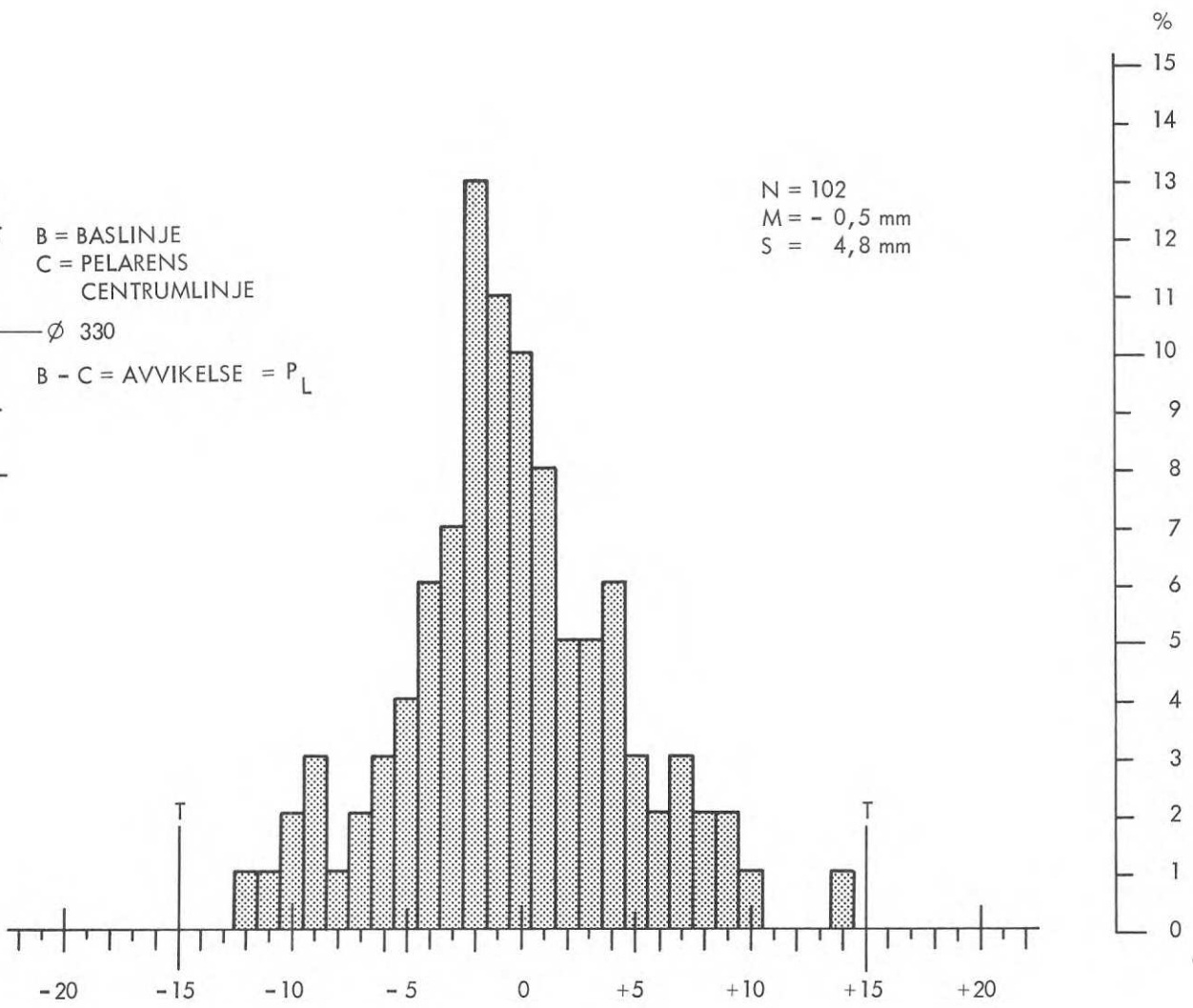


FIG. 18 Pelare: Lägesavvikelse vid holkarna.

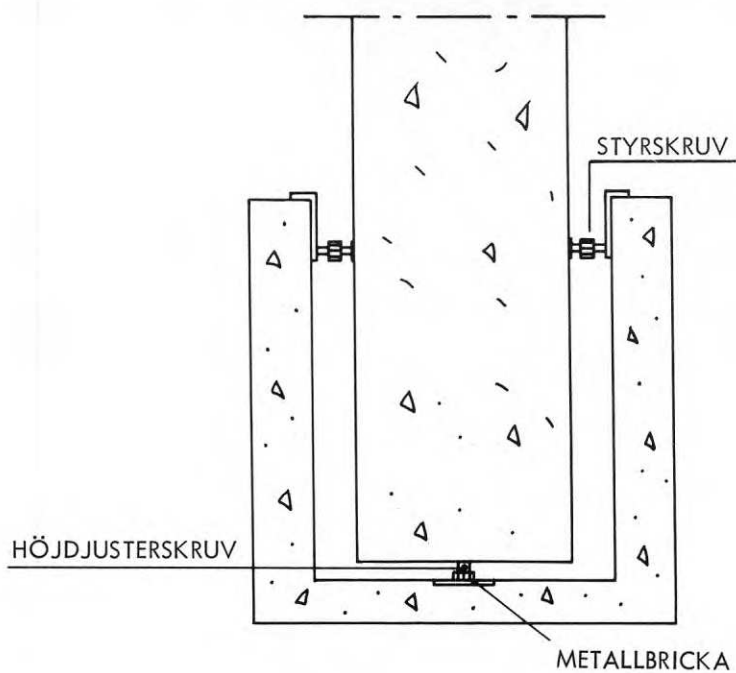


FIG. 19 Styrskruvar för justering av pelarens läge och lodriktning vid montering.

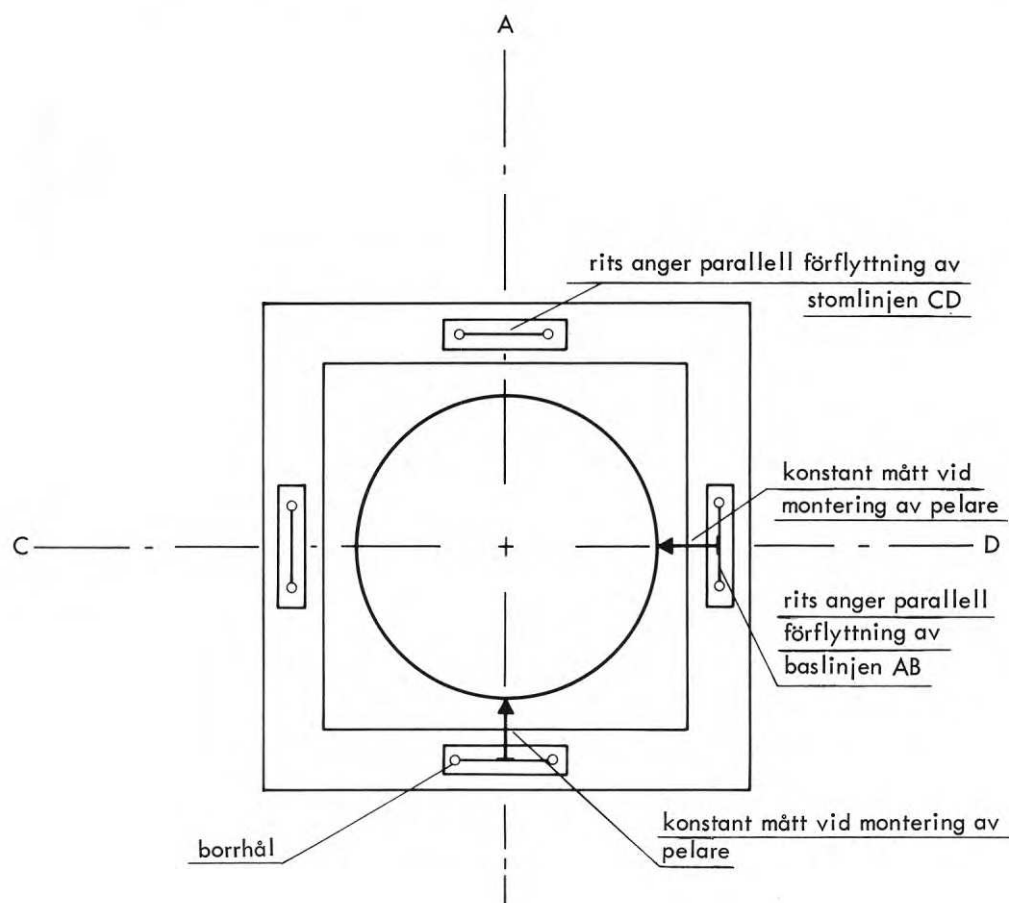


FIG. 20 Bas- och stomlinjerna kan parallellförflyttas vid montering av pelare.

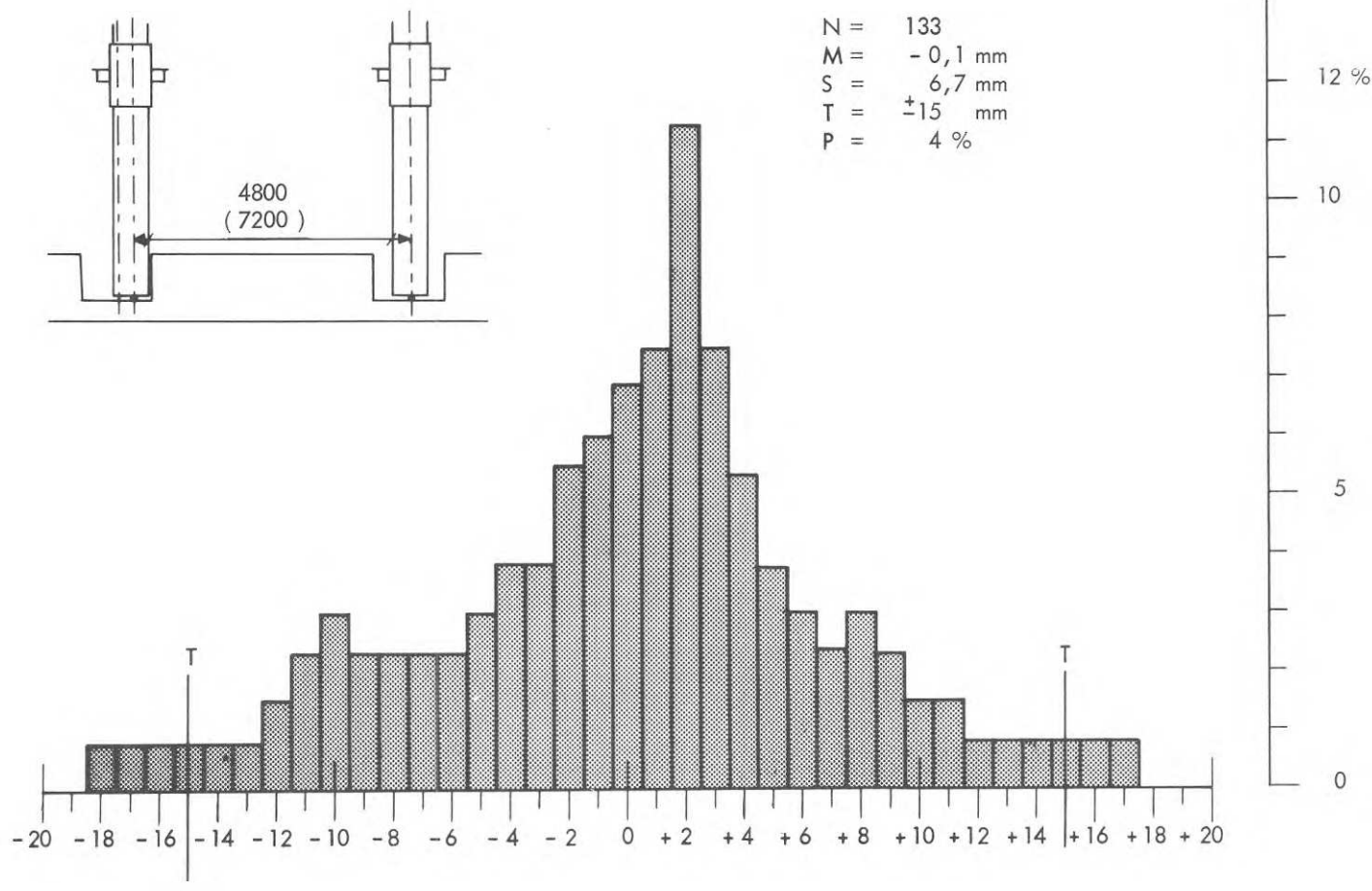


FIG. 21 Avståndsavvikelse mellan pelarna vid fundament.

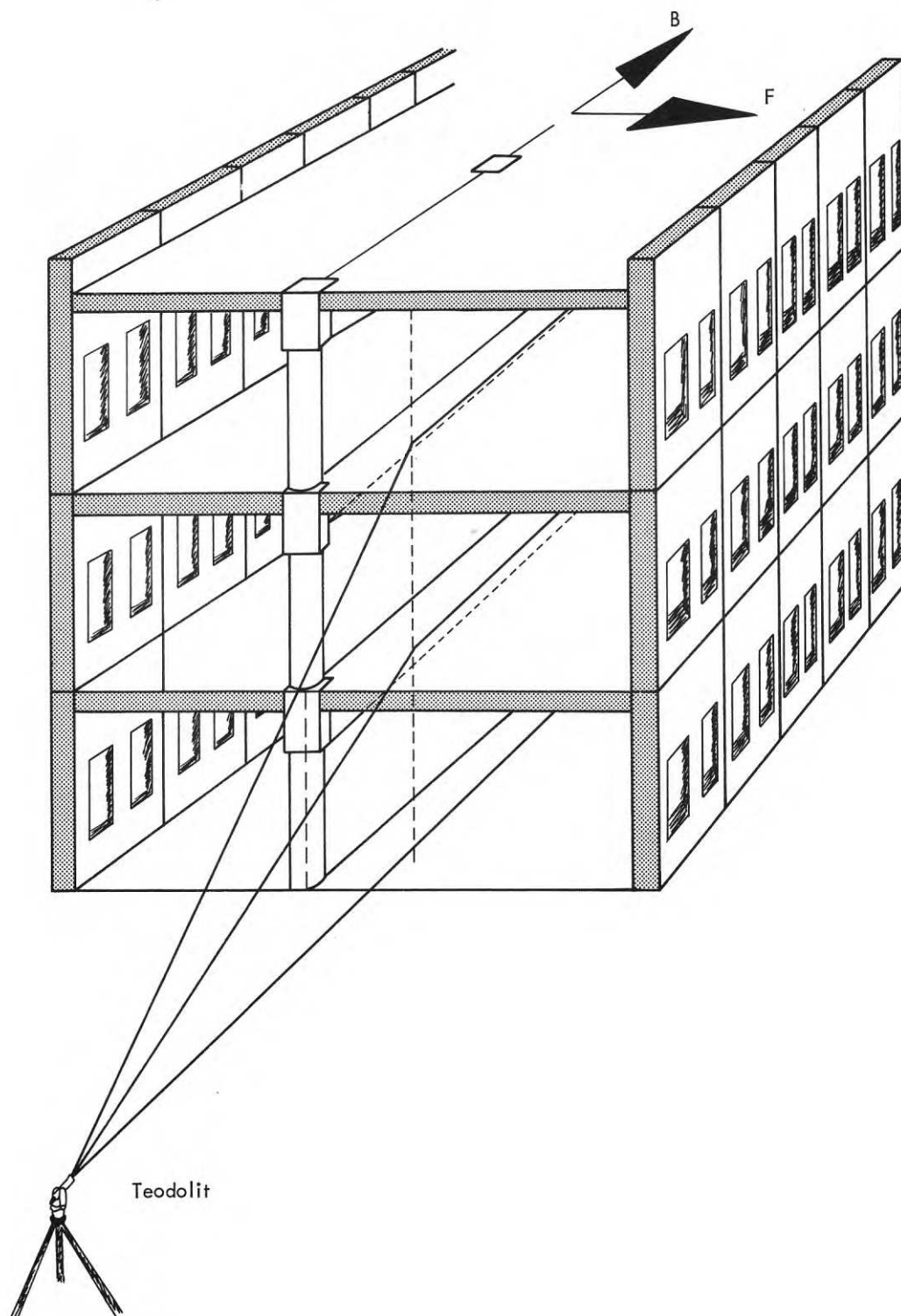
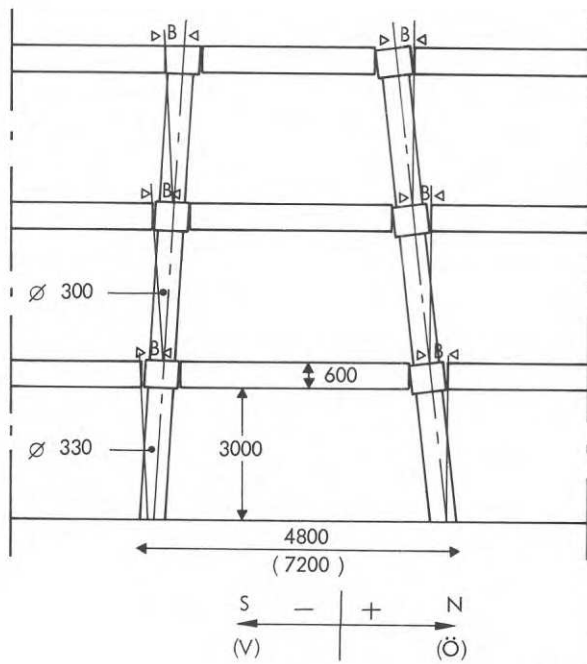


FIG. 22 Mätning av lägesavvikelser. På alla våningar användes samma vertikalplan.



N = 377
 M = - 0,4 mm
 S = 5,8 mm (per våningshöjd)

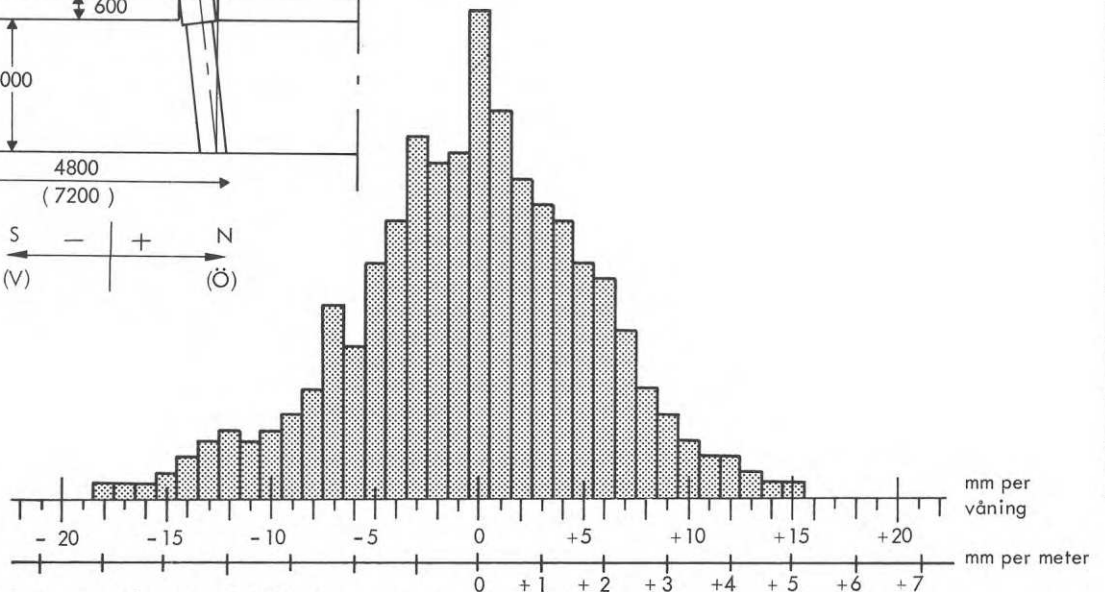
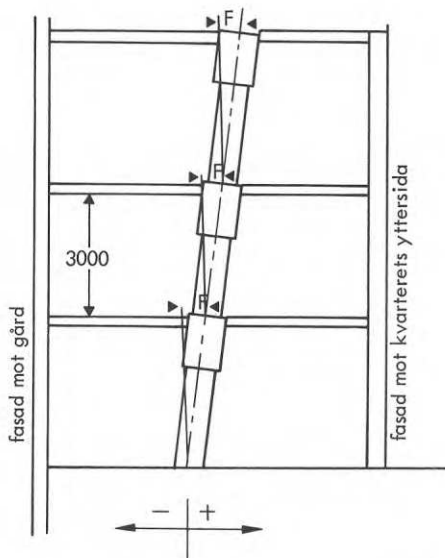


FIG. 23 Lodavvikelser (B) hos pelare i balkriktning.



N = 349
 M = - 0,2 mm
 S = 4,4 mm (per våningshöjd)

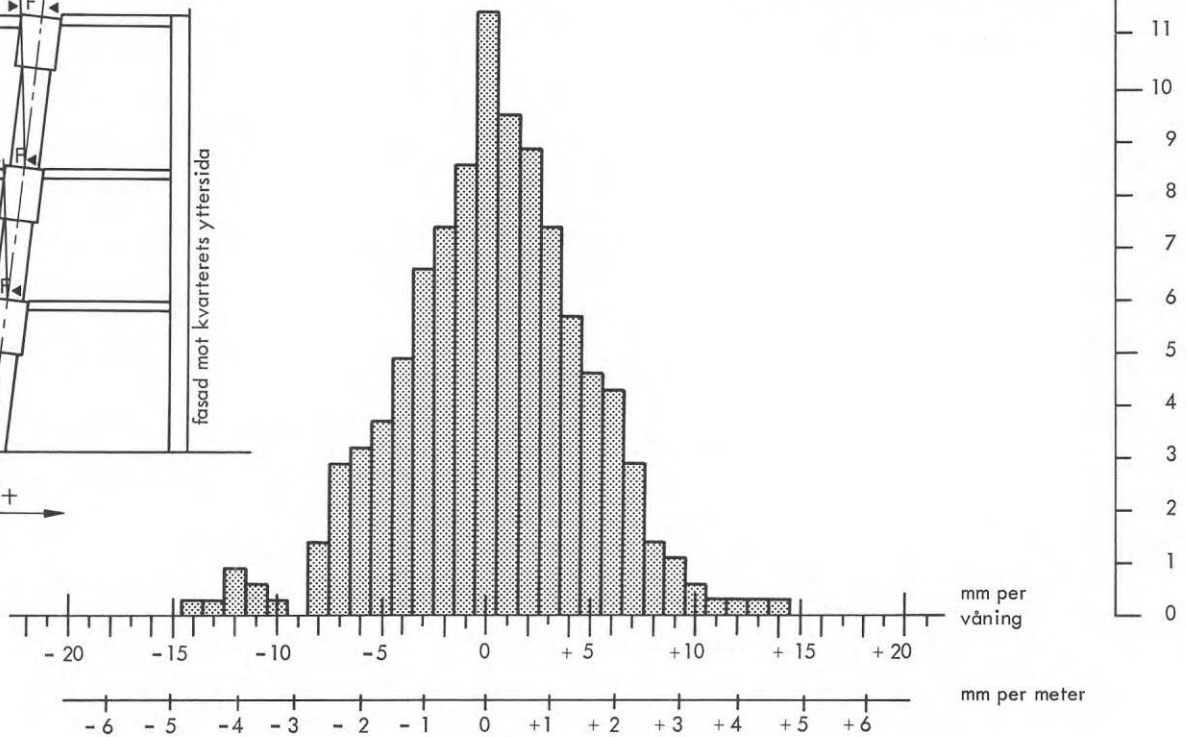
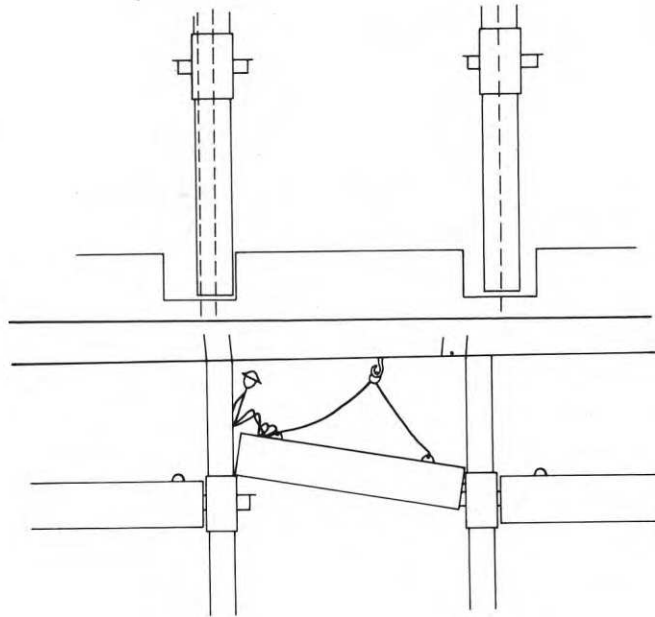
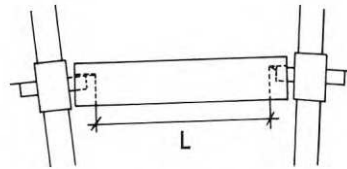


FIG. 24 Lodavvikelser (F) hos pelare i riktning mot fasaden.

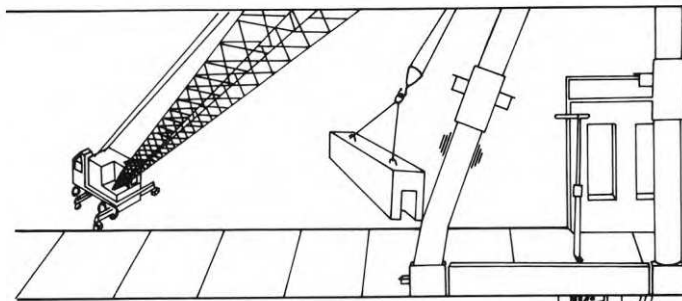
Lägesavvikelser vid
fundament medför
ett för kort
avstånd mellan
pelarna



Balkar eller
avstånd L är
för stora



Montageförfarandet
stör pelarens
vertikalläge



Felaktig
lodningsmetod

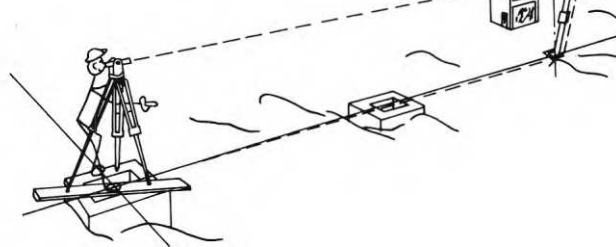


FIG. 25 Pelare: Orsaker till lodavvikelse i balkriktning.

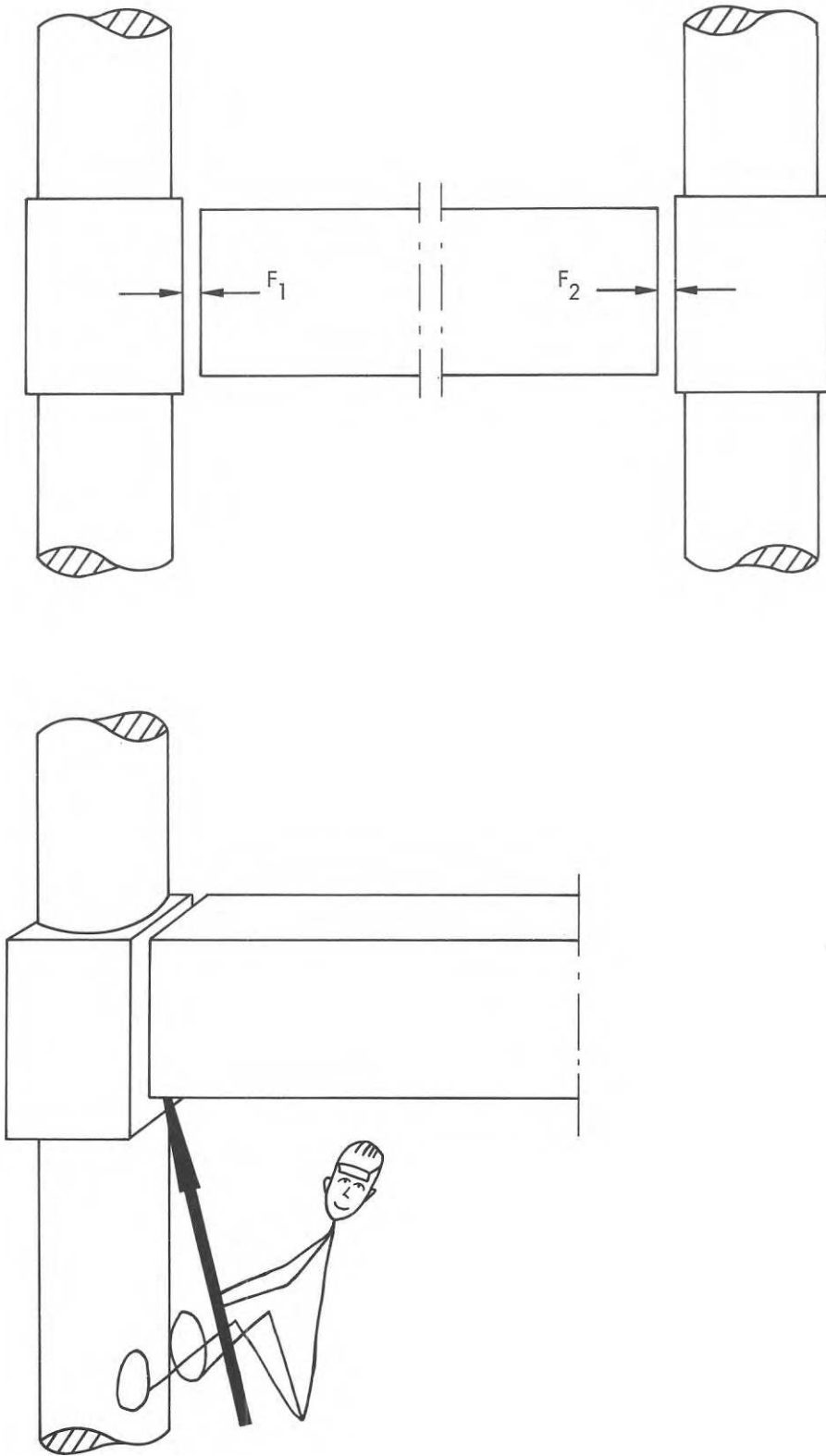


FIG. 26 Justering av balken i längdled med hjälp av ett spett så att $F_1 = F_2$.

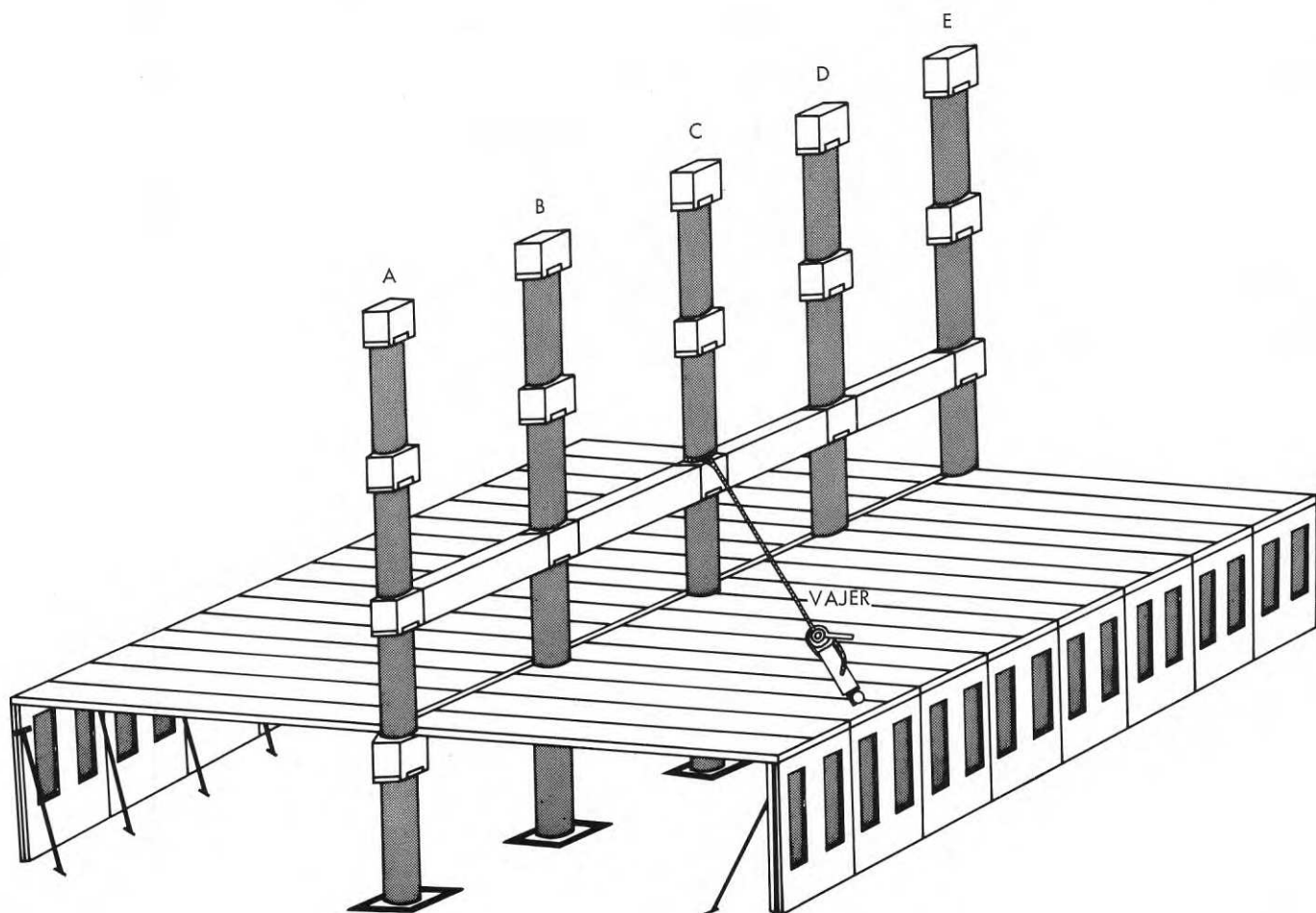


FIG. 27 Vid justering av lodläget hos pelaren C ändras ofta läget hos intillstående pelare.



FIG. 28 Justering av pelarens lodläge.

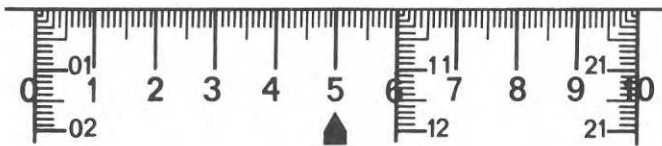


FIG. 29 Mätmarke vid mätning av deformationer hos pelare under stommontage. Mätmärket är klistrat på pelarens fyrkantiga delar.

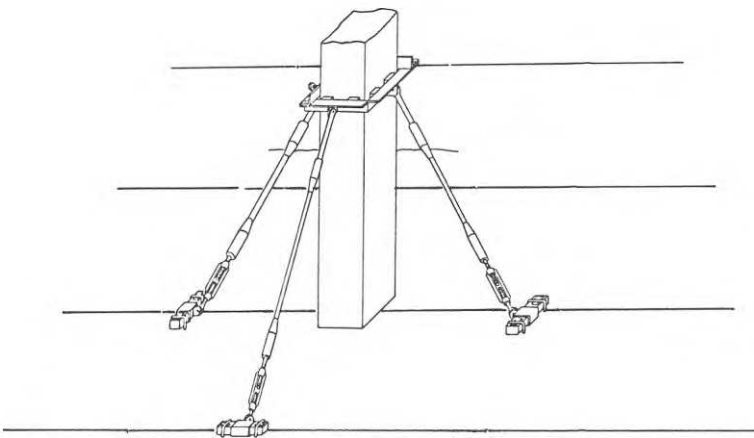


FIG. 30 Strävor med vantskruv för justering av pelarens lodläge.

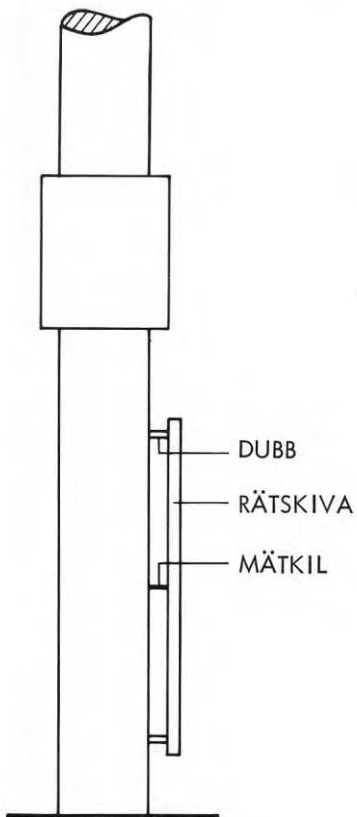


FIG. 31A Mätning av buktighet.

N = 113
M = - 0,5 mm
S = 0,7 mm

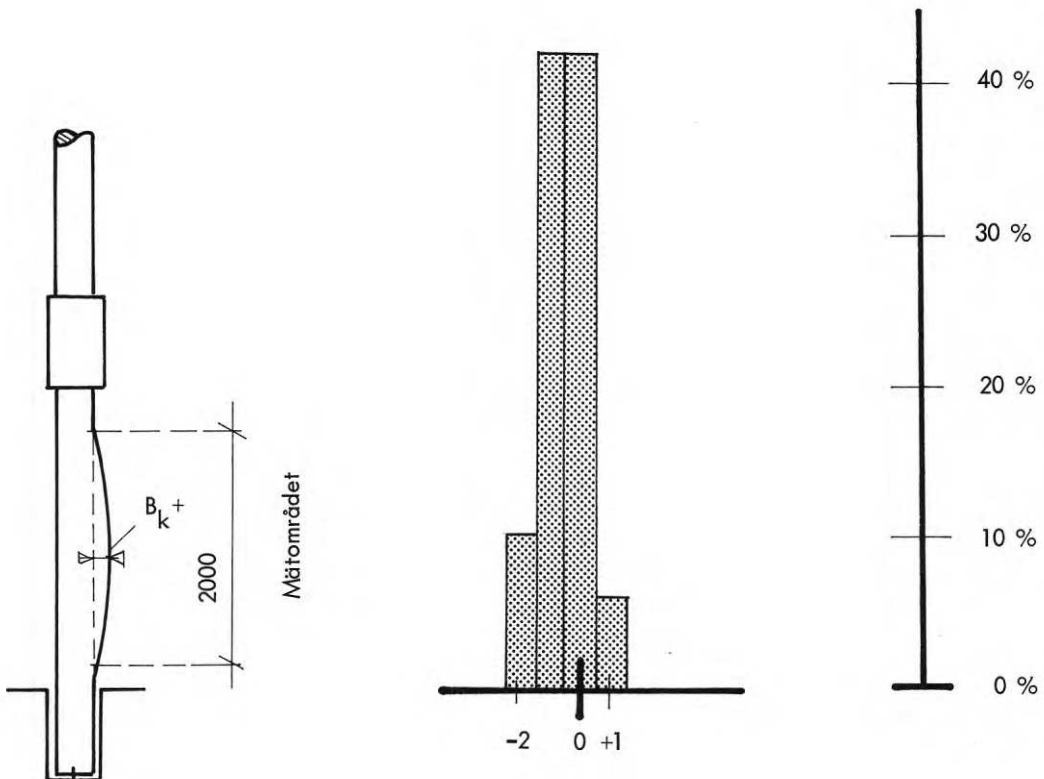


FIG. 31B Buktighet hos delpelare.

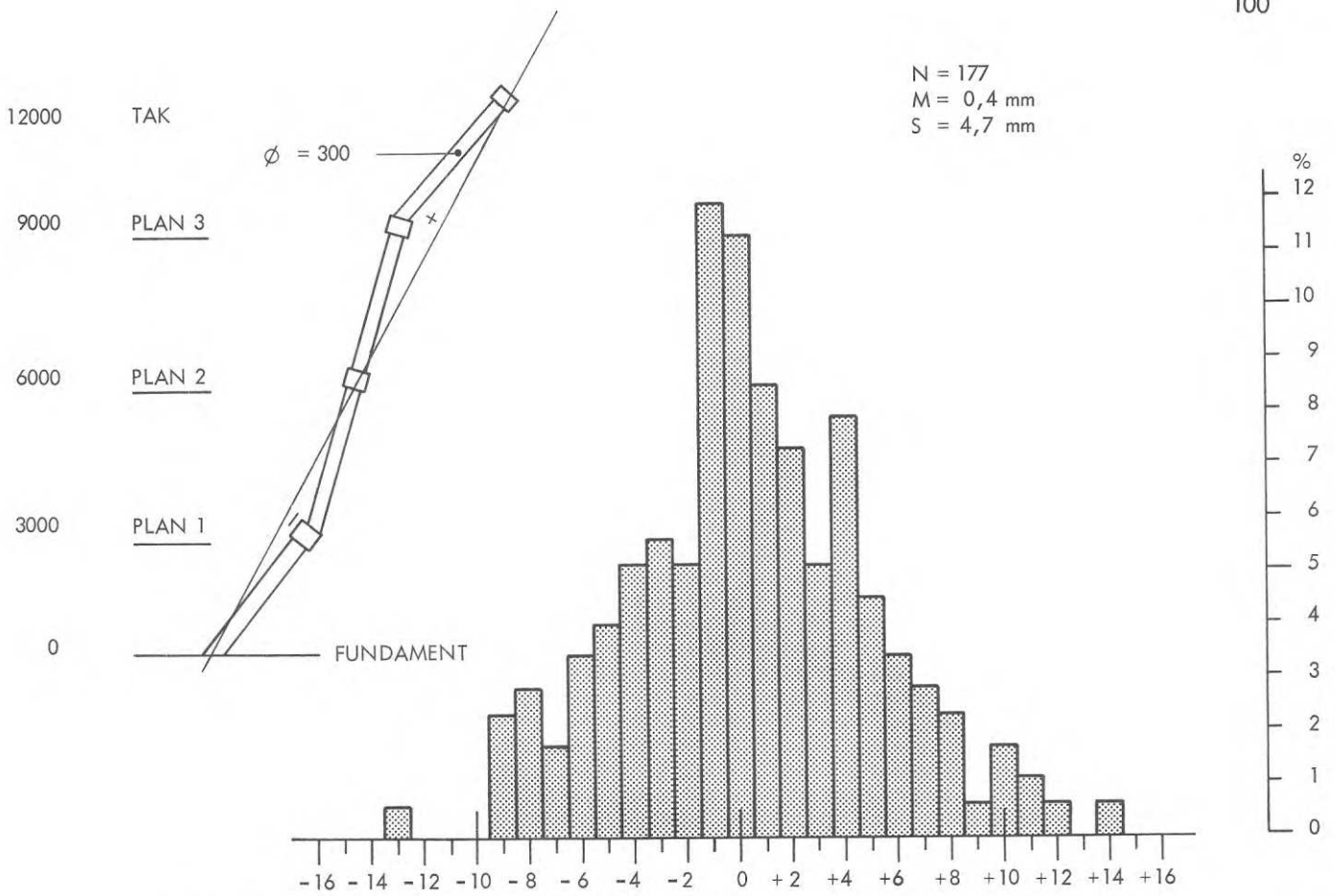


FIG. 32 Pelarnas avvikelser från raket efter stommontering (balkriktning).

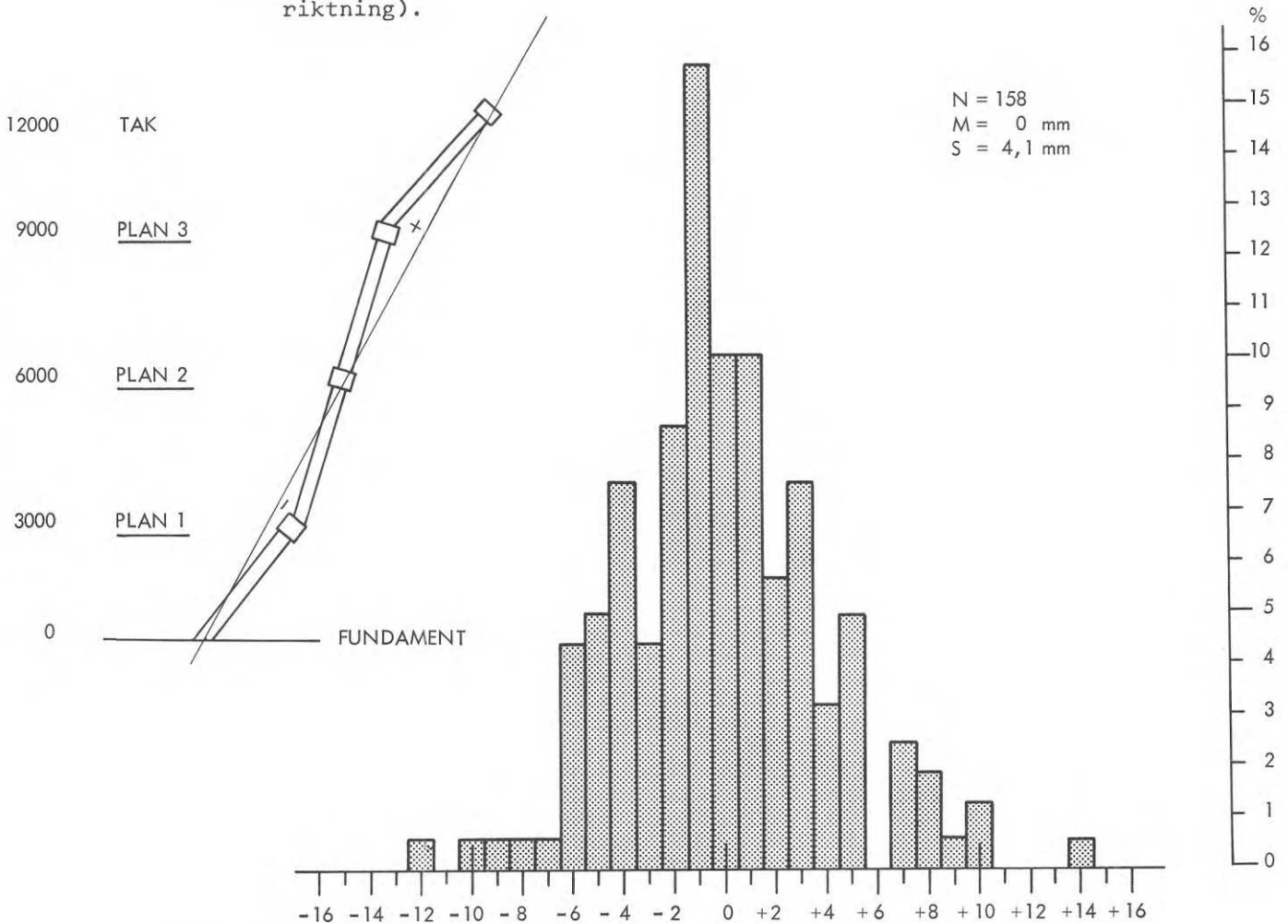
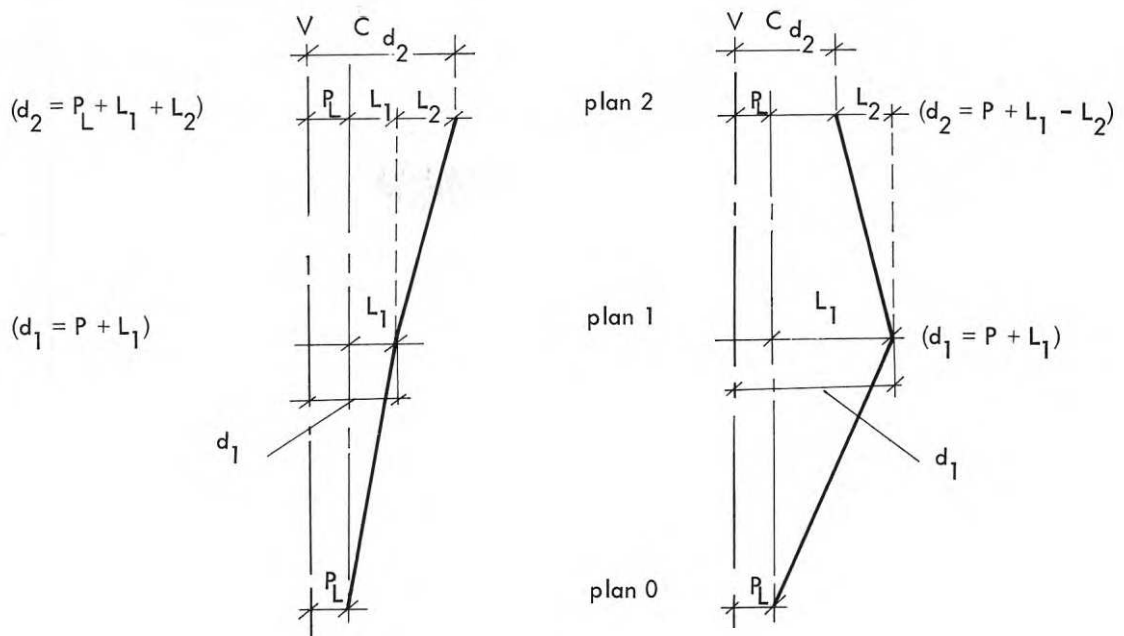


FIG. 33 Pelarnas avvikelser från raket efter stommontering (riktning mot fasader).



d_i = avvikelse från vertikalt montageplan.

V = vertikalt montageplan.

P_L = lägesavvikelse vid fundament.

L_1 = lodavvikelse per våning.

C = lodlinje genom pelarens centrum vid fundament.

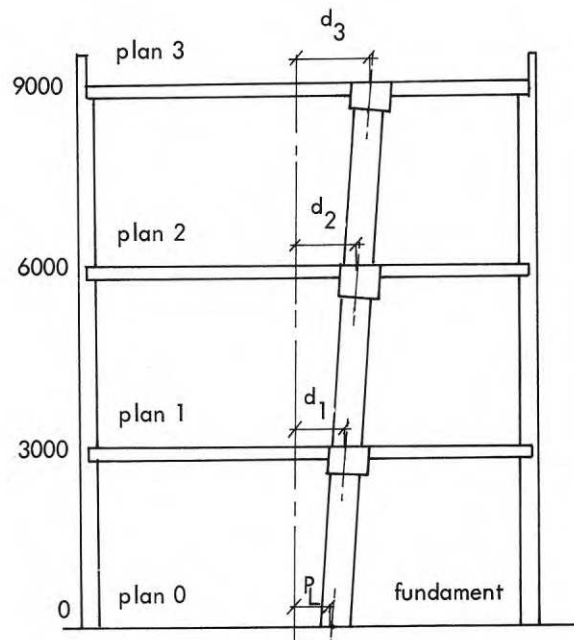
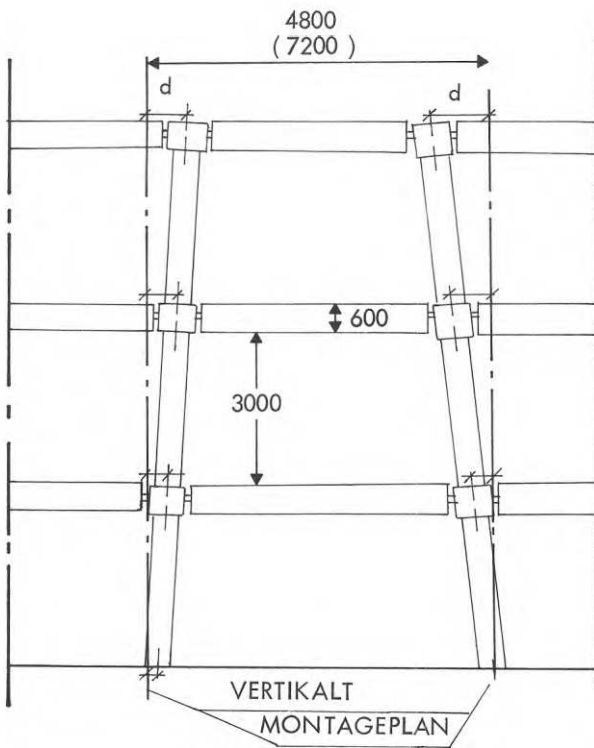


FIG. 34 Pelare: Avvikelser från vertikalt montageplan på olika våningar.



$N = 260$
 $M = - 1,4 \text{ mm}$
 $S = 8,5 \text{ mm}$
 $T = \pm 15 \text{ mm}$
 $P = 7 \%$

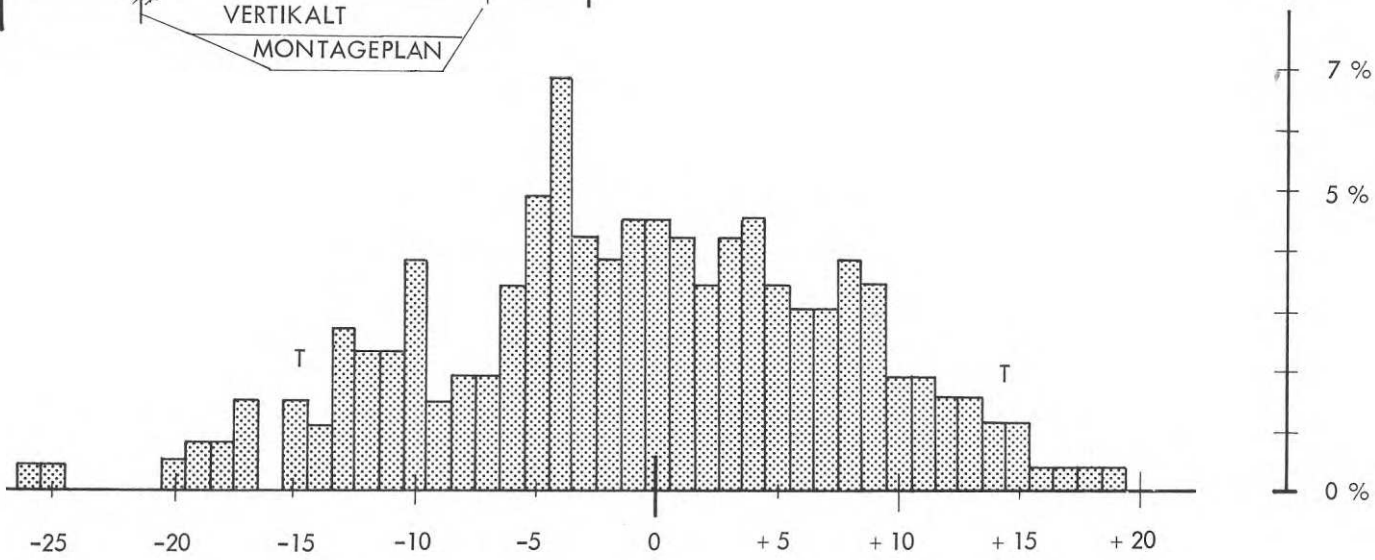


FIG. 35 Pelare: Avvikelser från vertikalt montageplan på olika våningar (balkriktning).

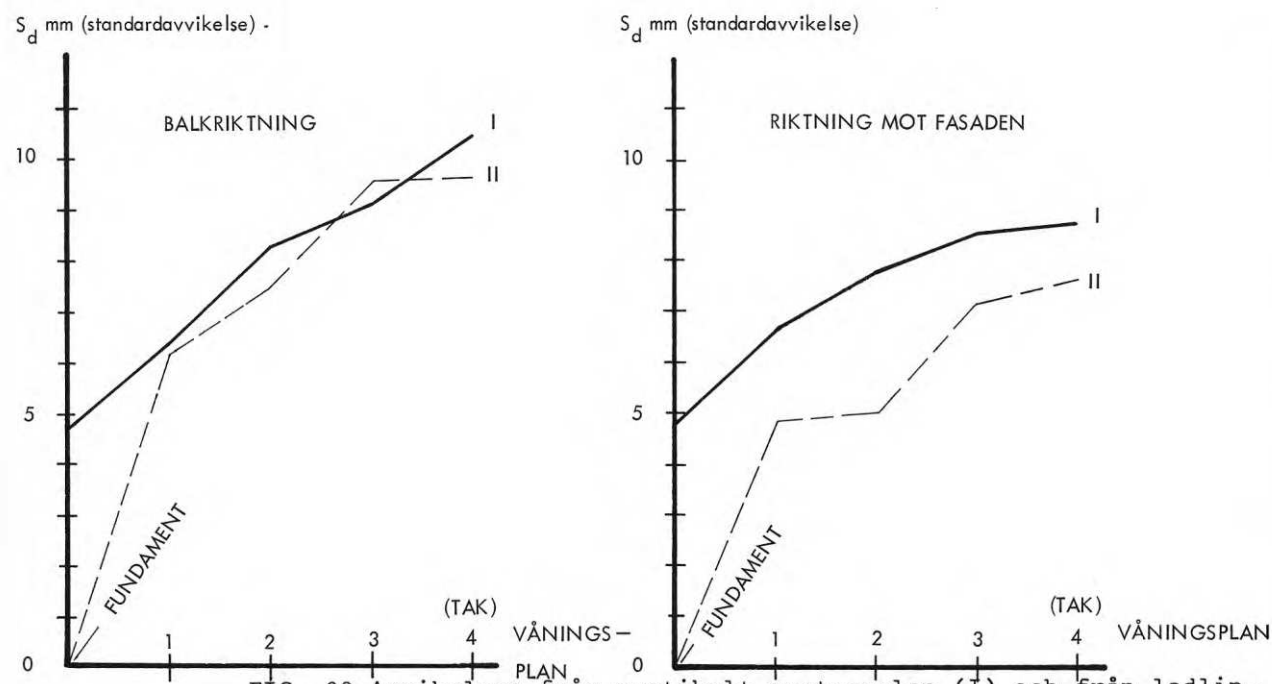
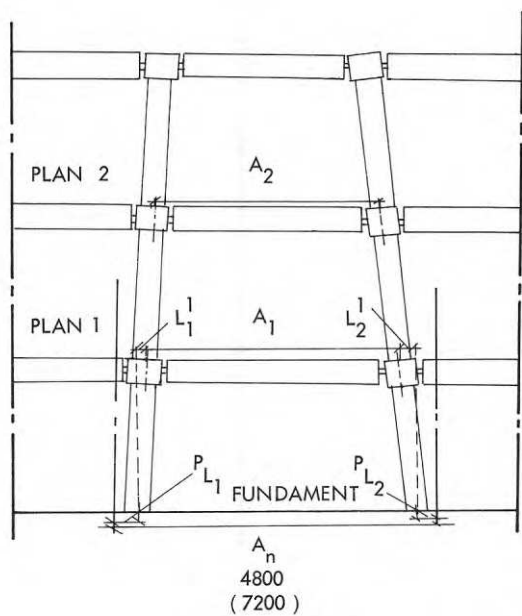


FIG. 36 Avvikelser från vertikalt montageplan (I) och från lodlinjen (II) genom pelarcentrum vid fundament.



N = 419
 M = - 0,5 mm
 S = 10,6 mm
 T = + 15 mm
 P = 15 %

P_L = PLACERINGSFEL

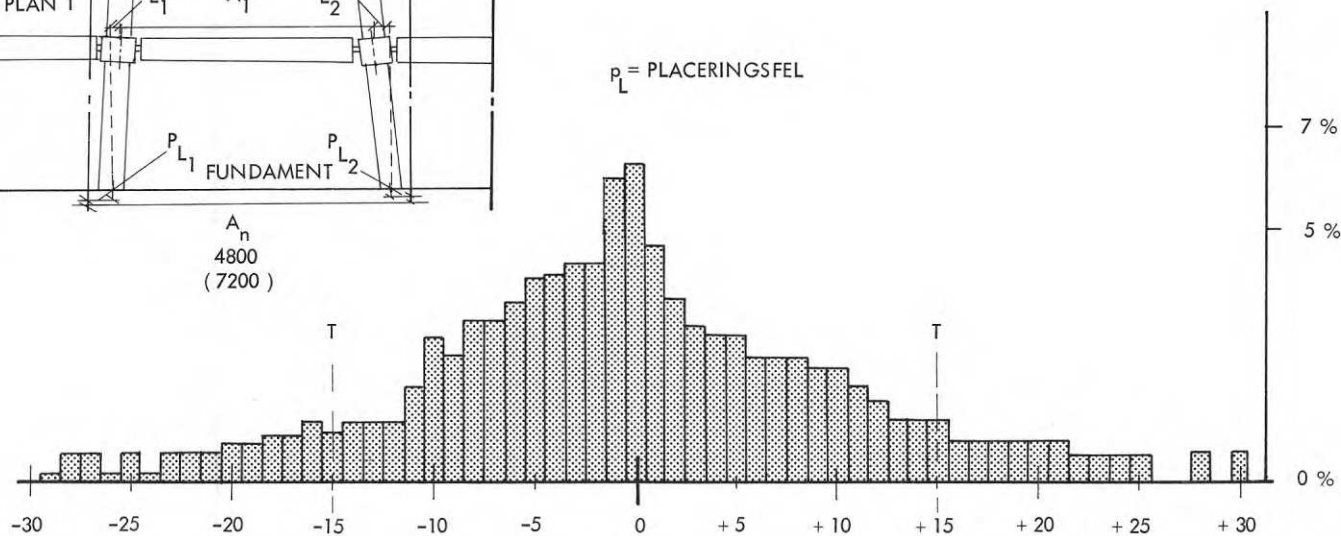


FIG. 37 Avståndsavvikelser mellan pelare på samma våningshöjd.

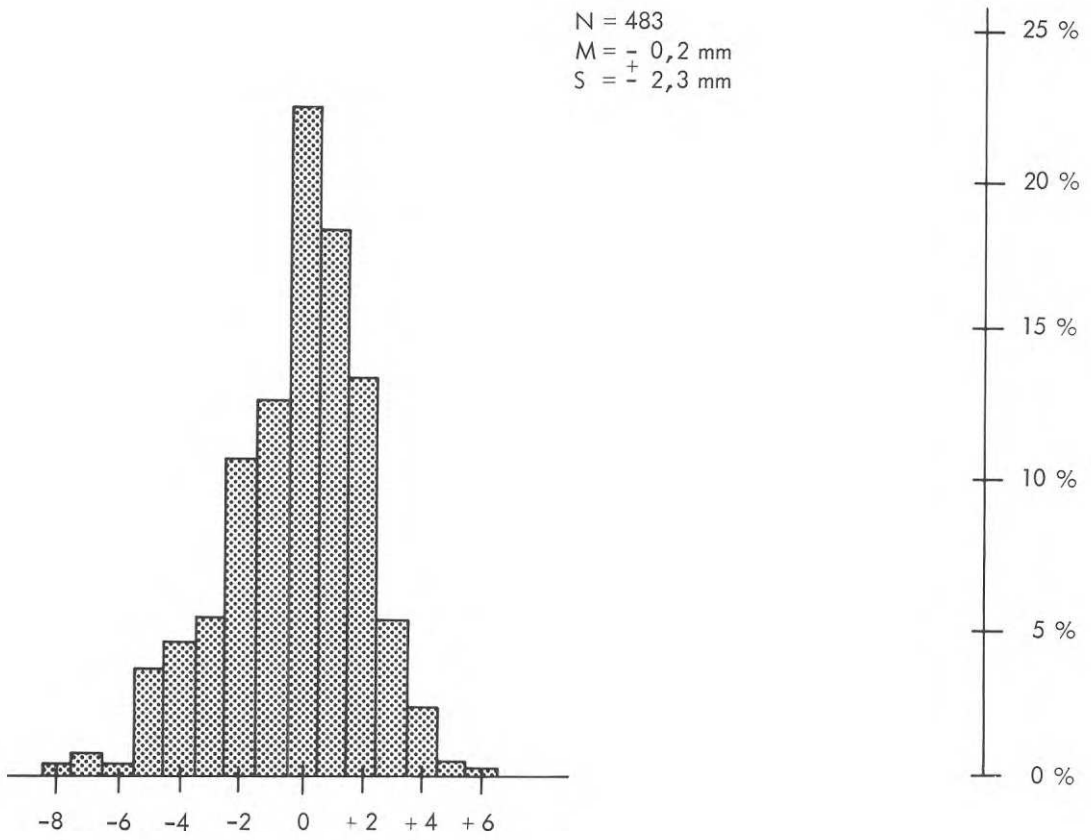


FIG.38A Diameteravvikelser hos pelare.

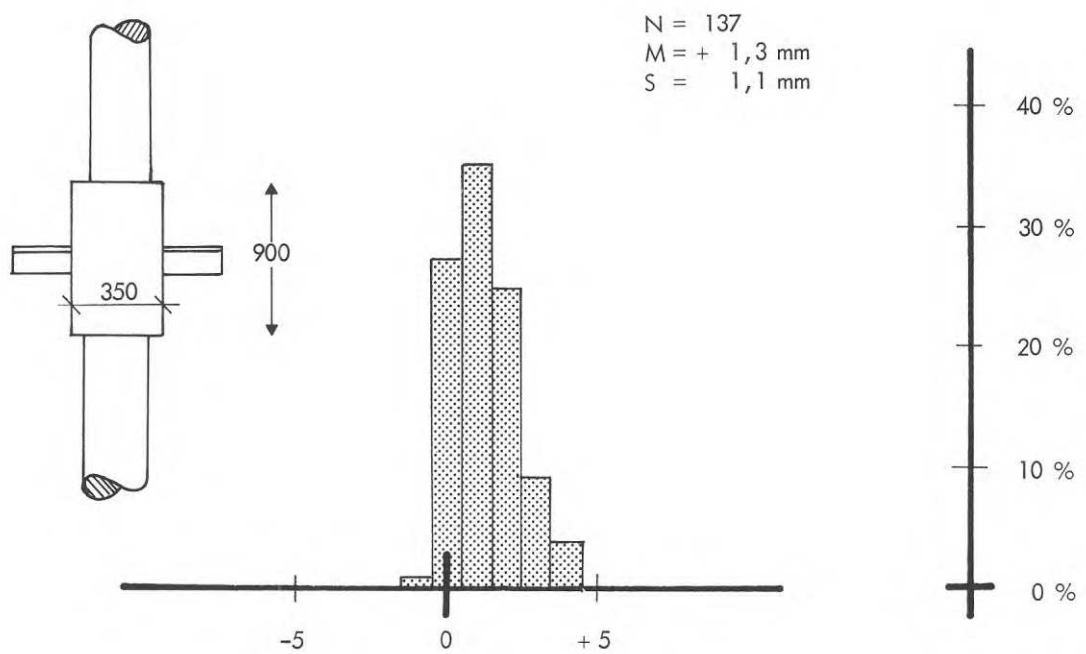


FIG. 38B Pelare: Tjockleksavvikelser hos de fyrkantiga delarna.

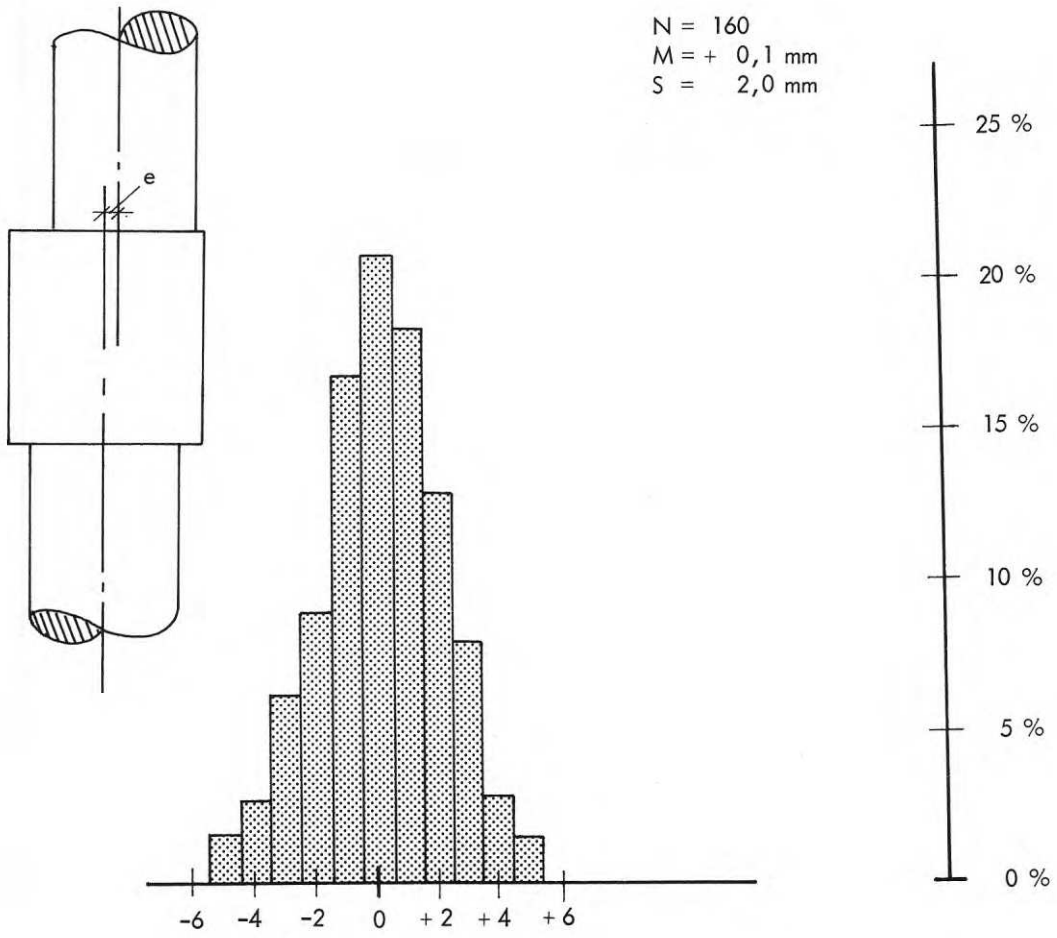
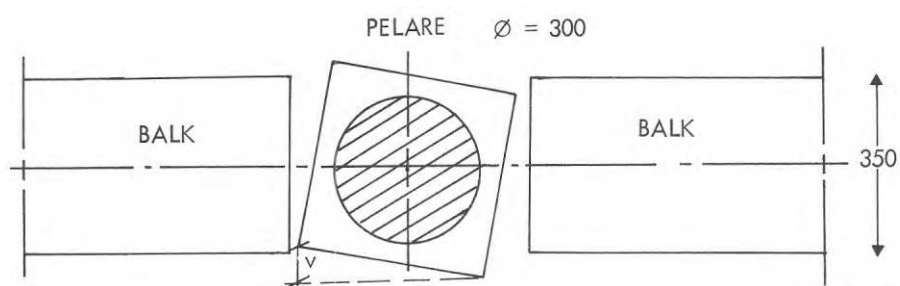


FIG. 39 Excentricitet mellan pelardelar.



$N = 80$
 $M = + 0,2 \text{ mm}$
 $S = 3,8 \text{ mm}$

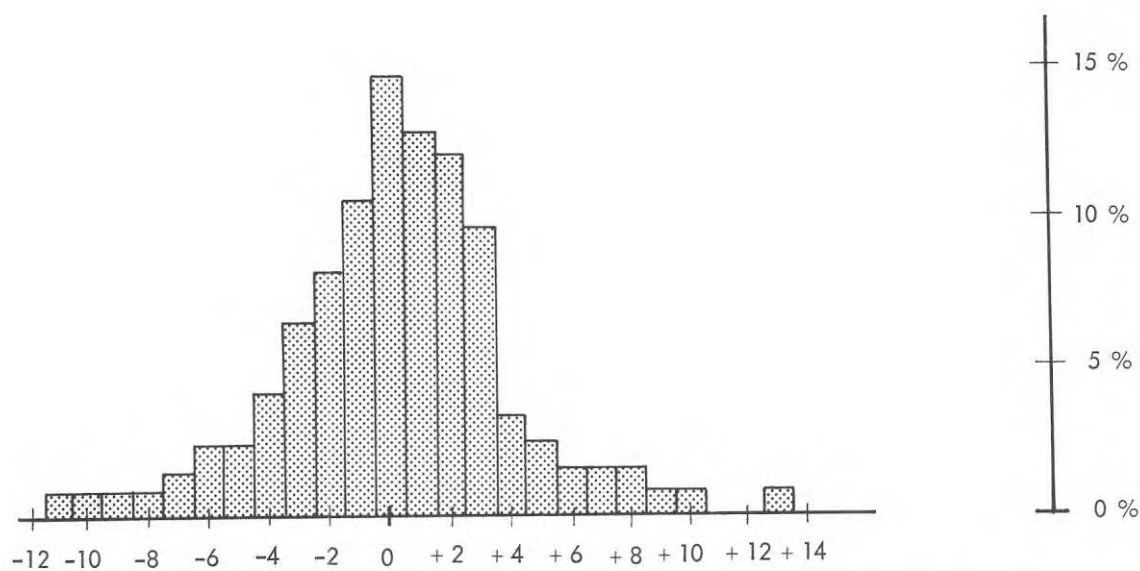


FIG. 40 Vridning av pelare kring centrumlinjen (mätt i källare).

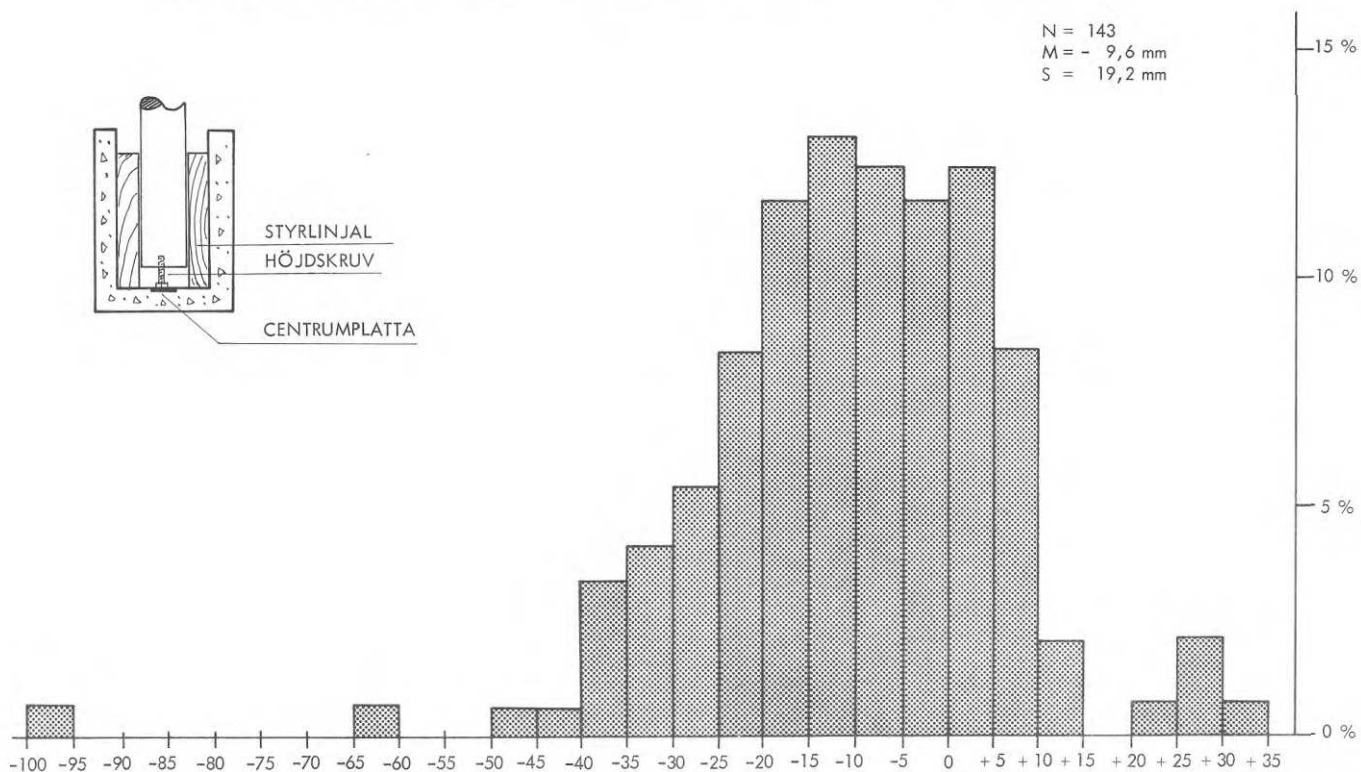
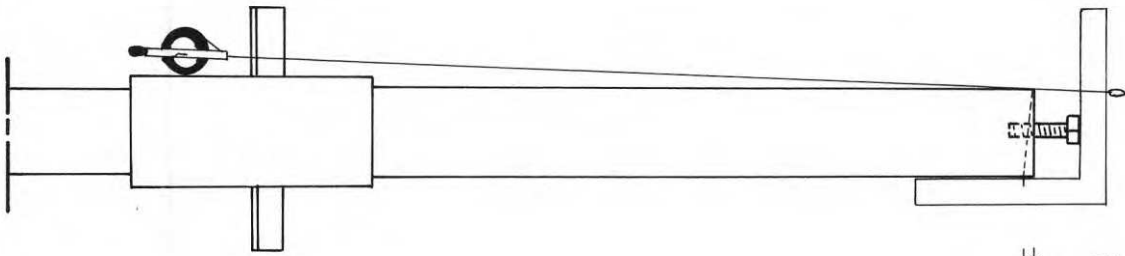


FIG. 41 Pelare: Höjdavvikelser hos centrumplattor i platsgjutna holkar.



om vinkelhaken inte används
kan detta fel uppstå

FIG. 42 Mätning av avstånd mellan pelarkonsol och höjdskruv.

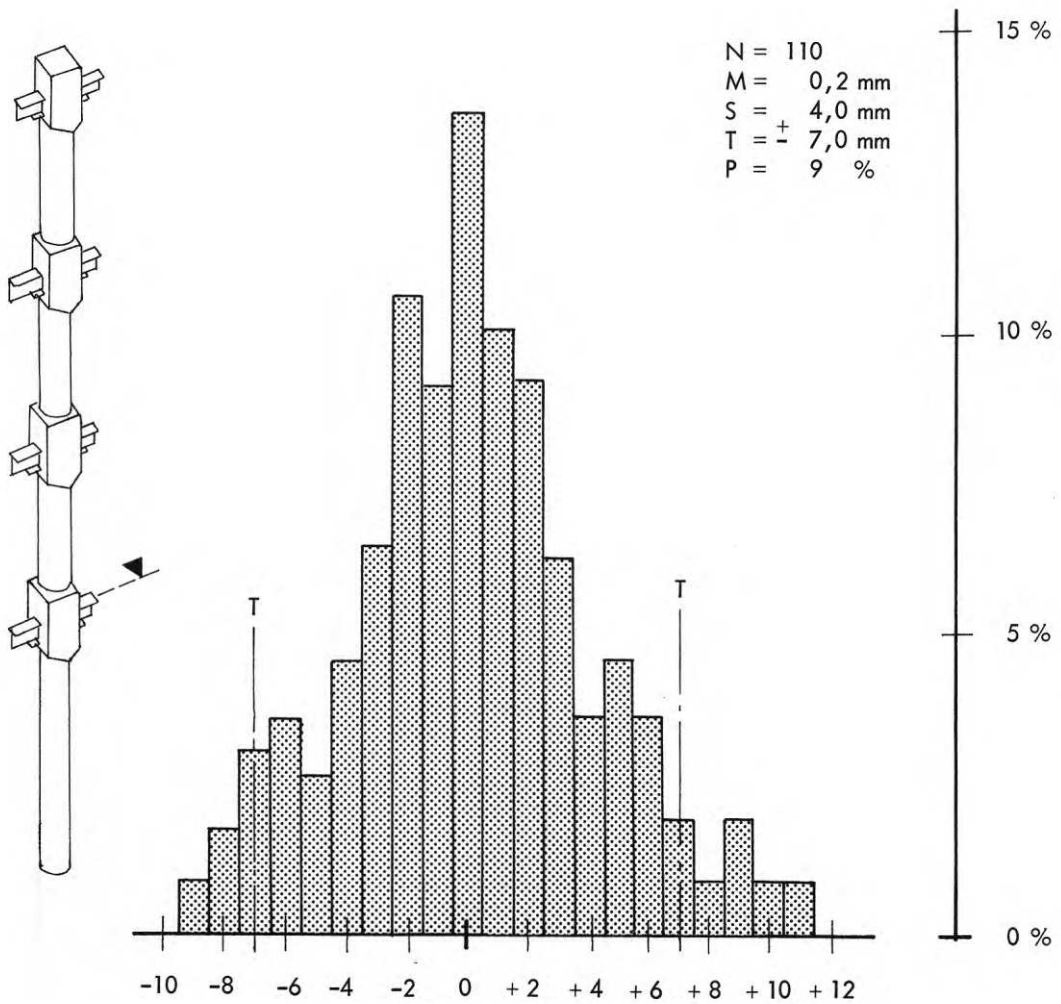


FIG. 43 Pelare: Konsolernas höjdavvikelse.

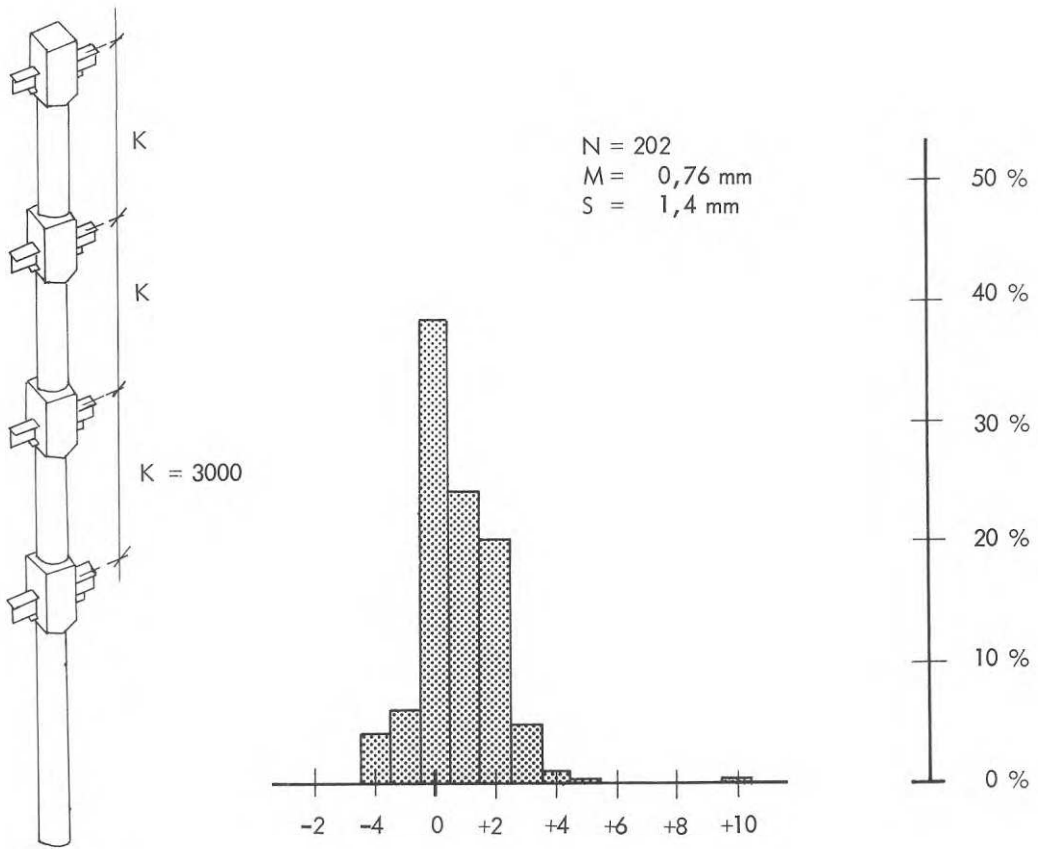


FIG. 44 Pelare: Avståndsavvikelse mellan konsolerna.

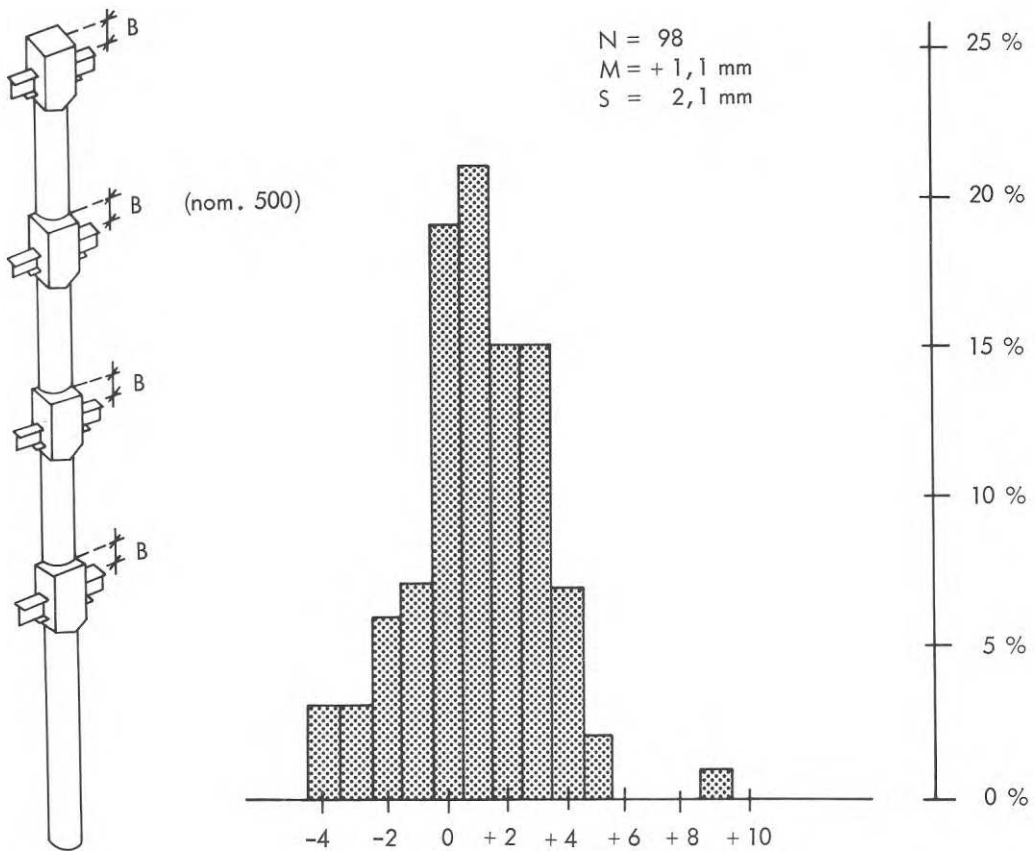


FIG. 45 Pelare: Avståndsavvikelse mellan ö.K. konsoler och ö.K. fyrkantiga delar.

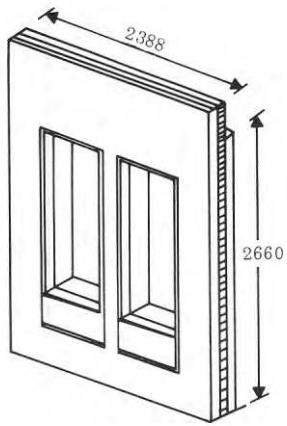


FIG. 46 Fasadelement (s.k. S-komponent) 2660 x 2388 mm.

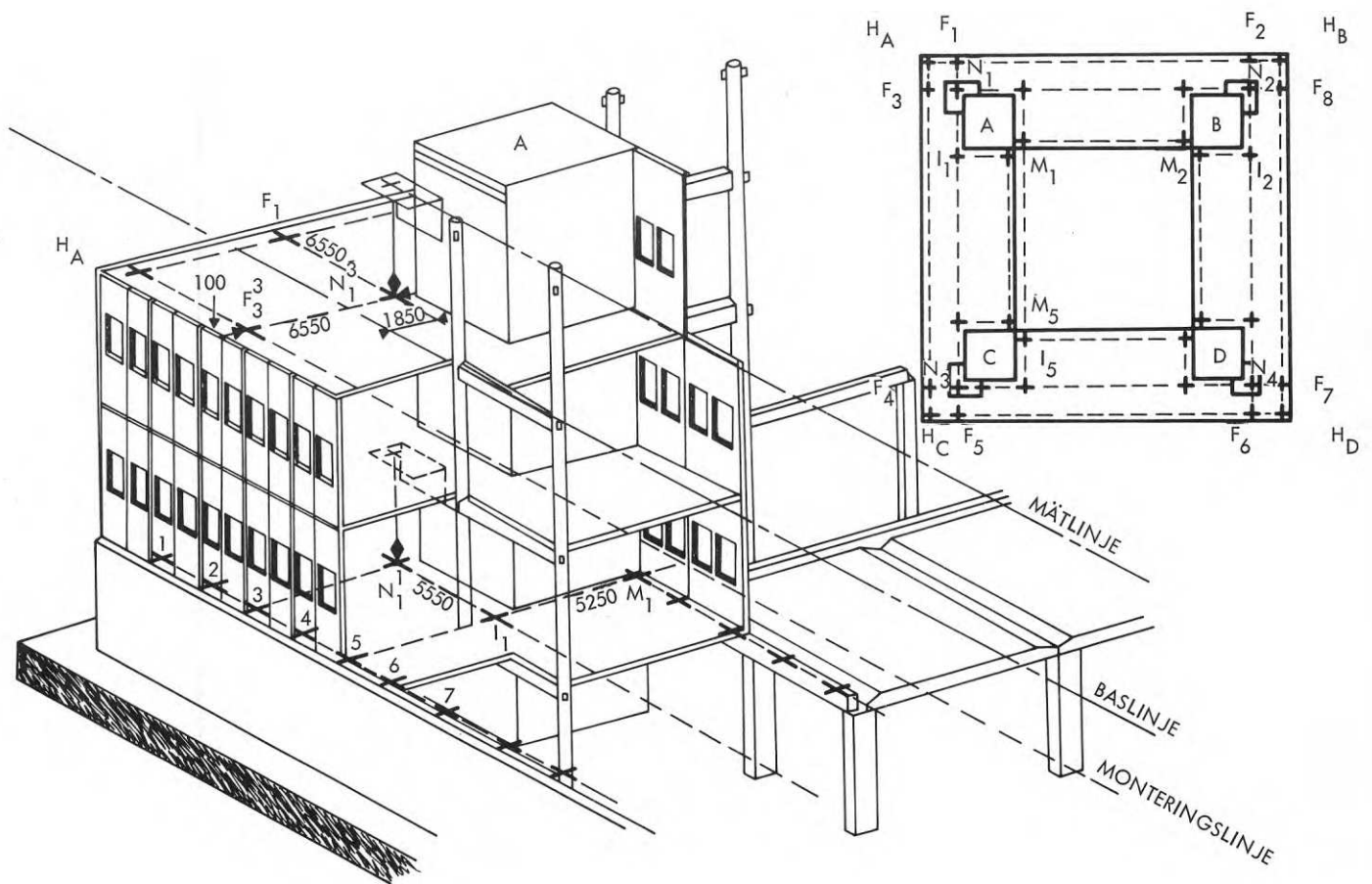


FIG. 47 Utsättningsystem för fasadelement.

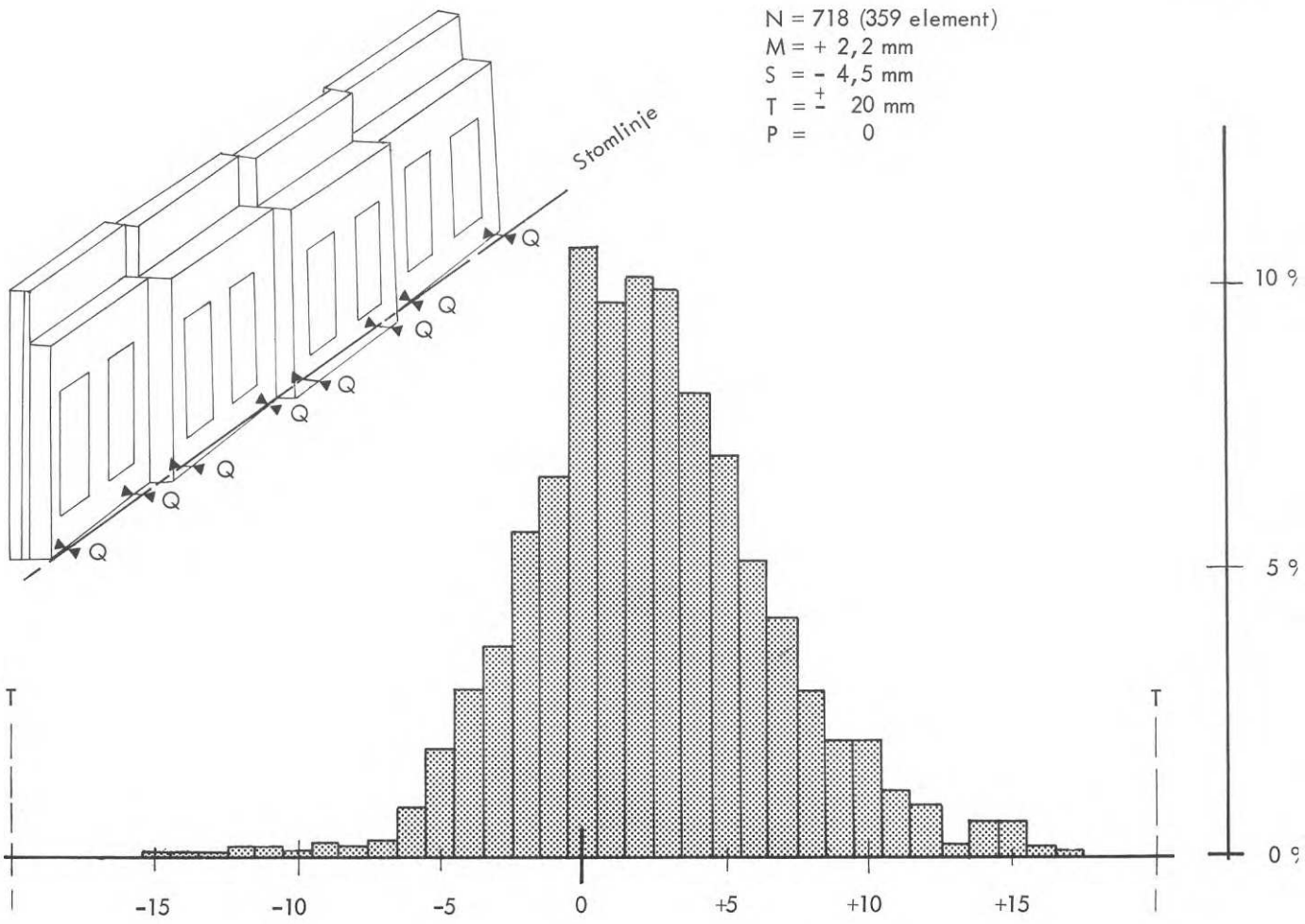


FIG. 48 Avvikelser Q från stomlinjer vid golv hos fasadelement.

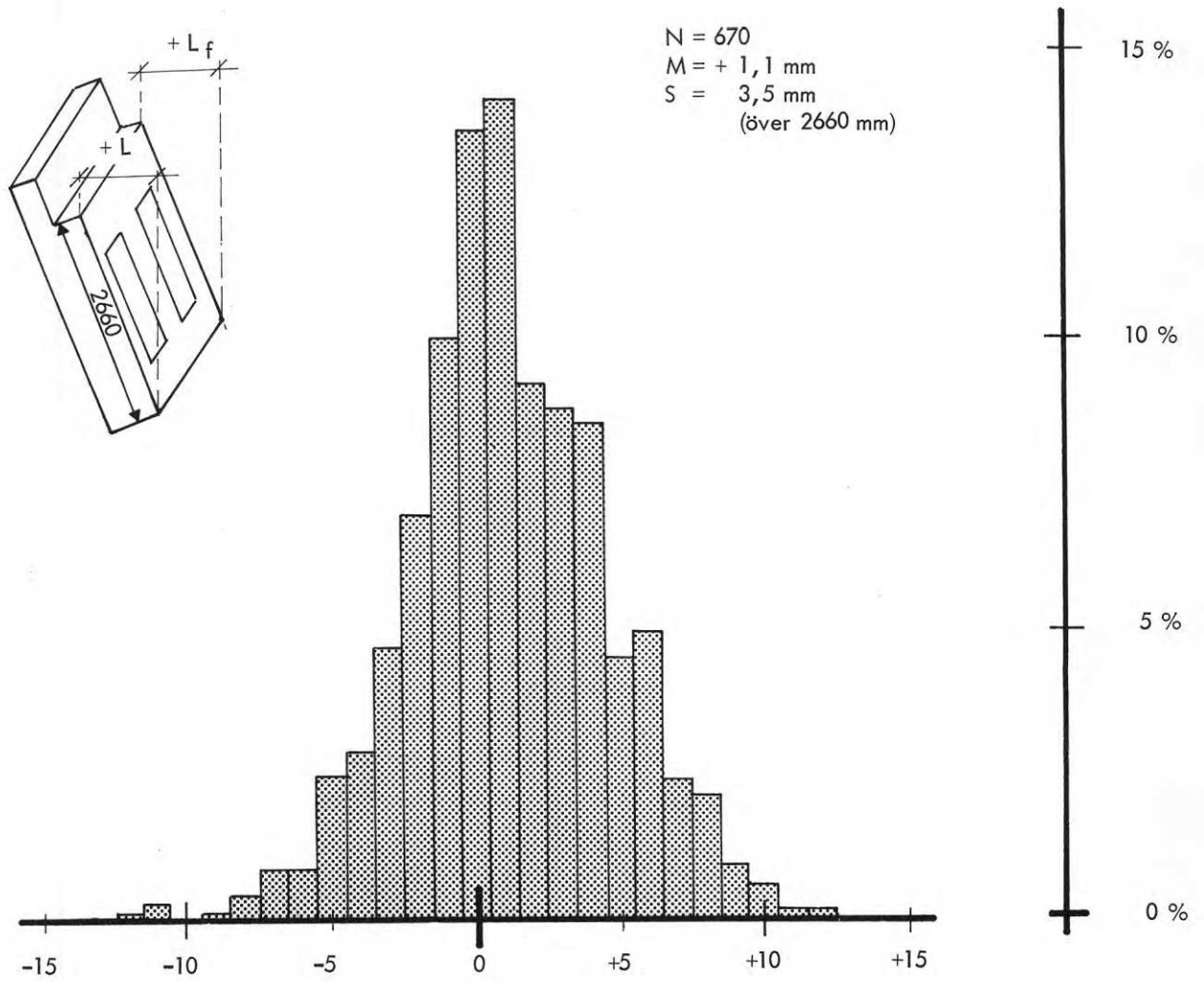


FIG. 49 Lodavvikelser hos fasadelement (två mätningar per element).

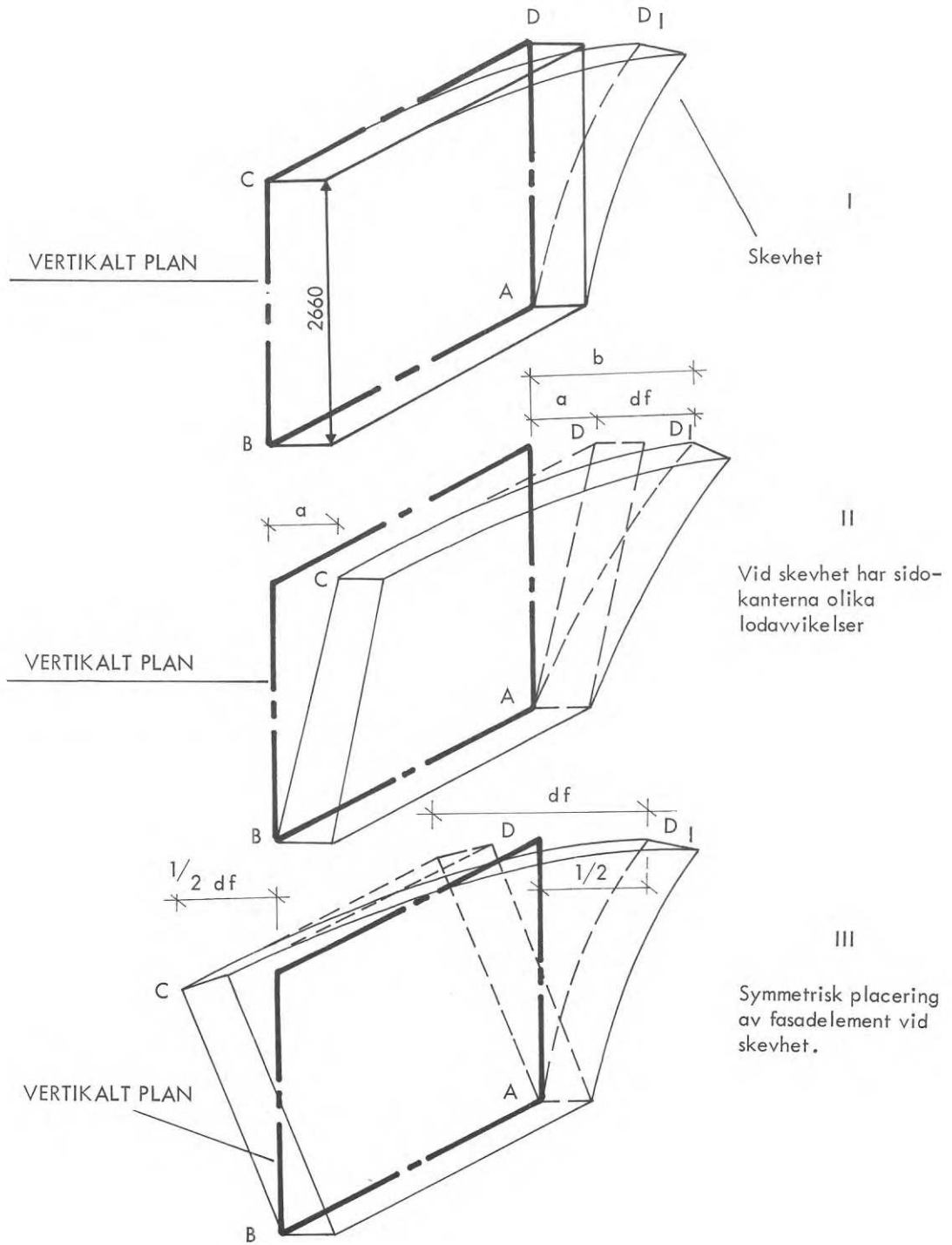
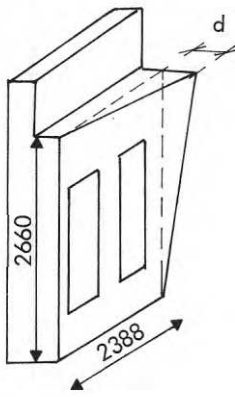


FIG. 50 Inverkan av skevhet på lodavvikelser hos fasadelement.



$N = 332$
 $M = 0,7 \text{ mm}$
 $S = 3,1 \text{ mm}$

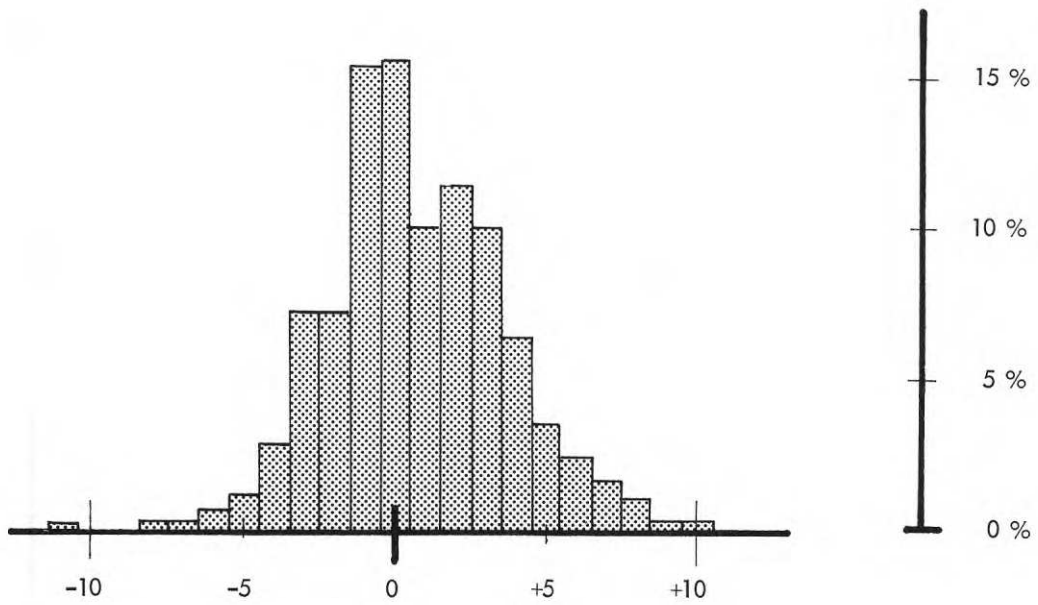
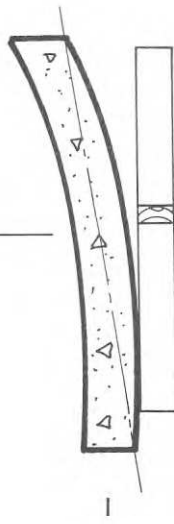
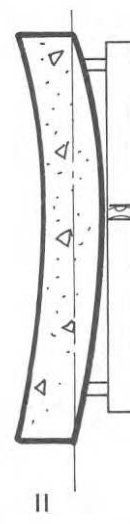


FIG. 51 Skewhet hos fasadelement.

Lodfel som uppstår på grund av betongytans buktighet.

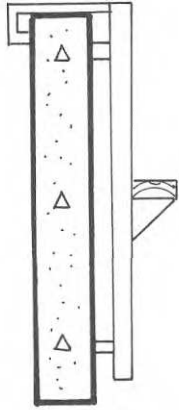


I



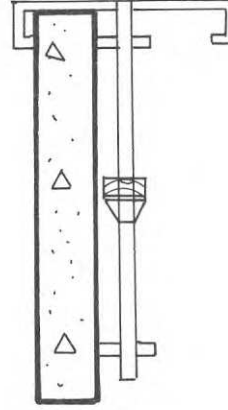
II

Genom användning av dubbar på vattenpasset kan överkanten lätt lodas över underkanten



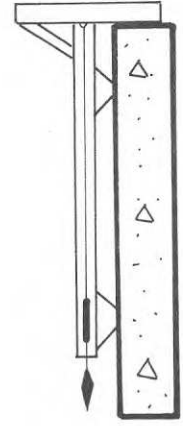
III

"Hängvattenpass" med dubbar.



IV

IV ger möjlighet till kontroll av vattenpasset



V

Rättskivan med dubbar och lod.

FIG. 52 Lodning av väggelement.

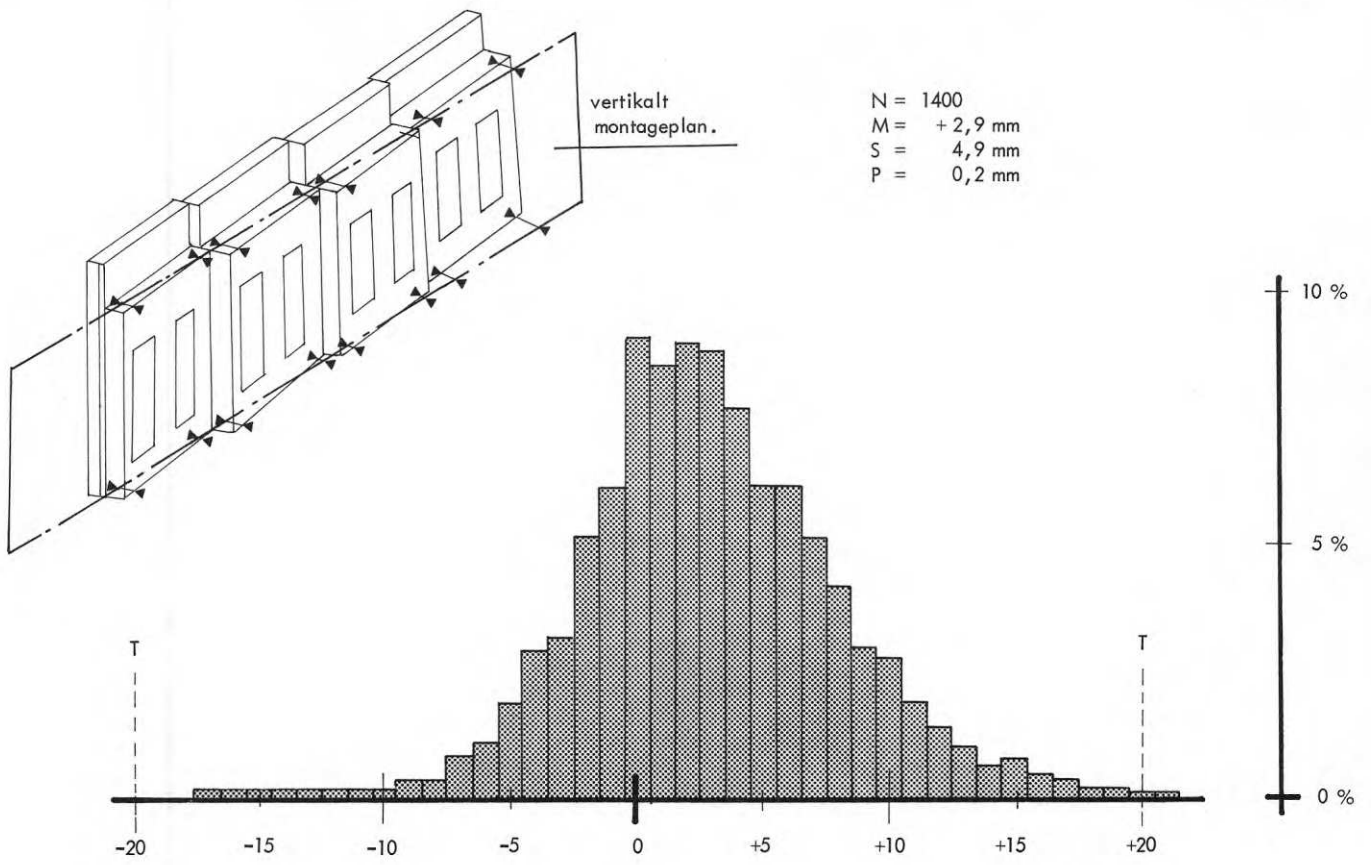


FIG. 53 Avvikelser från vertikalt montageplan.

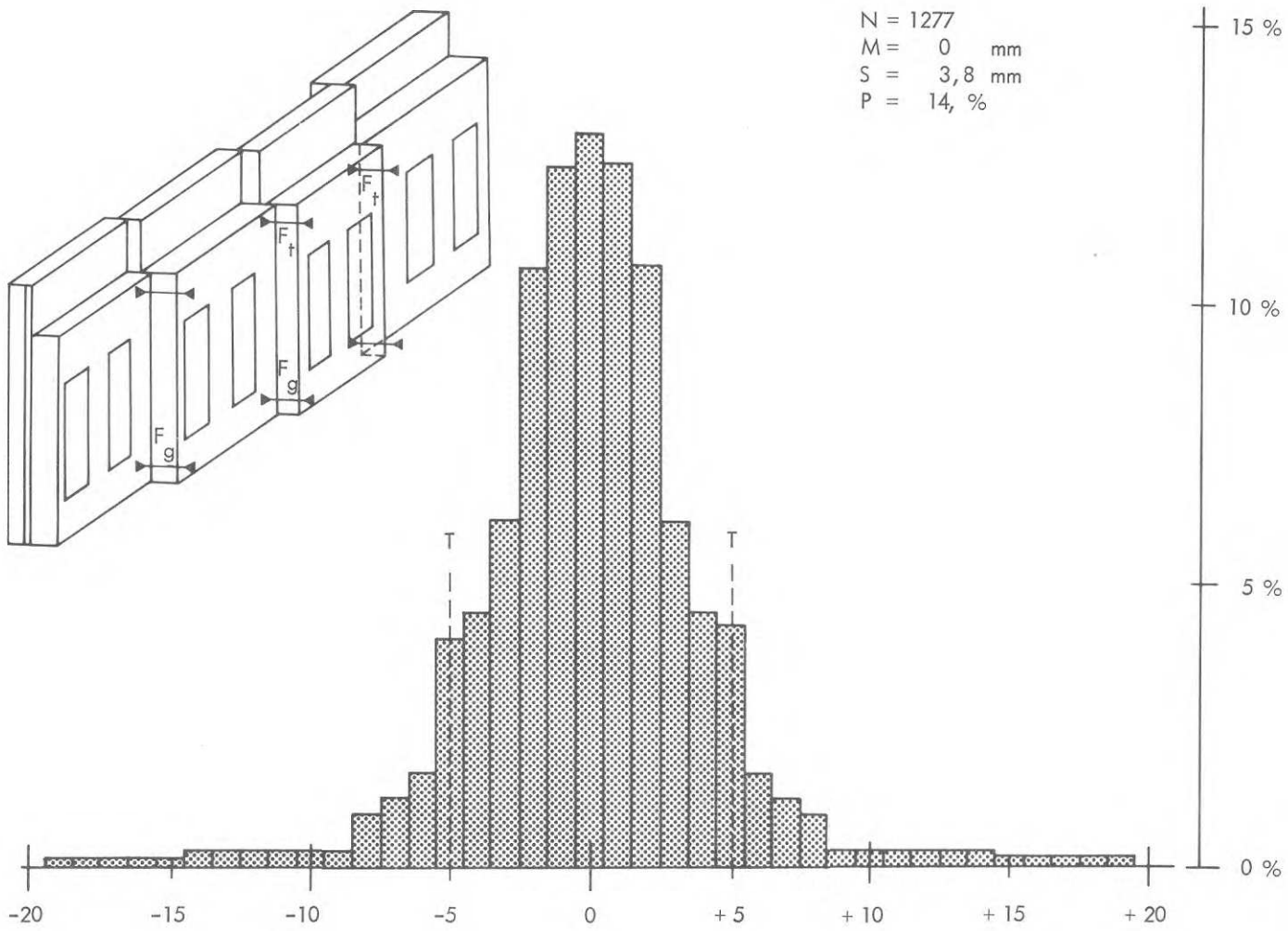


FIG. 54 Förskjutning mellan intilliggande fasadelement vid tak och golv.

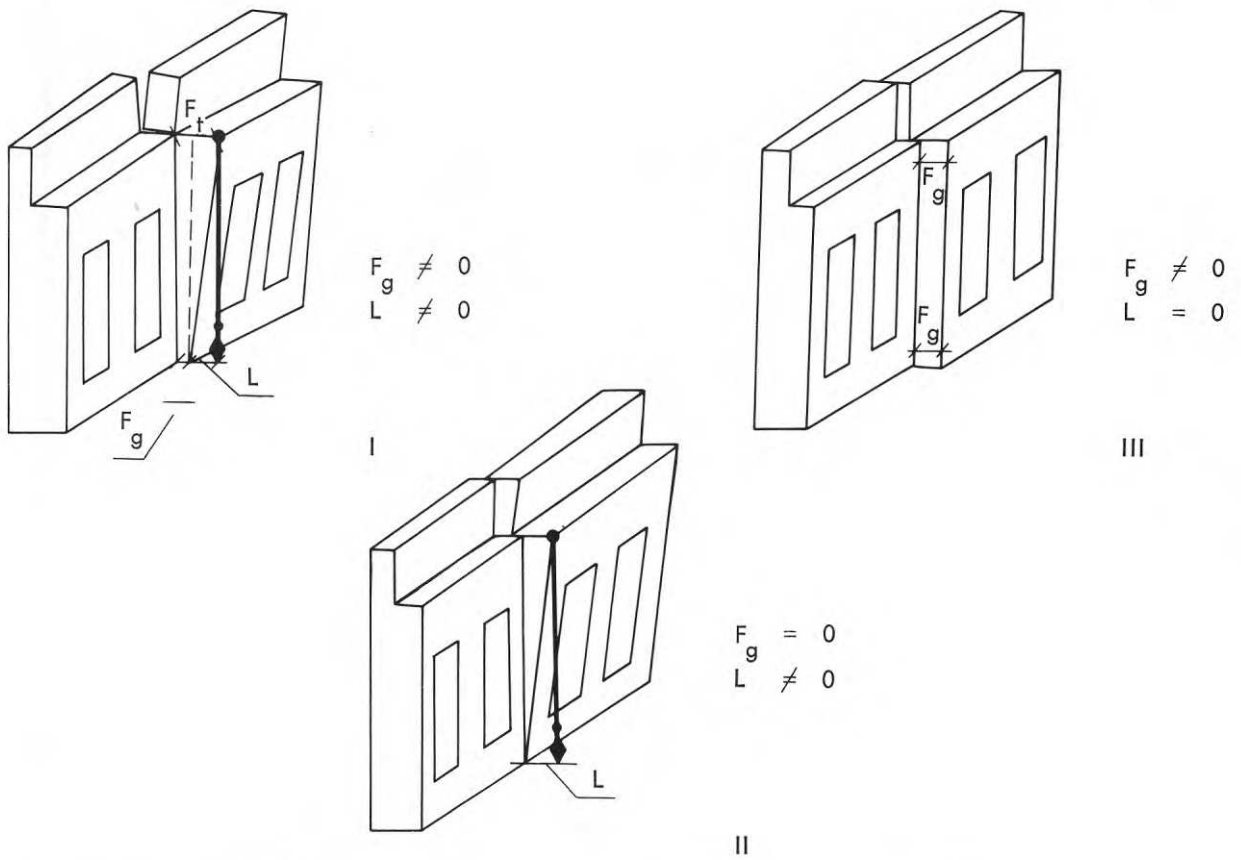


FIG. 55 Förskjutning mellan intilliggande element vid taket kan förorsakas av förskjutning (F_g) vid golvet och innerktivans lodavvikelse.

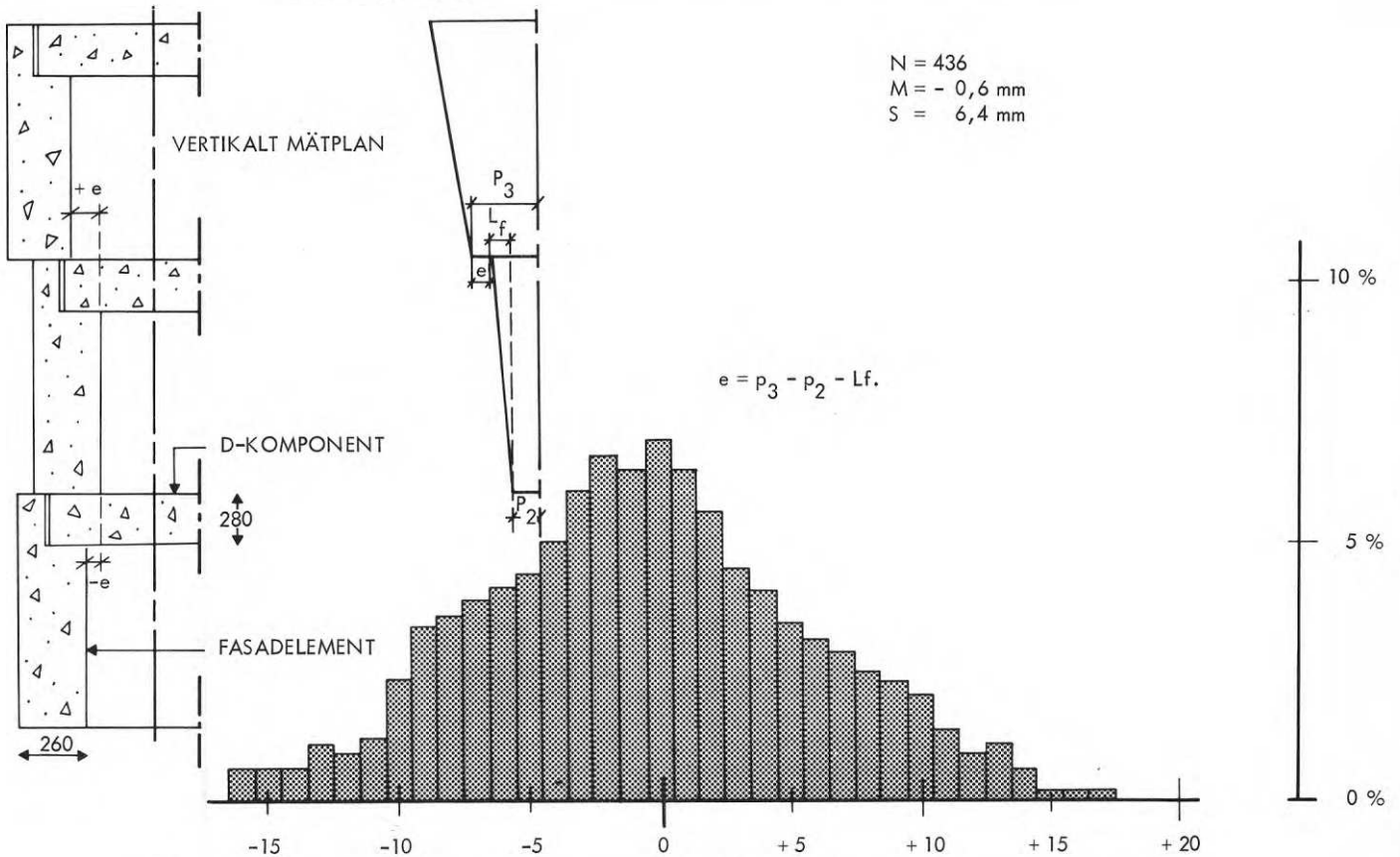


FIG. 56 Förskjutning mellan fasadelement på olika våningar (inner-skivor).

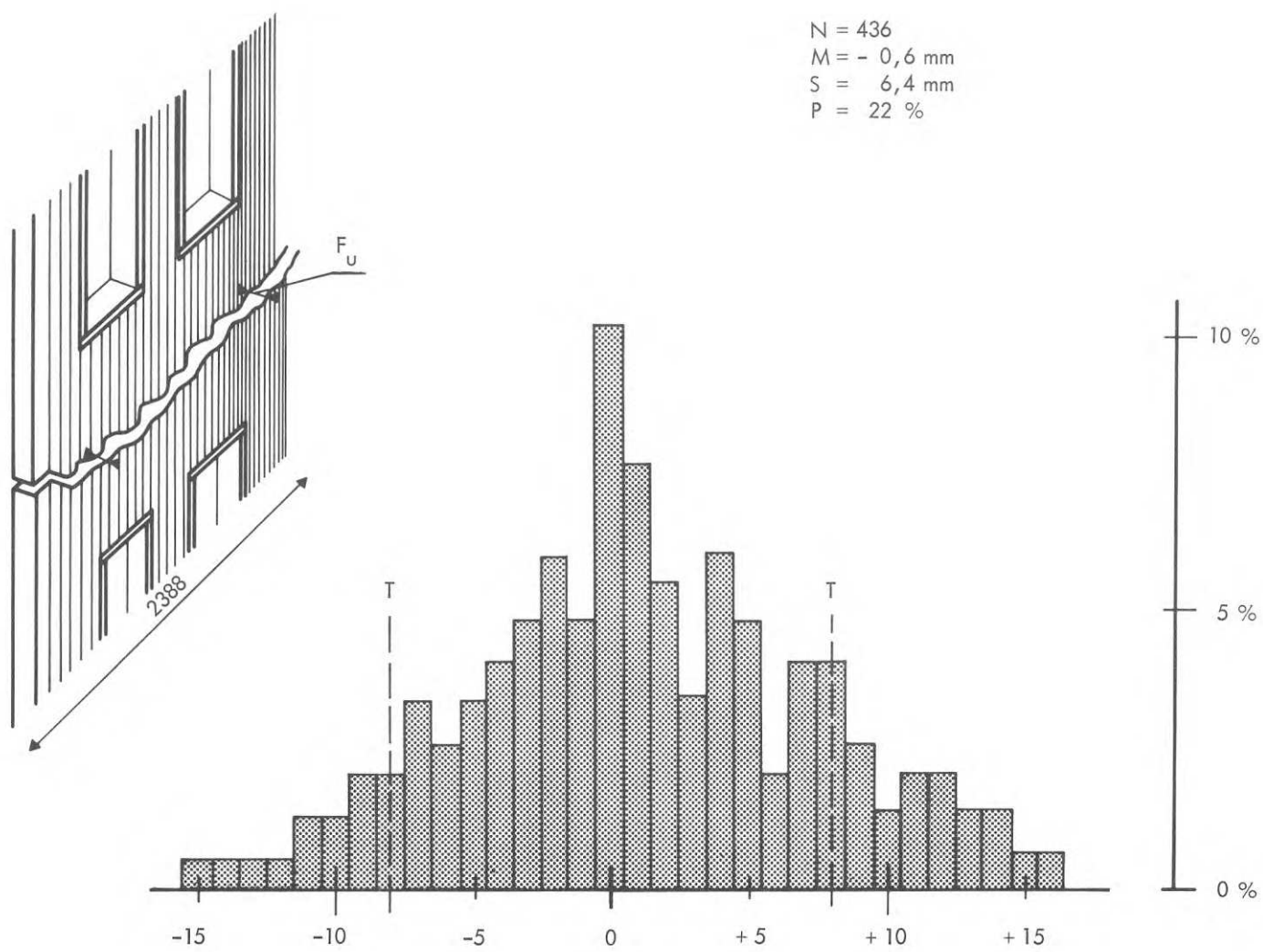


FIG. 57 Förskjutning mellan fasadelement på olika våningar (utsidan).

N = 210
M = - 0,1 mm
S = 6,0 mm
P = 11 %

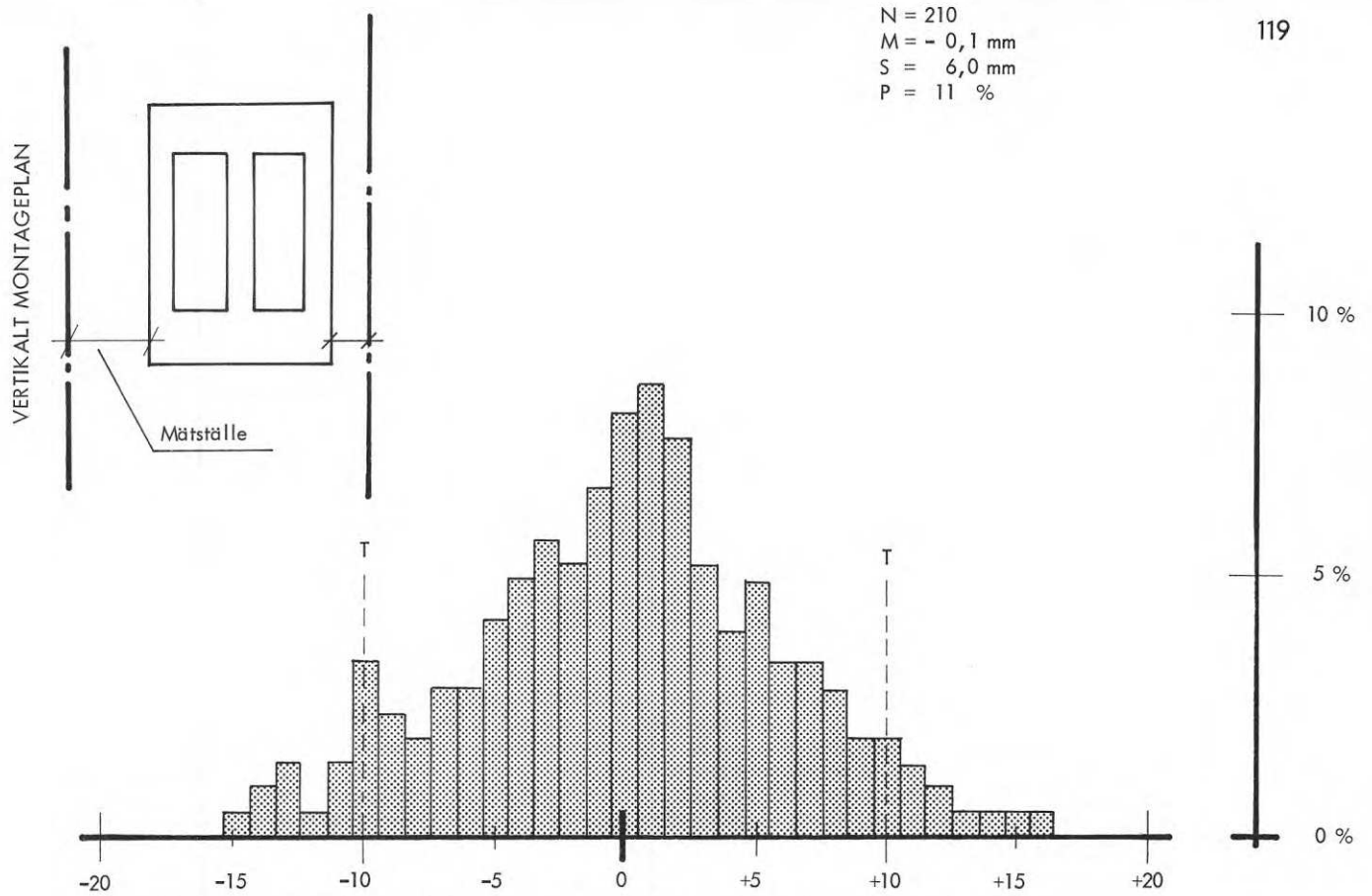


FIG. 58A Lägesavvikelser hos fasadelementens sidokanter (mätt på innersidan).

N = 200
M = 0,26 mm
S = 5,10 mm
P = 7,50 %
T = ± 10 mm

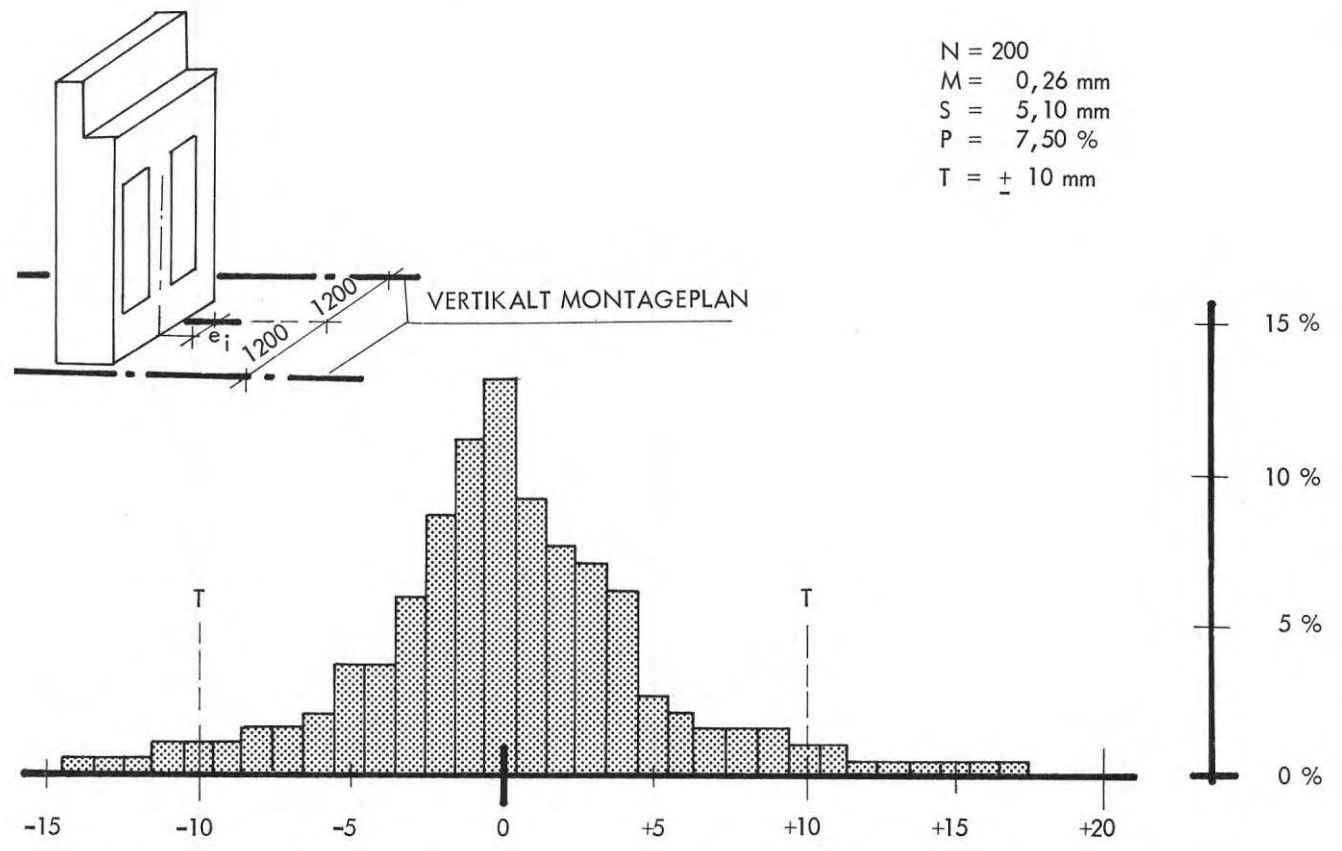


FIG. 58B Fasadelement: Excentricitet inom modulområden.

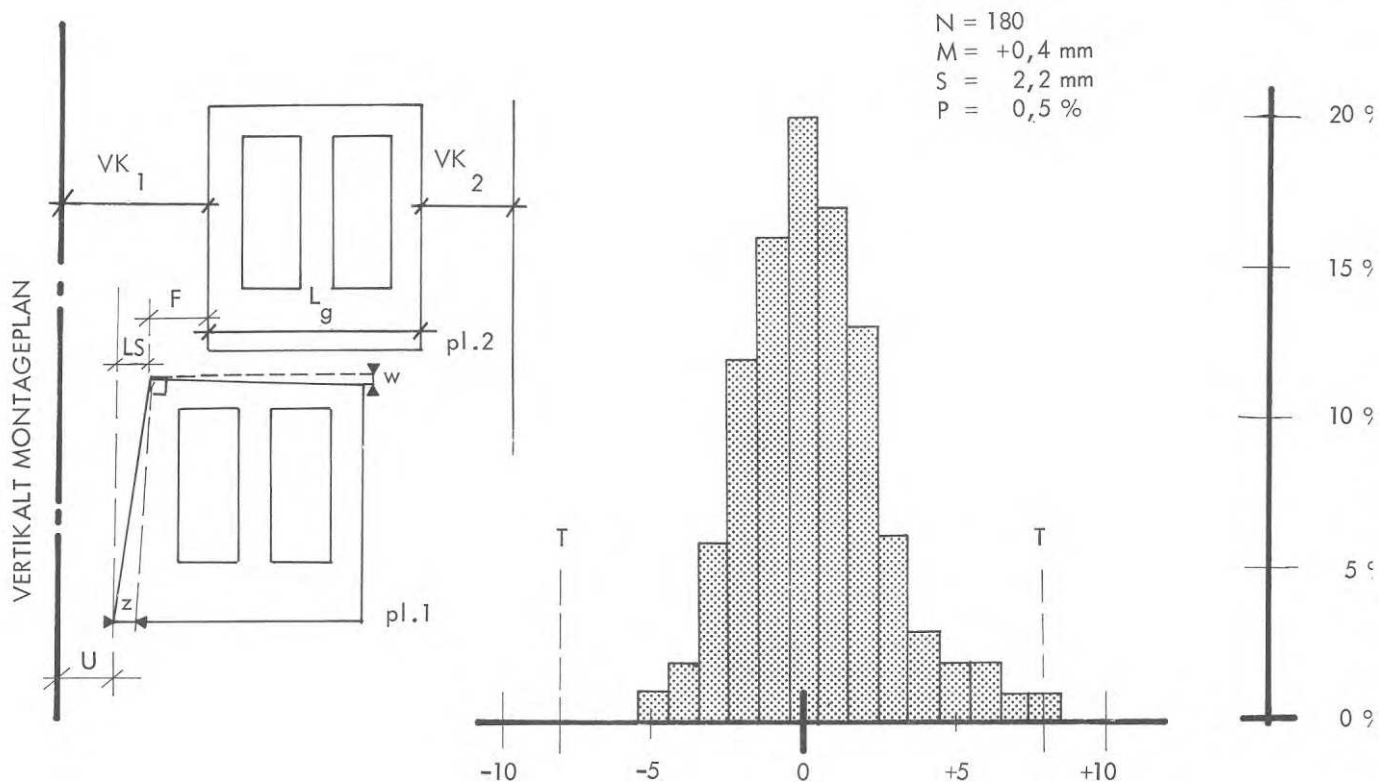
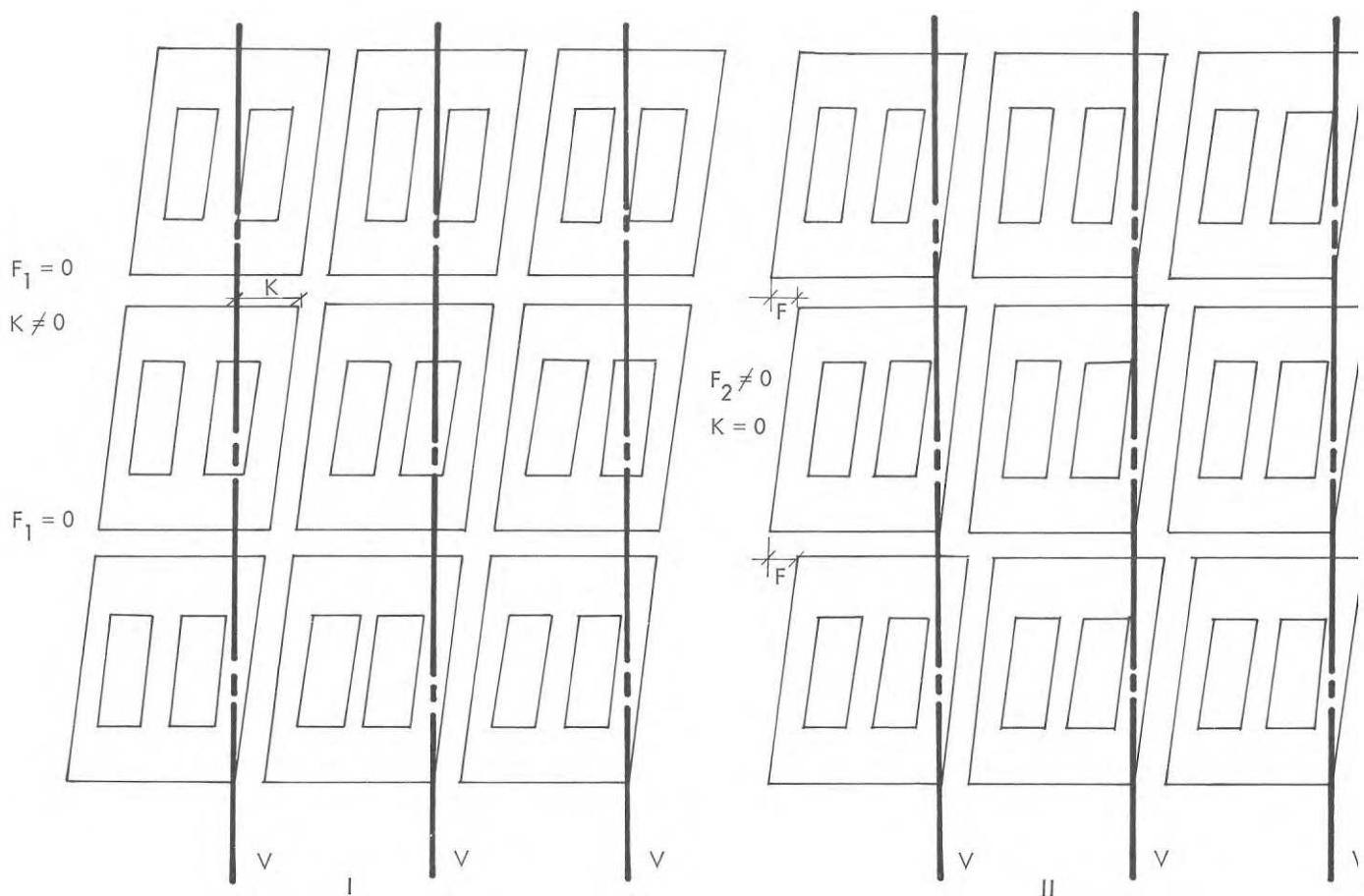


FIG. 59 Förskjutning mellan komponenternas sidokanter.



V = VERTIKALT MONTAGEPLAN

FIG. 60 Fasadelement kan placeras så att sidokanterna ligger i förlängning av varandra (I) eller så att en hörnpunkt ligger i vertikalt montageplan (II).

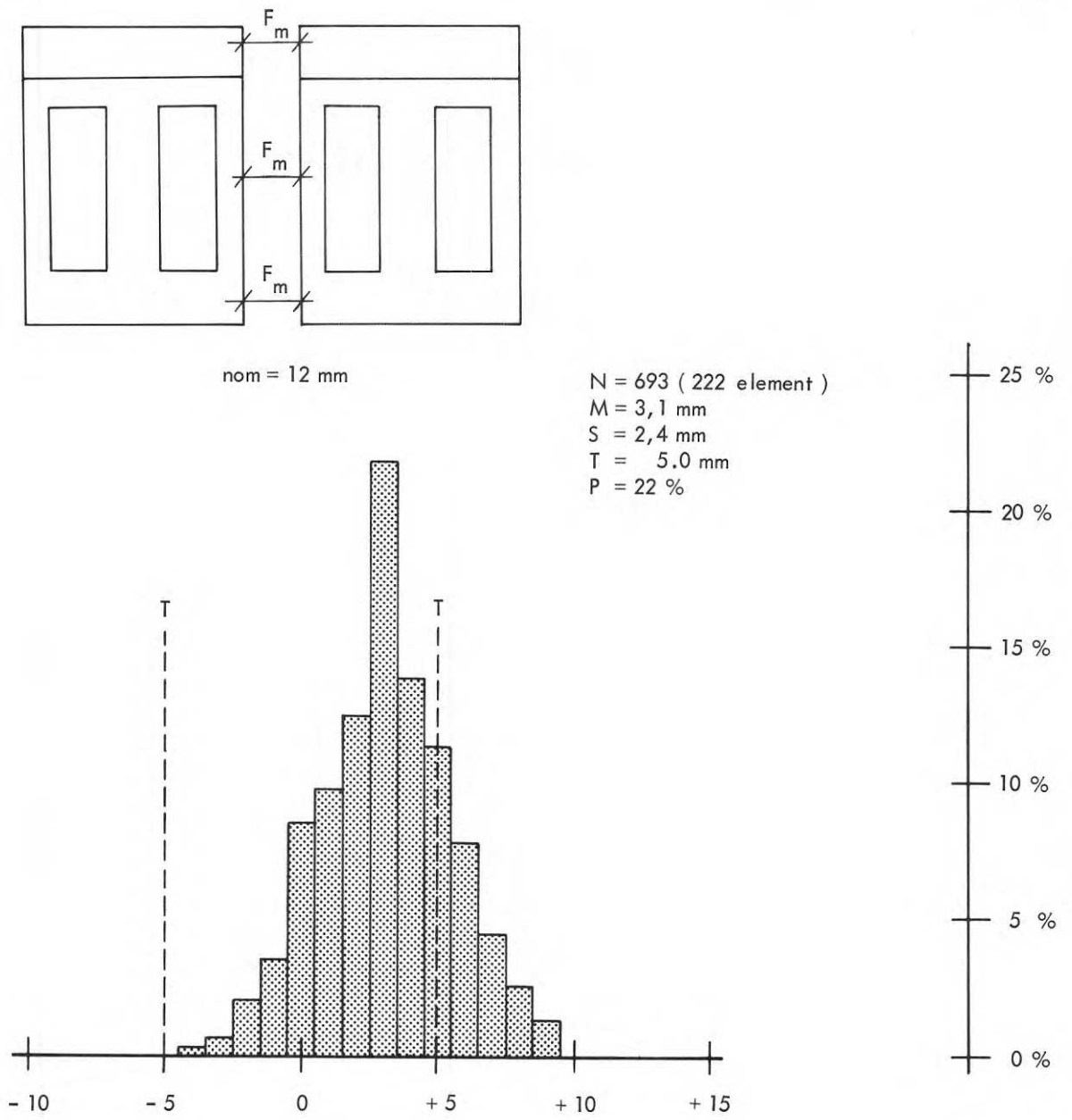
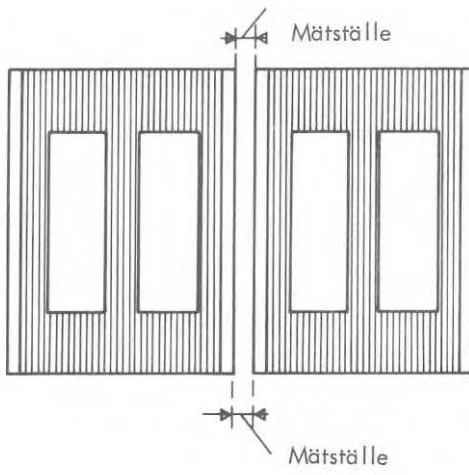


FIG. 61 Fasadelement: Fogavvikelser vid elementens innerskivor, mätt på tre ställen.



$N = 342$
 $M = 1,1 \text{ mm}$
 $S = 3,1 \text{ mm}$
 $P = 11 \%$

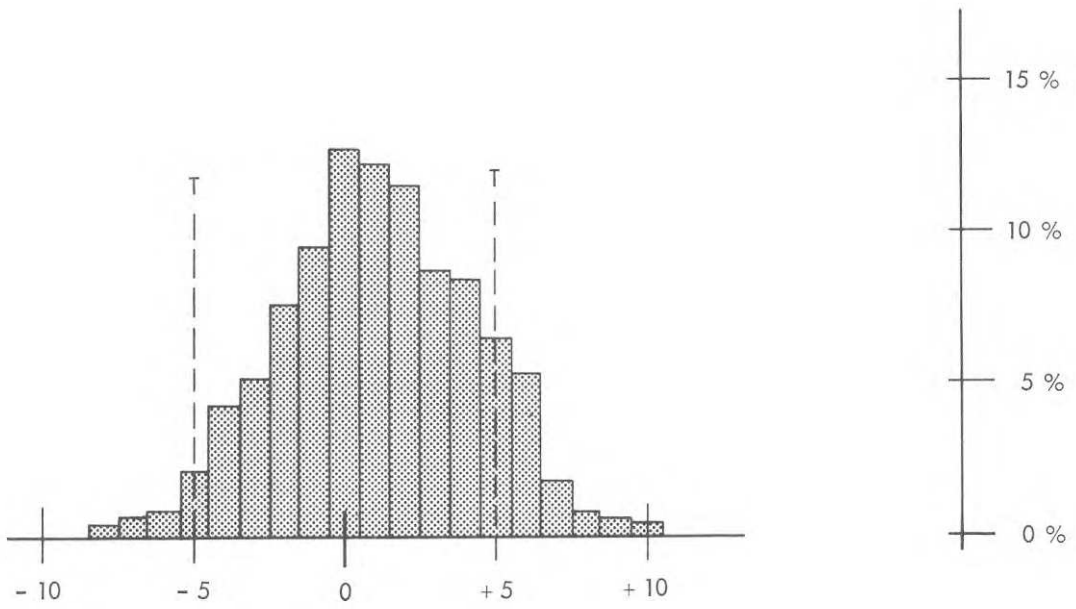
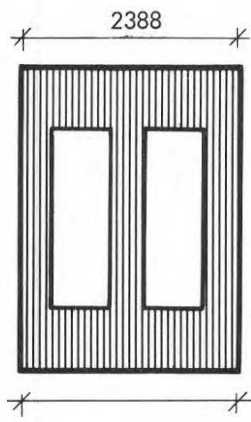


FIG. 62 Fogavvikelser vid fasadelementens utsida.



N = 350
M = 0,6 mm
S = 3,1 mm

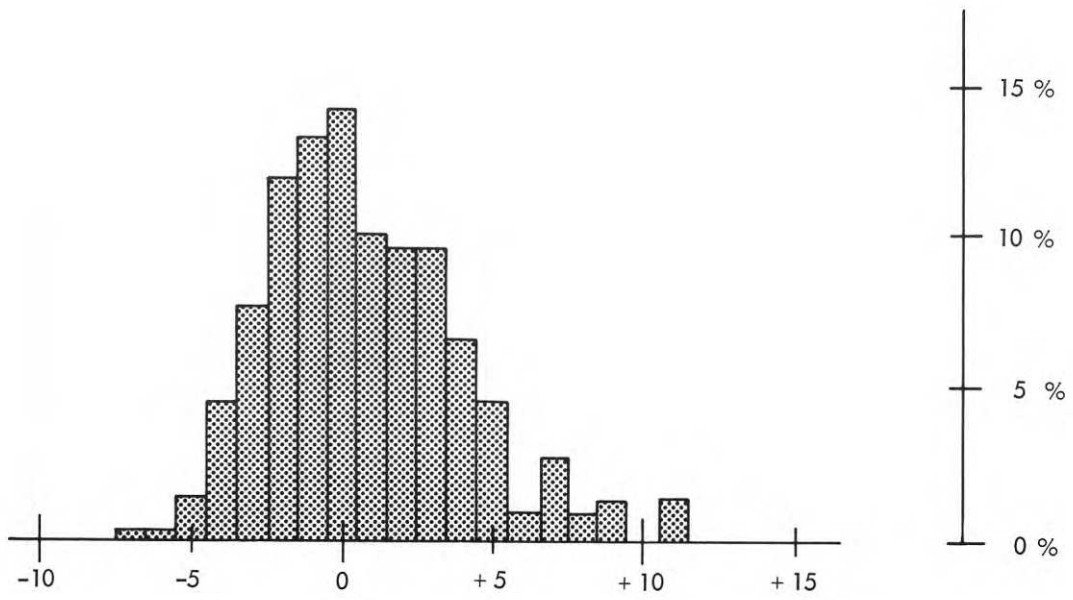


FIG. 63 Längdavvikelser hos fasadelementens utsida.

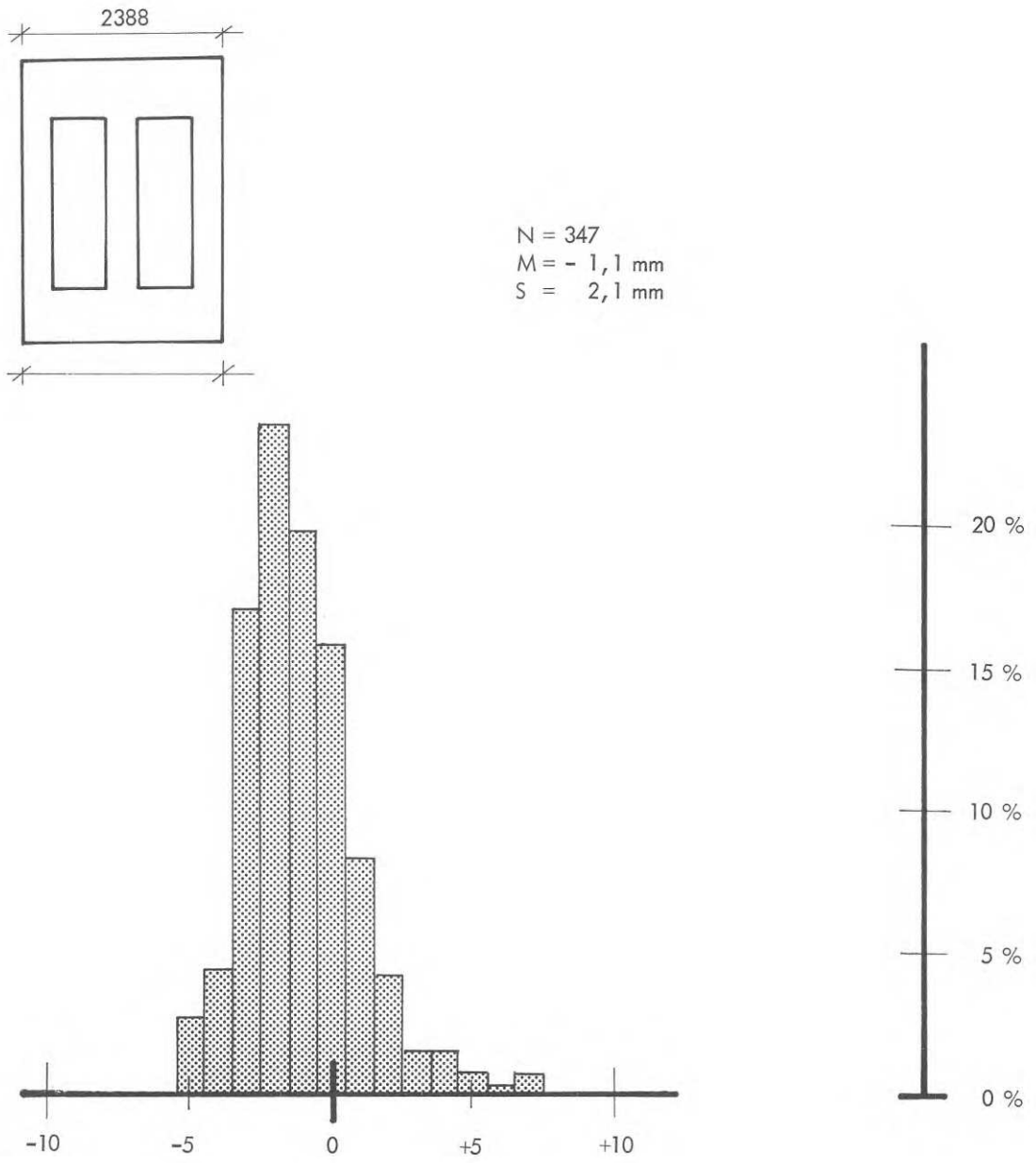


FIG. 64 Längd avvikelser hos fasadelementens innerskivor.

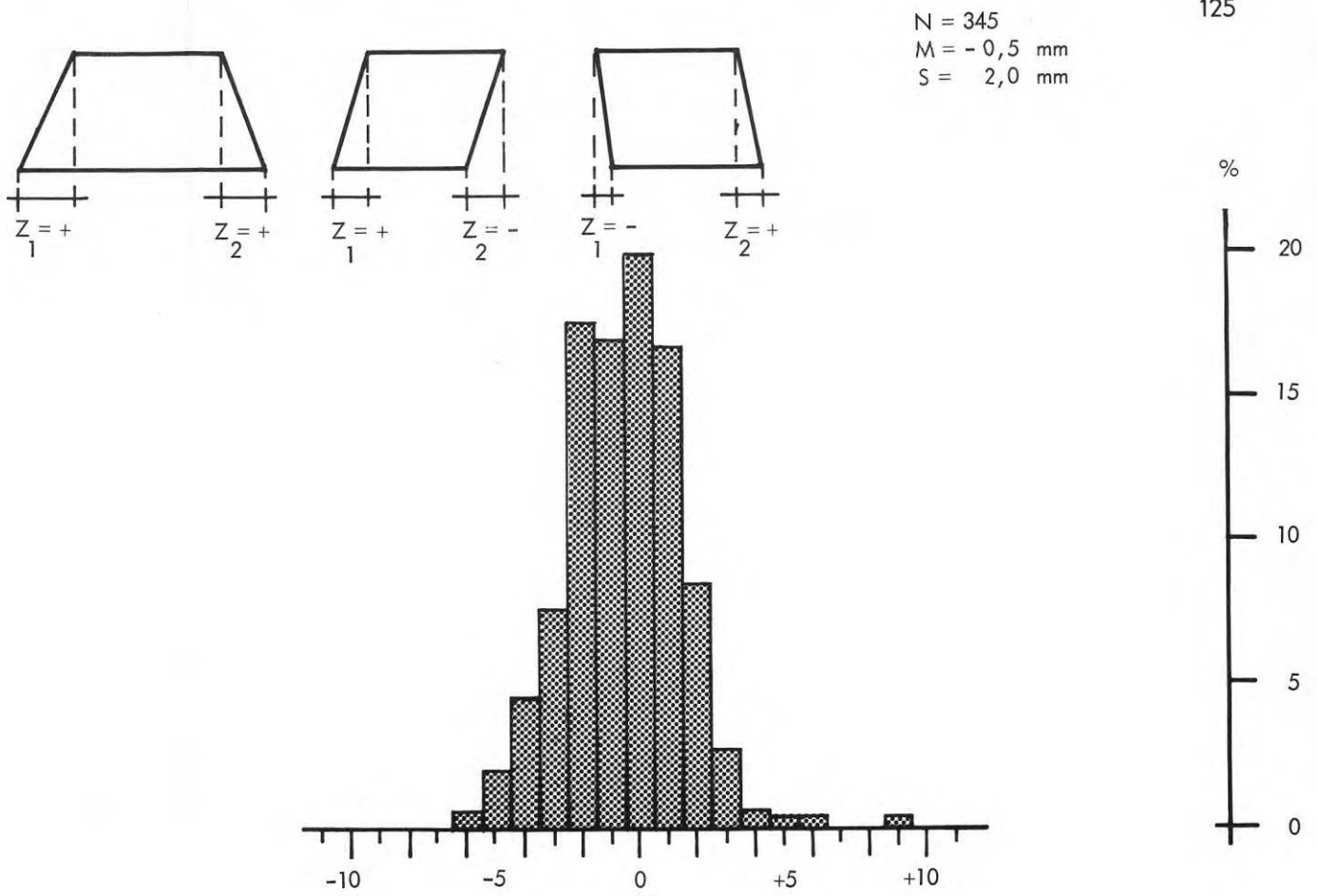


FIG. 66A Fasadelement: Rätvinkelavvikelse vid innerskivans vänstra och högra hörn.

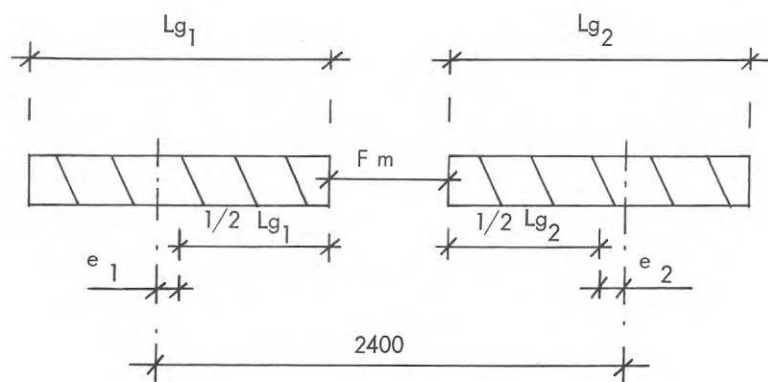


FIG. 65 Fasadelement: Fogbredden vid innerskivor.

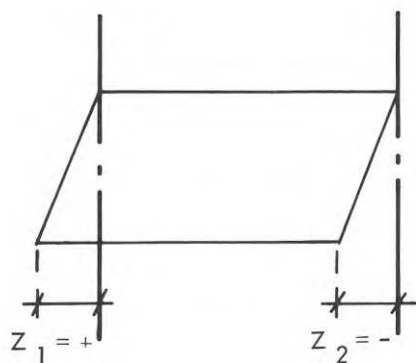
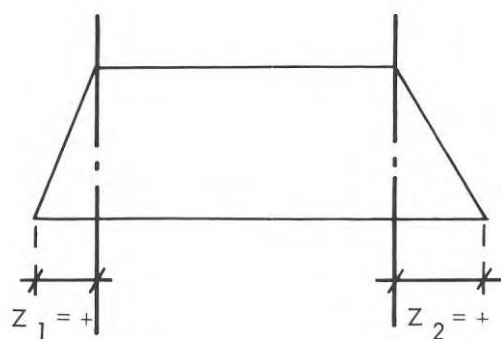


FIG. 66B Fasadelement: Rätvinkelavvikelse vid fasadelementens översida.

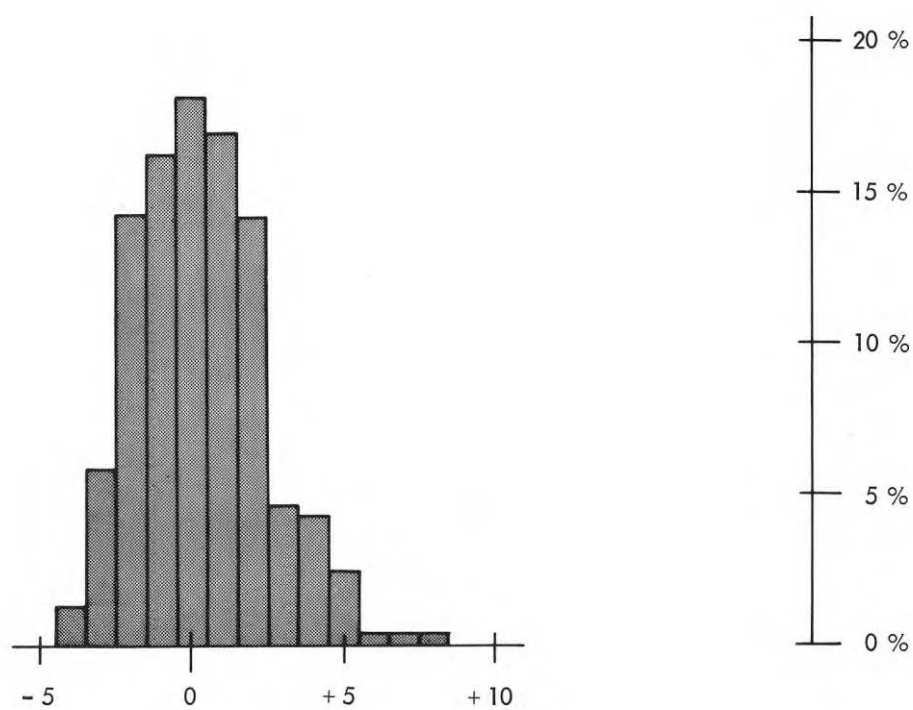
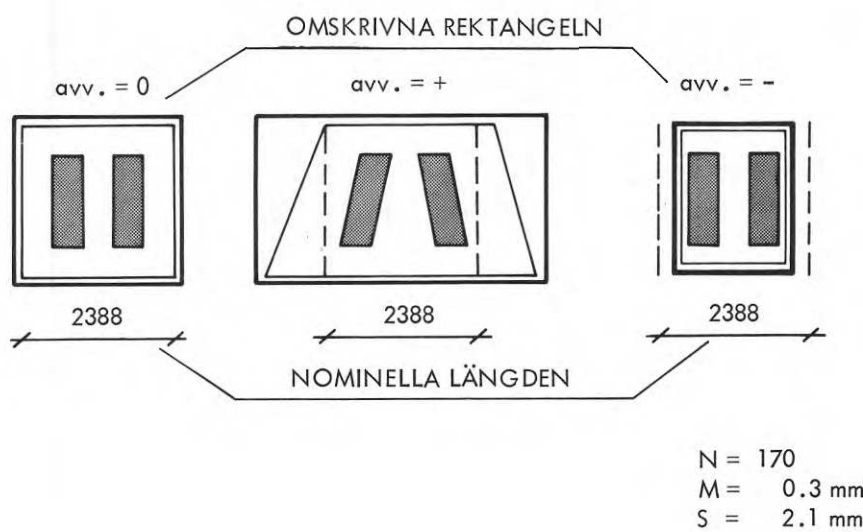
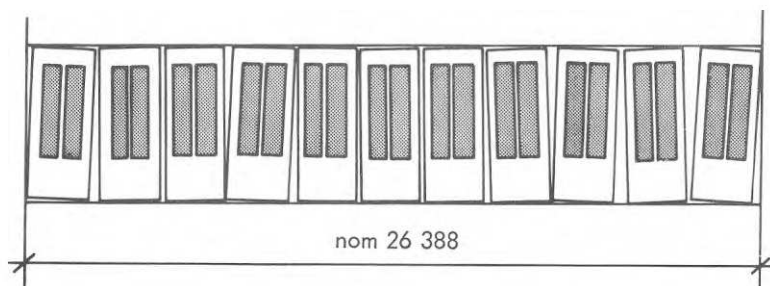


FIG. 67 Fasadelement: Längdavvikelserna vid elementens omskrivna rektangel.



N = 79
M = - 5,8 mm
S = 3,1 mm

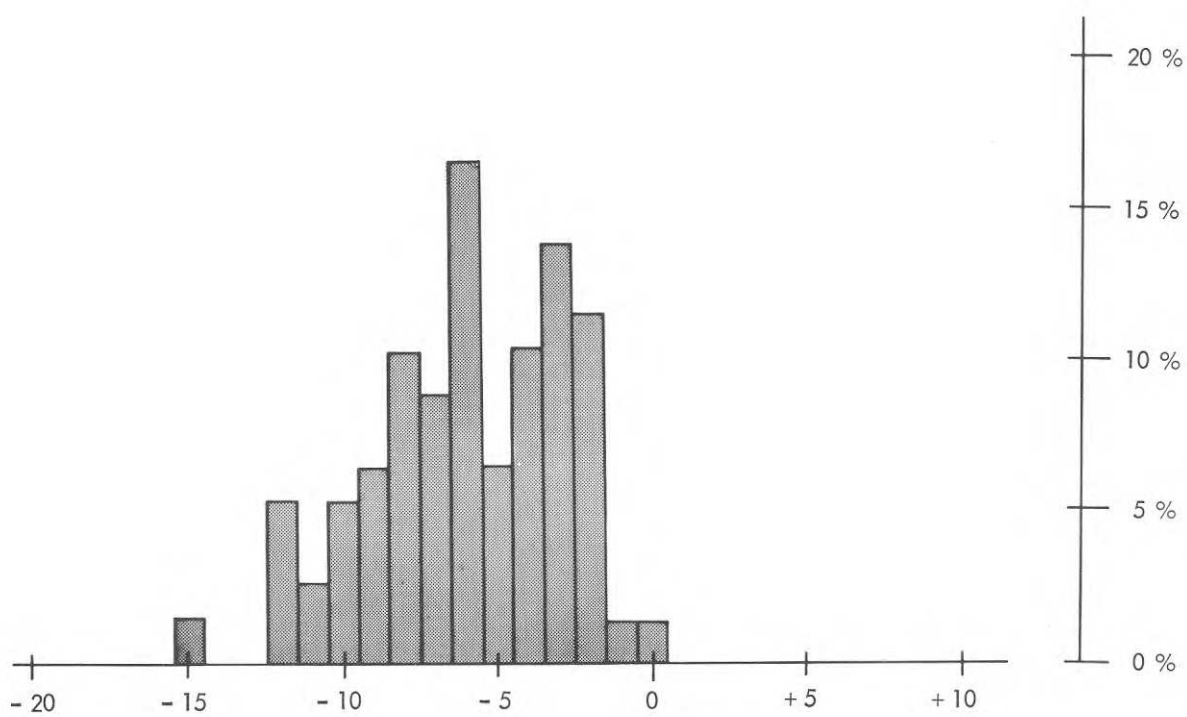
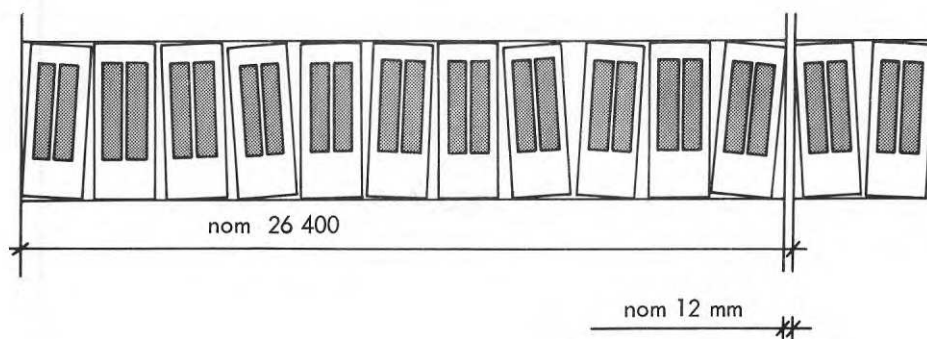


FIG. 68 Fasadelement: Intagna utrymmet, avvikelse från nom. mått.



N = 66
 M = -1,3 mm
 S = 2,9 mm

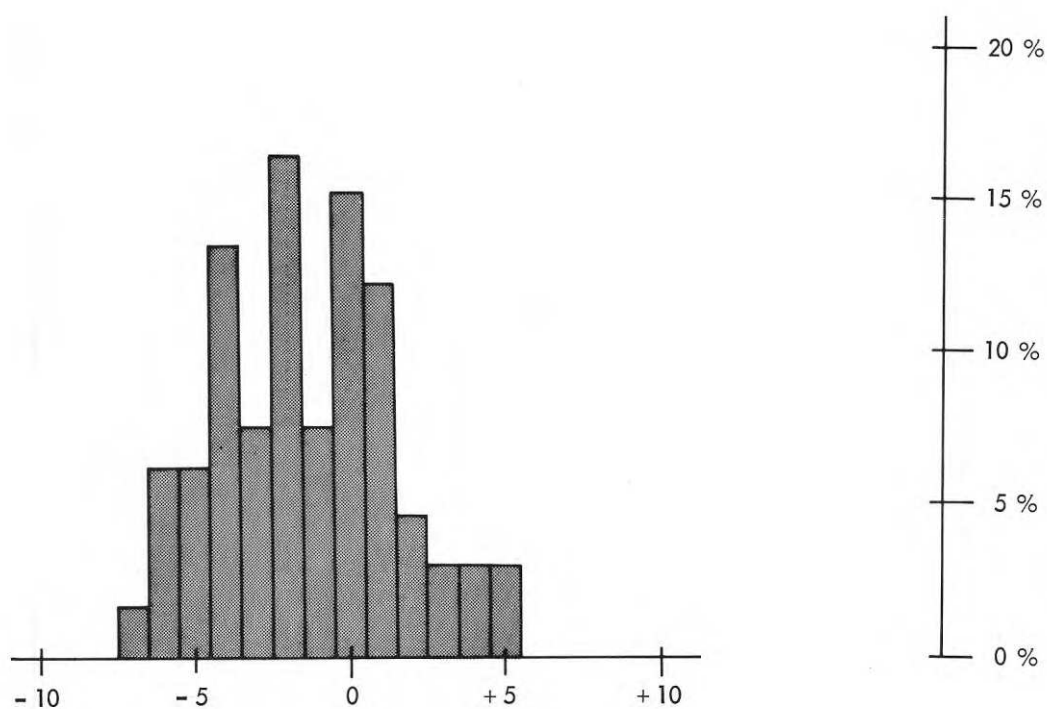
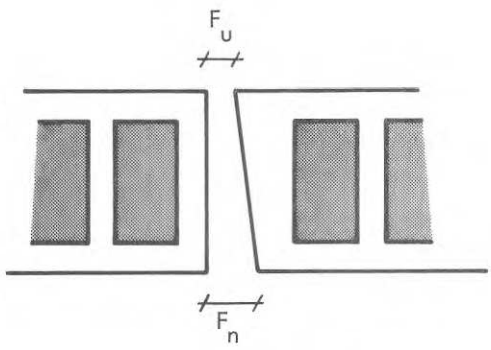


FIG. 69 Fasadelement: Avvikelser från avstånden mellan motsvarande hörnpunkter på de rektanglar som innesluter 11 element.



nom. 12 mm
fog.br.

$N = 190$
 $M = -0,3 \text{ mm}$
 $S = 2,1 \text{ mm}$

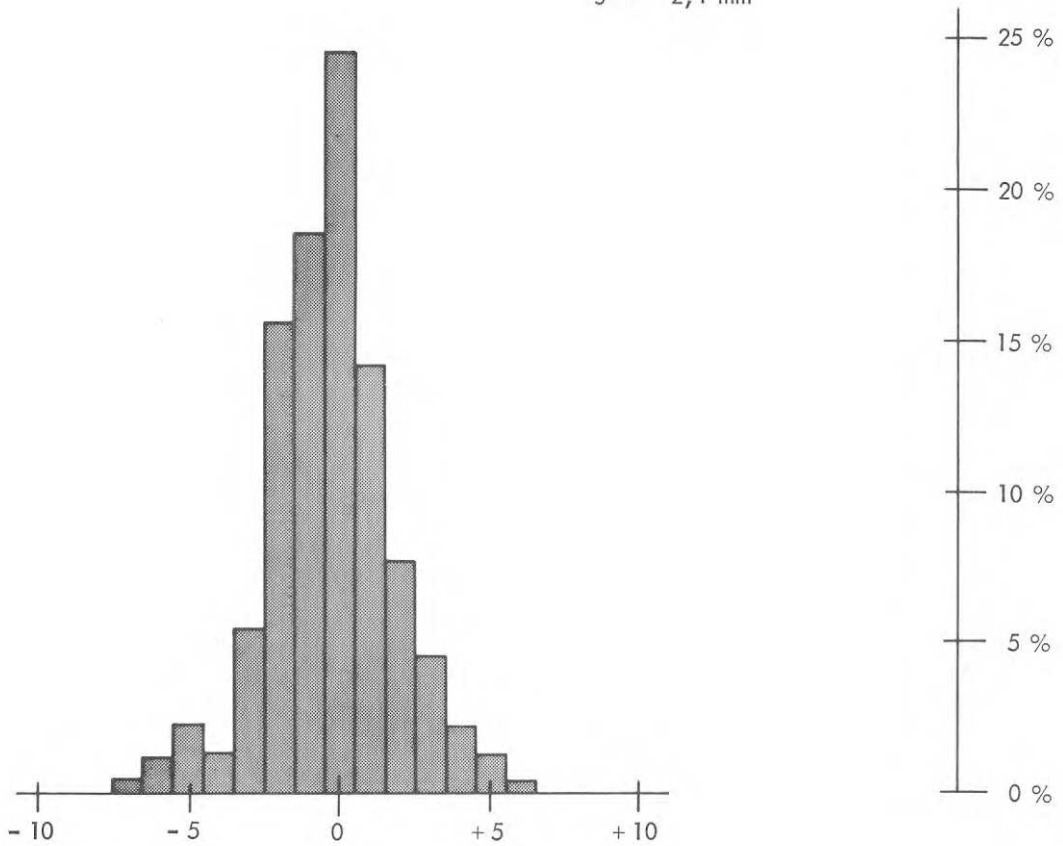
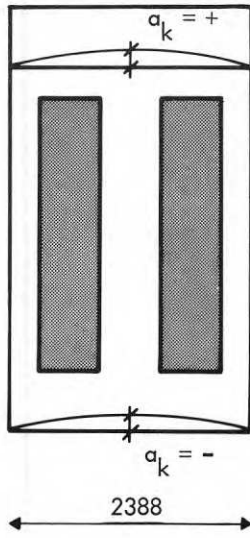


FIG. 70 Fasadelementen: Skillnaden ($F_u - F_n$) mellan fogbredden vid tak och golv.



$N = 356$
 $M = 0 \text{ mm}$
 $S = 0,8 \text{ mm}$

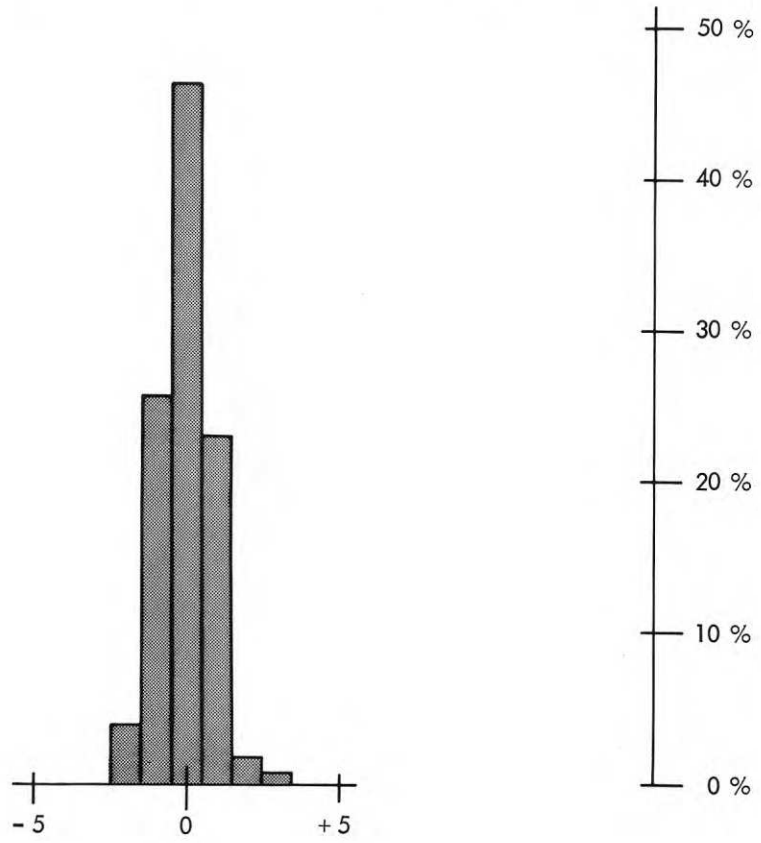
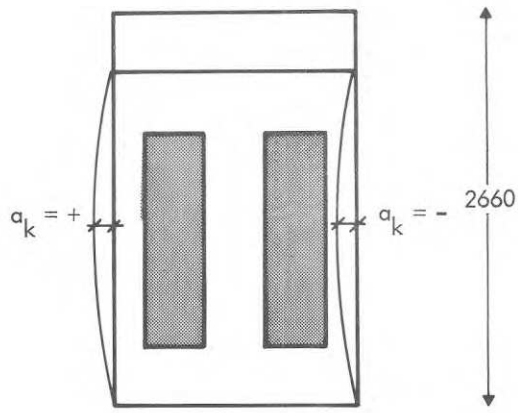


FIG. 71 Fasadelement: Kantraket horisontella sidorna (innerskivor).



$N = 356$
 $M = - 0,8 \text{ mm}$
 $S = 0,8 \text{ mm}$

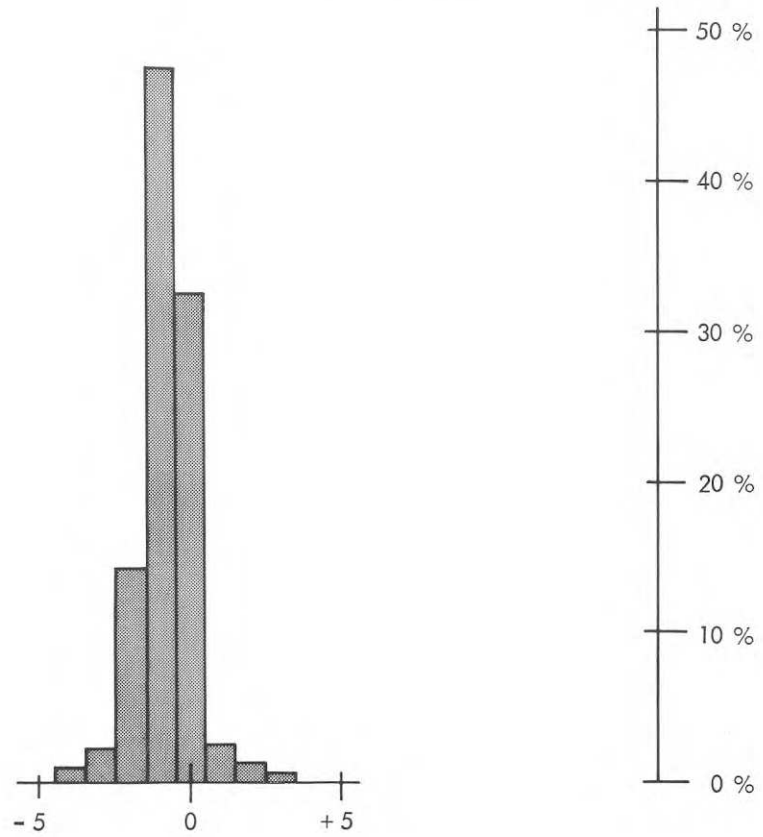
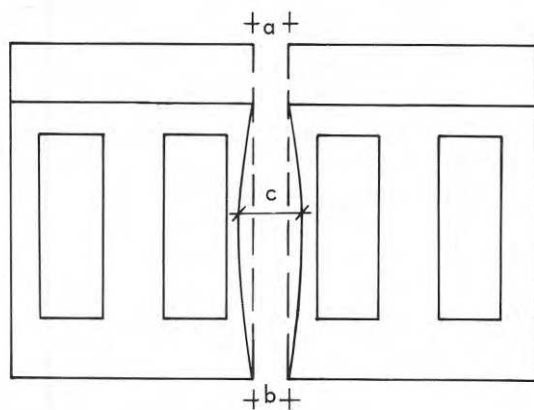


FIG. 72 Fasadelement: Kantraket hos vertikala sidorna (innerskivor).



$$V = c - \frac{a+b}{2}$$

$N = 132$

$M = 0,3 \text{ mm}$

$\bar{S} = 0,9 \text{ mm}$

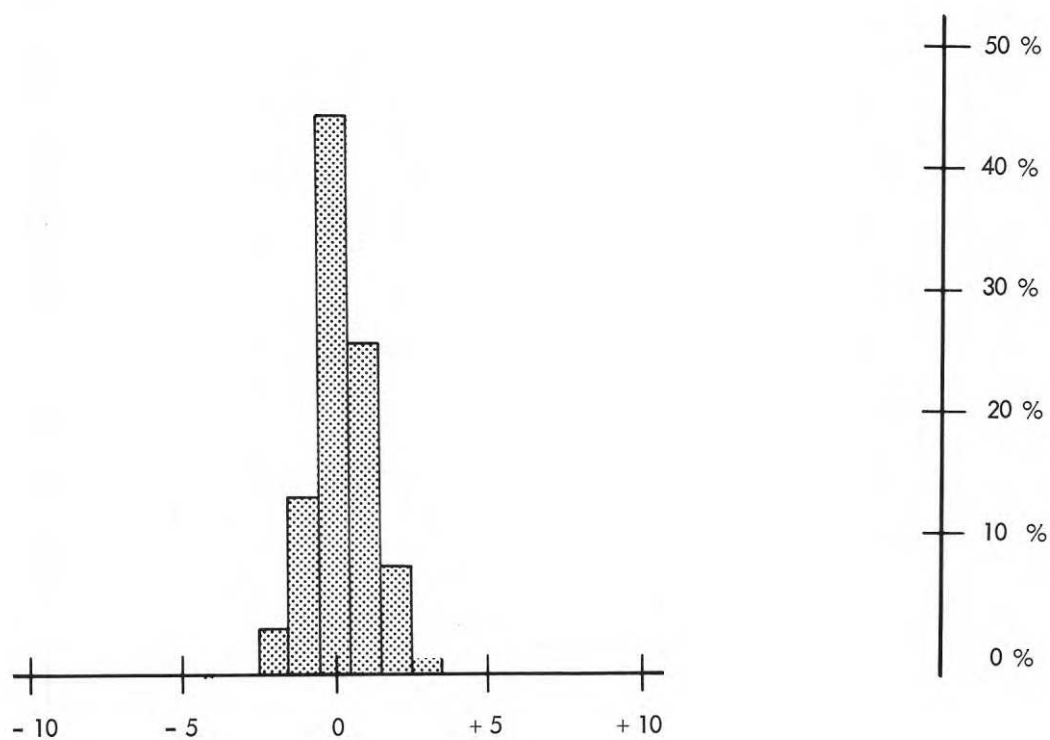


FIG. 73 Fasadelement: Inverkan av sidokanternas rakhet på fogbredden.
Histogrammet redovisar V.

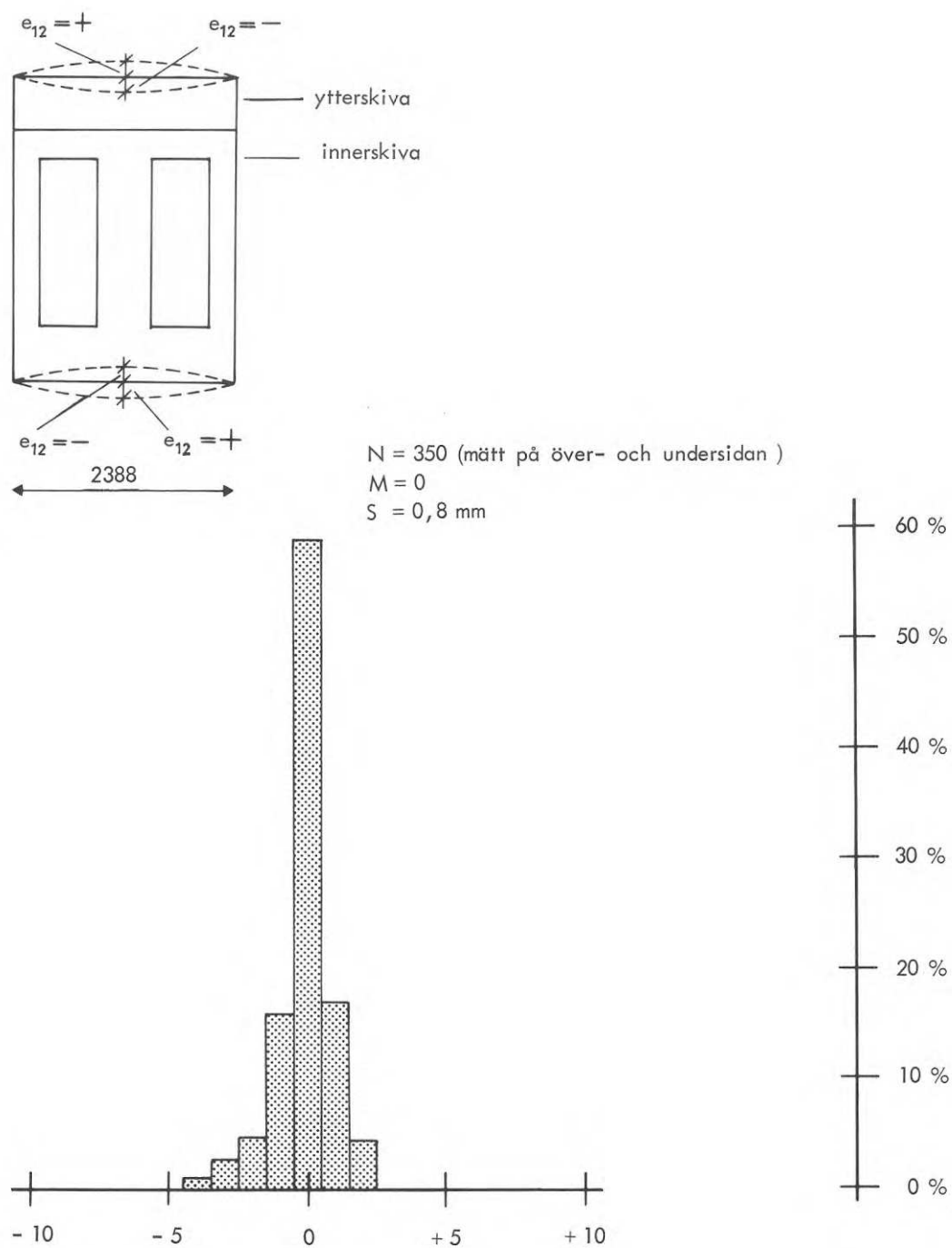
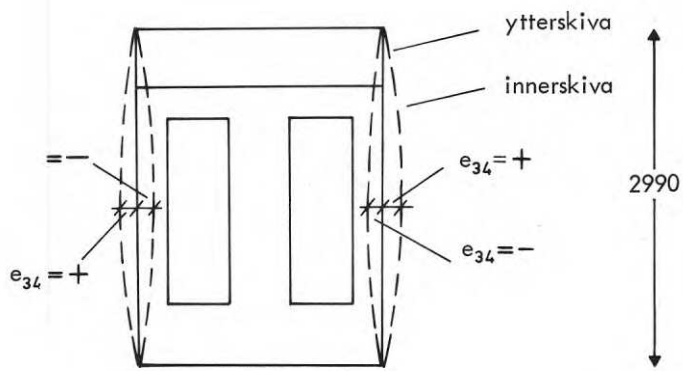


FIG. 74 Fasadelement: Rakhetsavvikelse vid ytterskivans horisontella sidor (e_{12}).



$N = 350$
 $M = 0,6 \text{ mm}$
 $S = 1,3 \text{ mm}$

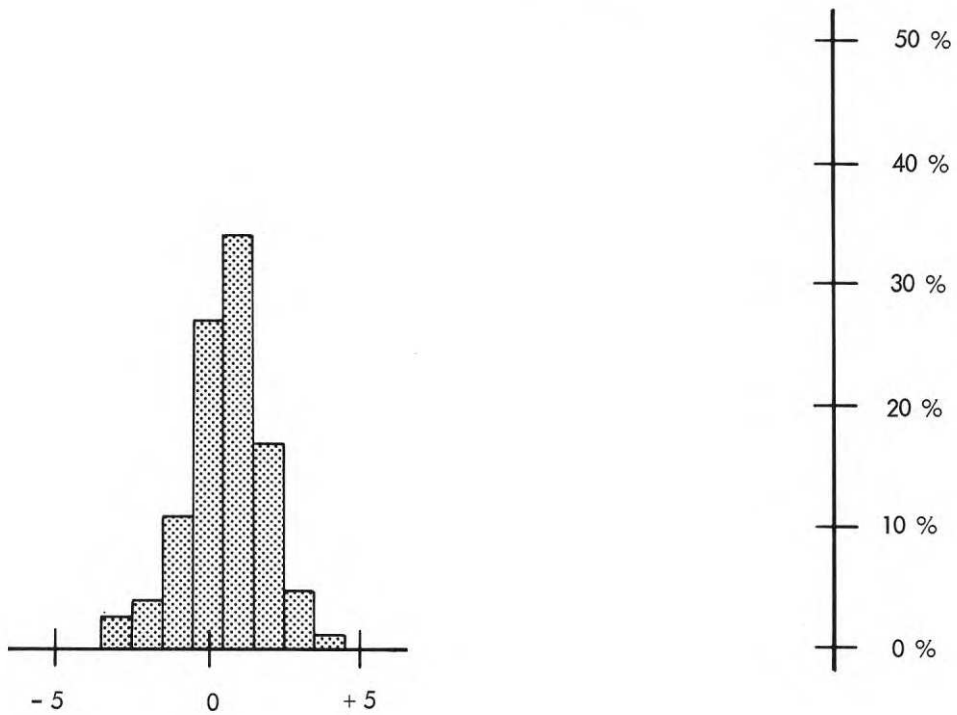


FIG. 75 Fasadelement: Rakhetsavvikelse vid ytterskivans vertikala sidor (e_{34}).

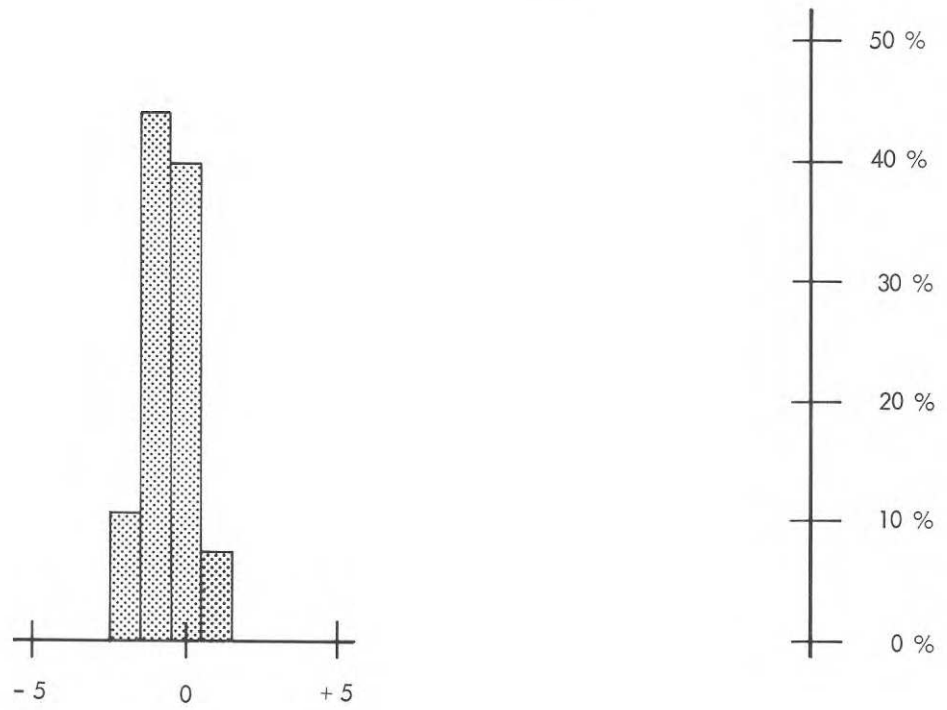
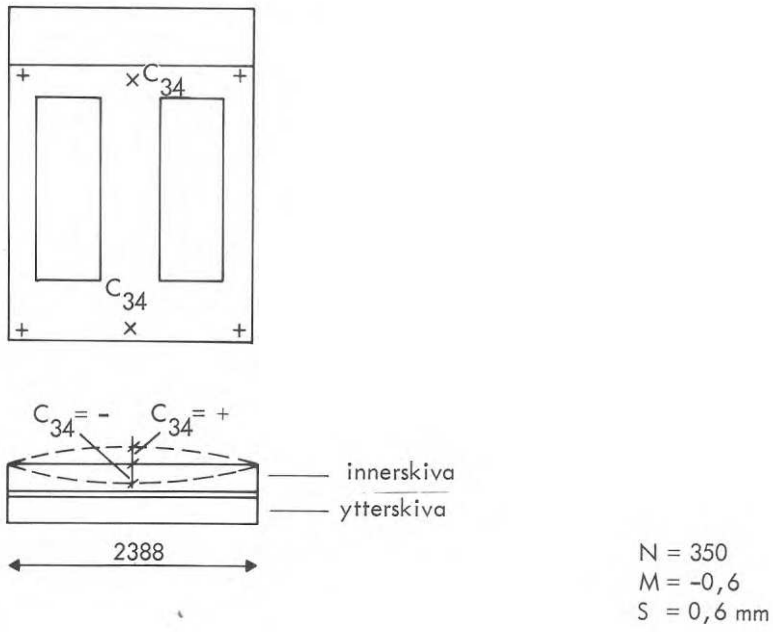


FIG. 76 Fasadelement: Innerskivans planhetsavvikelse vid över- och underkant.

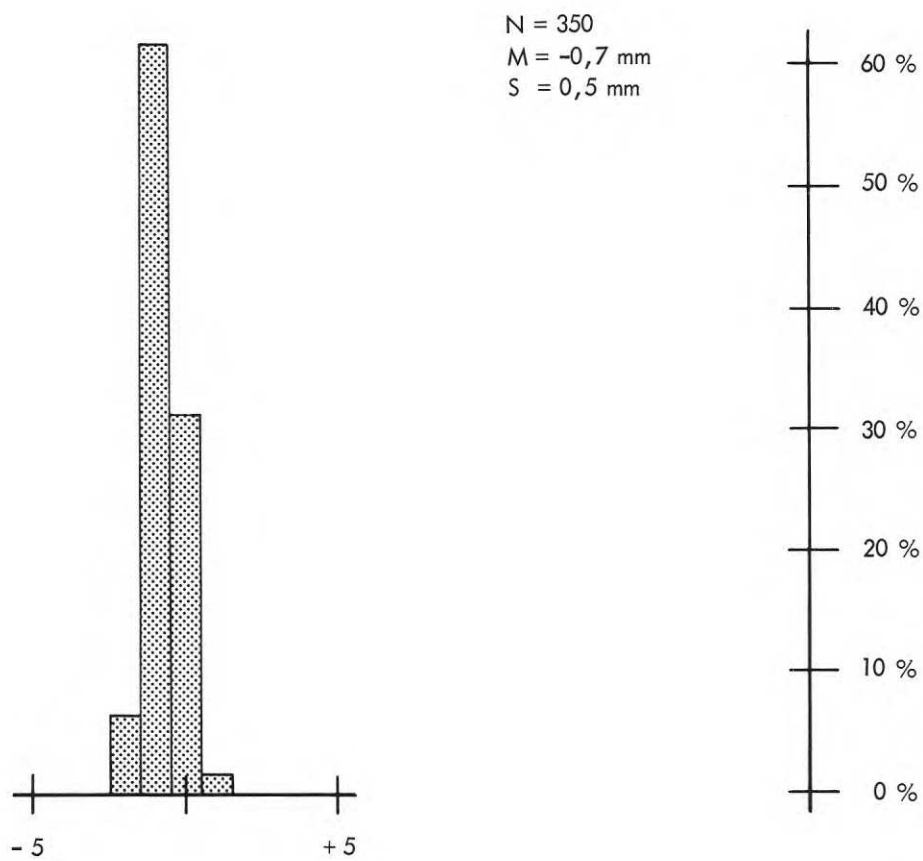
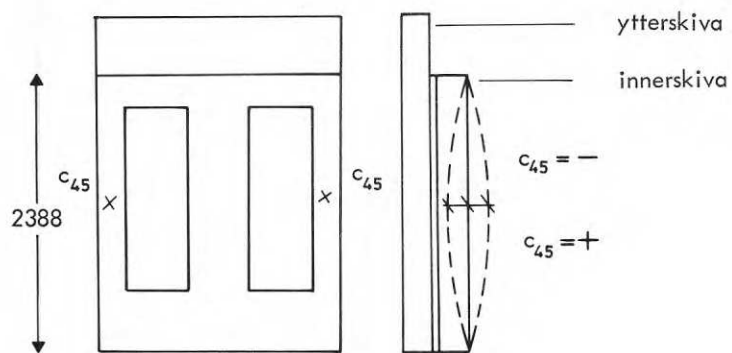
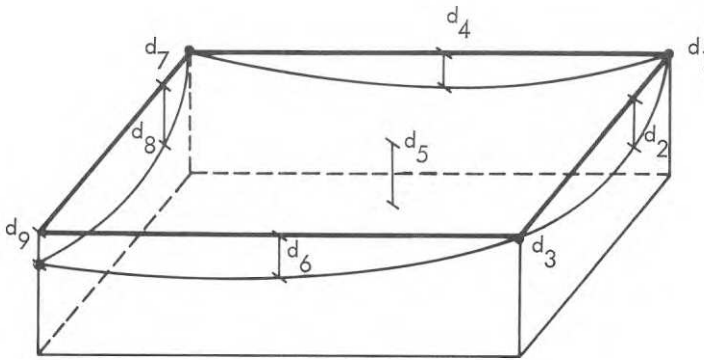


FIG. 77 Fasadelement: Innerskivans planhetsavvikelse vid de vertikala kanterna (c_{45}).

Mått
Planhetsavvikelse

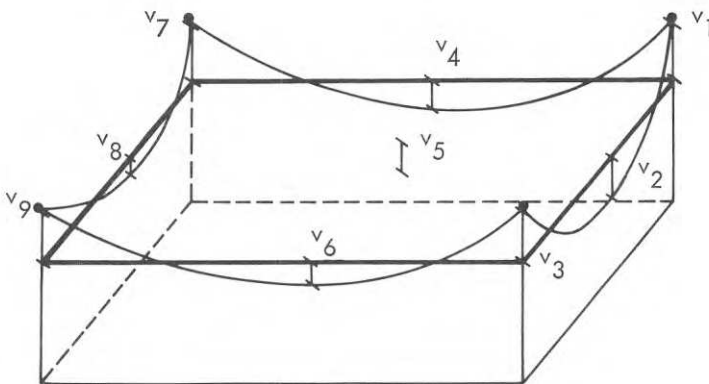
$$M_g = \frac{\sum d_i^2}{9}$$



I

Mått på planhets-
avvikelse

$$M_g = \frac{\sum v_i^2}{9}$$



II

MÄTPUNKT

FIG. 78 Fasadelement: Planhetsavvikelse kan bestämmas i förhållande till olika referensplan.

I Genom tre hörnpunkter

II Så gott som möjligt genom alla mätpunkter (enligt principen för minsta kvadratmetoden).

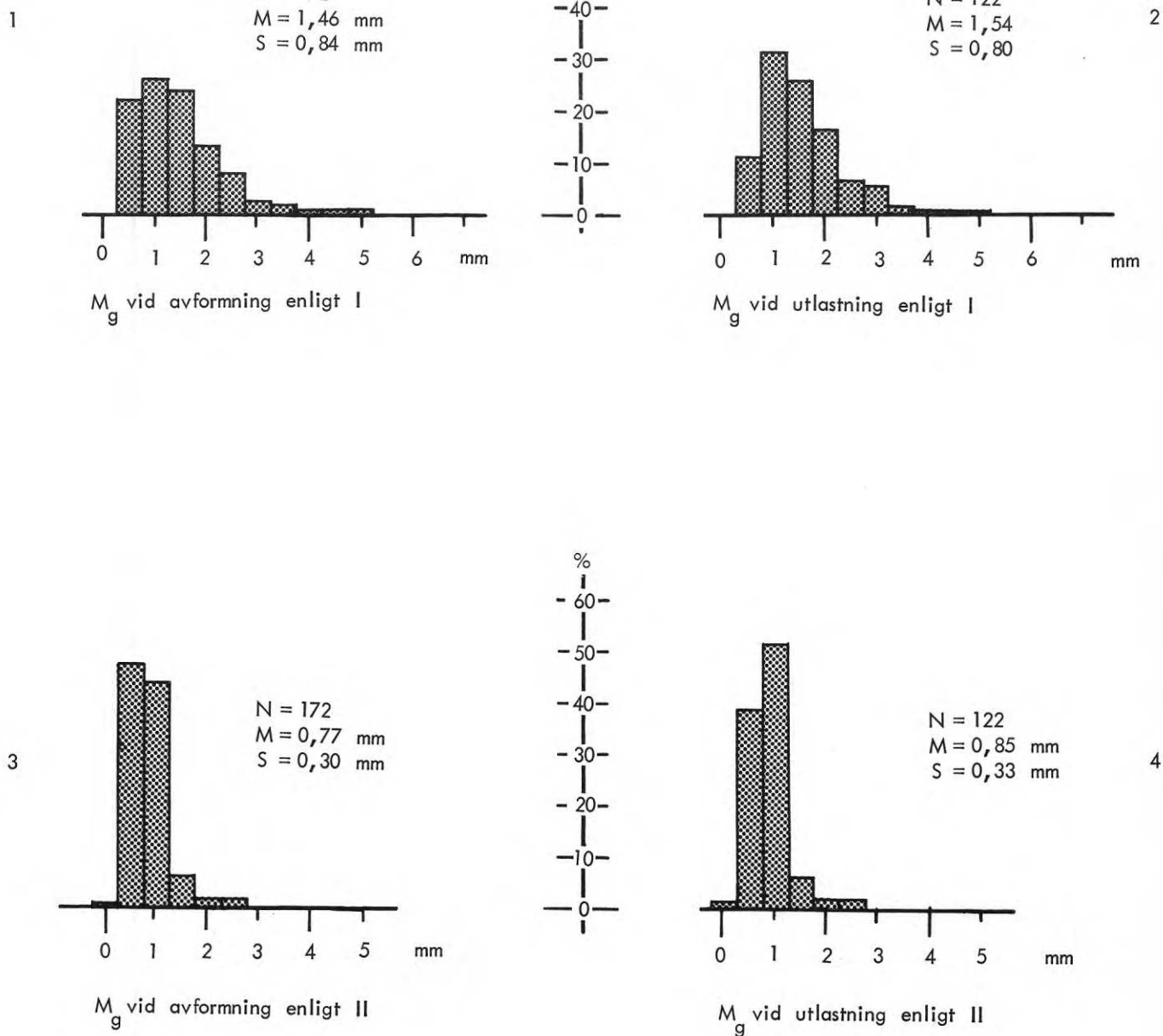


FIG. 79 Fasadelement: Fördelning av standardavvikelser som mått på innerskivans planhet enligt metoderna I och II i FIG. 78.

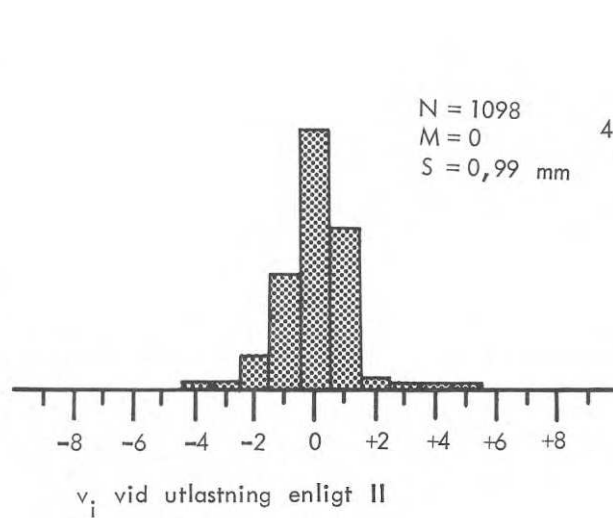
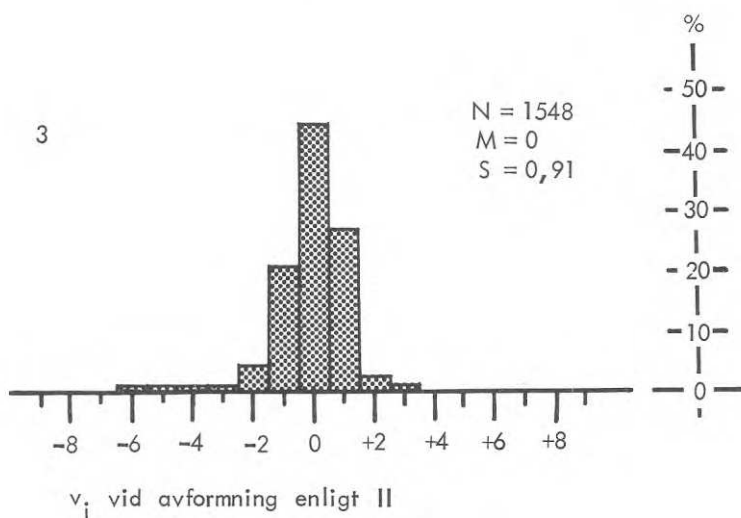
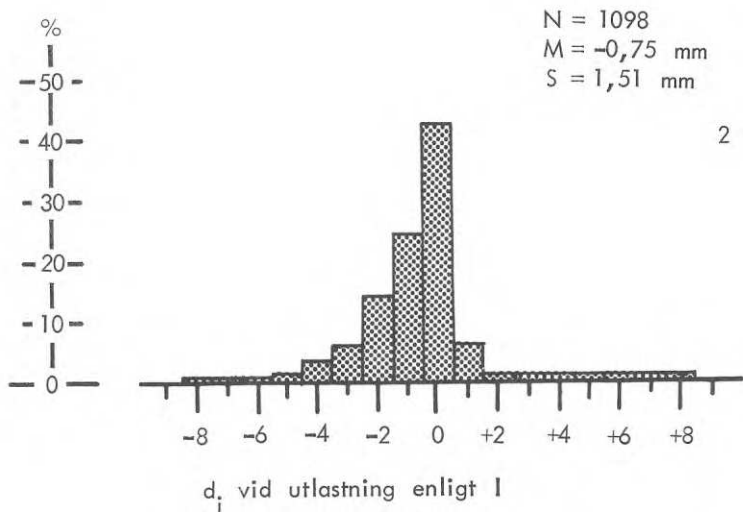
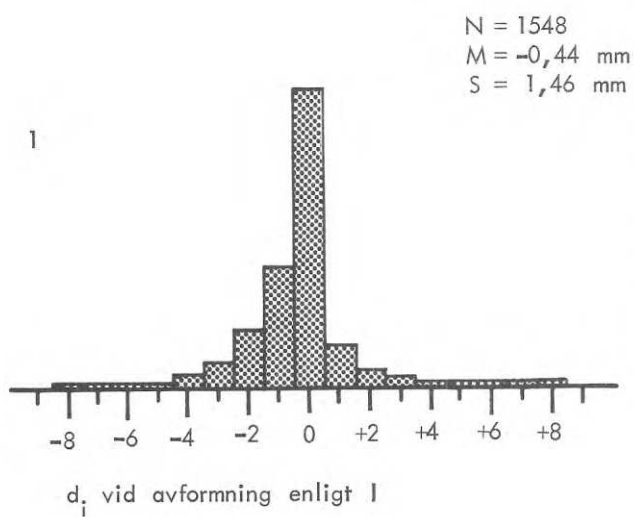


FIG. 80 Fasadelement: Avstånd mellan innerskiva och referensplan enligt metoderna I och II i FIG. 78.

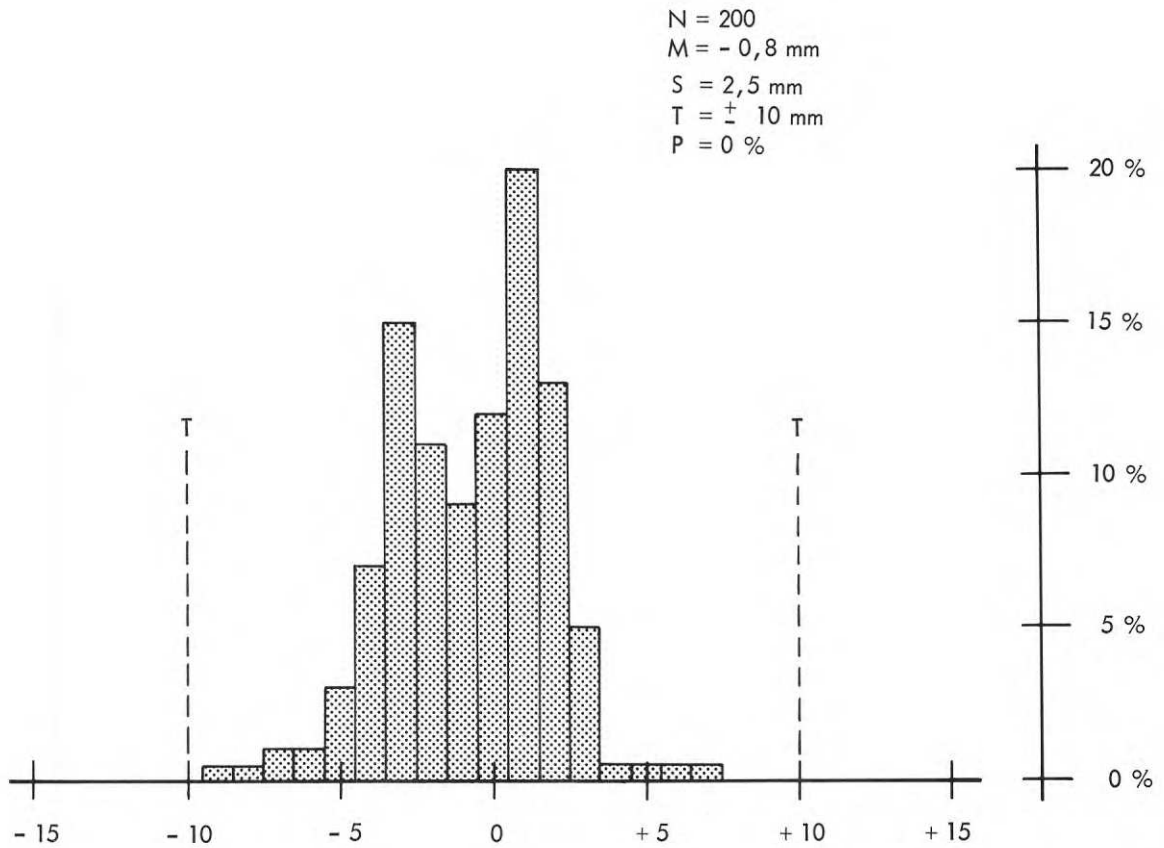
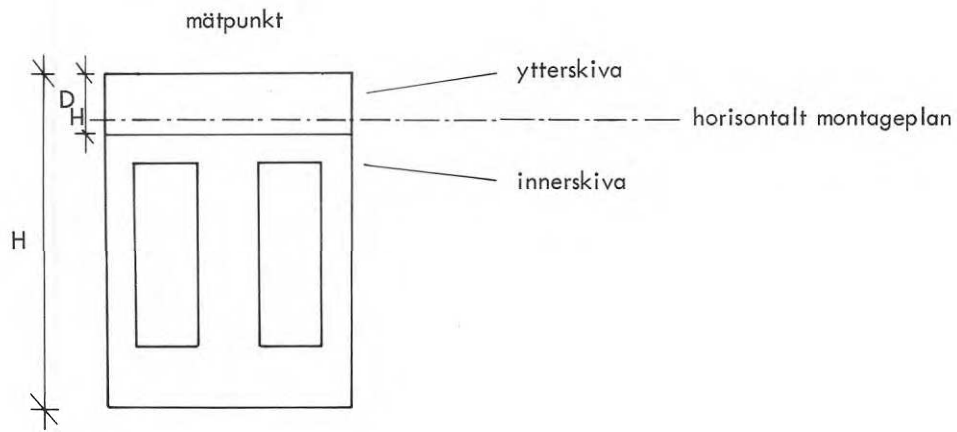
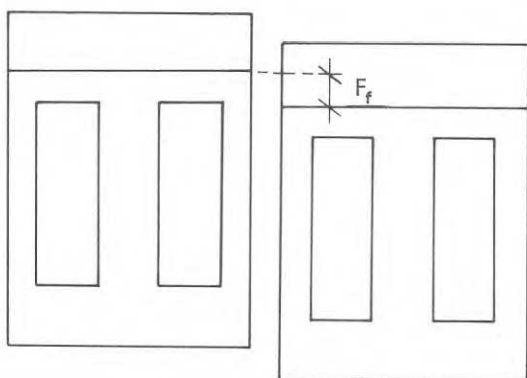


FIG. 81 Fasadelement: Avvikelser från horisontalt montageplan av innerskivans översida.



$N = 80$
 $M = 0$
 $S = 2,5 \text{ mm}$
 $T = \pm 5 \text{ mm}$
 $P = 4,5 \%$

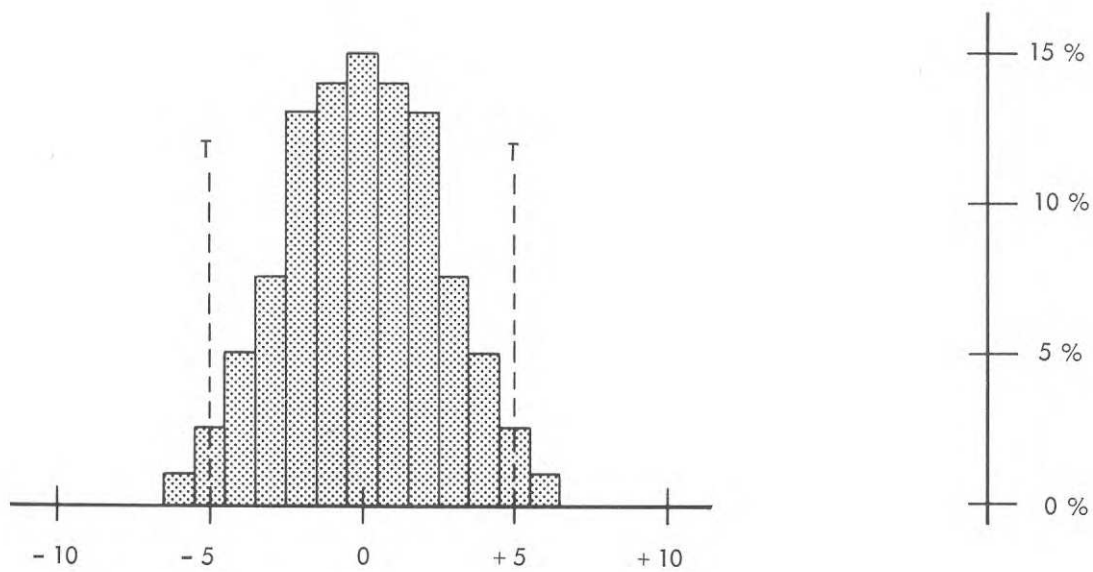
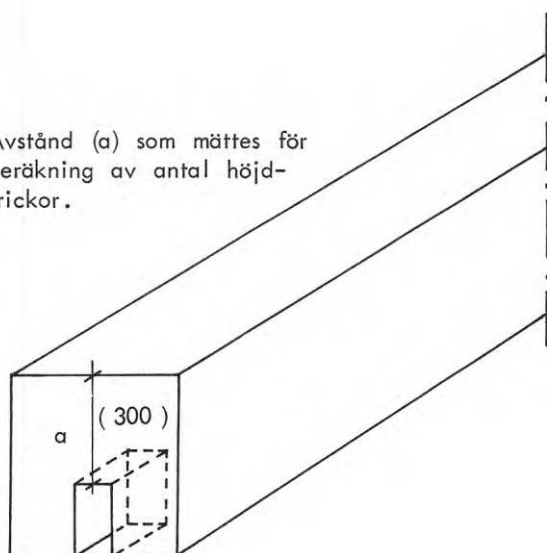
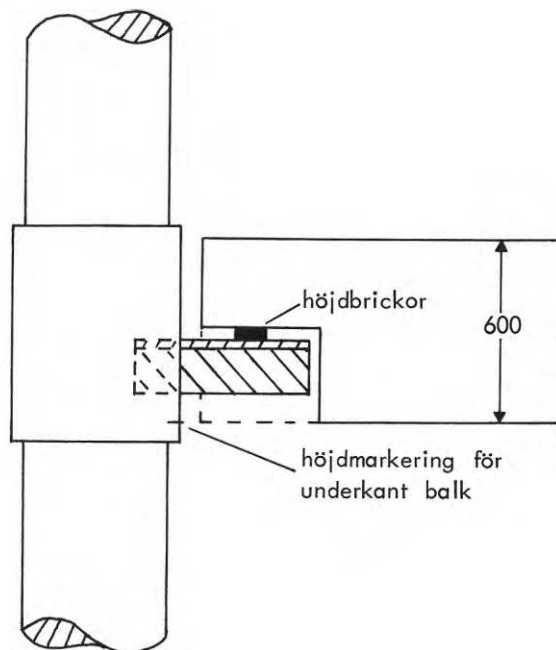
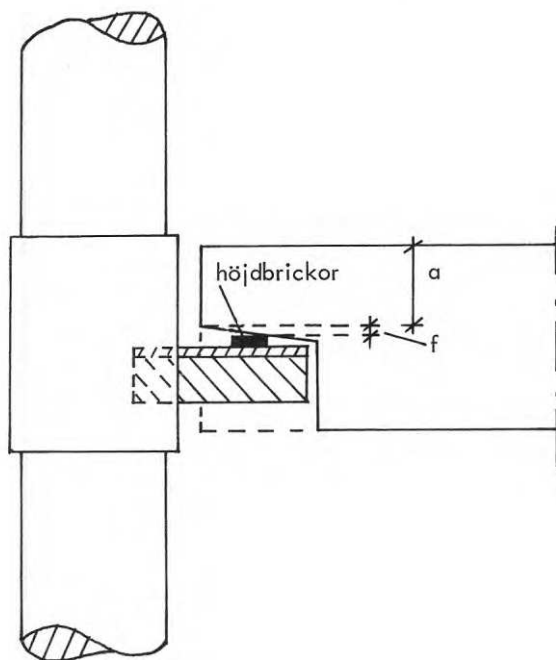


FIG. 82 Fasadelement: Förskjutning mellan intilliggande element i höjddled.

Avstånd (a) som mäts för
beräkning av antal höjd-
brickor.

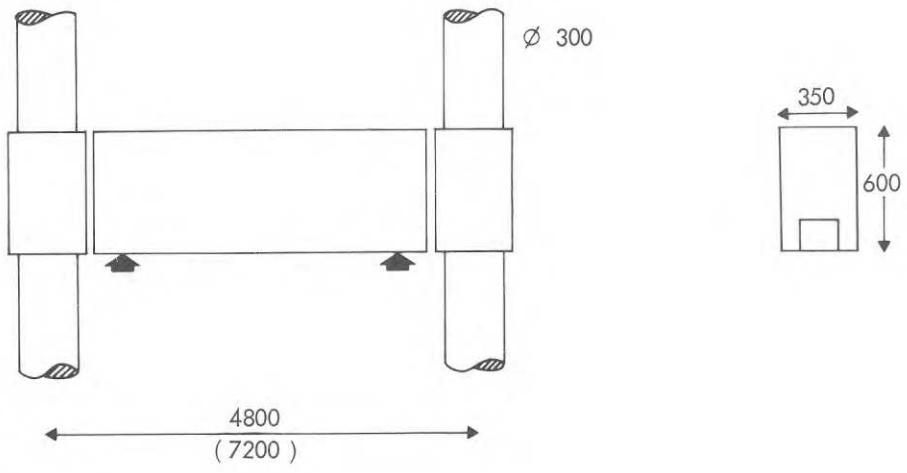


Korridorbalk



Höjdfel (f) när upplagsytan
inte är horisontell.

FIG. 83 Upplägning av balk på pelare.



N = 183
M = 0,8 mm
S = 5,6 mm

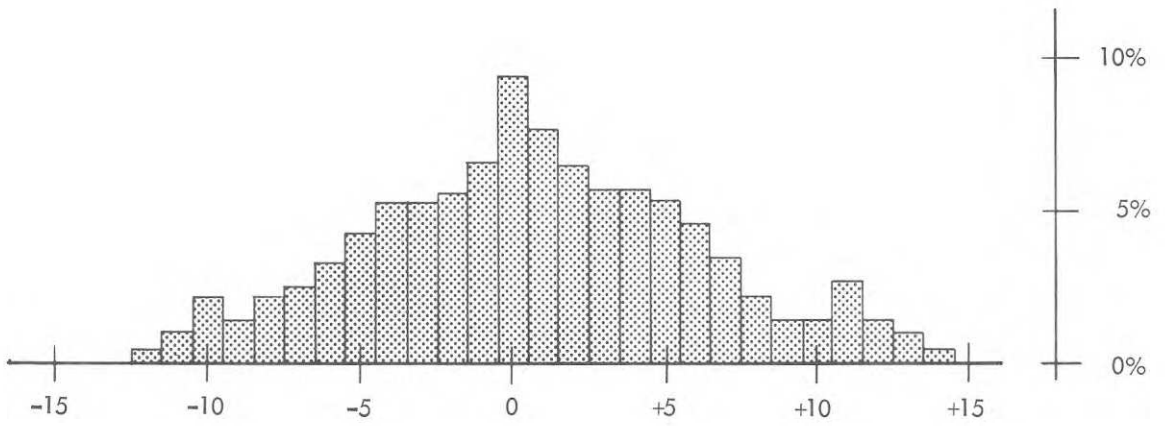
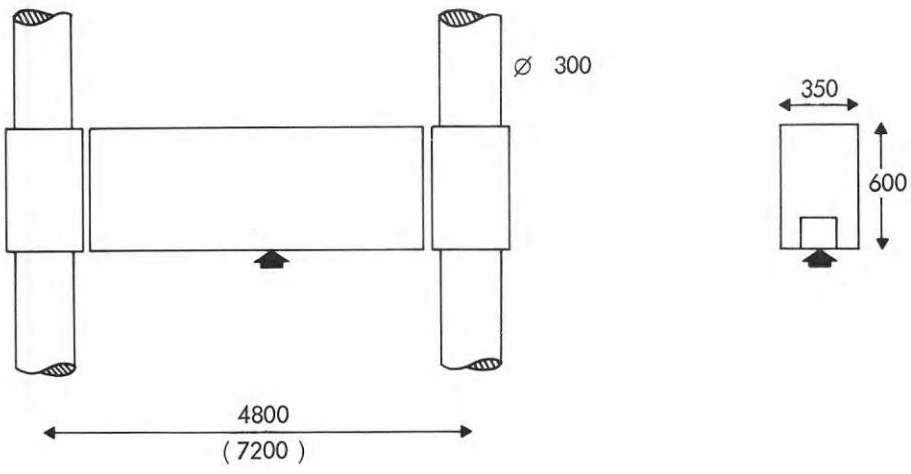


FIG. 84 Balkar: Höjdvikelser underkant balk vid ändarna.



N = 100
M = 2,6 mm
S = 4,2 mm

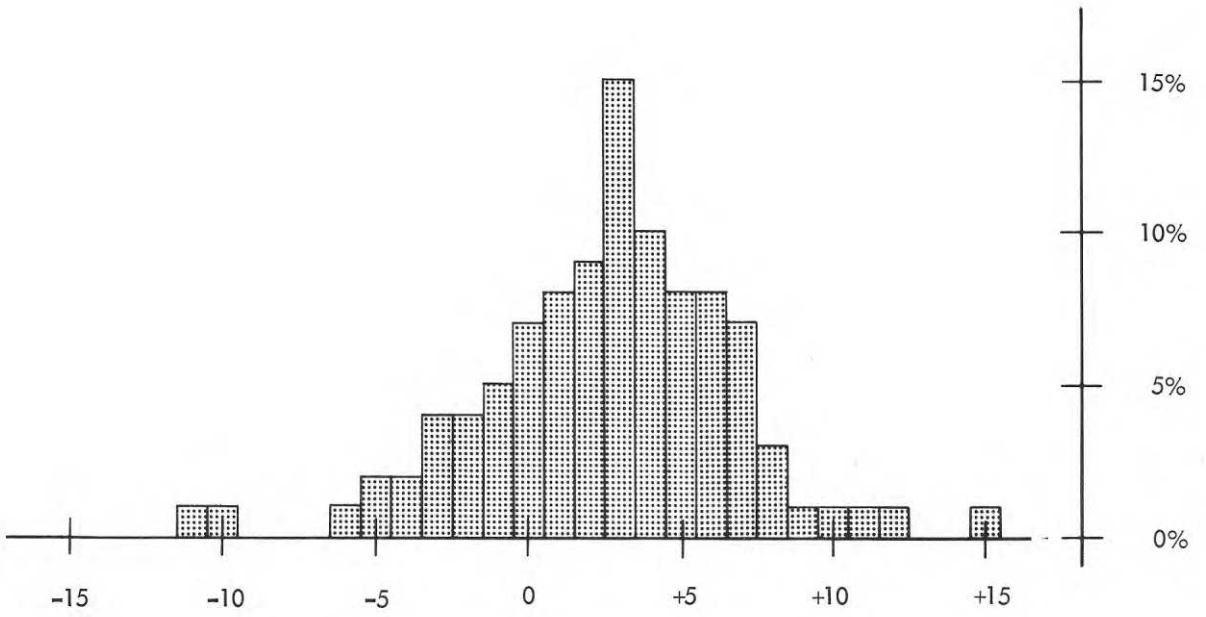
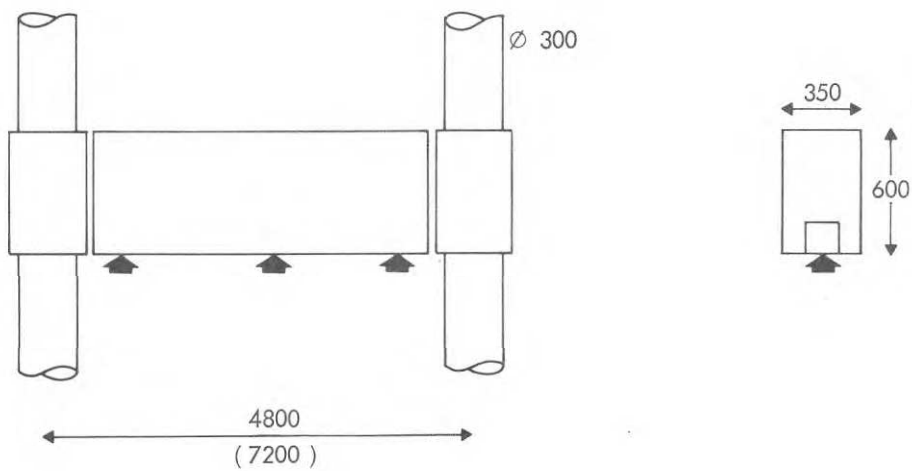


FIG. 85 Balkar: Höjdavvikelser underkant balk vid mittpunkten.



$N = 300$

$M = 1,3 \text{ mm}$

$S = 5,1 \text{ mm}$

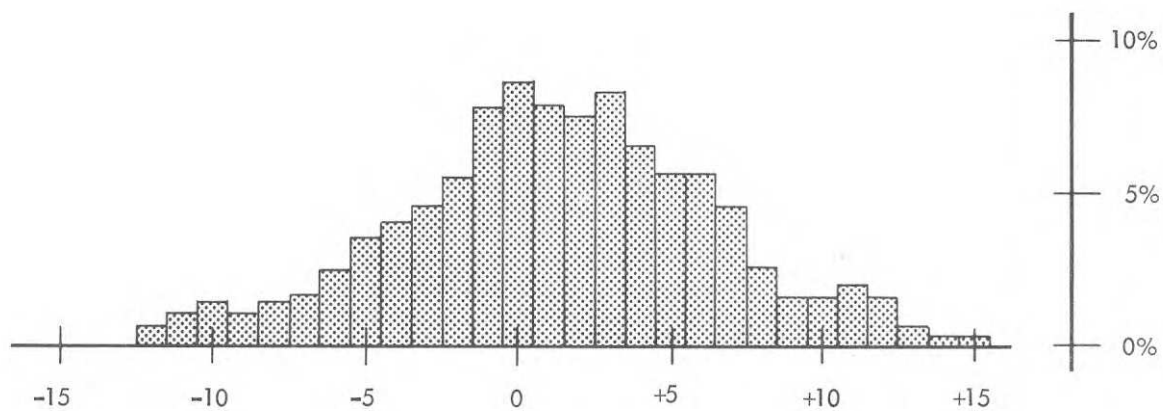
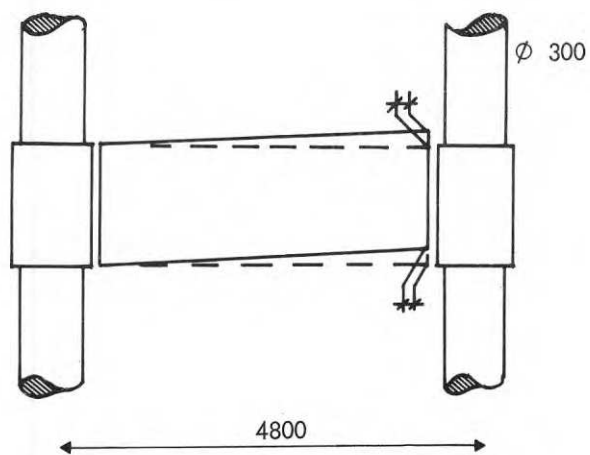


FIG. 86 Balkar: Höjdavvikelse underkant balk, mätt på tre punkter.



$N = 100$
 $M = 1,1 \text{ mm}$
 $S = 3,5 \text{ mm}$

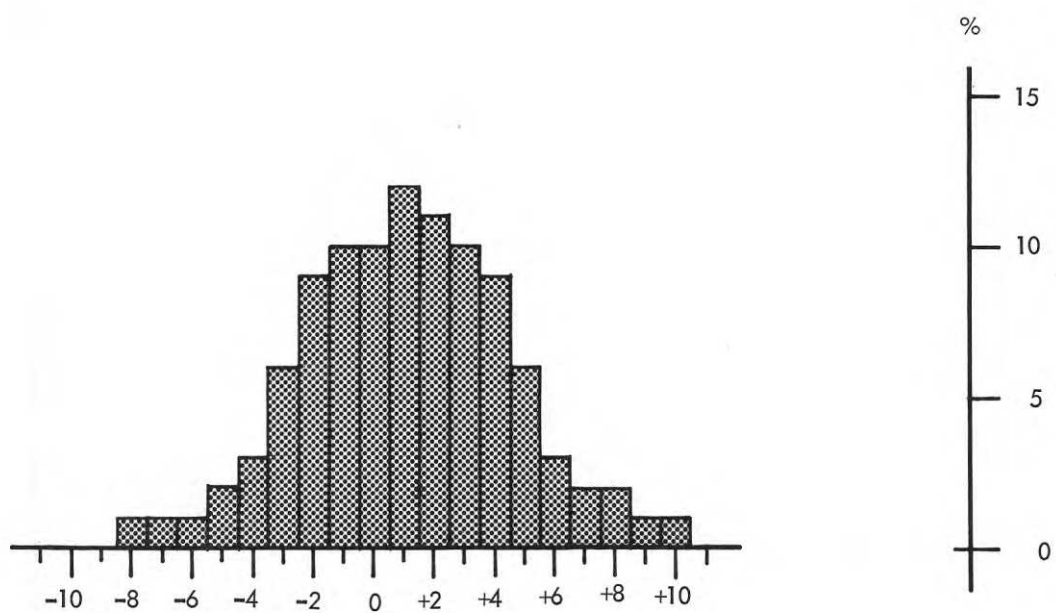


FIG. 87 Balkar: Horisontalavvikelse på balkarnas över- och undersida.

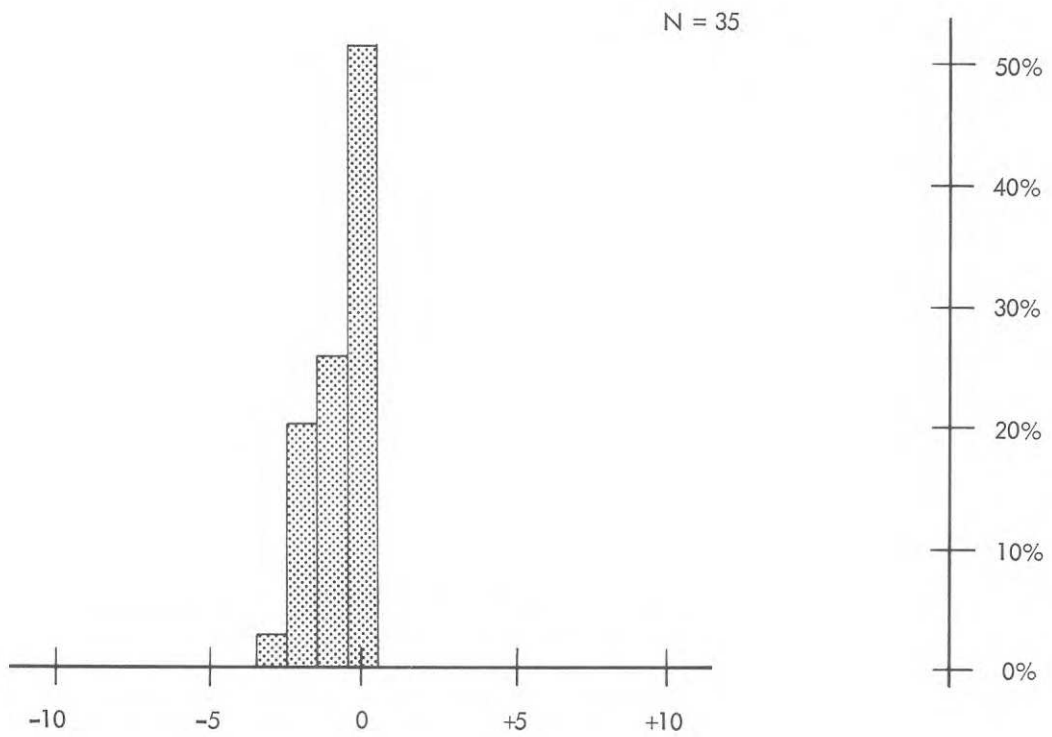
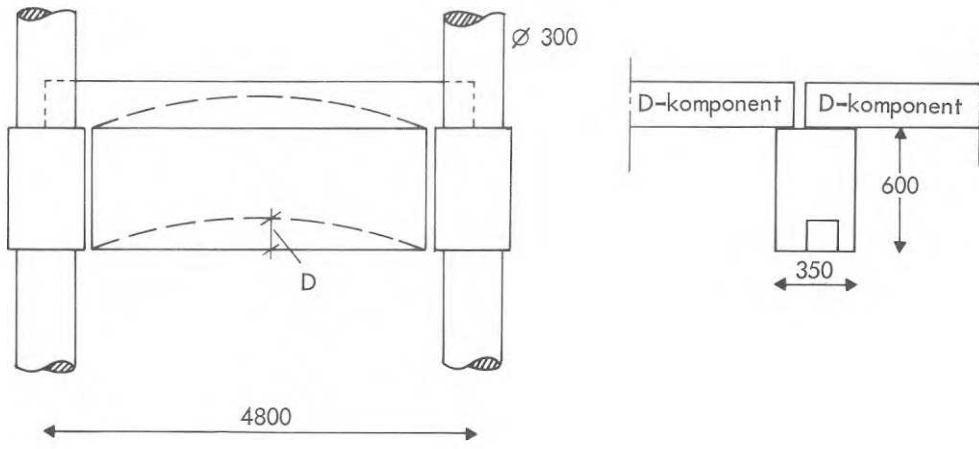
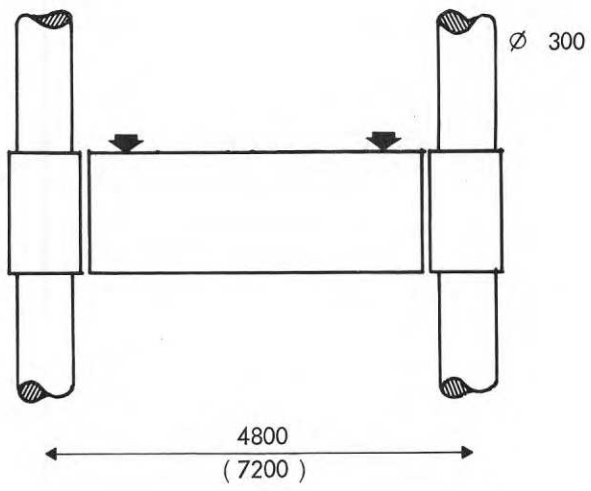


FIG. 88 Balkar: Höjdändring (D) av mittpunkter efter montering av D-komponenter.



$N = 256$
 $M = 1,5 \text{ mm}$
 $S = 4,1 \text{ mm}$

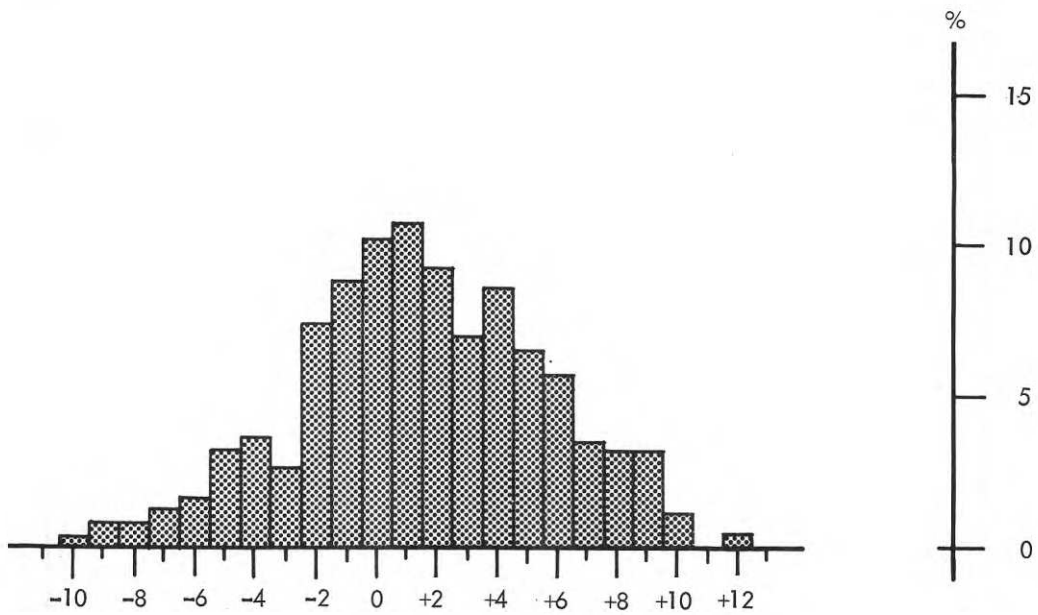
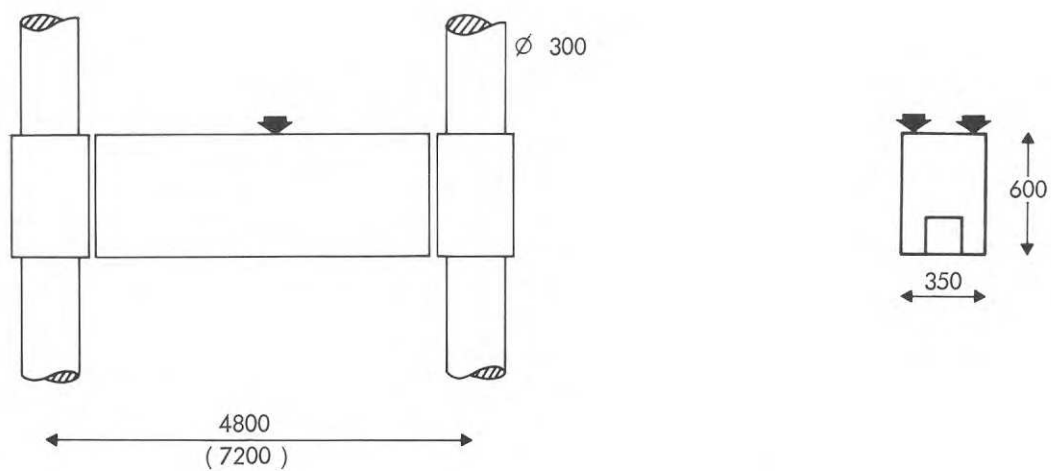


FIG. 89 Balkar: Höjdavvikelse vid balkarnas ändpunkter på översidan.



$N = 260$
 $M = 4,0 \text{ mm}$
 $S = 5,1 \text{ mm}$
 $T = \pm 10 \text{ mm}$
 $P_1 = 15\%$
 $P_2 = 9\%$

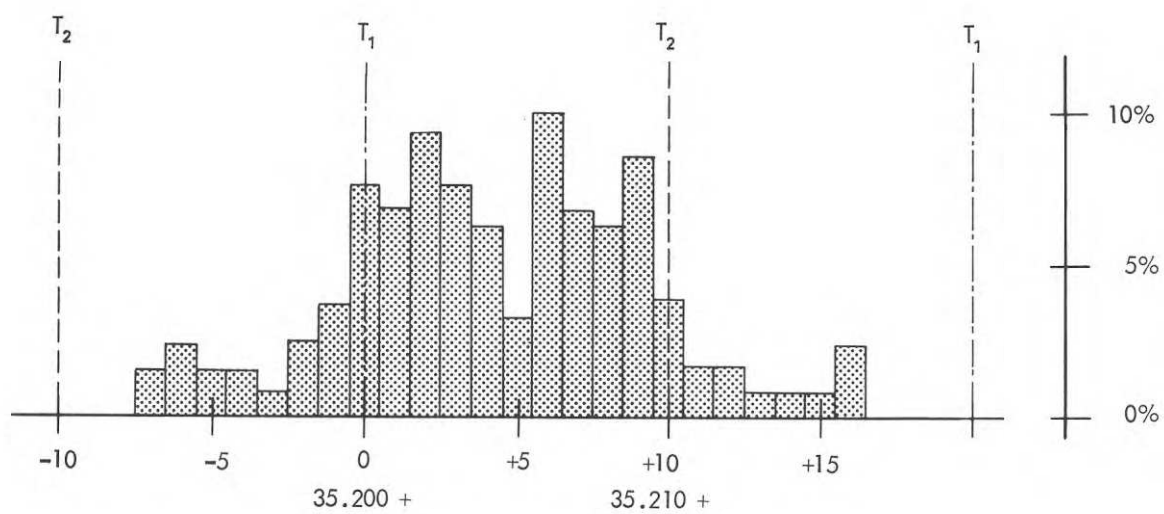
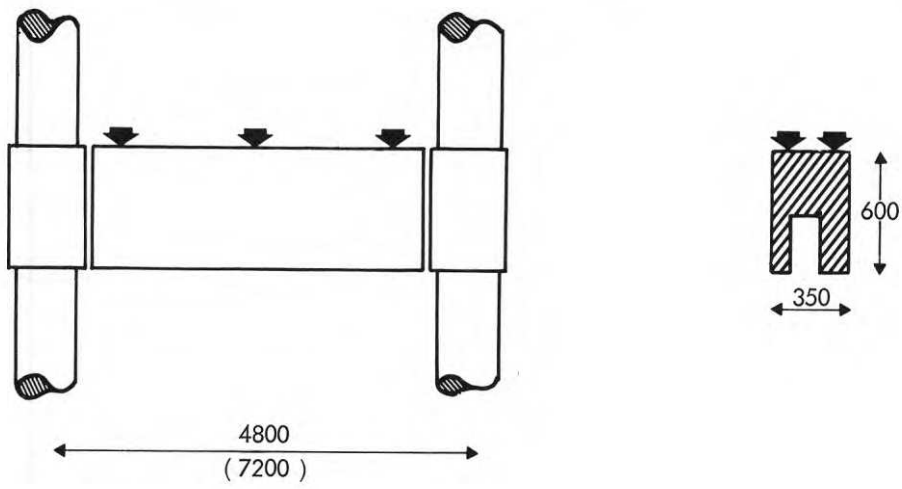


FIG. 90 Balkar: Höjdavvikelser vid balkarnas mittpunkt på översidan.



N = 397
M = 2,3 mm
S = 4,6 mm

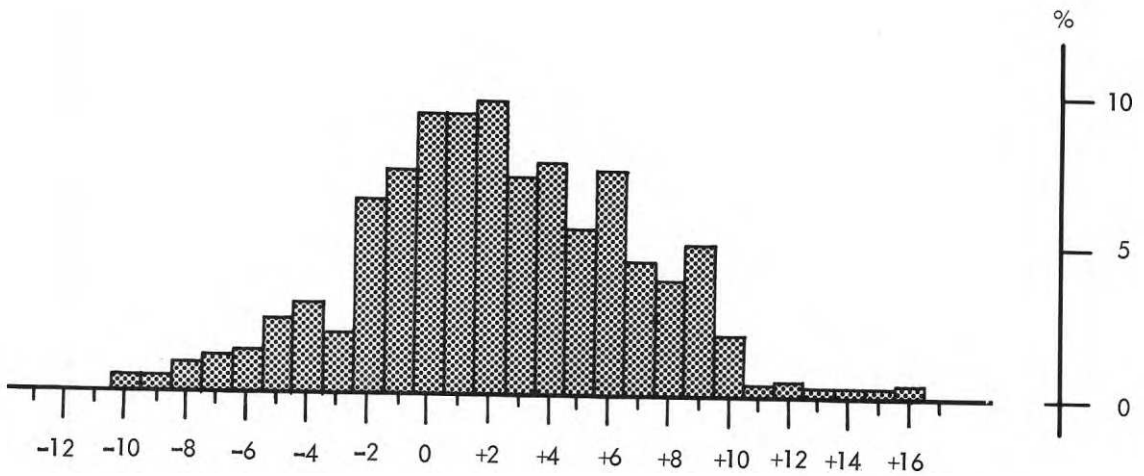


FIG. 91 Balkar: Höjdvikelse vid balkarnas mitt- och ändpunkter på översidan.

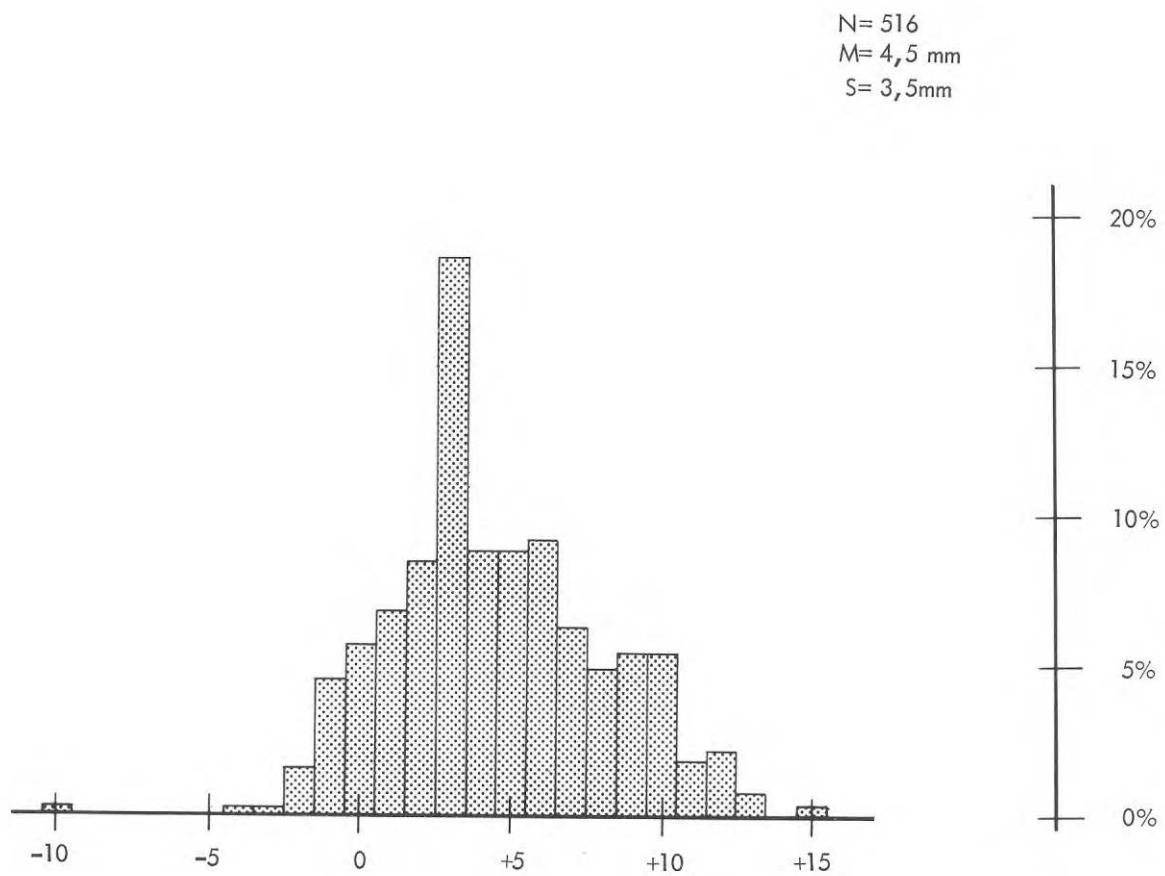
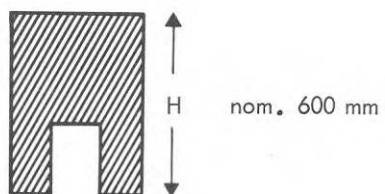


FIG. 92 Balkar: Höjdmåttavvikelse hos balkar från fabrikena K och V.

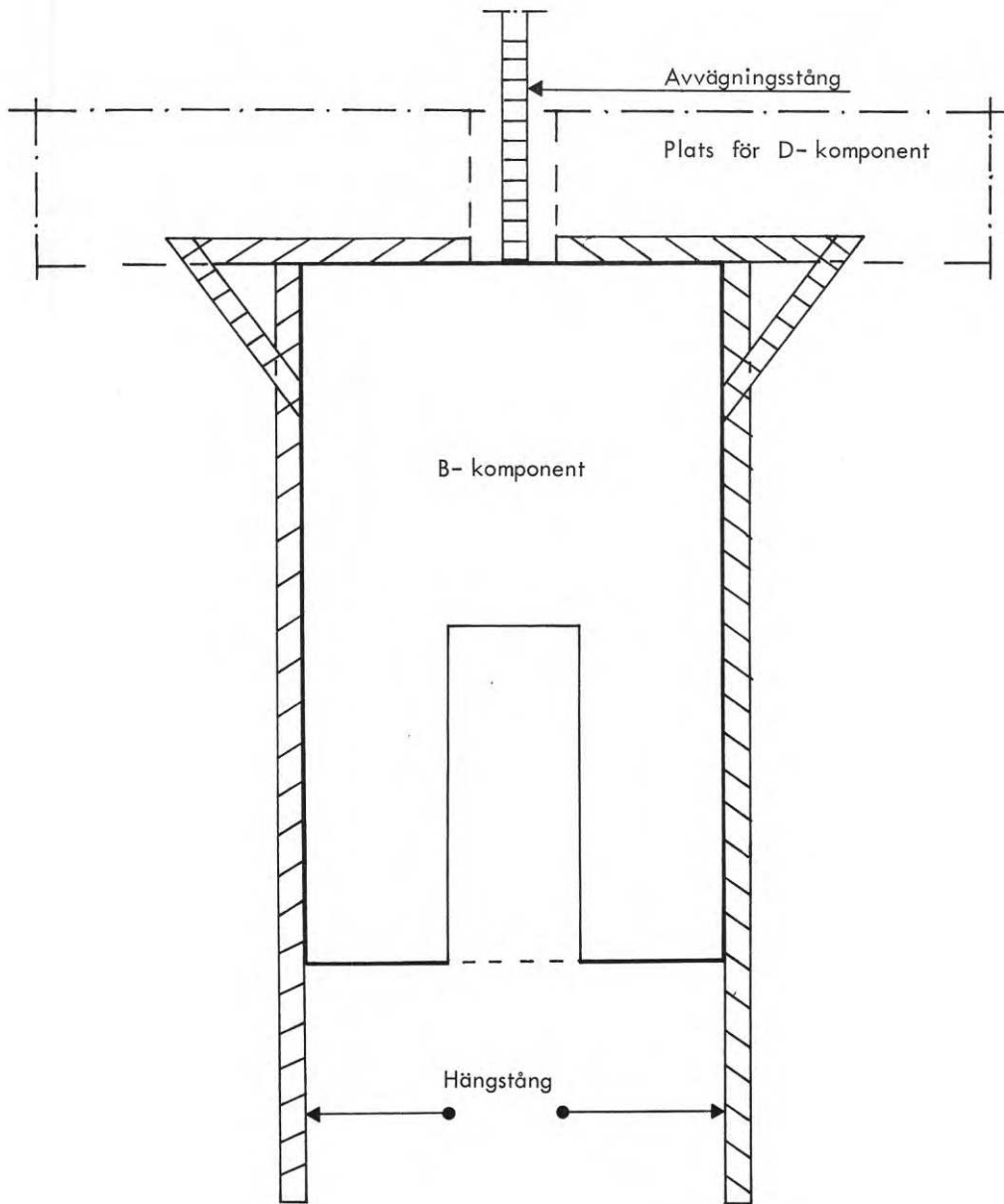


FIG. 93 Avvägning av balkarnas Ö.K. kan göras med hjälp av en vanlig avvägningsstång eller en hängstång.

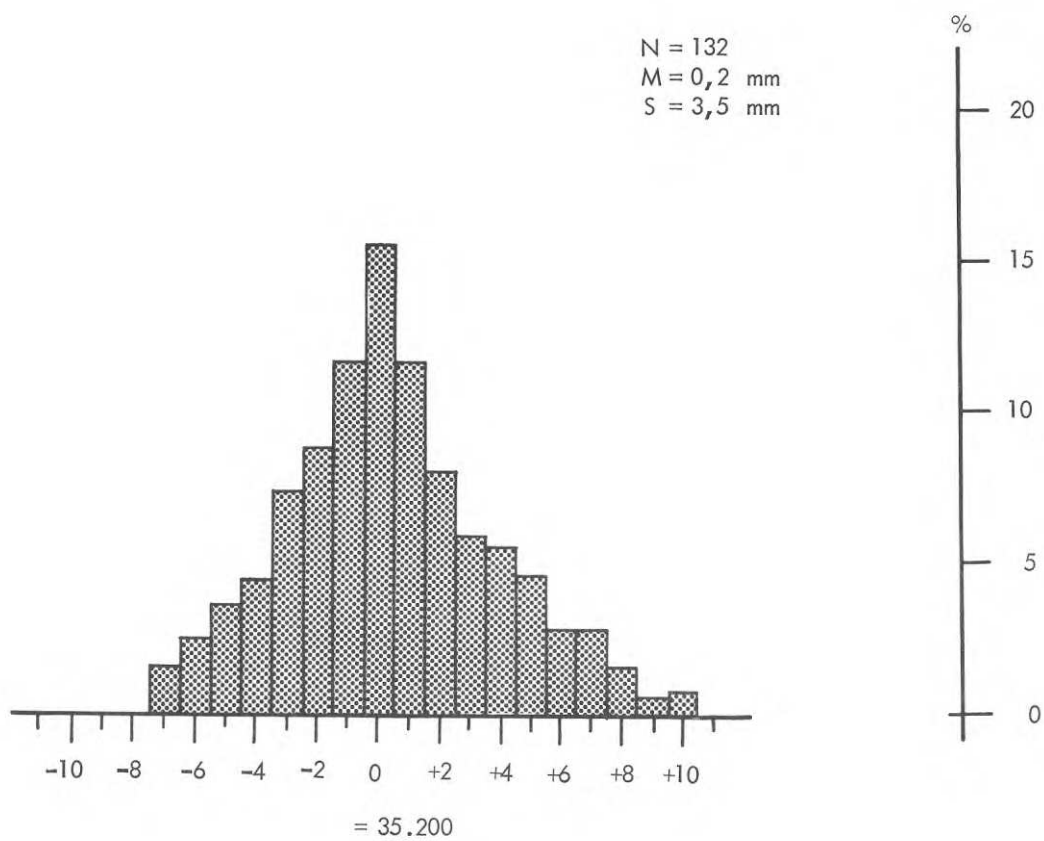
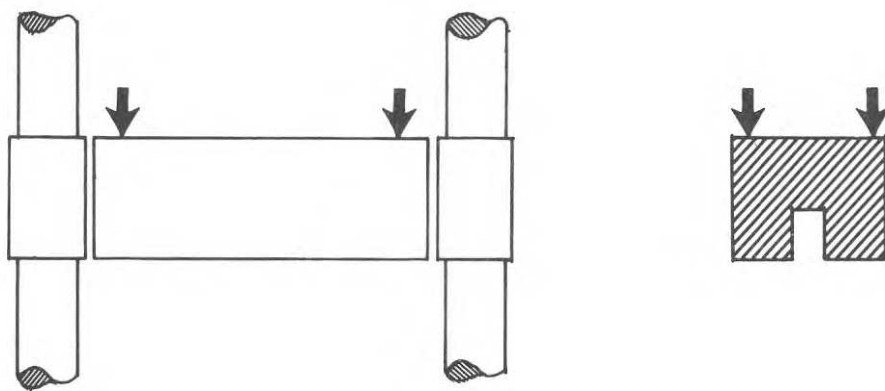
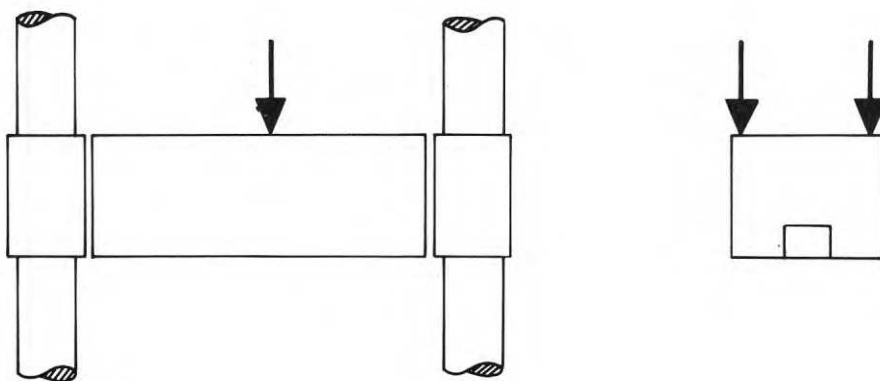


FIG. 94 Balkar: Höjdavvikelse vid balkarnas ändpunkter på översidan (efter semestern 1968).



$N = 66$
 $M = 5,2 \text{ mm}$
 $S = 3,5 \text{ mm}$
 $T = 35.200-35.220$
 $P = 11 \%$

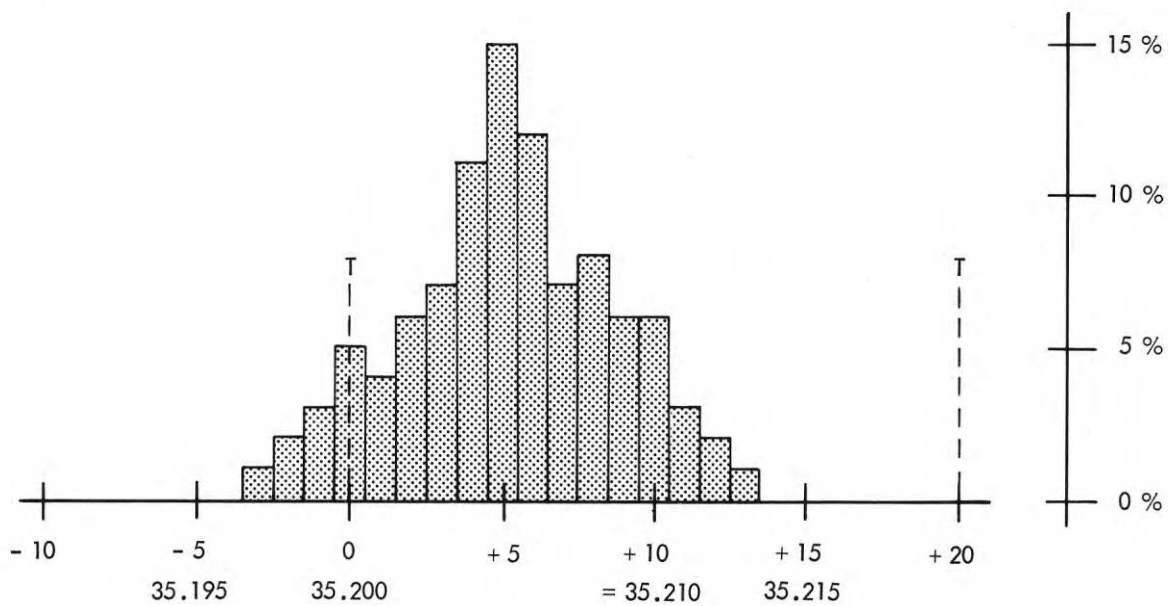


FIG. 95 Balkar: Höjden vid balkmitten (efter semestern 1968).

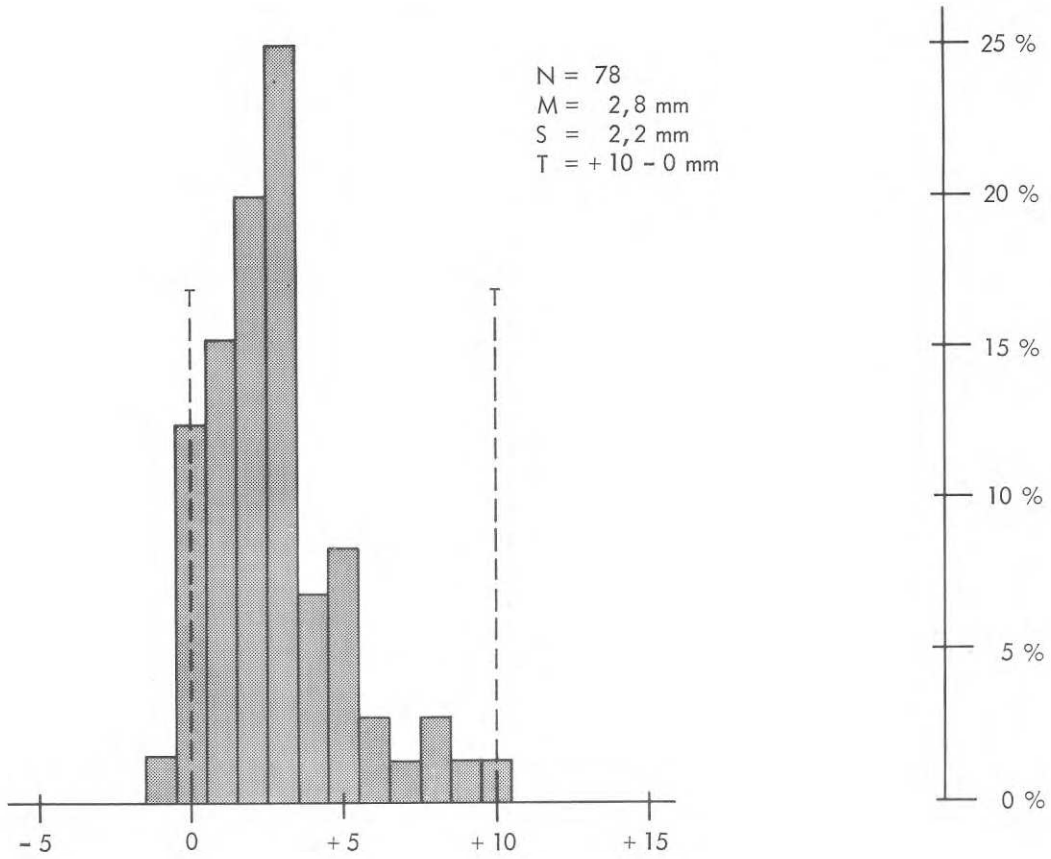
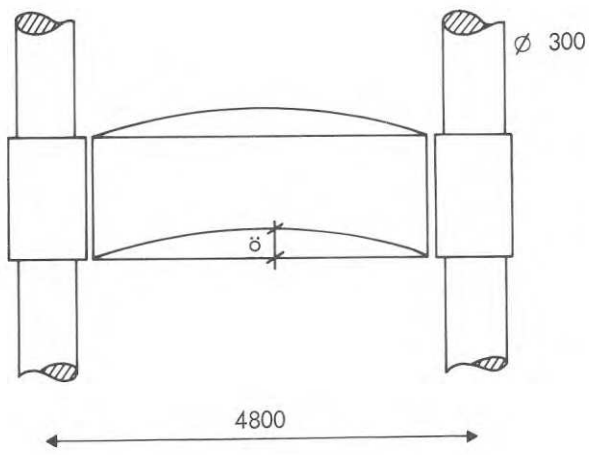


FIG. 96 Balkar: Överhöjning (δ) vid undersidor efter montering av D-komponenter.

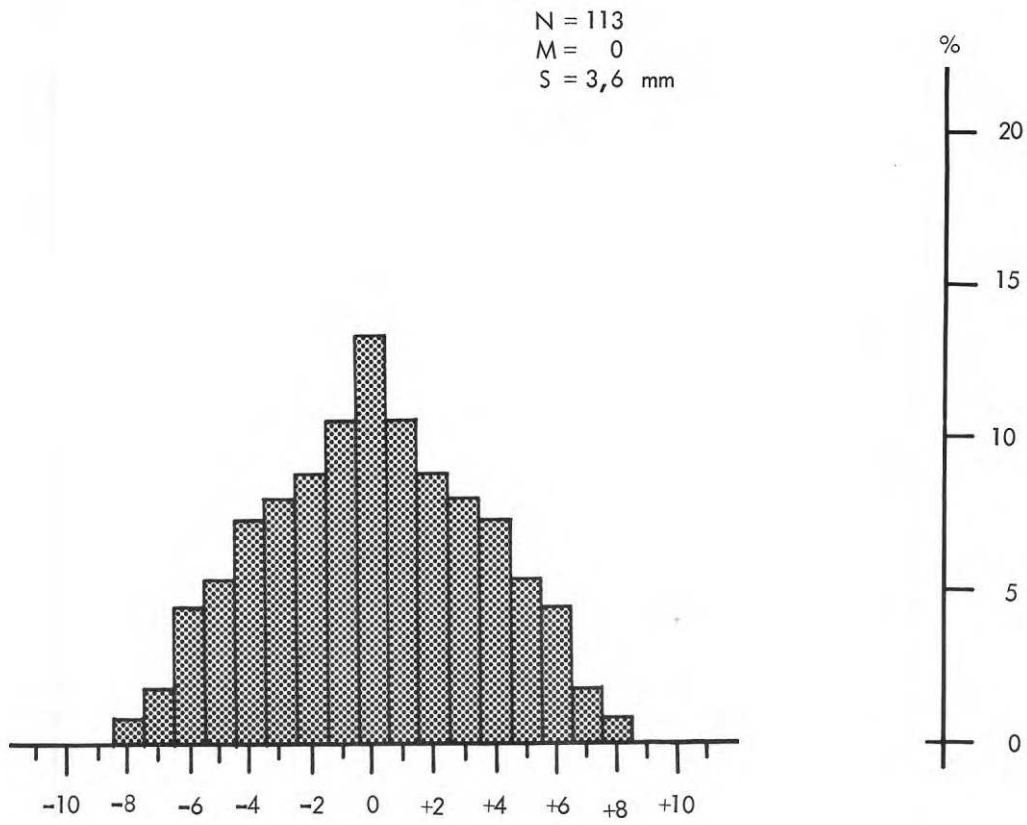
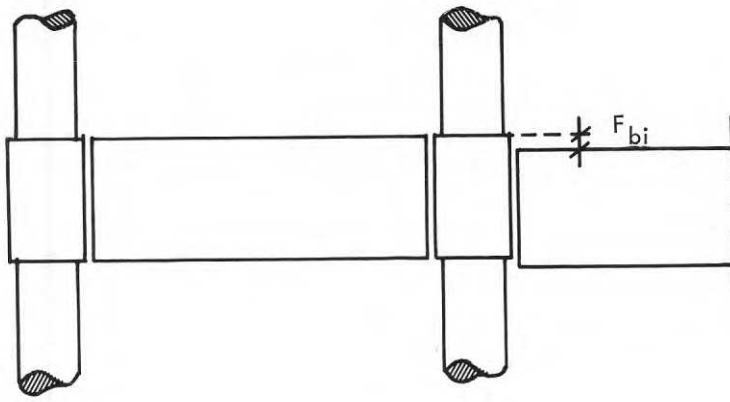
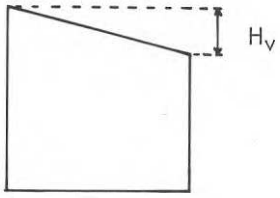


FIG. 97 Balkar: Höjdskillnad (F_{bi}) mellan balkarna.



$N = 192$
 $M = 0$
 $S = 3.4 \text{ mm}$

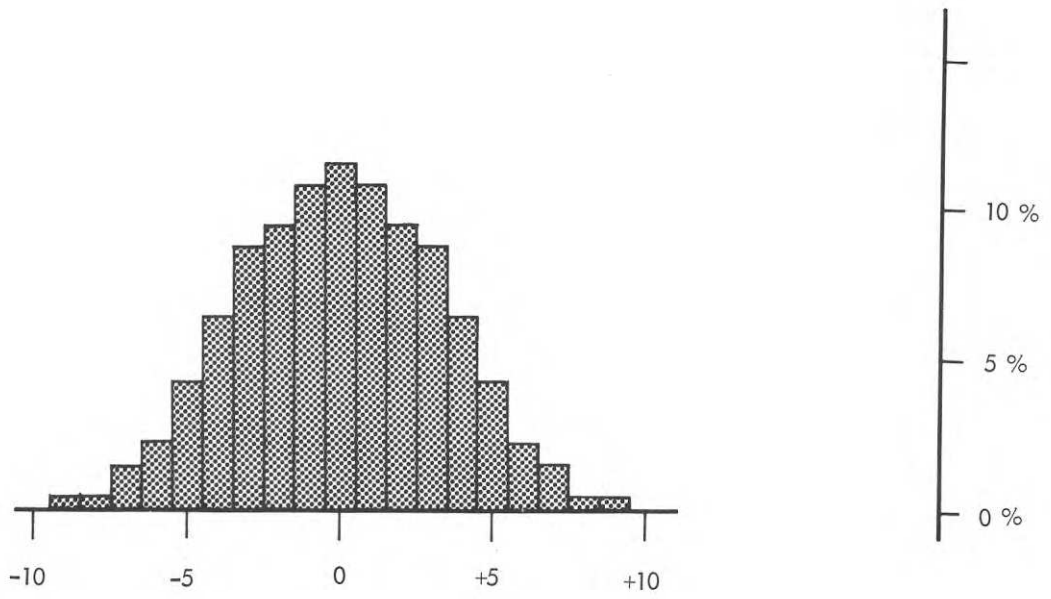
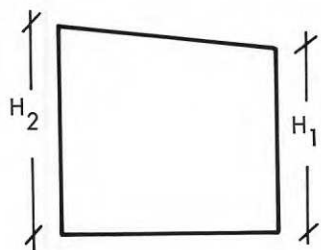


FIG. 98 Balkar: Höjdskillnad undersidan balkar.



$N = 130$
 $M = 0 \text{ mm}$
 $S = 3,5 \text{ mm}$

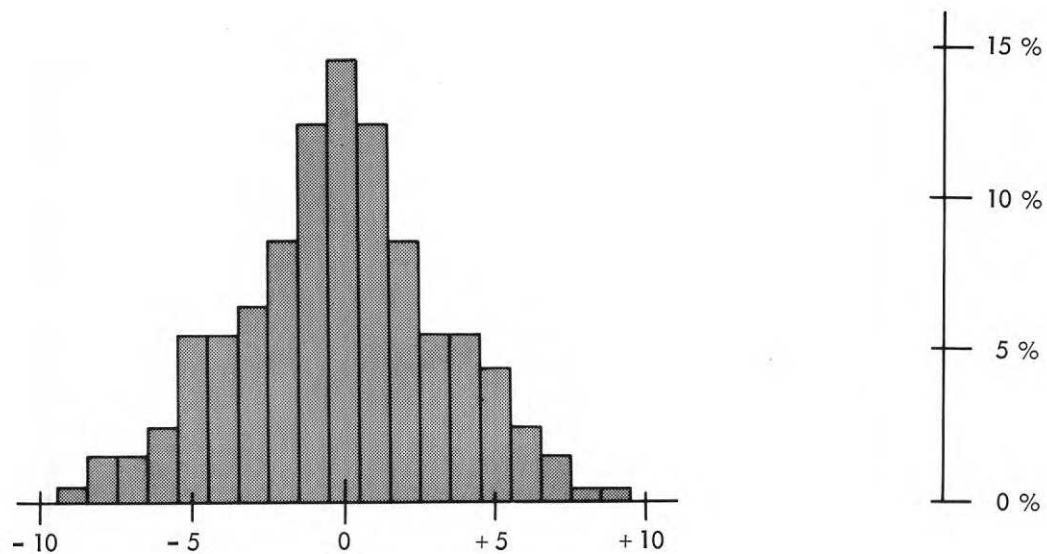
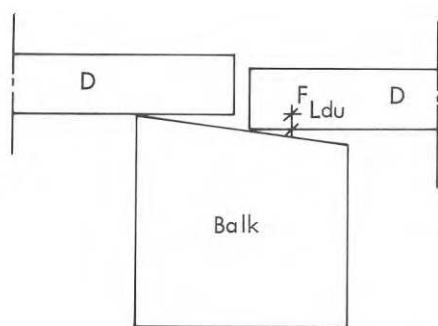


FIG. 99 Balkar: Höjdskillnader $H_2 - H_1$.



$N = 384$
 $M = 0$
 $S = 2,0 \text{ mm}$

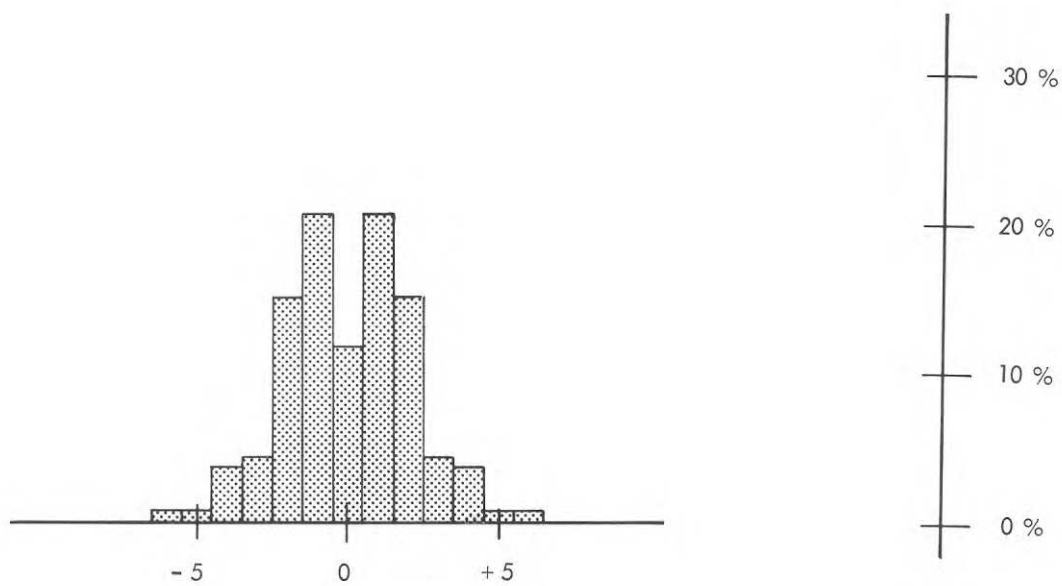
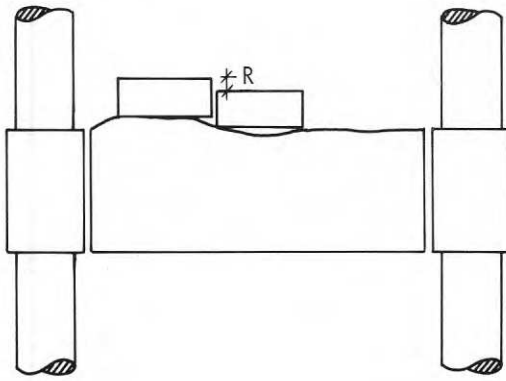


FIG. 100 Balkar: Förskjutning (F_{Ldu}) mellan intilliggande D-komponenter förorsakad av höjdskillnaden på balkarnas översida.



$N = 36$
 $M = 0$
 $S = 1,7 \text{ mm}$

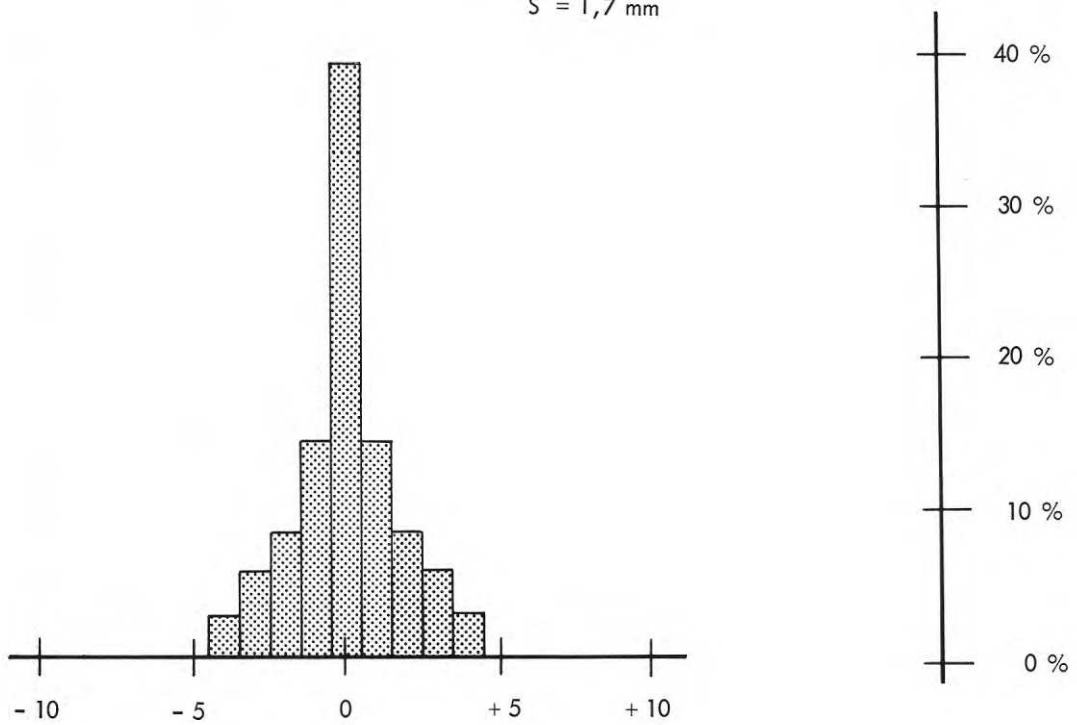
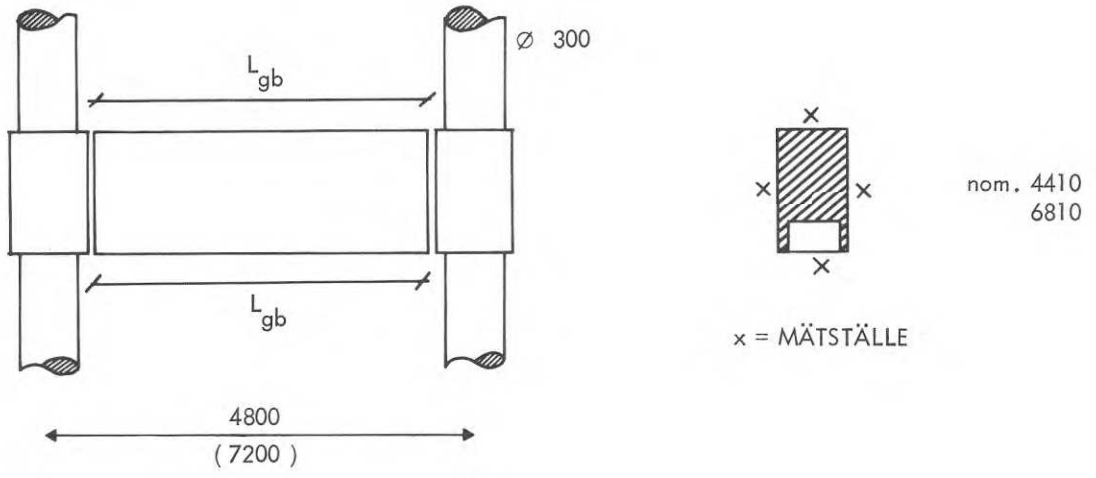


FIG. 101 Balkar: Inverkan (R) av översidans planhetsavvikelse på förskjutningen mellan intilliggande D-komponenter.



N = 462
M = 0
S = 4,6 mm

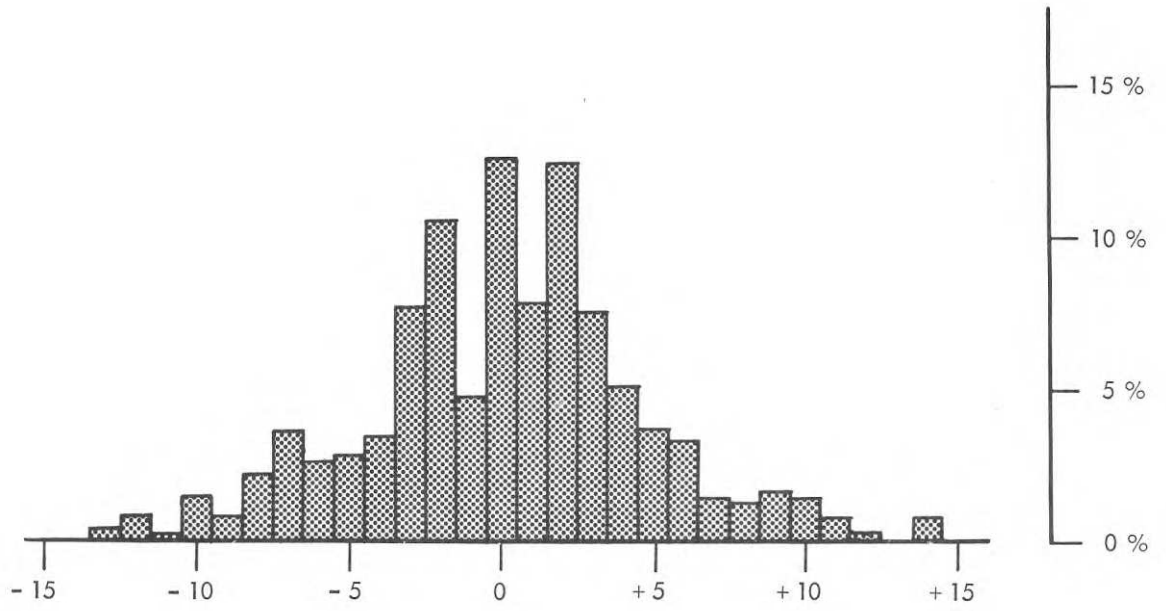
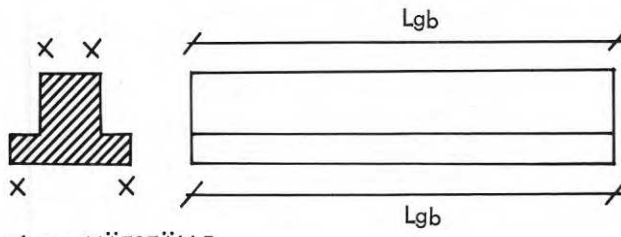


FIG. 102 Balkar: Längd avvikelser efter avspänning hos balkar från fabriker K och V.



X = MÄTSTÄLLE

nom. 4410

N = 208
 M = - 2,0
 S = 6,9

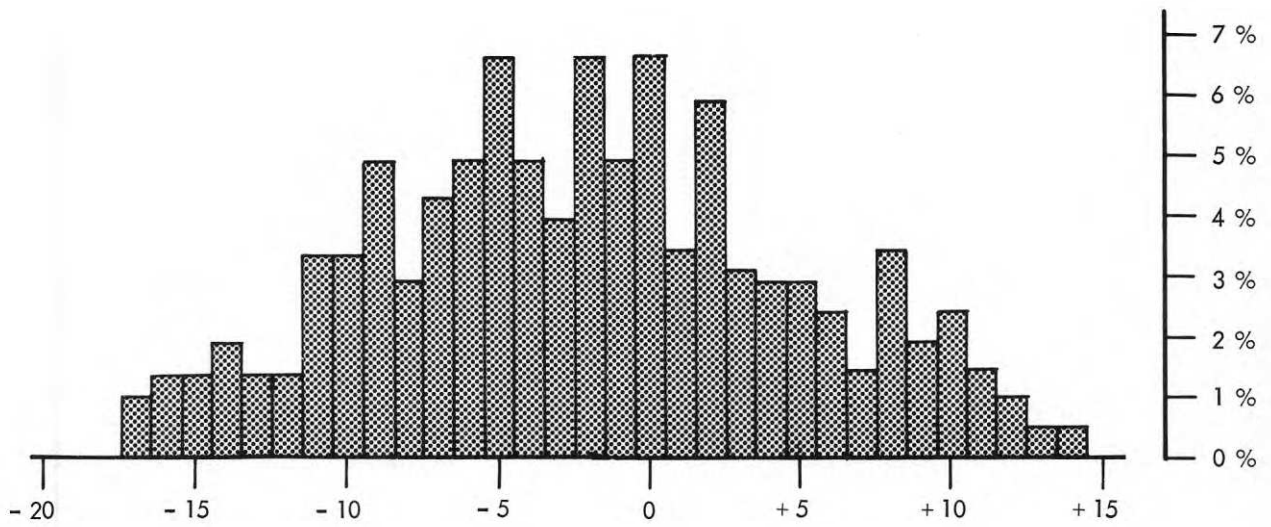
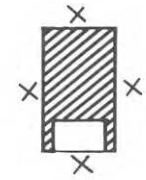
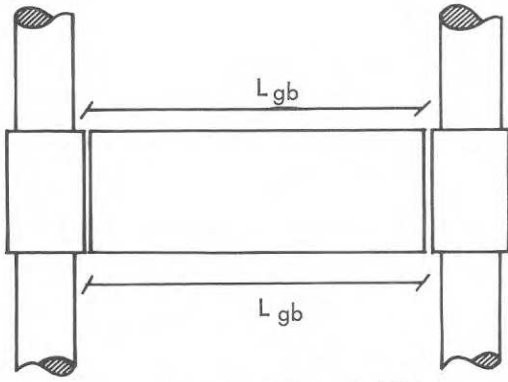


FIG. 103 T-balkar: Avvikelse längdmått (efter avspänning).



x = MÄTSTÄLLE

L nom. 6810 och 4410

N = 277
M = 0,5 mm
S = 4,0 mm

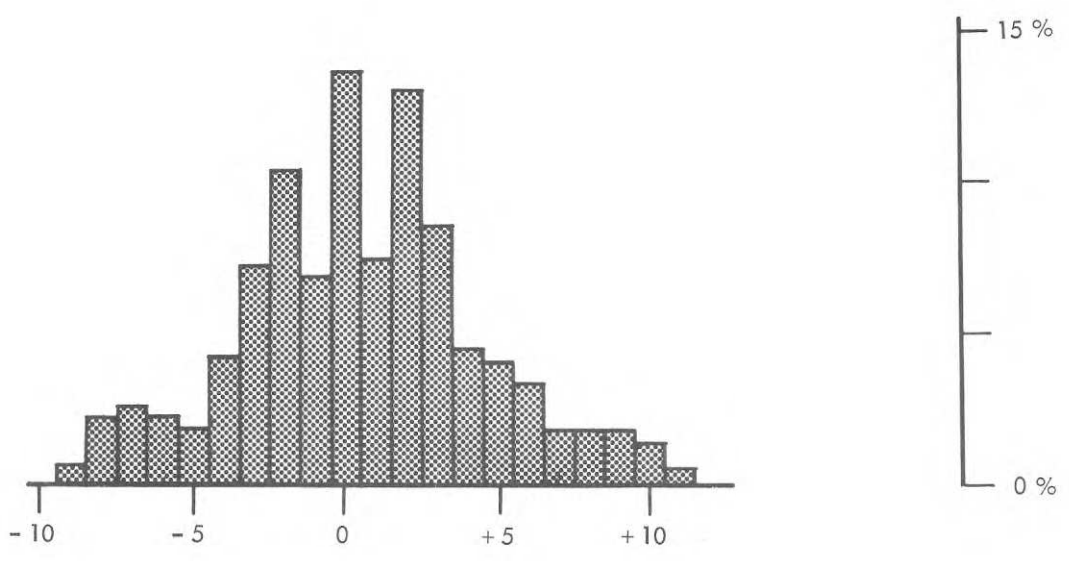
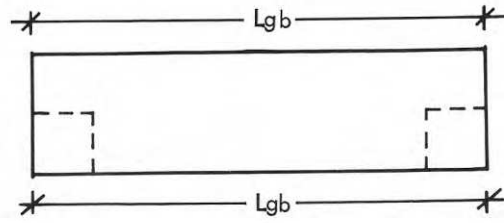
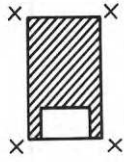


FIG. 104 Balkar: Längd avvikelser efter avspänningen hos balkar från fabrik V.



x = mätställe
nom 4410 - 6810

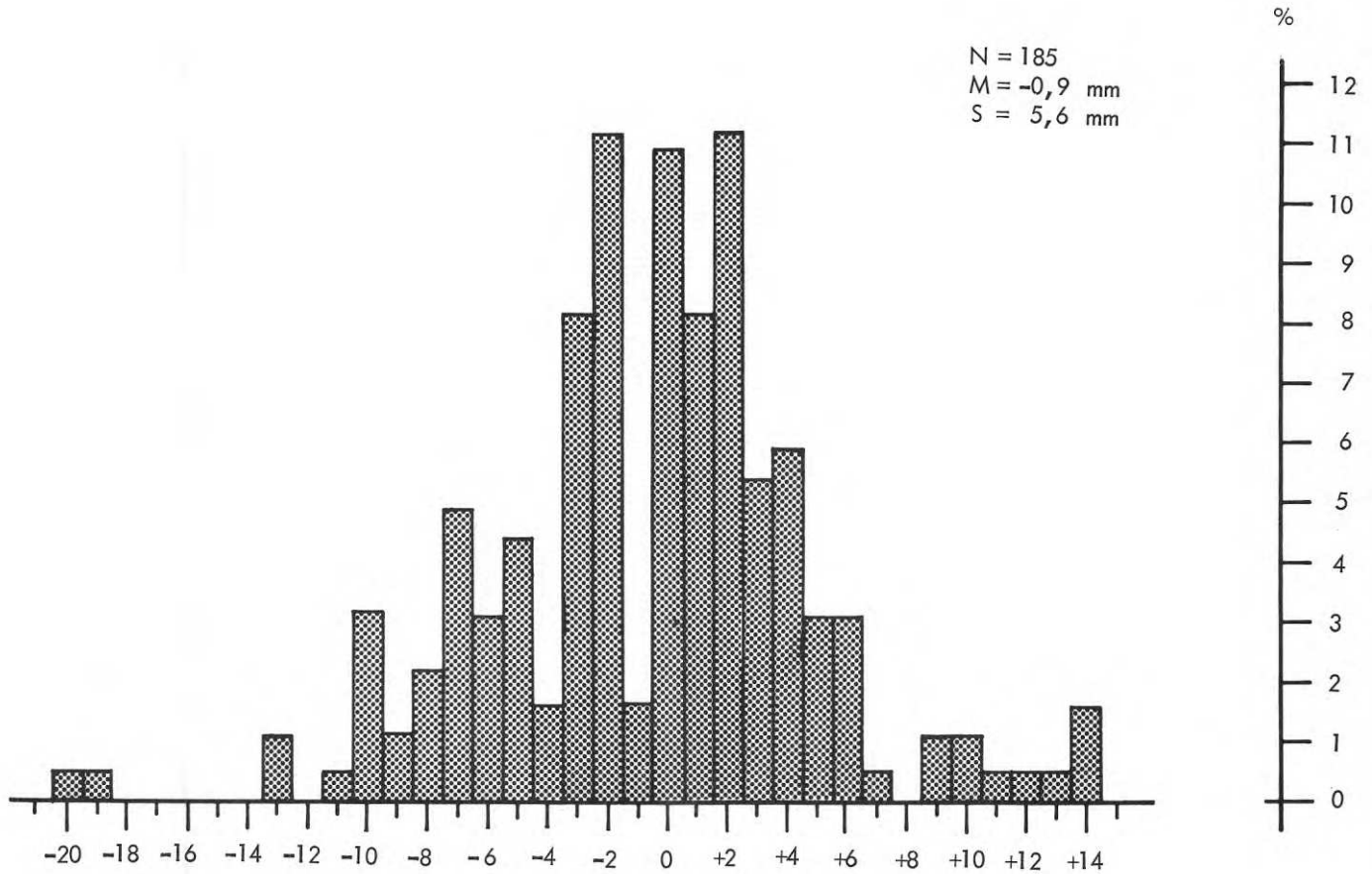
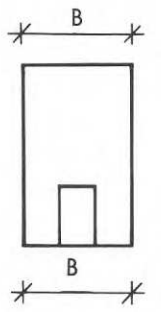


FIG. 105 Balkar: Längdsvikelse vid fabrik K (efter avspänning).



nom. 350 mm

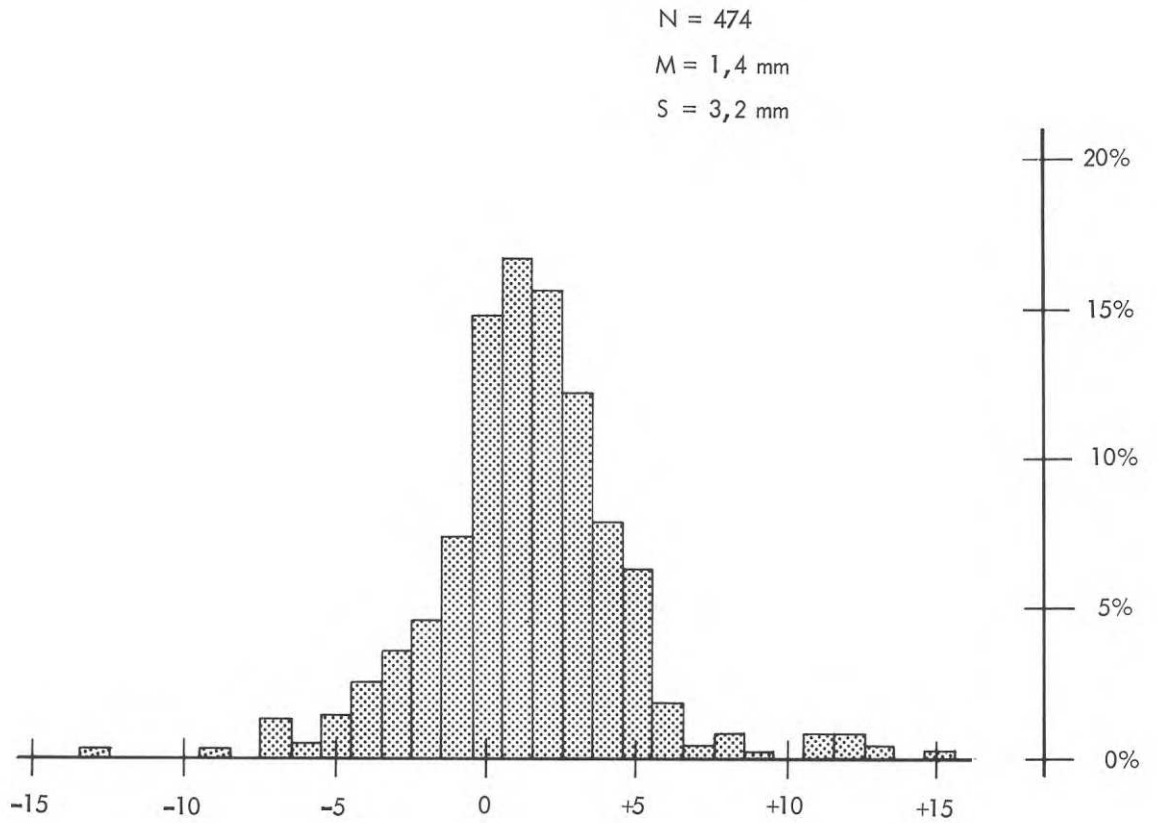


FIG. 106 Balkar: Breddmåttavvikelser hos balkar från fabrikena K och V.

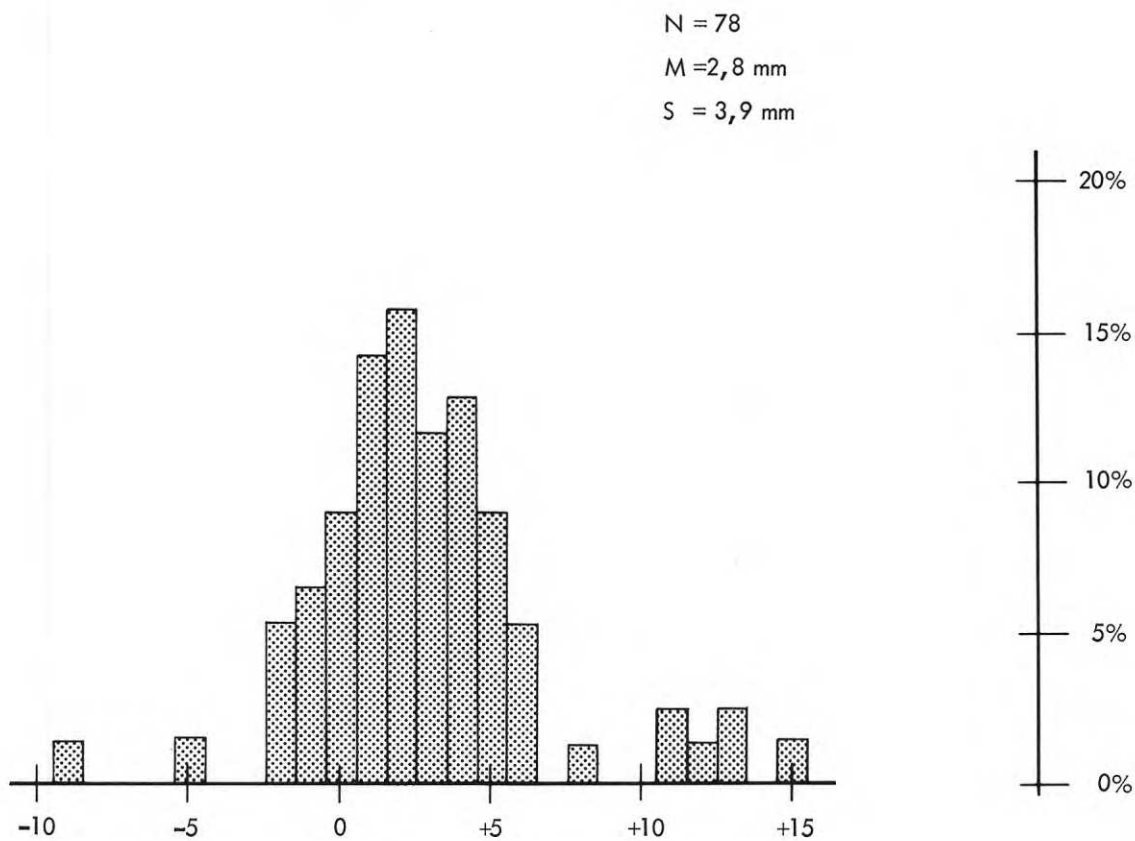
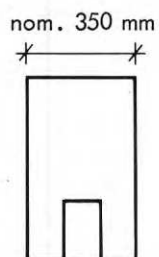
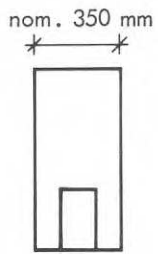


FIG. 107 Balkar: Breddmåttavvikelser Ö.K. balkar från fabrik K.



N = 266
M = 0,3 mm
S = 2,7 mm

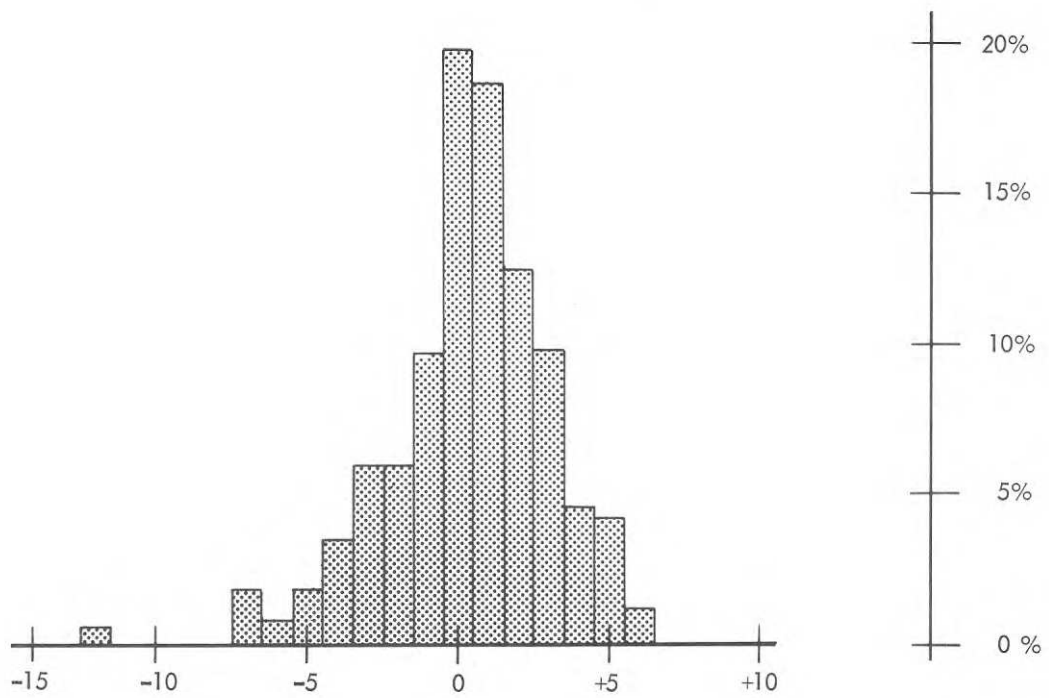


FIG. 108 Balkar: Breddmåttavvikelser Ö.K. balkar från fabrik V.

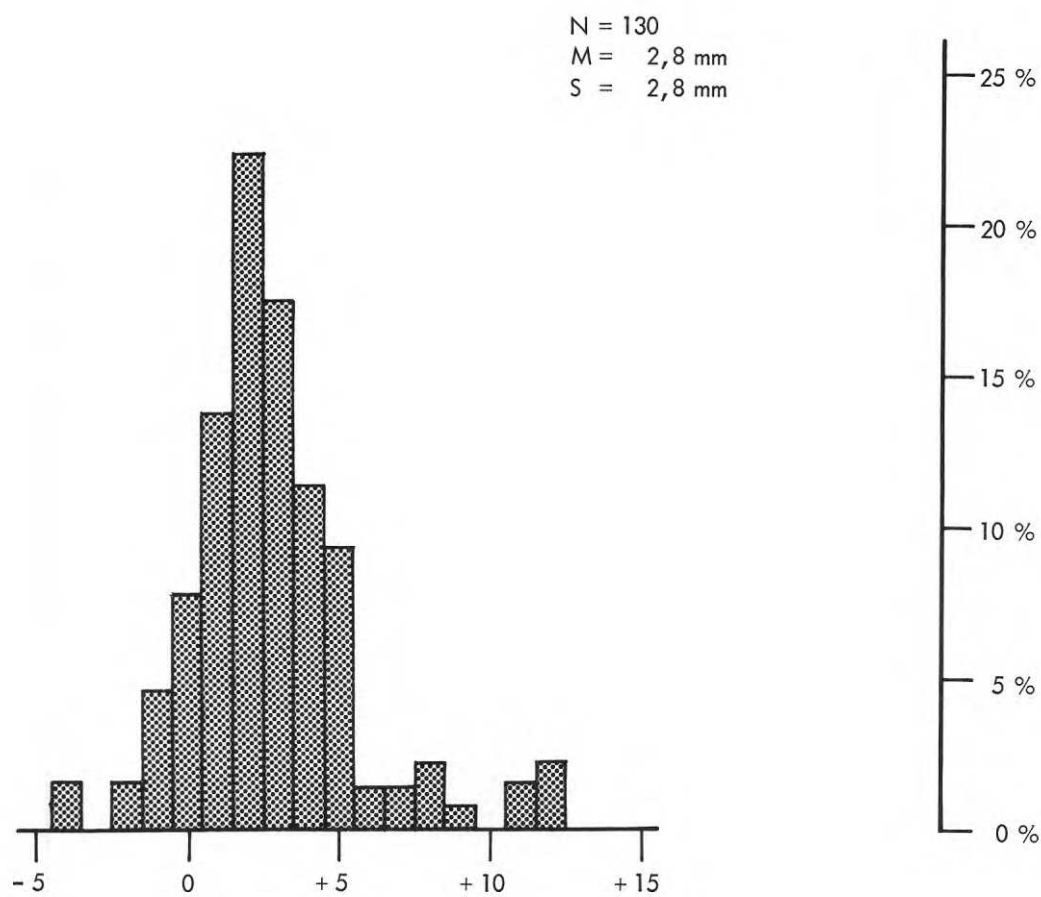
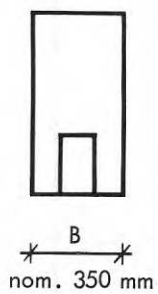
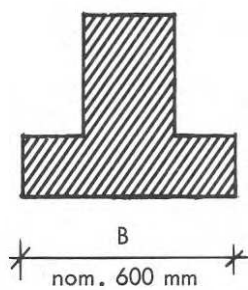


FIG. 109 Balkar: Breddmåttavvikelser U.K. balkar från fabrik K.



N = 101
M = 6,0 mm
S = 6,8 mm

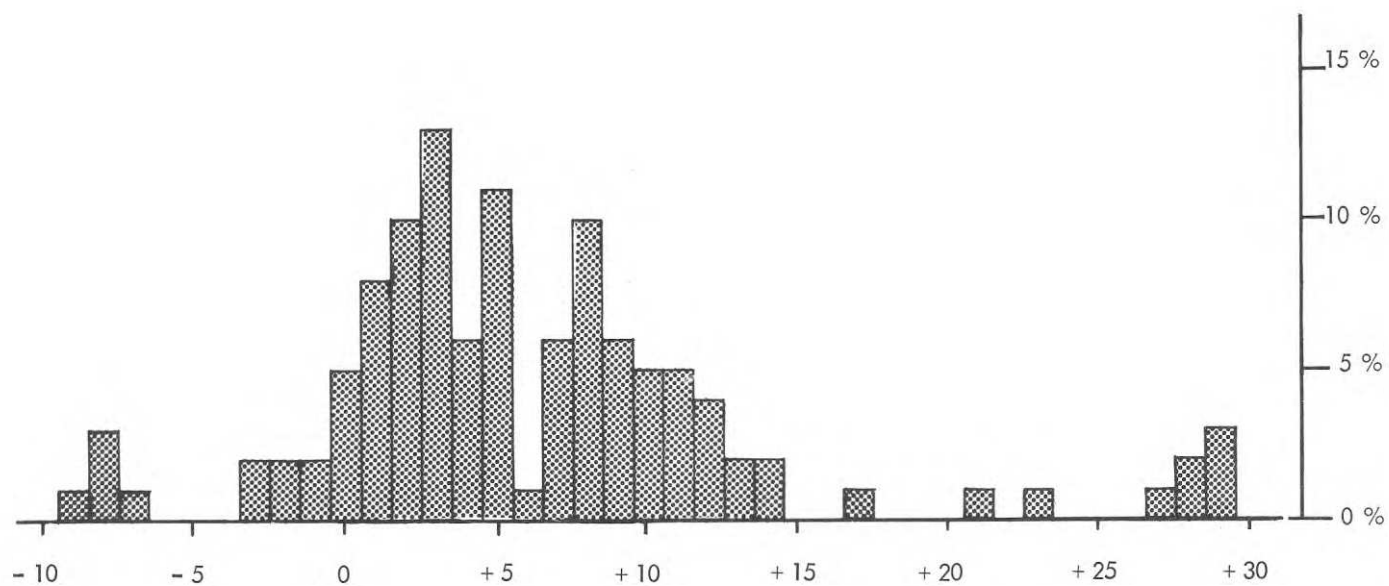
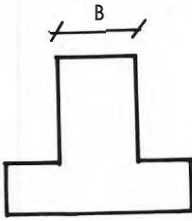


FIG. 110 Balkar: Breddmåttavvikelser U.K. T-balkar från fabrik K.



$N = 123$
 $M = -3,8 \text{ mm}$
 $S = 7,1 \text{ mm}$

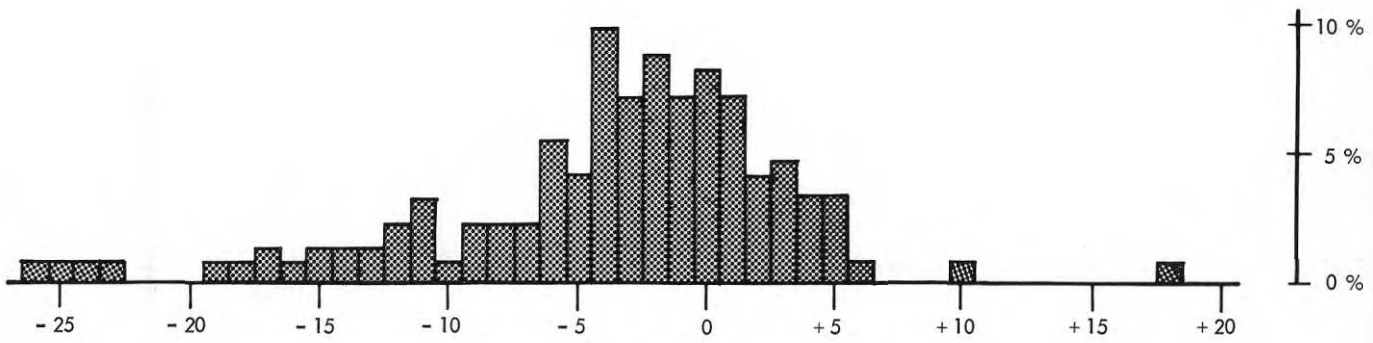


FIG. 111 Balkar: Breddmåttavvikelser Ö.K. T-balkar.

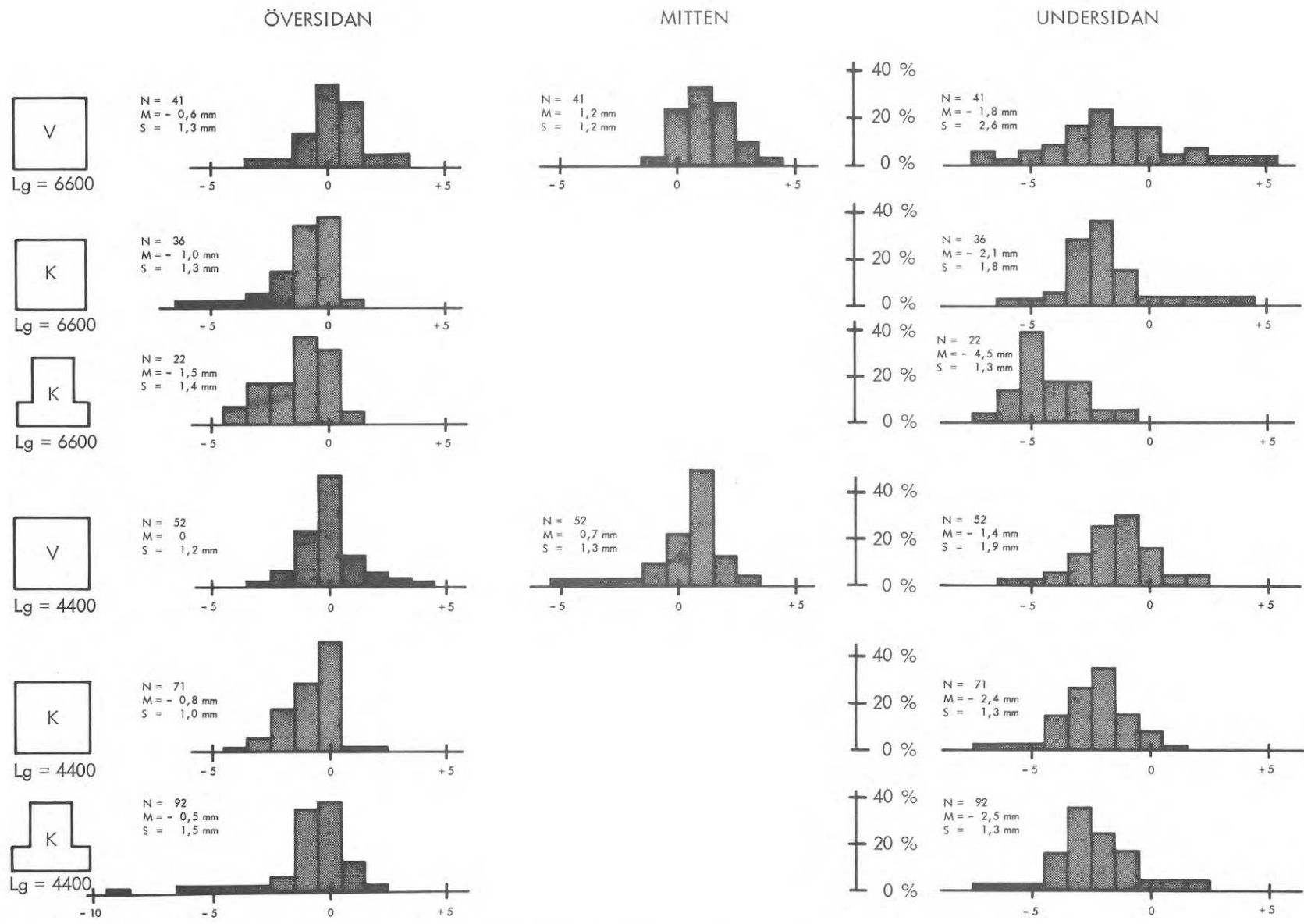


FIG. 112 Balkar: Längdändringar efter avspänning i fabrikena K och V.

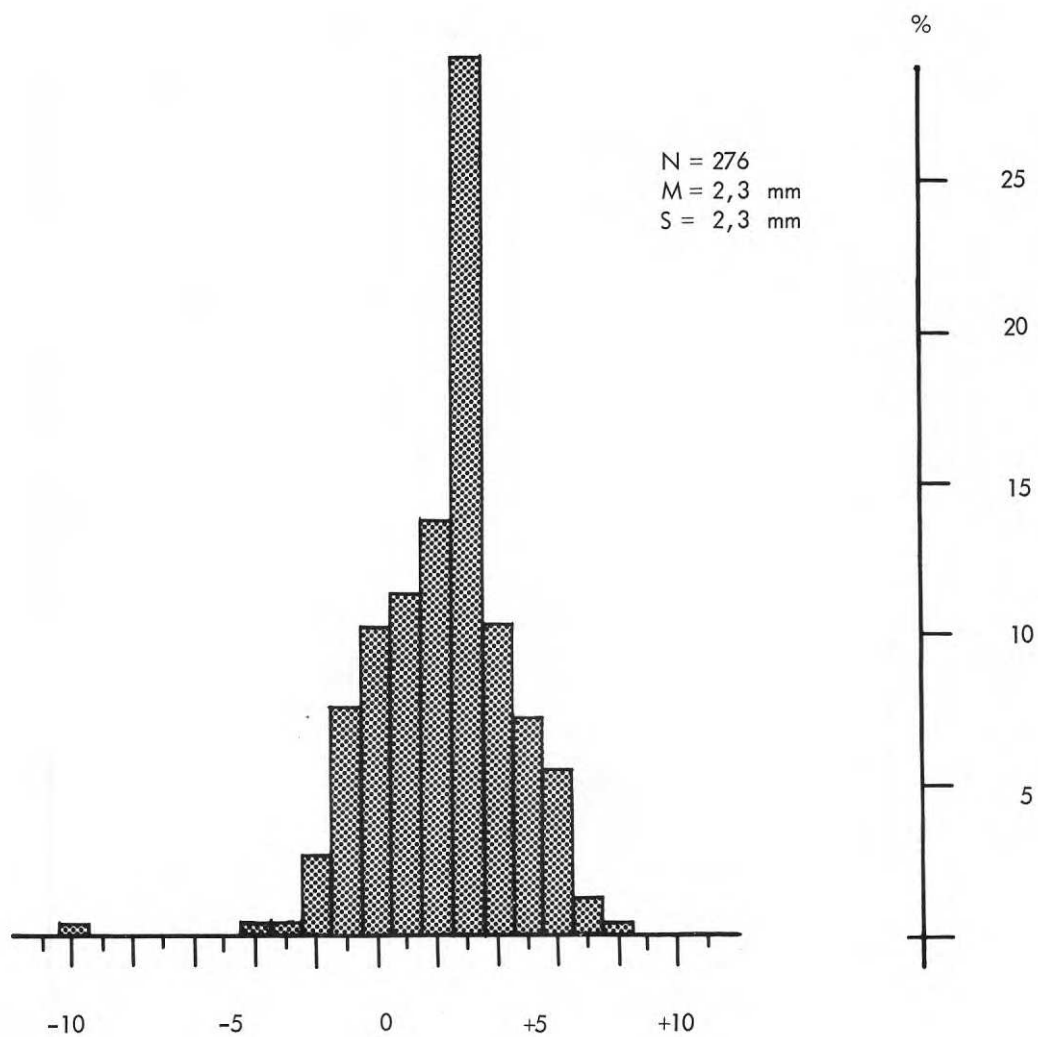
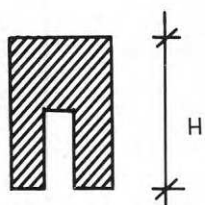


FIG. 113 Balkar: Höjdmåttavvikelse vid balkar från fabrik V.

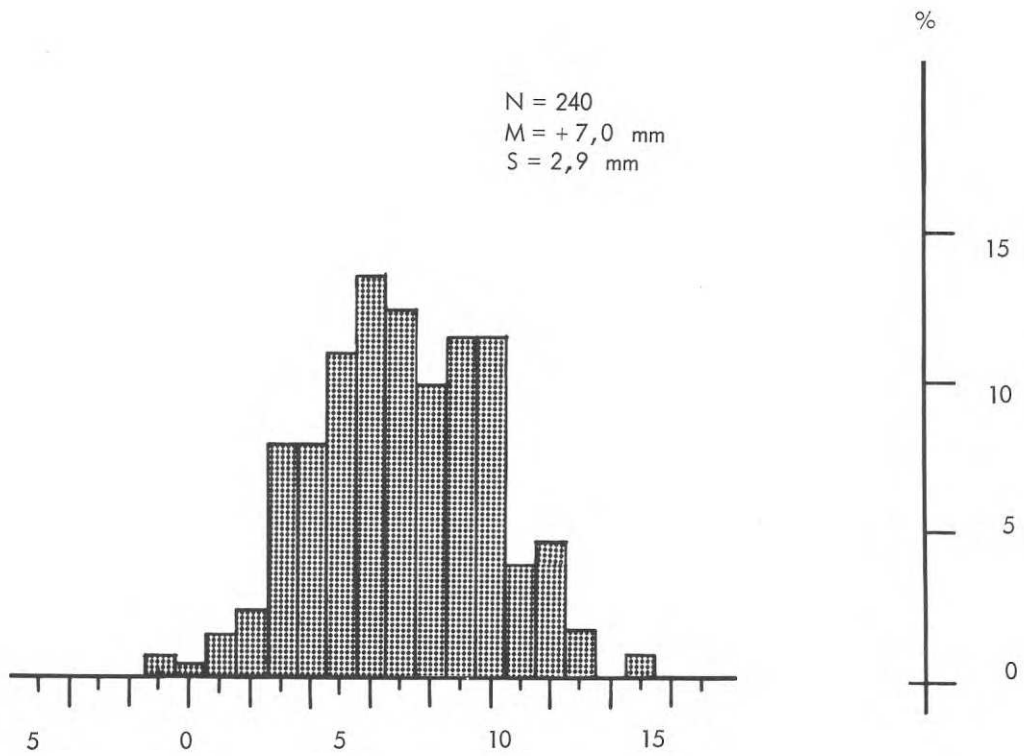
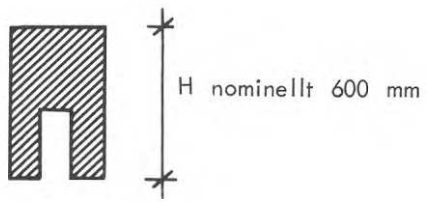


FIG. 114 Balkar: Höjdmåttavvikelse vid balkar från fabrik K.

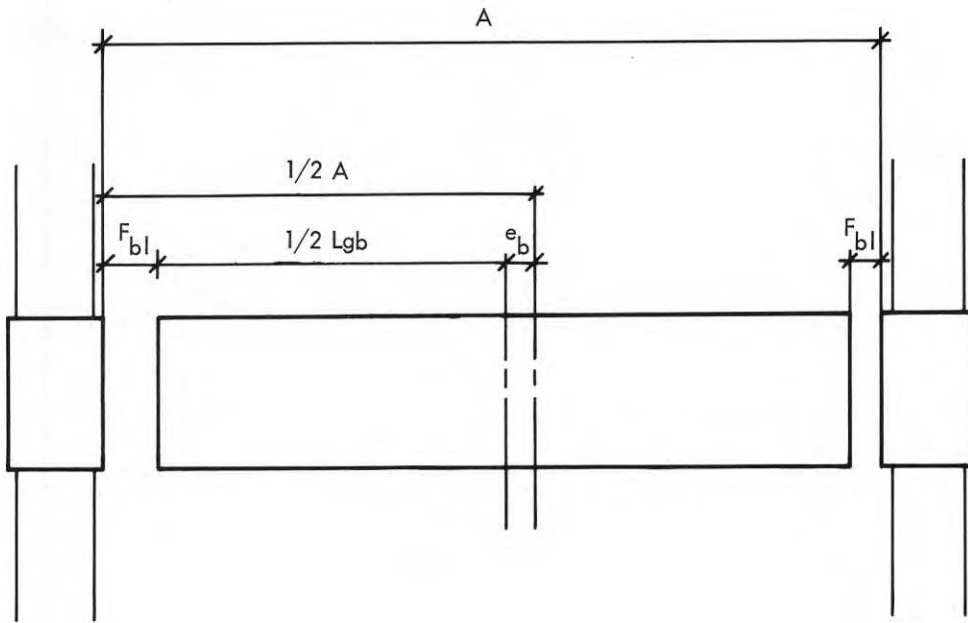


FIG. 115 Fogavvikelser mellan balk och pelare.

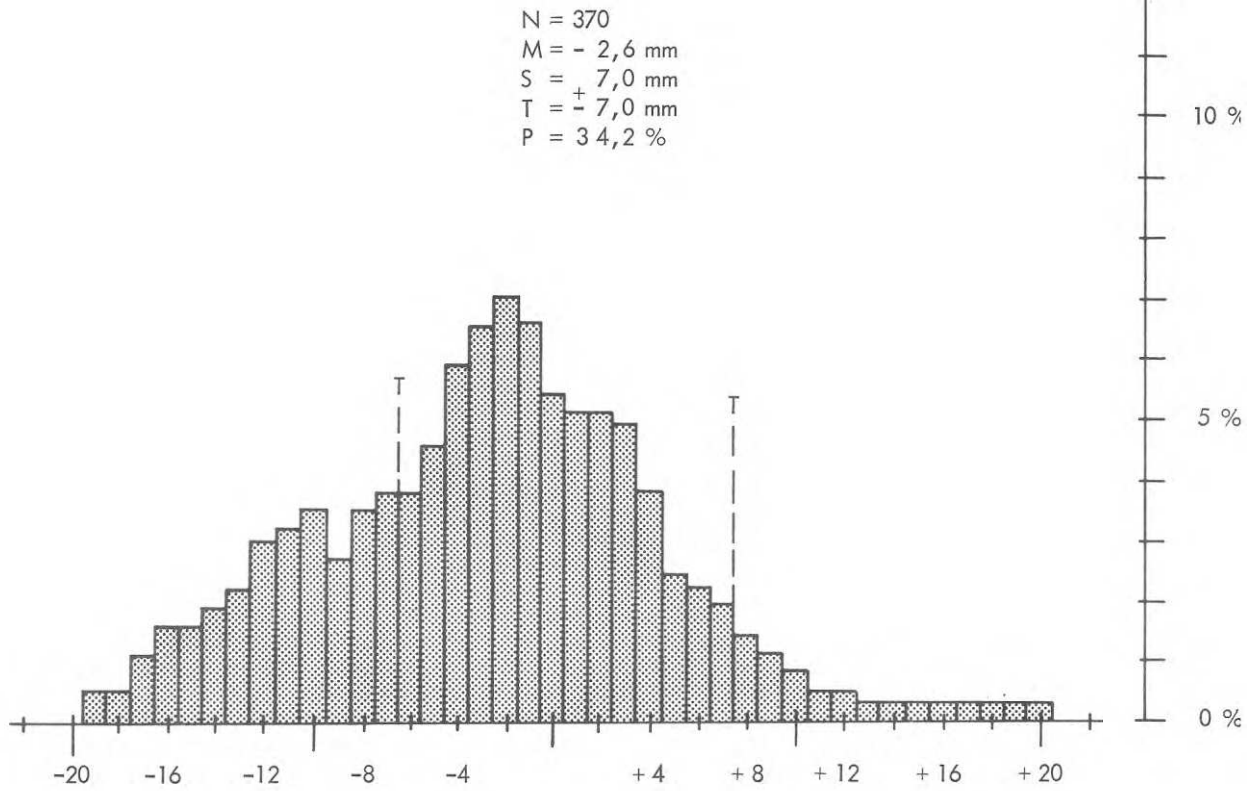
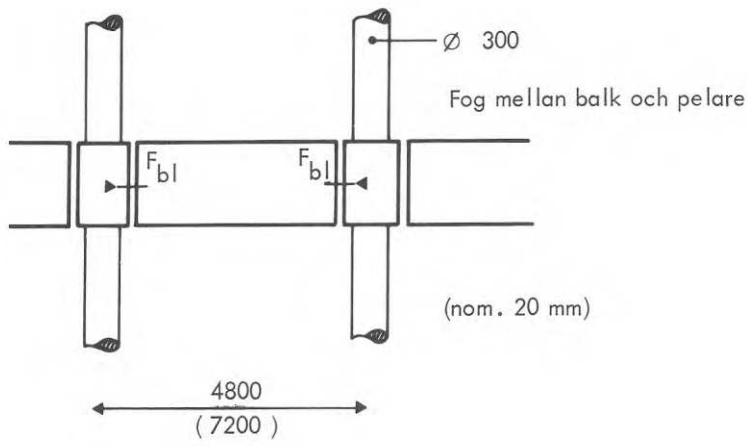


FIG. 116 Balkar: Samband mellan fog, balklängd och pelaravstånd.

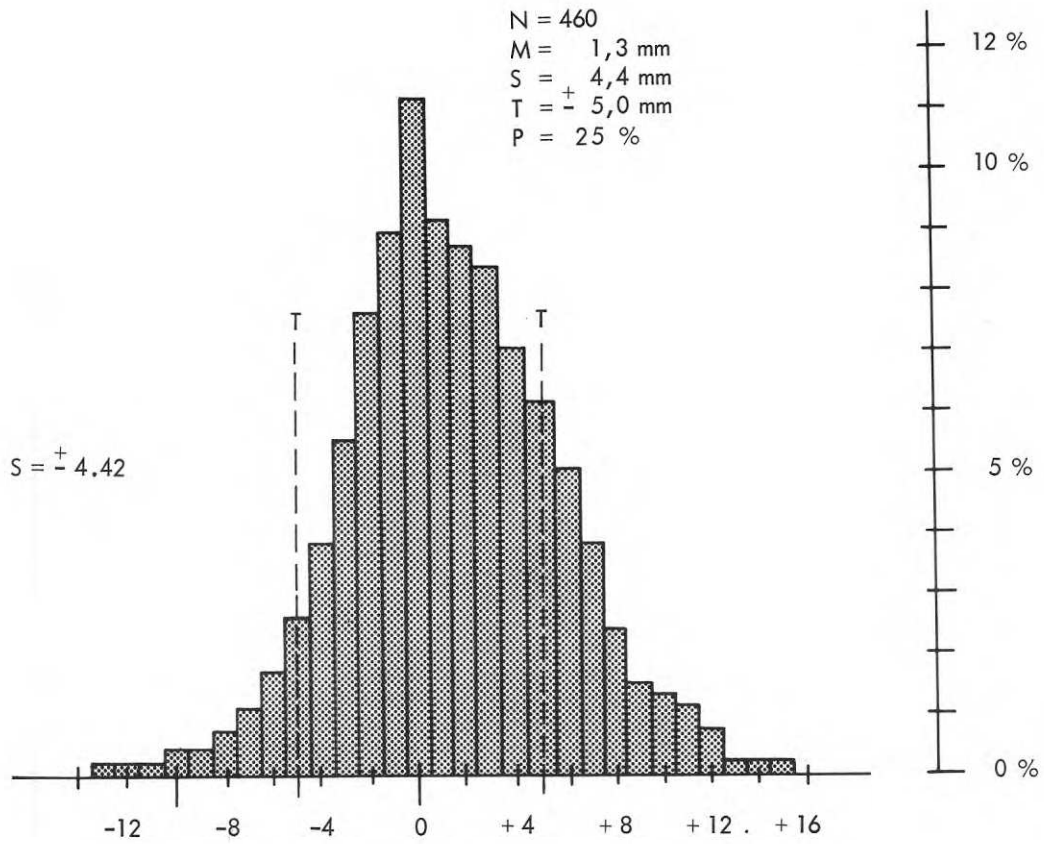
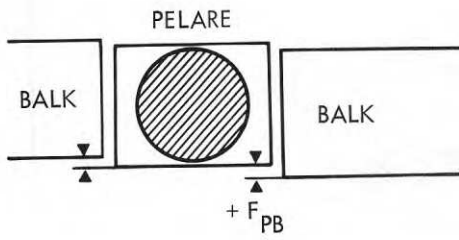


FIG. 117 Balkar: Förskjutning mellan pelare och balk.

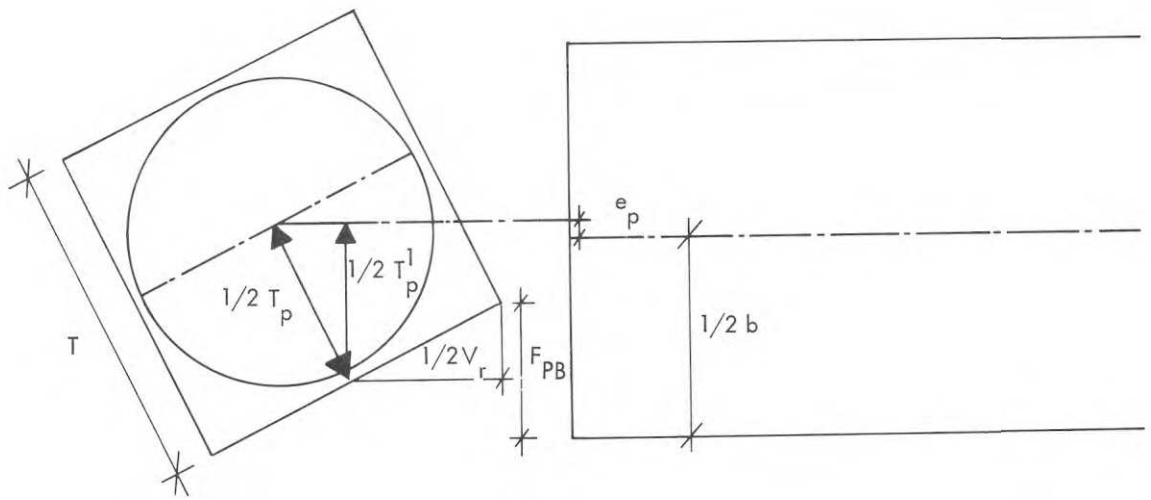
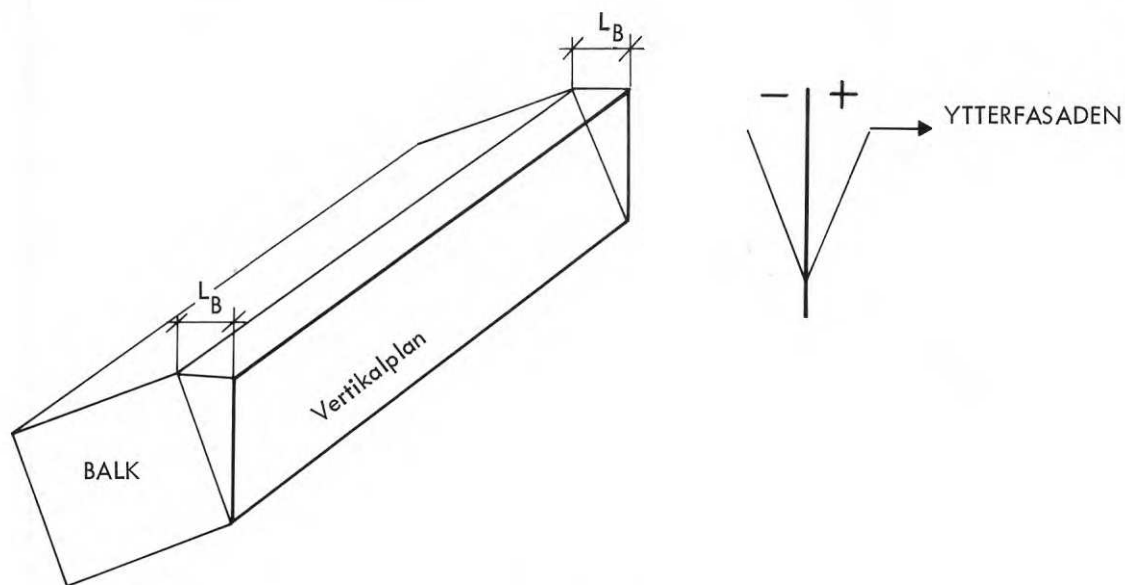


FIG. 118 Balkar: Faktorer som förorsakar förskjutning mellan pelare och balk.



$N = 269$

$M = 1,0 \text{ mm}$

$S = 3,1 \text{ mm}$

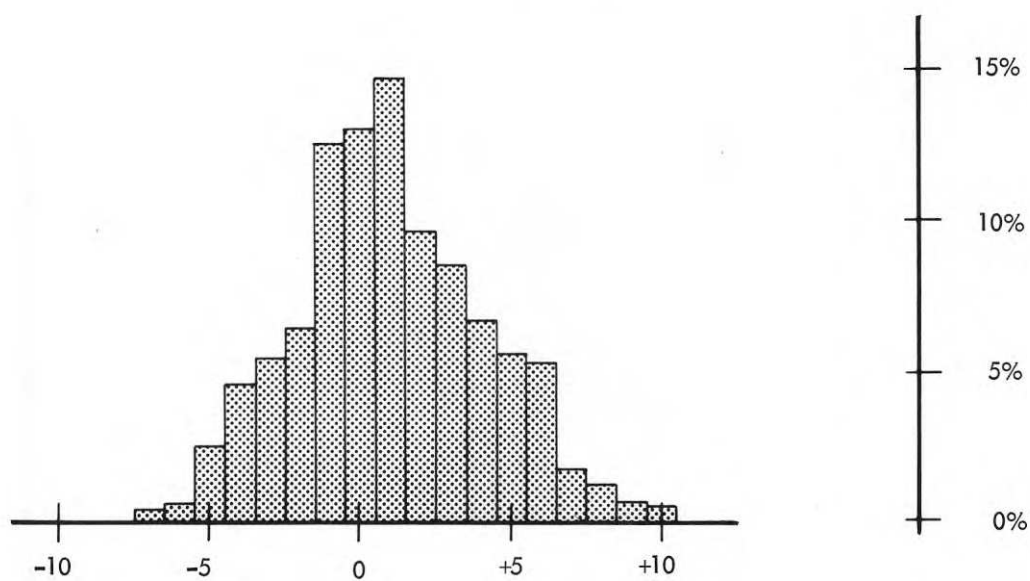


FIG. 119 Balkar: Lodavvikelse L_B hos de stående sidorna.

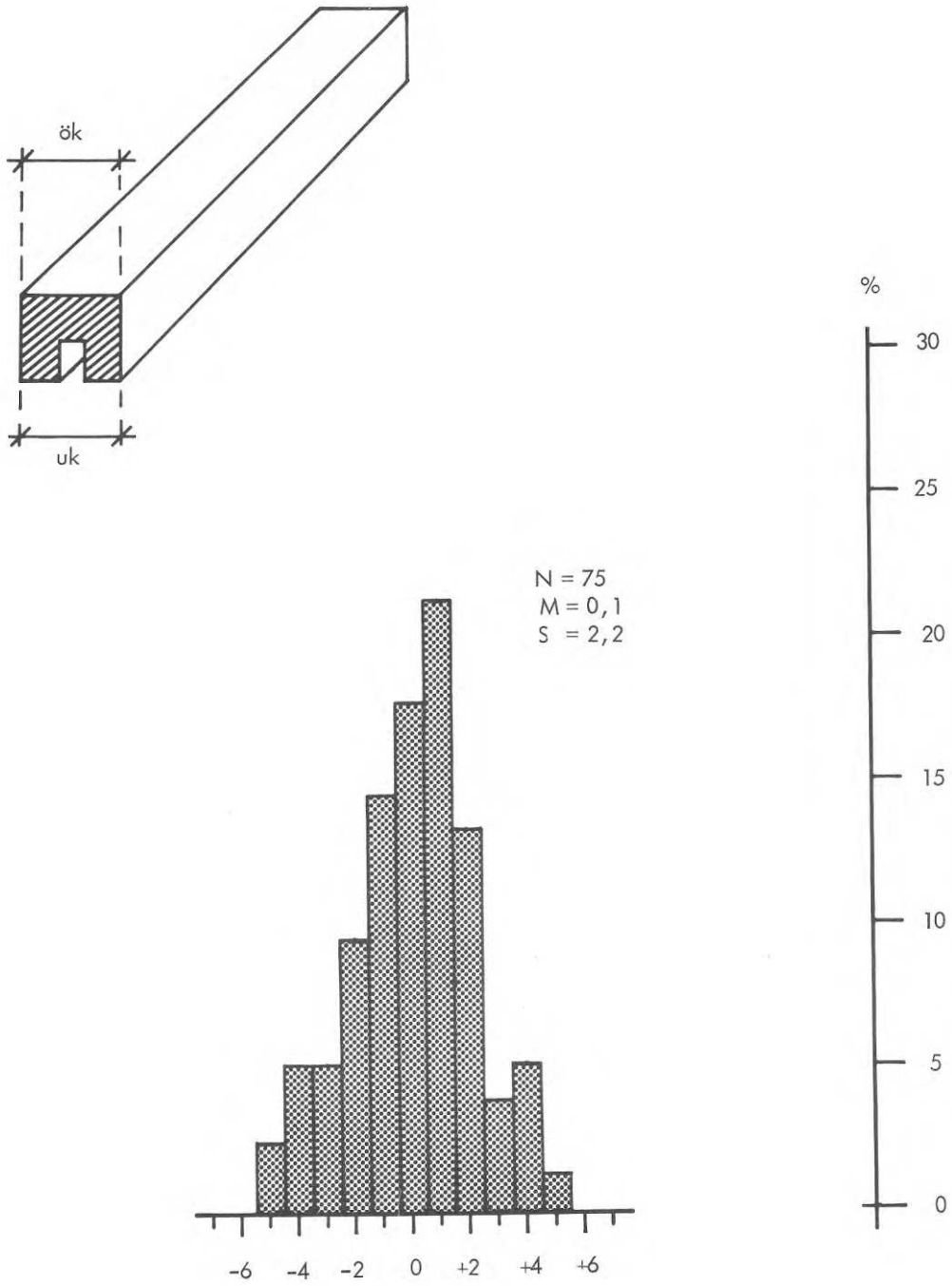


FIG. 120 Balkar: Måttavvikelse mellan Ö.K. och U.K. vid fabrik K.

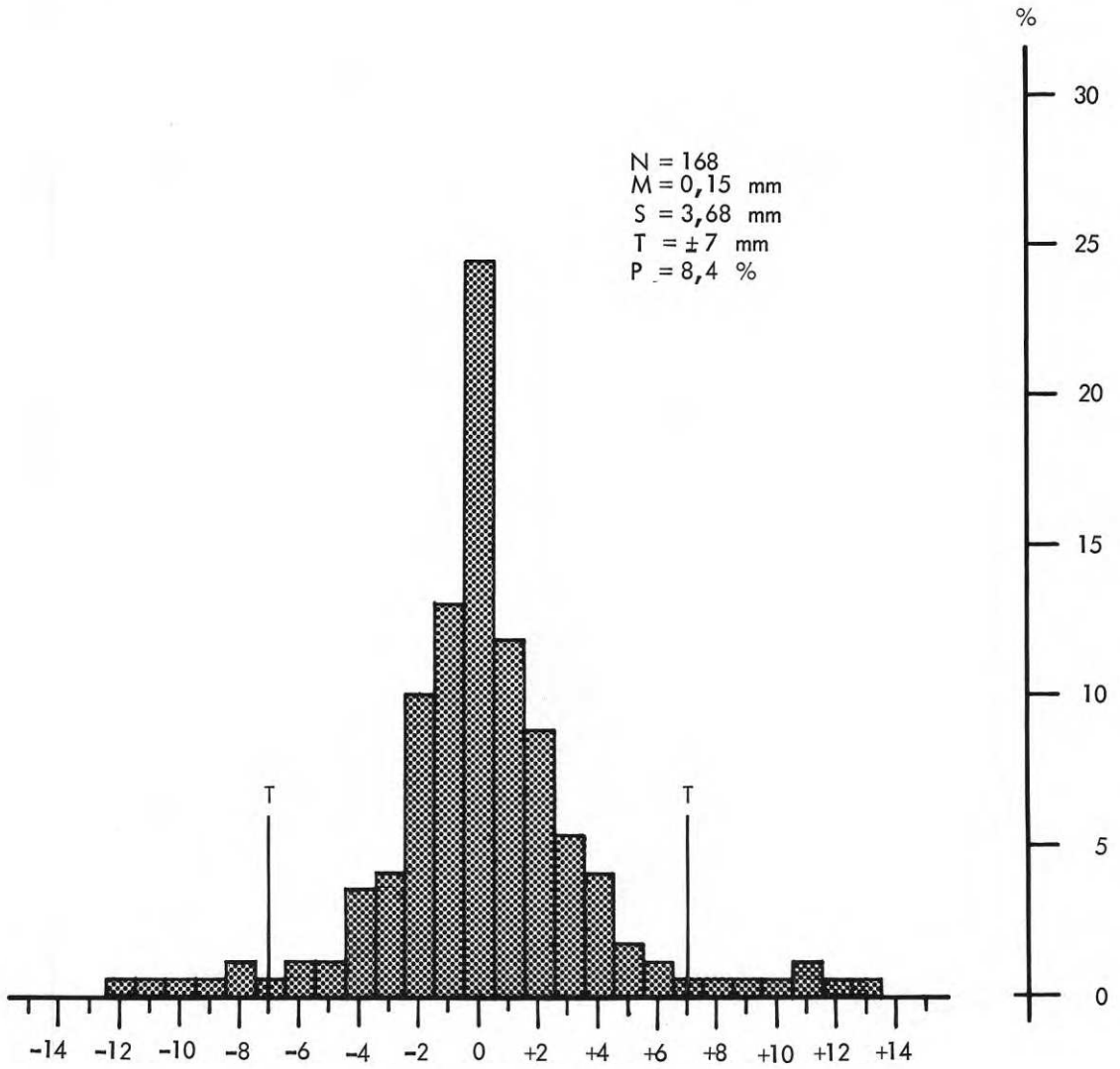
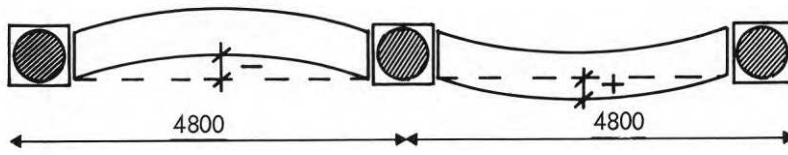


FIG. 121 Balkar: Sidokrokighet (mätsträcka = balklängd = 6810).

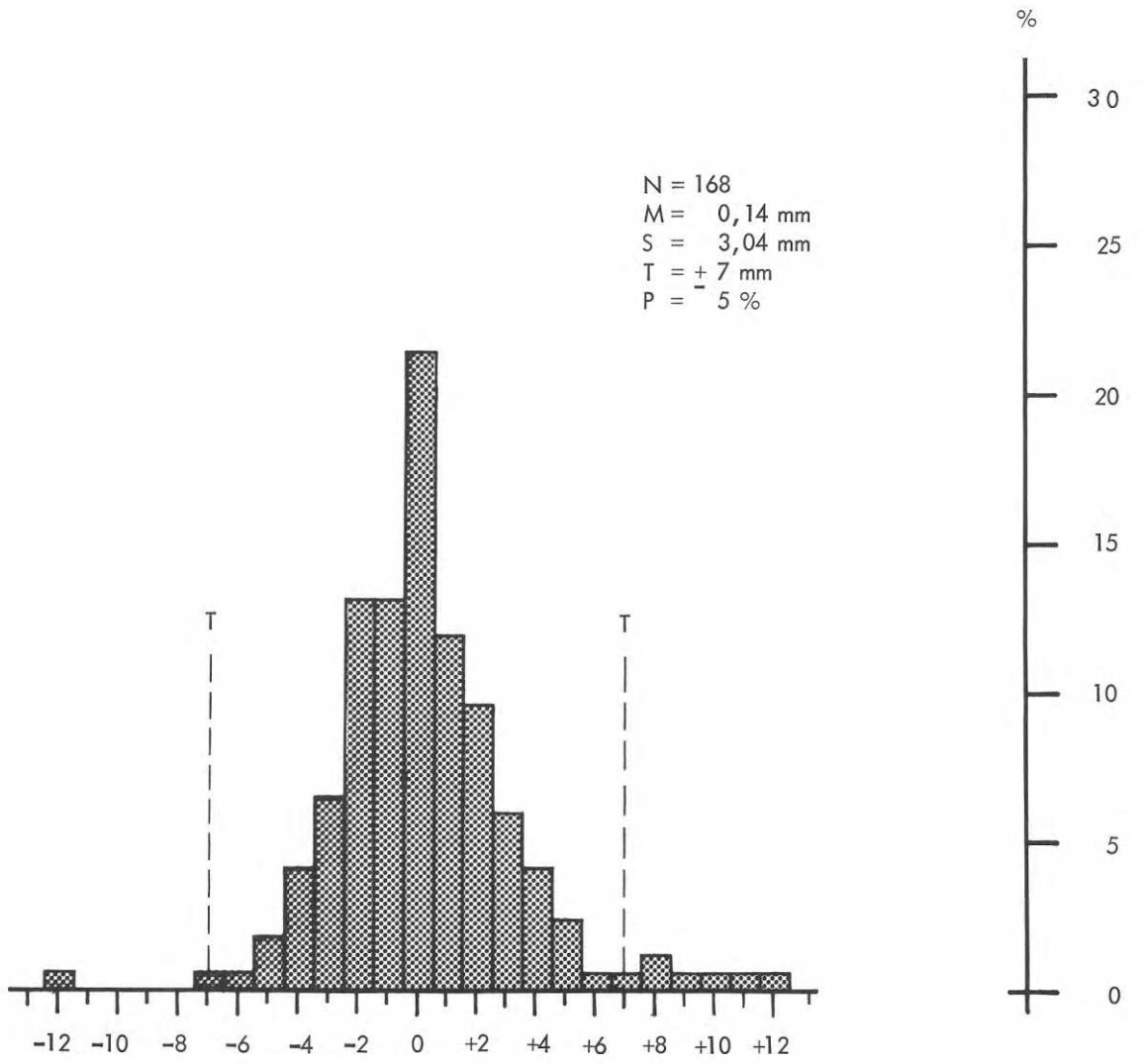
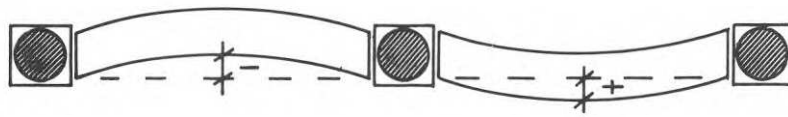


FIG. 122 Balkar: Sidokrokighet (mätsträcka = 6810 mm).

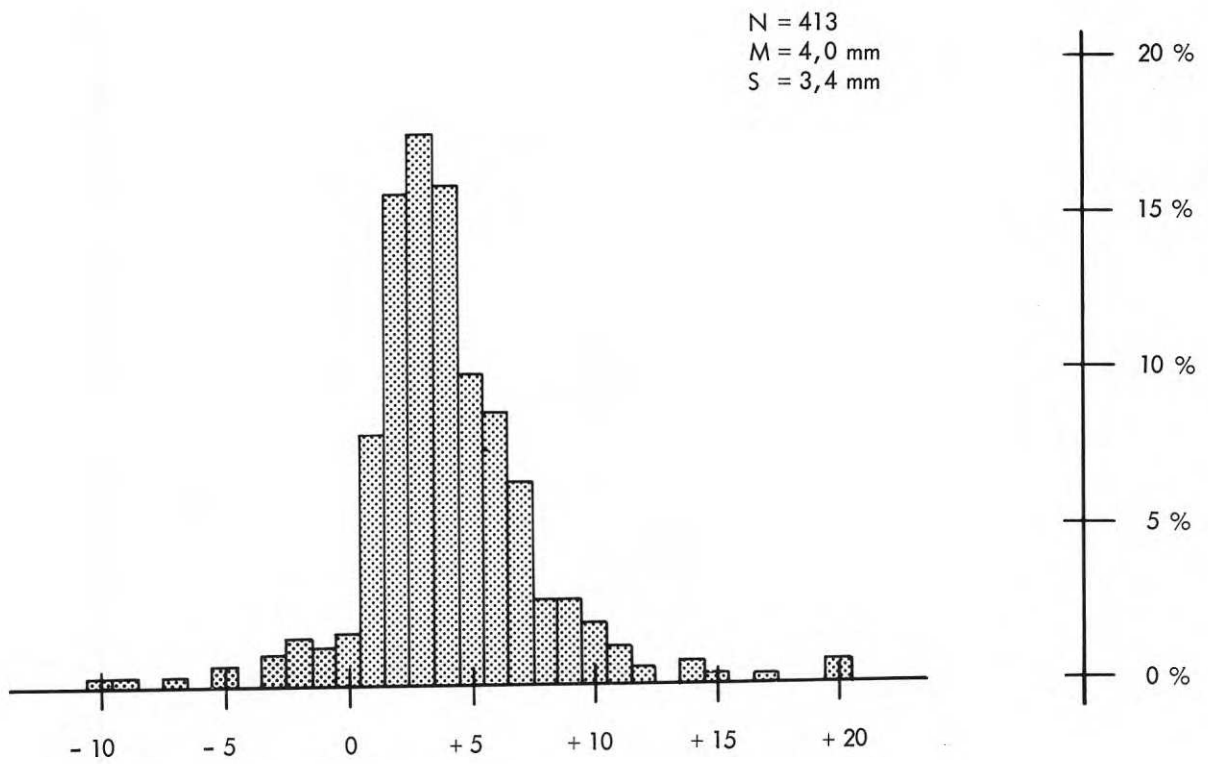
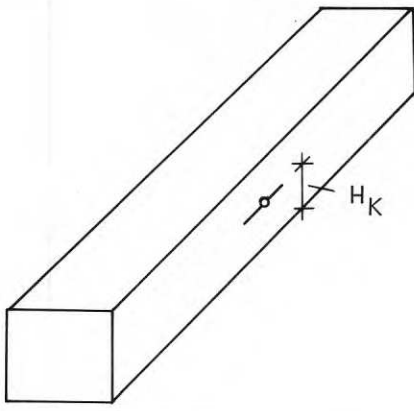
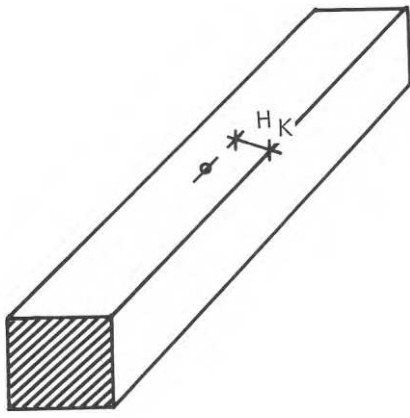


FIG. 123 Balkar: Måttavvikelser ingjutningsdetaljer (vertikala ytor).



$N = 86$
 $M = 1,7 \text{ mm}$
 $S = 3,6 \text{ mm}$

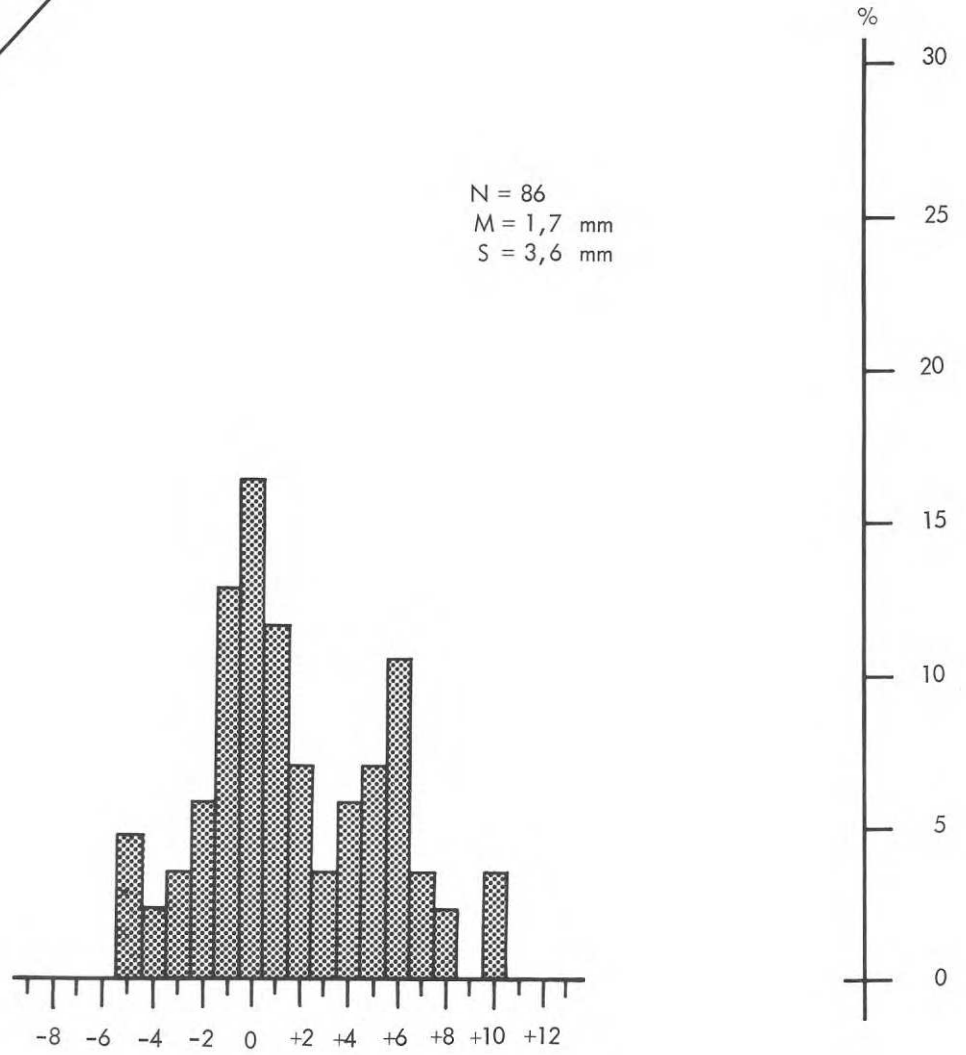
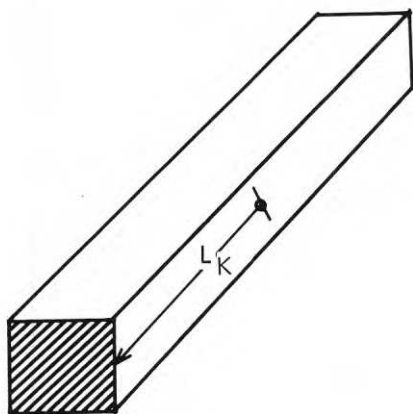


FIG. 124 Balkar: Måttavvikelse vid ingjutningsdetaljer (horisontella ytor).



$N = 409$
 $M = -5,0 \text{ mm}$
 $S = 5,5 \text{ mm}$

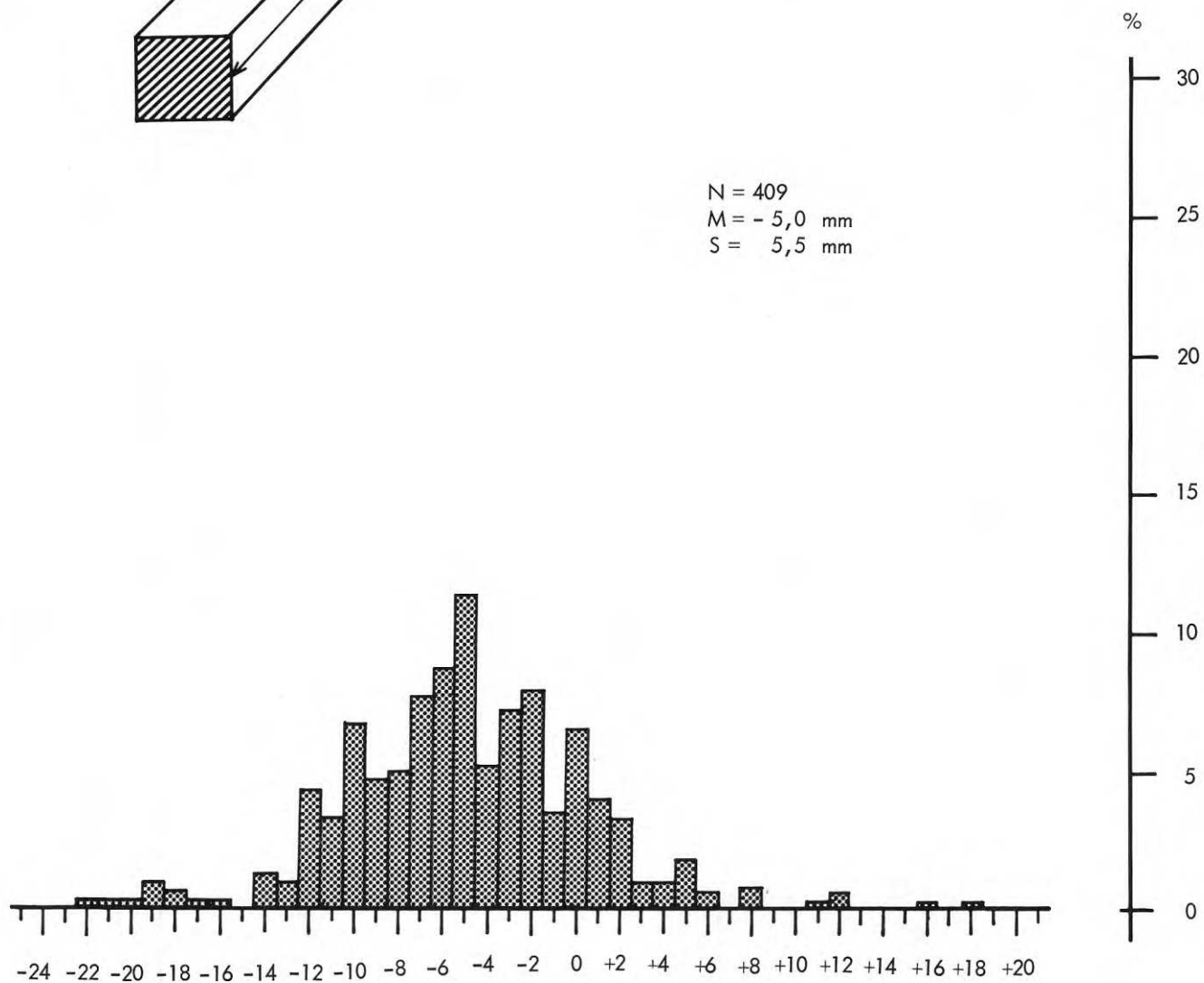


FIG. 125 Balkar: Måttavvikelser vid ingjutningsdetaljer (vertikala ytor).

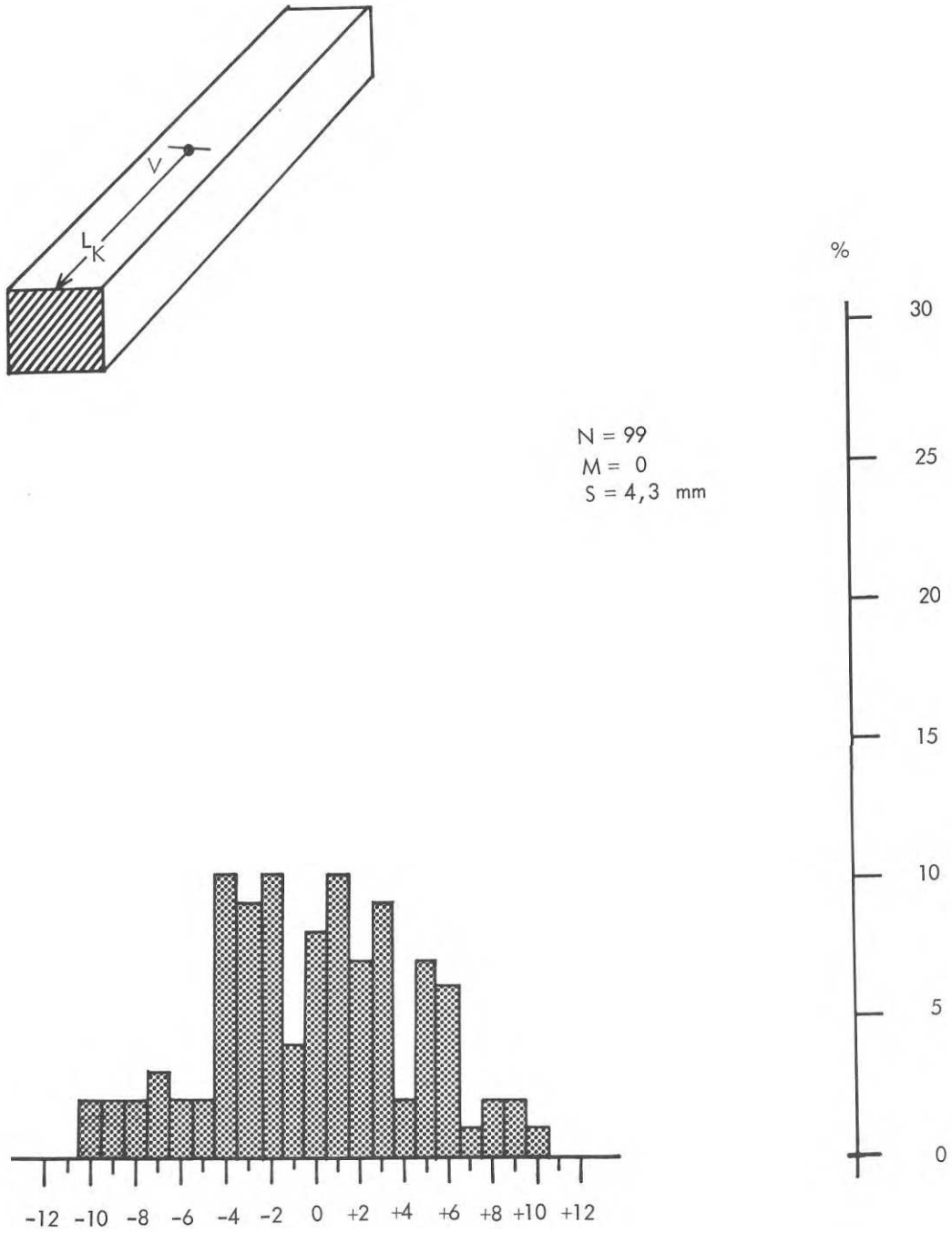


FIG. 126 Balkar: Måttavvikelser vid ingjutningsdetaljer (horisontella ytor).

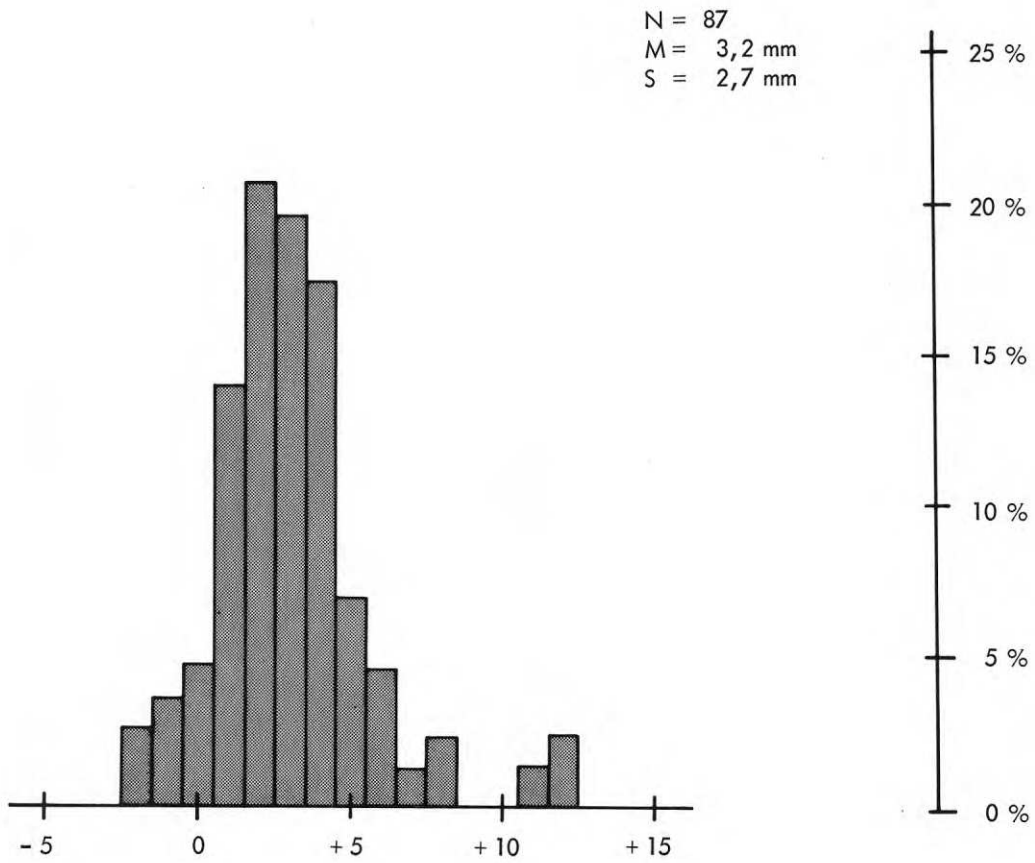
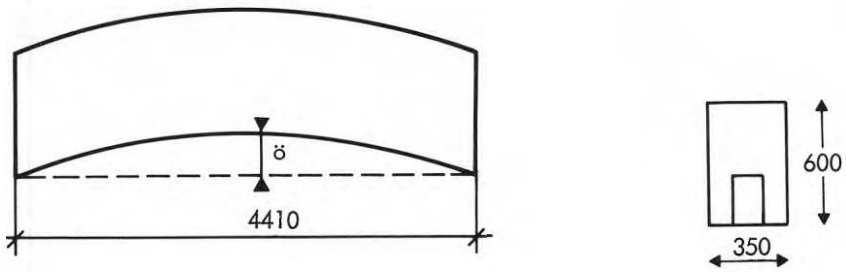


FIG. 127 Balkar: Överhöjning per 4410 mm (fabriksmätning i K).

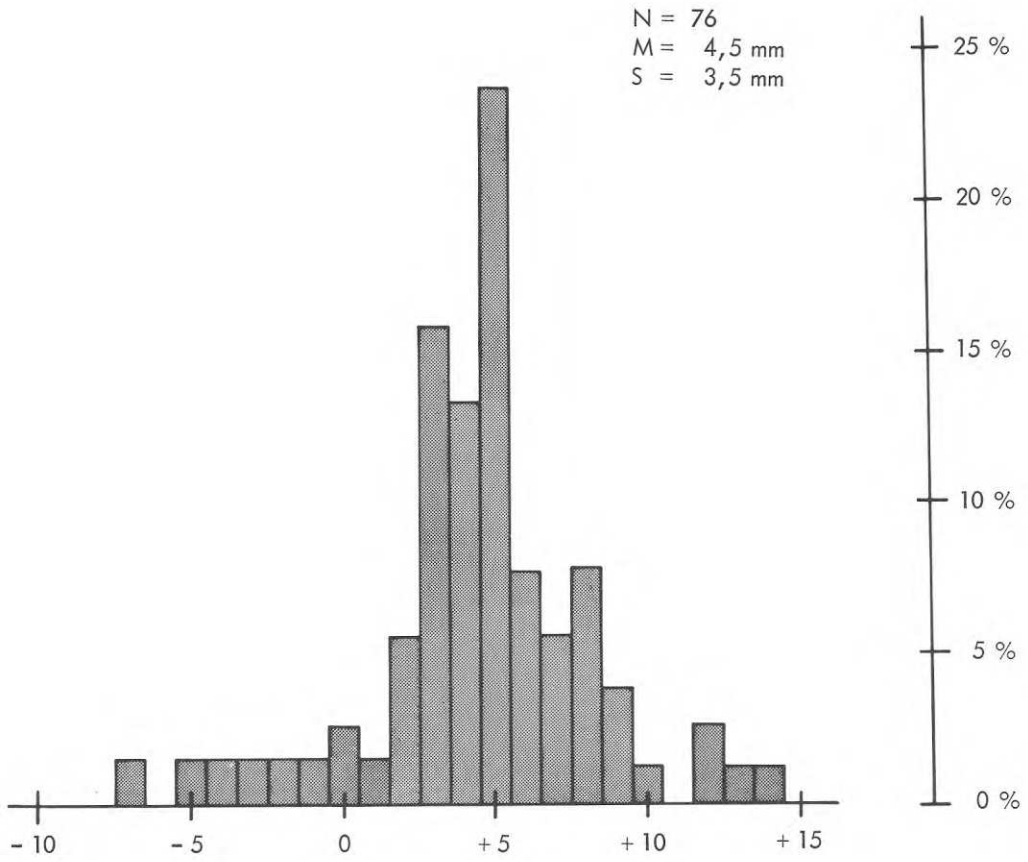
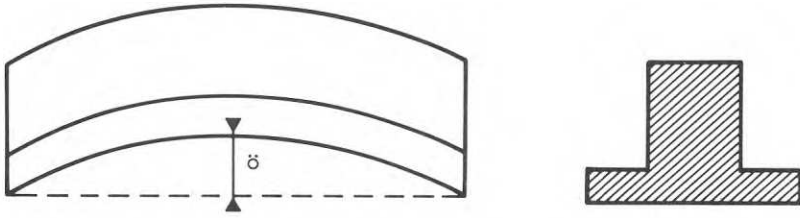
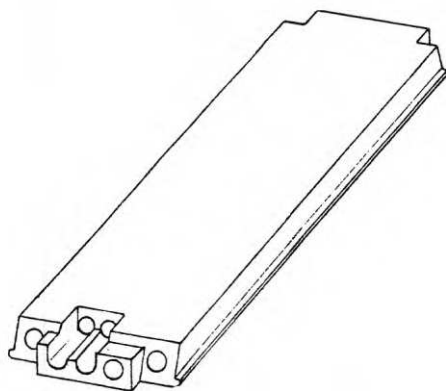


FIG. 128 Överhöjning T-balkar (fabriksmätning).



Måttexempel: Längd: 4915
 Bredd: 1200 mm
 Höjd: 280 mm
 Vikt: 3,90 ton

FIG. 129 Principskiss av hålbjälklagselement (D-komponent).

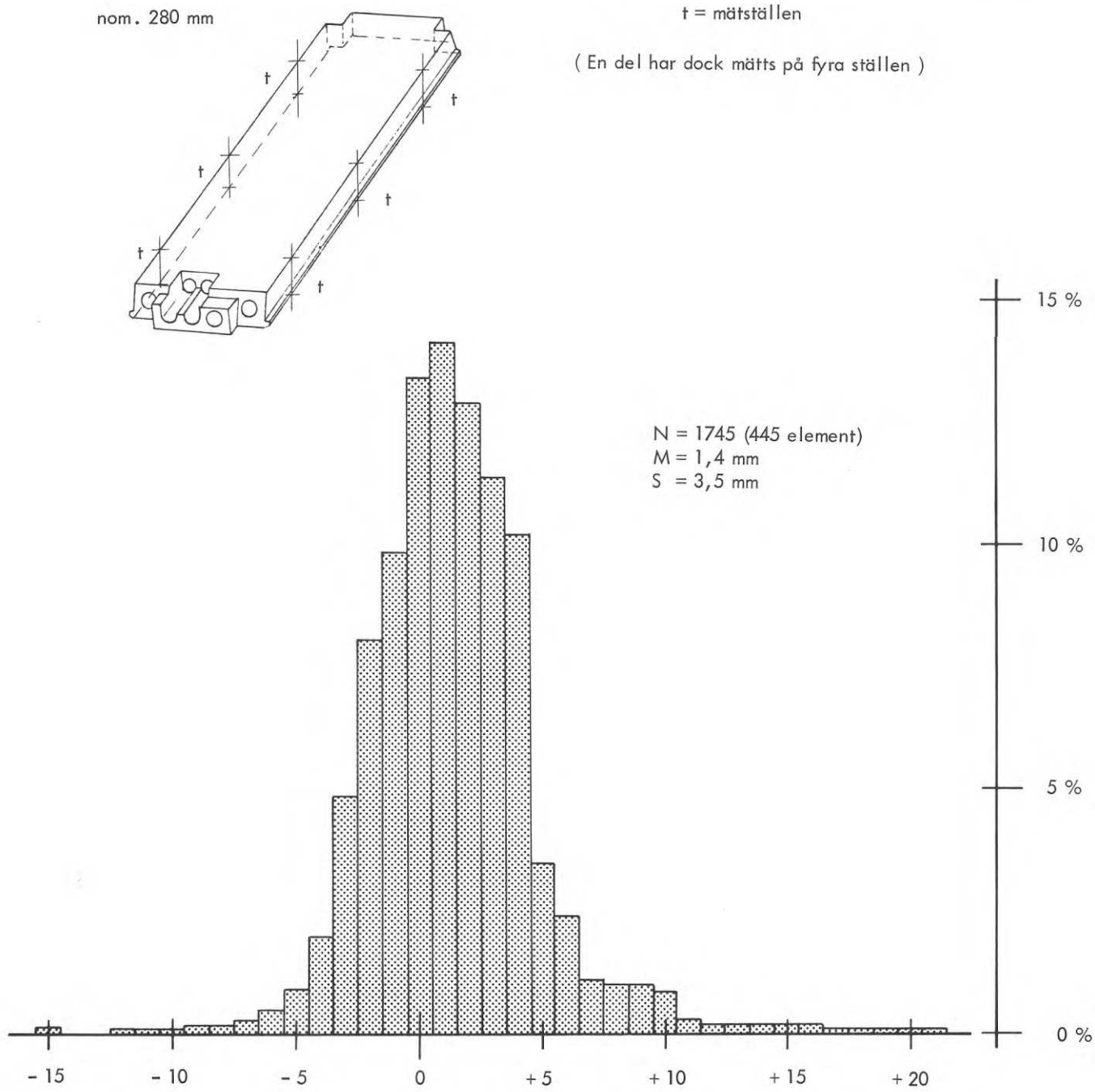
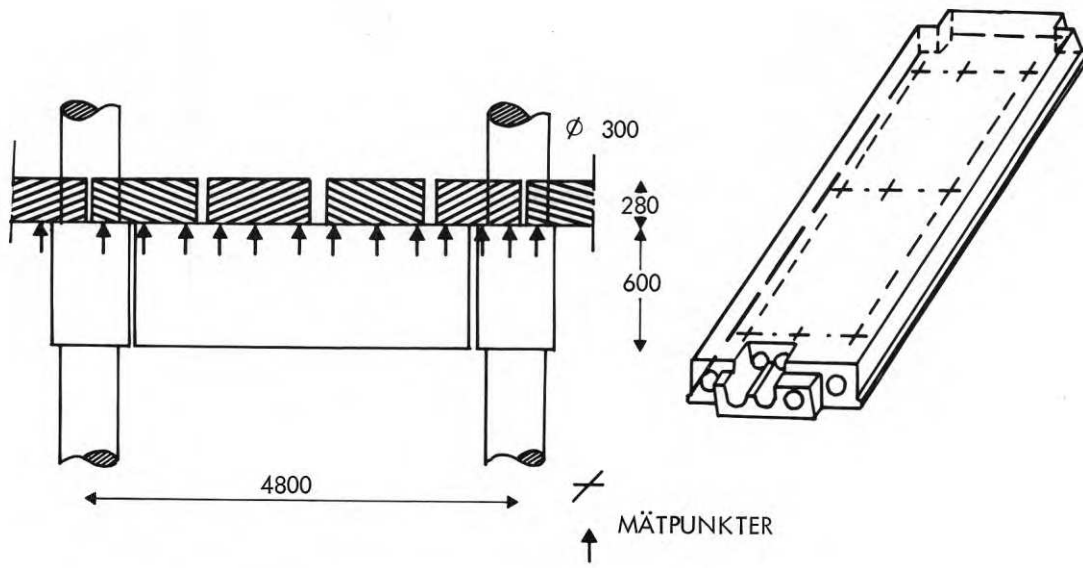


FIG. 130 D-komponenter: Tjockleksavvikelse.



N = 2051 (330 element)

M = - 1,0 mm

S = + 4,3 mm

T = -20 mm

P = 0 %

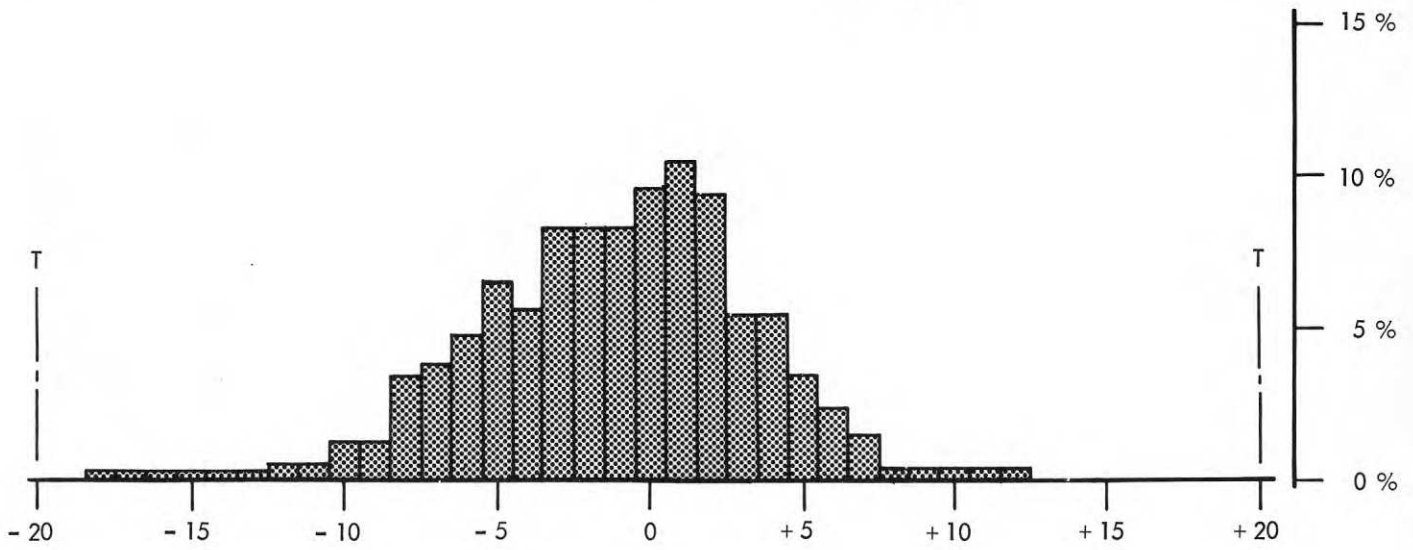
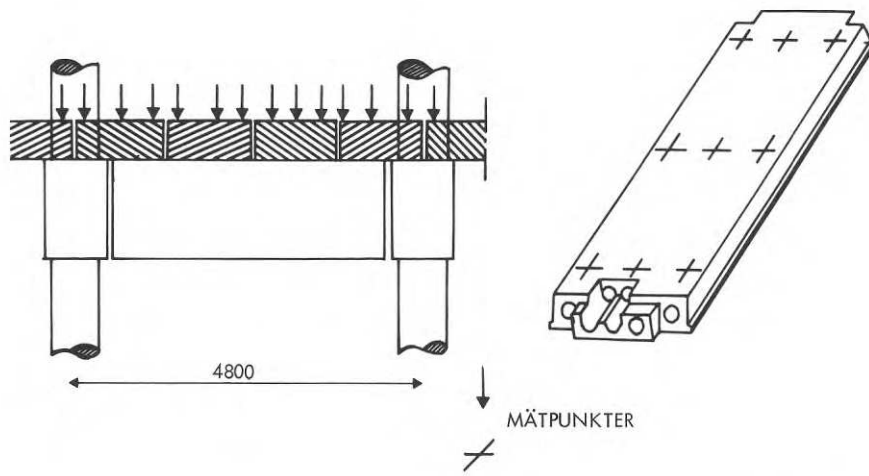


FIG. 131 Höjdavvikelser U.K. D-komponenter.



$N = 3177$ (530 element)
 $M = - 0,3$ mm
 $S = 6,4$ mm
 $T = +20$ mm
 $P = 0,3$ %

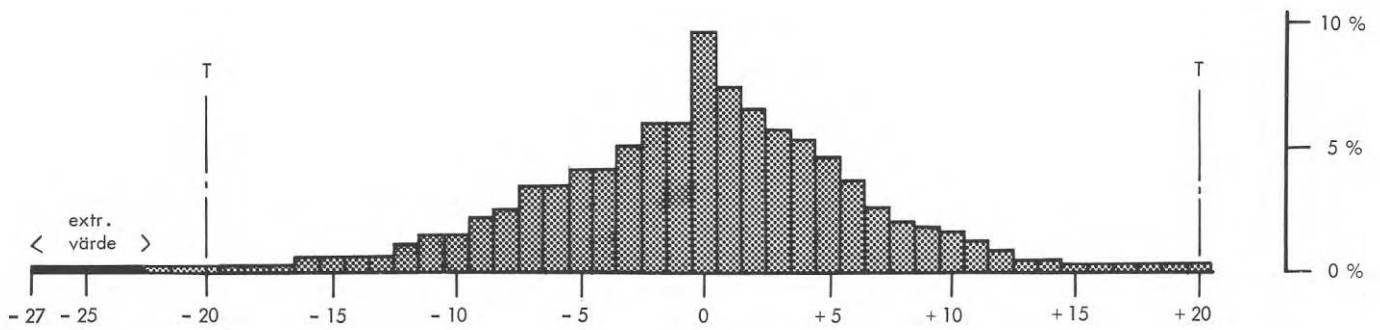
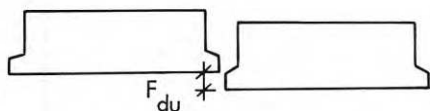


FIG. 132 Höjdavvikelser ö.K. D-komponenter.



$N = 940$ (330 element)

$M = 0$

$S = 3,2$ mm

$T = 5$ mm

$P = 11$ %

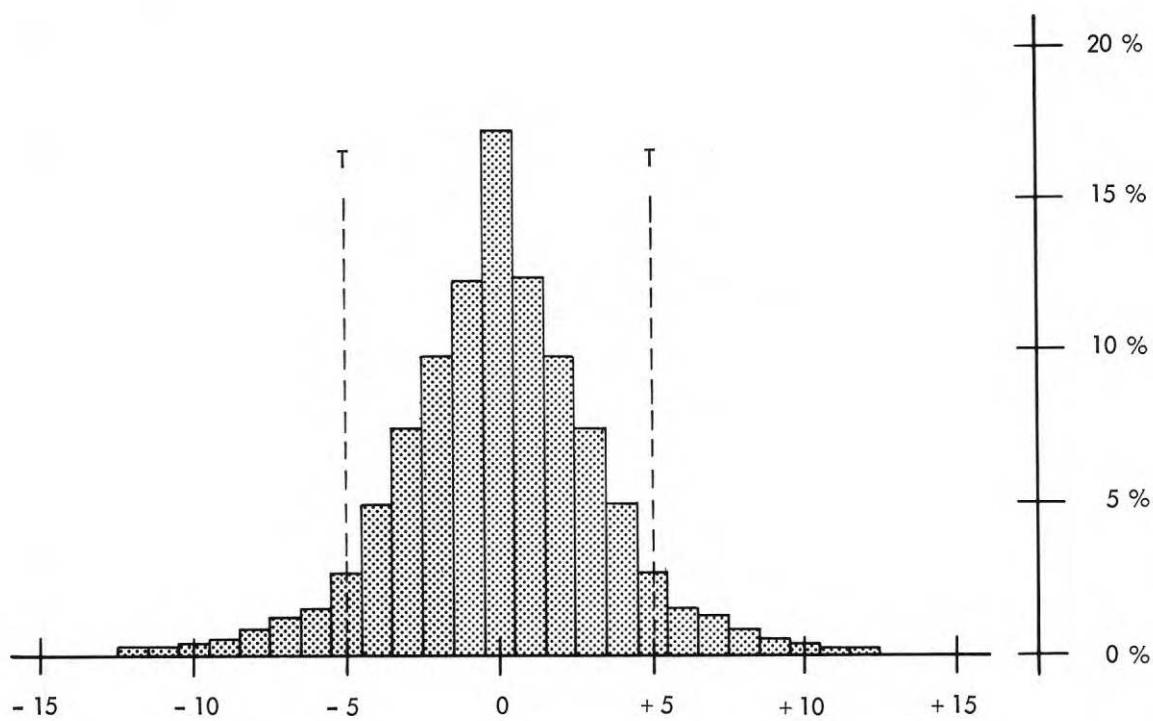
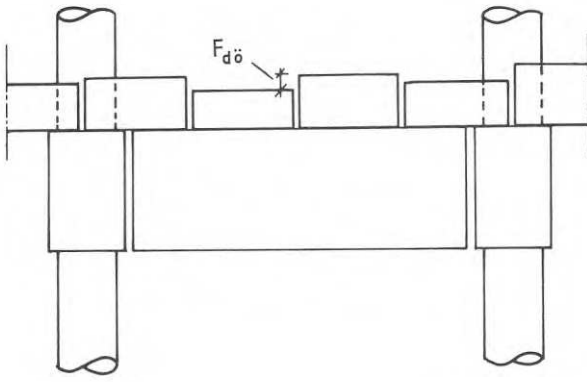


FIG. 133 Höjdskillnad mellan U.K. D-komponenter (F_{du}).



$N = 920$ (360 element)

$M = 0$

$S = 3,85$ mm

$T = 5$ mm

$P = 18,5$ %

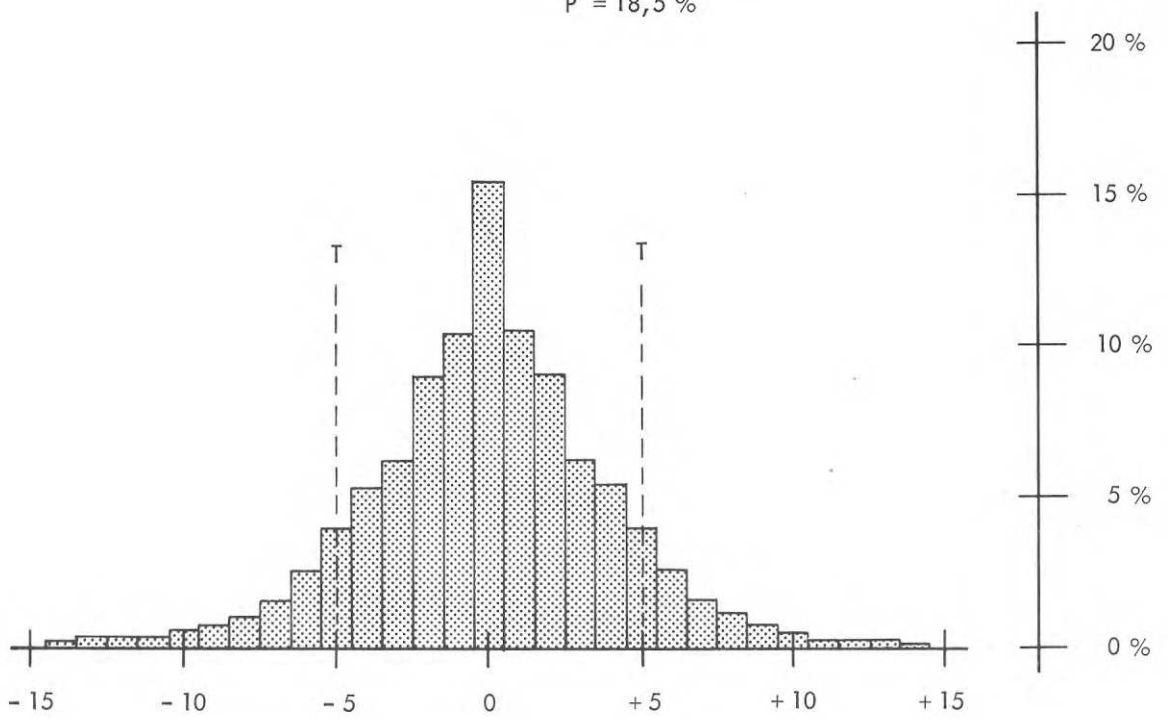


FIG. 134 Höjdskillnad ($F_{d\ddot{o}}$) mellan Ö.K. D-komponenter.

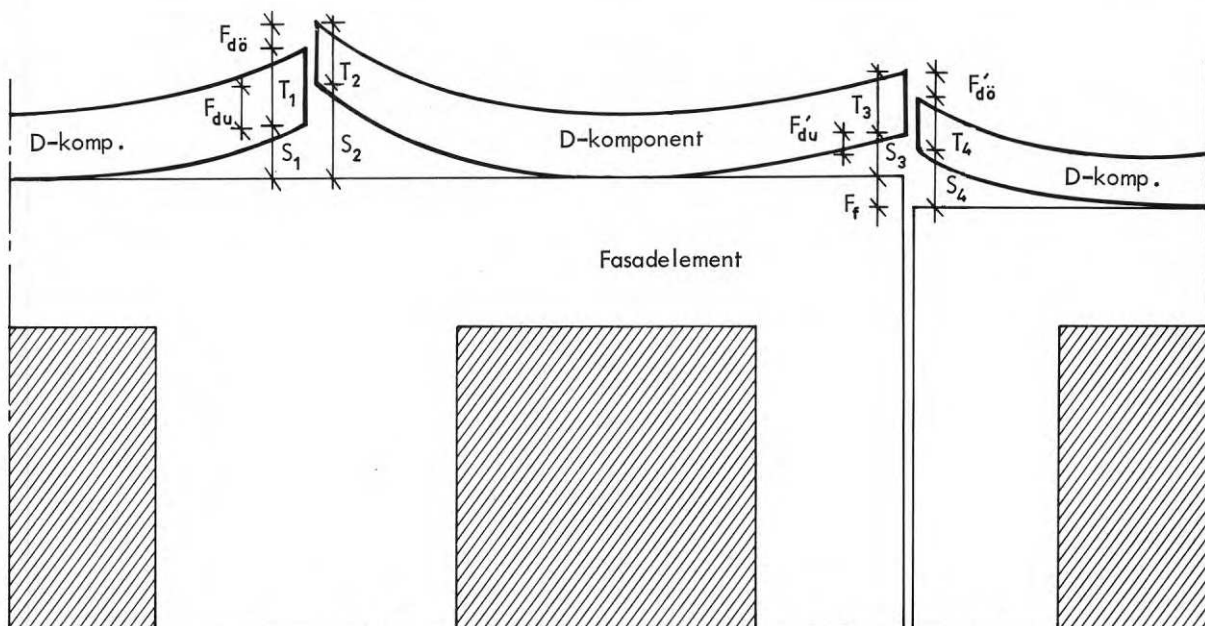


FIG. 135 Form, dimensioner och lägesavvikelser som förorsakar höjdskillnader mellan D-komponenter.

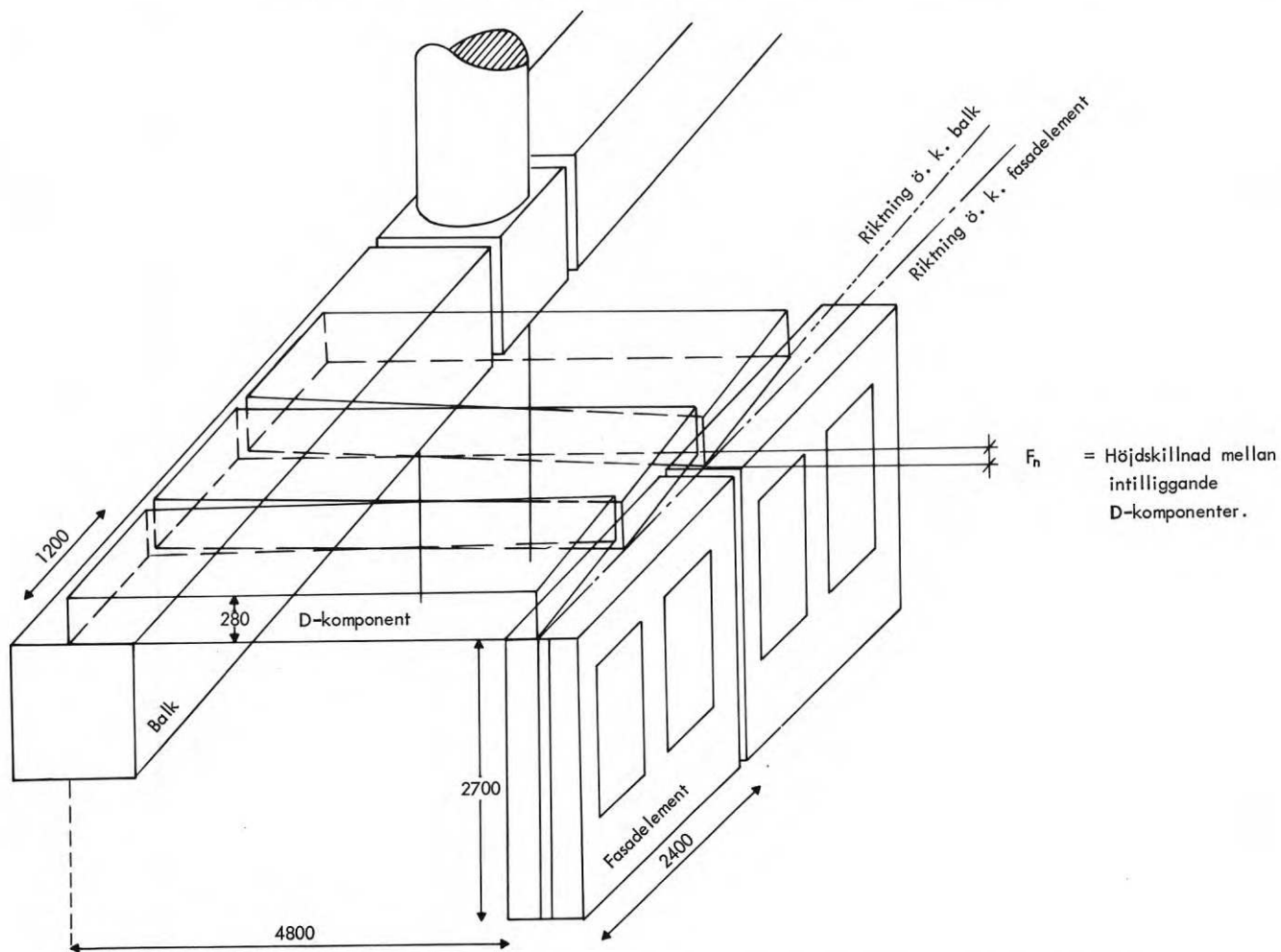
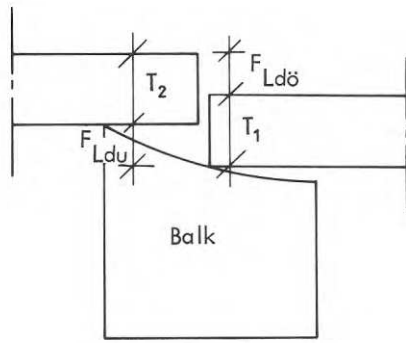


FIG. 136 D-komponenter: Höjdskillnad förorsakad av olika höjdlägen hos balkar och fasadelement.



$N = 378$
 $M = 0$
 $S = 3,79 \text{ mm}$
 $T = 5 \text{ mm}$
 $P = 20 \%$

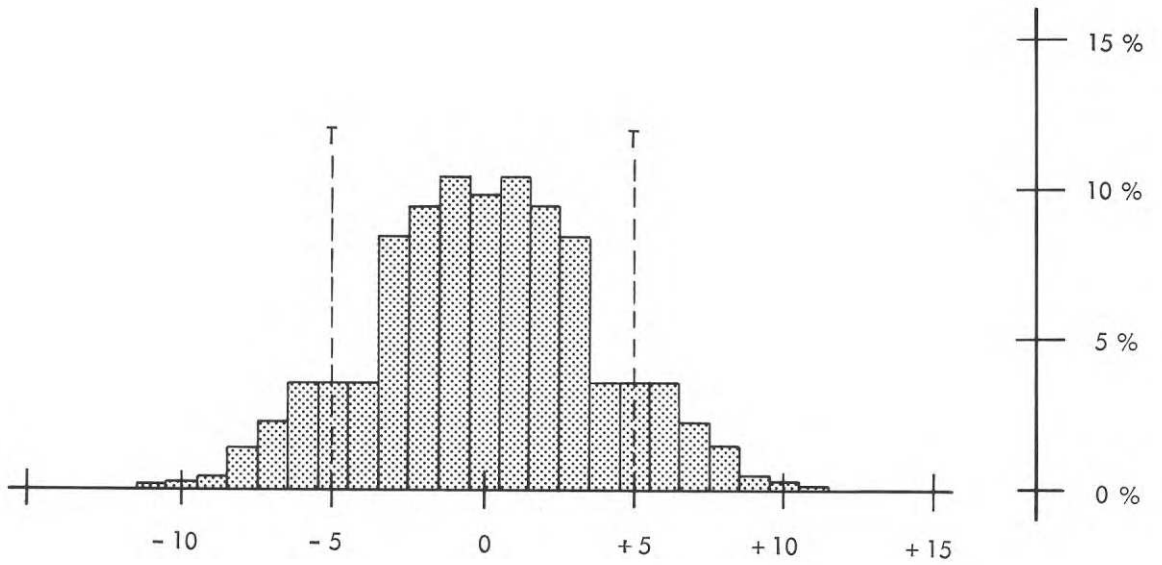


FIG. 137 Höjdskillnader mellan de D-komponenter som ligger i förlängning av varandra.

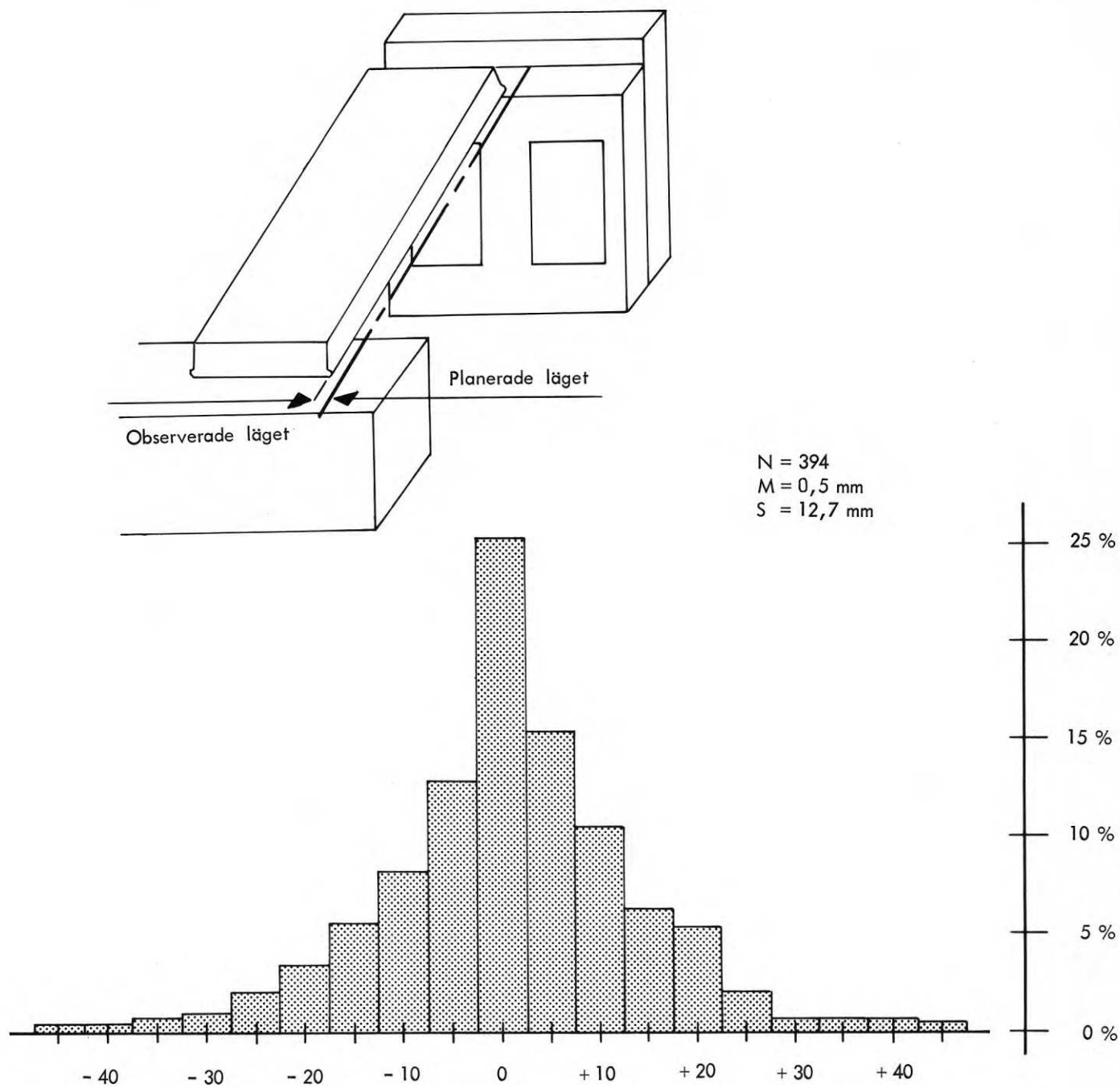


FIG. 138 D-komponenternas lägesavvikelser i balkriktning.

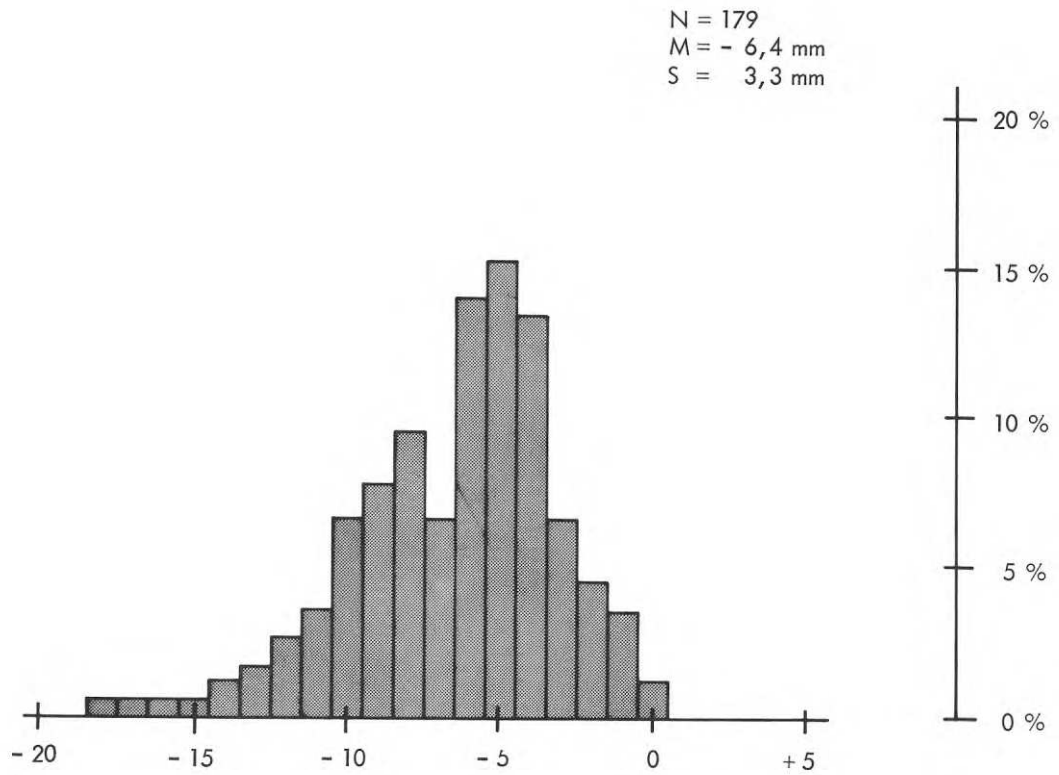
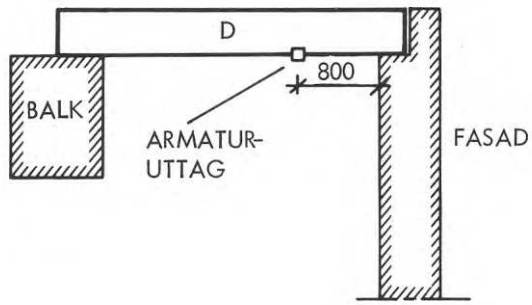
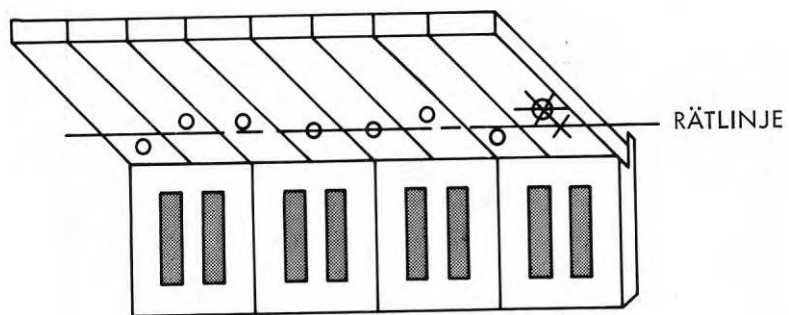


FIG.139A D-komponenter: Avståndsavvikelser mellan armaturuttaget och fasadelementens innerskiva.



N = 136
 M = 0
 S = 6,3 mm

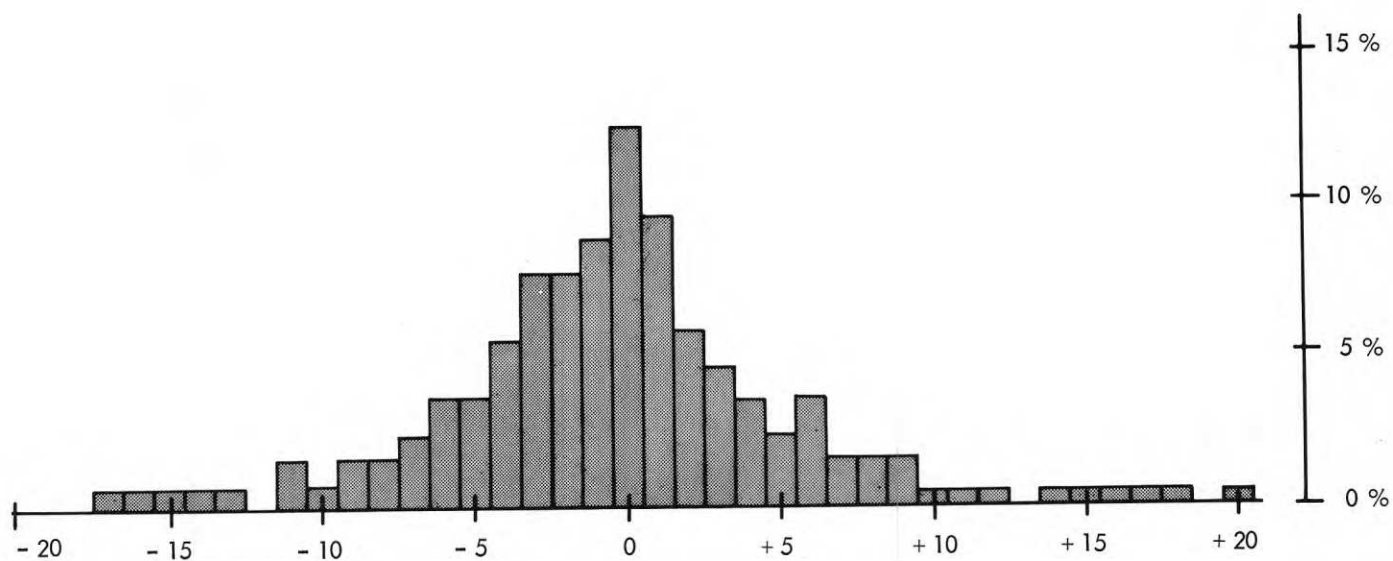


FIG. 139B D-komponenter: Eluttagens läge i förhållande till en rät linje.

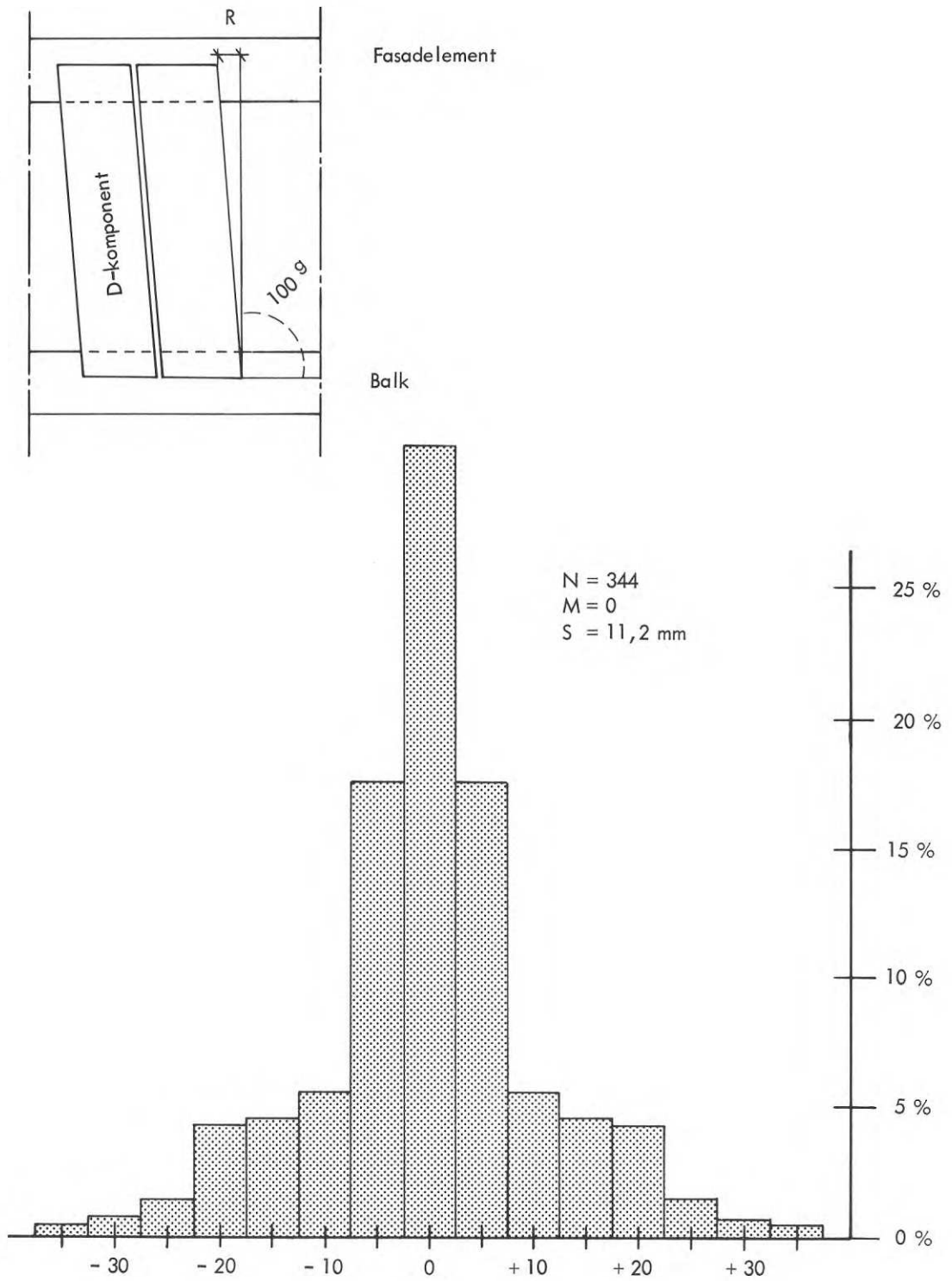
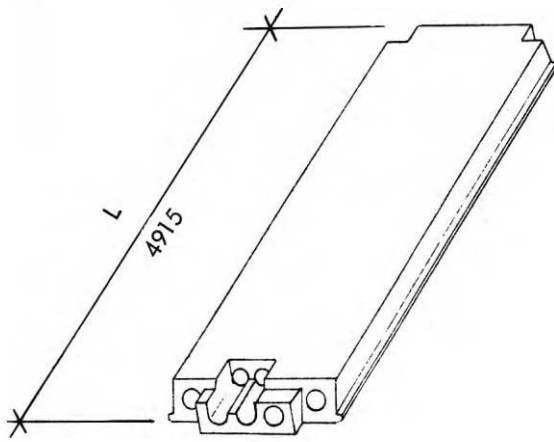


FIG. 140 D-komponenternas riktningsavvikelser (R).



$N = 417$
 $M = -0,4 \text{ mm}$
 $S = 2,8 \text{ mm}$

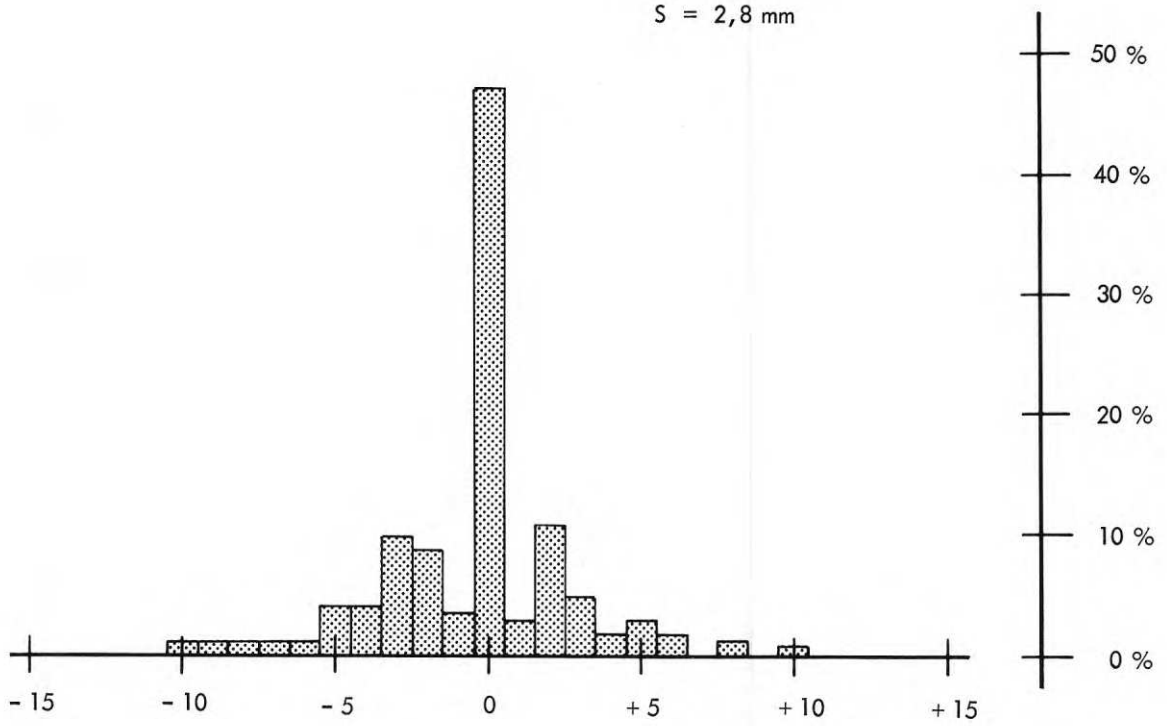
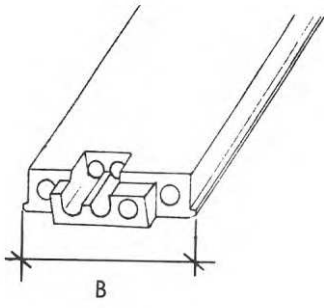


FIG. 141 D-komponenternas längd avvikelser.



nom. 1195

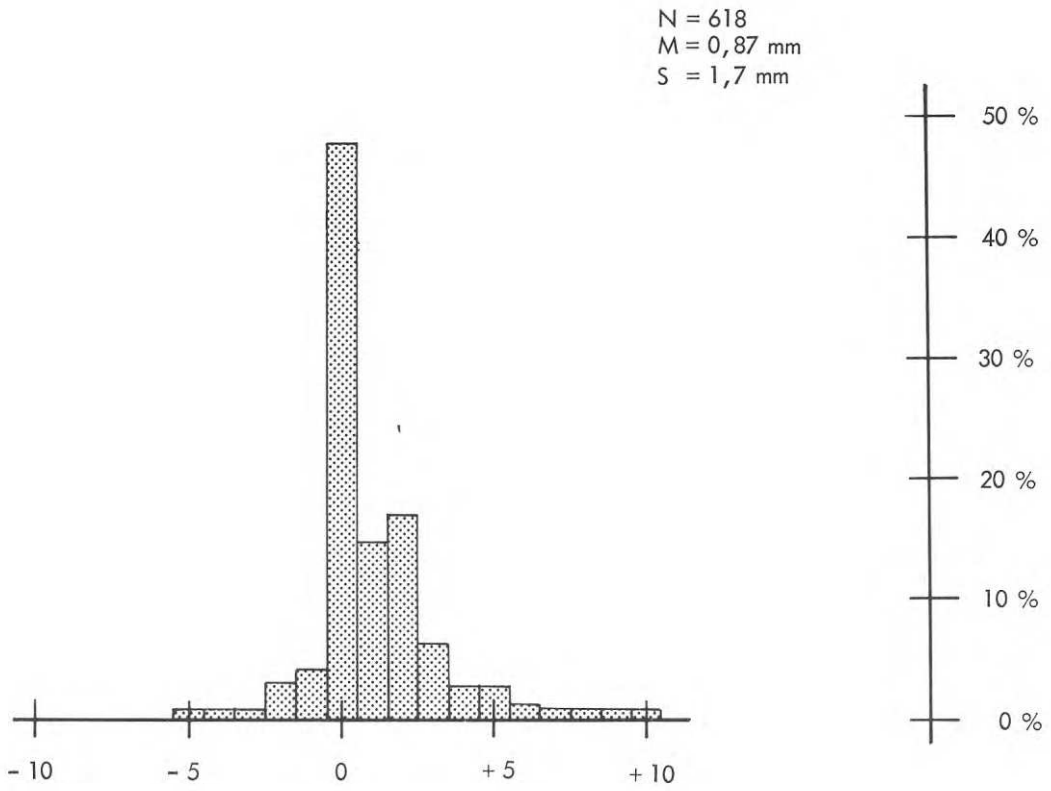
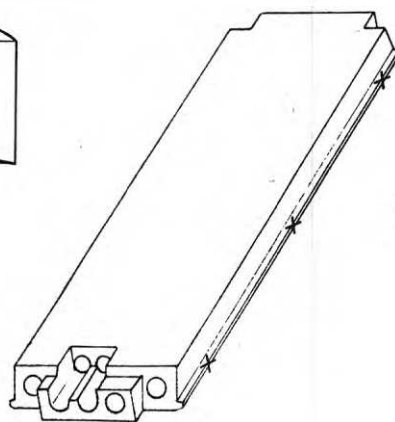
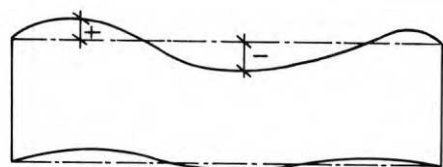


FIG. 142 D-komponenternas breddavikelser.



*
Mät punkt (3 per sida)

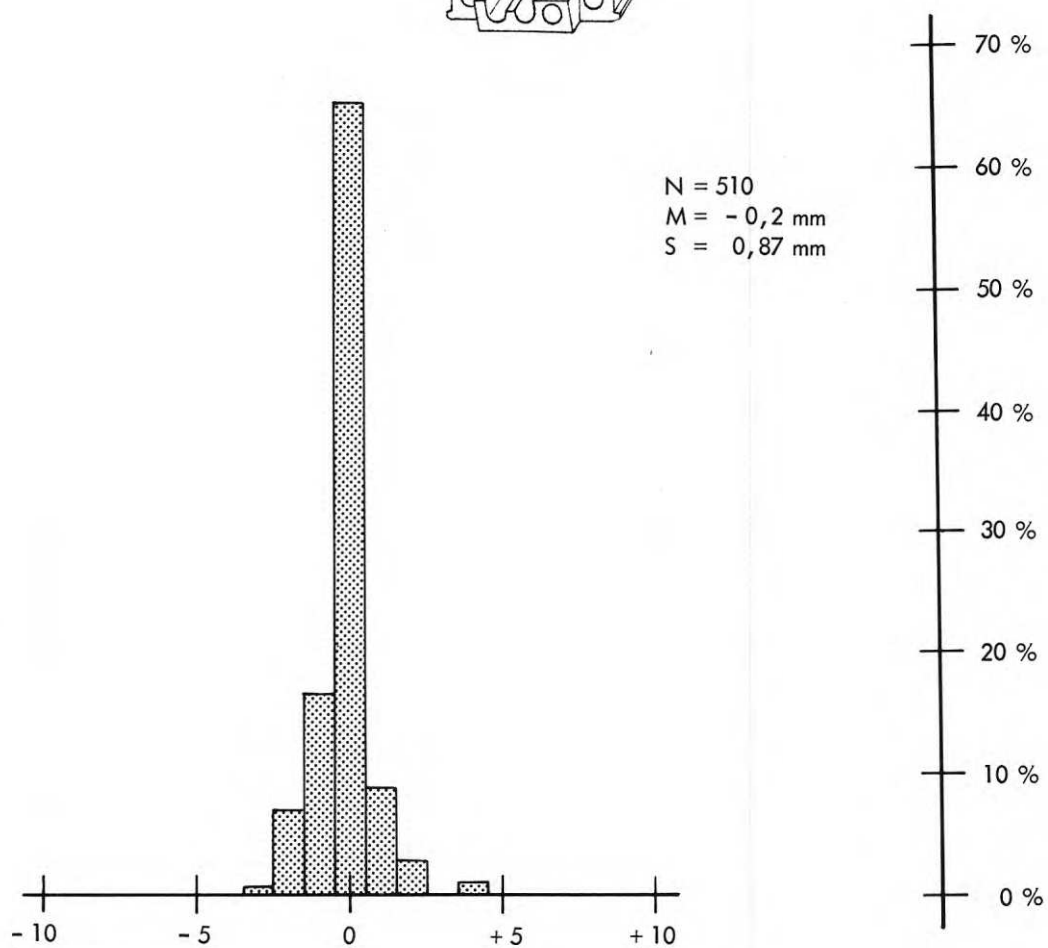
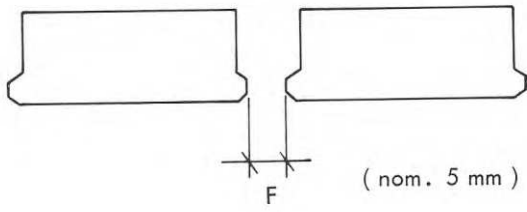


FIG. 143 D-komponenternas rakhetsavvikelser.



$N = 378$ (126 element)

$M = -0,8$ mm

$S = 2,4$ mm

$T = 5$ mm

$P = 4\%$

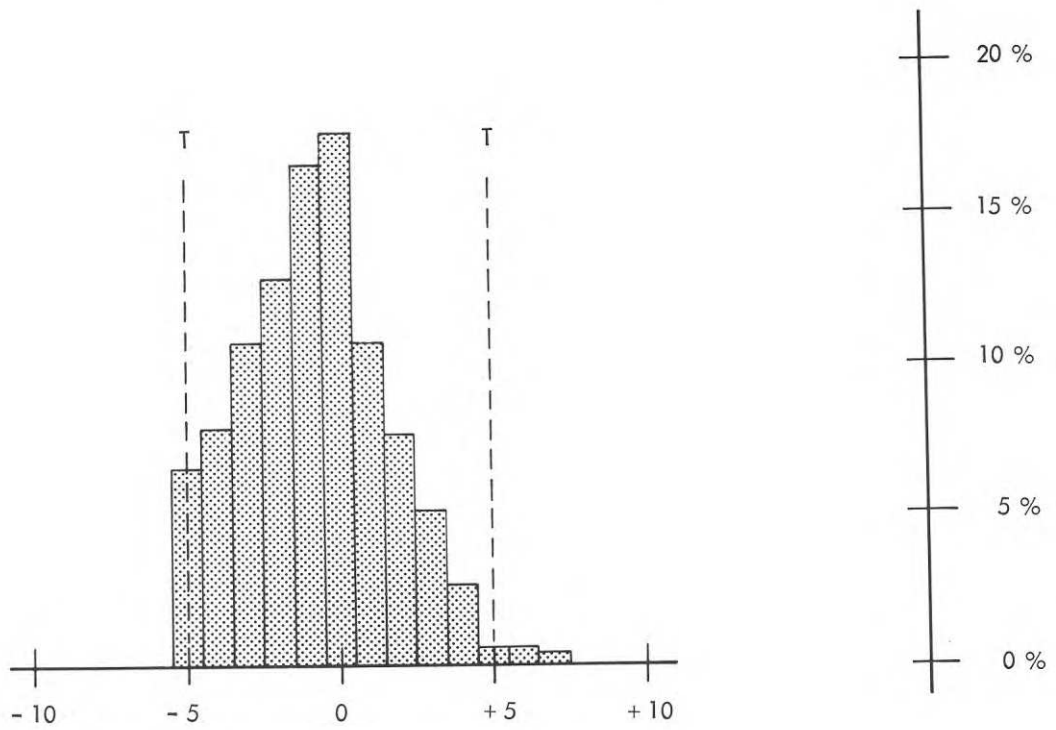


FIG. 144 Fogbreddavvikelser vid D-komponenterna.

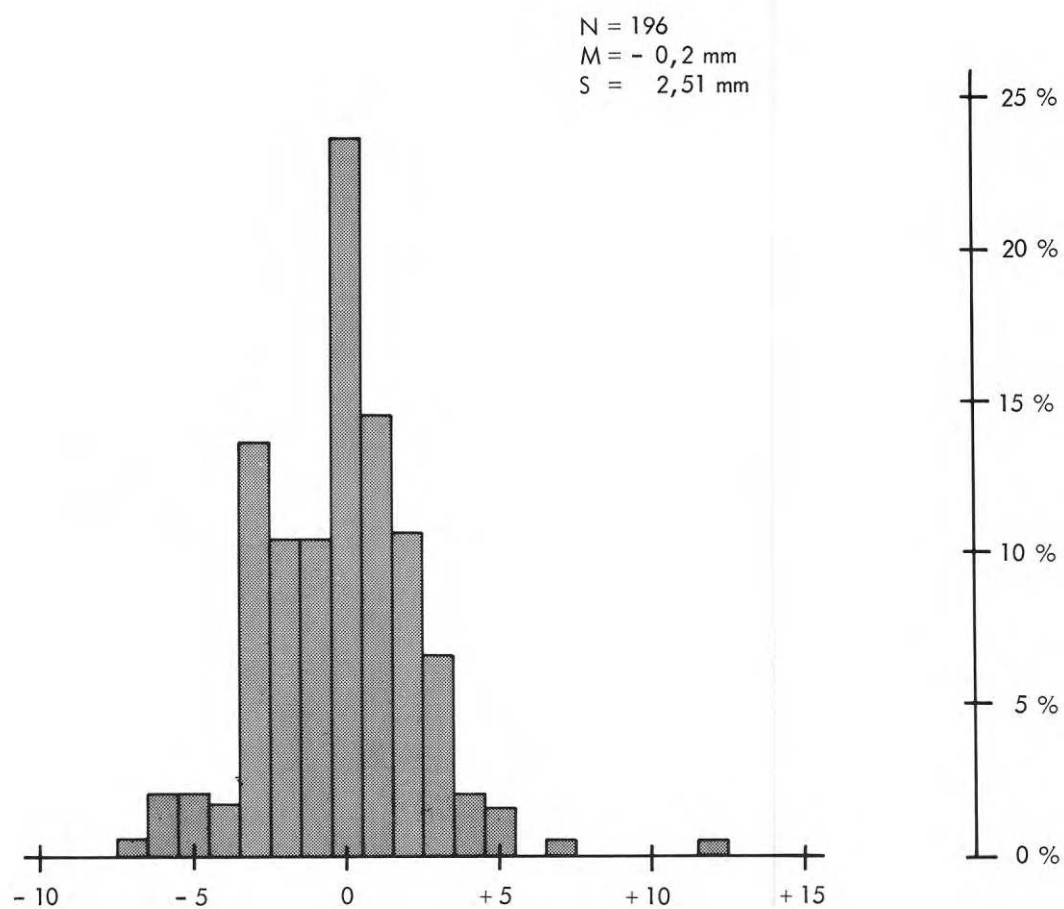
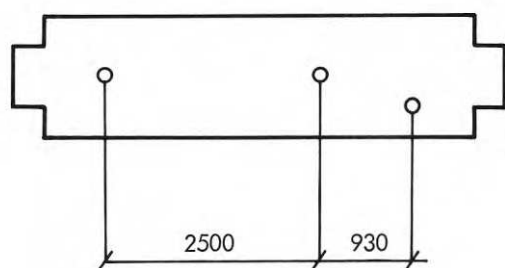
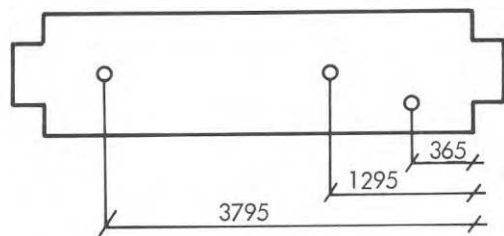


FIG. 145 D-komponenter: Inbördes lägesavvikelser hos ingjutningsgods.



N = 241
M = - 1,0 mm
S = 4,4 mm

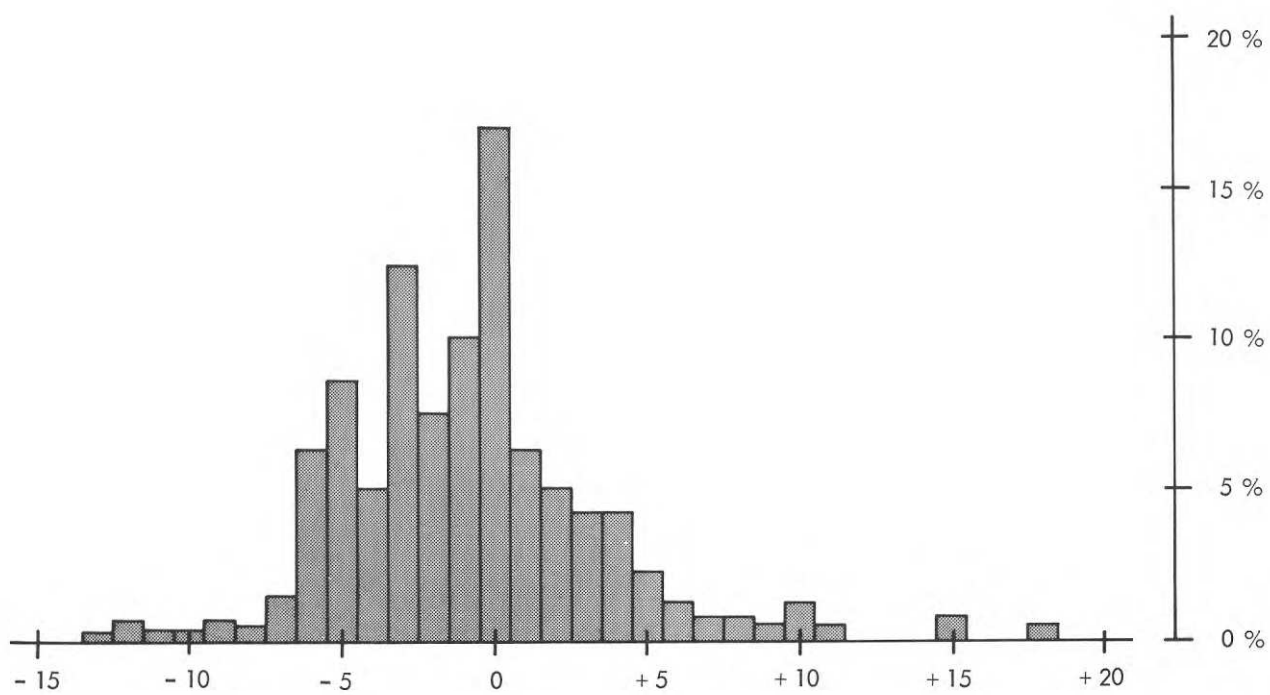
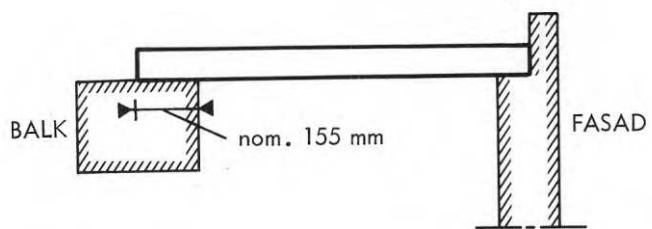


FIG. 146 D-komponenter: Lägesavvikelser av ingjutningsgods.



N = 103
 M = - 1,9 mm
 S = 11,9 mm

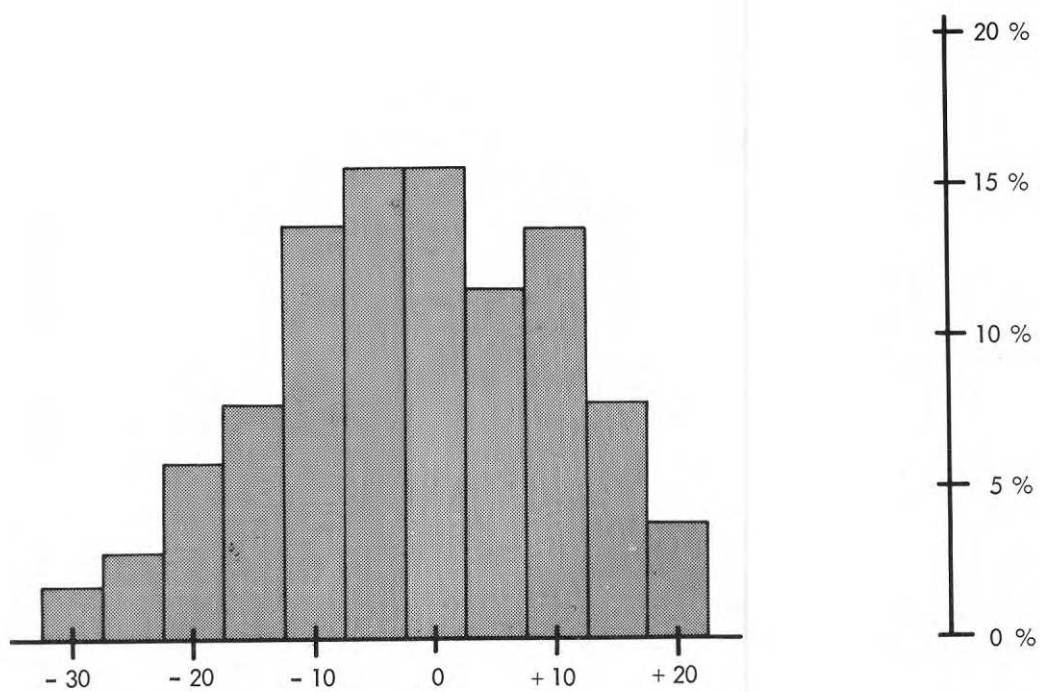
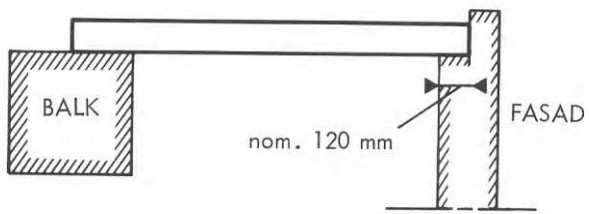


FIG. 147 D-komponenter: Längd avvikelser av upplaget på balk.



N = 148
M = - 5,9 mm
S = 3,1 mm

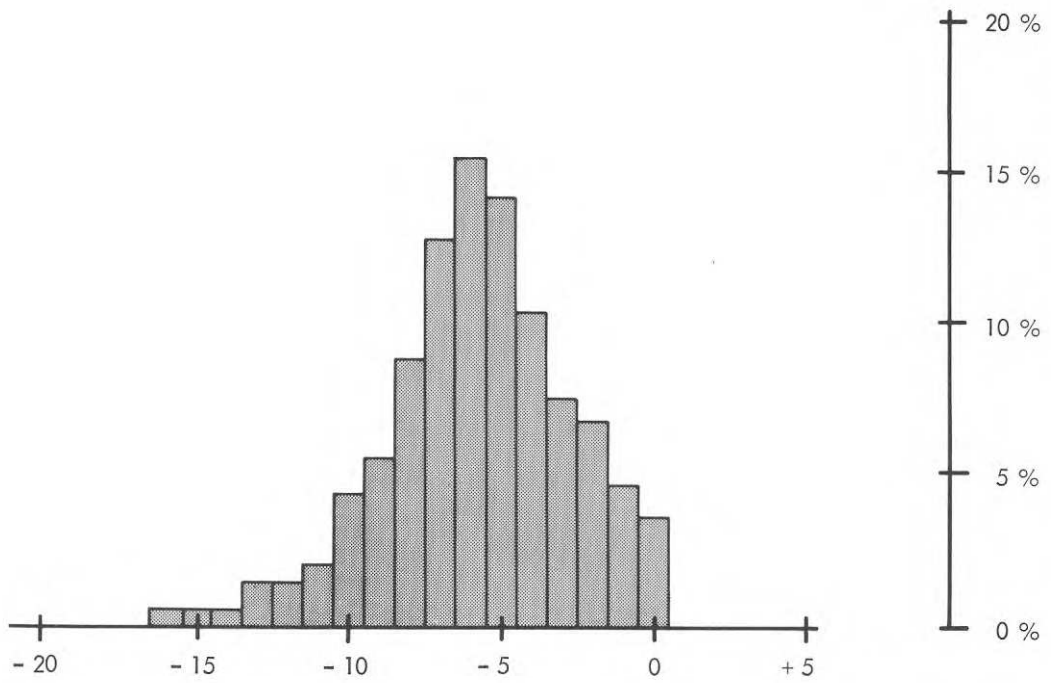
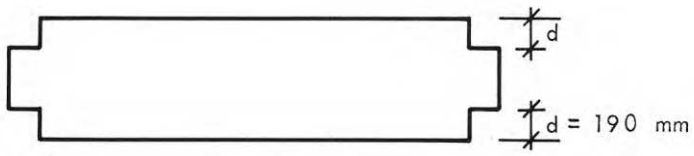


FIG. 148 D-komponenter: Längd avvikelser av upplaget på fasadelement.



$N = 132$
 $M = 0,8 \text{ mm}$
 $S = 2,2 \text{ mm}$

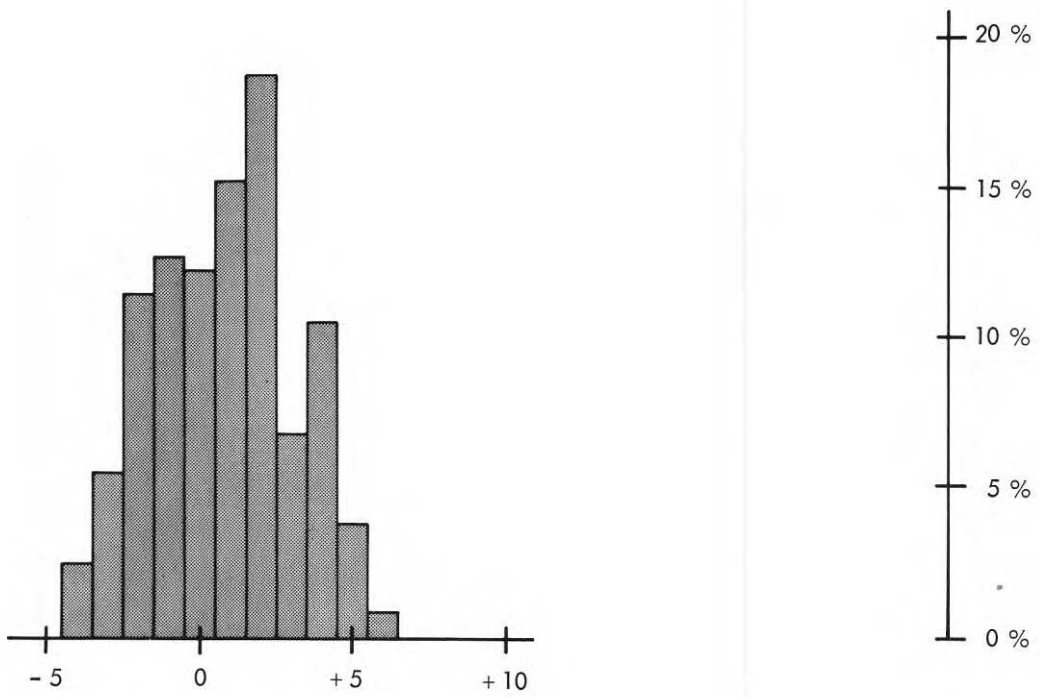
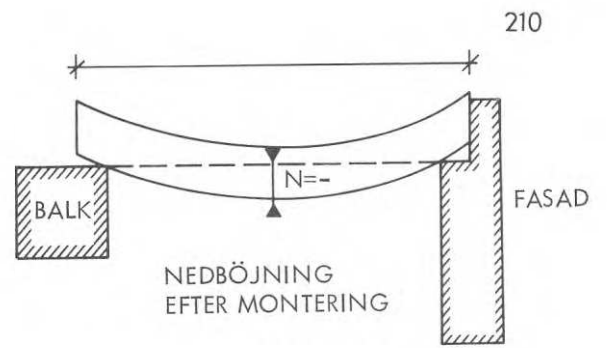
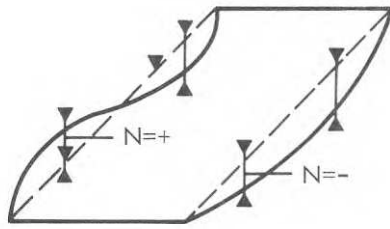
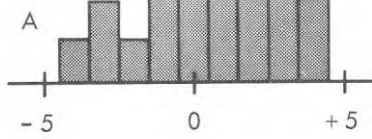


FIG. 149 D-komponenter: Avvikelser från detaljmått (d).



NEDBÖJNING AV
BOTTEN I
STÅLFÖRMAR TILL
D-KOMPONENT
(mätt på 4 ställen)

N = 71
M = 0,9 mm
S = 1,6 mm



N = 509
M = - 1,2 mm
S = 2,4 mm

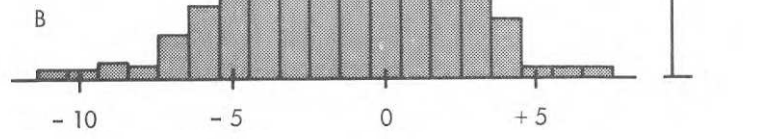


FIG. 150 D-komponenternas nedböjning.

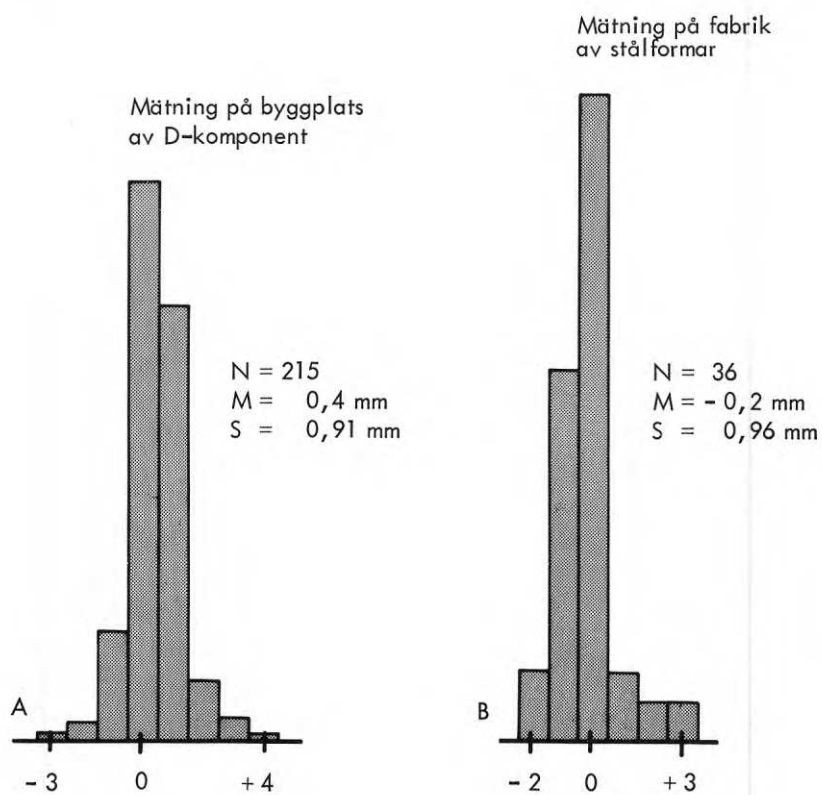
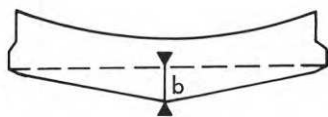


FIG. 151 D-komponenter: Buktighet av underkant vid upplaget.

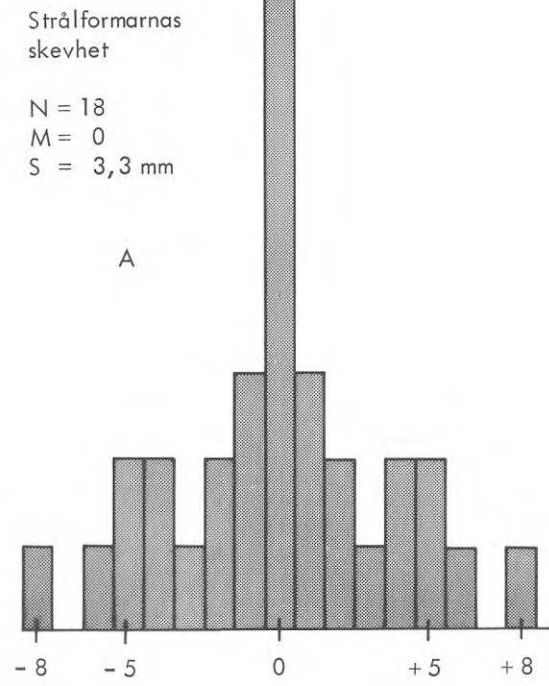
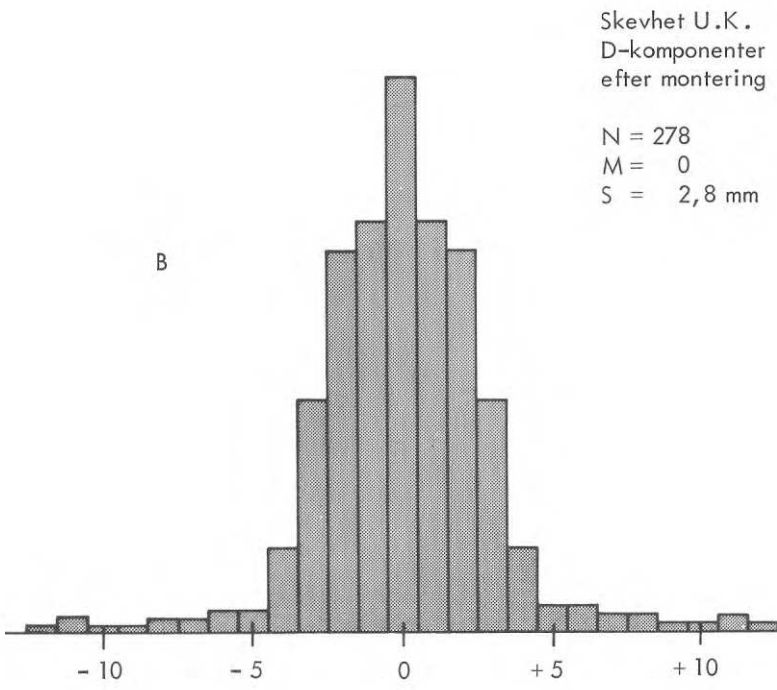
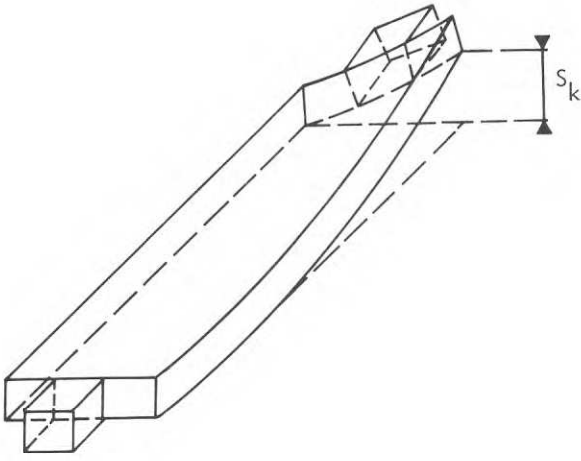


FIG. 152 Skevhets U.K. D-komponenter.

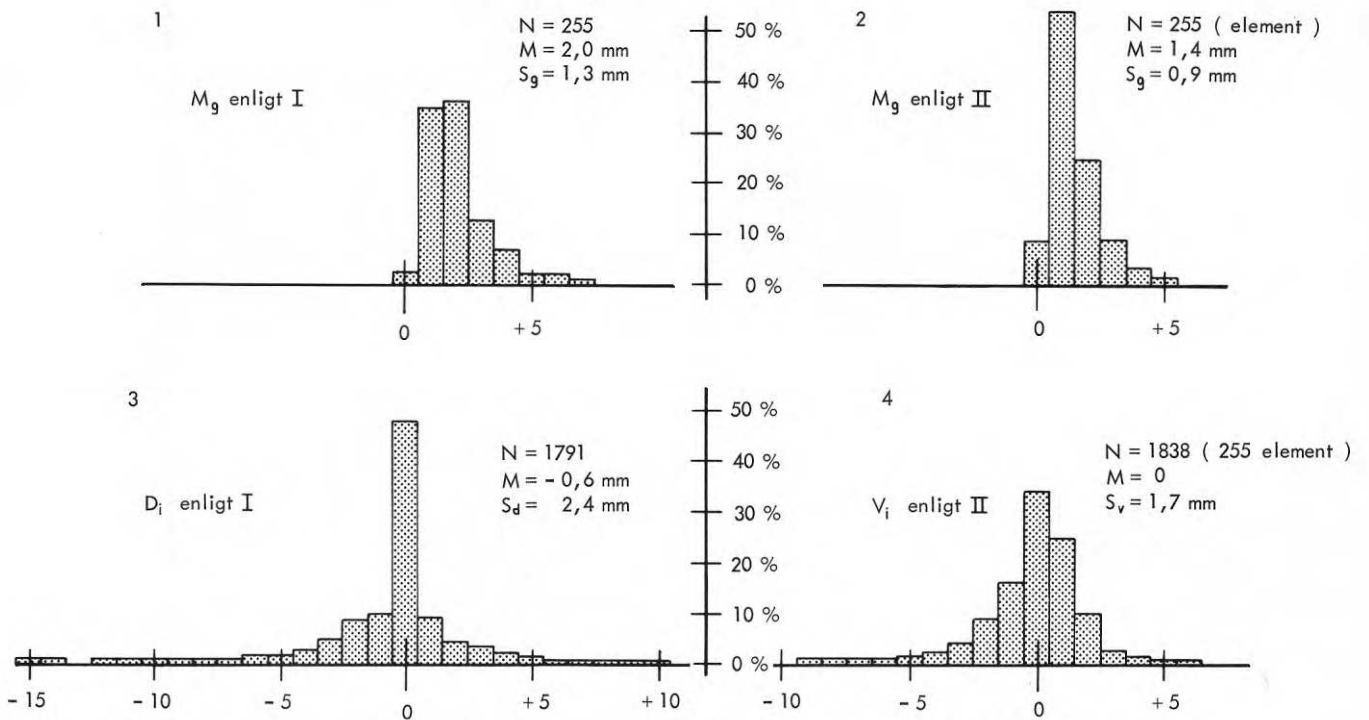


FIG. 153A D-komponenternas planhetsavvikelser (255 element). Fördelningar av M_g samt av avstånden d_i och V_i (se FIG. 78).

Se även fig. 78

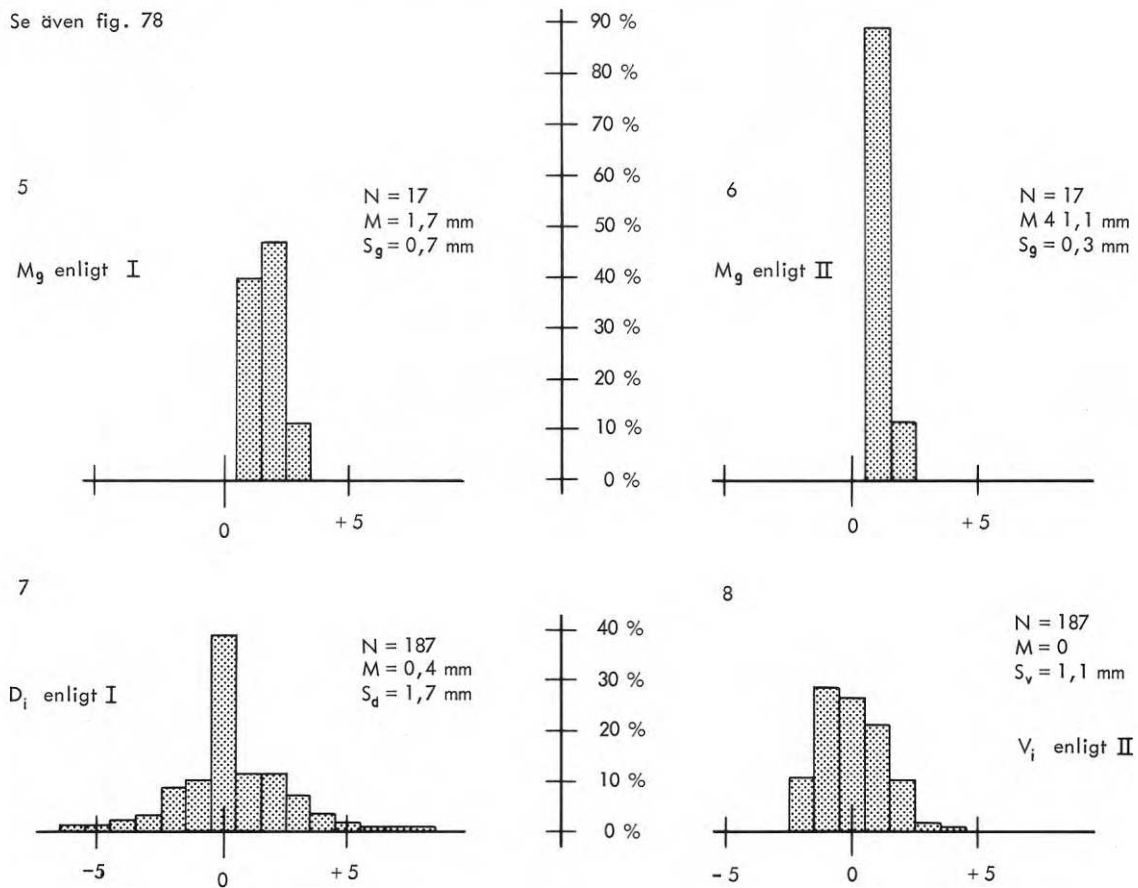
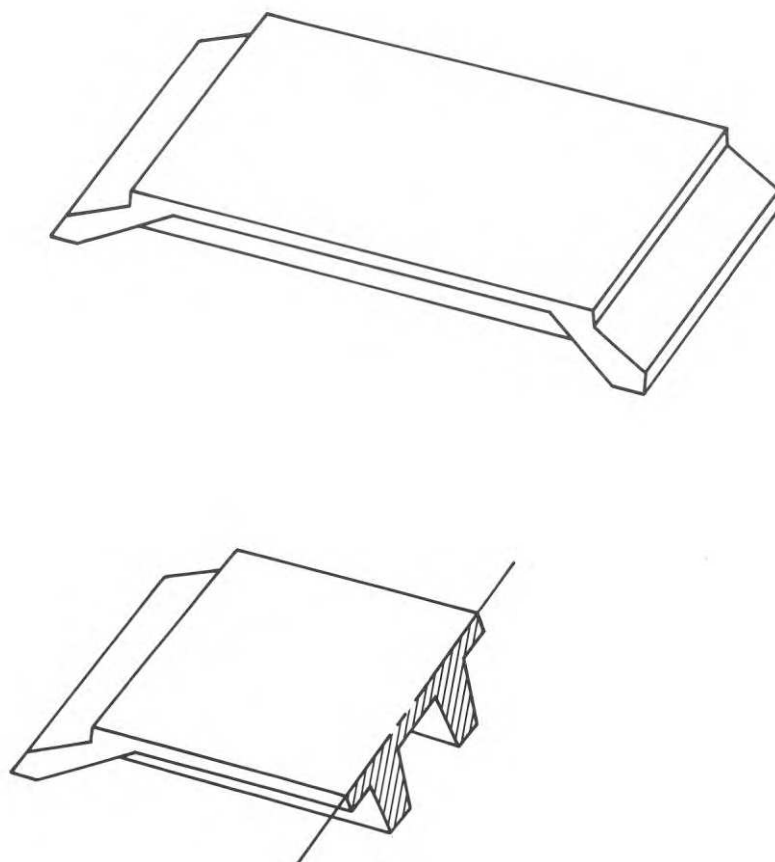


FIG. 153B Planhetsavvikelser hos D-komponenternas stålformar (17 st). Fördelningar av avstånden. Fördelningar av M_g samt avstånden d och V_i (se FIG. 78).



(T-KOMPONENT)
MÄTTEXEMPEL:
LÄNGD: 4620 mm
BREDD: 2392 "
HÖJD: 300 "
VIKT: 2,90 ton

FIG. 154 Principskiss av TTK-element.

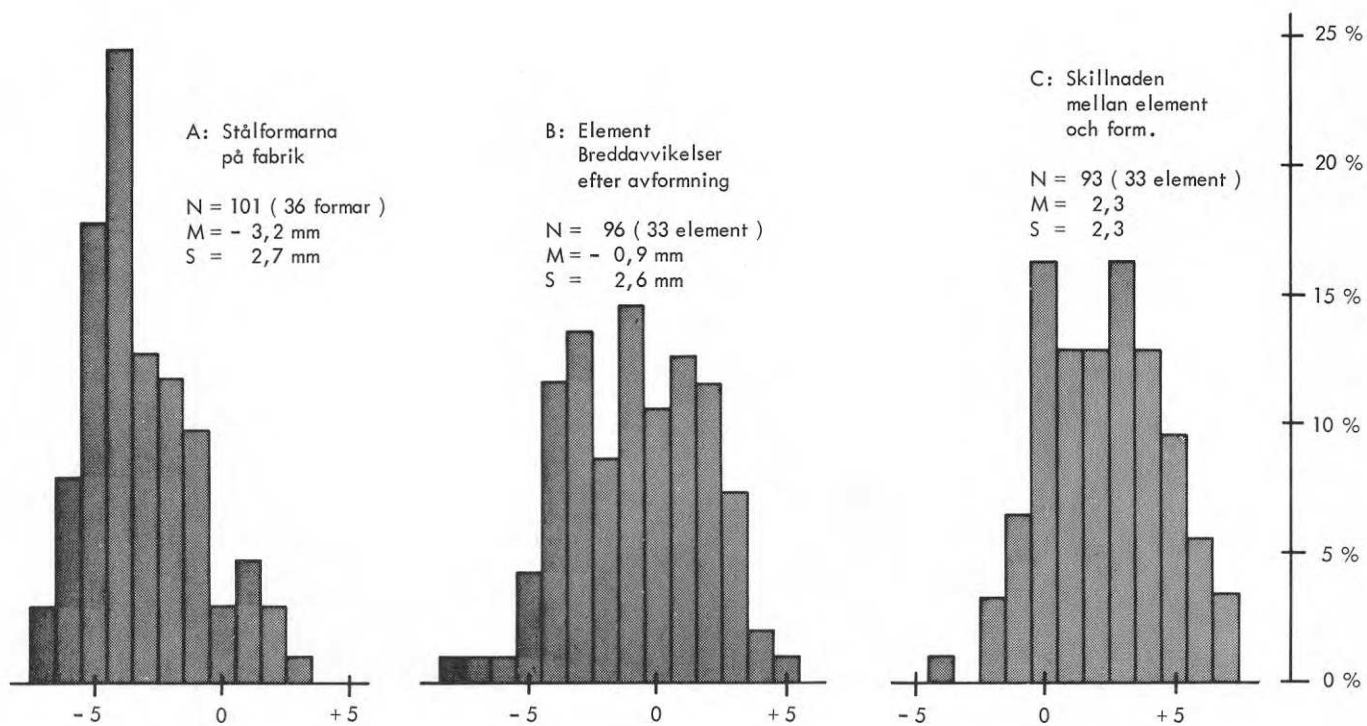
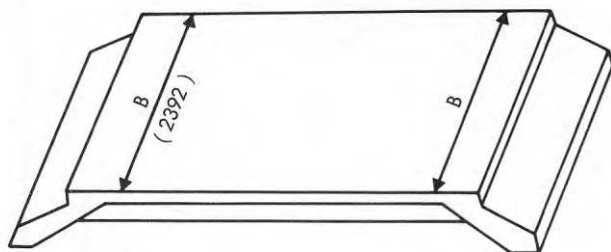
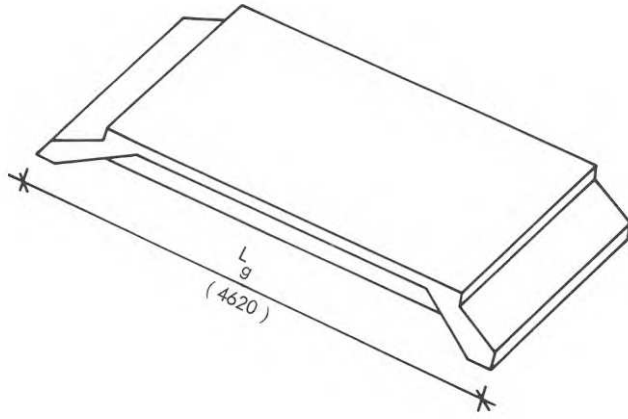


FIG. 155 T.T. kassetter: Breddavvikelser.



N = 54 (27 element)
 M = + 4,9 mm
 S = 8,1 mm

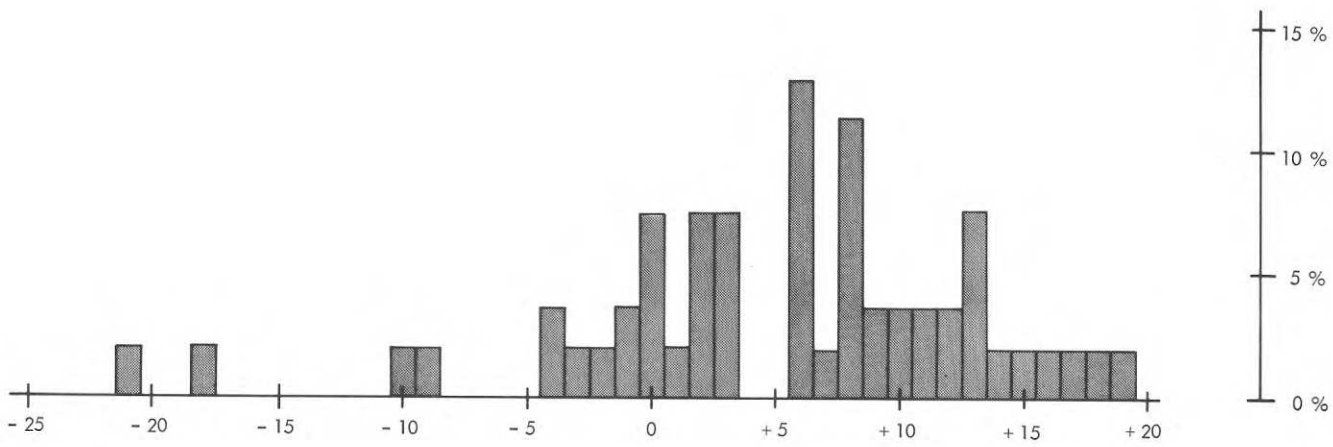
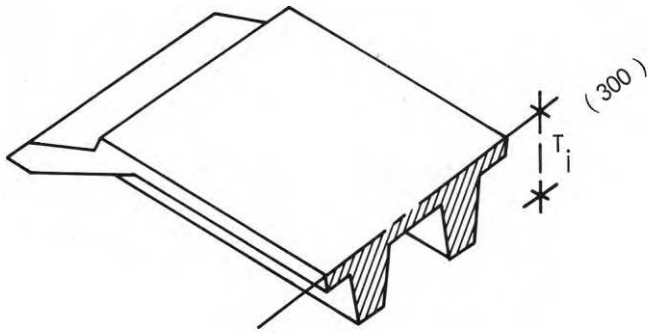


FIG. 156 T.T. kassetter: Längd avvikelser.



$N = 216$ (36 element)
 $M = + 7,6$ mm
 $S = 5,4$ mm

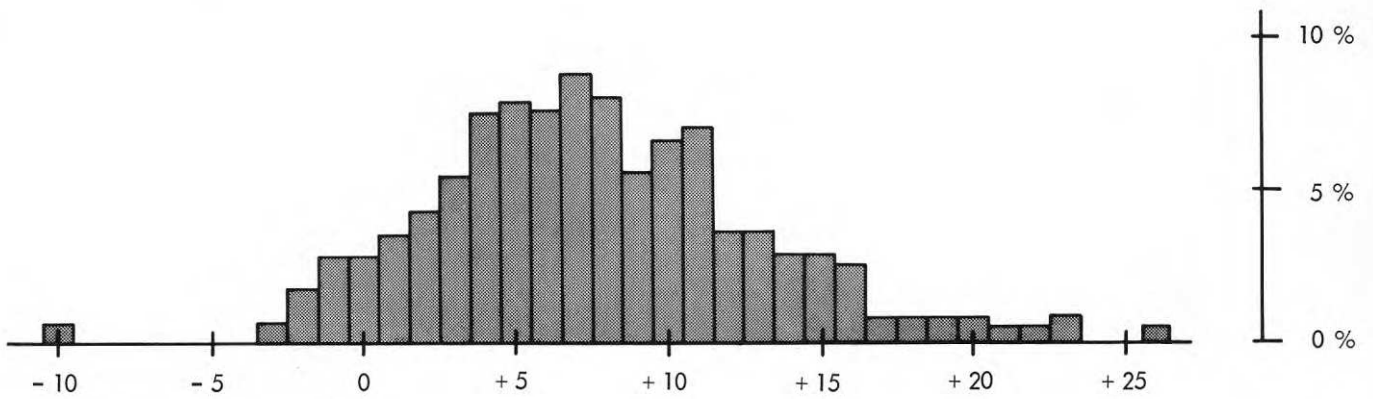
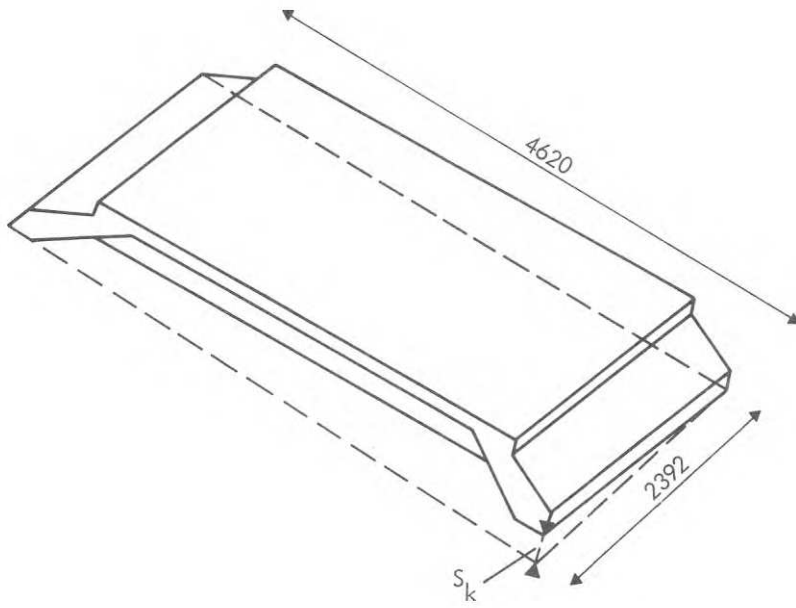


FIG. 157 T.T. kassetter: Tjockleksavvikelser.



$N = 110$
 $M = 0$
 $S = 5,3 \text{ mm}$

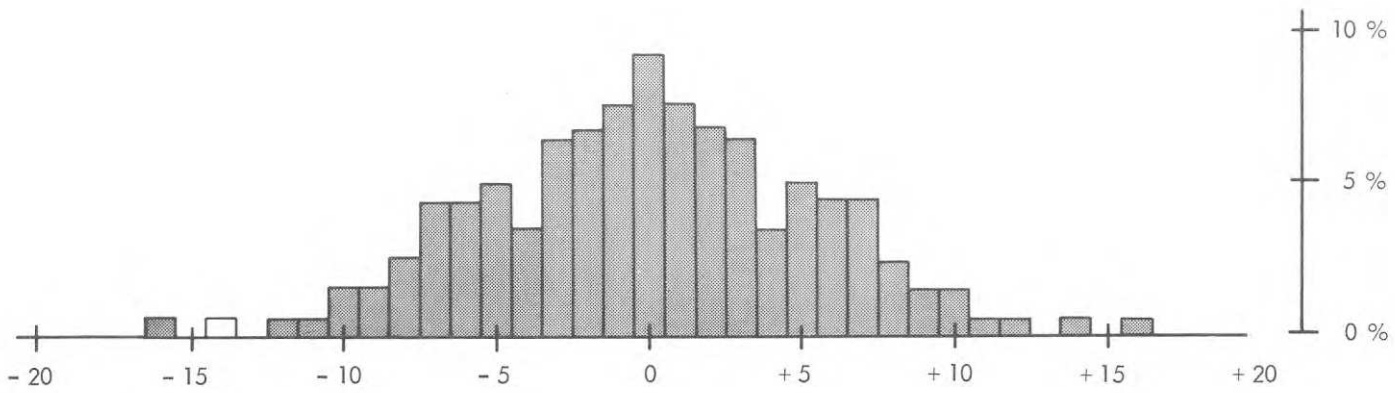
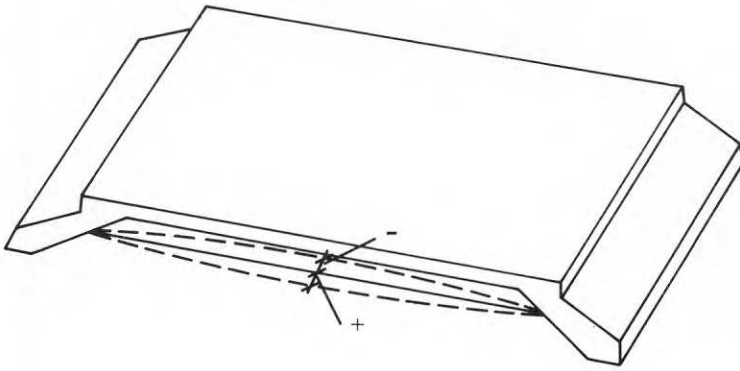


FIG. 158 T.T. kassetter: Skevhet (S_k) mätt på byggplats.



$N = 44$
 $M = 0,3 \text{ mm}$
 $S = 1,9 \text{ mm}$

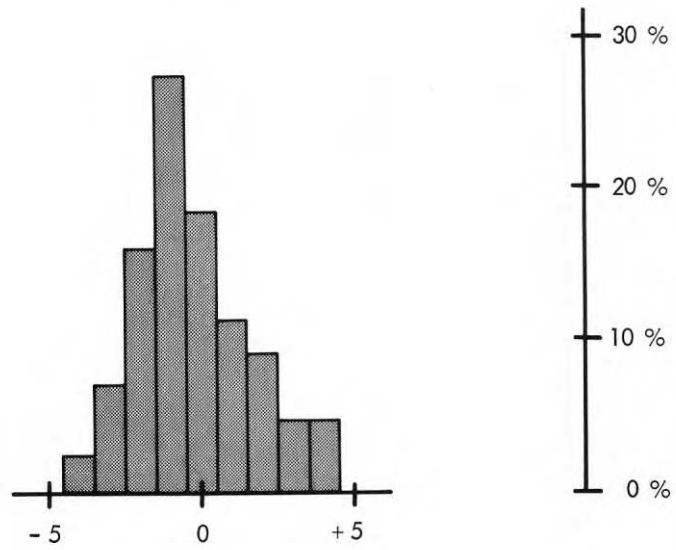


FIG. 159 T.T. kassetter: Sidokrokigheter (undersidan).

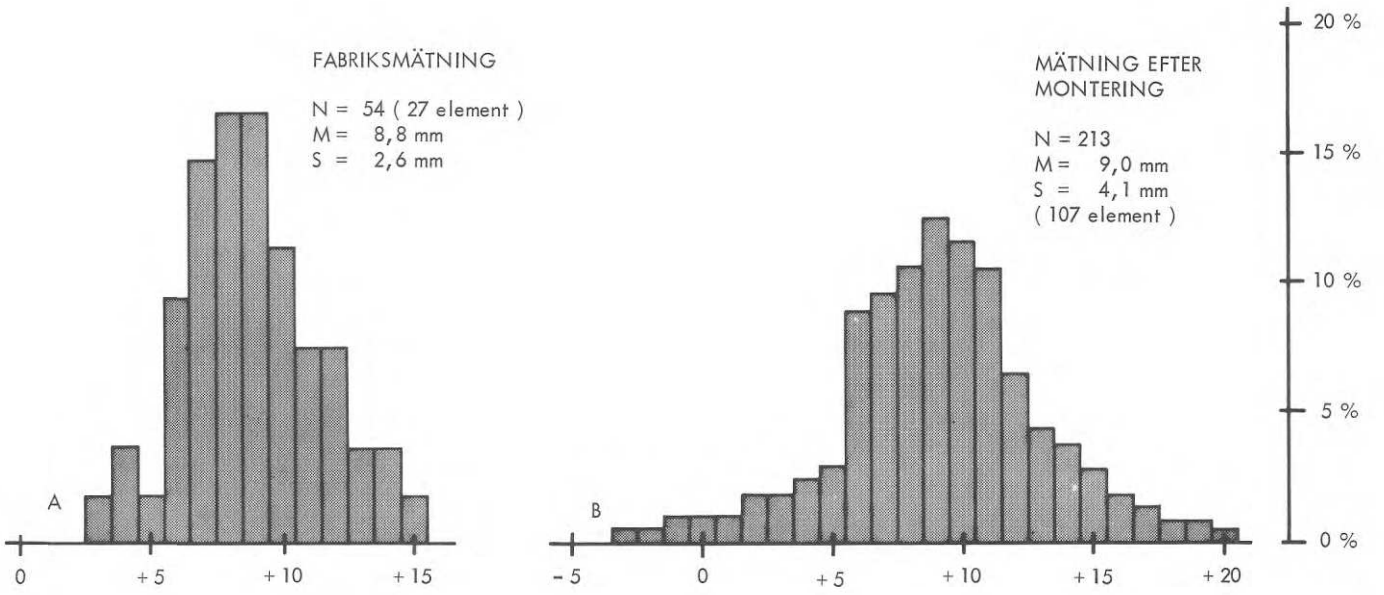
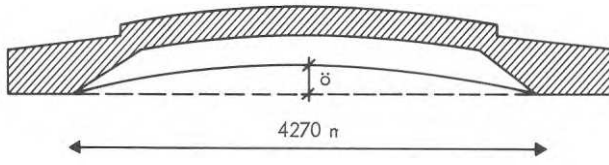
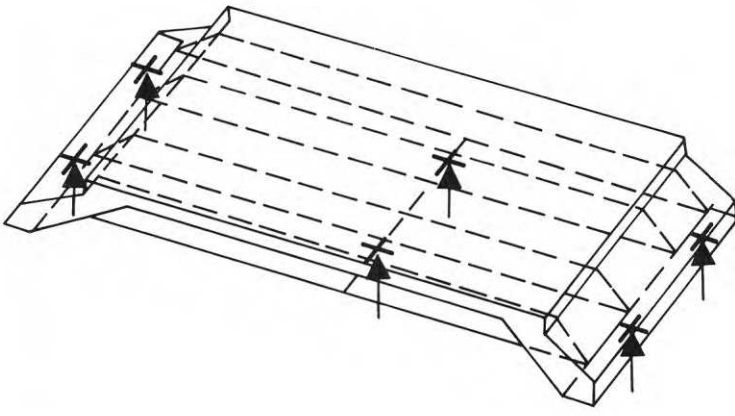


FIG. 160 T.T. kassetternas överhöjning.



$N = 728$ (= 173 element)
 $M = 15,5$ mm
 $S = 8,8$ mm
 $T = \pm 20$ mm
 $P = 29$ %

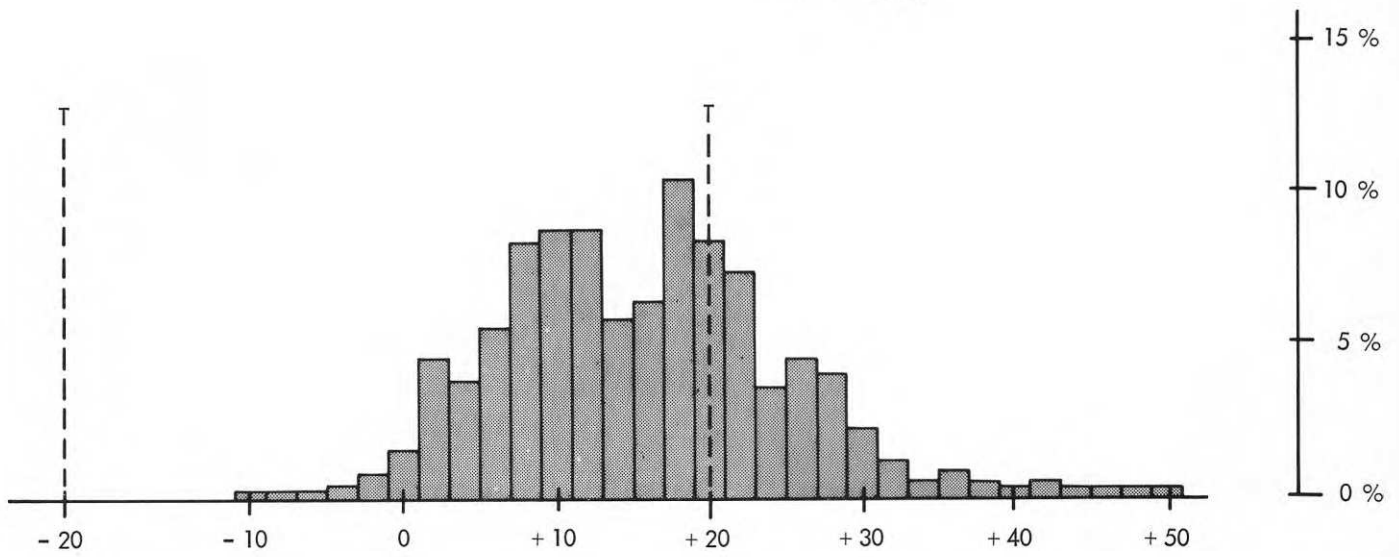
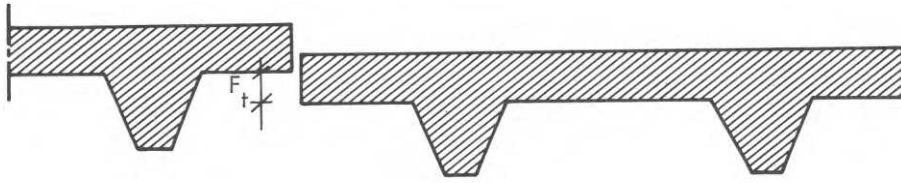


FIG.161A Höjdavvikelser U.K. T.T.-kassetter.



$N = 110$
 $M = 0 \text{ mm}$
 $S = 5,2 \text{ mm}$
 $T = +10 \text{ mm}$
 $P = 5 \%$

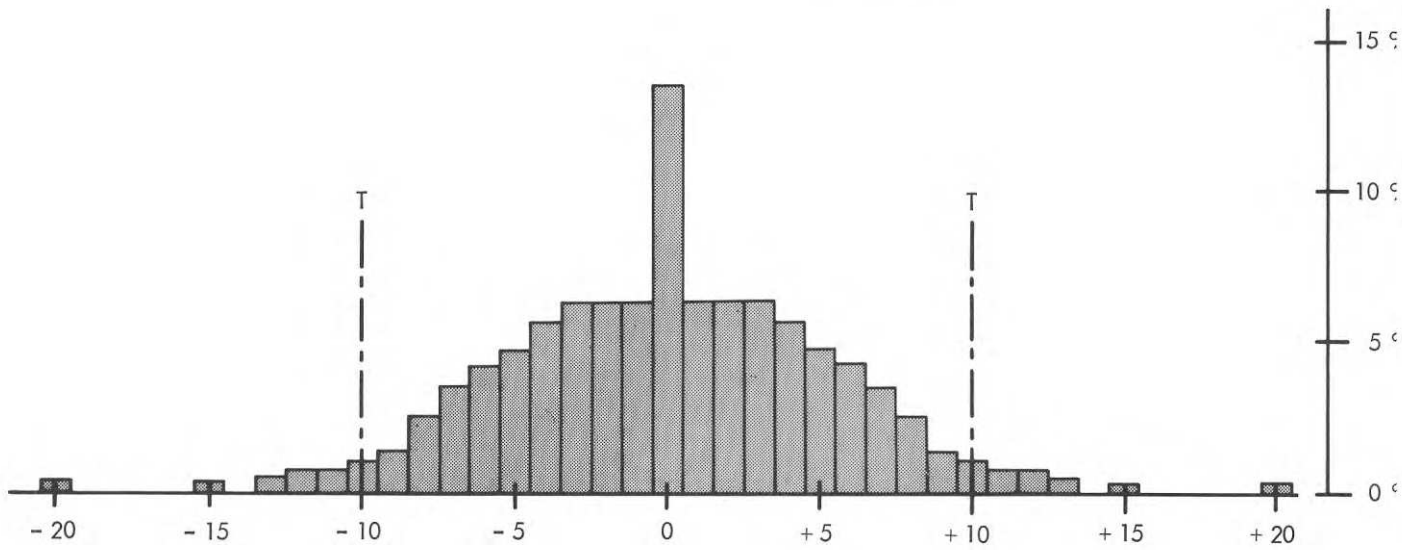
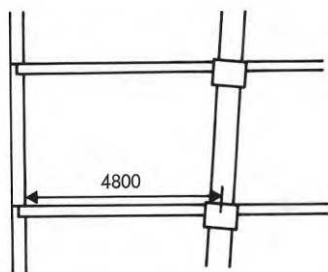


FIG. 161B T.T.-kassetter. Förskjutning i höjdljed mellan intilliggande komponenter.



N = 430
M = + 1,1 mm
S = 8,7 mm
T = + 15 mm
P = 9,5 %

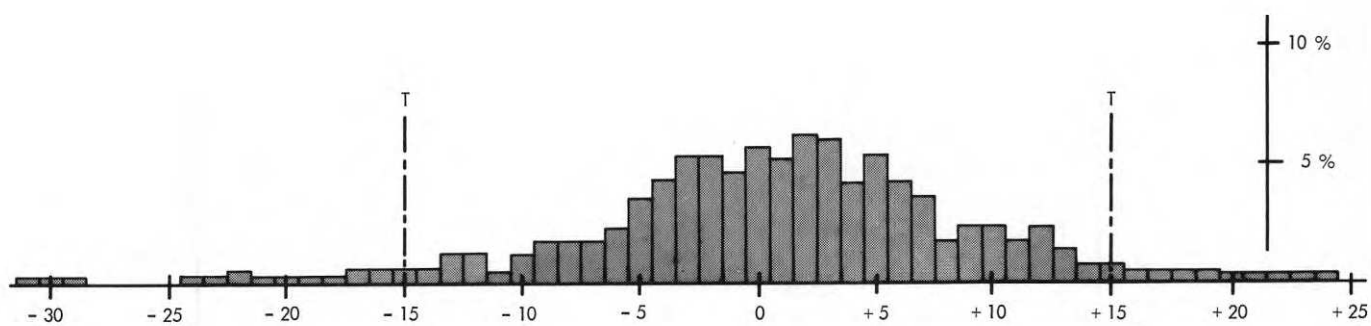
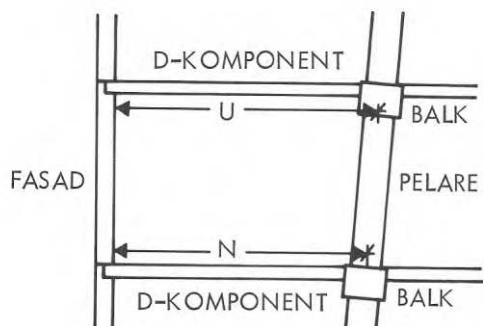


FIG. 162 Avvikelser i avståndet mellan pelare och fasad.



N = 253
M = 2,0 mm
S = 4,2 mm

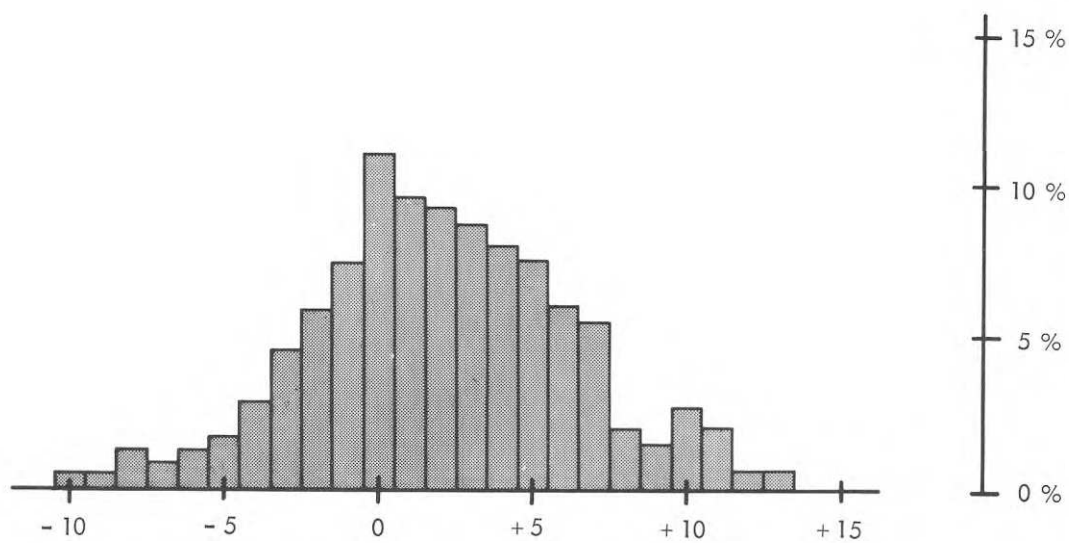
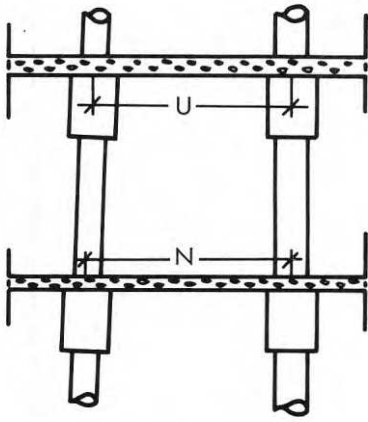


FIG. 163 Skillnaden (U-N) i avstånd mellan pelarna och fasaden vid golv och vid tak.



Se även fig. 37

$N = 218$
 $M = - 0,6 \text{ mm}$
 $S = 6,7 \text{ mm}$

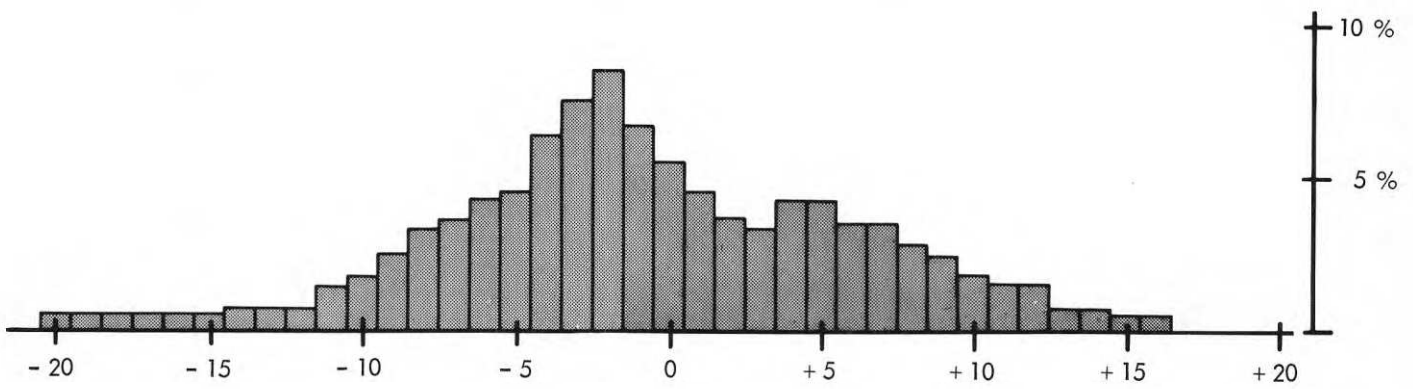
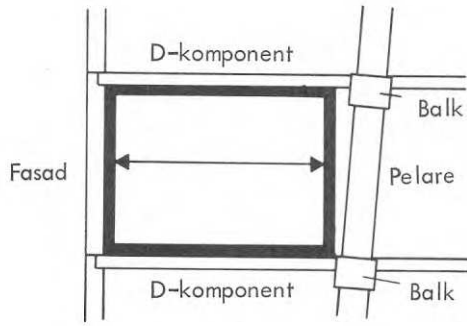


FIG. 164 Skillnaden (U-N) i avstånd mellan pelare vid golv och vid tak.



$N = 161$
 $M = 0,5 \text{ mm}$
 $S = 7,7 \text{ mm}$

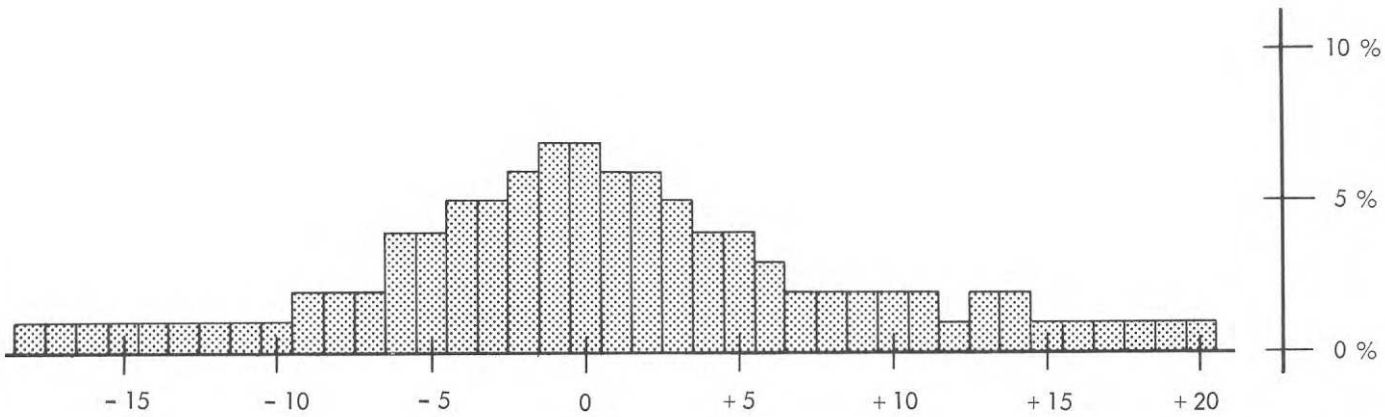
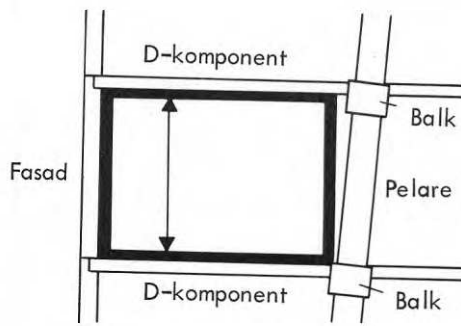


FIG. 165A Rektangel mellan golv, fasadelement, tak och pelare. Avvikelse från nom. längd (4625).



$N = 316$
 $M = -2,4 \text{ mm}$
 $S = 5,7 \text{ mm}$

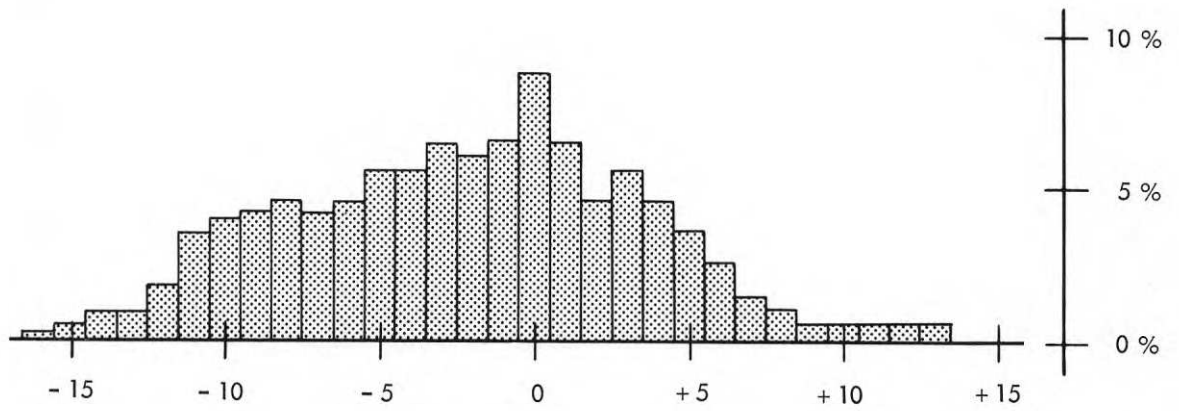
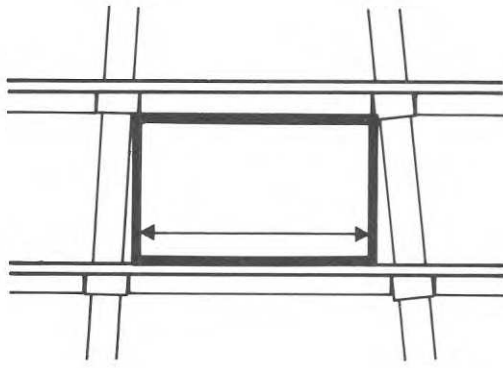


FIG. 165B Rektangel mellan golv, fasadelement, tak och pelare. Avvikelse från nom. höjd (2700).



N = 322
 M = - 3,4 mm
 S = 11,3 mm

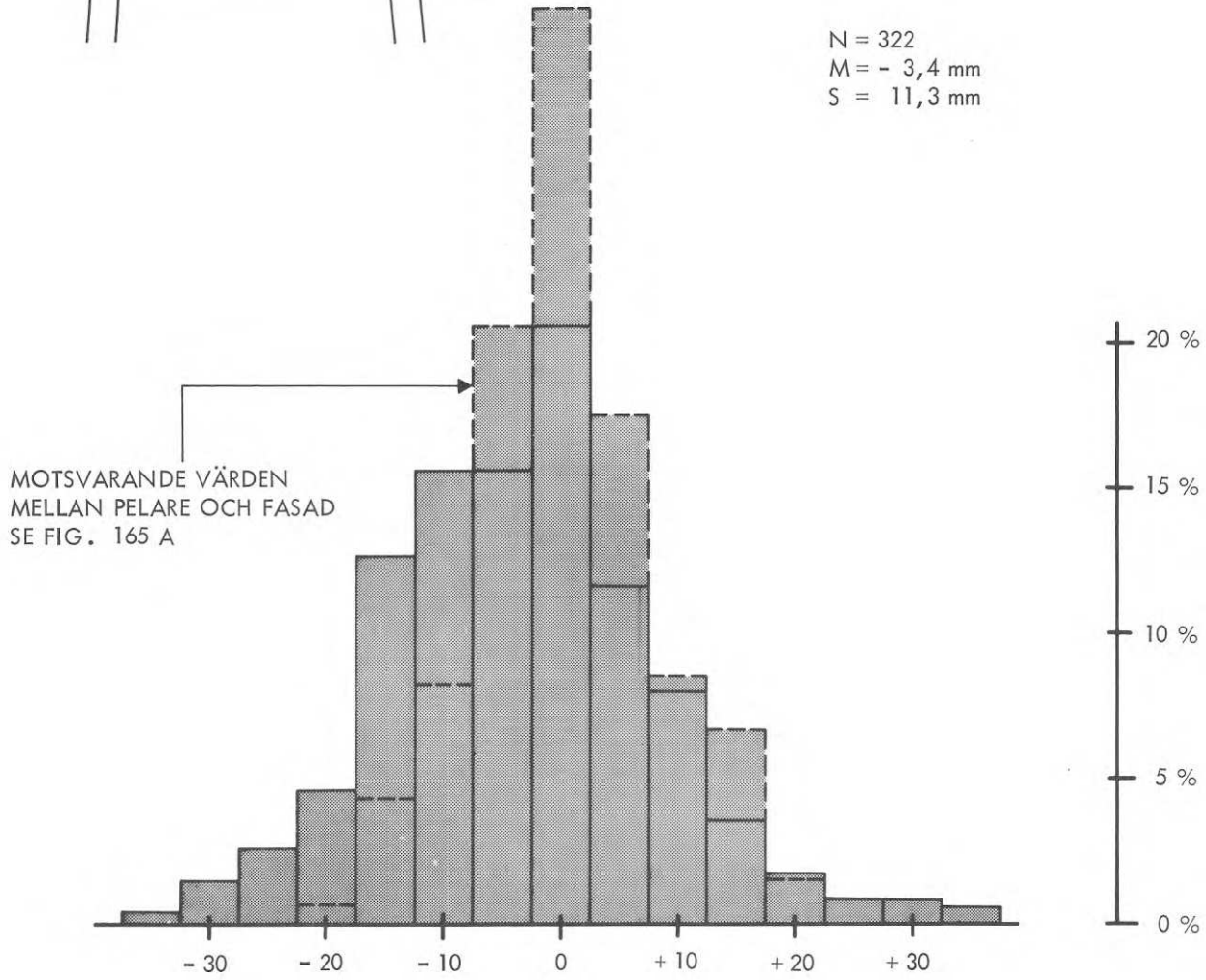


FIG. 166A Rektangel mellan golv, balk och 2 pelare. Avvikelse från nom. längd (4450).

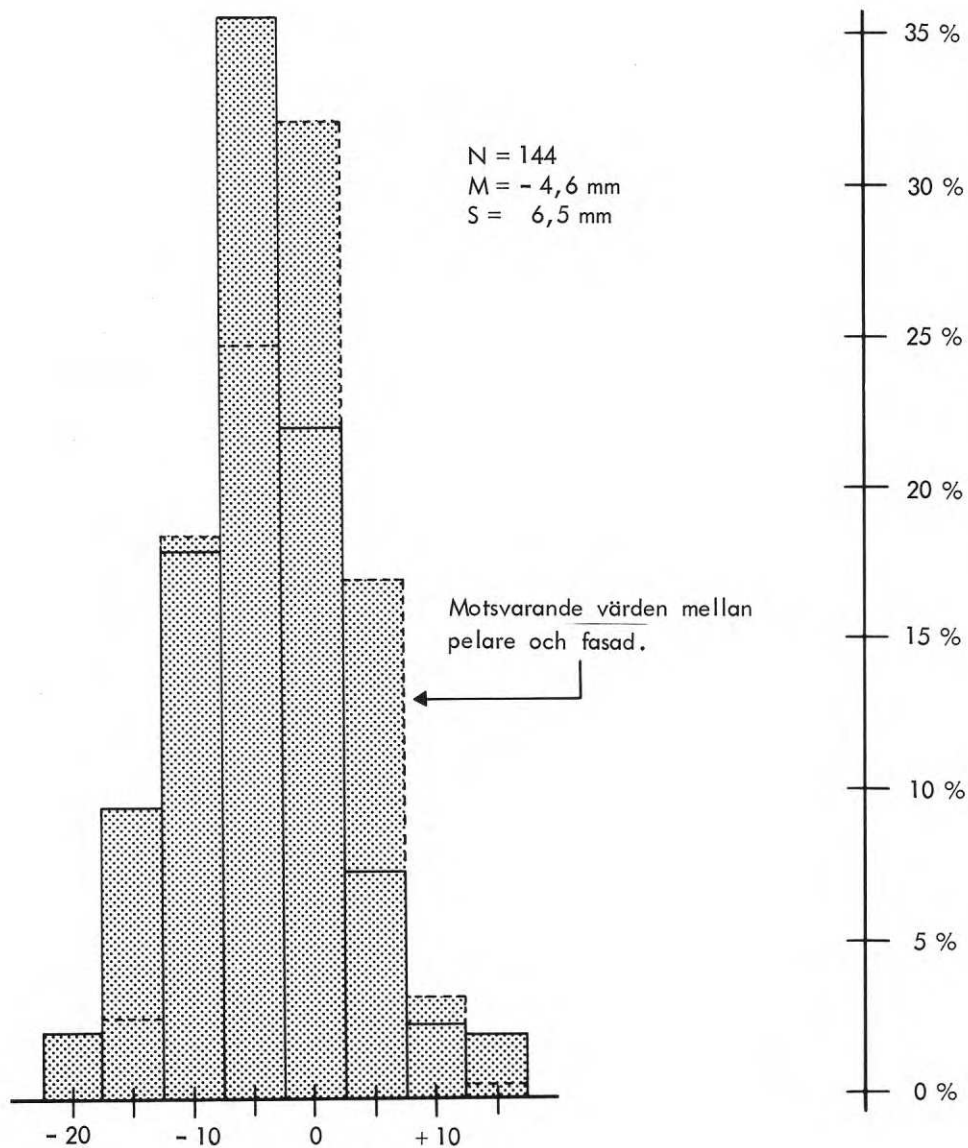
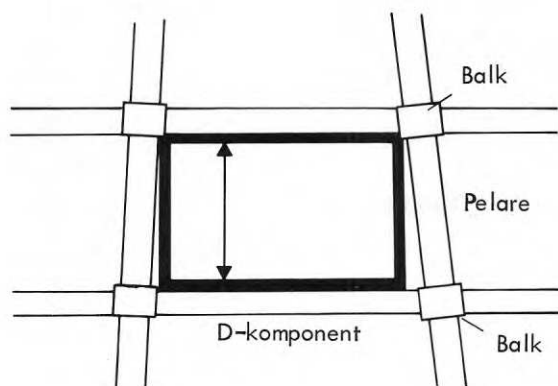
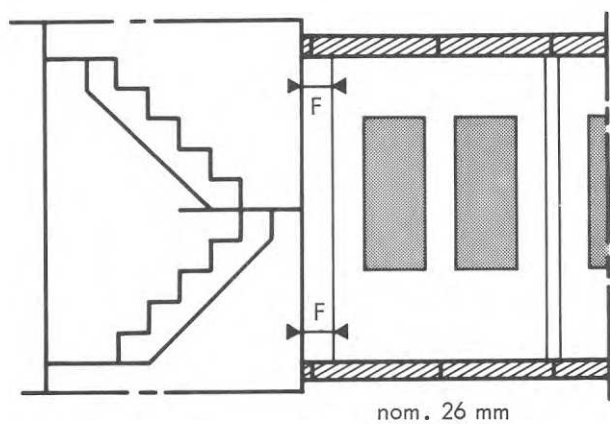


FIG. 166B Rektangel mellan golv, balk och två pelare. Avvikelse från nom. höjd (2100).



N = 182
M = - 2,7 mm
S = 5,0 mm

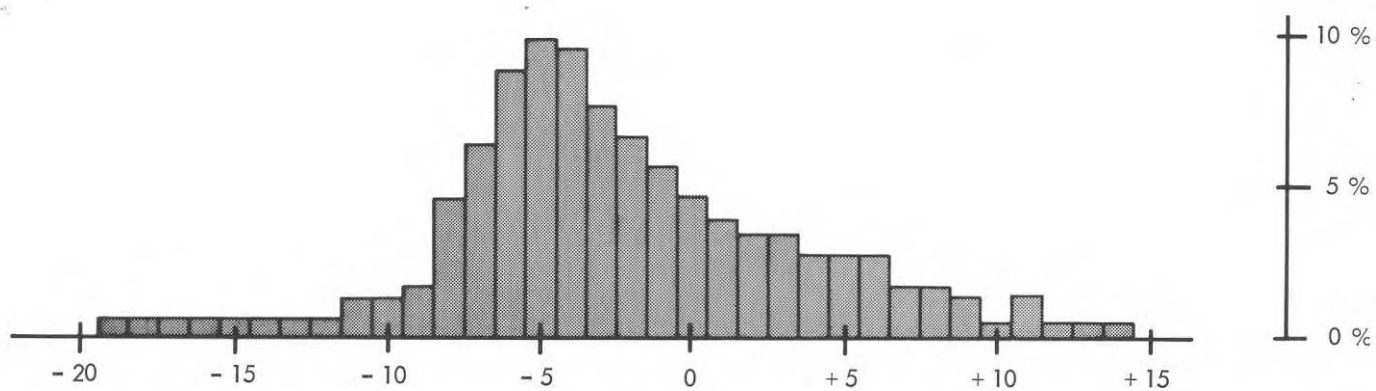
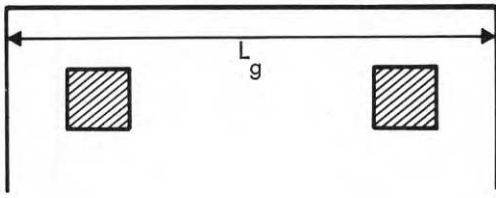


FIG. 167 Fogar mellan trapphustorn och fasadelementens innerskiva (mätt på 2 ställen).



$L_g = 50\,400\text{ mm}$
och
 $88\,800\text{ mm}$

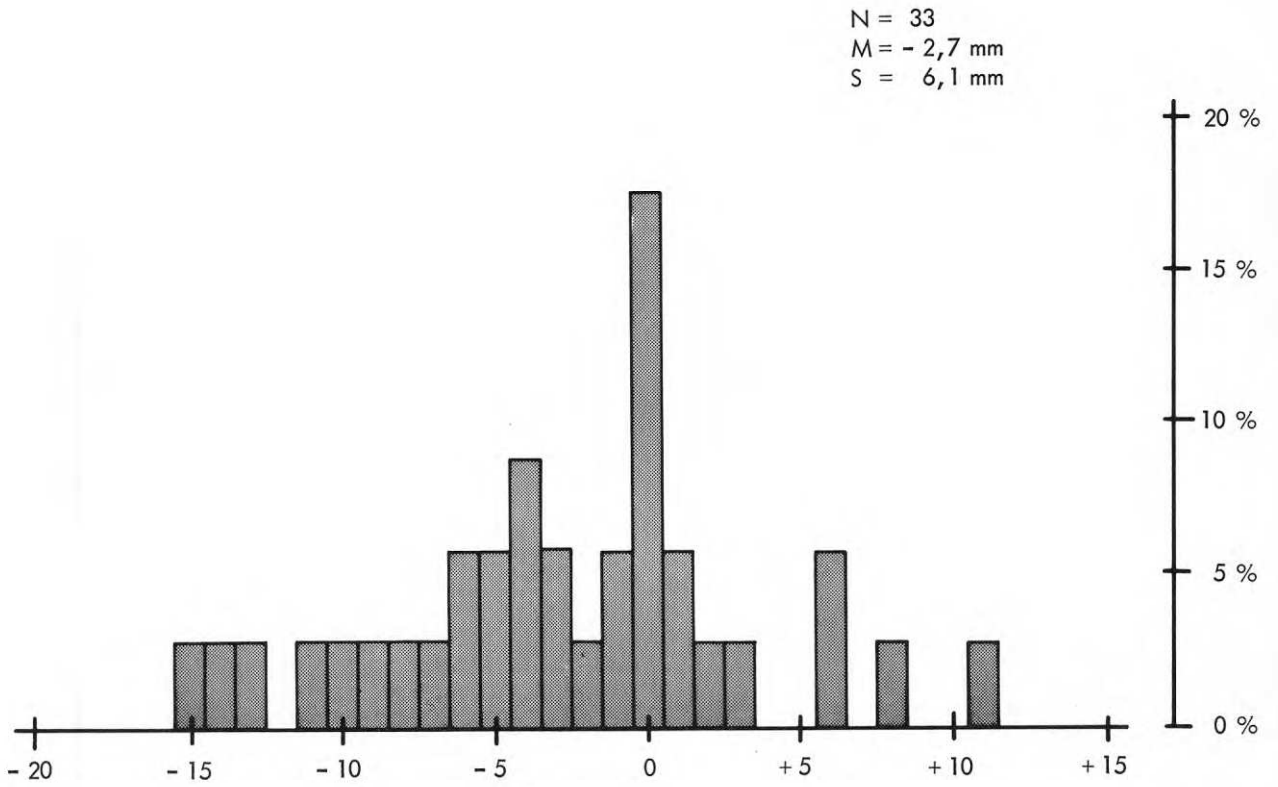


FIG. 168 Avvikelser från kvarterens längd- och breddmått.

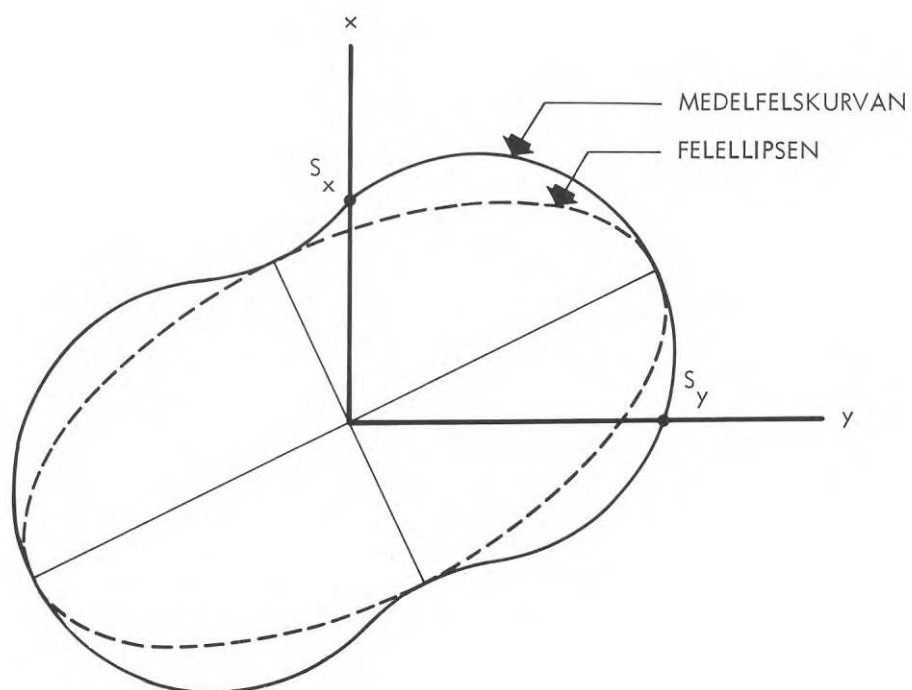


FIG. 169 Medelfelskurvan och felellipsen som kvalitetsmått för punkter i ett triangelnät.

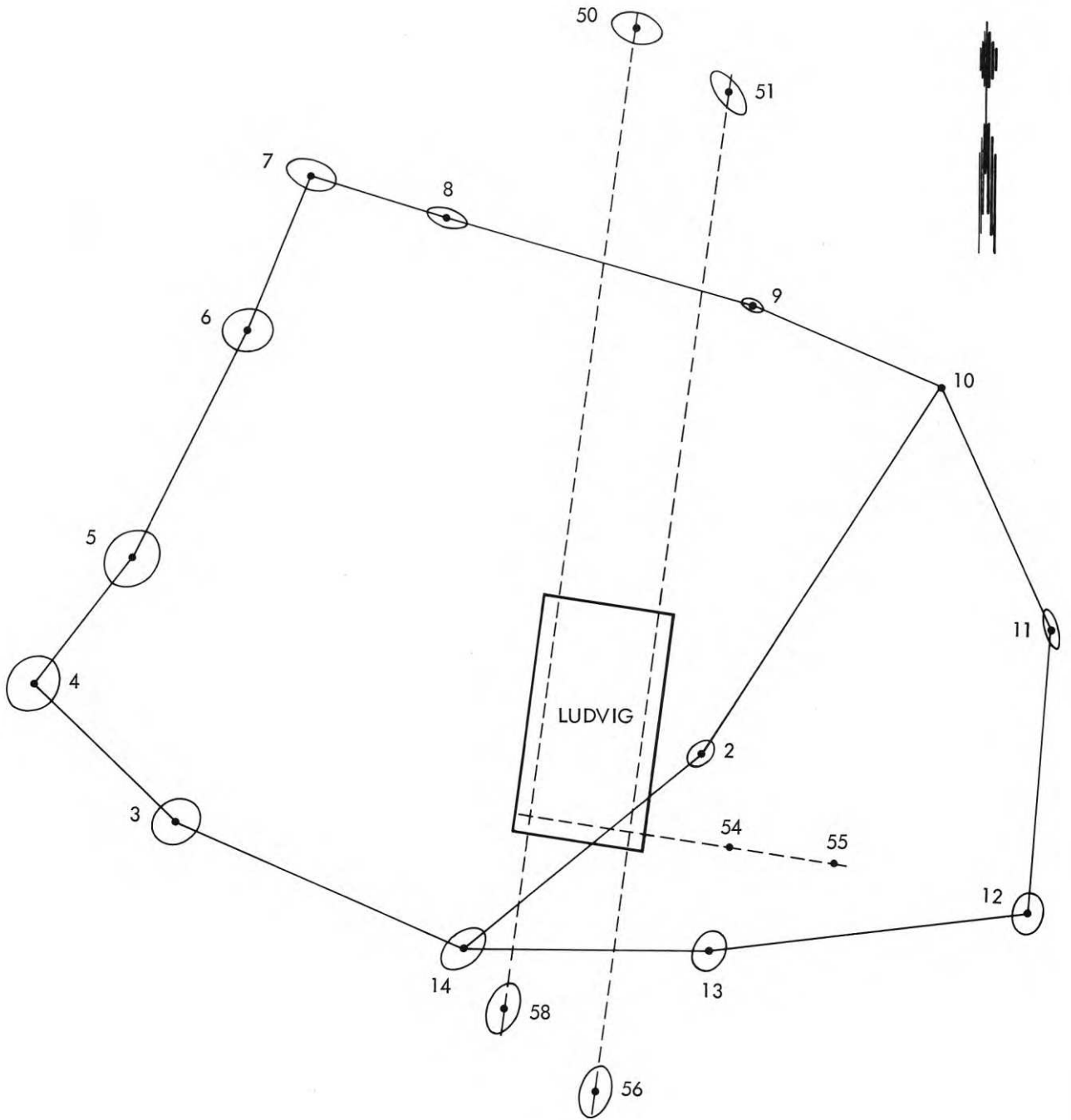


FIG. 170 Polygonnät och baslinjer. Felellipser för polygonpunkter och bakpunkter till kv. LUDVIG (se även FIG. 6). Skala för felellipserna 1:1.

CAPTIONS

- FIG. 1 Layout plan showing block designations and base lines.
(skala = scale)
- FIG. 2 Typical plan (A) of the new administration buildings
of the Swedish Telecommunications Administration at
Farsta.
(B = layout at corner, torn = tower)
- FIG. 3 Construction system.
- FIG. 4 Production time schedule.
(etapp = stage, kvarter = block)
- FIG. 5 Base lines and grid lines over the site of block
"LUDVIG".
- FIG. 6 Traverse and base lines.
(polygonpunkt = station, markering av baslinjer =
marking of base lines)
- FIG. 7 Pin in rock with drill hole as reference point for the
base lines in a block.
- FIG. 8 Hole in steel washer as mark for a base line.
- FIG. 9 Steel brackets on the staircase tower as reference
points in setting out base lines and levels on various
floors.
(mätlinje = measurement line, baslinje = base line,
höjdfixpunkt = datum)
- FIG. 10 There are 6 possible positional deviations or "degrees
of freedom".
- FIG. 11 Example of graphical representation of measurement
results.
(antal mätningar = no of measurements, medelvärde =
mean value, standardavvikelse = standard deviation,
tolerans = tolerance, antal avvikelser som är större
än toleransvärden = no of deviations larger than the
tolerance, avvikelse från nominellt värde = deviation
from nominal value)

- FIG. 12 Gaussian distribution curve. The percentages indicate the proportion of the area of the curve which comes within the respective areas.
- FIG. 13 Corridor column.
(totallängd = overall length, vikt = weight)
- FIG. 14 Placing of column in pocket.
(höjjusterskruv = level adjustment screw, kil = wedge, styrlinjal = guide piece, metallbricka = metal washer)
- FIG. 15 Guide pieces in column pocket.
- FIG. 16 The column was adjusted for verticality by means of wooden wedges.
- FIG. 17 Wooden frame as aid in placing guide pieces.
(pelarholk = column pocket, hål i stålbricka är baslinjens markering = the hole in the steel washer is the base line mark)
- FIG. 18 Columns: positional deviations in the pockets.
(baslinje = base line, pelarens centrumlinje = centre line of column, avvikelse = deviation)
- FIG. 19 Adjustment screws used in altering the position and verticality of a column during erection.
(styrskruv = adjustment screw, höjjusterskruv = level adjustment screw, metallbricka = metal washer)
- FIG. 20 Base lines and grid lines can be moved over bodily during erection of a column.
(rits anger parallell förflyttning av stomlinjen CD = scratch indicates that grid line CD has been moved over bodily, konstant mått vid montering av pelare = constant dimension in erecting the column, rits anger parallell förflyttning av baslinjen AB = scratch indicates that base line AB has been moved over bodily, borrhål = drill hole, konstant mått vid montering av pelare = constant dimension in erecting the column)
- FIG. 21 Deviation in the distance between columns at the base.
- FIG. 22 Measurement of positional deviations. The same vertical plane was used on all floors.

- FIG. 23 Deviation from the vertical (B) of the columns in the direction of the girders.
(våningshöjd = height of storey, $V = W$, $\ddot{O} = E$)
- FIG. 24 Deviation from the vertical (F) of the columns in a direction towards the facade.
(fasad mot gård = facade towards courtyard, fasad mot kv. yttersida = facade towards outside of block)
- FIG. 25 Columns: causes of deviation from the vertical in the direction of the girders.
(lägesavvikelser vid fundament medför ett för kort avstånd mellan pelarna = positional deviations at base result in distance between the columns being too short, balkar eller avstånd L är för stora = girders or the distance L are too large, montageförfarandet stör pelarnas vertikalläge = erection procedure causes column to be moved from the vertical, felaktig lodningsmetod = incorrect plumbing method)
- FIG. 26 Adjusting the position of a girder with a bar so that $F_1 = F_2$.
- FIG. 27 In adjusting the verticality of column C, the positions of the adjacent columns are often altered.
(vajer = wire rope)
- FIG. 28 Adjustment of the verticality of a column.
- FIG. 29 Gauge for measuring the deformations of columns during erection of the load-bearing framework. The gauge is glued onto the rectangular portions of the columns.
- FIG. 30 Braces with turnbuckles for adjustment of the verticality of a column.
- FIG. 31 Measurement of curvature.
(dubb = pin, rätskiva = straight edge, mätkil = wedge gauge)
- FIG. 31B The curvature in partial column runs.
(mätområde = measurement area)

- FIG. 32 Deviation of the columns from the straight after completion of assembly of the load-bearing framework (in the direction of the girders).
(tak = ceiling, plan = floor, fundament = foundation level)
- FIG. 33 Deviation of the columns from the straight after completion of assembly of the load-bearing framework (in a direction towards the facades).
- FIG. 34 Columns: deviation from the vertical assembly on different floors.
(d_1 = deviation from vertical assembly plane, V = vertical assembly plane, P = positional deviation at base, L_1 = deviation from vertical per floor, C = vertical through column centre at the base, plan = floor)
- FIG. 35 Columns: deviation from vertical assembly plane on different floors (in the direction of the girders).
- FIG. 36 Deviations from the vertical assembly plane (I) and the vertical (II) through the column centre at the base.
(S_d = standard deviation, balkriktning = in the direction of the girders, fundament = base, våningsplan = floor level, tak = ceiling, riktning mot fasaden = in a direction towards the facade, vertikalt montageplan = vertical assembly plane, lodlinje = vertical)
- FIG. 37 Deviations in distances between columns at the same floor level.
(placeringsfel = error in positioning)
- FIG. 38 Deviations in column diameter.
- FIG. 38B Deviations in thickness in the square portions.
- FIG. 39 Eccentricity between parts of the column.
- FIG. 40 Twisting of column about the centre line (measured in the basement).
(pelare = column, balk = girder)

- FIG. 41 Columns: deviations in level of the centre plates in the in-situ pockets.
(styrlinjal = guide piece, höjdskruv = level adjustment screw)
- FIG. 42 Measurement of distance between column bracket and level adjustment screw.
(om vinkelhake inte används kan detta fel uppstå = this error may arise if set square is not used)
- FIG. 43 Columns: deviations in level of the brackets.
- FIG. 44 Columns: deviations in distance between the brackets.
- FIG. 45 Columns: deviations in distance between top of bracket and top of square portion.
- FIG. 46 Facade unit (Component S). 2660 x 2388 mm.
- FIG. 47 Setting out for facade units.
(mätlinje = setting-out line, baslinje = base line, monteringslinje = erection line)
- FIG. 48 Deviations Q of the facade units at the floor from the grid line.
(stomlinje = grid line, element = units)
- FIG. 49 Deviations of facade units from the vertical (two measurements per unit).
(över = over)
- FIG. 50 The influence of warping on the deviation of facade units from the vertical.
(vertikalt plan = vertical plane, skevhet = warping, vid skevhet har sidokanterna olika lodavvikelser = when the units are warped, the side edges have different values of deviation from the vertical, symmetrisk placering av fasadelement vid skevhet = symmetrical positioning of facade unit when warped)
- FIG. 51 Warping of the facade units.

- FIG. 52 Plumbing of wall units.
- I Plumbing error as a result of the curvature of the concrete surface,
 - II By using pins, it is easy to plumb in the top edge over the bottom edge,
 - III Suspended spirit level with pins,
 - IV Enables a check to be made on the spirit level,
 - V Straight edge with pins and plummet.
- FIG. 53 Deviations from the vertical assembly plane.
- FIG. 54 Displacements between adjacent facade units at floor and ceiling.
- FIG. 55 Displacements between adjacent units at the ceiling may be caused by displacements (F_g) at the floor and the out-of-verticality of the inner slab.
- FIG. 56 Displacements between facade units on different floors (inner slabs).
(vertikalt mätplan = vertical setting-out plane)
- FIG. 57 Displacements between facade units on different floors (outside).
- FIG. 58A Positional deviations of the side edges of the facade units (measured on the inside).
(mätställe = measurement position)
- FIG. 58B Facade units: eccentricity within the module distance.
- FIG. 59 Displacements between the side edges of the components.
(vertikalt montageplan = vertical assembly plane)
- FIG. 60 Facade units may be placed either with the side edges in line (I) or with the bottom corners on the vertical assembly line (II).
- FIG. 61 Facade units: deviations in joint width between the inner slabs of the units, measured at three places.
- FIG. 62 Deviations in joint width at the outside of the facade units.
(mätställe = measurement position)

- FIG. 63 Deviations in length at the outside of the facade units.
- FIG. 64 Deviations in length at the inner slabs of the facade units.
- FIG. 65 Facade units: joint widths at the inner slabs.
- FIG. 66 Facade units: deviations from the right angle at the left-hand and right-hand corners of the inner slabs.
- FIG. 66A Facade units: deviations from the right angle at the tops of the facade units.
- FIG. 67 Facade units: deviations in length from the circumscribed rectangle of the units.
(avv. = dev.)
- FIG. 68 Facade units: space taken up, deviations from nominal dimension.
- FIG. 69 Facade units: deviations in distance between corresponding corner points of the rectangles containing 11 units.
- FIG. 70 Facade units: differences ($F_u - F_n$) in joint width at ceiling and floor.
- FIG. 71 Facade units: straightness of horizontal edges (inner slabs).
- FIG. 72 Facade units: straightness of vertical edges (inner slabs).
- FIG. 73 Facade units: effect of the straightness of side edges on joint width. The histogram shows the values of V.
- FIG. 74 Facade units: deviations from the straight of the horizontal edges of the external slabs (e_{12}).
(ytterskiva = external slab, innerskiva = inner slab, mätt på över- och undersidan = measured on top and bottom edges)
- FIG. 75 Facade units: deviations from the straight of the vertical edges of the external slabs (e_{34}).

- FIG. 76 Facade units: deviations of inner slab from a flat surface at the top and bottom.
(innerskiva = innerslab, ytterskiva = external slab)
- FIG. 77 Facade units: deviations of inner slab from a flat surface along the vertical edges.
- FIG. 78 Facade units: deviations of the flatness can be determined in relation to different planes of reference.
I Through three corners,
II As far as possible, through all measurement points
(by the method of least squares).
(mät punkt = measurement point, mått på plankets avvikelser = deviation of the flatness is expressed as)
- FIG. 79 Facade units: distribution of standard deviations as a measure of the flatness of the inner slab, according to methods I and II in FIG. 78.
(vid avformning = on removal of formwork, vid utlastning = on delivery)
- FIG. 80 Facade units: distances between inner slab and plane of reference according to methods I and II in FIG. 78.
- FIG. 81 Facade units: deviations in height at the top of the inner slab.
- FIG. 82 Facade units: vertical displacement between adjacent units.
- FIG. 83 Seating of girder on the column.
(höjbrickor = levelling washers, avstånd (a) som mäts för beräkning av antal höjdvikelsor = distance (a) measured in order to determine number of levelling washers required, korridorbalk = corridor girder, höjdmärkning för underkant balk = mark for soffit of girder, höjdfel (f) när upplagsytan inte är horisontell = vertical error (f) due to underside of slab not being horizontal)
- FIG. 84 Girders: deviations in level of girder soffit at the ends.
- FIG. 85 Girders: deviations in level of girder soffit at the centre.

- FIG. 86 Girders: deviations in level of girder soffit, measured at three points.
- FIG. 87 Girders: horizontal deviations of the soffit and top of the girders.
- FIG. 88 Girders: alteration in level of the centre (D) after placing of Components D.
- FIG. 89 Girders: deviations in level of tops of girders at the ends.
- FIG. 90 Girders: deviations in level of tops of girders at the centre.
- FIG. 91 Girders: deviations in level of tops of girders at centre and ends.
- FIG. 92 Girders: deviations in heights of girders from factories K and V.
- FIG. 93 Levelling of the top of the girder can be performed using an ordinary levelling staff or a suspended staff. (avvägningsstång = levelling staff, plats för D-komponent = space for Component D, hängstång = suspended staff)
- FIG. 94 Girders: deviations in level of tops of girders at the ends (after the 1968 summer holidays).
- FIG. 95 Girders: levels at the centre (after the 1968 summer holidays).
- FIG. 96 Girders: camber at the soffit after placing of Components D.
- FIG. 97 Girders: difference in level between girders.
- FIG. 98 Girders: difference in level at girder soffit.
- FIG. 99 Girders: differences in height $H_2 - H_1$.

- FIG. 100 Girders: displacement (F_{Ldu}) between adjacent Components D caused by difference in level over top of girder.
- FIG. 101 Girders: the influence (R) of the surface irregularity of the top of the girder on the displacement between adjacent Components D.
- FIG. 102 Girders: deviations in length after transfer of prestress in girders from factories K and V.
(mätställe = measurement position)
- FIG. 103 T-beams: deviations in longitudinal dimension (after transfer of prestress).
- FIG. 104 Girders: deviations in length after transfer of prestress in girders from factory V.
- FIG. 105 Girders: deviations in length after transfer of prestress in girders from factory K.
- FIG. 106 Girders: deviations in width in girders from factories K and V.
- FIG. 107 Girders: deviations in width of tops of girders from factory K.
- FIG. 108 Girders: deviations in width of tops of girders from factory V.
- FIG. 109 Girders: deviations in width in soffits of girders from factory K.
- FIG. 110 Girders: deviations in width in soffits of T-beams from factory K.
- FIG. 111 Girders: deviations in width of tops of T-beams.
- FIG. 112 Girders: alterations in length after transfer of prestress in factories K and V.
(översidan = top, mitten = centre, undersidan = soffit)
- FIG. 113 Girders: deviations in height of girders from factory V.

- FIG. 114 Girders: deviations in height of girders from factory K.
(nominellt = nominally)
- FIG. 115 Deviations in widths of joints between girders and columns.
(fog mellan balk och pelare = joint between girder and column)
- FIG. 116 Girders: relationship between joint width, girder length and distance between column centres.
- FIG. 117 Girders: displacement between column and girders.
- FIG. 118 Girders: factors causing displacement between column and girders.
- FIG. 119 Girders: deviations (L_D) of upright sides from the vertical.
(vertikalplan = vertical plane)
- FIG. 120 Girders: difference in dimension between top and bottom in girders from factory K.
(Ö.K. = top, U.K. = bottom)
- FIG. 121 Girders: lateral curvature (gauge length = length of girder = 6810 mm).
- FIG. 122 Girders: lateral curvature (gauge length = 6810 mm).
- FIG. 123 Girders: deviations in dimension to fittings cast in (vertical surfaces).
- FIG. 124 Girders: deviations in dimension to fittings cast in (horizontal surfaces).
- FIG. 125 Girders: deviations in dimension to fittings cast in (vertical surfaces).
- FIG. 126 Girders: deviations in dimension to fittings cast in (horizontal surfaces).
- FIG. 127 Girders: camber over a length of 4410 mm (measurements taken at factory K).

- FIG. 128 Camber in T-beams. (Measuring in the factory.)
- FIG. 129 Typical drawing of hollow flooring unit (Component D).
- FIG. 130 Components D. Deviations in thickness. (Some units were measured at four places.)
(t = measurement position)
- FIG. 131 Deviations in level of soffit of flooring units.
(mätpunkter = measurement points)
- FIG. 132 Deviations in level of tops of flooring units.
- FIG. 133 Difference in level between soffits of flooring units (F_{du}).
- FIG. 134 Difference in level ($F_{dö}$) between tops of flooring units.
- FIG. 135 Shape, dimensions and positional deviations which cause differences in level between flooring units.
(D-komp. = flooring unit, fasadelement = facade unit)
- FIG. 136 Flooring units: differences in level caused by differences in level between girders and facade units.
(riktning Ö.K. balk = direction of top of girder, riktning Ö.K. fasadelement = direction of top of facade unit, höjdskillnad mellan intilliggande D-komponenter = difference in level between adjacent flooring units, balk = girder, D-komp. = flooring unit, fasadelement = facade unit)
- FIG. 137 Differences in level between flooring units placed end-to-end.
(balk = girder)
- FIG. 138 Positional deviations of flooring units in the direction of the girders.
(observerade läget = observed position, planerade 1 = specified p)
- FIG. 139 Flooring units: deviations in distance between lighting recess and the inner slab of the facade unit.
(balk = girder, armaturutttag = lighting recess, fasad = facade)

- FIG. 139A Flooring units: positions of lighting recesses in relation to a straight line.
(rät linje = straight line)
- FIG. 140 Deviations in direction of flooring units (R).
(D-komp. = flooring unit, balk = girder, fasadelement = facade unit)
- FIG. 141 Deviations in length of flooring units.
- FIG. 142 Deviations in width of flooring units.
- FIG. 143 Deviations of flooring units from the straight.
/mätpunkt (3 per sida) = measurement point (3 per side/
- FIG. 144 Deviations in joint width between flooring units.
(element = units)
- FIG. 145 Flooring units: deviations in relative positions of fittings cast in.
- FIG. 146 Flooring units: deviations in position of fittings cast in.
- FIG. 147 Flooring units: deviations in length of bearing on girders.
(balk = girder, fasad = facade)
- FIG. 148 Flooring units: deviations in length of bearing on facade units.
- FIG. 149 Flooring units: deviations in the value of dimensions "d".
- FIG. 150 Deflection of flooring units.
(nedböjning av botten i stålformar till D-komponent - mätt på 4 ställen = deflection of steel formwork for flooring units - measured at 4 points, nedböjning efter montering = deflection after placing, balk = girder, fasad = facade)
- FIG. 151 Flooring units: deformation of the soffit at the supports.

- FIG. 152 Warping of the soffits of flooring units.
(stålformarnas skevhet = warping of steel formwork,
skevhet U.K. D-komp. efter montering = warping of
soffits of flooring units after placing)
- FIG. 153A Deviations of flooring units from a flat surface
(255 units). Distributions of M_g and of distances d_i
and V_i (see FIG. 78).
(enligt = according to, element = units)
- FIG. 153B Deviations from a flat surface of steel formwork used
for flooring units (17 No). Distributions of distances.
Distributions of M_g and distances d and V_i (see
FIG. 78).
- FIG. 154 Typical drawing of TTK-unit.
- FIG. 155 T.T. cassettes: deviations in width.
(stålformarna på fabrik = steel formwork at the
factory, formar = shutters, element: breddavvikelser
efter avformning = units: deviations in width after
striking of shutters, element = units, skillnaden
mellan element och form = differences between units
and shutters)
- FIG. 156 T.T. cassettes: deviations in length.
- FIG. 157 T.T. cassettes: deviations in thickness.
- FIG. 158 T.T. cassettes: warping measured on the site.
- FIG. 159 T.T. cassettes: lateral deformation.
- FIG. 160 T.T. cassettes: camber.
(fabriksmätning = measurements at the factory,
mätning efter montering = measurements after placing)
- FIG. 161 T.T. cassettes: differences in level at soffit.
- FIG. 161A T.T. cassettes: displacement in level between adjacent
units.
- FIG. 162 Deviations in distance between columns and facade.

- FIG. 163 Differences (U-N) in column-facade distance at floor and ceiling respectively.
(fasad = facade, pelare = column, D-komponent = flooring unit, balk = girder)
- FIG. 164 Differences (U-N) in distances between columns at floor and ceiling respectively.
- FIG. 165A Rectangle enclosed between floor, facade unit, ceiling and column. Deviation from nominal length.
(fasad = facade, balk = girder, pelare = column, D-komponent = flooring unit)
- FIG. 165B Rectangle enclosed between floor, facade unit, ceiling and column. Deviation from nominal height.
- FIG. 166A Rectangle enclosed between floor, girder and 2 columns. Deviation from nominal length.
(For corresponding values between columns and facade see FIG. 165A.)
- FIG. 166B Rectangle enclosed between floor, girder and 2 columns. Deviation from nominal height.
- FIG. 167 Joints between staircase tower and the inner slab of the facade unit (measured at 2 points).
- FIG. 168 Deviations from length and width of the blocks.
- FIG. 169 The mean error curve and the error ellipse as quality measures for points in a triangular network.
- FIG. 170 Polygon network and base lines. Error ellipses for polygon points and reference points for the block LUDVIG (see also FIG. 6). Scale for error ellipses 1:1.

R18: 1971

Denna rapport avser projekt nr 136 inom Statens institut för byggnadsforskning. Arbetet har skett med anslag från Statens råd för byggnadsforskning

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Abonnemangsgrupp: p (produktion)**

Pris: 29 kronor