

PLANLAGTE PUBLIKATIONER
I MONTAGEBYGGERI-SERIEN

omhandler følgende emner:

- Udvalg 1. *Montagebyggeriets
nuværende stade.*
- Udvalg 2. *Kuldebroer. (Publ. nr. 2).
Fugttransport i ydervægge.
Facadeelementers rationelle
opbygning og virkemåde.*
- Udvalg 3. *Skiver opbygget af elementer. (Publ. nr. 1).
Bæreevne af tværbelastede,
indstøbte bolte.
Koncentrerede belastninger på
bjælker. (Publ. nr. 5).*
- Udvalg 4. *Fuger. (Publ. nr. 4).
Samling af elementer,
specielt betonelementer.
Byggeriets nøjagtighed. (Publ. nr. 6).
Statistik, målinger fra praksis,
betonelementer, forme, råbygningen.
Installationer.
Modulordningen. (Publ. nr. 3).*

PRIS KR. 12,—.

DANSK INGENIØRFORENING · BYGGERATIONALISERINGSUDVALGET

MONTAGEBYGGERI

PUBLIKATION NR.

6

BYGGERIETS NØJAGTIGHED

Statistik – målinger fra praksis – betonelementer – forme – råbygningen

*Accuracy
in Building Construction*

ARBEJDSUDVALG 4 KØBENHAVN 1956

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

LABORATORIET FOR BYGNINGSTEKNIK

I henhold til lov nr. 209 af 7. juni 1952 har boligministeriet af midlerne til teknisk-videnskabelig forsknings- og forsøgsvirksomhed stillet 194.000 kr. til rådighed for Dansk Ingeniørforening til brug for et udvalg vedrørende BYGGERIETS RATIONALISERING, især MONTAGEBYGGERI.

Denne publikation er en del af udvalgets arbejde i årene 1954-57.

Arbejdet har været fordelt på nedenstående udvalg:

Hovedudvalg

- Arbejdsudvalg 1. Montagebyggeriets nuværende stade.
- Arbejdsudvalg 2. Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde.
- Arbejdsudvalg 3. Statiske problemer i montagebyggeri.
- Arbejdsudvalg 4. Fuger, tolerancer og installationer.

Udvalgsmedlemmer:

Medlem af udvalg:

civilingeniør POVL R. ANDERSEN, formand for udvalg 4	Hovedudvalg, 2, 4
arkitekt PH. ARCTANDER, M.A.A.	Hovedudvalg, 1
underdirektør, civilingeniør J. CHRISTOFFERSEN	3
civilingeniør P. M. FREDERIKSEN	4
direktør, civilingeniør JOH. HARTMANN	1
arkitekt EDV. HEIBERG, M.A.A.	4
civilingeniør W. JØNSSON	3
civilingeniør JOHS. JØRGENSEN	1
civilingeniør C. C. KIRCHHEINER	2
professor P. KJÆRGAARD, M.A.A.	4
civilingeniør V. KORSGAARD	2
arkitekt ESKE KRISTENSEN, M.A.A.	Hovedudvalg, 1, 2
civilingeniør A. K. KROG	2
civilingeniør P. E. MALMSTRØM, formand for hovedudvalget	Hovedudvalg
civilingeniør, dr. phil. P. W. MARKE	2
civilingeniør E. PHAFF MØRCK	4
civilingeniør EW. OLSEN	4
civilingeniør E. C. PEDERSEN	Hovedudvalg, 1
professor, dr. techn. B. J. RAMBØLL, formand for udvalg 3	Hovedudvalg, 3, 4
civilingeniør B. HØJLUND RASMUSSEN	Hovedudvalg, 3
civilingeniør SØREN RASMUSSEN	Hovedudvalg, 3
civilingeniør W. R. SIMONSEN, formand for udvalg 1	Hovedudvalg, 1
civilingeniør H. C. E. TEISEN	4
ingeniør J. THORSEN, M. af I.	4
civilingeniør V. USSING, formand for udvalg 2	Hovedudvalg, 2, 3
arkitekt M. VOLTELEN, M.A.A.	4
civilingeniør J. N. M. WÆRUM	1
civilingeniør JOHS. F. MUNCH-PETERSEN, sekretær for	Hovedudvalg, 1, 2, 4

I udvalgenes arbejde har endvidere deltaget civilingeniørerne M. EGESKJOLD (2), JØRN LUND (2), H. O. SONNE ANDERSEN (3), K. NOMMESEN (3), FL. MØLLER (4) samt nogle polyteknikere ved løsning af specielle opgaver.

Arbejdsudvalg 4:
Fuger, tolerancer og installationer.

BYGGERIETS NØJAGTIGHED

Statistik, målinger fra praksis, betonelementer, forme, råbygningen

Accuracy in Building Construction

INDHOLDSFORTEGNELSE

INDLEDNING	5
FEJLENES TEORI	7
Fejl - statistisk set	7
Statistisk behandling af målinger	15
Ensidig fejl - middelfejl	19
Statistisk kvalitetskontrol	24
PLANLÆGNING	31
Toleranceangivelser	31
Kontrolmålingerne	34
Tolerancernes økonomiske betydning	37
OPMÅLINGER AF ELEMENTER	39
Udvalgets målemetoder	39
1. ELEMENTER STØBT I TRÆFORME	43
1 A - 1 B. Udvalgets målinger. Etageplader og forme (Træafstivede forme)	45
1 C. Elementfabriks målinger. Tagplader (Træforme med stålafstivning)	57
2. ELEMENTER STØBT I BETONFORME	59
2 A - 2 D. Udvalgets målinger. Etageplader og forme (Stålsideforme, boltesamling og anslagskant)	61
2 E. Elementfabriks målinger. Etageplader og vægelementer (Træsidedeforme, boltesamling)	95
3. ELEMENTER STØBT I STÅLFORME	99
3 A - 3 B. Udvalgets målinger. Etageplader og forme (2 mm stålplade)	101
3 C. Elementfabriks målinger. Vægelementer	115
4. AFSÆTNINGER AF HULLER, BÆRINGER O.S.V.	117
Udvalgets målinger	117

(fortsættes)

KONKLUSIONER OM ELEMENTPRODUKTIONENS NØJAGTIGHED	131
1. Træforme	131
2. Betonforme	132
3. Stålforme	136
4. Afsætning af huller, bæringer o.s.v.	136
RÅHUSOPMÅLINGER	139
1. 13-ETAGES HØJHUS I MONTAGEBYGGERI	139
1 A. Etagehøjder	141
1 B. Vægafstande	145
1 C. Vægtykkelser	151
1 D. Ribbeafstande i loft (montagenøjagtighed)	152
2. MONTAGE AF SVÆRE DRAGERE	153
3. MURVÆRKSOPMÅLINGER	155
3 A. Højhuse	155
3 B. Beboelsesblokke	155
3 C. Kontorbygning	158
3 D. Konklusioner	170
SUPPLEMENT	173
1. Længder af tommestokke	173
2. Udenlandske erfaringer	174
SUMMARY	177

I N D L E D N I N G

Denne beretning er udarbejdet af arbejdsudvalg 4: "Fuger, tolerancer og installationer" under Dansk Ingeniørforenings udvalg til Rationalisering af Byggeriet.

Udvalgets sammensætning fremgår af omslagets pag. 2, målingerne er udført af en række polyteknikere under ledelse af udvalgets sekretær, eller er stillet til rådighed for udvalget af entreprenørfirmaer. Ved den statistiske behandling af resultaterne har professor, dr. phil. A. Hald og civilingeniør Hans Brøns, Universitetets statistiske Institut, ydet værdifuld hjælp, specielt ved udarbejdelsen af en rapport over udvalgets målinger af produktion i betonforme.

Beretningen omfatter en gennemgang af fejlteorien og en oversigt over de statistiske kontrolmetoder, den praktiske udførelse af målingerne, måleresultaterne og konklusioner.

Formålet har ikke været at lave en lærebog over nøjagtig betonelementproduktion, men at konstatere, hvor nøjagtigt produktionen foregår idag, og at påpege, hvor der formodentlig bør sættes ind, hvad der idag med rimelighed kan forlanges og hvorledes betingelser og kontrol kan udformes.

FEJLENES TEORI

FEJL - STATISTISK SET

Producerer man een eller ganske få enheder ad gangen, vil statistik og overvejelser over fejlårsager være af mindre interesse, men så snart produktionen omfatter et større antal ens enheder, bliver statistik, kontrol og eliminering af fejlårsager nødvendige dele af tilrettelæggelsen af en produktion med en given nøjagtighed eller med givne kvalitetskrav.

Indenfor byggeindustrien er masseproduktion en ny ting, så ny, at ikke alle fabrikanter endnu har gjort sig klart, hvordan man rationelt bedømmer, om produktionen overholder de opstillede krav.

En hvilken som helst produktion vil være behæftet med fejl. Selv den bedste maskine kan ikke producere fejlfri elementer; fejlene (og forkellene mellem de enkelte elementer) kan være små, hvis maskinen er god, men afvigelserne vil altid kunne måles, måske ikke med tommestok, men kun med mikrometerskrue.

Formålet med den "matematiske" behandling af produktionen er ikke at fjerne fejlene, men at angive en fornuftig og overkommelig måde til at finde ud af, hvor store fejl der i værste fald kan ventes, og måske samtidig til at angive, hvorledes disse fejls maksimalværdier kan formindskes.

Ordet fejl har en undertone af noget forkert, selv om fejlteorien lærer, at en del af fejlene er tilfældige og uundgåelige. Disse små uundgåelige fejl kunne man måske kalde afvigelser for at mildne sprogbrogen - i denne beretning skelnes mellem målafvigelser, der er det enkelte elements afvigelser fra normen, og tolerancer, der angiver de største afvigelser, der kan tillades. Målafvigelser er altså knyttet til det enkelte element, tolerancer til produktionen som et absolut krav fra beskrivelsen, fra betingelserne. Har et element målafvigelser, der er større end tolerancerne, kasseres det ubetinget; er målafvigelserne mindre end tolerancen, godkendes elementet, for så vidt det ikke har andre fejl.

Tolerancerne angiver altså bygherrens (eller montageentreprenørens) krav, resten er overladt til producenten indtil kontroløjeblikket, hvor bygherrens repræsentant kan kassere ved sine kontrolmålinger.

Fejlernes, målafvigelseernes størrelse og årsager bliver derfor et afgørende spørgsmål for producenten. Der må indføres kontrol. En sådan kontrol kan bestå i tilfældige enkeltmålinger med mellemrum, men metoden giver ingen oplysninger om produktionen som helhed, kun om det enkelte element.

Hvis man ikke vil kontrollere samtlige elementer - det er dyrt og ikke helt effektivt, da der kan optræde målefejl - må man udtage en passende del af produktionen til kontrol.

Udtager man f. eks. mindst ti prøver af en leverance på nogle hundrede elementer, har man et grundlag for en rimelig bedømmelse af produktionen, forudsat at prøverne virkelig repræsenterer de producerede elementer. Prøverne må derfor udtages tilfældigt, således at de f. eks. ikke blot omfatter alle de første elementer eller alle elementer fra en bestemt form.

Af afgørende betydning for at bedømme produktionen er det, at disse 10 måleresultater behandles rigtigt. Blot at se på tallene og konstatere, at ingen elementer har afvigelser over f. eks. 3 mm, giver intet billede af produktionen, og i reglen vil en produktion, hvoraf 10 prøver har afvigelser mellem f. eks. ± 3 mm, have produktionsgrænser, der er væsentlig videre. Måske er en tolerance på ± 5 mm den mindste, der netop kun overholdes! Fejlteorien må tages i anvendelse.

Fra gammel tid har man i landmålingen inddelt fejlene i en række grupper:

Grove fejl, der kan have en hvilken som helst størrelse. Disse fejl er uundskyldelige, de skyldes forsømmelser og manglende kontrol.

Eksempel: 10 cm gal afsætning. Grove fejl kan for så vidt være ganske små, men små, grove fejl vil forsvinde i mængden af småfejl, og ofte definerer man, at fejl, der er større end 3 gange produktionens middelfejl (se nedenfor) er grove fejl.

Lovmæssige fejl, hvis årsager kan konstateres og måles, f. eks. de fejl, der følger af, at et stålbånd benyttes ved en gal temperatur eller med et for kraftigt træk.

Tilfældige fejl, der kan opdeles i:

Tilfældige fejl, der har større chance for at have eet fortegn, end det modsatte.

Afretter man f. eks. et udstøbt element med overfladevibrator, der forskydes hen over formens kanter, kan tykkelsen kun blive større end eller lig med sideformens tykkelse, d.v.s. at målafvigelse opad kan antage meget store værdier, mens målafvigelse nedad højst kan blive lig middeltallet minus sideformens tykkelse.

Tilfældige, normalt (symmetrisk) fordelte fejl. Det er denne gruppe, der er den største i de fleste, fornuftigt tilrettelagte produktioner. Den omfatter de små, uundgåelige fejl fra tilfældige fejlkilder. Disse fejls størrelse kan holdes nede, men fejlene, målafvigelseerne kan aldrig undgås.

Talbehandlingen af måleresultaterne vil fremgå af nedenstående eksempel:

Eksempel:

Af en produktion af etageplader, er der målt længden af 10 plader. Pladernes længde var i betingelserne fastsat således $l = 4010 \pm 5$ mm, d.v.s. at der var tilstræbt en middellængde, et tilvirkningsmål på 4010 mm og tolerancen var ± 5 mm. (I den internationale terminologi kaldes alle mål inden for toleranceområdet for tilvirkningsmål (4010 ± 5 eller $4005/4015$), men i denne beretning er det det tilstræbte gennemsnit, der benævnes tilvirkningsmålet, da der derved skabes en lettere terminologi for måleresultaternes behandling og kontrollens udførelse).

De ti målinger gav resultaterne i mm: 4010, 4012, 4013, 4011, 4014, 4008, 4011, 4011, 4013, 4007. En umiddelbar bedømmelse af disse målinger synes at vise, at produktionen sagtens kan overholde tolerancekravene. Dette er dog ikke rigtigt, som det skal vises nedenfor.

Den gennemsnitlige længde, middeltallet af måleresultaterne, er 4011 mm. Dette viser, at formen normalt er lidt for stor (elementerne har en tilbøjelighed til at blive for lange). Forskellen Middellængden (4011) - Tilvirkningsmålet (4010) kaldes i denne beretning Den ensidige fejl, $4011 - 4010 = +1$ mm. Udover denne gennemsnitlige afvigelse har elementerne tilfældige afvigelser, der enten kan regnes ud fra tilvirkningsmålet eller ud fra middeltallet. Når vi har valgt at definere de tilfældige målafvigelser som $v = \text{Den enkelte måling} - \text{Middeltallet af samtlige målinger}$, skyldes det, at man derved umiddelbart kan anvende den almindelige fejlteori.

Resultatet af målingerne bliver da: a) en værdi for den ensidige fejl, der udtrykker den gennemsnitlige afvigelse og b) en række tilfældige afvigelser, v , fra gennemsnittet.

De tilfældige afvigelser, v 'erne, vil sædvanligvis være fordelt efter Gauss' fordeling, d.v.s. symmetrisk om middeltallet med flest afvigelser omkring 0, og således, at antallet af afvigelser af en bestemt størrelse bliver mindre og mindre, jo større afvigelser der er tale om. Der observeres slet ingen meget store afvigelser.

Ordner vi målingerne efter størrelse, kan vi grafisk afbilde afvigelseerne på to måder:

A. Som vist på fig. 1, histogrammet, hvor afvigelseernes størrelse er afsat som abscisse, antallet af afvigelser af en bestemt størrelse som ordinat. Hver søjles højde repræsenterer antallet af afvigelser for den pågældende værdi af afvigelsen. Det ses, at der er flest afvigelser af størrelsen 0, og at antallet af afvigelser aftager, når afvigelsen bliver større og større. Havde der været et meget stort antal målinger, og havde man fundet det interval, afvigelseerne strækker sig over, f. eks. 100.000 længdemålinger, hvor antallet af afvigelser blev optalt for hver $\frac{1}{10}$ mm spring, ville man få en aftrappet kurve, der praktisk talt kunne erstattes med den på fig. 2 viste klokkekurve, den såkaldte normalfordeling (Gauss-kurven).

Denne kurves ligning er:

$$y = \frac{1}{m\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{v^2}{2m^2}}$$

og angiver fordelingen for uendeligt mange målinger (målafvigelser, y kan, da der er uendeligt mange målinger, ikke udtrykke antallet, men er et billede på det relative antal fejl, idet arealet af kurven mellem givne fejlgrænser angiver det relative antal fejl mellem disse grænser.

B. Målafvigelserne kan også afbildes som vist på trappekurven fig. 3. Som abscisser benyttes v -værdierne, som ordinat det procentiske antal afvigelser, der er mindre end eller lig denne abscisseværdi. De konstruerede punkter forbindes med den viste trappekurve, idet man fra hvert punkt går lodret ned til skæring med en vandret linie gennem det foregående punkt.

Denne afbildning har den fordel, at man umiddelbart får en fornemmelse af fordelingen af afvigelserne. Prøvede man f. eks. at lægge de målte elementer i en stabel, ordnet efter størrelse, således at de mindste elementer kom i bunden, og således at f. eks. endefladerne flugtede lodret over hinanden til venstre, ville man få den på fig. 5 viste stabel (hvor målafvigelsernes størrelse er overdrevet). Endefladerne til højre danner en polygon, der er magen til polygonen på fig. 3.

Man kan også her vise, at man for et meget stort antal målinger og et fint delt afvigelsesinterval får en polygon, der kan erstattes med en matematisk bestemt kurve, den såkaldte normal-fordelings-sumkurve, se fig. 4. Såvel afbildningen fig. 3 som fig. 5 går for uendelig mange målinger over i kurven fig. 4.

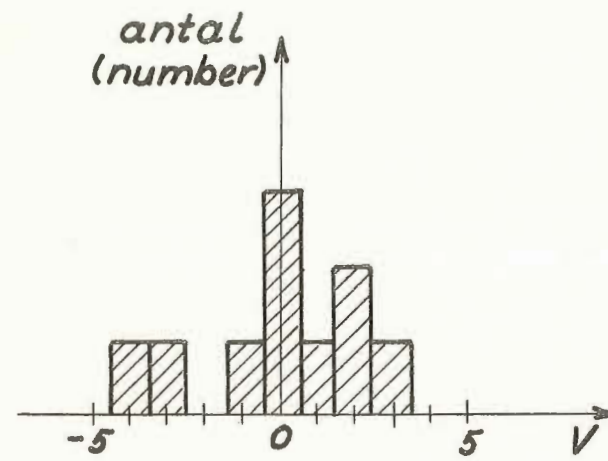


Fig. 1

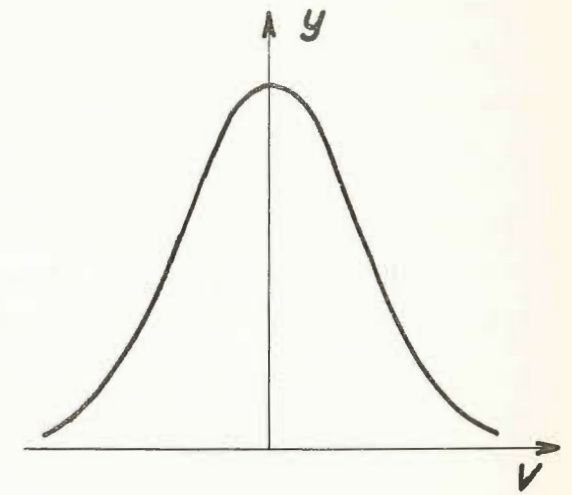


Fig. 2

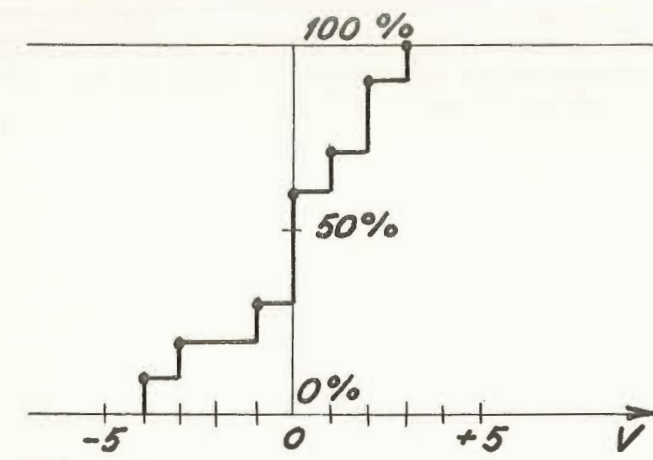


Fig. 3

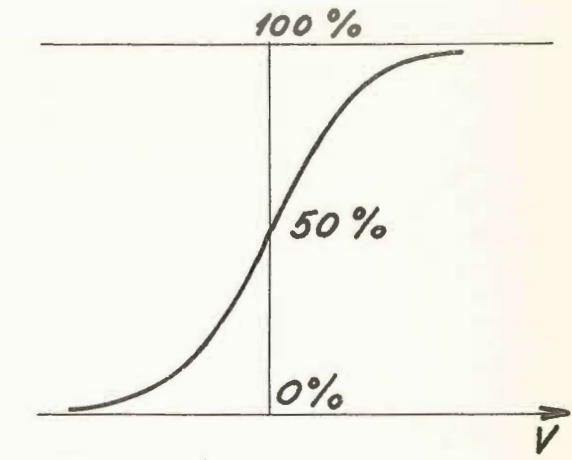


Fig. 4

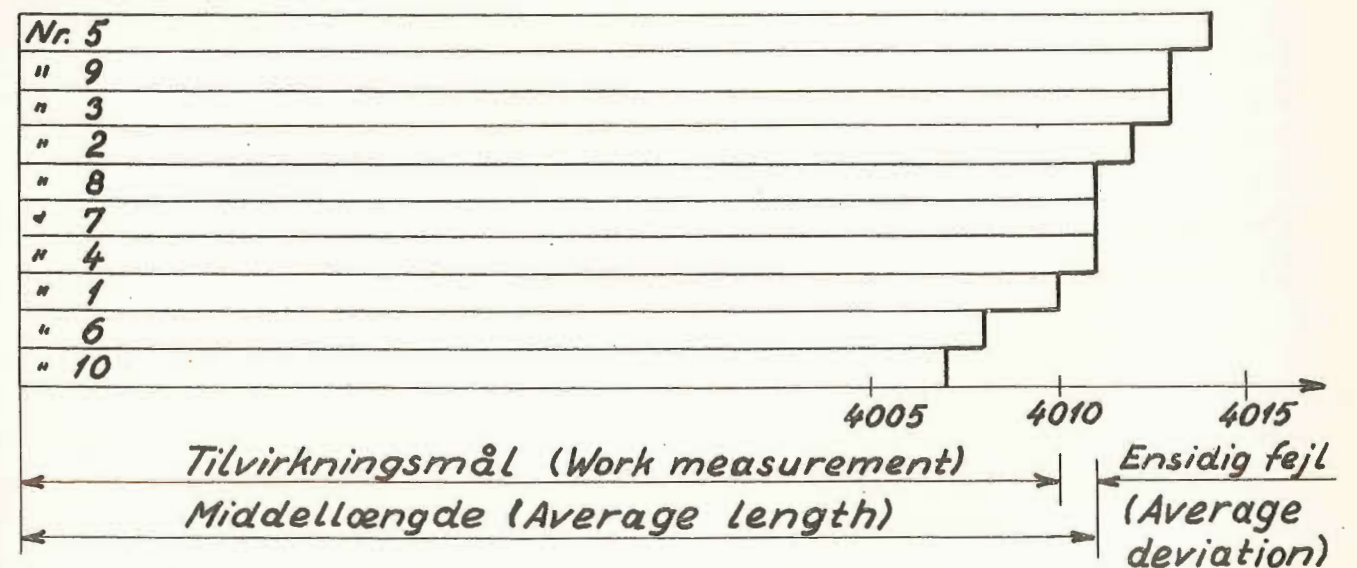


Fig. 5

Eksempel på skema over målingerne.

Elementtype:		Form nr.:		Målt af:	Dato:
Element nr.	Længde	v	v ²	Bredde, tykkelse, vindskævhed o.s.v. i tilsvarende kolonner.	
1	4010	-1	1		
2	4012	+1	1		
3	4013	+2	4		
4	4011	0	0		
5	4014	+3	9		
6	4008	-3	9		
7	4011	0	0		
8	4011	0	0		
9	4013	+2	4		
10	4007	-4	16		
Sum	40110	0	44		
Middeltal		4011			
Tilvirkningsmål		4010 ±5			
Ensidig fejl		+1			
Middelfejl $\sqrt{\frac{44}{9}}$		= 2,2			
Største afvigelse fra tilvirkningsmål		(+4 -3)			
Fra middeltal		(+3 -4)			
Ordnet efter størrelse fås til brug for histogram (fig. 1) og trappekurve (fig. 3):					
Måling nr.	v	Størrelsen af afvigelsen v	Antal målinger	Summeret antal	Summeret antal i %
10	-4	-5	0	0	0
6	-3	-4	1	1	10
1	-1	-3	1	2	20
4	0	-2	0	2	20
7	0	-1	1	3	30
8	0	0	3	6	60
2	+1	+1	1	7	70
3	+2	+2	2	9	90
9	+2	+3	1	10	100
5	+3	+4	0		
Sum (Σ)	0	Sum (Σ)	10 målinger	-	-

Man kan nu vise, at en række afvigelser, fundet ved målinger, kan sammenfattes i eet tal, middelfejlen (spredningen). Alle klokkekurver (fig. 2, i praksis histogrammer, fig. 1) og alle sumkurver (fig. 4, i praksis trappekurver, fig. 3 eller fig. 5) ligner hinanden, men store afvigelser (unøjagtig produktion) giver en bred klokkekurve og en flad sumkurve, mens små afvigelser giver en smal klokkekurve og en stejl sumkurve. Parameteren er middelfejlen.

Middelfejlen defineres som:

$$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}},$$

hvor $\sum v^2$ er summen af afvigelsernes kvadrater, og hvor n er antallet af målinger. I eksemplet fik man $\sum v^2 = 44$, $n = 10$, d.v.s. $m = \sqrt{\frac{44}{10-1}} = 2.2$ mm, (tabellen pag. 12).

Ved en normal produktion vil 68 % af afvigelserne ligge inden for grænserne $\pm m$; 95 % vil ligge inden for grænserne $\pm 2 m$ og 99,7 % af afvigelserne vil ligge inden for grænserne $\pm 3 m$. I praksis vil altså hele produktionen ligge inden for grænserne $\pm 3 m$.

Foreligger der kun 10 målinger, er beregningerne behæftet med så stor usikkerhed, at man ikke kan udtale sig med sikkerhed om produktionen. Middelfejlen på middelfejlen er ca. $\frac{m}{\sqrt{2(n-1)}}$, altså ca. 0.5 mm i det viste eksempel og middelfejlen på middeltallet $\frac{m}{\sqrt{n}}$, altså ca. 0.7 mm

I praksis vil man ofte have erfaringer fra mange forme af samme type. Disse erfaringer kan samles til een, ret nøjagtig middelfejlbestemmelse, idet man danner middeltallet af middelfejlkvadraterne. Af p middelfejlbestemmelser med resultaterne m_1, m_2, \dots, m_p fås $m_m = \sqrt{\frac{\sum m^2}{p}}$. Forudsættes en sådan bestemmelse at give $m_m = 2.2$ mm, kan man sige, at tolerancerne ± 5 mm teoretisk ikke kan overholdes da $\pm 3 m = \pm 6,6$ mm, forudsat at produktionen følger normale fejllove. Produktionsgrænserne kan dog ikke bestemmes nøjagtigt, da middeltallet for den enkelte produktion er for usikkert, men må ligge i omegnen af $4011 \pm 6,6 \sim 4004/4018$. Middelfejlen på disse grænser er middeltallets middelfejl = 0.7 mm og tallene kan derfor svinge $\pm 3 \cdot 0,7$ mm, Grænserne kan være 4002/4016 eller 4006/4020.

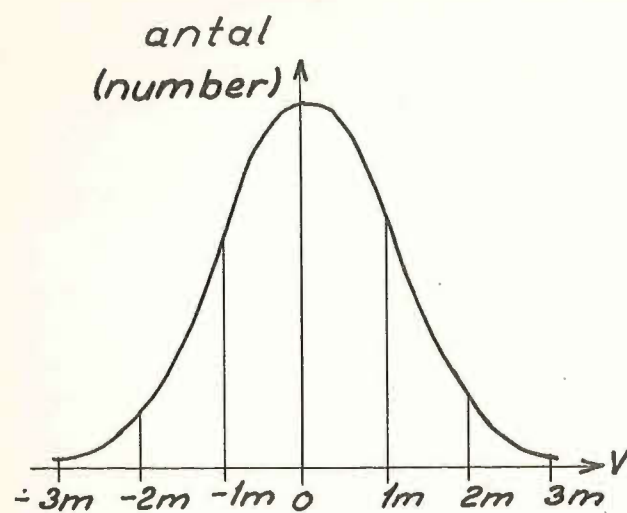


Fig. 6

m = middelfejl (= standard deviation)

v = afvig. fra middeltal (= deviation from average)

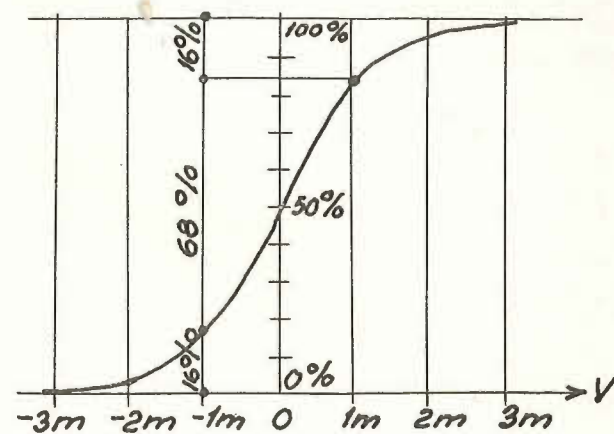


Fig. 7

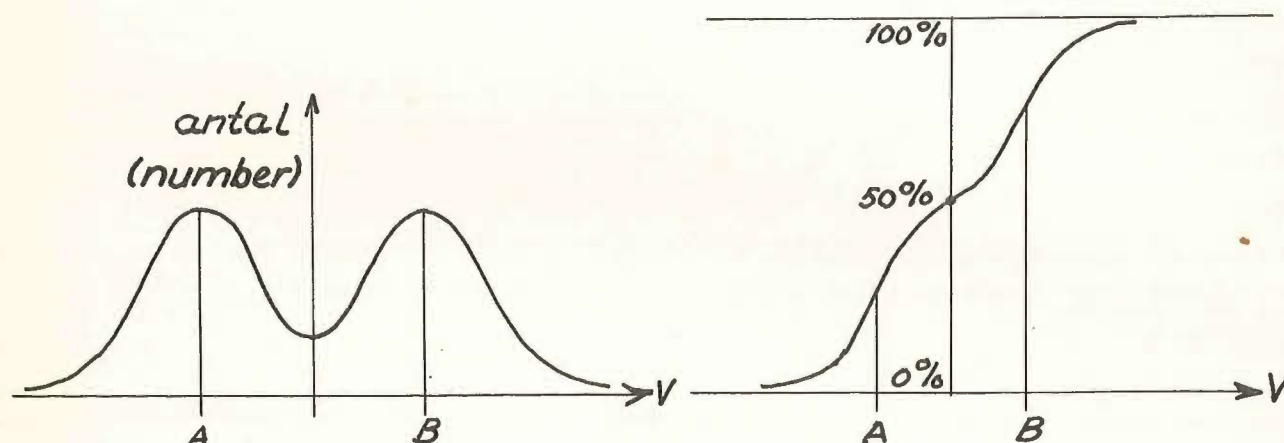


Fig. 8

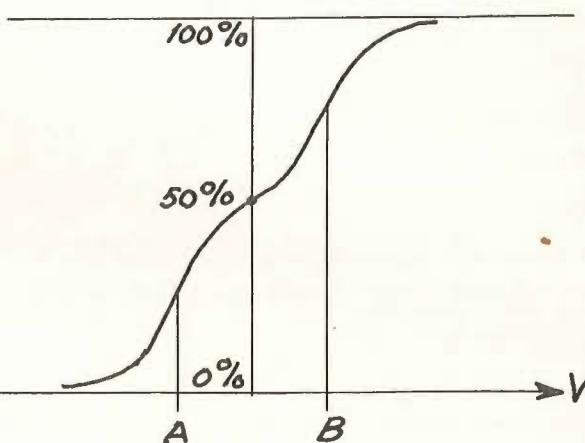


Fig. 9

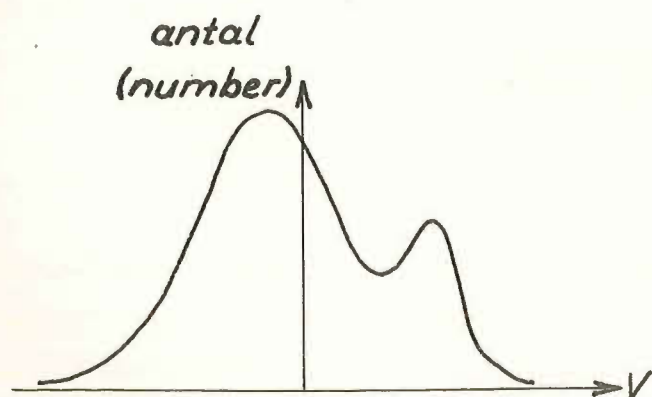


Fig. 10

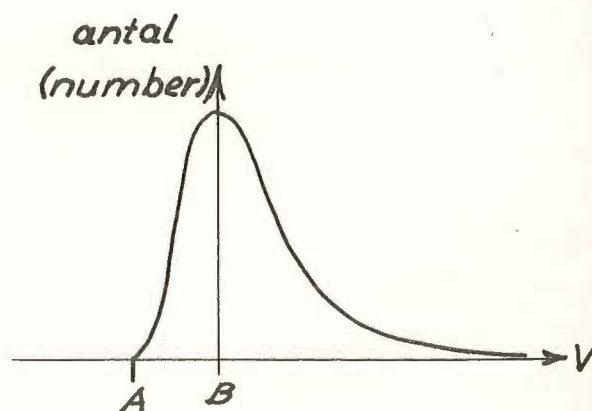


Fig. 11

STATISTISK BEHANDLING AF MÅLINGER

Det i forrige afsnit opstillede eksempel kan i praksis opstilles f. eks. efter skemaet pag. 12.

Vi er da overalt gået ud fra, at fejlfordelingen er normal, således at man overhovedet kan tale om en middelfejl beregnet på den viste måde, om 3 m -grænser for 100 % og 2-grænser for 95 % af produktionen o.s.v. Vi forudsatte, at klokkekurven og sumkurven har form som de på fig. 6 og 7 viste kurver, hvor m , 2 m og 3 m -grænserne er indtegnede. Det fremgår, at det største antal afvigelser ligger omkring 0, at der er lige mange positive og negative afvigelser, og at antallet af afvigelser aftager hurtigt, når afvigelsens størrelse vokser, for at blive næsten 0 for afvigelser omkring 3 m . Sumkurven, fig. 7, er f. eks. stejl omkring $v = 0$ (50 %), d.v.s. at de fleste fejl ligger her, og meget flad med 0 % og 100 % linierne som asymptoter for store afvigelser. Tænker man på sumkurven som udtryk for elementendefladerne, smlgn, fig. 5, bliver det ovenfor sagte anskueligt.

Selv om afvigelserne i reglen fordeler sig efter de normale love, er det ikke altid sikkert. Hvis man f. eks. får en fordelingskurve som på fig. 8 eller en sumkurve som fig. 9, ses det, at produktionen fordeler elementerne omkring to middeltal A og B. Tilsyneladende er der lige mange elementer i den del af produktionen, der giver middeltallet A og den del, der giver middeltallet B, og tilsyneladende er fordelingen om hver af disse middeltal normal. En sådan situation kan f. eks. opstå, hvis de målte elementer er producerede i to forme, hvoraf den ene er lidt for lille og giver middeltallet A, mens den anden er lidt for stor og giver middeltallet B - eller hvis endebegrænsningen i formen kan fastspændes enten i en stilling, der fører til A eller i en stilling, der fører til B. Forskellen kan også skyldes, at der i produktionen medvirker to arbejdssjak, der har hver sin arbejdsmetode. I et sådant tilfælde vil det være forkert at beregne m på normal vis. Årsagen til fordelingsens unormale udseende må findes, og de to grupper behandles hver for sig. Det viser sig måske, at form A giver middeltallet A og middelfejlen m_A , form B middeltallet B og middelfejlen m_B (er formene ens opbyggede er m_A oftest lig m_B). Produktionsgrænserne bliver da $A - 3 m_A / B + 3 m_B$.

I andre tilfælde er eet middeltal overvejende, et andet af mindre betydning, som f. eks. vist på fig. 10. Også i dette tilfælde må årsagen findes og målingerne behandles i to grupper (evt. i endnu flere grupper).

Får man en "klokkekurve" af form som på fig. 11, er der tale om en ensidig fordeling. Afvigelserne kan ikke blive mindre end A, der er flest afvigelser i

området omkring B, og opadtil kan afvigelserne blive store. Et sådant tilfælde har man, når et elements tykkelse er bestemt af, at oversiden afrettes med overfladevibrator, der glider på sideformene. Tykkelsen kan aldrig blive mindre end sideformens højde (A), normalt er tykkelsen lidt for stor (B), og i enkelte tilfælde er udførelsen så sjusket, at vi får afvigelser, der er en del større end B.

Den nemmeste måde til at undersøge, om fordelingen er normal (fig. 6 og 7), er at benytte sumkurven, optegnet på et specielt inddelt papir, sandsynlighedspapir, hvor ordinataksen er således inddelt, at sumkurven bliver en ret linie, hvis fordelingen er normal.

Selv om kurverne ser normale ud, er det ikke sikkert, at fordelingen er det. Afviger sumkurven, optegnet på sandsynlighedspapir, ikke meget væsentlig fra en ret linie, vil det dog være rimeligt at benytte den ovenfor udviklede teori om 3 m-grænserne. Men man må da gøre sig klart, at det måske ikke er 99,7 %, der ligger mellem 3 m-grænserne, men måske kun en noget mindre del af produktionen. Rent teoretisk kan man, med de værst tænkelige fordelinger risikere, at kun ca. 90 % ligger inden for 3 m-grænserne. I praksis er de fleste fordelinger dog så nær normale, at 3 m-grænserne bør kunne anvendes som produktionsgrænser. Kun for kostbare elementer eller i tilfælde af krav om erstatning for forsinkelser som følge af kassation af elementer vil det være rimeligt at passe mere på.

Er kurverne derimod udpræget unormale, se f. eks. fig. 8 og 9, må teknikken i beregninger og/eller produktion revideres. Så længe alle fejlårsager er tilfældige, kan den almindelige teori anvendes, men hvis der f. eks. er systematiske fejl, vil det være misvisende at beregne en middelfejl uden videre.

Hvis tykkelsen af et element som helhed bestemmes af, hvor mange og hvor store skovlfulde beton, der fyldes i formen, altså bestemmes af arbejderens humør etc., indføres der en fejlkilde, der er overordnet de almindelige små tykkelsesvariationer fra sted til sted på elementet. Denne overordnede variation er måske også underkastet de normale fejllove, og den repræsenterer det sted, hvor der først bør sættes ind for at mindske afvigelserne. Kurver som fig. 8, 9 og 10 viser systematiske afvigelser, der kræver opdeling i mindre grupper. Fig. 11 viser en ensidig fordeling, som må holdes under kontrol. I statistikken taler man om, at processen er i kontrol (fig. 6, normal fordeling) eller at processen er ude af kontrol som f. eks. på fig. 8. Men deles fig. 8 i to grupper, A og B, vil der antageligt være to systematiske, adskilte processer, der er i kontrol om hvert sit middeltal.

Når man undersøger f. eks. målingerne af tykkelserne af 10 elementer, støbt i betonforme (pag. 64-65), viser det sig, at samtlige 70 målinger (7 målinger på hvert af de 10 elementer) ikke kan behandles hver for sig. For det første kunne man undersøge, om der var forskel på tykkelsernes gennemsnit på de forskellige steder af elementet, altså om der var en systematisk afvigelse, således at f. eks. et bestemt hjørne altid var det tykkeste og en bestemt ribbemidte altid var den tyndeste. Middeltallene for t_1 eller t_2 eller t_3 ----- t_7 er dog så nær ens, at forskellene er tilfældige. Der er ingen grund til at skelne mellem de enkelte målesteder. Derimod er der et andet forhold, der viser, at produktionen er ude af kontrol, set fra de små, tilfældige variationers side. Undersøger man tykkelserne for hvert element for sig, viser det sig, at visse elementer er særligt tykke for alle målesteder, f. eks. element nr. 1, visse elementer er særligt tynde, f. eks. element nr. 5. Der er altså en systematisk afvigelse, der antagelig kan forklares ved, at der er fyldt ekstra meget beton i formen til element nr. 1 og særlig lidt i formen til element nr. 5. Disse tykkelsesvariationer for pladen som helhed kan opfattes som overordnede fejlkilder, mens de enkelte målingers variationer ud fra helheden er de almindelige tilfældige afvigelser, (underordnede). Ved en udvidet statistisk behandling kan de overordnede og de underordnede variationer adskilles. I dette tilfælde er der dog ikke materiale nok til at undersøge den overordnede variation af tykkelsen. En nærmere undersøgelse af arbejderens metoder vil være påkrævet.

Tilsvarende vil f. eks. gælde, hvis man måler bredden af en række elementer og på hvert element måler bredden flere steder. Alle afvigelserne kan ikke behandles under eet, hvis det f. eks. gælder, at bredderne i den ene ende har en tendens til at være større end i den anden ende, eller hvis sideformens fastholdelse er af en sådan art, at man i nogle tilfælde får, at alle bredderne er for store, i andre tilfælde for små. Hvis disse fejlkilder ikke forekommer (eller hvis de elimineres ved en udvidet behandling), kan man beregne breddernes underordnede, tilfældige variationer. Fejlkilderne kan ofte grupperes i flere hinanden overordnede grupper. Konstaterer man, at alle elementer fra en bestemt form er bredere i den ene end i den anden ende, er dette en systematisk fejl. Men undersøger man nu samtlige forme på fabrikken, kunne det tænkes, at nogle forme var bredest i den ene ende, andre i den anden o.s.v. Dette kunne måske, set fra produktionen som helhed, også være en tilfældig variation. Det kan tænkes, at nogle elementer som helhed er bredere end andre. Denne variation af gennemsnitsbredden kan også være tilfældig,

f. eks. forårsaget af, at sideformen den ene gang tilfældigvis var for langt ude, den anden gang for langt inde. En underordnet fejlkilde føjer sig nu hertil: Sideformen kan fra sin, som helhed f. eks. for yderligt anbragte, placering foretage små drejninger, enkelte steder kaster træet sig mere o.s.v. Tiden er ofte en overordnet kilde til systematiske variationer. Træforme vokser med tiden, produktionsmetoderne ændres o.s.v. Fra dag til dag eller uge til uge kan betonkvaliteten svinge; arbejderens humør kan svinge - en ny mand kan blive sat ind - dette forårsager måske en ændret tilspænding af formene.

Det er klart, at man skal sætte ind over for de overordnede fejlkilder først, hvis man vil forbedre produktionen. Selv om det er tilfældigt, at form 1 har alle højreribber længst, form 2 alle venstrieribber længst, er det dog mere effektivt at fjerne denne tilfældige variation ved en bedre kontrol med formproduktionen, end at forbedre samlingsmetoderne, således at variationerne om den for lange (korte) ribbelængde nedskæres. For tykkelserne er det mere rationelt at forbedre teknikken ved fyldning af formen end at forbedre glitteteknikken, sålænge vi blot ser på ønsket om en konstant tykkelse. Bruges afretning ved at føre en retskede hen over formen, er det vigtigere at kontrollere, at den føres "i bund", således at den overflødige beton skræbes af, end at fjerne småunøjagtigheder på den flade, der foretager afretningen. Bruges en overfladevibrator til dette arbejde er problemet i øvrigt ikke så meget, om der skræbes beton af, som om vibratoren overhovedet afretter. Betonen er jo under vibreringen en tungtflydende vædske, og er der for megen beton i formen, vil vibratoren nok skubbe en del af den overskydende beton foran sig, men en del vil samtidig "strømme" under vibratoren og vise sig som en bølge bag vibratoren.

ENSIDIG FEJL - MIDDELFEJL

Pag. 9 defineredes:

Den ensidige fejl = Middeltallet af målingerne - Tilvirkningsmålet, og
Middelfejlen ud fra v'erne = Den enkelte målings resultat - Middeltallet af målingerne.

Set i relation til det ovenfor nævnte, må det erkendes, at den ensidige fejl ikke nødvendigvis behøver at være resultatet af manglende kontrol, men godt kan være følgen af tilfældige, overordnede afvigelser, som det vil være for dyrt at udrydde. De ensidige fejl fra mange forme, fra hele fabrikkens produktion kunne måske samles som overordnede, tilfældige fejl med deres middelfejl. De ensidige fejl, som de kan konstateres ud fra elementerne, vil dog ofte ikke have en normal fordeling, enten fordi de er vilkårlige - ude af kontrol, eller fordi de som følge af kontrol ikke får lov til at fordele sig normalt: Formene kontrolleres 100 %, og man kasserer ofte - på et løst, vilkårligt grundlag - en del af formene i erkendelse af, at formproduktionen til tider har 3 m-grænser, der er større end de grænser man vil tillade for den færdige forms ensidige fejl, d.v.s. at man ved kassationen skærer de flade dele af fordelingskurverne (fig. 6 og 7) væk og arbejder med f. eks. 2 m-grænser. Middelfejlen kan vanskeligt konstateres, da formene ofte kasseres uden at man iøvrigt foretager en nærmere opmåling af hele formen. En gennemgribende måling af forme og behandling af alle resultater, også fra kasserede forme, vil kunne kaste lys over dette spørgsmål.

Erfaringsmæssigt kender de fleste producenter størrelsesordenen af de optrædende ensidige fejl - eller de sætter, i reglen vilkårligt, en eller anden kassationsgrænse, en tolerance for ensidige fejl.

Middelfejlen kan man ved undersøgelse af tidligere produktioner få et godt kendskab til. En bestemt formtype, formmateriale, samlingsmetode, lagringsmetode etc. giver næsten konstant den samme middelfejl.

Skal man starte en produktion af elementer med givne tolerancer, bliver problemet nu, hvorledes størrelserne af den ensidige fejl og middelfejlen skal afvejes i forhold til hinanden, for at tolerancerne kan overholdes, f. eks. med 3 m-grænser for 100 % af produktionen - eller med 2 m-grænser og 5 % kassation.

Den ensidige fejl er enten bestemt ved, at fabrikken har fastsat en grænse, G_E , for den ensidige fejl og kasserer forme, hvis ensidige fejl er større end G_E , eller ved at man ud fra erfaringer kender produktionens middelfejl på de ensidige afvigelser og sætter $G_E = 3 m_E$. I begge tilfælde må G_E kontrolleres inden formene tages i brug og under produktionen, især i begyndelsen.

Ud fra middeltallet, bestemt af den ensidige fejl, kommer nu de almindelige afvigelser, med en middelfejl, m , der i reglen er kendt ud fra erfaringer med den pågældende formtype.

- A. Arbejder man med en formtype, hvis stabilitet i form og samlinger er mindre god ved en rimelig udgift, vil man stræbe efter at kunne udnytte hele toleranceområdet til optagelse af disse målafvigelser, og dette vil sige, at den ensidige fejl må gøre meget lille. Som eksempel kan henvises til fig. 12, hvor tolerancen er ± 5 mm, og produktionen har en middelfejl $m = 1,5$ mm.

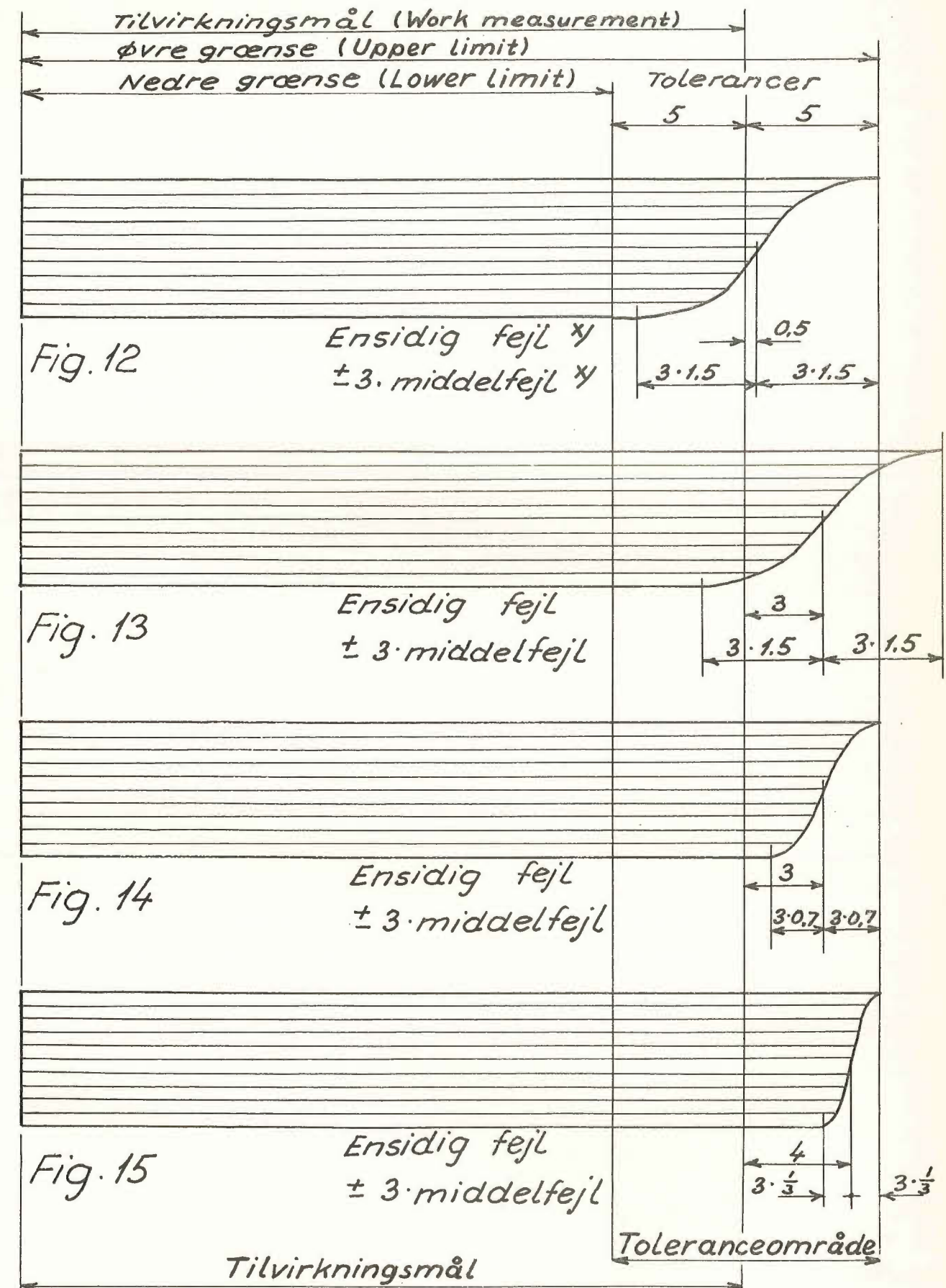
På fig. 12 er den ensidige fejl 0,5 mm og produktionsgrænserne bliver: Tilvirkningsmålet $+ 0,5 \pm 3 \cdot 1,5 =$ tilvirkningsmålet $\pm \frac{5}{4}$, altså inden for tolerancerne

På fig. 13 er den ensidige fejl 3 mm og grænserne bliver: Tilvirkningsmålet $+ 3 \pm 3 \cdot 1,5 =$ tilvirkningsmålet $\pm \frac{7,5}{1,5}$, d.v.s. at tolerancerne ikke overholdes.

På fig. 14 er den ensidige fejl stadig 3 mm, men man har for at overholde tolerancerne måttet nedsætte middelfejlen til 0,7 mm (sumkurven er stejlere). Grænserne er: Tilvirkningsmålet $+ 3 \pm 3 \cdot 0,7 =$ tilvirkningsmålet $\pm \frac{5}{1}$. Om det er bedst at presse den ensidige fejl ned (fig. 12) eller at presse middelfejlen ned (fig. 14) er et økonomisk spørgsmål, erfaringen må afgøre. Vanskeligheden ved overvejelserne ligger i, at middelfejlen på middeltallet er $\sqrt{\frac{m}{n}}$. For 10 målinger bliver usikkerheden på middeltallet og dermed på den ensidige fejl $\pm 3 \cdot \sqrt{\frac{m}{n}} \pm m$.

- B. Arbejder man med en meget stabil form med effektive samlinger, vil middelfejlen blive lille, og man kan tillade en større ensidig fejl, og samtidig bliver bestemmelsen af den ensidige fejl nøjagtig.

På fig. 15 ses en produktion, hvis middelfejl er $1/3$ mm (meget stejl sumkurve). Selv for en ensidig fejl på $+ 4$ mm er grænserne: Tilvirkningsmålet $+ 4 \pm 3 \cdot 1/3 =$ Tilvirkningsmålet $\pm \frac{5}{3}$. Tolerancerne er overholdt, men samtidig kan man spørge, om en sådan ensidig udnyttelse af toleranceområdet er ønskelig af andre grunde. Når den rådgivende sætter tolerancerne, er disse bestemt ved, at elementer, der netop kan godkendes, lige netop kan bruges i konstruktionen uden at man går montage- og fugekravene for nær. Normalt ville man ved udarbejdelsen af tolerancerne påregne, at hele området blev udnyttet, således at kun enkelte elementer når grænserne. Men når alle elementmål ligger så nær et bestemt mål (nedre grænse), ville man givet af praktiske og økonomiske grunde foretrække, at dette mål er midten af området. For at modvirke en sådan uheldig udnyttelse af tolerancerne, kan man detaljere sine krav og opstille fordringer om den ensidige fejls størrelse eller lignende, f. eks. kunne man tænke sig udover tolerancen ± 5 mm at forlange, at middeltallet af et eller andet antal prøver skulle ligge inden for meget snævrere grænser, f. eks. middeltal af 10 inden for $\pm 2,5$ mm.



† Upper series of measurements indicates average deviation
Lower series of measurements indicates $\pm 3 \times$ standard deviation

Problemet er vanskeligt i praksis, da også middeltallet har en middelfejl. Er middelfejlen på et element m , er middelfejlen på middeltallet $\sqrt{\frac{m}{n}}$, hvor n er antallet af prøver, der bestemmer middeltallet.

På pag. 23 vises i en tabel en række eksempler. Tilfældene A, B, C, D og E viser, at man for ensidige fejl på 0, 1, 2, 3 og 4 mm nok kan overholde kravet om tolerancer ± 5 mm, men at fordelingen måske bliver uønsket skæv. Det supplerende krav om tolerancen på middeltallet $\pm 2,5$ mm kan ikke opfyldes for de skæve fordelinger C, D og E. Det supplerende krav betyder, at den ensidige fejl i hvert fald må være mindre end 2,5 mm. Beholder man den ensidige fejl 2 mm i tilfælde C, må middelfejlen reduceres fra 1,0 til 0,55, se tilfælde F. Middelfejlen kan normalt ikke presses under 0,2 og den ensidige fejl bliver da højst 2,3 mm, se tilfælde G.

Har man ingen muligheder for at nedsætte middelfejlene i tilfældene C, D eller E, må de ensidige fejl reduceres. Man får da, svarende til tilfældene C, D eller E, de reducerede ensidige fejl, der angives for tilfældene H, I eller K.

Det supplerende krav resulterer altså i, at skæve udnyttelser, som i tilfældene C, D eller E, reduceres væsentligt. Tilfældet K er det, der ser mindst overbevisende ud, men det er dog givet tilstrækkeligt, at elementmålene overholder grænserne $+1,2 / +3,2$, når ekstremere som $-5 / +5$ kunne anvendes. Tabellen har kun tilfælde med ensidige fejl større end nul. For negative ensidige fejl bliver forholdene analoge, blot er det de nedre grænser, der bliver afgørende.

Der bør samtidig gøres opmærksom på, at det på den anden side ikke er nok udelukkende at stille krav for middeltallet af 10 prøver; 10 prøver er nemlig så få, at man meget let af en produktion kan udtage 10 prøver, der opfylder middeltalskravet, men ikke tolerancekravet for de enkelte elementer. F. eks. vil en produktion med ensidige fejl 0 og middelfejl 7 have produktionsgrænser ± 21 , altså alt for store, og en middelfejl på middeltallet på $\sqrt{\frac{7}{10}} = 2,2$. 68 % af middeltallene vil da ligge mellem grænserne $\pm 2,2$, og produktionen opfylder derfor middeltalskravet, bedømt herudfra. For store produktioner med mange middeltalsprøver er forholdene naturligvis bedre, og under alle omstændigheder vil en producent, der tager en chance med så dårlig en produktion altså løbe en stor risiko.

Kravenes formulering og kontrollen vil derfor i alle tilfælde bedst ske under et snævert samarbejde mellem bygherre, producent og montage-entreprenør. Det vil være til fordel for alle parter, at kontrollen sker på fabrikken i umiddelbar tilslutning til produktionen - således at der straks kan gribes ind, hvis en fejl opstår. Elementerne bør mærkes på en sådan måde, at deres formnr. og støbedatoen kan opspores, således at fejl kan føres tilbage til kilden.

Tilf. fejl.	Ens. fejl.	Midd. fejl.	Krav: Tolerance ± 5		Alle mål i mm		Supplerende krav: Tolerance på middeltal af 10 = $\pm 2,5$	
			Produktionsgrænser	Kravet er	Middelfejl på middeltal	Kravet er	Grænse for middeltal	Kravet er
A	0	1,66	$0 \pm 3 \cdot 1,66 = \pm 5$	udnyttet opad og nedad	$\frac{1,66}{\sqrt{10}} = 0,53$	$0 \pm 3 \cdot 0,53 = \pm 1,6$	opfyldt	
B	1	1,33	$1 \pm 3 \cdot 1,33 = \pm 5$	udnyttet opad	$\frac{1,33}{\sqrt{10}} = 0,42$	$1 \pm 3 \cdot 0,42 = \pm 2,3$	opfyldt	
C	2	1,0	$2 \pm 3 \cdot 1 = \pm 5$	udnyttet opad	$\frac{1,00}{\sqrt{10}} = 0,32$	$2 \pm 3 \cdot 0,32 = \pm 3,0$	ikke opfyldt	
D	3	0,67	$3 \pm 3 \cdot 0,67 = \pm 5$	udnyttet opad, skæv udn.	$\frac{0,67}{\sqrt{10}} = 0,21$	$3 \pm 3 \cdot 0,21 = \pm 3,6$	ikke opfyldt	
E	4	0,33	$4 \pm 3 \cdot 0,33 = \pm 5$	udnyttet opad, uønsket skæv udnyttet.	$\frac{0,33}{\sqrt{10}} = 0,10$	$4 \pm 3 \cdot 0,10 = \pm 4,3$	slet ikke opfyldt	
F	2	0,55	$2 \pm 3 \cdot 0,55 = \pm 3,7$	opfyldt	$\frac{0,55}{\sqrt{10}} = 0,17$	$2 \pm 3 \cdot 0,17 = \pm 2,5$	udnyttet opad	
G	2,3	0,20	$2,3 \pm 3 \cdot 0,2 = \pm 2,9$	opfyldt	$\frac{0,20}{\sqrt{10}} = 0,06$	$2,3 \pm 3 \cdot 0,06 = \pm 2,1$	udnyttet opad	
H	1,5	1,0	$1,5 \pm 3 \cdot 1,0 = \pm 4,5$	opfyldt	$\frac{1,00}{\sqrt{10}} = 0,32$	$1,5 \pm 3 \cdot 0,32 = \pm 2,5$	udnyttet opad	
I	1,9	0,67	$1,9 \pm 3 \cdot 0,67 = \pm 3,9$	opfyldt	$\frac{0,67}{\sqrt{10}} = 0,21$	$1,9 \pm 3 \cdot 0,21 = \pm 2,5$	udnyttet opad	
K	2,2	0,33	$2,2 \pm 3 \cdot 0,33 = \pm 3,2$	opfyldt	$\frac{0,33}{\sqrt{10}} = 0,10$	$2,2 \pm 3 \cdot 0,10 = \pm 2,5$	udnyttet opad	

STATISTISK KVALITETSKONTROL

Står man over for den opgave at skulle kontrollere en produktion, kan det ske på mange måder, tilfældigt eller systematisk.

For ganske små produktioner er der næppe basis at sætte et større apparat i sving, og kontrollen vil formentlig lettest kunne udføres som formproduktionskontrol og 100 %-elementkontrol. 100 %-kontrol er dog et fiktivt begreb, da der også under kontrollen kan ske fejltagelser, hvor man overser fejl.

Er der tale om en større produktion, er der grund til at forsøge at tilrettelægge kontrollen på et matematisk grundlag af hensyn til kontrolomkostningerne. Kontrollen kan indskrænkes til stikprøver, hvis resultaterne behandles rigtigt. For meget ømtålelige forme, f. eks. træforme, der kan slå sig og oftest vokser under produktionen, er det dog sikkert nødvendigt at eftermåle formene før hver støbning.

I maskinindustrien er "statistisk kvalitetskontrol" nu et almindelig kendt begreb. Det er naturligvis også lettere på et økonomisk grundlag at tilrettelægge en kontrol med en maskine, der producerer 100.000 enheder, men også for elementproduktioner kan metoderne tillempes, bl. a. fordi det viser sig, at en bestemt formkonstruktion næsten altid har den samme middelfejl, selv om der produceres lidt forskellige elementtyper. Hele produktionen kan derfor til en vis grad opfattes som en enhed, blot må der tages hensyn til, at der ikke er een maskine, men en række maskiner = forme, der nok har samme middelfejl, men individuelle ensidige fejl. Er de ensidige fejl små i forhold til middelfejlen, er der ingen grund til at individualisere; hele produktionen kontrolleres under eet. Man kontrollerer, at middelfejlen stadig er den samme, og at de ensidige fejl ikke vokser. Kontrollen med de ensidige fejl må udføres med kritik, da middeltallet som ovenfor nævnt er behæftet med en vis usikkerhed.

A. Lille middelfejl, ensidig fejl afgørende.

I nogle tilfælde er formkonstruktionen så stabil, at middelfejlen er ganske lille (0,2 - 0,3 mm), og det er den ensidige fejl, der afgør, om tolerancerne overholdes. I sådanne tilfælde kan kontrollen indskrænkes til at kontrollere den ensi-

dige fejl på den færdige form og de første elementer, hvorefter produktionen kan foregå uden anden kontrol end nogle få målinger for at konstatere, at den ensidige fejl (eller middelfejlen) ikke pludselig vokser. Bestemmelsen af middeltallet har kun ringe usikkerhed, d.v.s. at kontrollen er let.

I alle tilfælde må formene nummereres, og alle elementer må absolut forsynes med oplysninger om, hvilken form de stammer fra og hvornår de er støbt, således at fejl hurtigt kan føres tilbage til kilden.

B. Lille ensidig fejl, middelfejl afgørende.

Har man en større produktion, hvor middelfejlen - ens for alle forme - er bestemmende, kan produktionen som omtalt slås sammen under kontrollen. Det samme gælder, hvis der efterhånden udvikles formtyper (f. eks. til standardelementer), der kan udnyttes til et meget stort antal støbninger. Det vil da være rimeligt at benytte statistisk kvalitetskontrol. Der kan bl. a. henvises til professor, dr.phil. A. Hald: "Statistisk kvalitetskontrol" fra Dansk Ingeniørforenings Industrisektions kursus i statistisk kvalitetskontrol, 1955, i kommission hos Teknisk Forlag.

Den statistiske kvalitetskontrol udøves under to former:

A. Modtagekontrol, hvor et vareparti godkendes med en given %-sikkerhed for kravenes opfyldelse ud fra kriterier over det tilladelige antal fejlemmer i en prøve af en bestemt størrelse. Der kontrolleres kun, om emnet opfylder kravene eller ej, men en sådan "ja/nej-kontrol" vil ikke give tilfredsstillende oplysninger for en elementproduktion, specielt da antallet af elementer altid vil være lille, sammenlignet med maskinindustriens masseproduktion.

B. Proceskontrol, hvor emnerne måles, således at færre prøver giver et langt sikrere grundlag for bedømmelse. Målearbejdet er større end ved en simpel kontrol, f. eks. med tolerancegaffel, men da der kun er behov for relativt få prøver, og da disse prøver giver fyldigere oplysninger af betydning for justering af fejlkilder hos producenten, er denne metode givet at foretrække.

Proceskontrollen benyttes til at overvåge, om en proces stadig er "i kontrol", d.v.s. forløber med afvigelser fordelt efter de normale love, og med samme middeltal og middelfejl under hele processen.

En sådan kontrol kunne tænkes udført ved, at man med mellemrum udtog en prøve og afbildede resultatet på en kurve med prøvenummeret som abscisse, måleresultatet som ordinat (fig. 16). Denne kontrol viser naturligvis for det første, om prøverne er i orden, men desuden, om processen forløber normalt. Man vil dog meget nemt kunne drage forhastede slutninger af sådanne prøver. Hvis man f. eks. får et enkelt resultat, der ligger meget nær grænsen (afvigelsen er 3 x middelfejlen) vil man være fristet til at tro, at der er noget galt, selv om processen i virkeligheden forløber normalt, og den store afvigelse blot er tilfældig. Hvis man derfor prøver at korrigere formen på basis af en enkeltmåling, f. eks. gør formen mindre, fordi een måling viste en stor, positiv afvigelse, risikerer man blot, at man nu forskyder processens middeltal så langt ned, at de efterfølgende elementer bliver for små. Justering må kun foretages på basis af flere prøver, hvis der ikke er tale om en åbenlys fejl; altså en grov, ikke tilfældig fejl.

Man ledes da til, at det vil være rimeligere at samle prøverne i grupper. Der foretages f. eks. 5 prøver ad gangen, de enkelte målinger kontrolleres for at se, om der er overskridelser af tolerancerne, men iøvrigt afbildes disse resultater ikke grafisk. I stedet for det ene kontrolkort på fig. 16 benyttes nu to, et kontrolkort for middeltallet af 5 prøver, fig. 17, og et kontrolkort for R = differensen mellem det største og mindste måleresultat, fig. 18. Kontrolgrænserne for middeltallet, fig. 17, er nu ikke 3 x middelfejlen på et element, men 3 x middelfejlen på middeltallet. Middelfejlen på middeltallet af 5 målinger er $\sqrt{\frac{m}{5}}$, hvor m er middelfejlen på et element. Kontrolgrænserne på fig. 17 bliver da $\pm 3 \cdot \sqrt{\frac{m}{5}} = 1,34 m$. De tilsvarende kontrolgrænser for R, fig. 18 er $0,4,92 \cdot m$. Hvis middeltallet eller R overskrider disse grænser, betyder det det samme, som hvis enkeltresultatet overskred 3 x m-grænsen, nemlig at processen sandsynligvis er ude af kontrol. Egentlig ligger kun 99,73 % inden for 3 m-grænsen, så der er en lille sandsynlighed for, at det var blind alarm, men sandsynligheden er så ringe, at man altid bør kontrollere, hvis kontrolgrænserne overskrides. Der bør (med samme sandsynlighed for at finde en fejl) også kontrolleres forme, hvis 2 punkter efter hinanden ligger nær kontrolgrænsen, hvis 7 afvigelsøer i træk har samme fortegn etc. Det må fremhæves, at kontrol med middeltallet giver anledning til færre resultatløse formkontroller end enkeltprøver for det samme samlede antal prøver. Sikkerheden er større, d.v.s. at man ved at kontrollere middeltal fremfor enkeltprøver kan nøjes med et mindre samlet antal prøver.

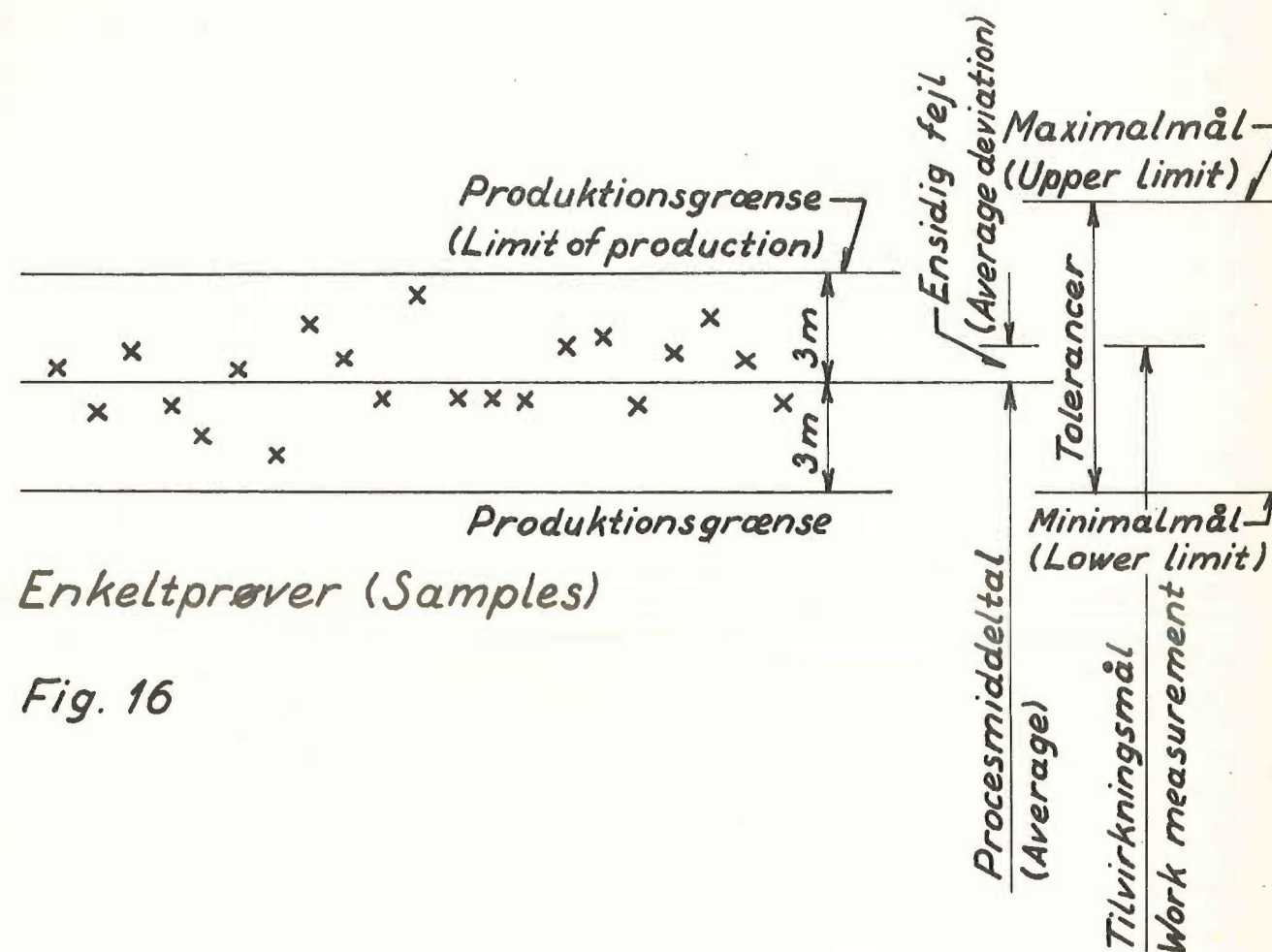
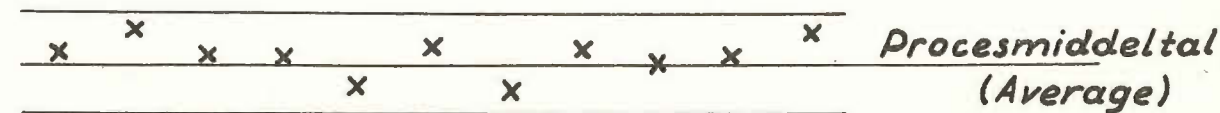
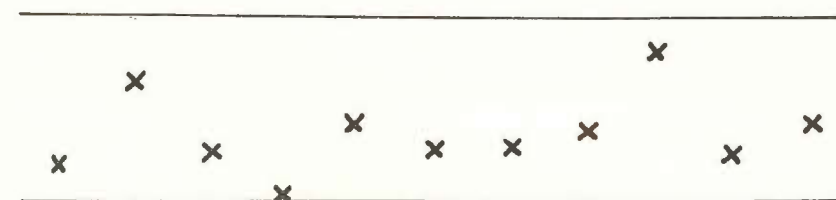


Fig. 16



Middeltal af 5 prøver (Average of 5 samples)
 Fig. 17



R - Kontrol

Fig. 18

På fig. 19 ses fuldt optrukket sumkurven for en produktion i kontrol med middeltal A. Sker der nu en pludselig forskydning af middeltallet - formen slår sig f. eks. - fra A til B - for nemheds skyld, er der tegnet en forskydning på 3 m - og forudsættes den nye produktion at fortsætte med samme middelfejl m som hidtil om det nye middeltal B, fås den punkterede sumkurve. En kontrol på et element på denne punkterede sumkurves venstre halvdel (mellem A og B) vil ikke advare kontrolløren, da han vil opfatte den konstaterede afvigelse som hørende til den oprindelige, optrukne sumkurves højre del.

Der er altså kun 50 % chance for, at den første kontrol vil afsløre en så væsentlig middeltalforskydning som 3 m. Derimod viser de stejle sumkurver for middeltallene af 5 målinger, fig. 20, at forskydningen "altid" vil blive opdaget. Få store stikprøver er derfor medre end mange enkeltprøver, men til gengæld vil der gå længere tid mellem hver prøve.

For kontrol med ustabile forme med dårlige samlinger, f. eks. træforme af billigt materiale, hvor formene vokser og kaster sig, er det ovenfor sagte også af interesse. Det viser, at man ikke bør justere formen, hver gang et måleresultat giver store afvigelser, men at man bør samle resultaterne i grupper og kontrollere middeltallet. Derved opdager man bedre middeltalsforskydningen, og risikerer ikke at bedømme et tilfældigt, men "lovligt" udsving i en enkeltprøve som et middeltalsspring.

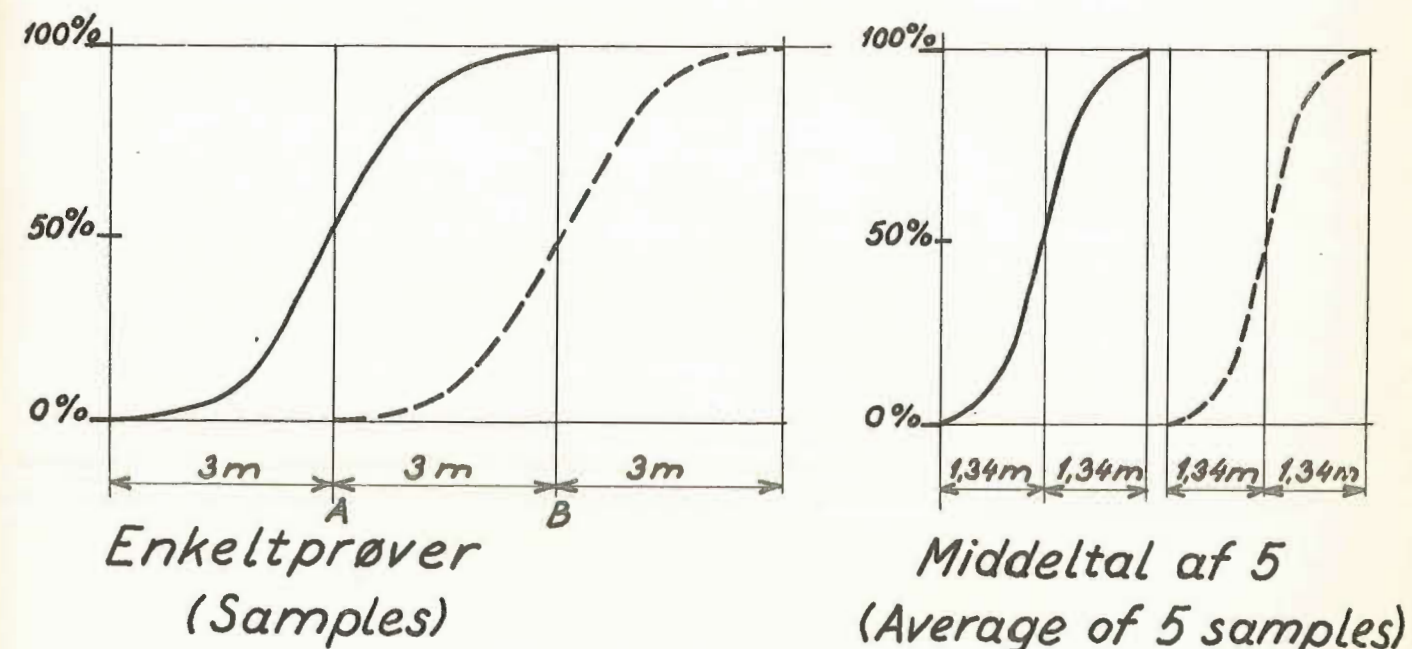


Fig. 19

Fig. 20

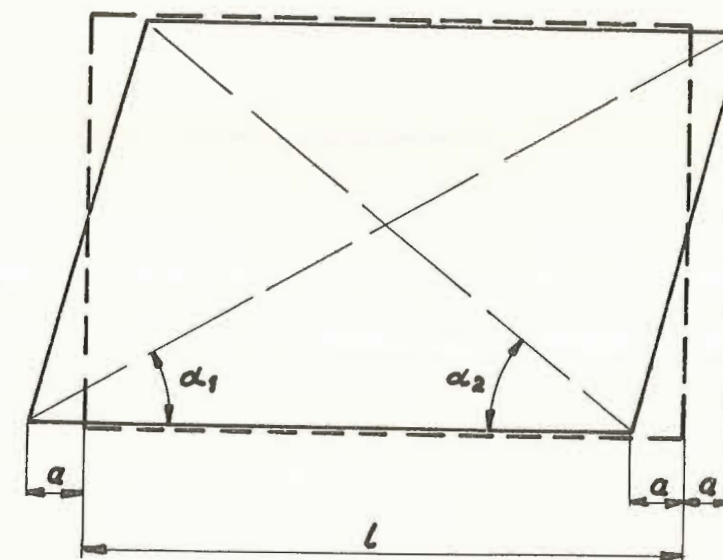


Fig. 21

PLANLÆGNING

TOLERANCEANGIVELSER

Den projekterende må ikke stille unødvendige eller unødvendigt strenge tolerancekrav. Tolerancen skal angive den yderste grænse for målafvigelse, hvor elementet lige netop endnu kan benyttes. Til gengæld må man derefter kontrollere overholdelsen - og kassere elementer, der blot overskrider med 1 mm.

Efter betingelserne er elementer, der overskrider tolerancerne, ikke konditionsmæssige, men i praksis vil man ofte, som det stadig er tilfældet, når betingelserne ikke er opfyldt, kunne overveje, hvad der i det givne tilfælde kan gøres. I nogle tilfælde vil æstetiske eller tekniske hensyn kræve, at elementerne kasseres. Men i mange tilfælde er denne løsning utilfredsstillende. Elementerne repræsenterer en stor værdi, og en kassation kan medføre forsinkelser, der vel kan lægges leverandøren til last, men ofte ikke er til at opgøre i penge. Den billigste løsning for alle parter kan tænkes at være, at man, hvor det er teknisk og æstetisk muligt, alligevel anvender elementerne. Dette vil medføre ekstraarbejder ved f. eks. bearbejdning af elementerne, ekstra montagearbejde, en ændret fugeteknik, ændring af de efterfølgende fags præfabrikerede dele, mindre tidstab o.s.v., udgifter, der alle må betales af leverandøren. At finde den bedste og billigste løsning: kassation eller ændringer (og disses form), bliver et bygherreproblem, der ofte vil være vanskeligt at løse. Det er derfor meget risikabelt for leverandøren ikke at overholde tolerancerne, da han (uden effektive protestmuligheder) må betale alle de følgende fags ekstraregninger - eller tage tabet ved kassation.

1. Tilvirkningstolerancer - elementets fabrikation.

Ved tolerancebestemmelser må der tages hensyn til montagetolerancen. I nogle tilfælde eksisterer der dog den mulighed, at man ved elementmål i nærheden af tolerancegrænsen kan rette på placeringen og derved undgå, at største målafvigelse på elementet optræder samtidig med største montage-målafvigelse. Ved montage af f. eks. facadeelementer synes f. eks. nominal fugebredde 20 mm og elementtolerance ± 5 mm at være passende sammenhørende værdier efter de hidtidige erfaringer.

Fastsættelsen af hvilke mål, der bør tolerancebegrænses, samt tolerancens størrelse, bør som før nævnt ske med omhu. Profileringers synlige kanters retlinethed m.v. må have små tolerancer, men størrelsen er svær at fastsætte i tal,

da det ofte er et rent æstetisk spørgsmål. En jævnt forløbende kurve kan måske tolereres, selv om "pilhøjden" er stor, mens tætliggende udsving til begge sider på blot ± 1 mm kan være kassationsgrund. Grater o.l. må ikke forekomme - huller heller ikke, men grænsen for mindre porers størrelse og antal, er det svært at fastslå.

I almindelighed er det især længde, bredde og tykkelse, der forsynes med tolerancer. Somme tider fastsættes også tolerancer, gerne meget små, på detaillier, der har betydning for samlingerne ved fugerne - for etageribbepladers vedkommende også for ribbeafstand, -højde og -form af hensyn til tilslutningen af andre elementer.

Det er dog meget væsentligt, at man ikke overser, at elementerne kan være ubrugelige, selv om disse mål er overholdt. Der bør derfor i reglen også sættes tolerancer, der begrænser vinkelafvigelserne for de rette vinkler mellem elementernes kanter. Endvidere bør vindskævheder holdes inden for visse grænser ved tolerancer - ellers vipper etagepladerne og facadeelementerne kan ikke danne en plan facade. Hertil kommer, at elementerne bør være plane og kanterne bør være retlinede.

Definition og fastsættelse af tolerancer på vinkelafvigelser, vindskævheder, samt krumninger af planer og kanter er et vanskeligt spørgsmål. Problemet kan ved "flade" elementer ofte omgås ved en kassedefinition, hvor man samler længde-, bredde-, tykkelses-, vindskævheds- og vinkel tolerancer til een tolerance, der defineres ud fra det korrekte element. Man angiver, at elementet skal kunne indeholdes i en tænkt "kasse", hvis overflade i alle retninger ligger $1/2$ tolerance uden for det korrekte element, og at elementets overflade skal kunne omslutte en anden tænkt "kasse", hvis overflade ligger $1/2$ tolerance inden for det korrekte element. (Det forudsættes naturligvis, at man ikke drejer og forskyder de tænkte kasser i forhold til hinanden og det korrekte grundelement). Derved er begrænsningen i elementmål fastlagt. Kontrollen er vanskelig, men i tvivlstilfælde er bestemmelsen klar.

Det vil oftest være rigtigt, om tolerancerne på visse hovedmål (i relation til "kassedefinitionen") har en størrelse, bestemt af fugeteknikken o.s.v., mens afgørende detalier og beslagafsætningen har mindre tolerancer, et krav der let opfyldes, da hovedmålene bestemmes af form, formsamlinger og lagringsforhold, mens detaillernes mål i reglen er bestemt af een sammenhængende formdel.

2. Montagetolerancen volder til tider visse vanskeligheder. Ofte giver spørgsmålet sig af sig selv, hvis elementets placering f. eks. er bestemt af, at elementet

har udsparinger, der under montagen griber om dorne. Af hensyn til montagen er dette arbejdsbesparende, og tolerancen på huller og dorne er et fabrikationsproblem, der må specielt specificeres under tilvirkningstolerancerne. I andre tilfælde er montagetolerancerne derimod afgørende for bygningens opførelse. Afstanden mellem vægelementerne er f. eks. bestemmende for, om de øvrige elementer, såvel råbygningens som de efterfølgende fags elementer, kan monteres. Anbringes et facadeelement f. eks. mellem to tværvægge, er tværvæggens afstand (montagetolerance) og elementernes mål (tilvirkningstolerancer) bestemmende for, om elementet kan komme på plads, og om fugebredderne ikke bliver for små eller for store; facadeelementets montageafvigelse spiller også ind, specielt for om fugerne bliver nogenlunde lige store. Samspillet mellem montagetolerancer og tilvirkningstolerancer er nærmere beskrevet i udvalgets beretning om "Modulordningen" (Publ. nr. 3, i kommission hos Teknisk Forlag).

For fabrikanterne er målsætningen af stor betydning. Mållinier bør såvidt muligt føres igennem, således at der kan kontrolleres til begge elementkanter, og hver detaille bør helst målsættes for sig, således at man ikke under arbejdet fører en fejlafsætning videre fra detaille til detaille, således at fejlen går igen på alle dele. Har et element f. eks. 3 huller i række, kan det være fordelagtigt om disse huller har hver sin mållinie, der angiver afstandene til begge elementkanter. De indbyrdes hulafstande bør (for at undgå fejlphobning) i reglen ikke anvendes ved formfabrikationen; under kontrollen kan de dog bekvemt benyttes, men i så fald skal de udregnes af kontrollanten. Dette princip er naturligvis ikke gennemførligt overalt - antallet af mållinier ville blive kolossalt - og ofte er det netop de indbyrdes afstande, der er af størst betydning og forsynede med tolerancer. Af psykologiske årsager er det bedst, om tolerancerne ikke påføres elementtegningerne, men står i beskrivelsen. Derved er fabrikken friere stillet, og de enkelte processers deltolerancer (formdelfabrikation, formsamling, støbning, lagring o.s.v.) kan opgives de respektive arbejdere uden mulighed for "forveksling" med den samlede tolerance.

Det er en selvfølge, at alle tegninger er fejlfri, f. eks. at selv den mindste klods er rettet færdig på alle tegninger, også på tegninger, der ikke vedrører elementets produktion, før fabrikationen startes. Ofte er disse regler ikke fulgt, og resultatet er blevet, enten at der er sket fejltagelser, eller at elementfabrikken har måttet omarbejde den rådgivendes tegninger, før produktionen har kunnet iværksættes. Også på dette punkt bør samarbejdet mellem parterne under totalprojekteringen udvides væsentligt.

KONTROLMÅLINGERNE

Kontrollen med elementets form i planen kan udføres ved måling af længder, bredder og diagonaler med efterfølgende beregning af den geometrisk overbestemte figur. Måleinstrumenter er f. eks. stållinealer, stålband o.s.v.

Dette kan dog udføres simplere, om end ikke ganske korrekt. Af fig. 21, pag. 29 fremgår, at et element, der i planen har de største tilladte længder og bredder (vist optrukket), alligevel kan ligge uden for den tænkte kasse (projekteret i planen i det viste punkterede rektangel), hvis elementet er parallelogramformet som følge af en vinkelafvigelse. Til fig. 21 må det bemærkes, at vinkelafvigelserne, symboliseret ved afvigelserne a , normalt er meget små i forhold til elementets dimensioner. Man har da, at differensen mellem diagonalerne er:

$$\frac{l + 2a}{\cos \alpha_1} - \frac{l - 2a}{\cos \alpha_2} \sim \frac{4a}{\cos \alpha_1} \sim 4a \text{ á } 5a.$$

Målafvigelserne $2a$ er af størrelsesordenen $1/2$ (á $2/5$) af differensen mellem diagonalerne. Man kunne da i de ofte forekommende tilfælde, hvor begge længder er nær det største tilladte, tænke sig at undersøge om $l_{\text{målt}} + 1/2 |d_1 - d_2| \leq \text{tilvirkningsmålet} + \text{tolerancen}$ (hhv. $l_{\text{målt}} - 1/2 |d_1 - d_2| \geq \text{tilvirkningsmålet} - \text{tolerancen}$).

Af hensyn til outrerede elementer bør kassedefinitionen dog bibeholdes.

I tilfælde hvor de to længder er væsentligt forskellige, f. eks. nær hhv. øvre og nedre grænse, må formen nærmere undersøges, men lignende simple, geometriske overvejelser vil i reglen være tilstrækkelige.

Differensen mellem diagonalernes længde giver i alle tilfælde en rettesnor.

For at kontrollere detailmål er det ofte nødvendigt at konstruere specielle måleinstrumenter, f. eks. som vist på fig. 22-24 og 26, der viser en række måleinstrumenter, som en elementfabrik har fremstillet til kontrol af formes hoved- og detailmål. Aflæsningen foregår i reglen med mikrometerskrue i $1/10$ mm. selv om denne decimal er uden praktisk betydning, har den dog haft væsentlig betydning ved at understrege, at de hele mm skal overholdes. Fig. 24 viser et simpelt måleinstrument til hurtig kontrol af f. eks. en ribbes smig. Her benyttes dog som vist kun en tommestok under formens tildannelse, aflæsning i hele mm. Forsåvidt kunne også dette instrument udbygges med en skrå, forskydelig stållineal langs ribbekanten med nonieaflæsning, men hvis en sådan flade, med afrundede kanter skal udføres og kontrolleres meget nøjagtigt, vil det ofte være lettere at bruge skabelon. Ribberne er af gibs, presset gennem skabelon, så faconen skulle være meget nøjagtig.

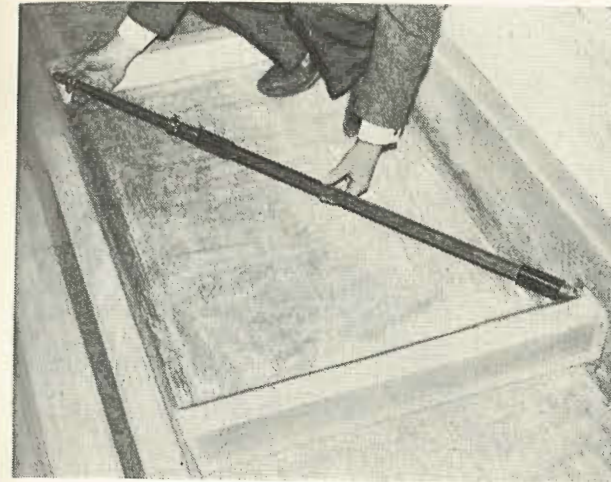


Fig. 22

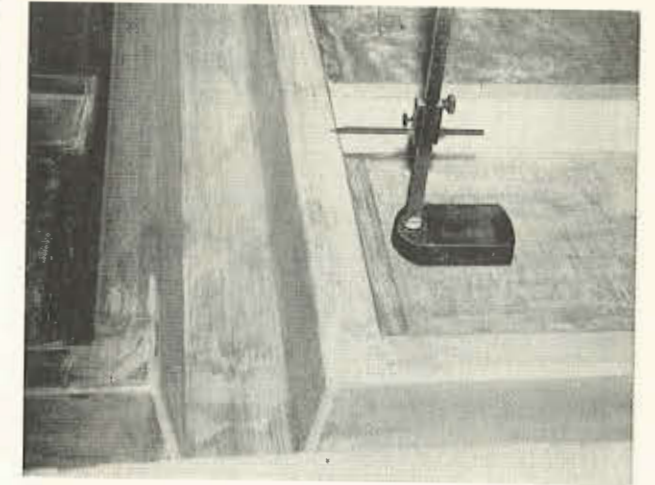


Fig. 23



Fig. 24

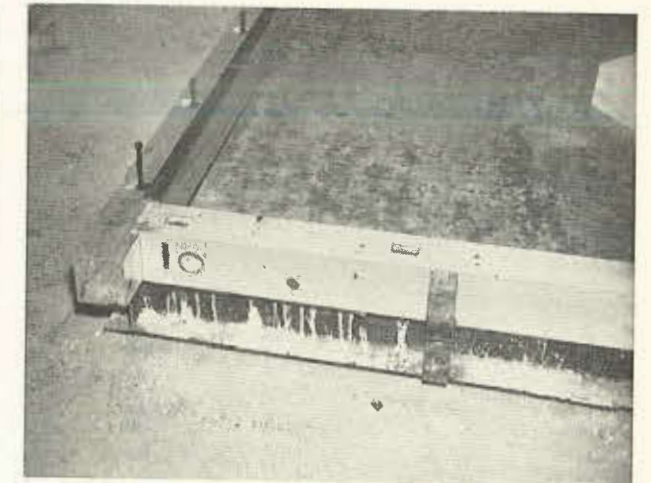


Fig. 25



Fig. 26

Kontrol af formes nøjagtighed.

Fig. 22. Vandrette hovedmål, her f. eks. diagonalen, kontrolleres med „målestok“ med mikrometerskrue. Der er fremstillet „stokke“ til mange måleområder, og hver stok har to forskydelige dele, der kan sammenspændes. Stillingen aflæses med nonie.

Fig. 23. Kontrol af udvendig ribbehøjde med nonieaflæsning i $1/10$ mm.

Fig. 24. Kontrol af ribbens smig.

Fig. 25. Betonform med træsideforme og samlinger med bolte, der passer stramt i tømmeret og fastholdes i bøsninger i bundformen. Middel fejl på længde og bredde $0,3$ mm.

Fig. 26. Kontrol af indvendig ribbehøjde ved kombineret anvendelse af måleinstrumenter som vist på fig. 22 og 23.

Control of the accuracy of moulds (figs. 22, 23, 24 and 26), readings taken in tenth of a mm.

Fig. 25. Concrete mould with wooden sides. Tight-fitting bolts fixed in the bottom of the mould. Standard deviation of lengths and breadths $.3$ mm.



Fig. 27

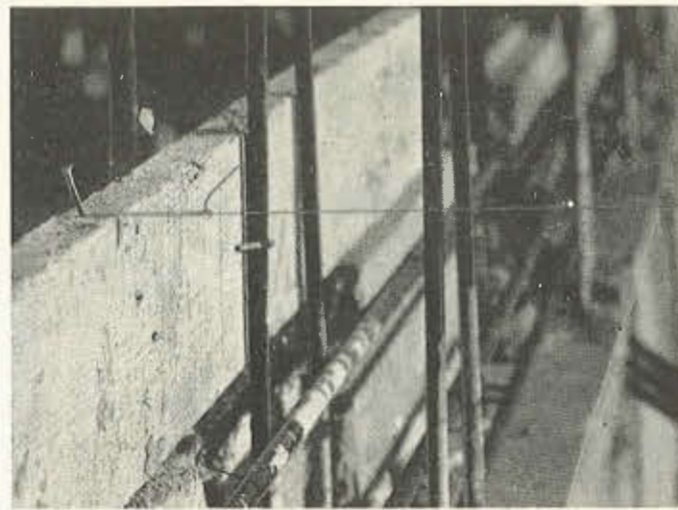


Fig. 28



Fig. 29

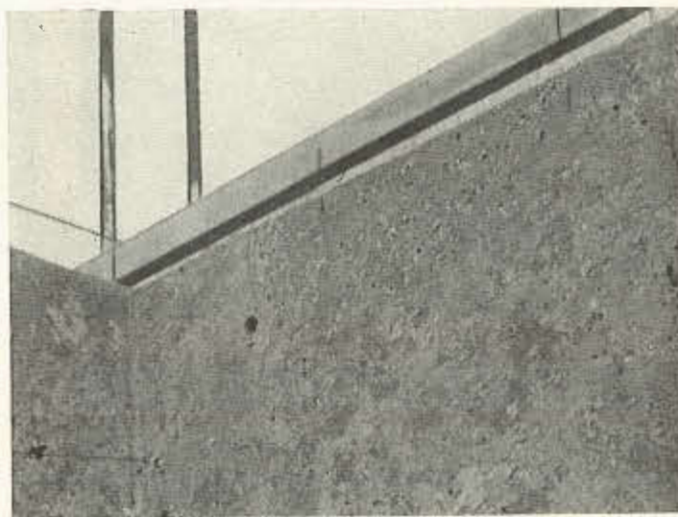


Fig. 30



Fig. 31

Afsætning før montage af etageadskillelseselementer.

(Ribbepladeelementer til 12 etages højhus).

Fig. 27. Et fikspunkt på jorden føres med teodolit op til gavlene, hvor der afsættes et blyantsmærke.

Fig. 28. Mellem gavlmærkerne udspændes en nylonline på langs ad bygningen.

Fig. 29. På hver væg føres et mærke ned fra nylonlinen.

Fig. 30. Mærker pr. 60 cm afsættes på hver væg med målelægter.

Fig. 31. Monteret etageplade. Noterne i ribben anbringes med en middelfejl på 1,5 mm.

Setting-out before erection of deck-slabs.

The datum mark is elevated (fig. 27), and marks are set-out by means of a nylon line (fig. 28-30). Standard deviation of erection 1.5 mm (fig. 31).

TOLERANCERNES ØKONOMISKE BETYDNING

Betydningen af at overholde tolerancerne er eller burde være indlysende, da de er afgørende for montagens økonomi. Ganske vist er små tolerancer noget fordyrende for produktionen, men forøgelsen af udgifterne, hovedsagelig til bedre materialer og samlingen samt kontrol, er så lille, at den langt opvejes af de besparelser, der opnås ved at montagen kan ske hurtigt og sikkert uden justeringer, tilfaldelse på stedet o.s.v.

Det er dog ikke blot for at sikre en billig montage, eller i det hele taget at sikre montagemulighederne, at der sættes tolerancer. Nøjagtige elementer med nøjagtigt placerede klodser, bøsninger, udsparinger, el-rør, vindues- og dørhuller og nøjagtigt montagearbejde, har en videre betydning. Hvis alt i råbygningen er nøjagtigt, overholder tolerancerne, har de efterfølgende fag præfabrikeringsmuligheder. Iøjnefaldende eksempler er lette vægge, snedkerelementer og rør- og andre installationsarbejder.

Endvidere vil forudsætninger for at udvikle flexible standarddele, d.v.s. udbyttelige, almindeligt anvendelige elementer være, at disse er så nøjagtige, at sammenbygningsmulighederne virkelig er til stede.

Tolerancer, kontrol og kassation vil derfor blive en realitet i den fortsatte montagebyggeriudvikling. Uden disse begreber er mulighederne alt for begrænsede. Også det traditionelle byggeri kan anvende tolerancer o.s.v. og opnå rationalisering og muligheder for at benytte præfabrikerede dele. De senere viste murværksmålinger viser, at det udmærket lader sig gøre at mure nøjagtigt, og at det er gjort. At et element, der ikke overholder tilvirkningstolerancerne, eller at en monteret konstruktion, der ikke overholder montagetolerancerne, bør kasseres eller ændres, er som nævnt i indledningen selvfølgelig. Det ligger i ordet tolerance, i definitionen som den største, tilladte afvigelse.

Tolerancerne kan derfor få stor økonomisk betydning. De må respekteres, og de må udnyttes. Man må kunne stole på, at man kan præfabrikere sine arbejder, fordi det foregående arbejde er nøjagtigt. Udover tolerancerne må visse kassations- og erstatningsregler derfor anses for påkrævede.

Valg af materiale, samlinger, lagringsforhold o.s.v. vil bero på producentens erfaringer. Visse hovedtræk vil blive gennemgået i afsnittet om de konklusioner, der kan drages af målingerne.

OPMÅLINGER AF ELEMENTER

UDVALGETS MÅLEMETODER

Opmålinger af etageribbeplader af samme type støbt i træ-, stål- og betonforme og tilhørende forme.

Hver målerække omfatter 10 elementer, der måles efter det på fig. 32 viste system.

Målinger af længder, bredder og tykkelser,

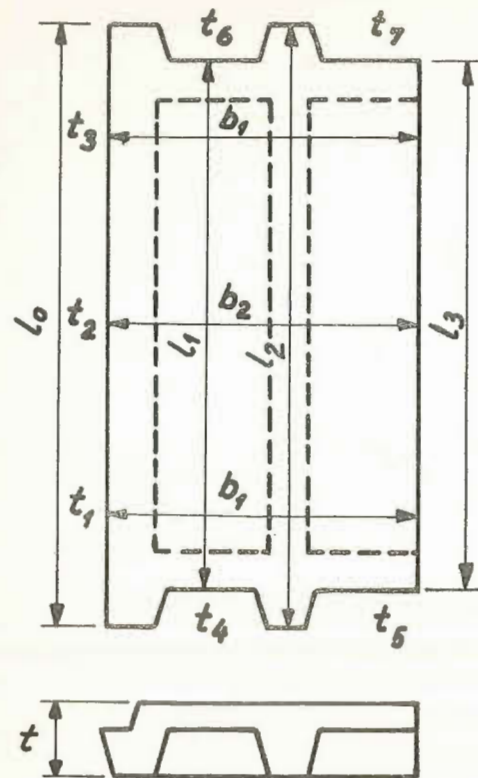
udførtes med stålband, stålmålestok og stålvingler. For at opnå et veldefineret mål blev grater o.l. fjernet, hvorefter kanten (hjørnet) blev fastlagt som kanten (hjørnet) af en stållineal (-vinkel), der blev lagt an mod betonoverfladen. Målene er derfor ikke elementets "middellængde" det pågældende sted, men noget større, indeholdende de mindre ujævnheder (toppe) i overfladen. Dette mål er dog samtidig det, der er rimeligst at sammenligne med formenes mål, og det mål, der ofte er afgørende for, om montagen og fugningen kan finde sted.

For breddernes vedkommende er målt den samlede bredde. Dette mål har størst interesse for montagen af pladeelementerne. Afstanden ribbe-ribbe har derimod større interesse æstetisk og i tilfælde, hvor præfabrikerede skillerum skal tilsluttes. Da denne afstand fastholdes i bundformen, er den langt mindre varierende som udtryk for forskelle mellem de enkelte forme.

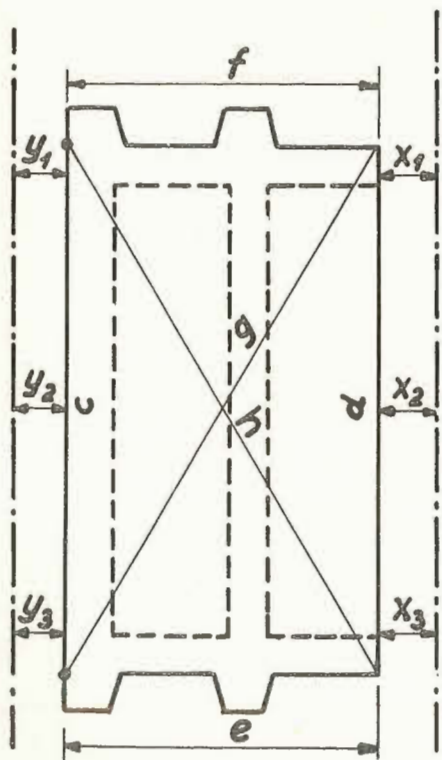
Den væsentligste fejlkilde på måleresultaterne er fastlæggelsen af den linie (det punkt), hvortil der skal måles og aflæsningen af målebåndet. Fejlen herfra er dog i reglen højst 1 mm, i meget svære tilfælde ved dårlige elementer måske op til 1,5 mm, men under alle omstændigheder forsvindende i forhold til de konstaterede målafvigelser.

Nivellement til underside ribber.

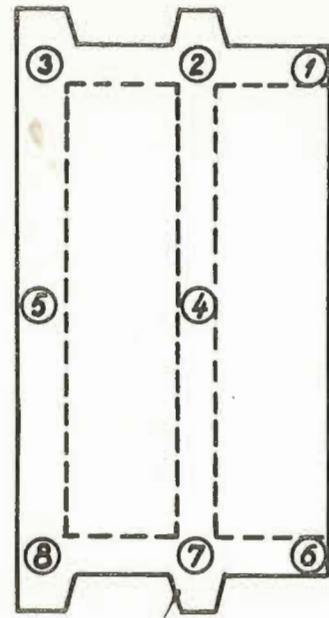
Pladen blev oplagt på tre trækloster på to bukke, og målingen udførtes med nivelleringsinstrument og stålmålestok som stadie. I første omgang understøttedes pladen i pkt. 6, 8 og lidt til venstre for pkt. 2 (se fig. 32, pag. 40). Nivellementet til pkt. 1-8 incl. viser, om pladen er plan, herunder om ribberne er krumme i lodret plan og, i forbindelse med de følgende målinger, om pladen er utilladelig vindskæv. (Ribbekrumning angives ved pladens pilhøjde på midten, positiv når f.eks. 5 ligger højere end 3-8).



Undersøgelse af længder, bredder og tykkelser.
Measurement of lengths (l) breadths (b) and thickness (t).



Undersøgelse af vinkelafvigelse og pladekantens retlinethed.
Measurement of angular deviation and of the straightness of slab edge.



Undersøgelse af ribbekrumning, vindskævhed m.v. Nivellement til underside af ribber.

Understøtninger i

- a) 6, 8 og lidt til venstre for 2.
- b) 6, 8 og 3.
- c) 6, 8 og midt mellem 1 og 2.

Measurements of warp, rib curvature etc. Levelling of rib soffit supported at

- a) 6, 8 and a little left of 2.
- b) 6, 8 and 3.
- c) 6, 8 and halfway between 1 and 2.

Målestedernes placering ved elementer med to ribber, men uden fri pladekant.
Unit with two ribs, no free slab edge.

I anden omgang understøttedes pladen i punkt 6, 8 og 3, og punkterne 1, 3, 6 og 8 nivelleredes. Pladen blev herved vredet, således at pkt. 1 sank noget.

Tredie målerække udføres som anden med understøtninger i pkt. 6, 8 og i et punkt midt mellem 1 og 2 (pladen tipper, hvis understøtningen flyttes helt ud til 1).

Nivellementsresultaterne "udjævnedes" ved drejninger om linierne 6-8 og 3-8, således at pkt. 3, 6 og 8 fik samme kote. Pladens vindskævhed fremgår af første målerække ved pkt. 1's afvigelse fra plan 3-6-8.

I anden og tredie målerække fremgår, hvor meget pladen kan vride sig som følge af egenvægten. Denne vridning skulle gerne være større end den konstaterede vindskævhed fra første målerække. I modsat fald angives pladens vindskævhed som det antal mm den mangler i "selv at kunne vride sig på plads" (positiv, når l ligger for højt). Som kontrol beregnes den samlede vridning ved flytning af understøtningen fra anden til tredie måleopstilling. Denne størrelse skulle være konstant.

Fejlkilderne må her væsentligt søges i definitionen af nivellements punkterne 1-8.

Pladekanternes retlinethed

undersøgt ved et "vandret nivellement" med nivelleringsinstrument og vandret stålmålestok (se fig. 32). "Pilhøjden" på midten angiver afvigelsen af første orden (positiv, når pladen er "bredest" på midten).

Vinkelafvigelse.

Selv om pladens målafvigelser ifølge de foranstående målinger er tilfredsstillende små, kan elementet dog være ubrugeligt, hvis hjørnerne ikke er 90° eller nær ved 90° . Elementet kan for så vidt være iøvrigt fejlfrit, men af parallelogram-form, smlgn. fig. 21. For at undersøge dette, er der foretaget de på fig. 32, nederste venstre figur viste målinger af længderne c-d-e-f-g-h. Heraf kan vinklerne beregnes, og der er en overbestemmelse til udjævning (f. eks. efter mindste kvadraters metode) af målefejlene. Målingerne fremgår af skemaerne, men den omstændelige beregning af vinkler er ikke foretaget. I almindelighed er vinkelafvigelserne små, og man kan få et skøn over deres størrelsesorden ved at sammenligne de to målte diagonalers længde.

1. ELEMENTER STØBT I TRÆFORME

- | | | |
|------|--|----|
| 1 A. | UDVALGETS OPMÅLINGER AF ETAGERIBBEPLADER
STØBT I TRÆFORME MED TRÆAFSTIVNING | 45 |
| 1 B. | OPMÅLING AF 4 TILSVARENDE TRÆFORME | 56 |
| 1 C. | ELEMENTFABRIKS OPMÅLINGER AF TAGPLADER
STØBT I TRÆFORME PÅ UNDERLAG AF JERNKONSTRUKTION | 57 |

1. UNITS CAST IN WOODEN MOULDS

1 A. UDVALGETS OPMÅLING AF ETAGERIBBEPLADER STØBT I TRÆFORME MED TRÆAFSTIVNING.

Der var i betingelserne opgivet tolerancen ± 5 mm.

Plade nr.	RIBBELÆNGDE Alle mål i mm				PLADELÆNGDE Alle mål i mm			
	L ₀	V	L ₂	V	L ₁	V	L ₃	V
I	4190	+6	4192	+7	4109	+8	4112	+9
II	4182	-2	4184	-1	4101	0	4105	+2
III	4182	-2	4182	-3	4097	-4	4102	-1
IV	4186	+2	4187	+2	4101	0	4102	-1
V	4186	+2	4188	+3	4104	+3	4108	+5
VI	4184	0	4184	-1	4102	+1	4102	-1
VII	4179	-5	4178	-7	4095	-6	4095	-8
VIII	4183	-1	4185	0	4100	-1	4103	0
IX	4180	-4	4181	-4	4098	-3	4100	-3
X	4190	+6	4189	+4	4105	+4	4102	-1
Σ	41842	+2	41850	0	41012	+2	41031	+1
Middellængde	4184		4185		4101		4103	
Tilvirkningsmål	4180		4180		4100		4100	
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål	+4		+5		+1		+3	
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+10 - 1)		(+12 - 2)		(+9 - 5)		(+12 - 5)	
Største afvigelse fra middeltal	(+6 - 5)		(+7 - 7)		(+8 - 6)		(+9 - 8)	
	LENGTH OF RIBS				LENGTH OF SLABS			

1 A. RIBBED DECK SLABS CAST IN WOODEN MOULDS WITH WOODENSTIFFENERS
The tolerance specified at ± 5 mm.

PLADEBREDDER Alle mål i mm						
Plade nr.	b_1	V	b_2	V	b_3	V
I	1245	+1	1245	0	1245	0
II	45	+1	44	-1	44	-1
III	39	-5	39	-6	41	-4
IV	46	+2	48	+3	46	+1
V	42	-2	42	-3	42	-3
VI	44	0	48	+3	47	+2
VII	46	+2	46	+1	46	+1
VIII	46	+2	46	+1	47	+2
IX	43	-1	43	-2	44	-1
X	45	+1	46	+1	44	-1
Σ	12441	+1	12447	-3	12446	-4
Middellængde	1244		1245		1245	
Tilvirkningsmål	1243		1243		1243	
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål	+1		+2		+2	
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+3 -4)		(+5 -4)		(+4 -2)	
Største afvigelse fra middeltal	(+2 -5)		(+3 -6)		(+2 -4)	

BREADTH OF SLABS

Hverken for længder eller bredder er middelfejlen beregnet. Dette skyldes, at der er en udpræget sammenhæng "på tværs" mellem målafvigelserne. F. eks. er alle målafvigelser på længderne for plade I store og positive, for plade VII numerisk store og negative, og alle målafvigelser på bredderne for plade III numerisk store og negative. Dette kan skyldes, at nogle forme har haft gale mål, men undersøger man dette nærmere, viser det sig ikke at være tilfældet. Der vides nemlig kun at have været 4 forme i brug, og man kan med rimelige fejlstørrelser ikke fordele pladerne i 4 grupper. Elementerne VI og VIII eller II og VIII og måske andre kan med rimelige fejl antages at være fra samme form, som det ses af nedenstående skema over længders og bredders målafvigelser; men derudover er det svært at se andet, end at de fire forme har været unøjagtige og/eller ustabile og/eller ukontrollerede. Skulle man vove at udregne en middelfejl, idet man anså summen af de tilfældige små afvigelser og de overordnede fejlkilder for at være normalt fordelt og repræsenterede ved de 10 plader, fås en middelfejl af størrelsesordenen 4 mm.

Skema over målafvigelser.

Plade nr.	L_0	L_2	L_1	L_3	b_1	b_2	b_3
I	+6	+7	+8	+9	+1	0	0
II	-2	-1	0	+2	+1	-1	-1
III	-2	-3	-4	-1	-5	-6	-4
IV	+2	+2	0	-1	+2	+3	+1
V	+2	+3	+3	+5	-2	-3	-3
VI	0	-1	+1	-1	0	+3	+2
VII	-5	-7	-6	-8	+2	+1	+2
VIII	-1	-0	-1	-0	+2	+1	+2
IX	+4	+4	+3	-3	+1	+2	-1
X	+6	+4	+4	-1	+1	+1	-1

L = length, b = breadth, from preceding pages.

Only four moulds have been used. The table shows that the deviations of the measurements cannot be placed in four groups of reasonable deviations. The deviations do not arise from four moulds of predominant average deviations but from yielding moulds.

RIBBETYKKELSER Alle mål i mm												
Plade nr.	t_1	v	v^2	t_2	v	v^2	t_3	v	v^2	t_4	v	v^2
I	200	-2	4	200	-1	1	201	-1	1	202	0	0
II	205	+3	9	205	+4	16	205	+3	9	204	+2	4
III	199	-3	9	199	-2	4	202	0	0	199	-3	9
IV	202	0	0	200	-1	1	200	-2	4	203	+1	1
V	203	+1	1	202	+1	1	204	+2	4	203	+1	1
VI	202	0	0	204	+3	9	202	0	0	204	+2	4
VII	202	0	0	202	+1	1	202	0	0	202	0	0
VIII	203	+1	1	200	-1	1	199	-3	9	203	+1	1
IX	203	+1	1	201	0	0	199	-3	9	201	-1	1
X	199	-3	9	201	0	0	201	-1	1	202	0	0
Σ	2018	-2	34	2014	+4	34	2015	-5	37	2023	+3	21

Plade nr.	t_5	v	v^2	t_6	v	v^2	t_7	v	v^2
I	205	+3	9	201	0	0	202	0	0
II	204	+2	4	205	+4	16	203	+1	1
III	200	-2	4	203	+2	4	202	0	0
IV	201	-1	1	198	-3	9	200	-2	4
V	204	+2	4	202	+1	1	202	0	0
VI	201	-1	1	201	0	0	203	+1	1
VII	201	-1	1	200	-1	1	200	-2	4
VIII	202	0	0	202	+1	1	203	+1	1
IX	201	-1	1	199	-2	4	200	-2	4
X	201	-1	1	201	0	0	201	-1	1
Σ	2020	0	26	2012	+2	36	2016	-4	16

THICKNESS OF RIBS

$$\text{Middeltykkelse: } \frac{2023 + 2020 + 2012 + 2016 + 2018 + 2014 + 2015}{70} = \frac{14118}{70} = 202$$

$$\text{Tilvirkningsmål} \quad 200$$

$$\text{Middeltallets afvigelse} \quad +2$$

$$\text{Middelfejl på det enkelte element: } \sqrt{\frac{\sum v^2}{69}} = \sqrt{\frac{204}{69}} = 1,7$$

$$\text{Største afvigelse fra tilvirkningsmål} \quad \begin{matrix} (+5 \\ -2 \end{matrix}$$

$$\text{Største afvigelse fra middeltal} \quad \begin{matrix} (+3 \\ -4 \end{matrix}$$

Nivellement af 10 elementer.

Tre opstillinger a), b) og c). Ribbekant til venstre. Tallene angiver de nivellerede punkter. Paranteserne angiver de understøttede punkter.

	a)	b)	c)																											
	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>()2</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>(8)</td><td>7</td><td>(6)</td></tr> </table>	3	()2	1	5	4		(8)	7	(6)	<table border="1"> <tr><td>(3)</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>(8)</td><td></td><td>(6)</td></tr> </table>	(3)		1				(8)		(6)	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>()</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>(8)</td><td></td><td>(6)</td></tr> </table>	3	()	1				(8)		(6)
3	()2	1																												
5	4																													
(8)	7	(6)																												
(3)		1																												
(8)		(6)																												
3	()	1																												
(8)		(6)																												
Plade XI	<table border="1"> <tr><td>80</td><td>82</td><td>83</td></tr> <tr><td>80</td><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td>79</td><td>80</td></tr> </table> <p>+3</p>	80	82	83	80	82		80	79	80	<table border="1"> <tr><td>85</td><td></td><td>87</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td><td>85</td></tr> </table> <p>+2</p>	85		87				85		85	<table border="1"> <tr><td>79</td><td></td><td>87</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>79</td><td></td><td>79</td></tr> </table> <p>+8</p>	79		87				79		79
80	82	83																												
80	82																													
80	79	80																												
85		87																												
85		85																												
79		87																												
79		79																												
XII	<table border="1"> <tr><td>101</td><td>99</td><td>96</td></tr> <tr><td>97</td><td>95</td><td></td></tr> <tr><td>101</td><td>100</td><td>101</td></tr> </table> <p>-5</p>	101	99	96	97	95		101	100	101	<table border="1"> <tr><td>103</td><td></td><td>93</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>103</td><td></td><td>103</td></tr> </table> <p>-10</p>	103		93				103		103	<table border="1"> <tr><td>100</td><td></td><td>97</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td></td><td>100</td></tr> </table> <p>-3</p>	100		97				100		100
101	99	96																												
97	95																													
101	100	101																												
103		93																												
103		103																												
100		97																												
100		100																												
XIII	<table border="1"> <tr><td>89</td><td>87</td><td>87</td></tr> <tr><td>86</td><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td>88</td><td>89</td></tr> </table> <p>-2</p>	89	87	87	86	84		89	88	89	<table border="1"> <tr><td>93</td><td></td><td>86</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td></td><td>93</td></tr> </table> <p>-7</p>	93		86				93		93	<table border="1"> <tr><td>86</td><td></td><td>85</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td><td>86</td></tr> </table> <p>-1</p>	86		85				86		86
89	87	87																												
86	84																													
89	88	89																												
93		86																												
93		93																												
86		85																												
86		86																												

XIV	<table border="1"> <tr><td>87</td><td>87</td><td>89</td></tr> <tr><td>84</td><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td>87</td><td>87</td></tr> </table> <p>+2</p>	87	87	89	84	84		87	87	87	<table border="1"> <tr><td>87</td><td></td><td>82</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td><td>87</td></tr> </table> <p>-5</p>	87		82				87		87	<table border="1"> <tr><td>83</td><td></td><td>83</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>83</td><td></td><td>83</td></tr> </table> <p>0</p>	83		83				83		83
87	87	89																												
84	84																													
87	87	87																												
87		82																												
87		87																												
83		83																												
83		83																												
XV	<table border="1"> <tr><td>83</td><td>78</td><td>74</td></tr> <tr><td>82</td><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>83</td><td>82</td><td>83</td></tr> </table> <p>-9</p>	83	78	74	82	79		83	82	83	<table border="1"> <tr><td>86</td><td></td><td>72</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td><td>86</td></tr> </table> <p>-14</p>	86		72				86		86	<table border="1"> <tr><td>82</td><td></td><td>75</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td><td>82</td></tr> </table> <p>-7</p>	82		75				82		82
83	78	74																												
82	79																													
83	82	83																												
86		72																												
86		86																												
82		75																												
82		82																												
XVI	<table border="1"> <tr><td>89</td><td>86</td><td>83</td></tr> <tr><td>86</td><td>84</td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td>89</td><td>89</td></tr> </table> <p>-6</p>	89	86	83	86	84		89	89	89	<table border="1"> <tr><td>92</td><td></td><td>82</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>92</td><td></td><td>92</td></tr> </table> <p>-10</p>	92		82				92		92	<table border="1"> <tr><td>88</td><td></td><td>84</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>88</td><td></td><td>88</td></tr> </table> <p>-4</p>	88		84				88		88
89	86	83																												
86	84																													
89	89	89																												
92		82																												
92		92																												
88		84																												
88		88																												
XVII	<table border="1"> <tr><td>61</td><td>62</td><td>63</td></tr> <tr><td>60</td><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td>61</td><td>61</td></tr> </table> <p>+2</p>	61	62	63	60	60		61	61	61	<table border="1"> <tr><td>63</td><td></td><td>62</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td></td><td>63</td></tr> </table> <p>-1</p>	63		62				63		63	<table border="1"> <tr><td>61</td><td></td><td>67</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>61</td><td></td><td>61</td></tr> </table> <p>+6</p>	61		67				61		61
61	62	63																												
60	60																													
61	61	61																												
63		62																												
63		63																												
61		67																												
61		61																												

XVIII

89	88	84
89	86	
89	87	89
-5		

91		85
91		91
-6		

88		87
88		88
-1		

XIX

71	71	71
68	67	
71	69	71
0		

73		70
73		73
-3		

70		74
70		70
+4		

XX

64	60	58
64	59	
64	63	64
-6		

68	66	61
66	62	
68	66	68
-7		

63	66	62
60	59	
63	63	63
-1		

Oversigt over VINDSKÆVHEDER.

Defineret som pkt. 1's afvigelse fra plan 3-6-8 regnet positiv opad.

VINDSKÆVHEDER Alle mål i mm								
Plade nr.	a)	b)	c)	Kontrol Samlet drejning mellem opstilling b og c	RESULTERENDE VINDSKÆVHED, der ikke kan udlignes ved oplægningen ⁺⁾	v	v ²	
XI	+3	-2	+8	6	+2	+4	16	
XII	-5	-10	-3	7	-3	-1	1	
XIII	-2	-7	-1	6	-1	+1	1	
XIV	+2	-5	0	5	0	+2	4	
XV	-9	-14	-7	7	-7	-5	25	
XVI	-6	-10	-4	6	-4	-2	4	
XVII	+2	-1	+6	7	0	+2	4	
XVIII	-5	-6	-1	5	-1	+1	1	
XIX	0	-3	+4	7	0	+2	4	
XX	-6	-7	-1	6	-1	+1	1	
Σ					-15	+5	61	
Middel vindskævhed								-2
Tilstræbt								0
Middelfejl på det enkelte element:								
$\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{61}{9}} =$								2,6
Største afvigelse fra tilstræbt								(+2 -7)

Dette viser en ret tilfældig, ukontrolleret fabrikation og/eller lagring.

+) RESULTANT WARP WHICH CANNOT BE OFFSET BY THE PULL OF GRAVITY DURING ERECTION

PILHØJDER PÅ RIBBER

Positiv opad.

PILHØJDE +) Alle mål i mm						
Plade nr.	Ribbe 3-5-8	v	v ²	Ribbe 2-4-7	v	v ²
XI	0	+2	4	+1	+3	9
XII	-4	-2	4	-4	-2	4
XIII	-3	-1	1	-3	-1	1
XIV	-3	-1	1	-3	-1	1
XV	-1	+1	1	-1	+1	1
XVI	-3	-1	1	-3	-1	1
XVII	-1	+1	1	-1	+1	1
XVIII	0	+2	4	-1	+1	1
XIX	-3	-1	1	-3	-1	1
XX	0	+2	4	-2	0	0
Σ	-18	+2	22	-20	0	20
Middel pilhøjde: $-\frac{18 + 20}{20} =$						-2
Tilstræbt						0
Middelfejl på det enkelte element:						
$\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{42}{19}} =$						1,5
Største afvigelse fra tilstræbt						{ +1 -4

+) RIB CAMBERS

VINKELAFVIGELSE +) Alle mål i mm							
Plade nr.	c	d	e	f	g	h	(g-h)
XI	4095	4097	1153	1153	4256	4255	1
XII	4096	4096	1155	1152	4254	4257	3
XIII	4098	4095	1156	1153	4254	4257	3
XIV	4093	4097	1155	1152	4255	4254	1
XV	4096	4095	1156	1148	4253	4256	3
XVI	4094	4095	1151	1152	4552	4251	1
XVII	4094	4095	1154	1152	4255	4253	2
XVIII	4095	4095	1155	1149	4250	4255	5
XIX	4095	4094	1153	1147	4250	4255	5
XX	4095	4096	1146	1149	4253	4253	0
Middel "vinkelafvigelse" (repr. (g-h))							2,4
Tilstræbt							0
Største afvigelse fra tilstræbt							5,0

+) ANGULAR DEVIATION, shown as g-h, see fig. 21 and 32

1 B. UDVALGETS OPMÅLINGER AF TRÆFORME

VINKELAFVIGELSE Alle mål i mm							
Form nr.	c	d	e	f	g	h	(g-h)
I	4104	4100	1154	1153	4263	4260	3
II	4093	4097	1156	1156	4258	4253	5
III	4098	4098	1146	1147	4256	4256	0
IV	4097	4097	1154	1154	4258	4256	2
Middel	4098	4098					
Middøl af c og d: $\frac{c+d}{2} =$							4098
Tilvirkningsmål							4100
Formens tilstræbte mål (afvigelse 0 mm)							4098
Middelfejl på den enkelte form							3
ANGULAR DEVIATION							

1 B. WOODEN MOULDS USED FOR UNITS I A.

1 C. ELEMENTFABRIKS OPMÅLINGER AF TAGPLADER STØBT I TRÆFORM PÅ UNDERLAG AF JERN-KONSTRUKTION

Tolerancen angivet til ± 10 mm.

PLADELÆNGDER Alle mål i mm			
Plade nr.	l	v	v ²
1	8975	+0,8	0,64
2	8973	-1,2	1,44
3	8975	+0,8	0,64
4	8974	-0,2	0,04
5	8975	+0,8	0,64
6	8973	-1,2	1,44
7	8975	+0,8	0,64
8	8973	-1,2	1,44
9	8976	+1,8	3,24
10	8973	-1,2	1,44
Σ	89742	0	11,60
Middellængde: $\frac{89742}{10} =$			8974,2
Tilvirkningsmål			8980,0
Middellængdens afvigelse			-5,8
Middelfejl på det enkelte element:			
$\sqrt{\frac{11,60}{9}} =$			1,1
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(-4 -7)
Største afvigelse fra middeltal			(+1,8 -1,2)
LENGTH OF SLABS			

1 C. ROOF SLABS CAST IN WOODEN MOULDS SUPPORTED ON A STEEL STRUCTURE

2. ELEMENTER STØBT I BETONFORME

2 A.	UDVALGETS OPMÅLINGER AF ETAGERIBBEPLADER STØBT I TILFÆLDIGE BETONFORME MED STÅLSIDEFORME (BOLTESAMLINGER OG ANSLAGSKANT)	61
2 B.	TILSVARENDE 9 ELEMENTER FRA SAMME BETONFORM	73
2 C.	OPMÅLING AF 10 TILSVARENDE BETONFORME OVER SAMME MATRICE	83
2 D.	OPMÅLINGER AF RIBBEAFSTANDE OG RIBBEHØJDER (PÅ TILSVARENDE 10 ELEMENTER, DELS 10 TILFÆLDIGE, DELS 10 FRA FORME FRA SAMME MATRICE, DELS 10 FRA SAMME FORM OG PÅ 10 TILSVARENDE FORME, DELS 10 TILFÆLDIGE, DELS 10 FRA SAMME MATRICE)	89
2 E.	ELEMENTFABRIKS OPMÅLINGER AF ETAGERIBBEPLADER OG VÆGELEMENTER STØBT I BETONFORME MED TRÆSIDEFORME (BOLTESAMLINGER)	95
	SAMT MÅLINGER AF FORME	97

2 A. UDVALGETS OPMÅLING AF 10 ETAGERIBBEPLADER STØBT I TILFÆLDIGE BETONFORME MED STÅLSIDEFORME (FASTHOLDT VED ANSLAGSKANT OG BOLTE, DER HINDRER GLIDNING).

(Formene er tilfældige forsåvidt angår stålsideform etc., altså vedrørende det væsentlige af opmålingen, men betonbundformen er fra fælles matrice). Der var i betingelserne opgivet tolerancen ± 5 mm.

RIBBELÆNGDER Alle mål i mm							PLADELÆNGDER Alle mål i mm					
Plade nr.	L_0	v	v^2	L_2	v	v^2	L_1	v	v^2	L_3	v	v^2
I	4103	4	16	4102	3	9	4023	-5	25	4030	2	4
II	4099	0	0	4098	-1	1	4031	3	9	4028	0	0
III	4097	-2	4	4097	-2	4	4028	0	0	4025	-3	9
IV	4097	-2	4	4097	-2	4	4028	0	0	4027	-1	1
V	4098	-1	1	4097	-2	4	4027	-1	1	4027	-1	1
VI	4098	-1	1	4097	-2	4	4027	-1	1	4027	-1	1
VII	4100	1	1	4100	1	1	4032	4	16	4030	2	4
VIII	4099	0	0	4098	-1	1	4027	-1	1	4028	0	0
IX	4098	-1	1	4098	-1	1	4026	-2	4	4029	1	1
X	4100	1	1	4099	0	0	4028	0	0	4028	0	0
Σ	40989	-1	29	40987	-7	29	40277	-3	57	40279	-1	21
Middellængde: $\frac{40989 + 40987}{20} =$							$\frac{40277 + 40279}{20} =$					
Tilvirkningsmål							4100					
Middeltallets afvigelse							-1					
Middelfejl på det enkelte element:												
$\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{58}{19}} =$							$\sqrt{\frac{78}{19}} =$					
Største afvigelse fra tilvirkningsmål							(+3)					
							(-3)					
Største afvigelse fra middeltal							(+4)					
							(-5)					
LENGTH OF RIBS							LENGTH OF SLABS					

2 A. 10 RIBBED DECK SLABS CAST IN ARBITRARY CONCRETE MOULDS WITH STEEL SIDES. (Attached to rabbets by means of bolts preventing slip). Tolerances specified at ± 5 mm. (The bottoms of the moulds originating from the same pattern).

PLADEBREDDER Alle mål i mm									
Plade nr.	b_1	v	v^2	b_2	v	v^2	b_3	v	v^2
I	1227	1	1	1231	2	4	1228	1	1
II	1226	0	0	1228	-1	1	1227	0	0
III	1225	-1	1	1227	-2	4	1227	0	0
IV	1228	2	4	1227	-2	4	1227	0	0
V	1224	-2	4	1227	-2	4	1226	-1	1
VI	1226	0	0	1231	2	4	1228	1	1
VII	1223	-3	9	1229	0	0	1226	-1	1
VIII	1226	0	0	1230	1	1	1227	0	0
IX	1225	-1	1	1228	-1	1	1228	1	1
X	1227	1	1	1229	0	0	1229	2	4
Σ	12257	-3	21	12287	-3	23	12273	3	9
Middelbredde			1226			1229			1227
Tilvirkningsmål			1226			1226			1226
Middeltallets afvigelse			0			+3			+1
Middelfejl på det enkelte element			1,5			1,6			1,0
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+2 -3)			(+5 +1)			(+3 0)
Største afvigelse fra middeltal			(+2 -3)			(+2 -2)			(+2 -1)
BREADTH OF SLABS									

RIBBETYKKELSER Alle mål i mm												
Plade nr.	t_1	v	v^2	t_2	v	v^2	t_3	v	v^2	t_4	v	v^2
I	205	2	4	203	0	0	206	3	9	206	3	9
II	205	2	4	202	-1	1	203	0	0	202	-1	1
III	202	-1	1	203	0	0	204	1	1	202	-1	1
IV	204	1	1	203	0	0	204	1	1	202	-1	1
V	203	0	0	203	0	0	200	-3	9	205	2	4
VI	204	1	1	204	1	1	202	-1	1	202	-1	1
VII	203	0	0	202	-1	1	204	1	1	201	-2	4
VIII	202	-1	1	202	-1	1	204	1	1	203	0	0
IX	204	1	1	203	0	0	205	2	4	203	0	0
X	203	0	0	204	1	1	203	0	0	204	1	1
Σ	2035	5	13	2029	-1	5	2035	5	27	2030	0	22

Plade nr.	t_5	v	v^2	t_6	v	v^2	t_7	v	v^2
I	207	4	16	204	1	1	207	4	16
II	204	1	1	204	1	1	202	-1	1
III	206	3	9	204	1	1	205	2	4
IV	203	0	0	203	0	0	201	-2	4
V	200	-3	9	201	-2	4	200	-3	9
VI	202	-1	1	204	1	1	203	0	0
VII	202	-1	1	204	1	1	204	1	1
VIII	205	2	4	203	0	0	200	-3	9
IX	203	0	0	202	-1	1	205	2	4
X	204	1	1	202	-1	1	203	0	0
Σ	2036	6	42	2035	1	11	2030	0	48
THICKNESS OF RIBS									

Middeltykkelse: $\frac{2035 + 2029 + 2035 + 2030 + 2036 + 2035 + 2030}{70} = 203$

Tilvirkningsmål 200

Middeltallets afvigelse 3

Middelfejl på det enkelte element:

$$\sqrt{\frac{\sum v^2}{69}} = \sqrt{\frac{168}{69}} = \quad +) \quad 1,6$$

Største afvigelse fra tilvirkningsmål $\begin{pmatrix} +7 \\ 0 \end{pmatrix}$

Største afvigelse fra middeltal $\begin{pmatrix} +4 \\ -3 \end{pmatrix}$

+) Beregningen er ikke korrekt, hvis man ikke regner en overordnet fejlkilde med. Det viser sig, at der statistisk kan påvises en signifikant forskel mellem de enkelte støbninger, således at der er tendens til, at alle tykkelser for samme element er enten for store eller for små.

Den tilfældige variation har middelfejlen 1,4 mm og den største (mindste) konstaterede gennemsnitlige tykkelsesafvigelse for eet element er + 5,4 (+1,7) mm ud fra tilvirkningsmålet. Derimod er der ingen tendens til, at et bestemt sted på elementet gennemsnitlig er for tykt eller tyndt.

Nivellement af 10 elementer.

Tre opstillingen a), b) og c). Ribbekant tilvenstre. Tallene angiver de nivellerede punkter. Parateserne angiver de understøttede punkter.

	a)	b)	c)																											
	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>()2</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>(8)</td><td>7</td><td>(6)</td></tr> </table>	3	()2	1	5	4		(8)	7	(6)	<table border="1"> <tr><td>(3)</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>(8)</td><td></td><td>(6)</td></tr> </table>	(3)		1				(8)		(6)	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>() 1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>(8)</td><td></td><td>(6)</td></tr> </table>	3	() 1					(8)		(6)
3	()2	1																												
5	4																													
(8)	7	(6)																												
(3)		1																												
(8)		(6)																												
3	() 1																													
(8)		(6)																												
Plade I	<table border="1"> <tr><td>97</td><td>93</td><td>94</td></tr> <tr><td>95</td><td>93</td><td></td></tr> <tr><td>97</td><td>96</td><td>97</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-3</p>	97	93	94	95	93		97	96	97	<table border="1"> <tr><td>93</td><td></td><td>83</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td></td><td>93</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-10</p>	93		83				93		93	<table border="1"> <tr><td>85</td><td></td><td>82</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td><td>85</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-3</p>	85		82				85		85
	97	93	94																											
95	93																													
97	96	97																												
93		83																												
93		93																												
85		82																												
85		85																												
II	<table border="1"> <tr><td>87</td><td>81</td><td>81</td></tr> <tr><td>84</td><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td>86</td><td>87</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-6</p>	87	81	81	84	82		87	86	87	<table border="1"> <tr><td>87</td><td></td><td>78</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td><td>87</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-9</p>	87		78				87		87	<table border="1"> <tr><td>85</td><td></td><td>82</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td></td><td>85</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-3</p>	85		82				85		85
87	81	81																												
84	82																													
87	86	87																												
87		78																												
87		87																												
85		82																												
85		85																												
III	<table border="1"> <tr><td>85</td><td>82</td><td>82</td></tr> <tr><td>80</td><td>79</td><td></td></tr> <tr><td>85</td><td>84</td><td>85</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-3</p>	85	82	82	80	79		85	84	85	<table border="1"> <tr><td>86</td><td></td><td>78</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td><td>82</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-8</p>	86		78				82		82	<table border="1"> <tr><td>84</td><td></td><td>83</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>84</td><td></td><td>84</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-1</p>	84		83				84		84
85	82	82																												
80	79																													
85	84	85																												
86		78																												
82		82																												
84		83																												
84		84																												

IV	<table border="1"> <tr><td>93</td><td>89</td><td>88</td></tr> <tr><td>90</td><td>89</td><td></td></tr> <tr><td>93</td><td>94</td><td>93</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-5</p>	93	89	88	90	89		93	94	93	<table border="1"> <tr><td>94</td><td></td><td>86</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td><td>94</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-8</p>	94		86				94		94	<table border="1"> <tr><td>92</td><td></td><td>91</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>92</td><td></td><td>92</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-1</p>	92		91				92		92
93	89	88																												
90	89																													
93	94	93																												
94		86																												
94		94																												
92		91																												
92		92																												
V	<table border="1"> <tr><td>87</td><td>83</td><td>82</td></tr> <tr><td>83</td><td>82</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td>87</td><td>87</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-5</p>	87	83	82	83	82		87	87	87	<table border="1"> <tr><td>87</td><td></td><td>79</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td><td>87</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-8</p>	87		79				87		87	<table border="1"> <tr><td>86</td><td></td><td>84</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>86</td><td></td><td>86</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-2</p>	86		84				86		86
87	83	82																												
83	82																													
87	87	87																												
87		79																												
87		87																												
86		84																												
86		86																												
VI	<table border="1"> <tr><td>81</td><td>78</td><td>76</td></tr> <tr><td>78</td><td>77</td><td></td></tr> <tr><td>81</td><td>81</td><td>81</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-5</p>	81	78	76	78	77		81	81	81	<table border="1"> <tr><td>82</td><td></td><td>74</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>82</td><td></td><td>82</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-8</p>	82		74				82		82	<table border="1"> <tr><td>80</td><td></td><td>77</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td>80</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-3</p>	80		77				80		80
81	78	76																												
78	77																													
81	81	81																												
82		74																												
82		82																												
80		77																												
80		80																												
VII	<table border="1"> <tr><td>94</td><td>87</td><td>87</td></tr> <tr><td>90</td><td>85</td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td>87</td><td>94</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-7</p>	94	87	87	90	85		94	87	94	<table border="1"> <tr><td>94</td><td></td><td>82</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>94</td><td></td><td>94</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-12</p>	94		82				94		94	<table border="1"> <tr><td>93</td><td></td><td>89</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>89</td><td></td><td>93</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">-4</p>	93		89				89		93
94	87	87																												
90	85																													
94	87	94																												
94		82																												
94		94																												
93		89																												
89		93																												

VIII

95	92	90
92	92	
95	94	95

-5

93		83
93		93

-10

89		86
89		89

-3

IX

87	84	82
84	82	
87	86	87

-5

87		79
87		87

-8

85		83
85		85

-2

X

90	86	84
85	85	
90	89	90

-6

91		81
91		91

-10

89		86
89		89

-3

Oversigt over VINDSKÆVHEDER

Defineret som pkt. 1's afvigelse fra plan 3-6-8 regnet positiv opad.

VINDSKÆVHEDER Alle mål i mm							
Pla- de nr.	a)	b)	c)	Kontrol: Samlet drejning mel- lem opstilling b) og c)	RESULTERENDE VINDSKÆVHED, +) der ikke kan udlignes ved oplægningen	v	v ²
I	-3	-10	-3	7	-3	-0,5	0,25
II	-6	-9	-3	6	-3	-0,5	0,25
III	-3	-8	-1	7	-1	+1,5	2,25
IV	-5	-8	-1	7	-1	+1,5	2,25
V	-5	-8	-2	6	-2	+0,5	0,25
VI	-5	-8	-3	5	-3	-0,5	0,25
VII	-7	-12	-4	8	-4	-1,5	2,25
VIII	-5	-10	-3	7	-3	-0,5	0,25
IX	-5	-8	-2	6	-2	+0,5	0,25
X	-6	-10	-3	7	-3	-0,5	0,25
Σ					-25	0	8,50
Middel vindskævhed							-2,5
Tilstræbt							0
Middelfejl-på det enkelte element: $\sqrt{\frac{8,50}{9}}$							1
Største afvigelse fra tilstræbt							-4

Middelfejlen er lille, men at alle elementer gennemsnitlig er 2,5 mm vindskæve, viser en principielt gal fabrikation eller lagring.

+) RESULTANT WARP WHICH CANNOT BE OFFSET BY THE PULL OF GRAVITY DURING ERECTION

Pilhøjden på RIBBER og PLADEKANTER.

PILHØJDE Alle mål i mm				
Plade nr.	Ribbe 3-5-8	Ribbe 2-4-7	Pladekant 3 - 5 - 8	Pladekant 1 - 6
I	-2	-1	-1	+4
II	-3	-1	0	+4
III	-5	-4	-3	+3
IV	-3	-2	0	+1
V	-4	-3	-1	+1
VI	-3	-2	+1	+3
VII	-4	-2	+2	+3
VIII	-3	-1	0	+2
IX	-3	-3	-2	+4
X	-5	-2	+1	+1
Σ	-35	-21	-3	+26
Største afvigelse		(-1 -5)		(+4 -3)
RIB AND SLAB CAMBERS				

En statistisk bearbejdning viser, at variationerne fra element til element er tilfældig, men mens ribberne og pladekant 1-6 tydeligt afviger i gennemsnit fra 0, kan dette ikke påvises for pladekant 3-5-8. Den tilfældige variation har middelefejlen 1,1 mm.

VINKELAFVIGELSE Alle mål i mm							
Plade nr.	c	d	e	f	g	h	g-h
I	4023	4030	1135	1136	4183	4184	1
II	4031	4028	1130	1136	4187	4181	6
III	28	25	30	35	84	84	0
IV	28	27	34	40	88	87	1
V	27	27	32	35	83	84	1
VI	27	27	29	34	87	75	12
VII	32	30	31	36	88	80	8
VIII	27	28	30	36	86	84	2
IX	26	29	32	35	84	83	1
X	28	28	31	34	84	84	0
ANGULAR DEVIATION							

9 elementer fra samme betonform med stålsideforme, fastholdt ved anslagskant og bolte, der forhindrer glidning.

Ribbelængde L_0 . Middellængde 4100,6 mm. Middelfejl 1 mm.

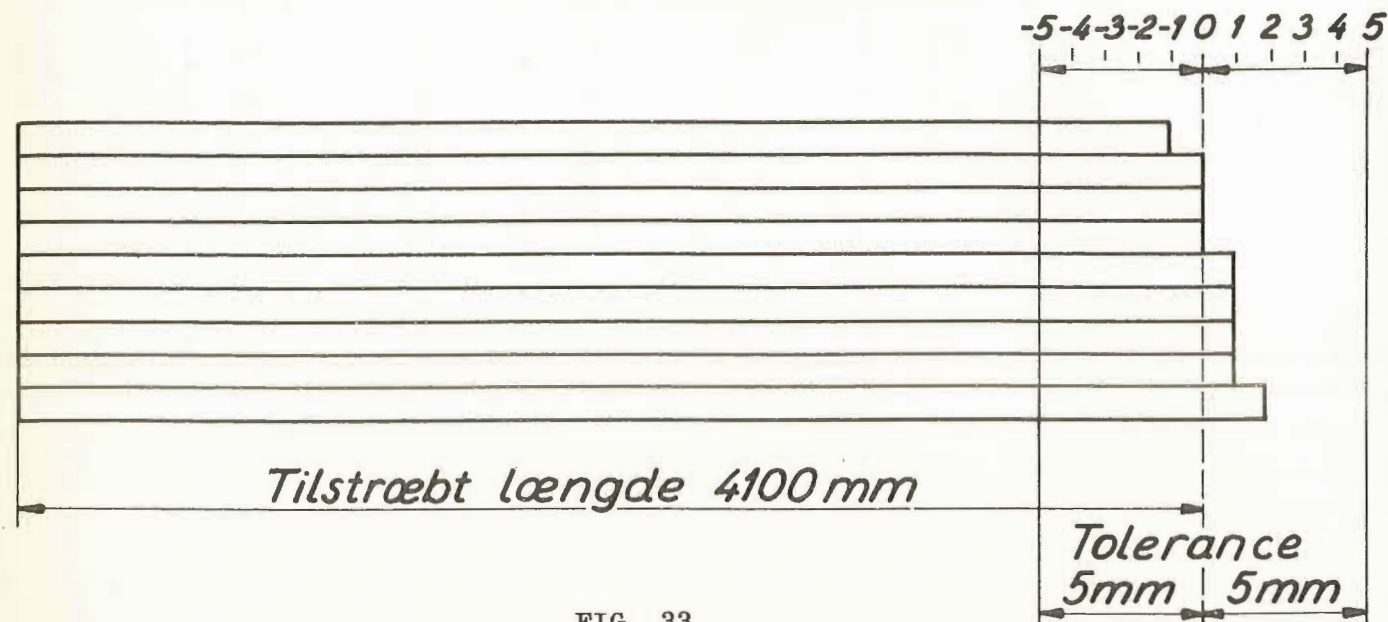


FIG. 33

9 units from the same concrete mould with steel sides, (attached to rabbets by means of bolts preventing slip).

Length of ribs L_0 . Average length 4100,6 mm. Standard deviation 1 mm.

Work measurement 4100 mm. Tolerance ± 5 mm.

2 B. UDVALGETS OPMÅLING AF 9 ELEMENTER FRA SAMME BETONFORM MED STÅLSIDEFORME.

Elementerne var, som vist nederst til højre på fig. 32, ribbeplader uden fri pladekant (smal pladetype).

Element nr.	RIBBELÆNGDE Alle mål i mm						PLADELÆNGDE Alle mål i mm					
	L_0	v	v^2	L_2	v	v^2	L_1	v	v^2	L_3	v	v^2
I	4102	2	4	4102	2	4	4018	1	1	4017	2	4
II	4100	0	0	4099	-1	1	4015	-2	4	4015	0	0
III	4100	0	0	4100	0	0	4017	0	0	4015	0	0
IV	4101	1	1	4100	0	0	4018	1	1	4016	1	1
V	4101	1	1	4099	-1	1	4018	1	1	4015	0	0
VI	4101	1	1	4099	-1	1	4018	1	1	4015	0	0
VII	4099	-1	1	4099	-1	1	4018	1	1	4014	-1	1
VIII	4100	0	0	4099	-1	1	4018	1	1	4014	-1	1
IX	4101	1	1	4100	0	0	4016	-1	1	4014	-1	1
Σ	36905	5	9	36897	-3	9	36156	+3	11	36135	0	8
Middellængde: $\frac{36905 + 36897}{18} =$							4100		4017		4015	
Tilvirkningsmål							4100		4020		4020	
Middeltallets afvigelse							0		-3		-5	
Middelfejl på det enkelte element:												
$\sqrt{\frac{18}{17}} =$							1,0		1,2		1,0	
Største afvigelse fra tilvirkningsmål							(+2) (-1)		(-2) (-5)		(-3) (-6)	
Største afvigelse fra middeltal							(+2) (-1)		(+1) (-2)		(+2) (-1)	
LENGTH OF RIBS							LENGTH OF SLABS					

2 B. 9 UNITS FROM THE SAME CONCRETE MOULD WITH STEEL SIDES, (see 2 A.)

PLADEBREDDER Alle mål i mm									
Plade nr.	b_1	v	v^2	b_2	v	v^2	b_3	v	v^2
I	755	0	0	756	-1	1	756	0	0
II	755	0	0	756	-1	1	756	0	0
III	754	-1	1	755	-2	4	755	-1	1
IV	753	-2	4	756	-1	1	755	-1	1
V	754	-1	1	757	0	0	756	0	0
VI	754	-1	1	756	-1	1	757	1	1
VII	757	+2	4	757	0	0	756	0	0
VIII	754	-1	1	758	+1	1	755	-1	1
IX	755	0	0	758	+1	1	755	-1	1
Σ	6791	-4	12	6809	-4	10	6801	-3	5
Middelbredde			755			757			756
Tilvirkningsmål			756			756			756
Middeltallets afvigelse			-1			+1			0
Middelfejl på det enkelte element			1,2			1,1			0,8
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+1 -3)			(+2 -1)			(+1 -1)
Største afvigelse fra middeltal			(+2 -2)			(+1 -2)			(+1 -1)
BREADTH OF SLABS									

RIBBETYKKELSER Alle mål i mm									
Nr.	t_1	v	v^2	t_2	v	v^2	t_3	v	v^2
I	204	0	0	206	2	4	210	6	36
II	4	0	0	7	3	9	200	4	16
III	5	1	1	4	0	0	6	2	4
IV	6	2	4	3	-1	1	7	3	9
V	4	0	0	9	5	25	8	4	16
VI	5	1	1	4	0	0	7	3	9
VII	7	3	9	7	3	9	7	3	9
VIII	4	0	0	5	1	1	6	2	4
IX	5	1	1	4	0	0	7	3	9
Σ	1844	8	16	1849	13	49	1858	22	112

Nr.	t_4	v	v^2	t_5	v	v^2	t_6	v	v^2
I	201	-3	9	201	-3	9	205	1	1
II	1	-3	9	4	0	0	4	0	0
III	2	-2	4	2	-2	4	5	1	1
IV	2	-2	4	3	-1	1	7	3	9
V	3	-1	1	2	-2	4	5	1	1
VI	2	-2	4	0	-4	16	6	2	4
VII	1	-3	9	1	-3	9	6	2	4
VIII	2	-2	4	2	-2	4	5	1	1
IX	2	-2	4	2	-2	4	5	1	1
Σ	1816	-20	48	1817	-19	51	1848	12	22

THICKNESS OF RIBS

Middeltykkelse: $\frac{1844 + 1849 + 1858 + 1816 + 8117 + 1848}{54} =$	204
Tilvirkningsmål	200
Middeltallets afvigelse	4
Middelfejl på det enkelte element: $\sqrt{\frac{16 + 49 + 112 + 48 + 51 + 22}{53}} = +)$	2
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	{ +10 - 0
Største afvigelse fra middeltal	{ +6 - 4

+) Tykkelserne afviger tilfældigt fra element til element, men der er signifikante forskelle mellem tykkelserne de enkelte målesteder. Middeltallene fordeles sig således:

Målested	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
Middeltykkelse i mm	204,9	5,4	6,4	1,8	1,9	5,3

Dette er forskelligt fra resultatet for tilfældige forme pag. 65, hvor der ikke var forskel på målestederne, men hvor til gengæld enkelte elementer var særlig tykke eller tynde. Produktionsmetoderne er de samme, og det må antagelig blot konstateres, at der udover de tilfældige variationer findes overordnede fejlkilder, der måske er tilfældige og som giver sig udtryk i målingerne. For pag. 65's vedkommende var den overordnede fejlkilde, at enkelte elementer var særlig tykke eller tynde, for disse målingers vedkommende, at bestemte dele af elementet fordeles.

Målingerne af de 9 elementer fra samme form kan samles således:

Der var tilstræbt tykkelsen 200 mm, men den gennemsnitlige tykkelse var 204 mm. Nogle steder var i gennemsnit særlig tykke, op til 207 mm, andre i gennemsnit særlig tynde, 202 mm. Ved disse gennemsnit var den tilfældige variations middelfejl 1,3 mm. Største konstaterede tykkelse 210 mm, mindste 200 mm.

Nivellement af 9 elementer fra samme betonform.

3 opstillinger a), b) og c). 6 nivellerings punkter 1....6.
 Paranteserne angiver de understøttede punkter.

	a)	b)	c)																											
	<table border="1"><tr><td>2</td><td>()</td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>(6)</td><td></td><td>(5)</td></tr></table>	2	()	1	4		3	(6)		(5)	<table border="1"><tr><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>(6)</td><td></td><td>(5)</td></tr></table>	(2)		1	4		3	(6)		(5)	<table border="1"><tr><td>2</td><td></td><td>(1)</td></tr><tr><td>4</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>(6)</td><td></td><td>(5)</td></tr></table>	2		(1)	4		3	(6)		(5)
2	()	1																												
4		3																												
(6)		(5)																												
(2)		1																												
4		3																												
(6)		(5)																												
2		(1)																												
4		3																												
(6)		(5)																												
Plade I	<table border="1"><tr><td>104</td><td></td><td>107</td></tr><tr><td>105</td><td></td><td>105</td></tr><tr><td>104</td><td></td><td>104</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+3</p>	104		107	105		105	104		104	<table border="1"><tr><td>102</td><td></td><td>103</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>102</td><td></td><td>102</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+1</p>	102		103				102		102	<table border="1"><tr><td>101</td><td></td><td>104</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>101</td><td></td><td>101</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+3</p>	101		104				101		101
	104		107																											
	105		105																											
104		104																												
102		103																												
102		102																												
101		104																												
101		101																												
II	<table border="1"><tr><td>107</td><td></td><td>109</td></tr><tr><td>108</td><td></td><td>108</td></tr><tr><td>107</td><td></td><td>107</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+2</p>	107		109	108		108	107		107	<table border="1"><tr><td>8</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td>8</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	8		8				8		8	<table border="1"><tr><td>7</td><td></td><td>10</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>7</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+3</p>	7		10				7		7
	107		109																											
108		108																												
107		107																												
8		8																												
8		8																												
7		10																												
7		7																												
III	<table border="1"><tr><td>9</td><td></td><td>9</td></tr><tr><td>11</td><td></td><td>9</td></tr><tr><td>9</td><td></td><td>9</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	9		9	11		9	9		9	<table border="1"><tr><td>9</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td>9</td></tr></table> <p style="text-align: center;">-1</p>	9		8				9		9	<table border="1"><tr><td>8</td><td></td><td>9</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td>8</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+1</p>	8		9				8		8
	9		9																											
11		9																												
9		9																												
9		8																												
9		9																												
8		9																												
8		8																												

IV	<table border="1"><tr><td>9</td><td></td><td>9</td></tr><tr><td>12</td><td></td><td>11</td></tr><tr><td>9</td><td></td><td>9</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	9		9	12		11	9		9	<table border="1"><tr><td>0</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td></td><td>0</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	0		0				0		0	<table border="1"><tr><td>9</td><td></td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td>9</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+3</p>	9		12				9		9
	9		9																											
	12		11																											
9		9																												
0		0																												
0		0																												
9		12																												
9		9																												
V	<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>1</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+1</p>	1		2	3		0	1		1	<table border="1"><tr><td>2</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>2</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	2		2				2		2	<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>1</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+2</p>	1		3				1		1
	1		2																											
	3		0																											
1		1																												
2		2																												
2		2																												
1		3																												
1		1																												
VI	<table border="1"><tr><td>5</td><td></td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>6</td></tr><tr><td>5</td><td></td><td>5</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+1</p>	5		6	7		6	5		5	<table border="1"><tr><td>5</td><td></td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td>5</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	5		5				5		5	<table border="1"><tr><td>4</td><td></td><td>6</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td>4</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+2</p>	4		6				4		4
	5		6																											
	7		6																											
5		5																												
5		5																												
5		5																												
4		6																												
4		4																												
VII	<table border="1"><tr><td>0</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td>2</td></tr><tr><td>0</td><td></td><td>0</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+2</p>	0		2	3		2	0		0	<table border="1"><tr><td>10</td><td></td><td>10</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td>10</td></tr></table> <p style="text-align: center;">0</p>	10		10				10		10	<table border="1"><tr><td>10</td><td></td><td>13</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td>10</td></tr></table> <p style="text-align: center;">+3</p>	10		13				10		10
	0		2																											
	3		2																											
0		0																												
10		10																												
10		10																												
10		13																												
10		10																												

VIII

1		2	1		2	0		3
2		2						
1		1	1		1	0		0
+1			+1			+3		

IX

81		84	81		82	79		82
84		84						
81		81	81		81	79		79
+3			+1			+3		

Oversigt over VINDSKÆVHEDER

Defineret som pkt. 1's afvigelse fra plan 2-6-5, positivt opad.

VINDSKÆVHEDER Alle mål i mm					
Plade nr.	a)	b)	c)	Kontrol: Samlet drejning mellem opstilling b og c	RESULTERENDE VINDSKÆVHED, +) der ikke kan udlignes ved oplægningen
I	+3	+1	+3	2	+1
II	+2	0	+3	3	0
III	0	-1	+1	2	0
IV	0	0	+3	3	0
V	+1	0	+2	2	0
VI	+1	0	+2	2	0
VII	+2	0	+3	3	0
VIII	+1	+1	+3	2	+1
IX	+3	+1	+3	2	+1

+) RESULTANT WARP WHICH CANNOT BE OFFSET BY THE PULL OF GRAVITY DURING ERECTION

Pilhøjder på RIBBER og PLADEKANTER

Positivt opad henholdsvis udad.

PILHØJDE Alle mål i mm				
Plade nr.	Ribbe 2-4-6	Ribbe 1-3-5	Pladekant 2-6	Pladekant 1-5
I	+1	0	-2	0
II	+1	0	+1	+1
III	+2	0	+1	0
IV	+3	+2	+1	0
V	+2	-1	-1	+1
VI	+2	0	-1	0
VII	+3	+1	-1	-1
VIII	+1	0	+1	+1
IX	+3	+1	-1	0
Σ	+18	+3	-2	+2

Største afvigelse: Ribbe +3, pladekant -2, middelfejl 0,7

RIB AND SLAB CAMBERS

VINKELAFVIGELSE Alle mål i mm							
Plade nr.	c	d	e	f	g	h	(g-h)
I	4018	4017	614	617	4063	4064	1
II	15	15	14	17	62	63	1
III	17	15	15	17	62	63	1
IV	18	16	14	17	62	64	2
V	18	15	13	17	63	64	1
VI	18	15	13	16	62	65	3
VII	18	14	16	13	62	64	2
VIII	18	14	16	13	62	64	2
IX	16	14	17	14	62	63	1

ANGULAR DEVIATION

2 C. UDVALGETS OPMÅLING AF BETONFORME OVER SAMME MATRICE

RIBBELÆNGDE Alle mål i mm							PLADELÆNGDE Alle mål i mm					
Form nr.	L ₀	v	v ²	L ₂	v	v ²	L ₁	v	v ²	L ₃	v	v ²
I	4105	5	25	4106	6	36	4024	4	16	4031	3	9
II	4099	-1	1	4099	-1	1	4030	2	4	4026	-2	4
III	4099	-1	1	4099	-1	1	4028	0	0	4026	-2	4
IV	4097	-3	9	4098	-2	4	4026	-2	4	4032	4	16
V	4099	-1	1	4098	-2	4	4027	-1	1	4027	-1	1
VI	4098	-2	4	4099	-1	1	4028	0	0	4028	0	0
VII	4100	0	0	4100	0	0	4032	4	16	4028	0	0
VIII	4103	3	9	4102	2	4	4033	3	9	4029	1	1
IX	4098	-2	4	4099	-1	1	4028	0	0	4027	-1	1
X	4099	-1	1	4098	-2	4	4028	0	0	4027	-1	1
Σ	40997	-3	55	40998	-2	56	40284	2	50	40281	1	37
Middeltal: $\frac{40997 + 40998}{20} =$							$\frac{40284 + 40281}{20} =$					
4100							4028					
Tilvirkningsmål							4020					
Middeltallets afvigelse							8					
Middelfejl på den enkelte form							2,1					
Største afvigelse							(+12					
fra tilvirkningsmål							(-3					
Største afvigelse							(+4					
fra middeltal							(-4					
LENGTH OF RIBS							LENGTH OF SLABS					

2 C. CONCRETE MOULDS ORIGINATING FROM THE SAME PATTERN (gypsum)

PLADEBREDDER Alle mål i mm

Form nr.	b_1	v	v^2	b_2	v	v^2	b_3	v	v^2
I	1228	2	4	1231	3	9	1228	1	1
II	1224	-2	4	1228	0	0	1226	-1	1
III	1227	1	1	1228	0	0	1227	0	0
IV	1225	-1	1	1228	0	0	1227	0	0
V	1227	1	1	1230	2	4	1227	0	0
VI	1224	-2	4	1226	-2	4	1226	-1	1
VII	1228	2	4	1228	0	0	1226	-1	1
VIII	1223	-3	9	1229	1	1	1228	1	1
IX	1224	-2	4	1225	-3	9	1225	-2	4
X	1225	-1	1	1227	-1	1	1228	1	1
Σ	12255	-5	33	12280	0	28	12268	-2	10
Middelbredde			1226			1228			1227
Tilvirkningsmål			1226			1226			1226
Middelbreddens afvigelse			0			+2			+1
Middelfejl på den enkelte form +)			1,9			1,8			1,1
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+2 -3)			(+5 -1)			(+2 -1)
Største afvigelse fra middeltal			(+2 -3)			(+3 -3)			(+1 -2)
BREADTH OF SLABS									

+) Beregningen er ikke helt korrekt, da der er en vis sammenhæng mellem mål-afvigelserne på "tværs", idet det statistisk kan påvises, at der er ikke tilfældig variation fra form til form.

VINKELAFVIGELSE Alle mål i mm

Form nr.	c	d	e	f	g	h	(g-h)
I	4024	4031	1139	1139	4181	4185	-4
II	30	26	36	32	85	84	1
III	28	26	34	36	80	86	-6
IV	26	32	35	34	84	79	5
V	27	27	32	33	84	81	3
VI	28	28	33	29	84	83	1
VII	32	28	33	29	88	82	6
VIII	33	29	36	30	88	82	6
IX	28	27	26	29	87	78	9
X	28	27	31	34	86	80	6
ANGULAR DEVIATION							

Nivellement af 10 betonforme over samme matrice.

1 opstilling, 8 nivellerede punkter.

3	2	1
5	4	
8	7	6

57	60	62
57	59	
57	57	57

-5

11	13	18
11	11	
11	11	11

-7

65	67	69
66	66	
65	65	65

-4

66	66	67
66	66	
66	66	66

-1

5	6	5
4	4	
5	5	5

0

9	8	7
8	8	
9	9	9

+2

75	79	75
72	77	
75	80	75

0

32	38	40
33	34	
32	32	32

-8

52	57	54
53	56	
52	54	52

-2

52	55	57
52	54	
52	52	52

-5

VIII collationeret.

Oversigt over VINDSKÆVHEDER.

Defineret som pkt. 1's afvigelse fra plan 3-8-6 med samme fortegn som elementet ville få.

VINDSKÆVHEDER Alle mål i mm										
Form nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Vindskævhed	-5	-7	-4	-1	0	+2	0	-8	-2	-5
Middel vindskævhed, regnet med fortegn -3										
WARP										

PILHØJDER på ribber.

Regnet med samme fortegn, som elementet ville få.

PILHØJDER Alle mål i mm										
Form nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Ribbe 3-8-5	0	0	-1	0	+1	+1	+3	-1	-1	0
Ribbe 2-4-7	0	+1	0	0	+1	0	+2	+1	0	0
Største afvigelse $\begin{pmatrix} +3 \\ -1 \end{pmatrix}$										
RIB CAMBERS										

2 D. UDVALGETS OPMÅLINGER AF RIBBEAFSTANDE OG RIBBEHØJDER

 α . Opmåling af 10 tilfældige elementer fra betonforme.

(Lange, korte, brede og smalle)

RIBBEAFSTAND Alle mål i mm				RIBBEHØJDE Alle mål i mm		
Plade nr.	b	v	v^2	h	v	v^2
I	602	+2,5	6,25	140	-1,5	2,25
II	600	+0,5	0,25	142	+0,5	0,25
III	598	-1,5	2,25	141	-0,5	0,25
IV	601	+1,5	2,25	141	-0,5	0,25
V	599	-0,5	0,25	142	+0,5	0,25
VI	599	-0,5	0,25	141	-0,5	0,25
VII	599	-0,5	0,25	141	-0,5	0,25
VIII	597	-2,5	6,25	143	+1,5	2,25
IX	601	+1,5	2,25	142	+0,5	0,25
X	599	-0,5	0,25	142	+0,5	0,25
Σ	5995	0	20,50	1415	0	6,50
Middeltal			599,5			141,5
Tilvirkningsmål			600			140
Middeltals afvigelse			-0,5			+1,5
Middelfejl på det enkelte element			1,5			0,9
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+2 -3)			(+3 -0)
Største afvigelse fra middeltal			(+2,5 -2,5)			(+1,5 -1,5)
SPACING OF RIBS				HEIGHT OF RIBS		

2 D. SPACING (b) AND DEPTH OF (h) OF RIB
 α . 10 ARBITRARY UNITS

2 D. β . Opmåling af 10 elementer fra betonforme over samme matrice.

Ribbeafstand og ribbehøjde:

For alle 10 elementer blev målene:

$$\begin{array}{llll}
 b = 600 \text{ mm} & \text{Tilvirkningsmål} = 600 \text{ mm} & \text{Middeltals afvigelse} = & \begin{cases} 0 \text{ mm} \\ +1 \text{ "} \end{cases} \\
 h = 141,5 \text{ mm} & & & = 140 \text{ mm}
 \end{array}$$

2 D. γ . Opmåling af 9 elementer (smalle pladetype) fra samme form.

Ribbeafstand og ribbehøjde:

For alle 9 elementer blev målene:

$$\begin{array}{llll}
 b = 598 \text{ mm} & \text{Tilvirkningsmål} = 600 \text{ mm} & \text{Middeltals afvigelse} = & \begin{cases} -2 \text{ mm} \\ +2 \text{ "} \end{cases} \\
 h = 142 \text{ mm} & & & = 140 \text{ mm}
 \end{array}$$

2 D. δ . Opmåling af 10 tilfældige betonforme.

Formene er beregnet på elementer af forskellig spændvidde etc.

RIBBEAFSTAND Alle mål i mm			RIBBEHØJDE Alle mål i mm			
Form nr.	b	v	v^2	h	v	v^2
XI	599	0	0	141	-0,1	0,01
XII	599	0	0	141	-0,1	0,01
XIII	600	1	1	141	-0,1	0,01
XIV	600	1	1	141	-0,1	0,01
XV	599	0	0	142	0,9	0,08
XVI	599	0	0	141	-0,1	0,01
XVII	598	-1	1	142	0,9	0,08
XVIII	599	0	0	141	-0,1	0,01
XIX	599	0	0	141	-0,1	0,01
XX	598	-1	1	140	-1,1	1,21
Σ	5990	0	4	1411	0	1,44
Middeltal			599			141
Tilvirkningsmål			600			140
Middeltallets afvigelse			1			1
Middelfejl på det enkelte element			0,7			0,4
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			$\begin{cases} +0 \\ -2 \end{cases}$			$\begin{cases} +2 \\ 0 \end{cases}$
Største afvigelse fra middeltal			$\begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}$			$\begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}$
			SPACING OF RIBS	HEIGHT OF RIBS		

2 D. β . IN CASE OF 10 UNITS CAST IN CONCRETE MOULDS ORIGINATING FROM THE SAME PATTERN, ALL MEASUREMENTS WERE: $b = 600 \text{ mm}$, $h = 141 \text{ mm}$.
 2 D. γ . IN CASE OF 9 UNITS CAST IN THE SAME MOULD (OTHER TYPE OF SLABS), ALL MEASUREMENTS WERE: $b = 598 \text{ mm}$, $h = 142 \text{ mm}$

2 D. δ . 10 ARBITRARY CONCRETE MOULDS

2 D. E. Opmåling af betonforme over samme matrice.

RIBBEAFSTAND Alle mål i mm			RIBBEHØJDE Alle mål i mm			
Form nr.	b	v	v ²	h	v	v ²
I	600	0,6	0,4	140	0	0
II	599	-0,4	0,1	140	0	0
III	600	0,6	0,4	140	0	0
IV	599	-0,4	0,1	140	0	0
V	599	-0,4	0,1	140	0	0
VI	600	0,6	0,4	140	0	0
VII	599	-0,4	0,1	140	0	0
VIII	599	-0,4	0,1	140	0	0
IX	599	-0,4	0,1	140	0	0
X	600	0,6	0,4	140	0	0
Σ	5994	0	2,2	1400	0	0
Middeltal			599,4			140
Tilvirkningsmål			600			140
Middeltals afvigelse +)			-0,6			0
Middelfejl på den enkelte form:						
$\sqrt{\frac{2,2}{9}} =$			0,5			0
Største afvigelse fra tilsvarende mål			(+0 -1			(0 (0
Største afvigelse fra middeltal			(+0,6 -0,4			(0 (0
SPACING OF RIBS			HEIGHT OF RIBS			

+) Formentlig kun udtryk for, at målingerne ikke udføres med den fornødne nøjagtighed. Antageligt er alle bredder ca. 599,5 mm og resultaterne udtrykker, at man i ca. 50 % af tilfældene skønner 599 og i 50 % af tilfældene 600 mm.

2 D. E. 10 CONCRETE MOULDS ORIGINATING FROM THE SAME PATTERN

Supplement.

Opmåling af en betonmatrice, dog ikke svarende til elementerne, da denne ikke fandtes mere. Medtaget for at vise målenes variation på samme matrice.

RIBBEAFSTAND Alle mål i mm	RIBBEHØJDE Alle mål i mm
b	h
601,0	141
600,5	142
600,5	141
601,0	141

2 E. ELEMENTFABRIKS OPMÅLINGER AF ELEMENTER STØBT I BETONFORME MED TRÆSIDEFORME

(FASTHOLDT VED PASBOLTE INDSTØBT I BUNDFORMEN, se fig. 25, pag. 35)

2 E. α. Opmålinger af ETAGERIBBEPLADER

PLADEBREDDE Alle mål i mm			
Plade nr.	b	v	v ²
1	1205,5	+0,1	0,01
2	1205,5	+0,1	0,01
3	1205,0	-0,4	0,16
4	1205,5	+0,1	0,01
5	1205,5	+0,1	0,01
6	1205,5	+0,1	0,01
7	1205,0	-0,4	0,16
8	1205,5	+0,1	0,01
Σ	9643,0	-0,2	0,38
Middelbredde: $\frac{9643,0}{8} =$			1205,4
Tilvirkningsmål			1202,0
Middelbreddens afvigelse			+3,4
Middelfejl på det enkelte element: $\sqrt{\frac{0,38}{7}} =$			0,23
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+3,5 +3,0
Største afvigelse fra middeltal			(+0,1 -0,4

2 E. UNITS CAST IN CONCRETE MOULDS WITH WOODEN SIDES (attached by means of tight-fitting bolts fixed in the bottom of the mould, see fig. 25).

2 E. α. DECK SLABS. BREADTH

2 E. β . Opmålinger af VÆGELEMENTERS TYKKELSE

10 plader i hver gruppe Alle mål i mm			
Middeltykkelse	180,5	120,8	60,15
Tilvirkningsmål	180	120	60
Middeltykkelsens afvigelse	+0,5	+0,8	+0,15
Middelfejl på det enkelte element	0,1	0,25	0,3
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	+0,5	+1,0	+0,5
Største afvigelse fra middeltal	$\begin{pmatrix} +0,1 \\ -0,1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} +0,3 \\ -0,6 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} +0,35 \\ 0 \end{pmatrix}$

2 E. β . THICKNESS OF WALL UNITS2 E. γ . BETONFORME OVER SAMME MATRICE

PLADEBREDDER Alle mål i mm			
Form nr.	b	v	v ²
1	2133,0	+0,1	0,01
2	2133,2	+0,3	0,09
3	2133,0	+0,1	0,01
4	2132,5	-0,4	0,16
5	2132,5	-0,4	0,16
6	2133,0	+0,1	0,01
7	2133,0	+0,1	0,01
8	2133,1	+0,2	0,04
Σ	17063,3	+0,1	0,49
Middelbredde: $\frac{17063,3}{8} =$			2132,9
Tilvirkningsmål			2132,0
Middelbreddens afvigelse			+0,9
Middelfejl på det enkelte element: $\sqrt{\frac{0,49}{7}} =$			0,26
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			+1,2
Største afvigelse fra middeltal			$\begin{pmatrix} +0,3 \\ -0,4 \end{pmatrix}$

2 E. γ . CONCRETE MOULDS ORIGINATING FROM THE SAME PATTERN.
Breadth. (Deck slabs)

3. ELEMENTER STØBT I STÅLFORME

- | | | |
|------|---|-----|
| 3 A. | UDVALGETS OPMÅLINGER AF 10 ETAGERIBBEPLADER STØBT I TILFÆLDIGE STÅLFORME
AF 2 MM PLADE, VIBRERET PÅ RYSTEBORD, LAGRET $\frac{1}{2}$ DØGN I VARMEKAMMER | 101 |
| 3 B. | 8 TILSVARENDE STÅLFORME | 111 |
| 3 C. | ELEMENTFABRIKS OPMÅLINGER AF 63 VÆGELEMENTER STØBT I STÅLFORME | 115 |

3 A. UDVALGETS OPMÅLINGER AF ETAGERIBBEPLADER STØBT I TILFÆLDIGE STÅLFORME.

Af 2 mm plade med afstivning, vibreret på rystebord, lagret $\frac{1}{2}$ døgn i varmekammer.Der var i betingelserne opgivet tolerancerne ± 5 mm.

Plade nr.	RIBBELÆNGDE Alle mål i mm						PLADELÆNGDE Alle mål i mm					
	L_0	v	v^2	L_2	v	v^2	L_1	v	v^2	L_3	v	v^2
I	4109	+6	36	4096	+1	1	4035	+10	100	4018	+2	4
II	4105	+2	4	4088	-7	49	4027	+2	4	4014	-2	4
III	4104	+1	1	4096	+1	1	4023	-2	4	4016	0	0
IV	4096	-7	49	4084	-11	121	4018	-7	49	4014	-2	4
V	4106	+3	9	4098	+3	9	4026	+1	1	4020	+4	16
VI	4106	+3	9	4095	0	0	4030	+5	25	4016	0	0
VII	4099	-4	16	4097	+2	4	4019	-6	36	4016	0	0
VIII	4096	-7	49	4095	0	0	4017	-8	64	4013	-3	9
IX	4106	+3	9	4101	+6	36	4029	+4	16	4022	+6	36
X	4104	+1	1	4096	+1	1	4025	0	0	4014	-2	4
Σ	41031	+1	183	40946	-4	222	40249	-1	299	40163	+3	77
Middellængde	4103			4095			4025			4016		
Tilvirkningsmål	4100			4100			4020			4020		
Middeltallets afvigelse	+3			-5			+5			-4		
Middelfejl på det enkelte element	5			5			6			3		
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+9 -4)			(+1 -16)			(+15 -3)			(+2 -7)		
Største afvigelse fra middeltal	(+6 -7)			(+6 -11)			(+10 -8)			(+6 -3)		
LENGTH OF RIBS						LENGTH OF SLABS						

3 A. RIBBED DECK SLABS CAST IN STEEL MOULDS (2 mm steel sheet with stiffeners, vibration on vibrating table, 12 hours curing in a heated room)

PLADEBREDDER Alle mål i mm									
Plade nr.	b_1	v	v^2	b_2	v	v^2	b_3	v	v^2
I	1234	+5	25	1223	0	0	1230	+2	4
II	1231	+2	4	1228	+5	25	1232	+4	16
III	1226	-3	9	1218	-5	25	1229	+1	1
IV	1226	-3	9	1222	-1	1	1224	-4	16
V	1225	-4	16	1221	-2	4	1226	-2	4
VI	1233	+4	16	1224	+1	1	1230	+2	4
VII	1227	-2	4	1224	+1	1	1226	-2	4
VIII	1227	-2	4	1224	+1	1	1226	-2	4
IX	1230	+1	1	1223	0	0	1230	+2	4
X	1227	-2	4	1219	-4	16	1228	0	0
Σ	12286	-4	92	12226	-4	74	12281	+1	57
Middelbredde			1229			1223			1228
Tilvirkningsmål			1228			1228			1228
Middeltallets afvigelse			+1			-5			0
Middelfejl på det enkelte element			3			3			3
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+6 -3)			(+0 -10)			(+4 -4)
Største afvigelse fra middeltal			(+5 -4)			(+5 -5)			(+4 -4)
BREADTH OF SLABS									

RIBBETYKKELSER Alle mål i mm									
Plade nr.	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	Σ	Middel
I	198	196	194	199	192	196	195	1370	196
II	200	203	199	195	193	199	198	1387	198
III	197	200	198	196	197	195	192	1375	197
IV	192	190	190	193	192	192	194	1343	192
V	196	193	195	195	193	195	189	1356	194
VI	200	199	198	200	196	200	198	1391	199
VII	197	200	206	196	193	199	187	1378	197
VIII	193	194	194	192	189	194	188	1344	192
IX	196	194	198	196	197	199	194	1374	196
X	192	195	189	194	192	192	188	1342	192
Σ	1961	1964	1961	1956	1934	1961	1923	$\frac{13660}{13660}$	
Middel	196	196	196	196	193	196	192		195
THICKNESS OF RIBS									

Produktionens middeltal varierer med pladenumre og målested. I middel er afvigelsen -5 mm. Største konstaterede afvigelser fra tilvirkningsmålet 200 mm er: $\begin{pmatrix} +6 \\ -13 \end{pmatrix}$ mm. Ineffektiv kontrol.

Nivellement af 10 elementer.

3 opstillinger a), b) og c). Ribbekant tilvenstre. Cirklen angiver de understøttede punkter. Paranteserne angiver de nivellerede punkter.

	a)	b)	c)																											
	<table border="1"><tr><td>3</td><td>()2</td><td>1</td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td>(8)</td><td>7</td><td>(6)</td></tr></table>	3	()2	1	5	4		(8)	7	(6)	<table border="1"><tr><td>(3)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(8)</td><td></td><td>(6)</td></tr></table>	(3)		1				(8)		(6)	<table border="1"><tr><td>3</td><td>()</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(8)</td><td></td><td>(6)</td></tr></table>	3	()	1				(8)		(6)
3	()2	1																												
5	4																													
(8)	7	(6)																												
(3)		1																												
(8)		(6)																												
3	()	1																												
(8)		(6)																												
Plade I	<table border="1"><tr><td>22</td><td>21</td><td>21</td></tr><tr><td>21</td><td>21</td><td>a</td></tr><tr><td>22</td><td>19</td><td>22</td></tr></table> <p>-1</p>	22	21	21	21	21	a	22	19	22	<table border="1"><tr><td>25</td><td></td><td>19</td></tr><tr><td></td><td></td><td>b</td></tr><tr><td>25</td><td></td><td>25</td></tr></table> <p>-6</p>	25		19			b	25		25	<table border="1"><tr><td>18</td><td></td><td>21</td></tr><tr><td></td><td></td><td>c</td></tr><tr><td>18</td><td></td><td>18</td></tr></table> <p>+3</p>	18		21			c	18		18
	22	21	21																											
	21	21	a																											
22	19	22																												
25		19																												
		b																												
25		25																												
18		21																												
		c																												
18		18																												
II	<table border="1"><tr><td>53</td><td>54</td><td>52</td></tr><tr><td>50</td><td>50</td><td></td></tr><tr><td>53</td><td>56</td><td>53</td></tr></table> <p>-1</p>	53	54	52	50	50		53	56	53	<table border="1"><tr><td>54</td><td></td><td>47</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>54</td><td></td><td>54</td></tr></table> <p>-7</p>	54		47				54		54	<table border="1"><tr><td>51</td><td></td><td>52</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>51</td><td></td><td>51</td></tr></table> <p>+1</p>	51		52				51		51
53	54	52																												
50	50																													
53	56	53																												
54		47																												
54		54																												
51		52																												
51		51																												
III	<table border="1"><tr><td>50</td><td>52</td><td>54</td></tr><tr><td>46</td><td>47</td><td></td></tr><tr><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr></table> <p>+4</p>	50	52	54	46	47		50	50	50	<table border="1"><tr><td>40</td><td></td><td>42</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>40</td><td></td><td>40</td></tr></table> <p>+2</p>	40		42				40		40	<table border="1"><tr><td>48</td><td></td><td>54</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>48</td><td></td><td>48</td></tr></table> <p>+6</p>	48		54				48		48
50	52	54																												
46	47																													
50	50	50																												
40		42																												
40		40																												
48		54																												
48		48																												

IV	<table border="1"><tr><td>36</td><td>39</td><td>39</td></tr><tr><td>35</td><td>33</td><td></td></tr><tr><td>36</td><td>34</td><td>36</td></tr></table> <p>+3</p>	36	39	39	35	33		36	34	36	<table border="1"><tr><td>39</td><td></td><td>37</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>39</td><td></td><td>39</td></tr></table> <p>-2</p>	39		37				39		39	<table border="1"><tr><td>34</td><td></td><td>38</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>34</td><td></td><td>34</td></tr></table> <p>+4</p>	34		38				34		34
36	39	39																												
35	33																													
36	34	36																												
39		37																												
39		39																												
34		38																												
34		34																												
V	<table border="1"><tr><td>100</td><td>99</td><td>105</td></tr><tr><td>97</td><td>100</td><td></td></tr><tr><td>100</td><td>98</td><td>100</td></tr></table> <p>+5</p>	100	99	105	97	100		100	98	100	<table border="1"><tr><td>5</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td>5</td></tr></table> <p>+3</p>	5		8				5		5	<table border="1"><tr><td>0</td><td></td><td>9</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td></td><td>0</td></tr></table> <p>+9</p>	0		9				0		0
100	99	105																												
97	100																													
100	98	100																												
5		8																												
5		5																												
0		9																												
0		0																												
VI	<table border="1"><tr><td>66</td><td>64</td><td>64</td></tr><tr><td>62</td><td>63</td><td></td></tr><tr><td>66</td><td>63</td><td>66</td></tr></table> <p>-2</p>	66	64	64	62	63		66	63	66	<table border="1"><tr><td>68</td><td></td><td>63</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>68</td><td></td><td>68</td></tr></table> <p>-5</p>	68		63				68		68	<table border="1"><tr><td>64</td><td></td><td>63</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>64</td><td></td><td>64</td></tr></table> <p>-1</p>	64		63				64		64
66	64	64																												
62	63																													
66	63	66																												
68		63																												
68		68																												
64		63																												
64		64																												
VII	<table border="1"><tr><td>69</td><td>73</td><td>84</td></tr><tr><td>63</td><td>71</td><td></td></tr><tr><td>69</td><td>67</td><td>69</td></tr></table> <p>+15</p>	69	73	84	63	71		69	67	69	<table border="1"><tr><td>74</td><td></td><td>85</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>74</td><td></td><td>74</td></tr></table> <p>+11</p>	74		85				74		74	<table border="1"><tr><td>5</td><td></td><td>20</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td>5</td></tr></table> <p>+15</p>	5		20				5		5
69	73	84																												
63	71																													
69	67	69																												
74		85																												
74		74																												
5		20																												
5		5																												

Plade VII dobbeltnivelleret. Tværribbe synligt skæv.

VIII

43	41	41
40	43	
43	42	43
-2		

45		39
45		45
-6		

42		44
42		42
+2		

IX

39	42	48
36	38	
39	38	39
+9		

42		49
42		42
+7		

38		51
38		38
+13		

X

48	48	46
47	45	
48	47	48
-2		

50		46
50		50
-4		

47		51
47		47
+4		

Oversigt over VINDSKÆVHEDER

Defineret som pkt. 1's afvigelse fra plan 3-6-8. Positivt opad.

VINDSKÆVHEDER Alle mål i mm							
Plade nr.	a	b	c	Kontrol: Samlet drejning mellem opstilling b og c	RESULTERENDE VINDSKÆVHED, +) der ikke kan udlignes ved oplægningen	v	v ²
I	-1	-6	+3	9	0	-2	4
II	-1	-7	+1	8	0	-2	4
III	+4	+2	+6	4	2	0	0
IV	+3	-2	+4	6	0	-2	4
V	+5	+3	+9	6	3	+1	1
VI	-2	-5	-1	4	-1	-3	9
VII	+15	+11	+15	4	11	+9	81
VIII	-2	-6	+2	8	0	-2	4
IX	+9	+7	+13	6	7	+5	25
X	-2	-4	+4	8	0	-2	4
Σ						+2	136
Middel vindskævhed							+2
Tilstræbt							0
Middelfejl på det enkelte element: $\sqrt{\frac{136}{9}} =$							3,9
Største afvigelse fra tilstræbt							(+11 -1)

Plade VII tværribbe synligt skæv.

+) RESULTANT WARP WHICH CANNOT BE OFFSET BY THE PULL OF GRAVITY DURING ERECTION

PILHØJDE på ribber og pladekanter.

Positivt opad henholdsvis udad.

PILHØJDE Alle mål i mm												
Plade nr.	Ribbe 3-5-8	v	v ²	Ribbe 2-4-7	v	v ²	Plade kant 3-5-8	v	v ²	Plade kant 1-6	v	v ²
I	-1	+2	4	+1	+2	4	-4	-2	4	-4	-1	1
II	-3	0	0	-5	-4	16	-3	-1	1	-3	0	0
III	-4	-1	1	-4	-3	9	-3	-1	1	-3	0	0
IV	-1	+2	4	-3	-2	4	+3	+5	25	-5	-2	4
V	-3	0	0	+1	+2	4	-3	-1	1	+4	+7	49
VI	-4	-1	1	0	+1	1	-3	-1	1	-5	-2	4
VII	-6	-3	9	+1	+2	4	-2	0	0	0	+3	9
VIII	-3	0	0	+1	+2	4	0	+2	4	-2	+1	1
IX	-3	0	0	-2	-1	1	-2	0	0	-1	+2	4
X	-1	+2	4	-2	-1	1	+1	+3	9	-7	-4	16
Σ	-29	+1	23	-12	-2	48	-16	+4	46	-26	+4	88
Middelpilhøjde	-3			-1			-2			-3		
Tilstræbt	0			0			0			0		
Middelfejl på det enkelte element	1,6			2,3			2,3			3,2		
Største afvigelse fra tilstræbt	(-1 -6)			(+1 -5)			(+3 -4)			(+4 -7)		
RIB AND SLAB CAMBERS												

VINKELAFVIGELSE Alle mål i mm							
Plade nr.	c	d	e	f	g	h	(g-h)
I	4035	4018	1162	1153	4184	4192	6
II	4027	4014	1157	1153	4185	4182	3
III	4023	4016	1155	1153	4187	4178	9
IV	4018	4014	1145	1150	4180	4176	4
V	4026	4020	1153	1153	4185	4185	0
VI	4030	4016	1156	1156	4186	4189	3
VII	4019	4016	1150	1153	4177	4180	3
VIII	4017	4013	1147	1158	4177	4178	1
IX	4029	4022	1162	1157	4187	4193	6
X	4025	4014	1158	1153	4186	4179	7
Middel vinkelafvigelse (rep. g-h)							4,2
Tilstræbt							0
Største afvigelse fra tilstræbt							9,0
ANGULAR DEVIATION							

3 B. UDVALGETS OPMÅLING AF STÅLFORME TIL ETAGEPLADER

Form nr.	RIBBELÆNGDER Alle mål i mm						PLADELÆNGDER Alle mål i mm					
	L ₀	v	v ²	L ₂	v	v ²	L ₁	v	v ²	L ₃	v	v ²
I	4098	-2	4	4090	-3	9	4022	+1	1	4014	-1	1
II	4101	+1	1	4097	+4	16	4019	-2	4	4019	+4	16
III	4098	-2	4	4089	-4	16	4014	-7	49	4013	-2	4
IV	4097	-3	9	4090	-3	9	4018	-3	9	4019	+4	16
V	4102	+2	4	4096	+3	9	4027	+6	36	4018	+3	9
VI	4099	-1	1	4093	0	0	4023	+2	4	4012	-3	9
VII	4094	-6	36	4088	-5	25	4018	-3	9	4013	-2	4
VIII	4107	+7	49	4101	+8	64	4027	+6	36	4011	-4	16
Σ	32796	-4	108	32744	0	148	32168	0	148	32119	-1	75
Middellængde	4100			4093			4021			4015		
Tilvirkningsmål	4100			4100			4020			4020		
Middeltallets afvigelse	0			-7			+1			-5		
Middelfejl på den enkelte form	4			5			5			3		
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+7 -6)			(+1 -12)			(+7 -6)			(-1 -9)		
Største afvigelse fra middeltal	(+7 -6)			(+8 -5)			(+6 -7)			(+4 -4)		
LENGTH OF RIBS						LENGTH OF SLABS						

2 B. STEEL MOULDS FOR DECK SLABS

PLADEBREDDER Alle mål i mm									
Form nr.	b_1	v	v^2	b_2	v	v^2	b_3	v	v^2
I	1230	+1	1	1224	0	0	1230	+1	1
II	1228	-1	1	1222	-2	4	1228	-1	1
III	1232	+3	9	1226	+2	4	1230	+1	1
IV	1232	+3	9	1224	0	0	1228	-1	1
V	1228	-1	1	1227	+3	9	1231	+2	4
VI	1227	-2	4	1223	-1	1	1229	0	0
VII	1227	-2	4	1222	-2	4	1225	-4	16
VIII	1226	-3	9	1225	+1	1	1228	-1	1
Σ	9830	-2	38	9793	+1	23	9829	-3	25
Middellængde	1229			1224			1229		
Tilvirkningsmål	1228			1228			1228		
Middeltallets afvigelse	+1			-4			+1		
Middelfejl på den enkelte form	2			2			2		
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+4 -2)			(-1 -6)			(+3 -3)		
Største afvigelse fra middeltal	(+3 -3)			(+3 -2)			(+2 -4)		
BREADTH OF SLABS									

VINKELAFVIGELSE Alle mål i mm							
Form nr.	c	d	e	f	g	h	(g-h)
I	4022	4014	1152	1154	4183	4182	1
II	19	19	51	55	80	86	6
III	14	13	53	53	76	74	2
IV	18	19	52	55	81	82	1
V	27	18	60	52	85	86	1
VI	23	12	52	53	84	76	8
VII	18	13	47	51	78	74	4
VIII	27	11	52	53	76	86	10
ANGULAR DEVIATION							

3 C. ELEMENTFABRIKS OPMÅLINGER AF 63 VÆGELEMENTER STØBT I STÅLFORM.

Der var opmålt 63 rektangulære vægelementer. Længden målt langs 1 side. Bredden i begge ender og tykkelsen i begge ender af en langside.

Alle mål i mm (afrundede værdier)	Længde Length	Bredde Breadth		Tykkelse Thickness	
		a	b	c	d
Middeltal af målinger Average	2450	366	367,5	81	81
Tilvirkningsmål Work measurement	2450	365	365	80	80
Middeltallets afvigelse Average deviation	0	+1	+2,5	+1	+1
Middelfejl på det enk.element Standard deviation	1,8	1,6	1,5	0,7	0,7
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	+4 -5	+5 -2	+6 0	+3,0 -0,5	+2,5 -1,0
Største afvigelse fra middeltal	+4 -5	+4 -3	+3,5 -2,5	+2,0 -1,5	+1,5 -2,0

For breddernes vedkommende er der en eensidig afvigelse (for store bredder).

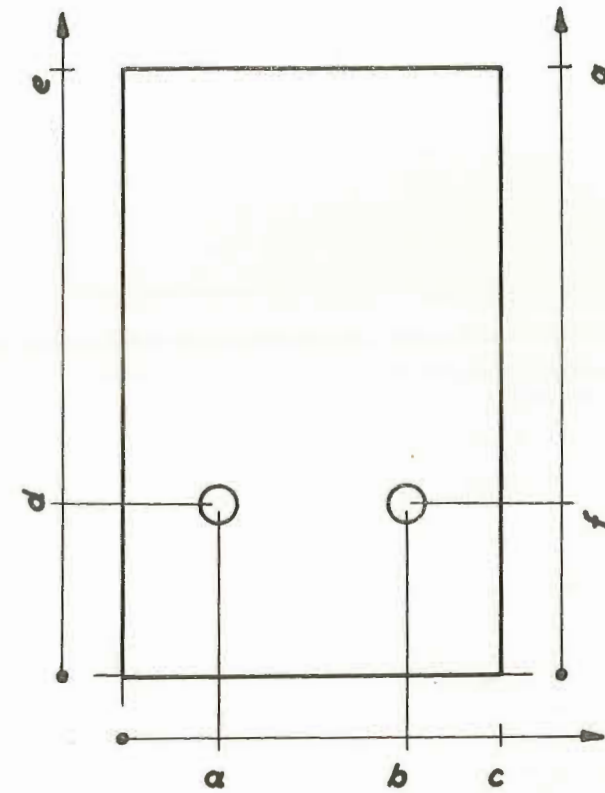
4. AFSÆTNINGER AF HULLER, BÆRINGER O. S. V.

(UDVALGETS MÅLINGER)

4. SETTING-OUT HOLES, IRONS ETC.

4. α . HULAFSÆTNING (TIL HV-BÆRING) I TERRAZZOVÆGELEMENT

Der er to typer, 11 og 13, der er spejlvendte, begge støbt i terrazzoforme.



Hulplaceringerne er indbyrdes afhængige, da der benyttes skabelon.

Vandrette mål i mm										
Type	Nr.	a	v	v ²	b-a	v	v ²	c	v	v ²
11	1	235	+2	4	580	+4	16	1043	+1	1
	2	231	-2	4	575	-1	1	1043	+1	1
	3	234	+1	1	570	-6	36	1042	0	0
	4	232	-1	1	577	+1	1	1040	-2	4
	5	228	-5	25	575	-1	1	1043	+1	1
12	6	232	-1	1	578	+2	4	1042	0	0
	7	234	+1	1	577	+1	1	1042	0	0
	8	235	+2	4	575	-1	1	1043	+1	1
	9	232	-1	1	576	0	0	1043	+1	1
	10	233	0	0	576	0	0	1043	+1	1
Σ		2326	-4	42	5759	-1	61	10424	+4	10
a = Middelfafstand fra elementkant				233						
b-a = Middelhulafstand					576					
c = Middel-elementbredde							1042			
Tilvirkningsmål		230			580		1040			
Middeltallets afvigelse fra tilvirkningsmål		+3			-4		+2			
Middelfejl		2,2			2,6		1,1			
Største afvigelse fra tilvirkningsmål		(+5 -2)			(0 -10)		(+3 0)			
Største afvigelse fra middeltal		(+2 -5)			(+4 -6)		(+1 -2)			

Lodrette mål i mm													
Type	Nr.	d	v	v ²	f	v	v ²	e	v	v ²	g	v	v ²
11	1	774	0	0	772	+1	1	2153	-2	4	2154	-1	1
	2	776	+2	4	771	0	0	2154	-1	1	2154	-1	1
	3	776	+2	4	774	+3	9	2153	-2	4	2154	-1	1
	4	773	-1	1	770	-1	1	2153	-2	4	2154	-1	1
	5	776	+2	4	772	+1	1	2154	-1	1	2155	0	0
12	6	776	+2	4	770	-1	1	2156	+1	1	2158	+3	9
	7	771	-3	9	772	+1	1	2155	0	0	2154	-1	1
	8	771	-3	9	770	-1	1	2157	+2	4	2157	+2	4
	9	772	-2	4	768	-3	9	2158	+3	9	2156	+1	1
	10	774	0	0	771	0	0	2154	-1	1	2155	0	0
Σ		7739	-1	39	7710	0	24	21547	-3	29	21551	+1	19
Middel-hulhøjde				774					771				
Middel-elementhøjde										2155			
Tilvirkningsmål				770					770	2150			
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål				+4					+1	+5			
Middelfejl				2,1					1,6	1,6			
Største afvigelse fra tilvirkningsmål				(+6 +1)					(+4 0)	(+8 -3)			
Største afvigelse fra middeltal				(+2 -3)					(+3 -1)	(+3 -2)			

Elementernes vandrette mål er afgørende og tilfredsstillende. De lodrette mål er lidt for store for 3 elementers vedkommende, men dette har det i det foreliggende været let at udligne, da der afsluttes mod loft med træskelet med beklædning. Hulafsætningen er tilfredsstillende, undtagen for den indbyrdes afstands vedkommende.

4. β . PLACERING AF HUL, $d = 75$ mm i RIBBEPLADE

Der målttes hulafstand fra pladekant ved indmåling af to sæt hulkanter. Diameteren var korrekt i alle tilfælde. Der opgives her middeltallet, d.v.s. målet til hulmidten.

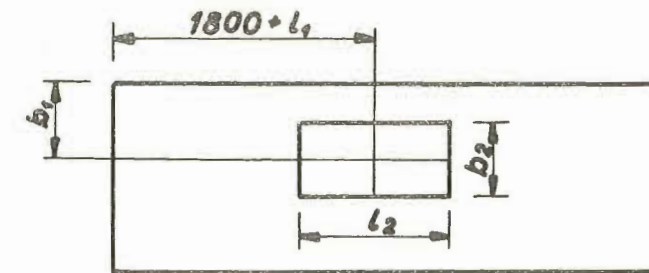
Nr.	Afstand i længderetn.	v	v ²	Afstand i tværrretn.	v	v ²
1	135	3	9	148	0	0
2	126	-6	36	148	0	0
3	130	-2	4	150	+2	4
4	(164) ⁺	-	-	147	-1	1
5	131	-1	1	148	0	0
6	(152) ⁺⁺	-	-	(139) ⁺⁺	-	-
7	132	0	0	145	-3	9
8	135	+3	9	150	+2	4
9	134	+2	4	(139) ⁺⁺	-	-
10	132	0	0	149	+1	1
Σ	1055	-1	63	1185	+1	19
Middelafstand			132			148
Tilvirkningsmål			125			135
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål			+7			+13
Middelfejl			3			2
Største afvigelse fra tilvirkningsmål		(39!)	(+10 +1		(+4)	(+15 +10

⁺) Grove fejl, der ikke medregnes.

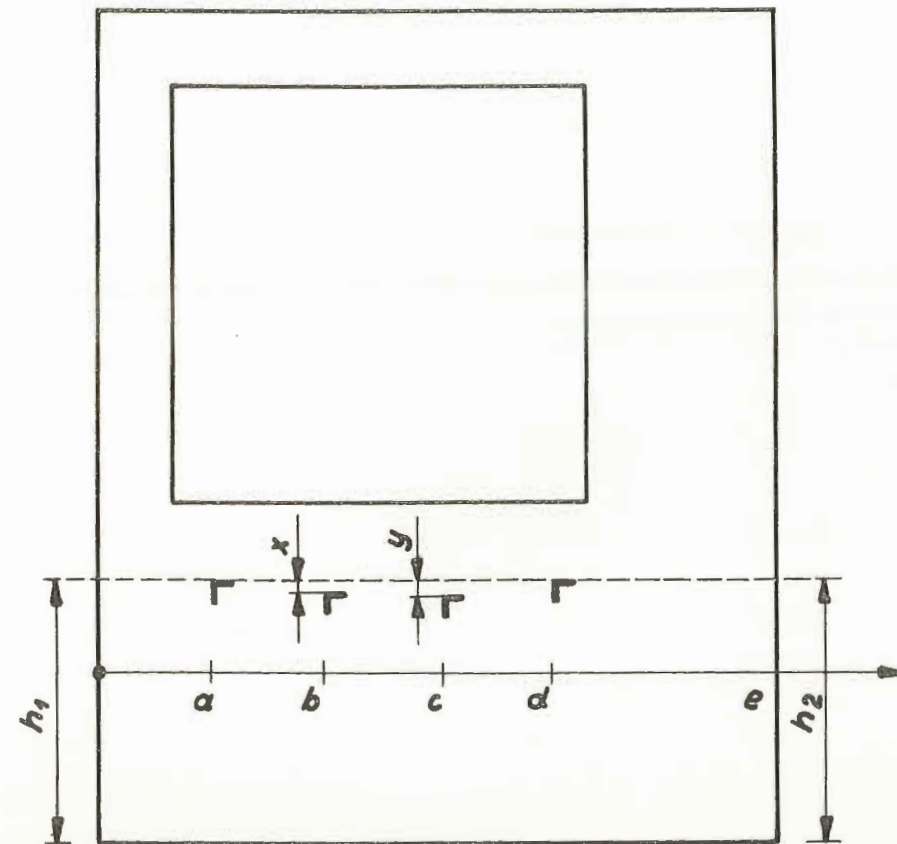
⁺⁺) Disse afsætninger er i virkeligheden de to bedste, men de medtages ikke, da de øvrige ligger nær et for stort middeltal.

4. 8. PLACERING AF HUL TIL RØRSKAB I RIBBEPLADE

Der er målt hulkanterens afstand fra pladekant i to retninger. Af målingerne uddrages:



Alle mål i mm														
Nr.	YDRE ELEMENT- MÅLS MÅLAFVG.		HULMIDTES PLACERING						HULLETS DIMENSIONER					
	Længde	Bredde	l_1	v	v^2	b_1	v	v^2	l_2	v	v^2	b_2	v	v^2
1	+4		62	+5	25	848	+1	1	277	+2	4	436	+2	4
2	+2		52	-5	25	847	0	0	276	+1	1	430	-4	16
3	+3		63	+6	36	848	+1	1	276	+1	1	433	-1	1
4	0		56	-1	1	846	-1	1	274	-1	1	433	-1	1
5	0		62	+5	25	850	+3	9	277	+2	4	437	+3	9
6	0		56	-1	1	844	-3	9	269	-6	36	433	-1	1
7	+1		53	-4	16	846	-1	1	280	+5	25	433	-1	1
8	0		58	+1	1	848	+1	1	278	+3	9	436	+2	4
9	0		55	-2	4	844	-3	9	270	-5	25	433	-1	1
10	0		54	-3	9	846	-1	1	269	-6	36	435	+1	1
Σ			571	+1	143	8467	-3	33	2746	-4	142	4339	-1	39
Middelafstand i længderetningen			1857											
Middelafstand i tværetningen									847					
Hullængde i middel									275					
Hulbredde i middel									434					
Tilvirkningsmål			1860						845					
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål			-3						+2					
Middelfejl			4						2					
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+3 -7)						(+5 -1)					
Største afvigelse fra middeltal			(+6 -4)						(+3 -3)					
									(+20 +9)					
									(+5 -6)					
									(-3 -10)					
									(+3 -4)					

4. δ . PLACERING AF VINKELJERNSBÆRING TIL UNDERSTØTNING AF VINDUESPLADE4. δ . PLACING OF HOLE FOR ANGLE IRON SUPPORTING WINDOW BOARD

4. § 1. VANDRETTE MÅL

Der er målt a, b, c, d, de fire jerns afstand fra elementkant, og e, den samlede elementbredde.

Nr.	a	v	v^2	b	v	v^2	c	v	v^2	d	v	v^2	e	v	v^2
1	478	-3	9	873	-2	4	1247	-1	1	1639	-2	4	2755	-2	4
2	480	-1	1	872	-3	9	1244	-4	16	1639	-2	4	2756	-1	1
3	482	+1	1	878	+3	9	1250	+2	4	1642	+1	1	2760	+3	9
4	483	+2	4	875	0	0	1250	+2	4	1641	0	0	2760	+3	9
5	483	+2	4	876	+1	1	1251	+3	9	1642	+1	1	2762	+5	25
6	480	-1	1	875	0	0	1250	+2	4	1642	+1	1	2755	-2	4
7	482	+1	1	874	-1	1	1250	+2	4	1642	+1	1	2755	-2	4
8	474	-7	49	868	-7	49	1240	-8	64	1635	-6	36	2755	-2	4
9	485	+4	16	882	+7	49	1252	+4	16	1647	+6	36	2757	0	0
10	482	+1	1	876	+1	1	1250	+2	4	1643	+2	4	2757	0	0
Σ	4809	-1	87	8749	-1	123	12484	+4	126	16412	+2	88	27572	+2	60
Middeltal	481		875	875		1248			1248			1641			2757
Tilvirkningsmål	480		872	872		1288			1288			1680			2760
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål	+1		+3			-40			-40			-39			-3
Middelfejl	3		4			4			4			3			3
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	+5		+10			-36			-36			-33			+2
Største afvigelse fra middeltal	-6		-4			-48			-48			-45			-5
	+4		+7			+4			+4			+6			+5
	-7		-7			-8			-8			-6			-2

NB. De største afvigelser for a, b, c og d findes alle for elementerne 8 og 9!

4. § 2. LODRETTE MÅL

2 a. Afvigelse i indbyrdes retlinet placering (x og y).

Der blev lagt en retskede på de to yderste vinkeljerns (a og d) overkant, og man målte, hvor meget vinkeljernene b og c lå under den rette linie.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b's afstand fra linien a-d = x	4	3,5	0	1	0	0	2,5	3	3	3
c's afstand fra linien a-d = y	4,5	2	1,5	0,5	0	0	2	4	1	2

2 b. linien a-d's placering i højden.

Linien forlængedes til elementkanterne, hvor højden målttes som h_1 og h_2 .

Nr.	Højde					Hældning $h_1 - h_2$
	h_1	h_2	h_{middel}	v	v^2	
1	922	926	924	+1	1	-4
2	922	922	922	-1	1	0
3	923	927	925	+2	4	-4
4	922	922	922	-1	1	0
5	922	921	922	-1	1	+1
6	924	919	922	-1	1	+5
7	926	922	924	+1	1	+4
8	928	923	926	+3	9	+5
9	929	920	924	+1	1	+5
10	921	922	922	-1	1	-1
Σ	9239	9224	9233	+3	21	+15
Middelhøjde	924	922	923			
Tilvirk.mål			940			
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål			-17			
Middelfejl			1,5			
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			-14 -18			-4 +9 på en
Største afvigelse fra middeltal			+3 -1			længde af 2760 mm
			$\frac{h_1 + h_2}{2}$			$h_1 - h_2$

KONKLUSIONER OM ELEMENTPRODUKTIONENS NØJAGTIGHED

1. TRÆFORME

Udvalgets opmålinger viser tydeligt, at træforme med træafstivninger meget let giver anledning til store målafvigelser, idet træet kaster sig og arbejder bl. a. som følge af fugtighedsindholdets variation. Sliddet på en træform er endvidere relativt stort. Dette påvirker i første række holdbarheden, men også nøjagtigheden påvirkes heraf for finere detaillers vedkommende og af, at samlingerne med tiden bliver unøjagtige og ustabile. Kun for meget små serier vil rene træforme antageligt være anvendelige, og under alle omstændigheder må formene samles og eventuelt rettes op under kontrol af målene før hver støbning. Det vil ofte være hensigtsmæssigt at gøre formene nogle mm for små, da de viser tilbøjelighed til at blive for store.

De af udvalget opmålte træforme opfyldte langt fra tolerancekravene. 4 af 10 elementer var utilladeligt for lange, og ribbelængdens middeltal var + 5 mm for stort, skønt formene var tilstræbt 2 mm for korte: Formopmålingerne viste en 2 mm for kort middellængde med en middelfejl på 3 mm. Fejlene på elementerne må ses som udtryk for, at formene ikke var stabile nok, specielt da man ikke med rimelige fejlstørrelser kan fordele de 10 elementer i 4 grupper svarende til de 4 anvendte forme. Bredder, tykkelser, vinkler og pilhøjder opfylder tolerancekravene og kun et element er for vindskævt. Elementerne er leveret til byggepladsentreprenøren fra en elementfabrik og er blevet godkendt trods fejlene, da montagen har vist sig mulig, omend med besvær nogle steder.

Anvender man derimod træforme af dyre træsorter eller benyttes træet blot som kontaktflade f. eks. på et stålskelet, er træforme anvendelige inden for den forholdsvise korte levetid. Dette viser de opmålinger, der omtales pag. 57. Middelfejlen på længderne er kun 1,1 mm, og målafvigelsestørrelse skyldes derfor næsten udelukkende den ensidige fejl på - 6 mm. I dette tilfælde var det ligegyldigt, da tolerancen var ± 10 mm, men ved skærpede tolerancekrav må det være let ved en eengangskontrol at reducere denne fejl til højst 2 mm.

2. BETONFORME

Betonforme er uden tvivl de forme, der lettest giver stor nøjagtighed som følge af den stabile bundform.

Selve bundformens nøjagtighed er kun bestemt af gipsmodellens nøjagtighed, da afvigelser ved reproduktionen er meget små, og af formens understøtninger. F. eks. fremgår det af pag. 90, at ribbehøjder og afstande reproduceres meget nøjagtigt. Et tværsnit af hele produktionen (pag. 89) viser en relativ stor spredning som følge af de forskellige matricers fejl, der går igen på de respektive forme og elementer, men opmålinger af elementer fra forme fra samme matrice og elementer fra samme form (pag. 92) viser, at reproduktionsfejlene er så små, at de formodentlig ikke kan måles med almindeligt mm-inddelt målebånd. (At 10 helt tilfældige elementer (pag. 89) viser større spredning end 10 helt tilfældige forme (pag. 91), skyldes antageligt snarere, at det ikke er de samme grupper, der har kunnet undersøges, end at der er en målelig reproduktionsfejl). Opmålingerne pag. 93 viser den nøjagtighed, der kan opnås inden for den enkelte matrice, når ribber etc. ikke, som det har været anvendt, presses gennem et formmundstykke.

Elementernes nøjagtighed for længders og bredders vedkommende er bestemt af stabiliteten i samlingerne mellem den stabile bundform og sideformene og af den nøjagtighed, hvormed samlingsmekanismen anbringes på bundformen. Stabiliteten af samlingen udtrykkes ved middelfejlen, mens samlingsmekanismens gennemsnitlige placering udtrykkes ved den ensidige fejl.

De af udvalget opmålte betonforme havde en boltesamling mellem betonbundform og stålsideform. Boltene var anbragt på sideformene og greb ind i udsparinger i bundformen. Denne samling bestemte altså stabiliteten, mens selve sideformens placering var bestemt dels af en anslagskant i betonformen, dels af endeformens længder, d.v.s. at placeringen var overbestemt, og den resulterende placering altså et "kompromis", hvis der var målforskelle mellem endeformens længde og anslagens afstand.

Opmålingerne pag. 73 af elementer fra samme form viser en middelfejl på længder og bredder på 1,0 mm, der må ses som udtryk for, at der kun er en ringe ustabilitet i boltesamlingen og måske små afvigelser som følge af urenheder i samlingen.

Det kan altså konstateres, at en samling som den beskrevne giver en middelfejl på 1 mm, forårsaget af samlingens tilfældige fejl. Da målingerne pag. 89 ff viser, at reproduktionen af dele, hvis mål er bestemt af en sammenhængende formdel

(i dette tilfælde ribbeafstand og -højde) sker med en middelfejl, der er uden betydning, synes det rimeligt at skønne, at en elements mål er bestemt af:

- a) gipsmodellens målafvigelser, der uden yderligere fejlkilder overføres til formen, hvor de resulterer i ensidige fejl,
- b) tilfældige fejl fra samlingen, middelfejl 1 mm, således at produktionsgrænserne bliver tilvirkningsmål + ensidig fejl (model) ± 3 (samling).

Dette er dog ikke rigtigt, da der er flere fejlkilder, som målingerne pag. 61 ff af elementer fra forme fra samme matrice og pag. 83 ff af forme fra samme matrice viser. Måleresultaterne kan kort resumeres således:

	FÆRDIGE ELEMENTER		FORME, FØR DER STØBES ELEMENTER I DEM	
	Ensidig fejl	Middelfejl	Ensidig fejl	Middelfejl
$L_0 + L_2$	-1,2	1,7)	-0,2	2,4)
$L_1 + L_3$	+7,8	2,0)	+8,2	2,1)
b_1	-0,3	1,5)	-0,5	1,9)
b_2	+2,6	1,6)	+2,0	1,8)
b_3	+1,3	1,0)	+0,8	1,1)

Elementlængder synes lidt mindre, elementbredder lidt større end de tilsvarende formmål. Dette kan skyldes: 1) Formene giver sig lidt i en bestemt retning under støbningen. 2) Principielle målevanskeligheder ved definitionen af den (for elementerne ujævne) kant, der måles til. 3) 10 forme er en væsentlig del af samtlige forme, 10 elementer et tilfældigt udvalg af et stort antal elementer, men der kan tænkes muligheden af, at det, trods den "tilfældige" udvælgelse, ikke er lykkedes at få et repræsentativt udsnit af elementerne. 4) målefejlen er vel af størrelsesordenen 0,5 mm. Når bortset fra denne forskel, er der derimod en smuk overensstemmelse mellem element- og formmål.

Det ses, at oprindelige fejl i modellen er reproduceret med samme ensidige fejl på både forme og elementer (bredderne er f. eks. i rækkefølgen b_1, b_2, b_3 : 1/2 mm for små, 2 mm for store og 1 mm for store i begge tilfælde).

Middelfejlen er større for formene end for elementerne (og viser endda samme størrelsesvariation for b_1, b_2, b_3). Dette kan skyldes: 1) Formene giver sig lidt under støbningen og vil uden hensyn til den oprindelige, tilfældige stilling (form-

målingerne) nå en bestemt hvilestilling (elementmålene). 2) At det som omtalt ovenfor ikke er samme udsnit af produktionen, der er målt. 3) Målefejl. Er den første forklaring rigtig, kan den også forklare middelfejlens størrelsesvariation for b_1 , b_2 og b_3 , idet samlingen antages mere stabil i den ene ende, f. eks. fordi der er bedre overensstemmelse mellem endeform og anslagskanter.

Men det væsentligste ved disse målinger er, at middelfejlen er væsentlig større end for elementer fra samme form. Der må derfor som nævnt være endnu en fejlkilde. Når matricen er fremstillet, har den nøjagtig modellens mål, inclusive dennes ensidige fejl på f. eks. anslagskanter. Disse anslagskanter må have en vis smig (måske 1:5 mod lodret) af hensyn til afformningen. Over matricen produceres nu en række forme, også med matricens ensidige fejl, men formene bliver ikke helt ens: 1) Nogle anslagskanter er måske på et eller andet tidspunkt blevet reparerede. 2) Formene er opstillet lidt forskelligt, med små, men dog i denne forbindelse væsentlige vindskævheder, der gør at sideformene ikke berører anslagskanten på samme måde på alle forme. 3) Sideformene er ikke ens. 4) Endeformene er ikke ens. Alt dette gør, at formmålene (pag. 83 ff) og elementmålene (pag. 61 ff) udover matricens ensidige fejl og den tilfældige fejl fra samlingerne (middelfejl 1 mm) får målafravigelser som forårsages af formenes individuelle samlingsbetingelser. Man kan sige, at disse fejlkilder resulterer i en middelfejl på 2 mm, eller man kan fastholde, at middelfejlen på en elementstøbning er 1 mm og dertil lægge en ensidig fejl, der er afhængig af formens nummer.

Resultatet bliver, at produktionsgrænserne bliver:

Tilvirkningsmålet + modellens ensidige fejl ± 6 mm fra samlinger og individuelle ensidige formfejl.

I praksis har tolerancerne ± 5 mm vist sig at kunne overholdes - og det bør bemærkes, uden hensyn til elementstørrelsen, da det er samlingerne, der er afgørende.

Ser man på opmålingerne af forme og elementer fra en elementfabriks betonformproduktion (pag. 95 ff), viser endnu snævrere tolerancer sig mulige. Efter disse målinger er en middelfejl på 0,3 mm mulig ved betonforme med sideforme af tømmer boltet fast for hver 50 cm med bolte, der passer stramt i tømmeret og går ned i bøsninger, indstøbt i bundformen (fig. 25, pag. 35). Den ensidige fejl er på disse forme op til 3-4 mm, og man mener vanskeligt at kunne presse denne fejl ned under ± 2 mm, således at tolerancerne måske kan sættes til $\pm 2 \pm 3 \cdot 0,3 \sim \pm 3$ mm.

Tolerancer under disse grænser vil resultere i væsentlig fordyrelser med den

nuværende teknik.

Det er dog ikke alle mål, der kan overholde tolerancer under ± 5 mm med den teknik, der i dag benyttes. Vindskævheder er vanskelige af bekæmpe, da elementerne vel kan støbes i forme, der som følge af kontrol ikke har væsentlige vindskævheder, mens det er vanskeligt at undgå vindskævheders opståen under lagringen. Lagres elementerne vandret, vil det ikke være nok at benytte velafrettede mellemlæg, da der derved sker fejlphobning af systematiske fejl; men uafhængig oplagring er meget dyr. Lagres elementerne lodret, vil de have tilbøjelighed til at kaste sig på grund af uensartet udtørring; dette problem vil kunne bekæmpes ved at påføre elementerne en vandtæt hinde, men dels er dette ikke nok, dels er det dyrt. Iøvrigt bør for plader kun den vindskævhed, som tyngdekraften ikke kan rette op ved montagen, lægges til grund ved bedømmelsen.

Opmålingerne (pag. 89 ff) af ribbehøjder og -afstande på helt tilfældige elementer (lange, korte, brede og smalle) viser, at produktionen har en meget lille middelfejl, men de ensidige afvigelser, op til ± 3 mm, er dog så store, at man ved tilslutning af lette skillerumselementer må påregne, at der skal udføres en normal fugning langs loftet. Benyttes derimod ribbeplader fra samme form (pag. 90) eller blot forme fra samme matrice (pag. 90) er det ikke muligt ved normal opmåling at konstatere forskelle over 1 mm mellem pladerne (men nok afvigelser fra tilvirkningsmålene). Specielle skillerumselementer, der kun skal tilsluttes een type plader kan derfor tilsluttes tæt uden normal fugning, når de er specielt fremstillede. Dette er naturligvis i almindelighed ikke ønskeligt, samtlige pladers ribber burde være ens, men målingerne viser, at man ved at udføre de oprindelige matricer meget nøjagtigt - f. eks. fra samme grundmatrice - vil kunne opnå en vidtdreven nøjagtighed på dette punkt ved anvendelse af betonforme.

Endvidere må de nøjagtige elementer fra terrazzoforme bemærkes (pag. 119 ff). Middelfejlen er lille, men der er en for stor, ensidig fejl på højden.

3. STÅLFORME

Stålforme kan forsåvidt give en meget lille middelfejl, men der er en nær sammenhæng mellem pris og middelfejl. Det er ikke muligt at fremstille bukkede plader meget nøjagtigt uden ret dyrt specialværktøj, der kun kan afskrives ved en produktion af mange forme. Drejer det sig om få forme, må man enten slække på nøjagtigheden eller svejse formene sammen. Svejsning vil dog også være relativt kosteligt.

Det er væsentligt, at formene er stabile, d.v.s. at skelettet er udført af svære profiler, at pladerne udføres af tilstrækkeligt svære stålplader. 2 mm stålplade i forbindelse med et ustabil skelet resulterede i en relativt hurtig ødelæggelse af formene og en stor middelfejl, se pag. 101 ff.

Nøjagtige stålforme har også været brugt, se f. eks. pag. 115, og i Frankrig har fabrikker som Camus og Coignets opnået tolerancer af størrelsesordenen ± 1 mm med stålforme af op til 25 mm stålplade, svære I-profiler og meget svære boltesamlinger (Camus) eller svære, hængslede sideforme, der bevæges hydraulisk (Coignet).

Leca-isoleringsblokke, massefabrikerede i stålforme, viser målafvigelser ikke over 3 mm for 10 stk. lagt i række (ca. 2,5 cm).

4. AFSÆTNING AF HULLER, BÆRINGER O.S.V.

I almindelighed er middelfejlene rimelige, men ret store, sammenlignet med elementstøbningens fejl. Derimod er de ensidige fejl alt for store. Kontrollen og omhuen med denne del står ikke i forhold til kvaliteten af selve elementproduktionen.

For de efterfølgende fag er det vigtigt, at ikke blot selve huset, men også afsætningen af klodser, huller, bæringer o.s.v. er nøjagtig. Det er antageligt nødvendigt at indskærpe, at tolerancekravene også gælder disse dele, der er "sekundære" for betonentreprenøren. En ensidig fejl på 39 mm (pag. 123) er det svært at bortforklare - og det er aldeles ødelæggende for de følgende fags præfabrikering.

I mange tilfælde vil netop afsætninger af beslag f. eks. kunne give anledning til skærpede tolerancer.

At nøjagtig afsætning er mulig viser følgende opmåling til belysning af den mulige nøjagtighed i løbende produktion af elementer i solide træforme på stabilt underlag af jernkonstruktion. Der foretoges eftermåling af 4 stk. indstøbte stål-

beslag til montage af elementerne på søjler med gennemgående dorne. Elementerne støbtes i 4 forskellige forme, der gennemførtes meget omhyggelig rensning og samling af formene, ligesom disse blev jævnligt kontrolleret under hele produktionen. Beslagenes anbringelse var angivet til 59 mm fra sidekanterne og efterkontrollen på 120 færdige elementer viste ingen afvigelser herfra over 0,5 mm.

RÅHUSOPMÅLINGER

1. 13 ETAGERS HØJHUS I MONTAGEBYGGERI

Der er målt bruttoetagehøjden 4 steder op gennem bygningen. Målene er taget fra underside ribbe til underside ribbe. Målingen er udført ved med nivelleringsinstrument og stålmålestokstadié at føre ribbekoten ud til mærker på facadesøjlerne. Afstanden mellem mærkerne målt med stålbånd med cm inddeling og der skønnes mm. Kontrolmålinger viste en middelfejl på ca. 1,5 mm i bestemmelsen af koterne.

Der blev endvidere foretaget opmåling af vægsafstande.

Målingerne er delt i to grupper:

- A. Måling i lejligheder i vest-siden. Der målt i lejligheder, hvor der gennem en døråbning kunne optages to vægafstande pr. måling, dels i 12 over hinanden liggende lejligheder (etage I - XII), dels i 6 lejligheder i etage XII.
- B. Udvendig måling langs øst-facaden i etage I og etage XII.

For begge grupper gælder det, at væggenes begrænsningsflader fastlagdes på følgende måde: a) Ved begyndelsen og afslutningen af en målelængde som den synlige overflade. b) Ved passage gennem døre, hvor karmen hindrede direkte måling, eller forbi de i vægformene indsatte facadesøjler, noteredes de to synlige kanter af karm eller søjle. Af disse målinger beregnedes vægfladernes mål som middeltallet af målingerne ± 100 mm. Vægtykkelsen fastsattes altså til 200 mm. Målingerne pag. 151 viser, at dette kun giver en ringe fejl af størrelsesordenen 1 mm (vægtykkelse i middel 201 mm).

For målerækken b udførtes to målerækker uafhængige af hinanden af to forskellige observatører, men på en ensartet måde, hvorunder målepunktet blev ensartet defineret. Uoverensstemmelserne mellem de to målerækkes resultater er udtryk for målefejlene, mens middeltallet af de to målerækker udtrykker væggenes målafvigelse.

Der er foretaget målinger af den nøgne vægs tykkelse ved ialt 20 tilfældige åbninger. Da vægformene bestod af store stålelementer, må tykkelsen antages at variere på lignende måde også mellem åbninger. Det var i hvert fald ikke muligt at konstatere nogen variation 0 - 30 cm fra åbningen.

For at få et begreb om montagenøjagtigheden for dækelementer udførtes nogle målinger af afstanden mellem kantribberne på et monteret dæk.

Som supplement til råhusopmålingen kan anføres en opmåling af elevatorskakten, foretaget af elevatormontøren.

Firmaet opsatte en lodret streng, ud fra hvilken skaktens lodafvigelser bestemtes.

Skaktens vægge forløb jævnt divergerende, og der målttes gennem 13 etager en afvigelse fra den lodrette streng på max. (etage 0 - 13) 10 mm i den ene retning og 12 mm i den anden retning, vinkelret på den første.

1 A. ETAGEHØJDER

ETAGEHØJDER Alle mål i mm												
Etage	Snit 1	v	v ²	Snit 2	v	v ²	Snit 3	v	v ²	Snit 4	v	v ²
1	2794	-3,9	15	2791	-7,3	53	2803	+4,1	17	2805	+6,4	41
2	2801	-3,1	10	2802	+3,7	14	2795	-3,9	15	2797	-1,6	3
3	2793	-4,9	24	2797	-1,3	2	2800	+1,1	1	2797	-1,6	3
4	2805	+7,1	50	2802	+3,7	14	2797	-1,9	4	2799	+0,4	0
5	2797	-0,9	1	2795	-3,3	11	2801	-2,1	4	2798	-0,6	0
6	2801	+3,1	10	2807	+8,7	76	2797	-1,9	4	2799	+0,4	0
7	2793	-4,9	24	2789	-9,3	86	2799	+0,1	0	2802	+3,4	12
8	2804	+6,1	37	2806	+7,7	59	2804	+5,1	26	2799	+0,4	0
9	2805	+7,1	50	2802	+3,7	14	2798	-0,9	1	2797	-1,6	3
10	2794	-3,9	15	2797	-1,3	2	2796	-2,9	8	2797	-1,6	3
11	2790	-7,9	62	2793	-5,3	28	2798	-0,9	1	2795	-3,6	13
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	30777	-6,1	298	30781	-4,3	359	30788	-4,1	81	30785	+0,4	78
Middelhøjde	2797,9		2798,3		2798,9		2798,6					
Tilstræbt højde	2800,0		2800,0		2800,0		2800,0					
Middeltallets afvigelse	-2,1		-1,7		-1,1		-1,4					
Middelfejl på den enkelte højde	5,5		6,0		2,8		2,8					
Største afvigelse fra tilstr. højde	(+ 5 -10)		(+ 7 -11)		(+ 4 -5)		(+ 5 -5)					
Største afvigelse fra middeltal	(+ 7 -8)		(+ 9 -9)		(+ 5 -4)		(+ 6 -4)					
SECTION	1		2		3		4					

1 A. DECK HEIGHTS IN MULTIPLE STOREY BUILDING (see drawing on next page)

Snittene er lagt lodret gennem 12 etager. Snit 3 og 4 ligger på hver sin side af den ene elevatorskakt, hvor igennem højderne blev afsat fra et fikspunkt i kælderen. Snit 1 og 2 ligger om den anden elevatorskakt i bygningens anden ende. Afvigelserne var store som følge af unøjagtig nivellering (?).

(Middeltal 2799 mm. Middelfejl 2,8 mm).

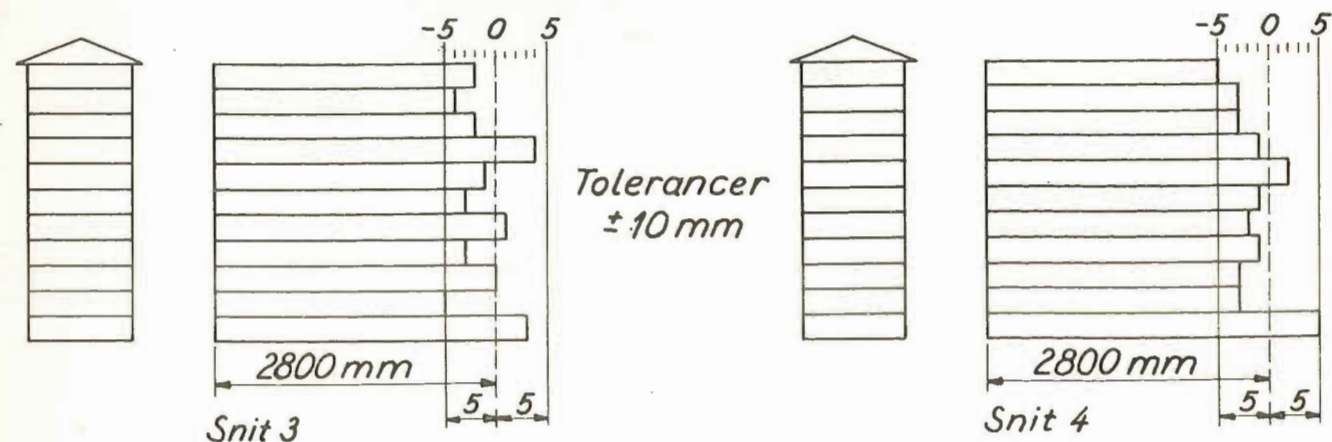


Fig. 34

The cross sections are vertical through the twelve stories of the building. The sections 3 and 4 are placed on either side of one of the lift wells through which the elevations were measured from a datum mark on the ground. The sections 1 and 2 are placed on either side the other lift wall in the opposite end of the building, the deviations being greater on account of inaccurate levelling (?). (Average 2799 mm. Standard deviation 2,8 mm).

Ved bedømmelsen af resultaterne må det nævnes, at der ikke var fastsat en bestemt tolerance for etagehøjden, men at etagehøjden var angivet til 2800 mm (og at man forudsatte, at facadeelementer etc. med tolerance ± 5 mm kunne monteres).

Fremgangsmåden ved opførelsen: På dækket udlagdes som understøtning for vægformene tømmer, der ved hjælp af kiler blev rettet op til at ligge 10 cm over dækket. Kontrol hermed udførtes med nivellerinstrument og almindeligt stadie. - På dette punkt må det være muligt at opnå større nøjagtighed. - Vægformene bestod af 250 cm høje stålelementer. Betonen udstøbtes og afrettedes, efter at den i nogen tid havde fået tid til at sætte sig, i højde med overkant af form. Derefter blev pladerne oplagt med knasfuger og mellemrummet mellem pladeenderne udstøbt og vibreret. Herved trænger der nogen mørtel ud under pladen og udfylder uregelmæssighederne.

Pladens kantribbe var 20 cm (tolerance ± 5 mm), således at etagehøjden bliver $10 + 250 + 20 = 280$ cm. Ved denne fremgangsmåde er der ikke mulighed for fejl-ophobning, idet man i hver etage nivellerer ud fra et fikspunkt i den ene elevatorskacts bund. Resultaterne viser, at etagehøjden endnu ikke kan forventes at være 2800 ± 5 mm, men at dette på den anden side skulle ligge inden for det mulige uden væsentligt fordyrende foranstaltninger, således at installationerne og lette vægge også skulle kunne præfabrikeres. Det er i denne forbindelse værd at lægge mærke til, at der i den ene ende af huset - målerækker 3 og 4 - er en væsentlig større nøjagtighed, idet de største og mindste højder er henholdsvis 2805 og 2795 mm med en middelfejl på 2,8 mm, et i og for sig fint resultat, skønt kontrolforanstaltningerne var primitive, og der ikke var stillet nøjagtighedskrav.

Målerækkerne 3 og 4 udførtes i to lodrette snit nær ved elevatorskakten ved fikspunktet, mens rækkerne 1 og 2 udførtes i den modsatte ende. Nivellementet har altså indført en meget væsentlig fejlkilde. Hvis denne elimineres, ved et stadie inddelt i mm o.s.v., må der kunne forventes middelfejl på 3 mm eller derunder i hele bygningen, d.v.s. at tolerancerne på såvel etagehøjden som højden mellem to vilkårlige dæk (eller hele bygningens højde) kan sættes til ± 10 mm. Dette vil sige, at man bør kunne stole på, etagehøjden er mindst 2790 og højst 2810 mm. Og det vil sige, at eventuelle fejl ikke opsummeres op gennem bygningen. Er der tre etager, er den samlede afstand mellem dækkene 3×2800 mm med en totalfejl på højst 10 mm til den ene eller den anden side. Er der 10 etager, er husets højde 2800 ± 10 mm. Heraf følger, at rør kan afskæres på værksted og at lette skillevægge, facadeudfyldninger, køkkenskabe o.s.v. kan præfabrikeres.

Som de følgende målinger viser, gælder det samme de vandrette mål:

Råhustolerancen kan sættes til ± 10 mm, d.v.s at de efterfølgende fag har præfabrikeringsgrundlaget.

α Måling i lejligheder.

MÅLINGER Alle mål i mm							4,2 m fag, samlet
Etage	4,2 m fag	3,0 m fag	$V_{4,2}$	$V_{4,2}^2$	V_3	V_3^2	$\sum V = +5$ $\sum V^2 = 197$ $n = 17$
I	4000	2802	-3	9	+2	4	4,2 m fag, I-XII $\sum V = +4$ $\sum V^2 = 184$ $n = 12$
II	4009	2800	+6	36	0	0	
III	3998	2803	-5	25	+3	9	
IV	4006	2802	+3	9	+2	4	
V	4008	2793	+5	25	-7	49	
VI	4002	2799	-1	1	-1	1	
VII	3997	2799	-6	36	-1	1	4,2 m fag, XII, a-f $\sum V = -2$ $\sum V^2 = 22$ $n = 6$
VIII	4005	2796	+2	4	-4	16	
IX	4002	2802	-1	1	+2	4	
X	4008	2799	+5	25	-1	1	3,0 m fag, samlet $\sum V = -5$ $\sum V^2 = 161$ $n = 17$
XI	4005	2799	+2	4	-1	1	
XII, a	4000	2804	-3	9	+4	16	
Σ	48040	33598	+4	184	-2	106	
XII, a	4000	2804	-3	9	+4	16	3,0 m fag, I-XII $\sum V = -2$ $\sum V^2 = 106$ $n = 12$
b	4002	2796	-1	1	-4	16	
c	4004	2803	+1	1	+3	9	
d	4006	2801	+3	9	+1	1	
e	4002	2795	-1	1	-5	25	3,0 m fag, XII, a-f $\sum V = +1$ $\sum V^2 = 71$ $n = 6$
f	4002	2802	-1	1	+2	4	
Σ	24016	16801	-2	22	+1	71	

I - XII + XII, a - f.	4,2 m fag			3,0 m fag		
	I alt	I-XII	XII, a-f	I alt	I-XII	XII, a-f
Middelfafstand	4003	4003	4003	2800	2800	2800
Tilvirkningsmål	4000	4000	4000	2800	2800	2800
Middeltallets afvigelse	+3	+3	+3	0	0	0
Middelfejl på den enkelte afstand	3,5	4	2	3,2	3	4
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+9 -3)	(+9 -3)	(+6 0)	(+4 -7)	(+4 -7)	(+4 -5)
Største afvigelse fra middeltal	(+6 -6)	(+6 -6)	(+3 -3)	(+4 -7)	(+4 -7)	(+4 -5)

1 B. SPACING OF WALLS

1 B. α I, II, XII are measurements in 4.2 m and 3.0 m spans (Danish: fag) in apartments above each other.
XII a, XII f are measurements on the same floor (Danish: etage).

I B. β . MÅLING I FACADER

Alle mål i mm	Middeltal af to søjlekantaflæsninger (Centre line of wall)		Beregn. af målefejl		Beregn. af vægafstande (200 mm tyk væg) (Wall thickness 200 mm)		Sammenligning med målingerne i B. α , vest-side etage XII (I B. α . , floor XII)
	Målerække nr. (Measurement no.)		d	d ²	Middeltal af 1 og 2 (Average)	Vægafst. (Spacing)	
	1	2					
Etage I							
1	0				0	3998)	
2	4098	4098	0	0	4098	2810)	
3	7108	7109	1	1	7108	3999)+	
4	11308	11306	2	4	11307	4018)	
5	15524	15526	2	4	15525	2789)	
6	18513	18515	2	4	18514	4000	
7	22714	22714	0	0	22714	3999	
8	26912	26914	2	4	26913	2805	
9	29918	29919	1	1	29918	3999	
	34016	34018	2	4	34017		
10	0	0			0	4006	
11	4106	4105	1	1	4106	2798	
12	7104	7103	1	1	7104	4002	
13	11307	11306	1	1	11306	4006	
14	15512	15513	1	1	15512	2798	
15	18510	18509	1	1	18510	4004	
16	22714	22715	1	1	22714	4004	
17	26918	26918	0	0	26918	2798	
18	29918	29914	4	16	29916	4008	
	34024	34025	1	1	34024		
		Σ		45		+ Første støbninger	
Etage XII							
1	34034	34038	4	16	34036	4018	
2	29917	29920	3	9	29918	2804	2804 (0)
3	26912	26915	3	9	26914	4008	4000 (8)
4	22706	22706	0	0	22706	3998	
5	18508	18509	1	1	18508	2800	2800 (0)
6	15508	15509	1	1	15508	4000	4002 (-2)
7	11308	11308	0	0	11308	4003	4004 (-1)
8	7104	7106	2	4	7105	2805	2803 (2)
9	4100	4100	0	0	4100	4000	
	0	0			0		
10	0	0			0	4008	
11	4108	4108	0	0	4108	2805	2801 (4)
12	7112	7114	2	4	7113	4004	4006 (-2)
13	11318	11316	2	4	11317	4011	4002 (9)
14	15528	15528	0	0	15528	2800	2795 (5)
15	18528	18528	0	0	18528	3997	
16	22726	22724	2	4	22725	4005	4002 (3)
17	26931	26930	1	1	26930	2804	2802 (2)
18	29933	29934	1	1	29934	4008	
	34041	34042	1	1	34042		
		Σ		55			

I B. β . SPACING OF WALLS.
Measurement of front walls of floors (Danish: etage) I and XII

I B. β . fortsat. (I B. β . continued)

Måli mm	Etage I						Etage XII						
	Nr.	4,2 m fag	v	v ²	3,0 m fag	v	v ²	4,2 m fag	v	v ²	3,0 m fag	v	v ²
	1	(3998)	-6	36				(4018)	+13	169			
	2				(2810)	+10	100				2804	+1	1
	3	(3999)	-5	25				4008	+3	9			
	4	(4018)	+14	196				3998	-7	49			
	5				(2789)	-11	121				2800	-3	9
	6	4000	-4	16				4000	-5	25			
	7	3999	-5	25				4003	-2	4			
	8				2805	+5	25				2805	+2	4
	9	3999	-5	25				4000	-5	25			
	10	4006	+2	4				4008	+3	9			
	11				2798	-2	4				2805	+2	4
	12	4002	-2	4				4004	-1	1			
	13	4006	+2	4				4011	+6	36			
	14				2798	-2	4				2800	-3	9
	15	4004	0	0				3997	-8	64			
	16	4004	0	0				4005	0	0			
	17				2798	-2	4				2804	+1	1
	18	(4008)	+4	16				(4008)	+3	9			
	Σ	48043	-5	351	16798	-2	258	48060	0	400	16818	0	28
	Middelafstand			4004			2800			4005			2803
	Tilvirkningsmål			4000			2800			4000			2800
	Middeltallets afvigelse			+4			0			+5			+3
	Middelfejl på den enkelte afstand			6			7			6			2
	Største afvg. fra tilv.mål	(+18 (-2)	(+6) (-1)		(+10 (-11)	(+5) (-2)		(+18 (-3)	(+11) (-3)				(+5) (0)
	Største afvg. fra middeltal	(+14 (-6)	(+2) (-5)		(+10 (-11)	(+5) (-2)		(+13 (-8)	(+6) (-8)				(+2) (-3)
		4.2 m span			3,0 m span			4,2 m span			3,0 m span		
		Floor I						Floor XII					

1 B. γ . Samling af resultaterne fra α og β .

Målingerne på den foregående side viser, at der ikke er nogen sammenhæng mellem nøjagtigheden i de forskellige etager eller i øst- og vestfacaden. Afvigelserne er tilsyneladende helt tilfældige og samles nedenfor under eet, idet målinger nr. 1-5 i måleafsnit β , etage I, udelades som forårsaget af begyndervanskeligheder ved formenes fastholdelse, og målinger nr. 1 og nr. 18 i måleafsnit β , etagerne I og XII udelades, da gavlenes opstilling foretages på en anden måde end vægformene.

Målefejlen er for kontrollens skyld bestemt på følgende måde:

Differensen mellem de to rækker observationer af samme væg kaldes d.

Fejlen ud fra middeltallet er da:

$$v = \frac{+d}{2} \text{ og middelfejlen på den enkelte måling: } m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \frac{d}{\sqrt{2}}$$

Af de ialt 36 målinger kan MIDDELFEJLEN PÅ DEN ENKELTE MÅLING bedre bestemmes ved:

$$m = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2 \cdot 36}} = \sqrt{\frac{100}{72}} = 1,2 \text{ mm } ^{+)} , \text{ altså så lille, at den ikke spiller nogen}$$

større rolle for beregningen af de opnåede resultater.

+) STANDARD DEVIATION ON MEASUREMENTS (see 1 B. β .)
(d = measurement no. 1 - measurement no. 2)

1 B. ALLE MÅLINGER AF VÆGFSTANDE

Alle mål i mm	4,2 m FAG			3,0 m FAG		
	l	v	v ²	l	v	v ²
α . I	4000	-3	9	2802	2	4
II	4009	+6	36	2800	0	0
III	3998	-5	25	2803	3	9
IV	4006	+3	9	2802	2	4
V	4008	+5	25	2793	-7	49
VI	4002	-1	1	2799	-1	1
VII	3997	-6	36	2799	-1	1
VIII	4005	+2	4	2796	-4	16
IX	4002	-1	1	2802	2	4
X	4008	+5	25	2799	-1	1
XI	4005	+2	4	2799	-1	1
α . XII, a	4000	-3	9	2804	4	16
XII, b	4002	-1	1	2796	-4	16
XII, c	4004	+1	1	2803	3	9
XII, d	4006	+3	9	2801	1	1
XII, e	4002	-1	1	2795	-5	25
XII, f	4002	-1	1	2802	2	4
β . I, 6	4000	-3	9	-	-	-
I, 7	3999	-4	16	-	-	-
I, 8	-	-	-	2805	5	25
I, 9	3999	-4	16	-	-	-
I, 10	4006	+3	9	-	-	-
I, 11	-	-	-	2798	-2	4
I, 12	4002	-1	1	-	-	-
I, 13	4006	+3	9	-	-	-
I, 14	-	-	-	2798	-2	4
I, 15	4004	+1	1	-	-	-
I, 16	4004	+1	1	-	-	-
I, 17	-	-	-	2798	-2	4

1 B. SPACING OF WALLS. ALL MEASUREMENTS

Fortsættes
(Cont.)

Fortsat fra forrige side. (Continued)

Alle mål i mm	4,2 m FAG			3,0 m FAG		
	l	v	v ²	l	v	v ²
β . XII, 2	-	-	-	2804	4	16
XII, 3	4008	+5	25	-	-	-
XII, 4	3998	-5	25	-	-	-
XII, 5	-	-	-	2800	0	0
XII, 6	4000	-3	9	-	-	-
XII, 7	4003	0	0	-	-	-
XII, 8	-	-	-	2805	5	25
XII, 9	4000	-3	9	-	-	-
XII, 10	4008	+5	25	-	-	-
XII, 11	-	-	-	2805	5	25
XII, 12	4004	+1	1	-	-	-
XII, 13	4011	+8	64	-	-	-
XII, 14	-	-	-	2800	0	0
XII, 15	3997	-6	36	-	-	-
XII, 16	4005	+2	4	-	-	-
XII, 17	-	-	-	2804	4	16
Σ	140110	+5	457	75612	+12	280
Antal	35			27		
Middellængde			4003			2800
Tilvirkningsmål			4000			2800
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål			+3			0
Middelfejl på den enkelte afstand			3,7			3,3
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+11 - 3)			(+5 -7)
Største afvigelse fra middeltal			(+8 -6)			(+5 -7)
	4,2 m SPAN			3,0 m SPAN		

1 C. VÆGTYKKELSER

VÆGTYKKELSER Alle mål i mm			
Nr.	Måling	V	V ²
1	201	0	0
2	2	+1	1
3	0	-1	1
4	1	0	0
5	3	+2	4
6	2	+1	1
7	2	+1	1
8	0	-1	1
9	2	+1	1
10	1	0	0
11	2	+1	1
12	2	+1	1
13	1	0	0
14	2	+1	1
15	0	-1	1
16	1	0	0
17	1	0	0
18	0	-1	1
19	0	-1	1
20	1	0	0
Σ	4024	+4	16
Middeltykkelse			201
Tilvirkningsmål			200
Middeltallets afvigelse			+1
Middelfejl på den enkelte tykkelse			1
Største afvigelse fra tilvirkningsmål			(+3 0)
Største afvigelse fra middeltal			(+2 -1)

(Målingerne viser, at det kun er en uvæsentlig fejl, der er begået ved at indsætte vægtykkelsen = 200 mm i målingerne over vægafstande).

1 C. WALL THICKNESSES

1 D. RIBBEAFSTANDE I LOFT (MONTAGENØJAGTIGHED, smlgn. fig. 27-31, pag. 36).

Ribbeafstandene inden for det enkelte element fremgår af afsnittet om elementopmålingen. Her er målt afstanden fra kantribbe til kantribbe på etageplader som udtryk for den nøjagtighed, hvormed elementer støbt i betonforme kan oplægges i højhuse.

RIBBEAFSTANDE Alle mål i mm												
Stue (room)	Nr. 1			Nr. 2			Nr. 3			Nr. 4		
Kantribbe nr. (Ceiling rib no)	A	v	v ²	A	v	v ²	A	v	v ²	A	v	v ²
1 - 2	1200	0	0	1200	0	0	1198	-2	4	-	-	-
2 - 3	1200	0	0	1200	0	0	1200	0	0	1199	-1	1
3 - 4	1199	-1	1	1200	0	0	1198	-2	4	1200	0	0
4 - 5	1203	+3	9	1202	+2	4	1202	+2	4	1201	+1	1
Vendeplade	(601)			(601)			(601)			(601)		
6 - 7	1201	+1	1	1200	0	0	1201	+1	1	1199	-1	1
7 - 8	1198	-2	4	1198	-2	4	1200	0	0	1199	-1	1
Σ	7201	+1	15	7200	0	8	7199	-1	13	5998	-2	4
Middelafstand:	$\frac{7201 + 7200 + 7199 + 5998}{23} =$											1200
Tilvirkningsmål												1200
Middeltals afvigelse fra tilvirkningsmål												0
Middelfejl: $\sqrt{\frac{40}{22}} =$												1,4
Største afvigelser												(+3 -2)

Middelfejlen er af samme størrelse som middelfejlen på ribbeafstanden indenfor de enkelte elementer. Bedre kan det ikke være.

1 D. SPACING OF CEILING RIBS.

Spacing measured normally to the ribs. Readings taken off one rib of each unit, showing THE ACCURACY OF ERECTION. (Figs. 27-31).

2. MONTAGE AF SVÆRE DRAGERE

Opmålingerne er stillet til rådighed for udvalget af den tilsynsførende på dette byggeri, der bl. a. omfattede montage af præfabrikerede strengbetondragere på på stedet støbte søjler.

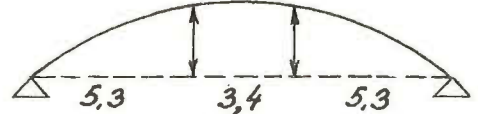
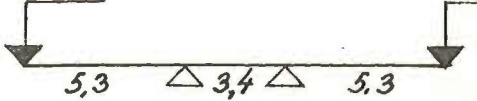
Strengbetondragerne var 14 m lange = husets bredde og blev oplagt på to søjlerækker langs husets midtlinie. Søjleafstanden var 3,4 m, bjælkernes udkragede ender 5,3 m.

Ved leverancen blev dragernes pilhøjder undersøgt.

Dragerne oplagdes med undersiden opad, understøttet ved enderne og derefter målt pilhøjderne ved de fremtidige understøtningspunkter (søjlerne). Der var forlangt en pilhøjde på 29 mm med tolerance $\pm 7,5$ mm. Som det fremgår af målingerne er dog tre dragere, N 31, 33 og 34 med målafvigelser 10, 11 og 12 mm blevet godkendt, da man skønnede, at det alligevel ville være muligt at oplægge dragerne tilfredsstillende. Den forlangte pilhøjde var fastsat således, at dragerne efter oplægningen (og vendingen) skulle rette sig passende ud.

Dragerne blev oplagt på de to søjler og justeret ved, at man lagde blikstrimler mellem anlægsfladerne. Disse mellemlæg havde man på forhånd tilskåret i forskellige tykkelser ned til 1 mm. Fastholdes f. eks. venstre søjleunderstøtning og indlægges 1 mm plade ved højre søjle hæves højre bjælkeende: $\frac{8,7}{3,4} \cdot 1 = 3$ mm, mens venstre bjælkeende sænkes ca. 1,5 mm. Ved et passende valg af plader kunne man da justere bjælkens højde. Bygherren ønskede bjælkeendernes højder nøje overholdt, og man foreslog at tilstræbe afvigelser inden for 3 mm ud fra en given kote (29 ± 3 mm). Som det fremgår af målingerne, var der i begyndelsen vanskeligheder og dragerne kom til at lille for lavt, (men blev godkendt) - dragere nr. 15-20. Resultaterne blev dog hurtigt bedre, men enkelte dragere f. eks. nr. 36 kom til at ligge for højt, da det på grund af for højt støbte søjler ikke var muligt at sænke drageren tilstrækkeligt.

Konklusionen må være, at man ved erfaring - efter tilvænnning hos arbejderne - udmærket kan oplægge en svær drager med en nøjagtighed på ± 2 mm i højderetningen ved understøtningen (svarende til $\pm 2 \cdot \frac{8,7}{3,4} = \pm 5$ mm på bjælkeenderne i det her opmålte tilfælde), eventuelt endnu nøjagtigere.

Bjælke nr.	Pilhøjder i mm til fremtidige understøtninger målt ved leverancen. (Dragerunderside opad)		Koter i mm til oplagte drageres yderste ender.	
				
11	32	30	29	27
12	24	24	30	31
13	24	31	30	28
14	27	26	30	28
15	25	29	24	27
16	27	22	22	24
17	24	23	22	22
18	25	26	24	18
19	25	22	19	20
20	23	25	24	18
21	26	26	30	35
22	33	28	35	29
23	22	22	28	26
24	27	30	24	32
25	27	23	24	30
26	27	28	27	34
27	28	28	30	31
28	24	27	31	30
29	27	24	32	27
30	19	23	29	30
31	21	22	27	31
32	35	31	30	28
33	37	40	27	30
34	41	37	35	31
35	33	30	30	31
36	37	33	35	34
37	22	23	30	30
38	26	24	32	26
39	31	29	28	33
40	21	25	30	27
41	26	23	31	29
42	21	23	27	31
43	29	26	30	30
44	28	24	28	31
45	26	35	33	31
46	36	31	30	31
47	25	32	32	30
48	29	22	30	33

Ønsket grænse	29 ± 7,5	29 ± 3
Opnået grænse (drager 21-48)	29 + 12 - 10	29 + 6 - 5

3. MURVÆRKSOPMÅLINGER

3 A. HØJHUSE

På to højhuse, hvor opmuringen såvel teknisk som økonomisk gennemførtes med et godt resultat, havde murermesteren garanteret, at vindueshuller etc. ville blive udført så nøjagtigt, at samtlige vinduer o.s.v. kunne udføres på forhånd efter faste mål. Der var ikke fastsat en bestemt tolerance, men såvel murermesteren som tømrermesteren oplyser overfor udvalget, at resultatet var udmærket, idet det intet sted blev konstateret afvigelser over et par millimeter. Egentlige målinger foreligger ikke, idet kontrollen blot bestod i, at man med en lære undersøgte, om hullets mål var i orden.

Den samme nøjagtighed fandtes på de mål, der bestemte inventaret (fliser i køkkenet blev opsat før køkkeninventaret) og dørene (der blev pudset til murhuller efter skabelon).

3 B. BEBOELSESBLØKKE

Opmåling af vinduesåbninger i blank mur foretaget af boligministeriets konsulent, civilingeniør H. H. Karnov.

Opmålingen er foretaget ca. 20 cm fra åbningernes underkant ca. 3 cm tilbage fra facadeplanet. Der blev ved målingen anvendt en hovedlineal med 25 cm bredt tværstykke, som blev holdt mod den ene side, idet kroppen holdtes vandret (parallel med underkarm). I den anden side blev et 25 cm langt plant træstykke holdt ind mod muren, og målingen fra midten af dette træstykkets kant til enden af hovedlinealen blev foretaget med en tommestok (ca. 60 cm). Tommestokken var nogenlunde ny, og den blev ikke foldet sammen mellem måltagningerne.

Murstenene var prægsten med ret uregelmæssige overflader.

Den tilsynsførende oplyser:

Beskrivelsens krav om nøjagtighed har været de sædvanlige: alle mål skal tages på stedet. Der har ikke været foreskrevet fabriksfremstillede vinduer til de pågældende åbninger.

Murstenene er prægede mangehulsten. Der har været lagt pres på teglværket for at få sten, der i størrelse ikke overskred normalmålene, medens man så bort fra negative toleranceoverskridelser. Dette krav medførte en vis ekstrasortering på teglværket.

Begge blokke er muret af samme hold svende, idet man har skiftet over etage

for etage. Der er muret "over hånden" fra indvendige stilladser (3 stilladshøjder pr. etage ved facader). Arbejdsmetoden var uvant for folkene - desuagtet har gennemsnitsydelsen ligget på 1400 - 1500 sten pr. mand pr. dag.

Størstedelen af opmuringen er udført som vinterarbejde. Der har undertiden været arbejdet under meget dårlige vejrforhold, stærk frost, hård blæst etc.

Murersvendene på bygningerne oplyser:

Hullerne i nederste etage er sat af med tommestok. Fra overkant af murhuller er hulkanterne med lodstok loddet op til næste etage (1,5 m lodstok kunne nå). Hulmålet blev ved oplodningen kontrolleret med tommestok. Og således videre fra etage til etage. Svendene havde selv lagt 5 mm til det på tegningerne viste mål for at være på den sikre side.

Kommentar.

Skønt der ikke har været fastsat nogen tolerancer eller i det hele taget stillet krav om usædvanlig nøjagtighed, er byggeriet forbavsende nøjagtigt. Med en ensidig fejl på 2 mm mellem middeltal og tilvirkningsmål og en middelfejl på 3 mm, bliver produktionsgrænserne godt ± 10 mm.

Opmåling af VINDUESHULLERS BREDE Alle mål i mm									
Blok	Etage	Hul	V	V ²	Blok	Etage	Hul	V	V ²
9	Stue	1452	-0	0	10	4. sal	1454	+2	4
		1450	-2	4			1452	0	0
		1452	0	0			1449	-3	9
		1453	+1	1			1453	+1	1
		1451	-1	1			1456	+4	16
9	1. sal	1451	-1	1		5. sal	1456	+4	16
		1454	+2	4			1459	+7	49
		1453	+1	1			1449	-3	9
		1456	+4	16			1451	-1	1
		1452	0	0			1450	-2	4
9	6. sal	1449	-3	9		6. sal	(1450	(-2	(4
							(1454	(+2	(4
		1454	+2	4			1451	-1	1
		1454	+2	4			1449	-3	9
		1455	+3	9			1444	-8	64
		1450	-2	4			1447	-5	25
							1454	+2	4
	Σ	21786	+6	58		Σ	24678	-6	220
Middelbredde: $\frac{21786 + 24678}{32} =$									1452
Tilvirkningsmål +)									1450
Middeltallets afvigelse									+2
Middelfejl på den enkelte bredde: $\sqrt{\frac{278}{31}} =$									3 (blok 9: 2)
Største afvigelse fra tilvirkningsmål									(+9 -6
Største afvigelse fra middeltal									(+7 -8

+) Opgivet på tegningerne. Svendene tilstræbte 1455 mm, fordi de af erfaring vidste, at hullet har tendens til at blive for lille.

3 B. THE BREADTH OF WINDOW OPENINGS IN BRICKWORK.
 Blok means block.
 Etage means floor.
 Stue means ground floor.
 1.(6) sal means 1st.(6th) floor.

3 C. KONTORBYGNING

Opmåling af vindues- og pillebredder samt brystnings- og vindueshøjder.

Opmålingerne er foretaget for udvalget af et hold polyteknikere og blev udført med stålbånd. Da de var pudset i falsene, blev alle kanter skønnede. Dette medførte dog ikke nogen målingsmiddel fejl af betydning; ved 10 målinger af samme længde konstateredes en målemiddel fejl på 0,85 mm.

Afsætninger blev for hovedmålenes vedkommende foretaget af den tilsynsførende med stålbånd, de øvrige afsætninger med målelægte. Pillebredde + vinduesbredder ligger fint med det rigtige middeltal.

Ved arbejdets udførelse var der forlangt en nøjagtighed, der tillod, at de på forhånd producerede vinduer kunne benyttes uden videre.

Målingerne omfatter desuden bestemmelse af murstenenes og fugernes mål og afvigelserne. Sten og fuger synes at være ensartede, og målingerne viser, at 24 cm-enheden vandret såvel som 20 cm = 3 skifter lodret er overholdt. For murstens længde + fuge er der en mindre, tilfældig afvigelse på = 1 mm, antageligt fordi målingerne har omfattet et parti, hvor små afvigelser er udlignede.

FUGEBREDDER Alle mål i mm									
	Stue			I. sal			II. sal		
Nr.	b	V	V ²	b	V	V ²	b	V	V ²
1	11	0	0	8	-3	9	10	-2	4
2	10	-1	1	12	+1	1	9	-3	9
3	10	-1	1	8	-3	9	11	-1	1
4	9	-2	4	13	+2	4	10	-2	4
5	14	+3	9	11	0	0	14	+2	4
6	8	-3	9	12	+1	1	11	-1	1
7	11	0	0	9	-2	4	11	-1	1
8	13	+2	4	12	+1	1	12	0	0
9	10	-1	1	13	+2	4	11	-1	1
10	10	-1	1	10	-1	1	17	+5	25
Σ	106	-4	30	108	-2	34	116	-4	50
Middeltal			11			11			12
Middeltal på det enkelte element			1,8			1,9			2,4
Største afvigelse fra middeltal			{+3 -3}			{+2 -3}			{+5 -3}

MURSTENSLÆNGDER Alle mål i mm.									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	L	V	V ²	L	V	V ²	L	V	V ²
1	233	+5	25	230	+2	4	231	+2	4
2	229	+1	1	227	-1	1	226	-3	9
3	228	0	0	230	+2	4	230	+1	1
4	230	+2	4	229	+1	1	232	+3	9
5	222	-6	36	228	0	0	226	-3	9
6	225	-3	9	222	-6	36	231	+2	4
7	228	0	0	225	-3	9	231	+2	4
8	225	-3	9	230	+2	4	221	-5	25
9	229	+1	1	229	+1	1	230	+1	1
10	228	0	0	230	+2	4	230	+1	1
Σ	2277	-3	85	2280	0	64	2291	+1	67
Middeltal			228			228			229
Middelfejl på den enkelte sten			3,1			2,7			2,7
Største afvigelse fra middeltal			$\left\{ \begin{array}{l} +5 \\ -6 \end{array} \right.$			$\left\{ \begin{array}{l} +2 \\ -6 \end{array} \right.$			$\left\{ \begin{array}{l} +3 \\ -5 \end{array} \right.$

Middellængde af mursten + fuge $228 + 11 = 239$

Afvigelse fra det tilstræbte (240) = - 1

LENGTH OF BRICKS

MURSTENSBREDDER Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	B	V	V ²	B	V	V ²	B	V	V ²
1	109	0	0	108	0	0	112	+3	9
2	110	+1	1	109	+1	1	110	+1	1
3	109	0	0	108	0	0	108	-1	1
4	110	+1	1	110	+2	4	110	+1	1
5	111	+2	4	108	0	0	106	-3	9
6	107	-2	4	106	-2	4	110	+1	1
7	109	0	0	109	+1	1	111	+2	4
8	108	-1	1	109	+1	1	107	-2	4
9	110	+1	1	108	0	0	108	-1	1
10	110	+1	1	108	0	0	109	0	0
Σ	1093	+3	13	1083	+3	11	1091	+1	31
Middeltal			109			108			109
Middelfejl på det enkelte element			1,2			1,1			1,9
Største afvigelse fra middeltal			$\left\{ \begin{array}{l} +2 \\ -2 \end{array} \right.$			$\left\{ \begin{array}{l} +2 \\ -2 \end{array} \right.$			$\left\{ \begin{array}{l} +3 \\ -3 \end{array} \right.$

Middelbredde af mursten + fuge: $109 + 11 = 120$

Afvigelse fra det tilstræbte (120) = 0

BREADTH OF BRICKS

FUGEHØJDER Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	h	V	V ²	h	V	V ²	h	V	V ²
1	13	-1	1	12	-4	16	13	-1	1
2	14	0	0	17	+1	1	13	-1	1
3	14	-1	1	17	+1	1	12	-2	4
4	15	+1	1	18	+2	4	12	-2	4
5	13	-1	1	17	+1	1	19	+5	25
6	14	0	0	16	0	0	15	+1	1
7	15	+1	1	16	0	0	16	+2	4
8	15	+1	1	16	0	0	13	-1	1
9	15	+1	1	14	-2	4	16	+2	4
10	14	0	0	16	0	0	14	0	0
Σ	141	+1	7	159	-1	27	143	+3	45
Middeltal			14			16			14
Middelfejl på den enkelte sten			0,9			1,7			2,2
Største afvigelse fra middeltal			{+1 {-1			{+2 {-4			{+5 {-2

THICKNESS OF HORIZONTAL JOINTS

MURSTENSHØJDER Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	H	V	V ²	H	V	V ²	H	V	V ²
1	51	-1	1	49	-2	4	54	+1	1
2	52	0	0	52	+1	1	53	0	0
3	52	0	0	50	-1	1	52	-1	1
4	54	+2	4	53	+2	4	52	-1	1
5	50	-2	4	52	+1	1	53	0	0
6	53	+1	1	50	-1	1	53	0	0
7	51	-1	1	51	0	0	51	-2	4
8	51	-1	1	50	-1	1	52	-1	1
9	53	+1	1	54	+3	9	51	-2	4
10	52	0	0	53	+2	4	55	+2	4
Σ	519	-1	13	514	+4	26	526	-4	16
Middeltal			52			51			53
Middelfejl på det enkelte element			1,2			1,7			1,3
Største afvigelse fra middeltal			{+2 {-2			{+3 {-2			{+2 {-2

Middelhøjde af 3 sten + 3 fuger: 156 + 44 = 200

Afvigelse fra det tilstræbte (200) = 0

THICKNESS OF BRICKS

PILLEBREDDER Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	B	V	V ²	B	V	V ²	B	V	V ²
1	1183	-2	4	1187	+2	4	1182	-4	16
2	1187	+2	4	1193	+8	64	1187	+1	1
3	1182	-3	9	1182	-3	9	1195	+9	81
4	1185	0	0	1191	+6	36	1188	+2	4
5	1184	-1	1	1185	0	0	1189	+3	9
6	1191	+6	36	1182	-3	9	1190	+4	16
7	1177	-8	64	1181	-4	16	1180	-6	36
8	1189	+4	16	1185	0	0	1179	-7	49
9	1182	-3	9	1184	-1	1	1182	-4	16
10	1190	+5	25	1184	-1	1	1185	-1	1
Σ	11850	0	168	11854	+4	140	11857	-3	229
Middelbredde	1185		1185		1186				
Tilvirkningsmål +)	1189		1189		1189				
Middeltallets afvigelse	-4		-4		-3				
Middelfejl på det enkelte element	4,3		3,9		5,0				
Største afvigelse fra tilvirkningsmål	(+ 2 -12)		(+4 -8)		(+ 6 -10)				
Største afvigelse fra middeltal	(+6 -8)		(+8 -4)		(+9 -7)				

+) Tilstræbt bredde, nominelt: 1200 (10 x 120)

Fugen er gennemsnitlig 11

BREADTH OF WALL BETWEEN WINDOWS

VINDUESBREDDER Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	B	V	V ²	B	V	V ²	B	V	V ²
1	1575	0	0	1575	0	0	1576	+1	1
2	1577	+2	4	1577	+2	4	1572	-3	9
3	1575	0	0	1576	+1	1	1573	-2	4
4	1576	+1	1	1571	-4	16	1570	-5	25
5	1578	+3	9	1577	+2	4	1574	-1	1
6	1576	+1	1	1577	+2	4	1576	+1	1
7	1566	-9	81	1569	-6	36	1578	+3	9
8	1576	+1	1	1575	0	0	1573	-2	4
9	1578	+3	9	1578	+3	9	1579	+4	16
10	1577	+2	4	1572	-3	9	1575	0	0
Σ	15754	+4	110	15747	-3	83	15746	-4	70
Middelbredde	1575		1575		1575				
Tilvirkningsmål +)	1571		1571		1571				
Middeltallets afvigelse	+4		+4		+4				
Middelfejl på det enkelte element	3,5		3,0		2,8				
Største afvigelse fra tilstræbt	(+7 -5)		(+7 -2)		(+8 -1)				
Største afvigelse fra middeltal	(+3 -9)		(+3 -6)		(+4 -5)				

+) Tilstræbt bredde, nominelt 1560 (13 x 120)

Fugen er gennemsnitlig 11

BREADTH OF WINDOWS

VINDUESHULBREDDER I MURVÆRK

Afvielser fra tilvirkningsmålet 1571 mm. Middeltal 1575 mm. Middelfejl 3 mm.

	stue	stue	stue	stue	stue	stue	stue	stue	stue	stue
2. sal	+5	+1	+2	-1	+3	+5	+7	+2	+8	+4
1. sal	+4	+6	+5	0	+6	+6	-2	+4	+7	+1
stue	+4	+8	+4	+5	+7	+5	-5	+5	+7	+6

Fig 35

THE BREADTH OF WINDOW OPENINGS IN BRICKWORK
 Deviations from work measurement 1571 mm. Average 1575 mm. Standard deviation 3 mm

BREDDE AF PILLE + VINDUE Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	B	V	V ²	B	V	V ²	B	V	V ²
1	2758	-2	4	2762	+2	4	2758	-2	4
2	2764	+4	16	2770	+10	100	2759	-1	1
3	2757	-3	9	2758	-2	4	2768	+8	64
4	2761	+1	1	2762	+2	4	2758	-2	4
5	2762	+2	4	2762	+2	4	2763	+3	9
6	2767	+7	49	2759	-1	1	2766	+6	36
7	2743	-17	289	2750	-10	100	2758	-2	4
8	2765	+5	25	2760	0	0	2752	-8	64
9	2760	0	0	2762	+2	4	2761	+1	1
10	2767	+7	49	2756	-4	16	2760	0	0
Σ	27604	+4	446	27601	+1	237	27603	+3	187
Middelbredde			2760			2760			2760
Tilvirkningsmål			2760			2760			2760
Middeltallets afvigelse			0			0			0
Middelfejl på det enkelte element			7,0			5,1			4,6
Største afvigelse fra middeltal og tilvirkningsmål			(+ 7 -17)			(+10 -10)			(+8 -8)

BREADTH OF WALL PLUS WINDOW

VINDUESHØJDER Alle mål i mm									
Nr.	Stue			I. sal			II. sal		
	H	V	V ²	H	V	V ²	H	V	V ²
1	2353	-1	1	2352	+1	1	2342	-5	25
2	2356	+2	4	2356	+5	25	2341	-6	36
3	2358	+4	16	2352	+1	1	2345	-2	4
4	2358	+4	16	2351	0	0	2341	-6	36
5	2356	+2	4	2348	-3	9	2341	-6	36
6	2356	+2	4	2352	+1	1	2348	+1	1
7	2355	+1	1	2349	-2	4	2348	+1	1
8	2354	0	0	2347	-4	16	2346	-1	1
9	2347	-7	49	2347	-4	16	2357	+10	100
10	2350	-4	16	2356	+5	25	2359	+12	144
Σ	23543	+3	111	23510	0	98	23468	-2	384
Middelhøjde	2354			2351			2347		
Tilvirkningsmål +)	2348			2348			2348		
Middel tallets afvigelse	+6			+3			-1		
Middelfejl på det enkelte element	3,5			3,3			6,5		
Største afvigelse fra tilstræbt	(+10 -1)			(+8 -1)			(+11 -7)		
Største afvigelse fra middeltal	(+4 -7)			(+5 -4)			(+12 -6)		

+) Tilstræbt højde, nominelt 2333 (35 skifter á $\frac{200}{3}$)
Fugehøjde, gennemsnitlig 15

HEIGHT OF WINDOW

BRYSTNINGSHØJDER Alle mål i mm						
Nr.	Stue/I. sal			I. sal/II. sal		
	H	V	V ²	H	V	V ²
1	920	+1	1	910	-4	16
2	916	-3	9	912	-2	4
3	917	-2	4	915	+1	1
4	914	-5	25	917	+3	9
5	921	+2	4	914	0	0
6	918	-1	1	915	+1	1
7	919	0	0	914	0	0
8	921	+2	4	915	+1	1
9	924	+5	25	916	+2	4
10	923	+4	16	908	-6	36
Σ	9193	3	89	9136	-4	72
Middelhøjde	919			914		
Tilvirkningsmål +)	918			918		
Middelhøjdes afvigelse	+1			-4		
Middelfejl på det enkelte element	3,0			2,8		
Største afvigelse fra tilstræbt	(+6 -4)			(-1 -10)		
Største afvigelse fra middelhøjde	(+5 -5)			(+3 -6)		

+) Tilstræbt højde, nominelt 933 (14 skifter á $\frac{200}{3}$)
Fugehøjde, gennemsnitlig 15

HEIGHT OF WINDOW BACK

3 D. KONKLUSIONER

Målingerne på de foregående sider viser, at murværksbyggeri udmærket kan udføres nøjagtigt, også selv om der ikke er stillet bestemte krav.

Der er ingen tvivl om, at det ville være gavnligt for nøjagtigheden, om det var muligt at få leveret sten med en større nøjagtighed, end det i dag er muligt i almindelighed. De i dag gældende tolerancer er for store til nøjagtigt byggeri, især hvis en bestemt enhed kræves overholdt, f. eks. lodret 3 skifter = 20 cm og vandret 5 x 6 cm-murstensmål = det vandrette præferencemodulmål 30 cm. Hvis man slækker på de æstetiske hensyn, f. eks. hvis muren skal pudses (indvendige vægge), således at man ikke kræver et bestemt fugemønster overholdt, er det noget lettere.

I blank mur må et bestemt, forud fastsat fugemønster kræves overholdt. Spørgsmålet er da, om det er muligt at forlange facadesten leveret med mindre tolerancer end i dag. Det synes at være vanskeligt uden ekstra sortering fra værket og prisforhøjelser. I Sverige har man skærpet kravene, hovedsagelig idet man forlanger at en middel af 10 sten skal overholde skarpere krav. Alene dette at være sikker på, at mursten som helhed er nøjagtige er en stor lettelse. Derved var man sikret mod at måtte ændre antallet af sten pr. lb. m, fordi alle sten lå i en bestemt ende af toleranceområdet (eller endog uden for, som det desværre kan være tilfældet i dag). Man kunne da altid stole på, at 6, 12, 24 cm målet var bestemmende for murværkets dimensioner i vandret retning og 3 skifter = 20 cm i lodret retning. At det ville være endnu bedre, om alle sten var nøjagtige, altså om tolerancen på den enkelte sten kunne nedsættes til et par ‰, er klart, men det må erkendes, at der er store produktionsmæssige vanskeligheder forbundet hermed. Teglstene er relativt meget billige, således at omsætningen ikke vil kunne bære omfattende kontrolforanstaltninger. Hvis man på basis af en leranalyse kunne forudbestemme svindet, ville det være muligt ved en regulering af mundstykker o.s.v. at producere nøjagtige sten. Desværre er kendskabet til de faktorer, der bestemmer svindet under brændingen ringe, og lerforekomsterne så inhomogene, at forsøgsbrændinger o.s.v. ikke er tilstrækkeligt vejledende. Forholdene må undersøges nærmere, således at en billig kontrolmetode kan udvikles. Foranstaltninger som homogenisering ved slemning o.s.v. er for dyre.

Opmuringsteknikken synes at være tilstrækkelig god allerede, og når man alligevel ofte har set unøjagtigt murværk - 5-6 cm afvigelse - skyldes det sikkert bl. a., at der sjældent har været stillet krav. Hverken projekterende eller murere har haft noget ansvar ved den ofte benyttede sætning: "Alle mål tages på

stedet". Der har ikke været noget formål med nøjagtigheden. Ingen har stillet krav om tolerancer for at kunne udnytte en nøjagtig råbygning til at rationalisere de efterfølgende fag.

I enkelte tilfælde, f. eks. i trapperum, hvor der skulle benyttes præfabrikerede trappeløb og -reposer, har man stillet krav om bestemte måls overholdelse med tolerancer på et par cm. Erfaringen har vist, at disse krav praktisk taget altid er blevet overholdt.

Hvis der stilles krav, og hvis nøjagtigheden har et formål, skulle der være gode muligheder for også at mure nøjagtigt. Men selv om formodentlig størstedelen af murerne mestrer en nøjagtig opmuringsteknik, er det dog et spørgsmål, om nøjagtigheden ikke vil kunne opnås på en bedre og billigere måde i forbindelse med almindelige rationaliseringsbestrebelse som benyttelsen af skiftegangslærer, målelægter, åbningsledere o.s.v. i forbindelse med bedre afsætningsmidler som stålband, teodolit og vandmål i stedet for tommestok og waterpas, f. eks. som omtalt i "Byggeindustrien", 1956, nr. 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 og 12 af arkitekterne Ph. Arctander og Naur Klint.

Målingerne viser, at man i dag kan mure med ensidige fejl på højst 5 mm og middelfejl på 3-5 mm. Med en omhyggelig teknik burde der kunne opnås ensidige fejl ikke over 3 mm og middelfejl på højst 3 mm, d.v.s. at tolerancer på $\pm 10 - 15$ mm ikke vil være urimelige generelt. På afgørende detaljer skulle der sikkert ved skabeloner og lign. kunne opnås endnu mere.

SUPPLEMENT

1. LÆNGDER AF TOMMESTOKKE

LÆNGDER Alle mål i mm			
Nr.	l	v	v ²
1	1002	2	4
2	1000	0	0
3	998	-2	4
4	999	-1	1
5	1001	1	1
6	999	-1	1
7	999	-1	1
8	1002	2	4
9	997	-3	9
10	1001	1	1
Σ	9998	-2	26
$m = \sqrt{\frac{26}{9}} =$			1,7
Middellængde af 1 m skala			999,8
Tilvirkningsmål			1000
Middeltallets afvigelse			pr. meter -0,2
Middelfejl på den enkelte stok			" 1,7
Største afvigelse fra middeltal og tilvirkningsmål			" $\begin{pmatrix} +2 \\ -3 \end{pmatrix}$

Der var ingen helt nye eller meget slidte stokke blandt de 10 prøver, og målingerne viser, at en tommestok ikke er tilstrækkelig nøjagtig til afsætning af andet en detailmål under 1/2 m.

LENGTH OF FOLDING RULE

2. UDENLANDSKE ERFARINGER

I litteraturen synes byggeriets nøjagtighedsproblemer (bortset fra teoretiske overvejelser) kun at være sparsomt omtalt.

Som omtalt under opmålingerne af elementer fra stålforme har man i Frankrig ved meget svære stålforme opnået tolerancer af størrelsesordenen ± 1 mm, men kontrolmålinger er ikke offentliggjort.

Fra Italien foreligger under EPA projekt nr. 174 målinger af 20 x 20 x 30 cm byggeblokke, der trods blokkens ringe format og automatiserede fremstilling har målafvigelser op til $\pm 5-6$ mm. Etagehøjdeopmålinger i samme undersøgelse viser afvigelser op til $\begin{matrix} +35 \\ -25 \end{matrix}$ mm (middelfejl 11 mm).

I det østtyske tidsskrift "Bauplanung und Bautechnik", nr. 2, 1956, har Dr.-Ing. Krell publiceret et normforslag, hvorfra nedenstående tabel er taget. Man synes at ville foreslå tolerancer, der er voksende med elementstørrelsen, men dette, såvel som forslag fremsat fra andre lande om %-tolerancer, er i modstrid med de danske erfaringer om afvigelseernes uafhængighed af elementstørrelsen. Det er formen og samlingerne, der bestemmer fejlene. For elementer af størrelsen 1-5 m, der her i landet kan produceres med tolerancer ± 5 mm (måske ± 3 mm), svarer forslaget til toleranceklasserne (4) - 5 - (6), altså en klasse, man i Øst-tyskland endnu ikke anser for mulig. For råhuset svarer de danske tolerancer ± 10 mm til "særlig nøjagtig udførelse".

ØSTTYSKE NORMFORSLAG

Tabel over total afvigelse 2Δ mm.

Toleranceklasse (Tolerance group)	Nominelt mål i mm (Nominal measurement in mm)							
	≤ 50	51-80	81-120	121-300	301-1000	1001-3000	3001-12000	> 12000
1	05	05	05	1	1	1	2	2
2	05	1	1	1	2	2	3	3
3	1	1	2	2	3	3	4	5
4	2	2	3	3	4	5	6	8
5	3	3	4	5	6	8	10	12
6	4	5	6	8	10	12	16	20
7	6	8	10	12	16	20	25	32
8	10	12	16	20	25	32	40	50
9	16	20	25	32	40	50	60	80
10	25	32	40	50	60	80	100	120

Tilladt afvigelse: $\pm \Delta$ = halvdelen af totale afvigelse.

Toleranceklasse 1 - 3: for måleværktøj,

4 - 5: anvendelse endnu ikke mulig,

6 - 7: særlig nøjagtig udførelse,

8: normalt på byggeplads og i fabrik,

9: udførelse uden angivelse af tolerance.

Ved anvendelse af træforme kan den tilladte afvigelse på højdemål forøges med 20 %.

PROPOSED STANDARDS OF EASTERN GERMANY

Table of total deviation 2Δ mm.

Permissible deviation: $\pm \Delta$ = half of the total deviation

Tolerance groups 1 - 3: applied to gauges

4 - 5: application not yet possible

6 - 7: applied to particularly good workmanship

8: applied to normal workmanship on site and in factory

9: applied to work without specified tolerances

By using wooden moulds the permissible deviation of heights may be increased by 20 per cent.

S U M M A R Y

Pages 7 - 29 deal with the general theory of deviations, and the following terms are defined for the purpose of the measurements.

The work measurement indicates the middle of the tolerance zone.

The tolerance ($\pm a$) refers to the work measurement and indicates maximum permissible deviations from this measurement.

The average deviation = the deviation of the average of the measurements = the average of the measurements less the work measurement, indicates the average deviation of a series of measurements and implies the average error of production.

The standard deviation $= \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$, v being the deviation of the various measurements from the average of the measurements and n their number, indicates the inaccuracy of the various castings.

At normal distribution of the deviations, the limits of the production will be the average ± 3 x the standard deviation (m), i.e. the limits of deviation are: the average deviation ± 3 m which shall be less than the tolerance. In some productions the moulds are yielding, i.e. the term 3 m is predominant. In other productions the joints may be rigid, the term 3 m is small, but the arrangement of the joints is wrong, i. e. all units are susceptible to the same error, the average deviation.

The standard deviation can be reduced by rigid moulds and joints. The average deviation can be removed by care during construction of the moulds and by control. Determination of the average deviation is susceptible to elements of uncertainty which have to be taken into consideration.

A real accurate production can be obtained only by statistical methods of control based on a comprehensive experience regarding the various types of formwork, so that the uncertainty of determining the standard deviation is reduced to a minimum.

Tolerances should be specified and be maintained strictly, but the costs of production are increased by unnecessary or unduly close tolerances. Even if the accuracy of the production of prefabricated units is often free, good moulds for mass production being rigid by nature, the risk (and consequent price policy) of the concrete contractor must not be underestimated. To the succeeding contractors the promised, accurate carcass of the house is a condition of rationalisa-

tion and prefabrication, and their economic responsibility for the maintenance of the tolerances must be specified.

- Pages 39 - 129: A series of measurements.
- " 43 - 57: Units cast in wooden moulds.
- " 59 - 97: Units cast in concrete moulds.
- " 99 - 115: Units cast in steel moulds.
- " 117 - 129: Setting-out holes etc. in the units.
- " 139 - 152: Measurements of the carcass of a multi-story building made of prefabricated units.
- " 155 - 171: Bricklaying.

The subjects of the various tables are given in English below the tables. The denominations of average, deviation etc. appear from the glossary printed on the folded page (page 179).

A number of conclusions can be drawn from these measurements.

Units can be cast at such accuracy that a tolerance of ± 5 mm is reasonable without increase of the costs of production. In case of good workmanship, the tolerances may be still closer. (The standard deviation may be reduced to 2 mm, fig. 25, page 35).

Wooden moulds often yield too much. Concrete moulds are the most rigid, and their dimensions are identical with those of the plaster pattern. Steel moulds require heavy stiffeners and heavy sheets (minimum thickness of sheet = 3 mm), and the required accuracy of construction is expensive, as welding must be applied in stead of bending. The joints must be rigid, bolted for instance, whereas wedges, screw clamps or the like must be deprecated, as vibration of the concrete removes the friction.

It is essential that the moulds and the first units are controlled. (Figs. 22 - 26, page 35). In case of good moulds it is usually sufficient to control samples of the further production, particularly if the standard deviation is small, the average deviation being predominant.

As regards the carcass of the house, the tolerances of wall distances and deck heights etc. may be specified at ± 10 mm. With a view to succeeding contracts, pipelaying for instance, the height of the deck levels should be controlled in relation to the ideal levels, so as to prevent accumulation of errors. (Accuracy of erection, see pages 36 and 152).

The brickwork measurements show that bricklaying can be carried out with accuracy, even if no requirements are specified. Formerly, specifications have usually required "all measurements to be taken on the spot", i.e. the succeeding contractors had to control all details. Under such circumstances the interest in accurate bricklaying is, of course, small, but the examples show that requirements, if specified, could be met within tolerances of $\pm 10 - 15$ mm (average deviations up to 5 mm, standard deviations 3 - 5 mm). The application of templates, measuring rods etc. would be of great advantage.

Proposed standards of Eastern Germany, page 175, show that the Danish results come up to the tolerance groups of "application not yet possible" and "particularly good workmanship". The tolerances shown are so liberal, that they cannot, according to Danish experience, be applied to economic construction of a building made of prefabricated units.

GLOSSARY FOR THE TABLES

All measurements are given in mm, 1 mm = .0393 in.
Danish 0,01 and 1,5 mean .01 and 1.5 respectively.

<u>DANISH</u>	<u>ENGLISH</u>
Middeltal	Average (of the measurements)
Middellængde	Average length
Middelbredde	Average breadth
Middeltykkelse	Average thickness
Middelafstand	Average distance
Middelhøjde	Average height
(Middel.....)	(Average.....)
Tilvirkningsmål	Work measurement (See definition in English Summary, not quite the same as the EPA definition).
Ensidig fejl = middeltallets afvigelse	Average deviation = the average of the measurements less the work measurement (average error of production).
Middelfejl	Standard deviation = $\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$, v being the deviation of the various measurements from the average of the measurements and n their number.
Største afvigelse fra	Maximum deviation from
<hr/>	
Plade	Deck slab
Element	(Prefabricated) unit
Længde	Length
Bredde	Breadth
Tykkelse	Thickness
Højde	Height
Afstand	Distance
Afvigelse	Deviation
Nr.	No.