

Rapport

R11:1982

**Måttoleranser hos
glidformsgjutna
betongkonstruktioner**

Ingvar Nilsson

K
AD

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	82-0005
Plac	<i>ser</i>

Byggeforskningsrådet

R11:82

MÄTTOLERANSER HOS GLIDFORMSGJUTNA
BETONGKONSTRUKTIONER

Ingvar Nilsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780906-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Armerad Betong Vägförbättringar AB,
Tekniska Kontoret, Malmö

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R11:82

ISBN 91-540-3625-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1981 138788

I N N E H Å L L

FÖRORD	4
SAMMANFATTNING	5
1 FAST FORM - GLIDFORM	6
2 BETONGGJUTNING MED GLIDFORM	7
3 ORSAKER TILL MÄTTAVVIKELSER SPECIELLA FÖR GLIDFORM	9
4 VARFÖR TOLERANSER?	12
5 BESTÄLLARE-PROJEKTÖR-BYGGARE-KONTROLL	14
5.1 Beställarens behov och krav.	14
5.2 Projektörens roll.	14
5.3 Entreprenörens roll.	14
5.4 Kontroll	15
6 UPPMÄTTA AVVIKELSER.	16
6.1 Mätningar vid Barsebäcksverket I och Oskarshamnsverken I och II	16
6.2 Uppmätning av reaktorbyggnad II, Lovisa atomkraftverk, Finland	18
6.3 Uppmätning av lodavvikelse hos silo i Görlev	19
6.4 Uppmätning av radieavvikelser hos en glidformsgjuten bassäng	21
6.5 Uppmätning av pelare, Nötesundsbron.	22
6.6 Resultat från enkät.	24
7 FÖRSLAG TILL TOLERANSKRAV.	26
REFERENSER	28

FÖRORD

Bristen på enhetliga toleranskrav för projektering och utförande av glidformsgjutna betongkonstruktioner har emellanåt lett till åtskilliga delvis olika utförandekrav. För att söka avhjälpa denna brist ges i detta arbete ett förslag till toleranskrav för glidformsgjutna konstruktioner. Arbetet omfattar i första hand konstruktioner med vertikal axel, vars framställning är möjlig med såväl normal glidformsutrustning som s k konisk glidformsutrustning.

I undersökningen belyses även problemställningar i samband med toleransfrågor för glidformsgjutna betongkonstruktioner. Erfarenhetsmaterial beträffande måttavvikelser sammanställs till grund för en realistisk toleranssättning. Undersökningen har bedrivits i form av litteraturstudier samt bearbetning av tidigare mätdata från utförda glidformsdragningar inom i huvudsak Armerad Betong Vägförbättringar AB. De mätdata som har använts har i stor utsträckning framtagits med syfte att regelbundet styra, kontrollera och förbättra produktionen under pågående glidformsgjutningar.

Använda mätdata härrör från större anläggningsarbeten för bl a kärnkraftindustrin, vilket innebär byggobjekt för vilka ställs höga krav på noggrannhet i utförandet. Totalt har omkring 3000 mätvärden bearbetats.

Överingenjör Artur Andersson, civilingenjör Lars-Göran Nilsson och civilingenjör Lars Ringh har varit initiativtagare till undersökningen och har lämnat värdefullt stöd under arbetets gång. Civilingenjör Elvir Olsson har utfört en första sammanställning inom området och ställt sitt material till förfogande. Under rapportens färdigställande har värdefulla synpunkter även lämnats av tekn lic John van den Berg, Statens institut för byggnadsforskning, ingenjör Percy Ottosson, Byggkonsortiet Oskarshamnsarbetena och civilingenjör Sven-Erik Svensson, AB Bygging. Bidrag till projektet har erhållits från Statens råd för byggnadsforskning.

Malmö i juli 1981

Ingvar Nilsson

SAMMANFATTNING

I denna rapport diskuteras måttnoggrannhet som kan uppnås hos glidformsgjutna betongkonstruktioner. Toleranser som är möjliga att uppnå med glidform skiljer sig betydligt från de som uppnås med fast form. Det beror på att formarna har helt olika justeringsmöjligheter. Kunskap om vilken måttnoggrannhet man kan uppnå med glidform har hittills varit föga spridd.

Glidform lämpar sig särskilt väl för väggar i byggnader med konstant horisontalsnitt och bygghöjder över 10 m. Exempel på byggobjekt är silor, vattentorn, skorstenar, pelare, trapphus och hisschakt. Under glidformsdragning förskjuts och vrids tvärsnittet. Objektets formavvikelser är resultat av glidformens deformationer, lägeavvikelser och riktningssavvikelser. Särskilt lodlinje och vridning måste regelbundet kontrolleras och justeras. Särskilda åtgärder behövs för att hålla ingjutningsgods och ursparingar i rätt läge, eftersom dessa lätt rubbas ur läge av glidformen.

Måttavvikelseernas storlek beror bl a på utsättningsmetodik, montagenoggrannhet, glidformernas kvalitet, personalens erfarenhet, väderlek och yttre betingelser. Behovet av att arbeta med toleranser är särskilt aktuellt vid sammanbyggnad med prefabricerade stål- eller betongelement.

I rapporten sammanfattas erhållna måttavvikelser från ett antal olika glidformsgjutna objekt. En betydande mängd mätdata härrör från kärnkraftverk, objekt till vilka använts förstklassig glidformsutrustning och erfaren personal. Vid uppmätning av en enkel cirkulär bassäng erhöles större avvikelser. Lodavvikelse och krokighet redovisas för 32 glidformsgjutna bropelare med längderna 12-25 m. Som komplement till uppmätningar innehåller rapporten även resultat av en enkät bland arbetsledare med erfarenhet från glidformsgjutningar. De besvarade frågor om erfarenhetsavvikelser och gav förslag till rimliga toleransföreskrifter för olika byggnadsdelar framställda genom glidformsgjutning.

Ett förslag till toleranskrav för glidformsgjutna konstruktioner ges slutligen, vilket baseras på vad man kan uppnå med nuvarande produktionsmetoder. Det bygges till delar på statistiskt bearbetade måttavvikelser, varvid toleransgränser är satta till omkring 2 gånger erhållen standardavvikelse. Toleransförslaget avser en normalklass men både lägre och något högre toleranskrav kan förekomma. Förhöjda toleranskrav medför stora kostnader.

1. FAST FORM - GLIDFORM

För att kunna uppställa toleranser är det nödvändigt att få kunskaper om de orsaker som leder till måttavvikelser. Utan dessa kunskaper föreligger risk för att man ställer upp toleranser som inte svarar mot de praktiska möjligheterna.

Utförbara toleranser för platsgjutna betongkonstruktioner som kan uppnås med fast form och glidform skiljer sig markant. I HusAMA 72 anges toleranskrav för platsgjutna fastforms betongkonstruktioner för husbyggnadsarbeten [1]. Motsvarande toleranskrav saknas för glidformsgjutna konstruktioner. Likväl förekommer det att HusAMA:s toleranskrav åberopas även för glidformskonstruktioner vilket kan leda till förvecklingar under byggskedet.

Fast form kan som bekant noga justeras in i rätt läge före gjutning, utböjningar kan begränsas genom tillräcklig stämning och väggtjocklekar kan injusteras med genomgående formstag. Glidformen måste genom sin helt skilda konstruktion och sitt arbetssätt justeras på andra sätt. Därför blir också de toleranser som kan uppnås med glidform andra än de som kan uppnås med fast form.

Kännedom om vilken noggrannhet man kan uppnå med glidform har varit föga spridd. Inom varje entreprenadföretag som uppför glidformsgjutna konstruktioner utförs mätningar för kontroll av bl a lodlinje och vridning. Någon sammanställning över toleranser som är möjliga att uppnå har veterligt inte tidigare publicerats. Inom Armerad Betong Vägförbättringar AB insamlas regelbundet mätdata från glidformsgjutna objekt. Huvudsakligen dessa ligger till grund för ett förslag till toleranser som presenteras nedan.

2. BETONGGJUTNING MED GLIDFORM

Glidform är ett snabbt och ekonomiskt formsystem för höga betongkonstruktioner. Det lämpar sig särskilt väl för väggar i byggnader med konstant horisontalsnitt och bygghöjder över 10 m. Typiska byggobjekt för glidformsgjutning är siloanläggningar, vattentorn, skorstenar, televisionstorn, bropelare, trapphus och hisschakt till bostads- och kontorshus, industribyggnader, reaktorbyggnader och kassuner för bropelare, fyrtorn och hamnanläggningar. Sedan flera år tillbaka finns även särskilda glidformssystem för koniska betongkonstruktioner för t ex skorstenar och höga torn [2]. Formutrustningen härtill är tekniskt avancerad och kräver specialutbildad personal för handhavandet.

Glidformen består i allmänhet av två parallella eller koncentriskt vertikalt rörliga formsidor med 1,0 - 1,2 m höjd för kontinuerlig gjutning av huvudsakligen väggar. Formsidorna består oftast av trä, ibland klädda med stålplåt. Alternativt används stålformar. Formarna lyfts med hjälp av hydrauliska lyftare som klättrar på vertikala stänger placerade i väggens mitt, se figur 1. Dessa stänger bär via bärkrok de med domkrafterna lyftade formarna. Formsidorna hålls samman med ok som placeras på ett avstånd av 1,6 - 1,9 m. Väggtjockleken är vanligen minst 180 mm. Vid mindre tjocklek vill friktionen mellan form och betong "lyfta" väggen så att horisontella sprickor kan uppstå. Glidhastigheten bestäms av flera faktorer som t ex objektets tvärsnittsarea och lufttemperatur och brukar variera mellan 2 och 6 m per dygn.

Bropelare av de mest skiftande slag är ofta glidformsobjekt. Vid den kända Älvsborgsbron i Göteborg är benen till de båda 95 m höga bropylonerna parvis glidformsgjutna. De ihåliga benens tvärsektion är konstant och har utvändigt måtten 3,5 m x 4,5 m [3]. För den nya Tjörnbron som SCG uppför, glidformsgöts bropylonerna likaledes parvis. De har lådsektioner, utvändiga mått är 4 x 4,5 m och glidformsgöts med en hastighet om ca 3,5 m per dygn till en höjd av 105 m.

Det krävs lång praktisk erfarenhet och god teoretisk insikt för att rätt kunna utnyttja glidformstekniken. Glidformstekniken på fältet måste vara en all-round man, väl förtrogen inte bara med formbyggnad, betongteknologi, byggmaskiner och byggplatsorganisation, utan även med mekanik, hydraulik och elteknik.

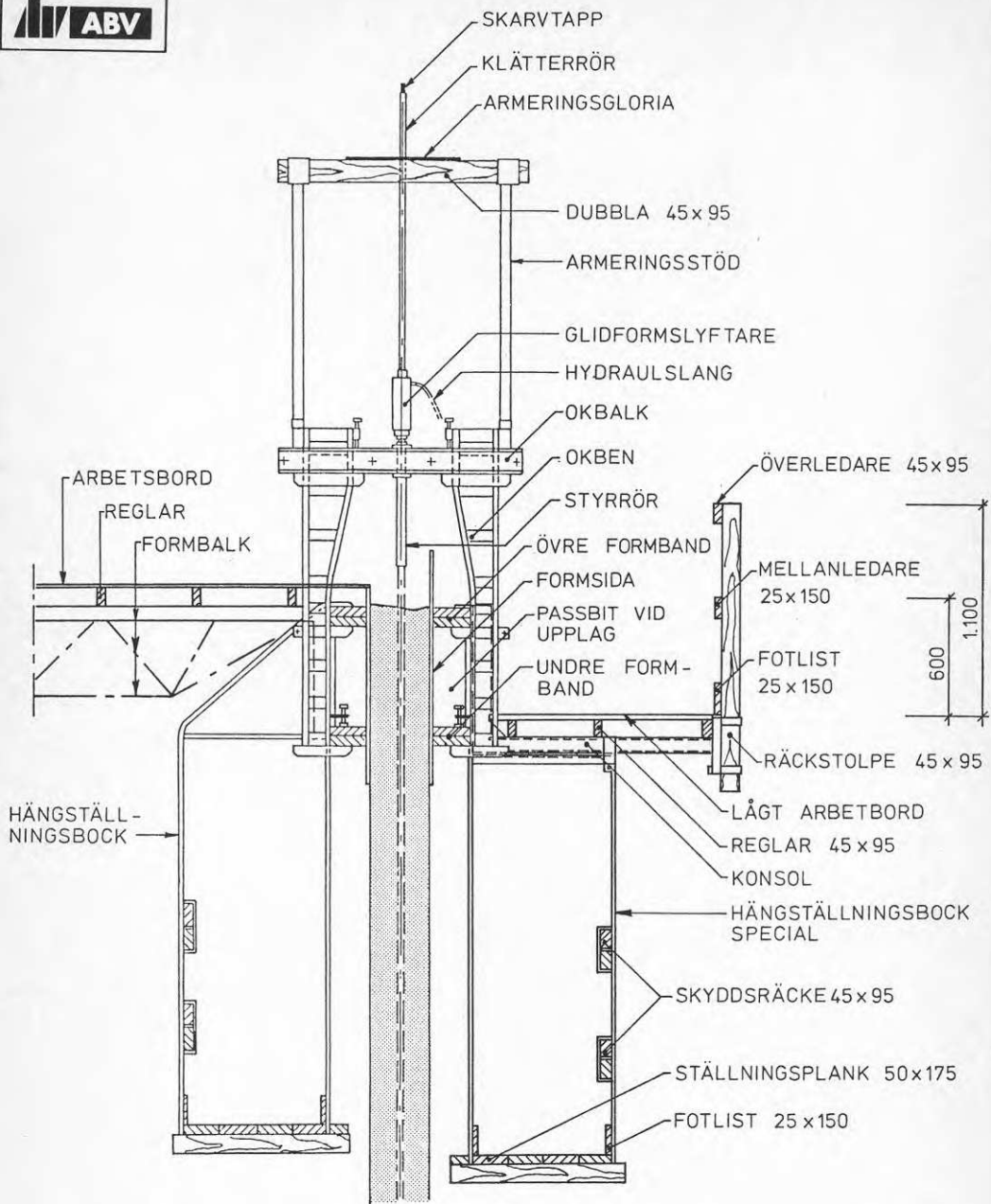


Fig 1. SEKTION GENOM GLIDFORM
 enligt ABV standardutrustning

3. ORSAKER TILL MÅTTAVVIKELSER SPECIELLA FÖR GLIDFORM

Byggnadens formavvikelser är resultat av glidformens deformationer, lägeavvikelser och riktningsavvikelser (termer enligt svensk standard SIS 05 02 12). Avvikelserna uppträder i allmänhet adderade enligt följande grundformer [4] :

Lägeavvikelse: Horisontell lägeändring (förskjutning) av hela tvärsnittet i förhållande till utgångsläget.

Riktningavvikelse: Vridning av tvärsnittet.

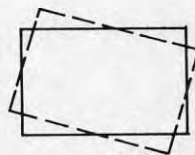
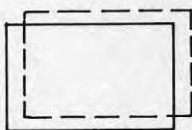


Fig 2. Lägeavvikelser

Fig 3.
Riktningavvikelse

Avvikelser i tjocklek hos glidformsgjutna väggar beror huvudsakligen på formens elastiska deformationer. Dessa påverkas av formens uppbyggnad och val av material. Formens utformning bestäms av den aktuella byggnadsdelens tvärsektion. Antalet gånger formen kommer till användning påverkar också valet av hur påkostad man önskar göra den.

Glidformens formsidor utförs vanligen med 1 - 1,2 m höjd. Dessa sammanhålls med ok på c/c ca 1,8 m. Deformationer och utböjningar hos dessa orsakar måttavvikelser i väggtjockleken. Denna utböjning påverkas av trycket mot formsidan av den färska betongmassan. Ökningen i väggtjocklek på grund av formsidornas och okens utböjning brukar kompenseras erfarenhetsmässigt i samband med formmontage.

En för glidformsgjutning speciell kontrollåtgärd är att vertikaliteten måste kontrolleras. Detta utförs vanligen med optiska lod och korrigeringar sker regelbundet under glidformsdragningen. Höga och slanka objekt såsom skorstenar och torn kommer lätt i svängning av vinden varför mätningar blir svåra att utföra. En annan faktor då det gäller lodningen är inverkan av solbestrålningen som kan ge en temperaturskillnad hos betongen längs två diametralt motsatta sidor. En temperaturskillnad ger genom betongens utvidgning en utböjning av toppen mot den kallare sidan. Denna utböjning kan i förväg tabelleras för olika temperaturskillnader och för olika aktuella höjder för en korrigering

av erhållna mätvärden. Byggnadsverkets topp kommer att röra sig i en roterande bana som en följd av solens rörelse. Därför skall kontrollmätningar av lodlinje även ske på morgonen innan solen gått upp och betongen sålunda runt om har möjligast samma temperatur [5] .

Avvikelse från lodlinjen korrigeras antingen genom att domkrafterna längs en formsida lyfts upp något högre än de längs motstående sida, genom att omfördela laster på arbetsborden eller genom att med kilning minska formsläppet och öka friktionen vid den sida mot vilken man önskar styra över formen. Åtgärderna sätts in tills glidformen i sin helhet börjar närma sig rätt läge, se fig 4. Mätning av avvikelser från lodlinjen utförs exempelvis med optiskt lod. Instrumentet monteras på ett specialstativ och lodets vattenpass kontrolleras noggrannt. Lodningen utförs mot fasta markeringar i grunden, förslagsvis i form av måltavlor. För varje avläsning noteras felavvikelse och riktning. Formens läge- och riktningsavvikelser fås genom att följa mätresultat från två eller flera lodningspunkter.

Lodningsmetod skall väljas så att uppställda måttoleranser kan uppfyllas. Mättonets noggrannhet skall vara minst en femtedel av uppställd tolerans. För optiska lod uppgår en instrumenttillverkare ett medelfel av 1 mm vid 100 m sikthöjd [6] .

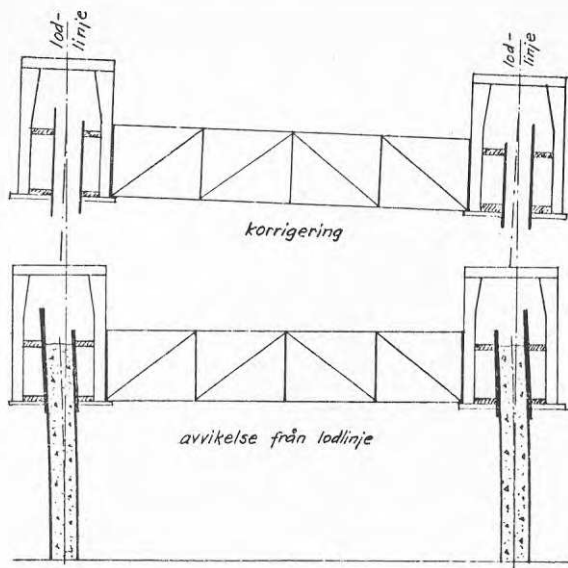


Fig 4. Princip för styrning av glidform

Samtidigt med kontrollen av vertikaliteten utförs även kontroll av att formen inte håller på att vrida sig. Detta sker genom att loda genom minst två punkter. Vridningen kan ibland ställa till med problem och vara svår att korrigera. Den har i regel inte så stor betydelse vid runda, fristående silor men kan ha det vid kvadratiska, rektangulära eller sammansatta tvärsnitt. Vridning kan korrigeras men man måste därvid sätta in korrigeringsåtgärder omedelbart efter det att en vridningstendens har konstaterats.

Radieavvikelse kan ha betydelse hos silor och andra objekt med stor diameter, > ca 20-25 m, särskilt om de är efterspända eller tunnväggiga.

Vid glidformsgjutning är det svårt att få ingjutningsgods och svetsplattor i läge och i vinkel, se fig 5. Den bästa metoden är att fixera ingjutningsgodset med hjälp av svetsning till särskilda montagestänger. Ingjutningsgodset får inte vara större än att det ledigt kan passera mellan formsidornas ovankanter, d v s största bredd är normalt väggjocklek minus 10-20 mm.

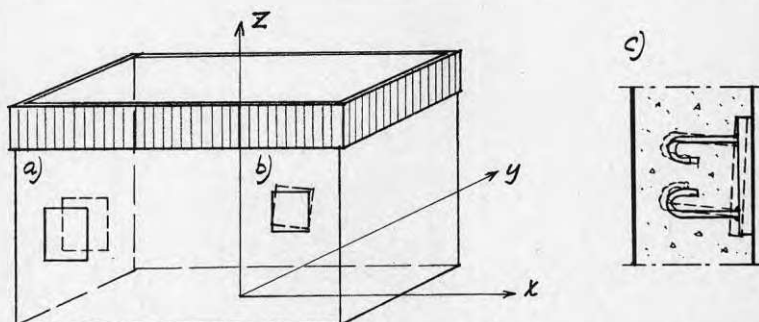


Fig 5. Avvikelser hos ingjutna svetsplattor:

- a) Avvikelser (förskjutn.) i x-, y- och z-riktn.
- b) Avvikelse (vridning) i väggens plan
- c) " " " ur väggens plan

Urspårningar för öppningar av olika slag förtillverkas av trä med bredden ca 10 mm mindre än avståndet mellan formsidornas överkantar. Även dessa fixeras i rätt läge till armeringen så att de ej rubbas under glidformsgjutningen.

Avslutande gjutning av en glidformsgjuten väggs_ovanyta utförs på följande sätt. Ca 100-150 mm nedanför väggens slutgiltiga höjd görs ett uppehåll i gjutningen och formen lyfts upp och justeras in i rätt nivå. Därefter utföres den avslutande gjutningen [7].

4. VARFÖR TOLERANSER?

Vid allt byggande förekommer måttavvikelser. Dessa varierar mellan olika arbetsplatser och t o m inom en och samma arbetsplats. Storleken av måttavvikelserna beror bl a av noggrannheten vid utsättningen, noggrannheten vid tillverkning och montage av glidformsutrustningen, personalens kunskap och erfarenhet, väderlek och yttre betingelser. Man måste acceptera att måttavvikelser förekommer och därför lära sig att ta hand om dem. Därför anger man toleransen för ett mått, dvs anger de gränser inom vilka ett mått får variera. Utan kännedom om de måttavvikelser som förekommer vid glidformsgjutning av betongkonstruktioner samt de felkällor som leder till imperfektionerna, föreligger risk att man vid projekteringen ställer krav som inte går att uppfylla.

Ett önskemål inom all byggnadsverksamhet är att produktionen skall löpa utan fördröjande och kostnadskrävande ändringsarbeten. Man vill att förekommande avvikelser skall hålla sig inom på förhand bestämda gränser, toleranser [8]. Tolerans är något som föreskrivs och kan betraktas som ett krav. Avvikelse är ett konstaterande av ett resultat av en viss process [9].

Att välja toleranser innebär att fastställa de gränser mellan vilka objektets verkliga mått kan tillåtas variera. Detta innebär inte alltid att man önskar åstadkomma en bättre måttnoggrannhet. Den måttnoggrannhet man kan uppnå måste emellertid vara känd på förhand så man kan vidta erforderliga åtgärder.

Motiven för toleranssättning av glidformsgjutna betongstommar kan vara skiftande. Slutresultatet bör dock alltid vara en billigare och bättre slutprodukt. Man måste vara införstådd med att varje toleranssatt mått faller endast med viss sannolikhet inom de toleranssatta gränserna. Toleranser är till för bland annat [10] :

att säkerställa statistiska, byggnadstekniska och funktionella krav

att tillgodose estetiska krav

att klargöra en ekonomisk ansvarsfördelning mellan beställare och entreprenör

Ett viktigt skäl till att arbeta med toleranser är kravet på passning på arbetsplatsen. Detta är särskilt aktuellt när glidformsgjutna byggnadsdelar skall sammanbyggas med förtillverkade ståldelar, maskindelar eller prefabricerade betongelement.

Vid samarbete mellan glidformsentreprenör och leverantör av maskiner, ståldetaljer, rör genomföringar m m framgår det ofta att man inte talar samma språk när det gäller toleranser. Exempel på fel kan vara att en vägg blivit

för tjock med följd att förtillverkade rör genomföringar inte passar, en ursparing i en vägg har placerats något fel, nivåer för fundament har för stor avvikelser osv. Sådana fel skulle lätt kunna förebyggas genom att rör genomföringarna tillverkades med toleranser som var anpassade till vad man normalt kan uppnå vid glidforms-gjutna väggar, ursparingens toleranser var tillräckligt stora och maskintillverkaren förutsatte tillräcklig justeringsmöjlighet hos sina maskiner för att kompensera ojämnheter hos fundament. I annat fall uppstår efteråt behov av ändringar i form av bilning, justering och inpassning, efterlagning och ytbehandling, vilket medför omfattande extraarbeten och kostsamma förseningar.

Glidformsentreprenörens kostnader ökar avsevärt för toleranser som är snävare än vad man kan åstadkomma med normal glidformsutrustning och gängse arbetsteknik, bl a ökade glidforms-, arbets- och kontrollkostnader. Därför bör konstruktören vara återhållsam vid toleranssättning och inte toleranssätta annat än där det är nödvändigt och aldrig sätta snävare toleranskrav än som är ekonomiskt motiverat med tanke på behov och resurser.

Måttoleranser har förutom ett tekniskt syfte även ett juridiskt-ekonomiskt. Man önskar förutom att begränsa riskerna för tekniska olägenheter även klargöra kostnadsansvaret mellan berörda parter som kan vara byggherre, entreprenörer och installatörer [8] .

5. BESTÄLLARE-PROJEKTÖR-BYGGARE-KONTROLL

5.1 Beställarens behov och krav

Beställaren har behov av att uppfylla en viss verksamhets funktionskrav. Kraven måste vara produktions-tekniskt genomförbara och så formulerade att de går att kostnadsberäkna och kontrollera. Glidforms-tekniken har framför allt produktions-tekniska men även mättekniska och kontrolltekniska gränser för möjlig måttnoggrannhet. Det finns också en ekonomisk gräns för hur långt toleranskraven är värda priset för brukaren.

5.2 Projektörens roll

Projektören har att välja en sådan produktionsmetod som ger den totalt sett billigaste lösningen och som uppfyller kraven på funktion, utseende, hållfasthet och måttnoggrannhet. För byggherren kan glidforms-gjutning innebära en billigare konstruktion och kortare byggtid. Skall glidformsgjutning användas, måste detta beaktas redan från projekterings början så att konstruktionen görs produktionsanpassad för glidformsgjutning. Allt för många tvärsnittsvariationer och anslutningar med utstickande armering omöjliggör glidformsgjutning. Det förekommer att glidformsentreprenörer finner det lönsamt med omkonstruktioner för att göra byggnadsdelar anpassade för glidformsgjutning.

Projektören måste känna till vilka toleranser man kan uppnå med den aktuella produktionsmetoden. Det förekommer att konstruktörer hämtar toleransangivelser från äldre arbetsritningar utan att själva analysera toleransbehoven. Detta förfarande kan leda till produktions-tekniska svårigheter och ökade kostnader genom allt för stora toleranskrav [11]. Erfarna konstruktörer har funnit det meningsfullt att redan på konstruktionsstadiet samråda med en glidformsentreprenör. Denne kan anvisa de tillverkningssvårigheter som kan uppstå. Tillsammans kan de uppställa de toleranskrav som erfordras för olika byggnadsdelar och samråda om möjligheterna till produktionsanpassade och ekonomiska konstruktionslösningar.

5.3 Entreprenörens roll

Innan glidformsgjutningen påbörjas skall entreprenören förvissa sig om att konstruktionen är utformad med hänsyn till toleranser och att föreskrivna toleranser är realistiska. Entreprenören måste kunna prissätta dem.

5.4 Kontroll

Måttolerans har två syften: ett tekniskt-ekonomiskt och ett juridiskt-ekonomiskt. I första fallet gäller det att begränsa riskerna för teknisk olägenhet på grund av måttavvikelse och i det andra fallet att fördela kostnadsansvaret för kvarstående risker mellan berörda parter. Det är sålunda förenat med risk att föreskriva och acceptera toleranskrav. Det är väsentligt att byggherre och entreprenör är införstådda härmed, ty till toleransen bunden ekonomisk uppgörelse påverkas härav. Vid tecknandet av entreprenadkontrakt måste parterna komma överens om toleransens innebörd, hur den kontrolleras, när den kontrolleras och av vem, samt vad som skall ske om toleransen överskrids. Man bör därför komma överens om ett kontrollprogram. Det är detta som slutligen definierar toleransens innebörd [8].

Vid inträffade enstaka överskridanden av föreskrivna toleranser för t ex ingjutningsgods, håltagningar eller byggnadsdelars dimensioner måste samråd tas med maskinleverantörer m fl för att reda ut vilka åtgärder som erfordras. Oavsett toleransernas storlek måste maskindelar som skall installeras ha justeringsmöjligheter genom t ex passbitar eller justerskruvar. Om dessa göres något längre eller kortare torde ha mindre betydelse.

6. UPPMÄTTA AVVIKELSER

Som grund för ett förslag till toleranskrav för glidformsgjutna konstruktioner, som presenteras i denna rapport, ligger dels erfarenhetsmaterial beträffande måttavvikelser, dels resultat av en enkät bland arbetsledare med erfarenhet av glidformsdragning.

Mätresultaten redovisas med hjälp av nedanstående beteckningar:

n = antal mätvärden, $t_1, t_2 \dots t_n$

m = medelvärde på avvikelserna $= \sum t/n$

s = standardavvikelse; $s = \sqrt{\frac{\sum (t-m)^2}{n-1}}$

$2s$ = toleransgränser vid ca 96% av mätvärdena inom toleransområdet

\max = största observerade positiva avvikelse från avsett värde

\min = största observerade negativa avvikelse från avsett värde

6.1 Mätningar vid Barsebäcksverket I och Oskarshamnsverken I och II

Som ett väsentligt bidrag till mätdata för denna sammanställning ligger ett internt opublicerat arbete av Lars Ringh och Elvir Olsson "Byggtoleranser för kraftindustrin" [12]. Det utfördes 1974 vid det dåvarande Balkenkonsult, nu ABV:s tekniska kontor i Malmö. Måttavvikelser för såväl fastformsgjutna som glidformsgjutna byggnadsdelar insamlades vid kärnkraftverken Barsebäcksverket I och Oskarshamnsverket II. Detta utfördes som ett examensarbete 1972 och innehåller omkring 4000 mätvärden [13]. Av materialet har här sammanställts erhållna måttavvikelser vad avser glidformsgjutna konstruktioner, se tabell 1.

Glidformsgjutningen av reaktorinneslutningen till Oskarshamnsverket I behandlas i en artikel av Bengt Tenghag 1967 [14]. För att kontrollera vertikalitet och vridning under glidformsdragningen uppmättes avvikelser i 90°-punkterna med ett optiskt lod. Dessa mätningar sammanställdes efter hand i tabeller och diagram ur vilka avvikelser från lodlinjer kunde avläsas. Största avvikelse från lodlinje uppmättes till 15 mm på en glidhöjd av 28,6 m, se fig 6.

Tabell 1. Måttavvikelser med glidform. Barsebäcksverket I
 och Oskarshamnsverket II

Byggnadsdel	Antal mätningar n	Medel- värde m	Standard- avvikelse s	2s	Extremvärden		
					max	min	
VÄGGAR							
Lägeavvikelse i sida [mm]	1)	562	+ 12	24	48	+ 91	- 49
Riktnings- avvikelse [°/∞]		55	0,6	0,5	1,0	1,9	0
Lutning [°/∞]	2)	67	2,7	2,2	4,4	10	0
TRAPPSCHAKT							
Avvikelse från lodlinje [mm]	3)	333	+ 1	14	28	+ 32	- 34
INGJUTNINGSGODS							
<u>Svetsplattor i reaktorinneslutning:</u>							
Lägeavvikelse i sida [mm]		58	35	29	58	114	1
Lägeavvikelse i höjd [mm]	4)	58	- 1	12	24	+ 29	- 19
Avvikelse innanför väggyta [mm]	5)	224	+ 12			+ 35	0
<u>Svetsplattor i plan vägg:</u>							
Avvikelse innanför väggyta [mm]	5)	12	+ 6			+ 14	+ 1

- 1) Mätningar på 4 väggars ena sida. Vägglängder = 20-40 m.
Vägghöjder = 10-30 m. Positivt tecken betyder att väggen
buktar mot den lokal från vilken mätningar skett.
- 2) Lutning uppmätt mellan olika våningsplan med hjälp av hänglod.
- 3) Mätningar på 3 trappschakt från lodlinje. Antal mätningar var
165, 114 och 54 st på vertikala mätsträckor om 54, 46 resp 13 m.
- 4) Positivt tecken betyder höjdavvikelse ovanför avsedd höjd.
- 5) Positivt tecken betyder avvikelse innanför väggyta.

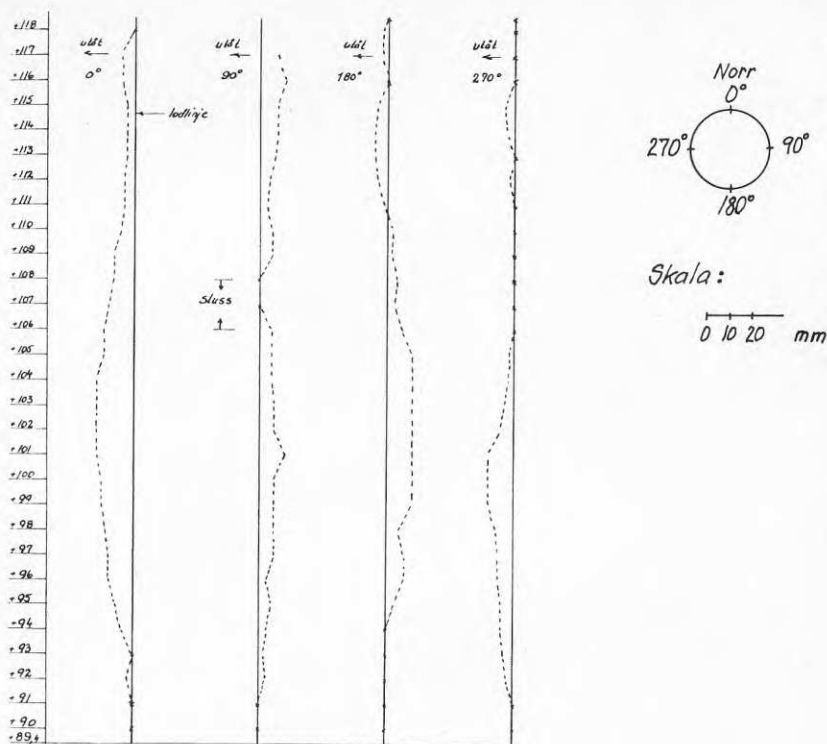


Fig 6. Oskarshamnverket I. Avvikelser från lodlinjer vid glidformsgjutning av reaktorinneslutning.

6.2 Uppmätning av reaktorbyggnad II, Lovisa atomkraftverk, Finland

Glidformsgjutningen av reaktorbyggnad II till Lovisa atomkraftverk, Finland, utfördes under september-december 1973 [15]. Reaktorbyggnaden är 60,40 m hög och har en diameter av 47 m. Väggtjockleken är 60 cm. På den första gjutetappen till en höjd av 9,50 m uppmättes lodavvikelser om högst 12 mm. På nästa gjutetapp om 50,9 m upp till full höjd 60,4 m mättes en största lodavvikelse av 4,8 cm och en vridning av 3,5 cm. Dessa avvikelser låg betydligt under beställarens krav, se tabell 2, och resultatet ansågs mycket gott.

Tabell 2. Reaktorbyggnad II, Lovisa, Finland

CYLINDERFORMAD VÄGG	Uppmätt [mm]	Beställarens krav [mm]
lodavvikelse, h = 9,50 m	12	
" , h = 50,9 m	48	80
vridning på h = 50,9 m	35	50

6.3 Uppmätning av lodavvikelse hos silo i Görlev

Armton A/S uppförde 1977 en silo åt A/S De Danske Sukkerfabriker i Görlev, Danmark. Silon hade en inre diameter av 36 m, en vägghöjd av 36,05 m och en vägg tjocklek av 30 cm. Silon var efterspänd med horisontellt liggande Freyssinetkablar 12 \varnothing 5 mm, vilka var förankrade i 6 st pilastrar. Fig 7 visar en plan av silon.

Lodavvikelsen mättes regelbundet under glidformsgjutningen med ett optiskt lod. Detta placerades i fästen i glidformens inre väggsida mitt för varje pilaster och avläsningar gjordes mot fasta punkter i silons botten. Beställarens toleranskrav var: färdig väggs avvikelse från lodlinje = 30 mm. Maximalt uppmätt avvikelse blev 20 mm vid pilaster nr 1. Som fig 8 visar låg erhållen avvikelse normalt på 1/3-1/2 av tillåten avvikelse. Uppnådd mått noggrannhet bedömdes som mycket god.

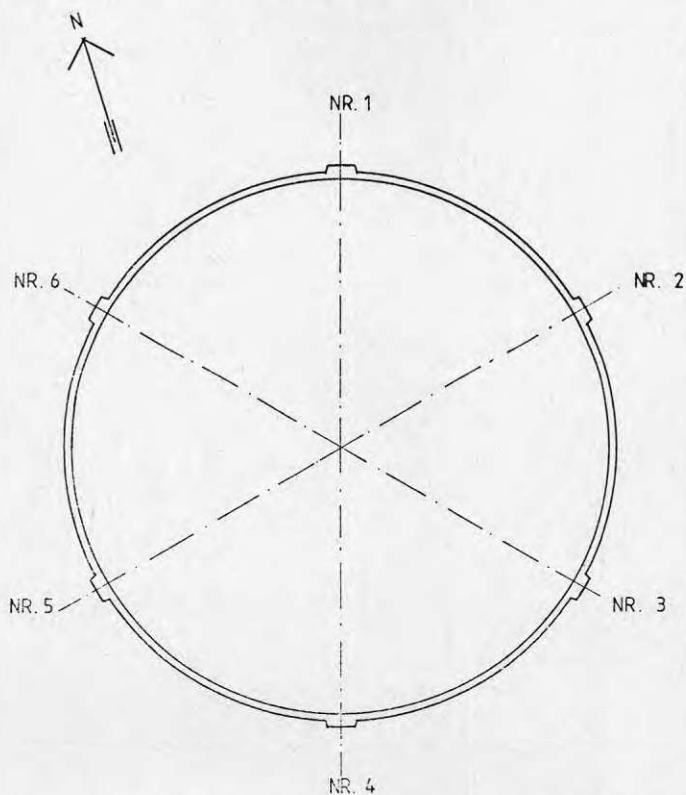


Fig 7. Plan av efterspänd, glidformsgjuten silo. Inre diameter 36 m, vägg tjocklek 30 cm.

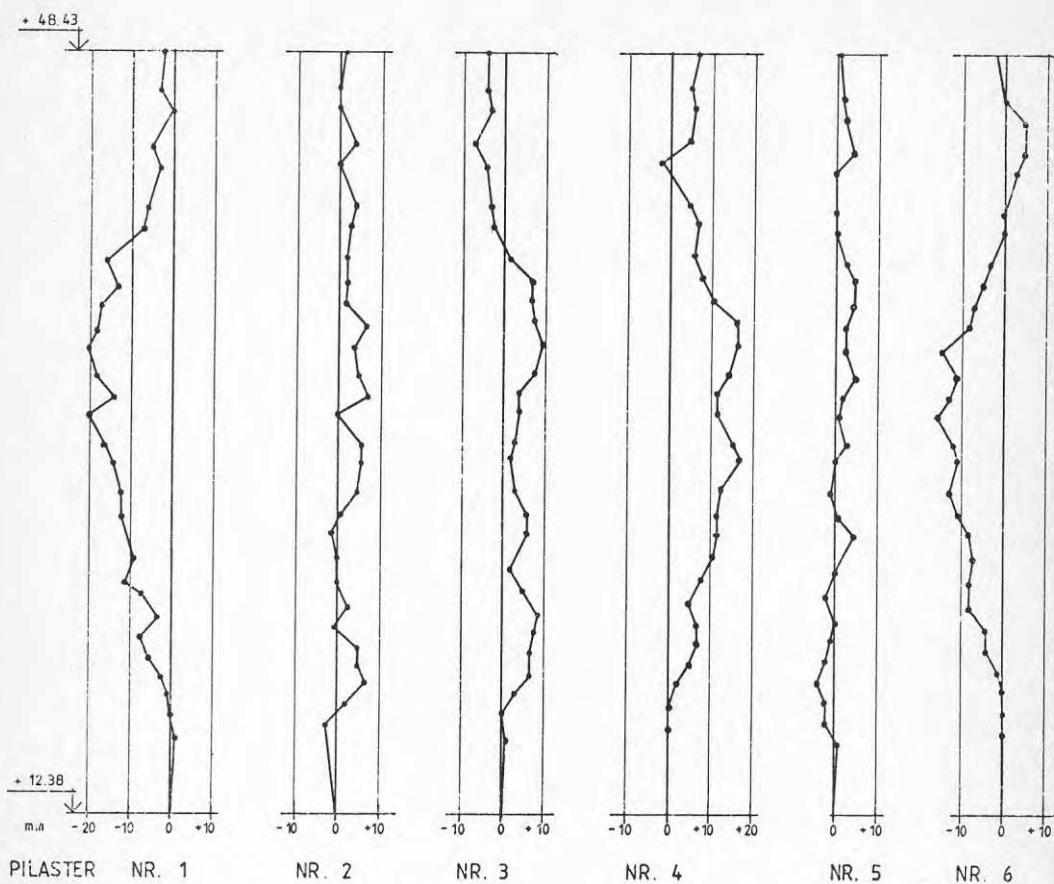


Fig 8. Uppmätta lodavvikelser hos silovägg. Mätning vid väggens insida mitt för sex pilastrar. Negativt värde betyder avvikelse in mot centrum, positivt ut från centrum.

6.4 Uppmätning av radieavvikelser hos en glidforms-gjuten bassäng

En slambassäng uppfördes 1970 åt AB Cementa i Limhamn. Inre diametern var 20 m. Längs väggens ovkant 12,20 m över bassängbotten uppmättes radieavvikelser i 18 punkter, se fig 9. Väggens ovkant låg i medeltal 33,5 mm utanför avsedd radie. Radieavvikelsen blev större än avsett. Det berodde på att de färdigtillverkade formelementen lagrades på ett olämpligt sätt före gjutningen. Samtidigt omdisponerades arbetsledningen före gjutningens igångsättning varvid kontroll och korrigeringar blev eftersatta.

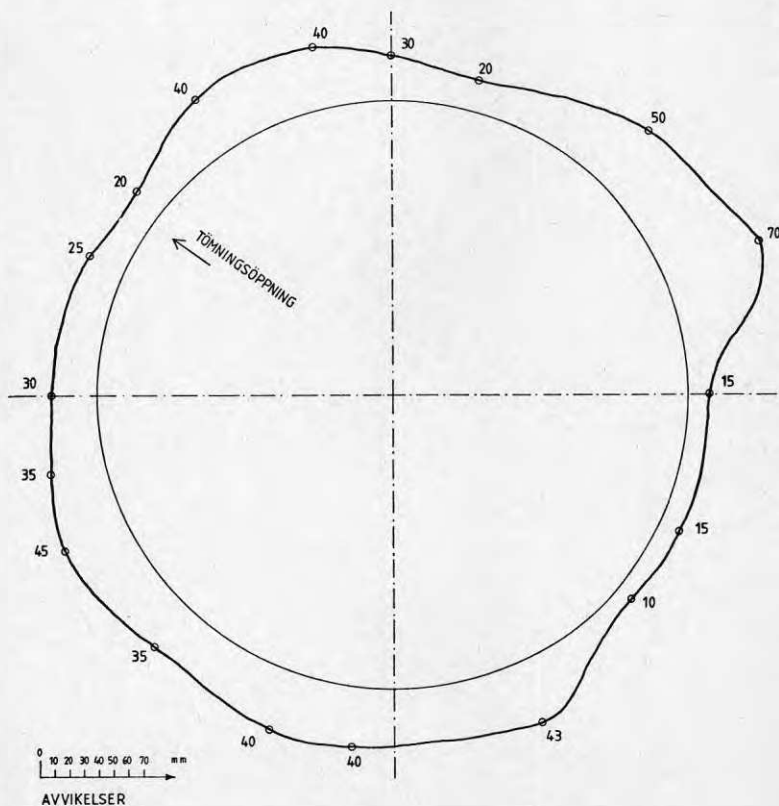


Fig 9. Uppmätt radieavvikelse hos en slambassäng med 10 m radie vid en höjd av 12,20 m över bassängbotten.

6.5 Uppmätning av pelare, Nötesundsbron

Noborn och Olsson uppmätte 1969 utböjningar hos glidformsgjutna bropelare till Nötesundsbron. Den byggdes 1965-66 av Svenska Väg AB. Mätningarna finns utförligt redovisade i deras examensarbete [16]. Pelarna har en diameter av 120 cm. Längderna varierar mellan 12 och 25 m. Utböjningarna mättes med en Wild teodolit typ T1-A dels parallellt med och dels vinkelrätt mot bronns längdriktning. I varje mätpunkt beräknades

$$\text{total utböjning} = \sqrt{(\text{utböjn.} //)^2 + (\text{utböjn.} \perp)^2}$$

Som exempel på krokighetens form visar fig 10 uppmätt utböjning dels vinkelrätt mot och dels parallellt med bronns längdriktning hos pelarpar nr 4 hos Nötesundsbronns södra brodel.

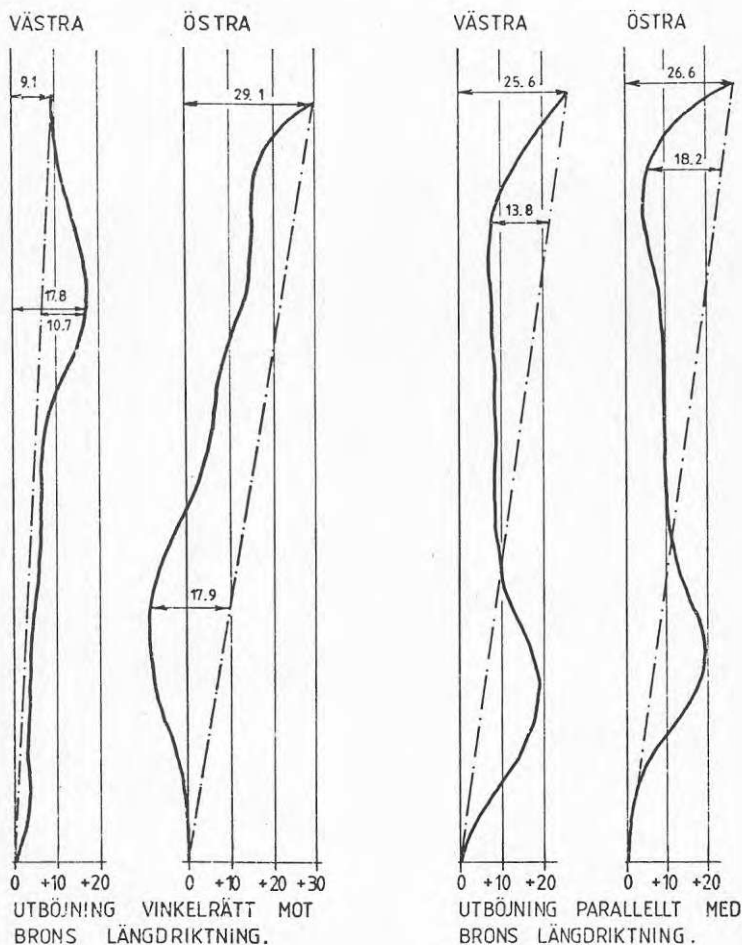


Fig 10. Exempel på krokighetens form hos ett 18,5 m långt glidformsgjutet pelarpar. Avvikelser i mm.

Mätvärdena har nu bearbetats vad avser lodavvikelse och krokighet, vilket redovisas nedan för pelarlängderna 12-15, 15,1-20 och 20,1-25 m. Med lodavvikelse menas här pelartoppens avvikelse i sida. Med krokighet menas pelarens maximala avvikelse från en rät linje genom dess båda ändar.

Av Nötesundsbrons 32 pelare har tre mycket stora utböjningar och avviker helt från de övriga. De utelämnas därför ur nedanstående bearbetning. Deras utböjningar uppgår som högst till 182 mm på 24 m pelarlängd. Sådana avvikelser syns för blotta ögat och beror på grova utförandefel under gjutningen. För övriga 29 pelare är medelvärdet av lodavvikelsen ungefär 3 cm och medelvärdet av maximal krokighet ungefär 2 cm för pelarlängder 12-25 m, se tabell 3.

Tabell 3. Måttavvikelser. Glidformsgjutna pelare, Nötesundsbron.

PELARE Ø 120 cm	Antal pelare n	Medel- värde m	Extremvärden	
			max	min
<u>Lodavvikelse [mm]</u>				
pelarlängd 12-15 m	5	30	49	6
15,1-20 m	10	30	49	9
20,1-25 m	14	36	78	15
<u>Max krokighet [mm]</u>				
pelarlängd 12-15 m	5	21	26	17
15,1-20 m	10	22	43	5
20,1-25 m	14	22	34	14

6.6 Resultat från enkät

Som komplement till uppmätta avvikelser hos glidformsgjutna konstruktioner genomfördes 1974 en enkät bland arbetsledare med stor erfarenhet av glidformsgjutningar. I detaljerade tabeller besvarades frågor om erfarenhetsavvikelser och gavs förslag till rimliga toleransföreskrifter för olika byggnadsdelar framställda genom glidformsgjutning.

Svar inkom från 9 arbetsledare vid dåvarande AB Armerad Betong samt ett svar från vardera Statens Vattenfallsverk och AB Skånska Cementgjuteriet. De två senare svaren var sammanfattningar av interna förfrågningar. Vid utvärderingen gavs dessa därför större betydelse genom att svaren viktades. Resultat av intervjun sammanställs i tabell 4.

Tabell 4. Måttoleranser hos glidformsgjutna konstruktioner. Resultat av intervju

Byggnadsdel	Intervju			Jämför HusAMA 72 klass 3 Avser fast form
	Min	Medel	Max	
VÄGGAR				
Lägeavvikelse i sida	20	33	50	+ - 30
Avstånd mellan närbelägna väggar	10	55	100	+ - 30
Rakhetsavvikelse - buktighet på 2 m	5	16	25	+ - 12
Lutning på 3 m	20	23	30	+ - 12
Tjockleksavvikelse	20	15	25	+ - 10
PELARE				
Lägeavvikelse i sida	20	25	50	+ - 30
Avstånd mellan närbelägna pelare	10	51	100	+ - 30
Rakhetsavvikelse - krokighet på 3 m	10	17	25	+ - 12
Lutning på 3 m	10	20	30	+ - 12
Tvärnittsavvikelse bredd	10	14	25	+ - 10
INGJUTNINGSGODS				
<u>Allmänt i väggar</u>				
Lägeavvikelse i sida	25	33	100	+ - 30
" " höjd	25	38	100	+ - 30
<u>Svetsplattor</u>				
Lägeavvikelse i sida	25	33	100	+ - 30
" " höjd	25	40	100	+ - 30
Avvikelse från väggyta	5	23	40	----
URSPARINGAR				
<u>Ursparingar i väggar</u>				
Lägeavvikelse i sida	25	48	50	+ - 40
" " höjd	25	51	100	+ - 40
Dimensionsavvikelse höjd	10	30	40	+ - 30
D:o bredd	10	30	40	+ - 30

7. FÖRSLAG TILL TOLERANSKRAV

Följande förslag till toleranskrav är avsett för glidformsgjutna betongkonstruktioner. Det baseras till delar på statistiskt bearbetade måttavvikelser. Toleransgränsen är härvid satt till ca 2 gånger erhållen standardavvikelse. Vid normalfördelning innebär detta att ca 96 procent av mätvärdena ligger innanför toleransgränserna. I de fall allt för knapphändigt material förelegat för att möjliggöra statistisk bearbetning grundar sig toleransförslagen på dels mätdata och dels en bedömning av möjlig måttnoggrannhet med ledning av en enkät bland arbetsledare med omfattande erfarenhet av glidformsgjutningar.

Ambitionen har varit att ge toleranser för en s k normalklass, d v s toleranser som kan uppnås med modern glidformsutrustning av hög kvalitet och med erfaren personal. Härutöver kan förekomma utföranden med lägre toleranskrav samt utföranden med ännu något högre toleranskrav. Även vid lägre toleranskrav utförs arbetet av erfaren personal men antalet kontrollmätningar och korrekationer reduceras. Exempel på sådana konstruktioner kan vara enkla, fristående silor. Vid förhöjda toleranskrav utökas antalet kontrollmätningar och injusteringar av glidformen under gjutningen. Förhöjd noggrannhet kan erfordras hos glidformsgjutna byggnadsdelar som

1. skall sammanbyggas med prefabricerade stål- eller betongelement
2. är högre än 100 m.

I de fall där större noggrannhet krävs än normalt skall detta vara klart motiverat av funktion, hållfasthet, utseende eller passning. Skärpta toleranskrav skall ej tillämpas generellt för ett helt byggnadsobjekt utan endast för valda mått för att ej förorsaka byggherren mycket höga extra kostnader. Är t ex höjddifferensen mellan två ursparingar av särskild betydelse så anges denna differens på ritningen och förses med erforderlig toleransangivelse.

Ett förslag till tillåtna avvikelser för glidformsgjutna byggnadsdelar framgår av Tabell 5. Toleranserna förutsätter att utsättningar på arbetsplatsen utförs av särskilt utbildad och tränad personal. De i tabellen angivna avvikelserna avser maximalt tillåtna för byggnadsdelen från närmaste baslinje och deltoleranser får således ej adderas. Höjdavvikelser som beror av sättningar i byggnadsgrunden inryms ej i de i tabellen tillåtna avvikelserna.

TABELL 5. Förslag till tillåtna avvikelser för glidformsgjutna byggnadsdelar.

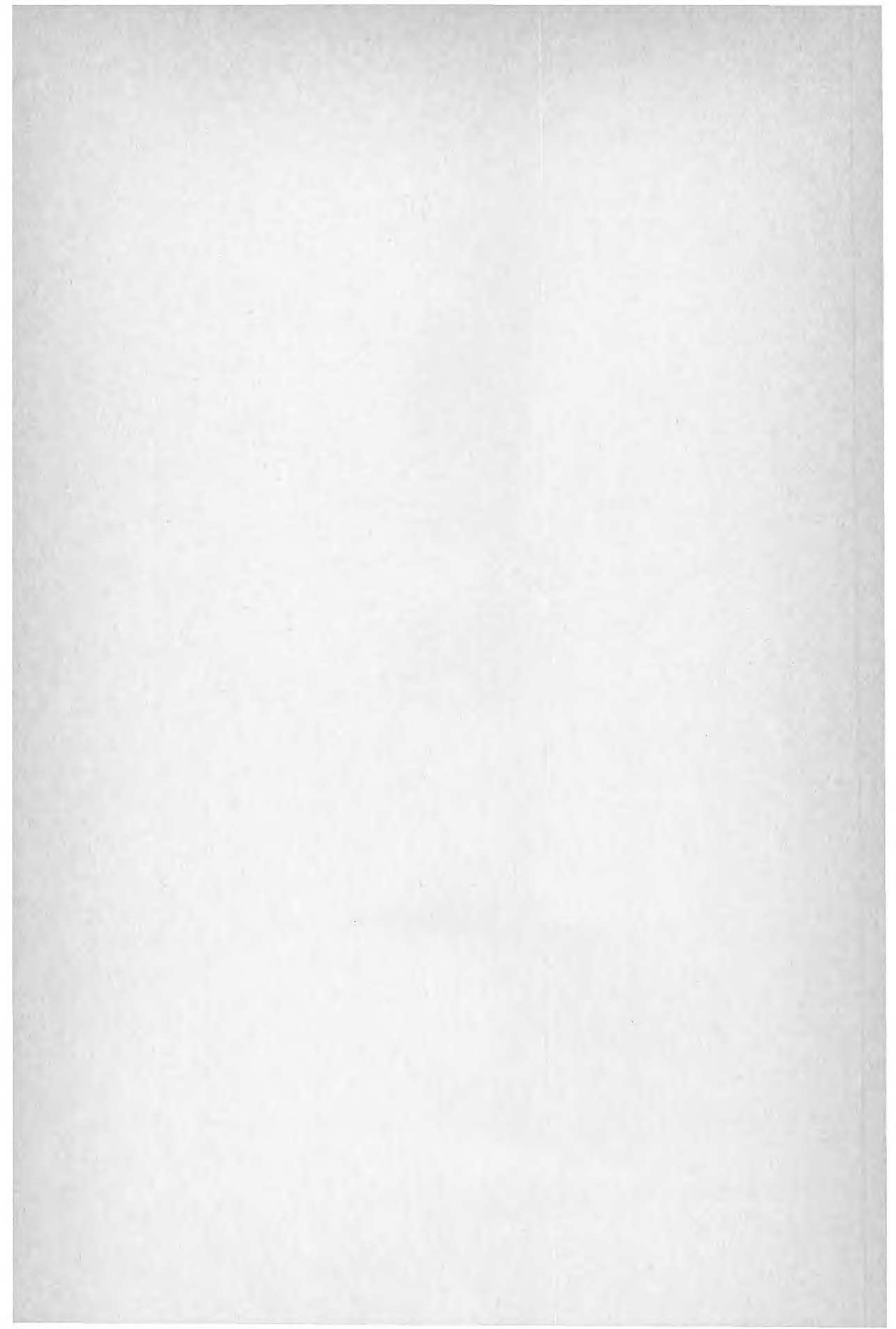
Byggnadsdel	Tillåten avvikelse mm
<u>Väggar och pelare</u>	
Lägeavvikelse i sida	+ 50
" " höjd, ovankant	+ 25
Lutning på < 6 m	+ 25
" " 6-18 m	+ 30
" " 18-50 m	+ 50
" " > 50 m	+ 75
Rakhetsavvikelse - krokighet på < 6 m	+ 30
(avser pelare) 6-18 m	+ 30
> 18 m	+ 40
Tjockleksavvikelse	+ 20 - 10 *)
<u>Ingjutningsgods i väggar</u>	
Lägeavvikelse i sida	+ 60
" " höjd	+ 60
Läge i förhållande till väggens yta, innanför väggliv	+ 15 - 0
<u>Ursparingar i väggar</u>	
Lägeavvikelse i sida och höjd	+ 60
Dimensionsavvikelse i bredd och höjd	+ 50
<u>Glidformsgjuten cirkulär rörsektion</u>	
Lägeavvikelse i sida	+ 50
" " höjd för ovankant	+ 25
Radieavvikelse vid r = 2,5 m	+ 25
" " r = 12,0 m	+ 50
(rätlinjig interpolation)	
Rakhetsavvikelse - se ovan under väggar	
Lutning - se ovan under väggar	
Tjockleksavvikelse	+ 20 - 10 *)

*) Tolerans baserad på betongbestämmelser (B6)

REFERENSER

- [1] HusAMA 72. Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten. Stockholm 1972.
- [2] Artur Andersson, Lars-Göran Nilsson: "Konisk betongskorsten gjuts med ny glidform". Byggnadsindustrin 22-1975, s 21-22.
- [3] Sven-Erik Svensson: "Glidformen-tekniken med de stora möjligheterna". Byggmästaren 12-1976, s 12-19.
- [4] Richtlinie für gleitbau des Erzeugnisgruppenverbandes Gleitbauverfahren. Grundlagen für die Projektierung und Bauausführung. Leipzig 1973, 104 s.
- [5] Sven-Erik Svensson: "Torn". Föredrag vid Betongbyggnadsdagen 15 nov 1978. Svenska Betongföreningen, s 90-102.
- [6] Lennart Klingberg: "Måttnoggrannhetsstudier på pelar-balkstomme". Byggforskningen Rapport R38:1970, Stockholm 1970, 69 s.
- [7] Hans Ekesäter: "Betonggjutning med glidform". Betongkurs A, CBI Kursverksamheten, Stockholm 1974, 7 sid.
- [8] BST handbok nr 3 "Byggtoleranser 1975. "Byggstandardiseringen, Stockholm 1975, 153 s.
- [9] Rainer Strömblad: "Byggtoleranser. Samspel mellan toleranser. Formler". Institutet för tillämpad matematik, 1975, 55 s.
- [10] John van den Berg, Åke Lindberg, Tord Risberg: "Måttnoggrannhetsstudier på kvarteret Garnisonen". Byggforskningen Rapport R25:1974, Stockholm 1974, 96 s.
- [11] Tolerances in concrete construction. Concrete Construction, Oct. 1979, pp 659-667.
- [12] Lars Ringh, Elvir Olsson: "Byggtoleranser för kraftindustrin". Utredning för Svenska Kraftverksföreningens Stiftelse för Teknisk Utveckling. Malmö 1974, 6 s.
- [13] Jan Karlsson, Bertil Svensson, Olle Håkansson: "Mätningar för utvärdering av byggtoleranser vid kraftindustrin". Examensarbete, Institutionen för byggnadsteknik, LTH, Lund 1973.

- [14] Bengt Tenghag: "Glidformsgjutningar vid Oskarshamnsverket". Cement och Betong 1967:3, s 191-198.
- [15] Martti Sammalniemi, John Pettersson: "Glidformsgjutning av reaktorbyggnad II i Lovisa atomkraftverk". Nordisk Betong nr 4, 1974. s 3-5.
- [16] Bo Noborn, Per Arne Olsson: "Uppmätning av krokighet hos bropelare". Examensarbete 69:4, Institutionen för konstruktionsteknik, betongbyggnad, CTH, Göteborg 1970, 110 s.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780906-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Armerad betong Vägförbättringar AB,
Tekniska kontoret, Malmö.**

R11: 1982

ISBN 91-540-3625-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700511

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 20 kr exkl moms