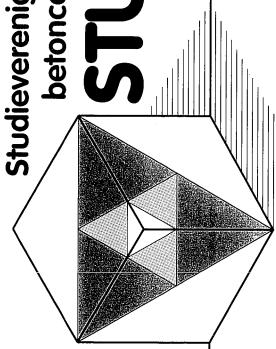


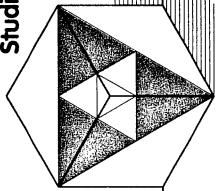
Studievereniging uitvoering  
betonconstructies

**STUBECO**



TOLERANTIES  
VOOR  
WAPENINGSCONSTRUCTIES

STUBECO Studiecel B03



**TOLERANTIES**  
**VOOR**  
**WAPENINGSCONSTRUCTIES**

**STUBECO Studiecel B03**

De Studievereniging Uitvoering Betonconstructies StuBeco en degenen die aan deze publikatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het verwerken van de in de publikatie vervatte gegevens. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten, dat zich toch onjuistheden in deze publikatie kunnen bevinden.

Degene die van deze publikatie gebruik maakt, aanvaardt daarvoor het risico.

De StuBeco sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan de publikatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Gehéle of gedeeltelijke overname van de inhoud is alleen toegestaan met schriftelijke toestemming van het StuBeco-bestuur.

"Toleranties voor wapeningsconstructies"

Op 24 november 1994 heeft de concept-eindrapportage plaatsgevonden van bovengenoemde studiecel.

Het rapport is inhoudelijk besproken ten overstaan van een aantal geïnteresseerde STUBECO leden in voornoemd onderwerp.

Van de zijde van Ir. R. Hoogenboom werden de volgende vragen en opmerkingen gesteld.

- 1.1 Tweede alinea; Voor de afmetingen en vorm van staven zijn wel toleranties gegeven.
  - 3.2 Is diameter 16 mm bewust weggelaten?
  - 5.1 Laatste alinea: Kan dit worden verduidelijkt? Welke maatafwijkingen worden nu wel expliciet beschouwd?
  - 5.3 In de Utiliteitsbouw worden, voor zover ik weet, buigstalten nooit door de hoofdaannemer gecontroleerd ten behoeve van afmetingen e.d. Dit gebeurt alleen maar in verband met het bepalen van hoeveelheden voor de verrekening. Standaard gebeurt dit na het vervaardigen van de wapening. Opgemerkt wordt dat de controle van aspecten geneoemd op blz 15 in het kader van kwaliteitsbeheersing bij de aannemer en in verband met veranderende taken en budgetten van de directie, steeds meer de verantwoordelijkheid van de aannemer zelf moeten gaan worden.
  - 6.5 IN NEN 6146 wordt voor de beschrijving van het begrip tolerantie verwzen naar NEN 2881. Hierin wordt de tolantie gekoppeld aan een 1% overschrijdingskans. Waarom is dit hier ook niet gedaan? Voor een vergelijking is dit wellicht nodig.
  - 7.2 Is het bij buigvlechtcentrales expliciet de opzet om buugels kleiner te maken?

Van de kant van dhr J. Remmits kwam de opmerking of er een rekenvoorbeeld t.a.v. het lezen van de bijlage A en B in het eindrapport zou kunnen komen.

Tijdens de besprekking zijn bovenstaande vragen en opmerkingen behandeld en zoveel mogelijk in de eindrapportage verwerkt. Een eventuele herberekening van de data met andere overschrijdingskansen is geen probleem, maar wordt door de studiecel doorverwezen naar een mogelijk vervolgonderzoek.

Een speciaal woord van dank gaat naar dhr. A.M. van Schaijk voor zijn op- en aanmerkingen op het tekstuele vlak ,die in de eindrapportage zijn verwerkt.

## Voorwoord

In 1989 werd door CIAD (Vereniging van Computertoepassingen in de Ingenieurspraktijk) het rapport "Wapenen met CAD/CAM" gepubliceerd. Hierin werd een overzicht gegeven van de stand van zaken en te verwachten ontwikkelingen bij het gebruik van automatisering bij het ontwerpen, tekenen, vervaardigen en plaatsen van wapensconstructies. Een belangrijke conclusie in het rapport was dat de regelgeving op dit gebied belangrijk zal moeten worden verbeterd. Door CUR en CIAD is op basis van dit rapport een plan opgesteld voor het aanpassen van bestaande en het ontwikkelen van enkele nieuwe normen. Een van de nieuwe normen zal betrekking hebben op tolerances voor wapensconstructies.

Mechanisering van de produktieprocessen en de toenemende aandacht voor kwaliteitsbeheersing maken algemeen geldende afspraken over toelaatbare maatafwijkingen noodzakelijk. Om tolerances te kunnen bepalen en in voorschriften te kunnen vastleggen, is inzicht nodig in de maatafwijkingen die optreden bij de huidige productie- en uitvoeringsmethoden.

Het bestuur van STUVECO besloot daarom in 1990 studiecel B03 "Tolerances voor wapensconstructies" op te richten voor een onderzoek naar de maat- en vormafwijkingen van wapensstaven en-elementen en de maatafwijkingen bij de plaatsing van wapensconstructies in het werk.

In dit rapport wordt het uitgevoerde onderzoek verantwoord en de resultaten gepresenteerd. Wij menen dat het onderzoek waardevol inzicht geeft in de nauwkeurigheid waarmee wapensconstructies worden gemaakt en geplaatst. Het vormt daarmee een goede basis voor het opstellen van een normblad voor tolerances van wapensconstructies.

Aan studiecel B03 werkten mee:

L. Toeboel (TUD, fac. Civiele Techniek)	mentor
A. de Koning (Dikema wapeningsstaal)	voorzitter
Th.F.J.N. Koppelaar (Gemeentewerken Rotterdam)	secretaris
C.A.M. Barendse (Ballast Nedam Beton en Waterbouw)	lid
J.J. van de Molen (Ballast Nedam Engeneering)	lid

een gedeelte van de periode werkten mee:

N.A. Braas (Bouwstaal Smit BV)	lid
M.C.J.M. Bressers (Bressers BV)	lid
W.C. Houtzager (Wapeningsscentrale Hillegom VOF)	lid
W. van der Mark (Civieltechnisch adviseur)	lid
A.G. van Nispen (Nispen Lasmij BV)	lid
R. Schreijer (Nispen Lasmij BV)	lid
P. Uithol (MBO-Stagiaire)	praktikant

Speciale dank aan de firma Koning & Bienfait voor het ter beschikking stellen van geijkte meetapparatuur.

## INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding
1.1	Situatieschets
1.2	Probleemstelling
1.3	Taakstelling
1.4	Indeling rapport
2	Produktie en assemblage wapening
2.1	Inleiding
2.2	Walserij
2.3	Draadtrekkerij
2.4	Nettenfabriekant
2.5	Groothandel
2.6	Wapeningscentrale
2.7	Vlechtbedrijf
2.8	Fabriek voor betonelementen
2.9	Bouwprojecten
3	Wapeningsprodukten
3.1	Inleiding
3.2	Wapening van stafstaal
3.3	Gepuntlaste wapeningsnetten
3.4	Wapeningsafstandhouders
3.5	Dekkingafstandhouders
3.6	Verlenging van staven
4	Produktiemiddelen
4.1	Inleiding
4.2	Strekken
4.3	Knippen
4.4	Buigen
4.5	Vlechten
5	Maatafwijkingen
5.1	Ontstaan van maatafwijkingen
5.2	Soorten maatafwijkingen
5.3	Praktijk ten aanzien van keuring wapeningsconstructies
6	Uitgevoerd onderzoek
6.1	Uitgevoerde metingen en meetresultaten
6.2	Soorten metingen
6.3	Methode van meten
6.4	Aantal metingen
6.5	Bewerking van de metingen
6.6	Presentatie van resultaten
7	Conclusies en aanbevelingen
7.1	Beoordeling meetresultaten
7.2	Aanbeveling voor toepassing resultaten in normblad voor tolerances
8	Samenvatting
	Appendix I Begrrippenlijst
	Appendix II Gebruikte literatuur
	Bijlage A Bewerkte meetgegevens
	Bijlage B Statistische resultaten
	Bijlage C Gebruik van de tabellen
	Bijbehorende afbeeldingen en tabellen
	afbeelding 1.1 Tolerances voor wapeningsconstructies
	tabel 5.A Soorten maatafwijkingen
	afbeelding 6.1 Metingen aan staven
	afbeelding 6.2 Metingen aan elementen
	afbeelding 6.3 Metingen in het werk
	tabel 6.A Specificatie aantal metingen
	tabel 6.B Specificatie van meetresultaten
	afbeelding 6.4 Verticale afwijking van hoekstaven in balkkorf

## INLEIDING

### 1.1 Situatieschets

Wapeningsconstructies worden in buigcentrales of op de bouwplaats gemaakt en in onderdelen of als elementen in de bekisting geplaatst.  
Het verwerken van het betonstaal is vrijwel geheel verplaatst van de bouwplaats naar de wapeningscentrales, waar gebruik wordt gemaakt van machines die veelal door automaten worden bestuurd.

Uit oogpunt van veiligheid en kwaliteit van de betonconstructie moet het maken en plaatsen van de wapeningsconstructies plaatsvinden met een bepaalde nauwkeurigheid.

De wapening wordt sterk geschematiseerd op de werktekeningen weergegeven. De juiste afmetingen van staven en elementen worden vastgesteld in de produktiefase.

Voor de afmetingen en vorm van staven en wapeningselementen en de plaatsing ervan, zijn in de Nederlandse normbladen geen tolerances (toelaatbare maatafwijkingen) vastgelegd. Wel zijn er tolerances voor het knippen en buigen, en eisen voor de minimale afstand tussen wapening en buitenzijde beton (de betondekking), minimale staafafstanden en de eventuele haken aan staafleinden.

Beoordeling van de kwaliteit van de wapeningsconstructies gebeurt meestal op het oog, zonder metingen en zonder vastgelegde criteria.

### 1.2 Probleemstelling

Bij het produceren en assembleren van wapeningsconstructies treden maatafwijkingen op ten opzichte van de werktekeningen.  
In NEN 6146 zijn tolerances voor het knippen en buigen van betonstaal vastgelegd.

Voor tolerances bij het maken van wapeningselementen en voor het plaatsen van staven en elementen in het werk bestaan geen algemeen geldende normen. De grootte van de maatafwijkingen vormt een kwalitatief aspect van de wapeningsconstructie; de grootte van tolerances is van invloed op de productiekosten.

### 1.3

### Taakstelling

De studiecel heeft als taak te onderzoeken hoe groot de maatafwijkingen zijn bij het produceren en assembleren van wapeningsconstructies onder normale omstandigheden, welke toleranties gehanteerd worden in de praktijk en hoe deze zijn vastgelegd. Bovendien moet een voorstel gedaan worden op welke wijze algemeen geldende toleranties voor wapeningsconstructies bij voorkeur moeten worden vastgelegd.

De studiecel rekent het niet tot haar taak inhoudelijke voorstellen te doen voor de grootte van de toleranties. Aansluitend op dit rapport zal een CUR commissie een normblad voor toleranties opstellen.

In afbeelding 1.1 is het geheel nog eens schematisch weergegeven.

Het onderzoek is gericht op de verwerking van staven betonstaal en van gepunctlaste wapeningselementen voor in het werk gestorte betonconstructies en geprefabriceerde betonnen elementen.

De verwerking van voorspanstaal in geprefabriceerde betonelementen en het bewerken en plaatsen van voorspanelementen is buiten beschouwing gelaten, evenals mechanische verbindingen. Maatafwijkingen aan de kenmiddellijn van de wapeningsstaaf en maatafwijkingen aan weinig voorkomende staafvormen als zakstaven en wapeningsconstructies voor ronde kolommen zijn eveneens buiten beschouwing gelaten.

### 1.4

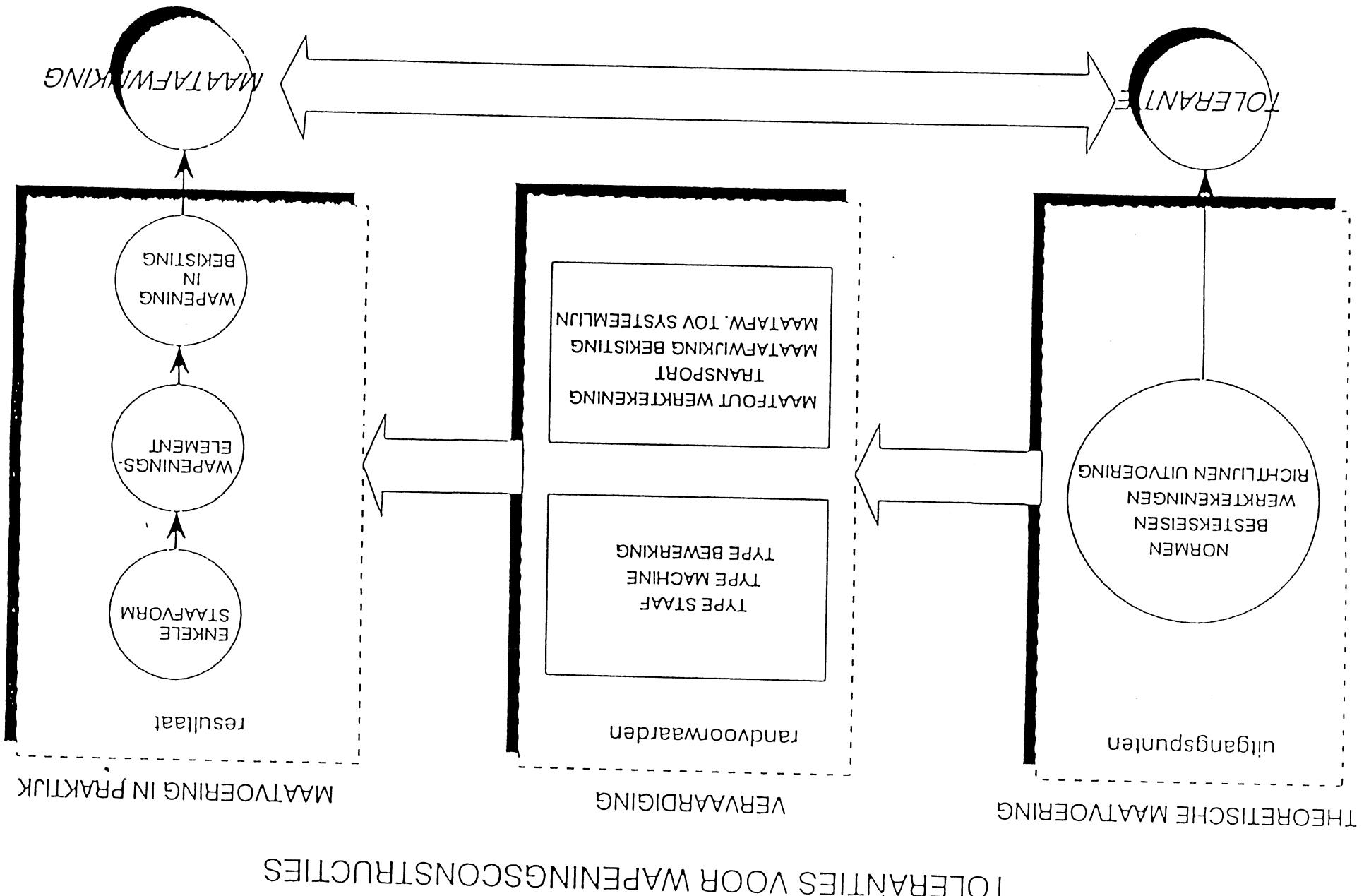
#### Indeling rapport

In hoofdstuk 1 t/m 5 wordt de probleemstelling geformuleerd en worden de aspecten benoemd die van invloed zijn op het ontstaan van maatafwijkingen van wapening.

In hoofdstuk 6 wordt een inventarisatie gemaakt van gemeten maat- en vormafwijkingen in de praktijk. Deze metingen zijn in opdracht van deze studiecel uitgevoerd door de MTS-praktikant P. Uithol.

De meetresultaten zijn in de bijlage opgenomen.  
Vervolgens wordt in hoofdstuk 7 aan de hand van de resultaten een advies gegeven over de wijze waarop toleranties voor wapeningsconstructies in voorschriften kunnen worden vastgelegd.

Afbeelding 1.1 Toleranties op wapeningsstructuren



## 2.1

### Inleiding

In de levenscyclus van een wapeningselement zijn globaal drie fasen te onderscheiden: produktie, bewerking en uitvoering.

Elke fase kent meerdere typen bedrijven die een bijdrage leveren aan de produktie of assemblage van wapening.

De onderstaande verdeling naar type bedrijf is niet eenduidig. Sommige bedrijven beheersen onderdelen die in onderstaand overzicht bij andere bedrijven gerangschikt staan.

Onder produktie worden de walserij en de draadtrekkerij verstaan. Een gedeelte van het betonstaal wordt door de groothandel afgenoem.

Daarna wordt het betonstaal in de fabriek voor gepuntlaste wapeningsnetten of in de wapeningscentrale verwerkt tot wapeningselementen.

Op de bouwplaats of in fabrieken voor betonnen elementen vindt tenslotte de verdere assemblage plaats.

In Stubeco-publicatie nr. 2 "Betonstaal" wordt het produktieproces uitvoerig beschreven.

## 2.2

### Walserij

Het ingangsproduct van de walserij is ruwstaal of een knuppel staal van 12m lengte en 100mm doorsnede. Onder toevoer van warmte (ca 1000 °C) wordt dit staal gewalst. Afhankelijk van de te produceren diameter worden meer of minder walsen ingezet. De laatste walsrollen in het proces voorzien het staal van een kenmerkend profiel, dat voor iedere staalsoort uniek is. Tevens wordt een fabriekskenmerk aangebracht. Na het walsen kan het staal gecontroleerd worden afgekoeld tot het zogenaamde Tempcore staal.

In Nederland wordt overwegend FEB 500 toegepast en incidenteel nog FEB 220. Walserijen produceren warmgewalst betonstaal in staven in de diameterreeks φ6 - φ40 (tweezijdig geprofileerd), of op rol in de diameterreeks φ8-φ16 (vierzijdig geprofileerd) en glad zogenaamd walsdraad. Dit walsdraad is de basis voor de draadtrekkerij.

## 2.3

### Draadtrekkerij

Dit type bedrijf legt zich toe op het "koud-trekken" en profileren van het walsdraad dat wordt betrokken van de walserij. Bij het koudtrekken wordt gebruik gemaakt van een trekbank die de draad door één of meerdere trekstenen heen trekt. De diameter van de draad neemt per treksteen af. Na de laatste treksteen wordt het draad gewalst door een profielwals, waarmee het kenmerkende driezijdige profiel voor FEB 500 HKN wordt aangebracht.

De draad wordt op rol toegeleverd aan de nettenfabrikant of de wapeningscentrale.

## 2.4

### Nettenfabrikant

De nettenfabrikant legt zich toe op de productie van gepuntlaste wapeningsnetten, die als standaardnetten, genormaliseerde wapeningsnetten en als netten volgens specificatie worden geleverd. Men verwerkt in hoofdzaak FeB 500 HKN van de rol. De netten worden meestal in pakketvorm angeleverd.

## 2.5

### Groothandel

De groothandel in wapeningsproducten houdt betonstaal in handelslengten, gepuntlaste wapeningsnetten en betonstaal op rollen op voorraad. Daarmee treedt zij op als buffer tussen producenten van betonstaal en afnemers. De groothandel ontleent zijn bestaansrecht aan de snelle levering van kleine partijen.

## 2.6

### Wapeningscentrale

Wapeningscentrales betrekken het betonstaal van producenten of groothandel. Zij verhandelen het door hen ingekochte staal direct of bewerken het staal alvorens het de wapeningscentrale verlaat. Het bewerken van het betonstaal in de wapeningscentrale bestaat uit het knippen en buigen aan de hand van buigstalen. Daartoe uitgerust beschikt de buigcentrale over conventionele knip- en buigmachines of over een modern machinepark. In ieder wapeningsplan moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid van prefabricage.

Een rationele wapening is eenvoudig van vorm en opgebouwd uit eenheden die prefabricage van de wapening mogelijk maakt.

Op deze wijze kan de wapeningsconstructie, met in achtname van de constructieve eisen, tegen minimale kosten worden gerealiseerd.

Tegenwoordig wordt dan ook steeds meer wapening in de wapeningscentrale direct samengesteld tot wapeningsconstructies zoals korven voor balken en kolommen.

Het aanbrengen van de wapening in het werk gebeurt door vlechtdedrijven. In veel gevallen heeft de buigcentrale een verbintenis met een of meer vlechtdedrijven.

## 2.7

### vlechtdedrijf

In het verleden werd het staal veelal op de bouwplaats geknipt en gebogen. Door de efficiënte, machinale verwerking in wapeningscentrales en door ruimtegebrek op de bouwplaats komt dit nauwelijks meer voor.

Vlechtdedrijven leggen zich tegenwoordig voornamelijk toe op het aanbrengen van wapening in het werk. Het knippen en buigen van wapening op de bouwplaats vindt uitsluitend plaats als dat noodzakelijk is vanwege lokale omstandigheden zoals beeindigingen, aansluitingen, niet voorziene omstandigheden etc.

## 2 . 8

### Fabriek voor betonelementen

Mede gezien het rationeel bouwen in de utiliteitsbouw is het gebruik van prefab betonnen elementen sterk toegenomen. Het knippen, buigen en vlechten van de wapening vindt in dat geval veelal in de betonfabriek plaats. In de overige gevallen wordt de wapening geheel geprefabriceerd van de wapeningscentrales getrokken, uitgevoerd als direct te plaatsen wapeningselementen.

## 2 . 9

### Bouwprojecten

Uiteindelijk wordt alle wapening in het werk geplaatst en eventueel gevlochten. De hoofdaannemer besteedt dit werk uit aan het vlechtbedrijf.

### 3.1 Inleiding

De verwerkingskosten vormen een belangrijk en groeiend gedeelte van de totale wapeningskosten. Daarom wordt getracht een wapeningsconstructie te ontwerpen waarbij het basismateriaal minimaal bewerkt hoeft te worden. Dit betekent, dat door een wapeningscentrale een breed assortiment standaardproducten wordt geleverd, variërend van onbewerkte staven in handelslengten tot complexe ruimtelijke delen van wapeningsconstructies, die direct in de bekisting kunnen worden geplaatst.

De volgende typen wapeningsproducten kunnen worden onderscheiden:

- wapening van staf- en draadstaal
- gepuntlaste wapeningsnetten
- wapeningsafstandhouders
- dekkingafstandhouders
- doorkoppelsystemen

### 3.2 Wapening van stafstaal en draadstaal

Het betonstaal wordt door de fabriek of groothandel geleverd als stafstaal in handelslengten of (t/m φ16 mm) op rollen. De handelslengten is in het algemeen 12 of 14 m. De normaliseerde diameterreeks is 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32 en 40 mm. Afwijkende lengten, staalsoorten en diameters zijn op bestelling leverbaar.  
De staven kunnen verwerkt worden in handelslengten, alleen geknipt, of geknipt en gebogen.

Gebogen en rechte staven worden verwerkt in vlakke netten of gebogen netten en korven.

Het stafstaal is verkrijgbaar in de kwaliteit FeB 220 HWL en FeB 500 HWL, het draad in de kwaliteit FeB 500 HWL (vierzijdig geprofileerd) en FeB 500 HKN (driezijdig geprofileerd).

### 3.3 Gepuntlaste wapeningsnetten

De volgende type netten worden onderscheiden:

**Standaardnetten:**

Deze wapeningsnetten bestaan uit langs- en dwarsstaven van een hoogwaardig koudgetrokken betonstaal in de kwaliteit FeB 500 HKN. De netten kunnen worden geleverd in standaardafmetingen en standaardopbouw (staafmiddellijn, maaswidte).

**Pasnetten:** Voor grote partijen kunnen de netten op maat worden besteld. Afhankelijk van de seriegroote kunnen ook gebogen netten worden worden geleverd. Meestal wordt door de fabrikanten bijlegwapening meegeleverd.

### 3.4 Wapeningsafstandhouders

Wapeningafstandhouders worden gebruikt om de wapening op de juiste onderlinge maat te positioneren en te handhaven. Ze worden tussen wapeningsnetten onderling aangebracht bij vloeren en wanden. Aantal en plaats van de wapeningsafstandhouders worden meestal niet op de werktekening aangegeven. Wapeningsafstandhouders zijn te onderscheiden in:

**Wandafstandhouder:**  
Meestal een haarspeld die tussen de twee vertikale wandnetten wordt geplaatst.

**Support:**  
Een drie-dimensionaal gebogen staaf voor het op afstand houden van twee vloernetten.

**Supportframe:**  
Uit wapeningstaal of profielstaal gelaste liggerconstructie (soms ook "rek")

genaamd), die de onderlinge maat tussen twee lagen netten handhaaft.

#### Supportlijger:

Deze ligger (ook wel tralielijgger genoemd) wordt als standaardproduct in diverse uitvoeringen in een reeks hoogtematen geleverd, onder andere door fabrikanten van gepuntlaste wapeningsnetten.

### 3 . 5

#### Dekkingsafstandhouders

Bij het plaatsen van de wapening in en op de bekisting moet een voor-geschreven afstand tussen wapeningsconstructie en bekisting worden gehandhaafd (betondekking). Dit gebeurt door afstandhouders van cementmortel of ander materiaal aan de wapening te bevestigen.  
De betondekking is erg belangrijk voor de constructieve functie en de brandveiligheid van het betonelement. Zij dient tevens om corrosie van de wapening te voorkomen.

### 3 . 6

#### Verlenging van staven

De oppbouw van de wapeningsconstructie uit elementen en de stapsgewijze uitvoering van de betonconstructie hebben tot gevolg dat wapeningselementen en losse staven gekoppeld moeten worden.  
De eenvoudigste en goedkoopste wijze is door overlappingslassen, waarbij staven over een voorgeschreven lengte langs en tegen elkaar worden gelegd. Tevens kunnen staven door elektrisch lassen worden opgelengd. In speciale omstandigheden wordt soms een mechanische verbinding tussen de staven voorgeschreven. De verbinding kan tot stand worden gebracht door klemmen, schroeven, persen en gieten van een mof of huls aan beide wapeningsstaven. Van de verbindingsstukken bestaan een aantal typen, die door gespecialiseerde firma's worden geleverd. De staafeinden moeten voor opname in het verbindingsstuk meestal speciaal worden bewerkt (schroefdraad aanbrengen of zuiver haaks afzagen).

#### 4.1

#### PRODUKTIEMIDDELEN

##### Inleiding

Voor de bewerking van betonstaal staan diverse produktiemiddelen ter beschikking. De bewerking vindt plaats in een aantal categorieën:

- richten
- knippen
- buigen
- vlechten

##### 4.2 Richten

Het betonstaal op rol (6 t/m 14 mm) wordt d.m.v. rotoren of rollen in de machine gestrekt en soms in dezelfde machine op lengte geknipt.

##### 4.3 Knippen

###### Knipmachine:

De traditionele knipmachine bestaat uit een machine met twee messen die met de hand bediend wordt om het betonstaal op maat te knippen

###### Automatische kniplijn:

Om het knipproces nog sneller en optimaal te laten verlopen wordt steeds meer gebruik gemaakt van de kniplijn. Middels computersoftware worden vanuit de aangeboden buigstaten per productieeenheid de gunstigste lengtes geknipt met zo min mogelijk knipverlies.

###### Er zijn twee systemen te onderscheiden:

- Opstelling met een statische schaar, waarbij de staven naar de scharp worden gebracht.
- Opstelling waarbij de schaar middels een rollenbaansysteem langs de voorraad betonstaal rijdt om de te knippen staven te pakken.

##### 4.4 Buigen

Het buigen van betonstaal kan op de volgende wijze plaatsvinden:

###### Buigplaat en plooijzer:

Het gebruik van buigplaat en plooijzer komt nog maar zelden voor. Wel wordt veel gebruik gemaakt van plooijzers ten behoeve van het uitbuigen van stekken.

###### Buigmachine:

Voor het buigen van stafstaal worden buigmachines toegepast. De buigmachines buigen, al dan niet gevoed met gegevens vanuit de computer worden de geknipte staven in de gewenste vorm.

###### Er kunnen twee typen buigmachines worden onderscheiden:

- handbediende buigmachine
- automatische buigmachine, enkel- of meervoudig.

#### Buigen van draad

Voor het knippen en buigen van betonstaal op rollen is er naast de gecombineerde richt-buigmachine ook nog de beugelautomaat in de handel. Deze machine buigt en knipt in één procesgang. Deze machine is speciaal geschikt voor beugels, haarspelden en stekelinden.

#### 4.5

#### Vlechten

Ten aanzien van het vlechten zijn twee werkwijzen mogelijk:

##### Vlechtang en binddraad:

Bij het samenstellen van een wapeningsconstructie uit wapeningsstaven wordt traditioneel gebruik gemaakt van vlechttaang en binddraad. Twee onderling kruisende staven worden d.m.v. een binddraad aan elkaar bevestigd. Op deze wijze wordt een tamelijk vormvaste constructie verkregen.

##### Hechtlas:

Onder een hechtlas wordt verstaan de binddraad-vervangende, niet constructieve, montagelas.

Met name in die situaties waarbij de wapening wordt geprefabriceerd is het aantrekkelijk om wapeningsconstructies samen te stellen d.m.v. het lassen van de kruisingen van de staven i.p.v. het traditioneel te vlechten met behulp van binddraad. Een gelaste constructie heeft een grotere vormvastheid, belangrijk bij transport.

## 5.1 Ontstaan van maatafwijkingen

Het ontstaan van maatafwijkingen wordt bepaald door meerdere factoren. Zowel de staafdiameter en de materiaaleigenschappen van het betonstaal als de productiemiddelen en de wijze van transport en uitvoering zijn hierop van invloed.

Bij maatafwijkingen van de plaatsing in het werk moet onderscheid worden gemaakt tussen het plaatsen van de wapening ten opzichte van de meetlijnen van de constructie en de plaatsing ten opzichte van de bekisting. In het laatste geval bestaat er een relatie tussen de maatafwijkingen van bekisting en wapeningsconstructie. Over deze combinatie van maatafwijkingen doet deze studiecel geen uitspraak.

## 5.2 Soorten maatafwijkingen

Tijdens de verschillende fasen van het productie- en uitvoeringsproces, beginnend met de levering van het betonstaal en eindigend met het instorten van de wapening, kunnen meerdere soorten maatafwijkingen worden onderscheiden, zie onderstaande tabel 5.A

PROCES	MAATAFWIJKING IN
<b>Basismateriaal</b>	
Levering	kendiameter ; profilering ; lengte rechteheid ; deelmaten haken ; uitwendige maten buighoek buigstraal
<b>Produktie</b>	
2D-elementen (netten)	lengte breedte staafafstanden vlakheid hoek in het vlak lengte breedte hoogte hoeken in drie vlakken staafafstanden tordering
3D-elementen (korven)	
Plaatsen elementen	plaats in drie richtingen borduurkant vlakheid

N.B.: \*) Niet meegenomen in het onderzoek

Tabel 5.A Soorten maatafwijkingen

## 5.3 Praktijk t.a.v. keuring wapeningsconstructies

De mate van controle op wapening is sterk afhankelijk van de desbetreffende opzichter cq directievoerder, alsmede van het type constructie als zodanig. Tekeningen met bijbehorende buigstaten dienen te worden gecontroleerd voor het vervaardigen van de wapening. Verkeerde interpretaties van hoeveelheden, afmetingen, buigstralen etc. kunnen in dit stadium nog worden hersteld. In de praktijk gebeurt het wel dat de buigstaten pas na het vervaardigen van de wapening worden gecontroleerd. Bij verkeerde interpretatie van de werktekening heeft dat dan veelal tot gevolg dat de wapeningsconstructie in het werk moet worden aangepast. Een tekort aan wapening wordt opgelost door het bijleggen van staven.

Op het werk wordt door de direktie vooral gelet op de volgende maten:

- laslengten en verankeringsslengten;
- betondekking op de wapening;
- hoogte van de supporten;
- diameter van de staven;
- de h.o.h afstand van staven;
- het aantal verbindingen in het wapeningsnet of -korf.

Dikwijls is het criterium voor goed- of afkeur ook sterk afhankelijk van de nauwkeurigheid waaraan de betonafmetingen van het betreffende constructiedeel moeten voldoen.

## 6.1 Uitgevoerde metingen en meetresultaten

In de periode augustus tot december 1992 zijn bij bedrijven en bouwwerken metingen aan wapeningsconstructies verricht. De metingen werden uitgevoerd door de MTS-praktikant P. Uithol onder leiding van W. van der Mark.

- Er worden drie soorten metingen onderscheiden:
- aan losse staven, welke als handelslengte, geknipt, of gebogen worden verwerkt door een buigcentrale of in een prefab betonfabriek.
  - aan wapeningselementen voor balken en vloeren, die worden geprefabriceerd in een buigcentrale of in een fabriek voor gepuntlaste wapeningsnetten.
  - aan geplaatste wapening in vloeren in balken bij enkele in uitvoering zijnde bouwwerken.

De metingen werden gedaan bij vier buigcentralen (aangesloten bij de RBW), op vier bouwwerken, bij twee betonfabrieken en aan gepuntlaste wapeningsnetten van een fabriek.

## 6.2 Soorten metingen

Bij de volgende typen staven, wapeningselementen en geplaatste wapening werden de gemeten maten vergeleken met de vereiste maten:

- Staafvormen met de staafcodes 00, 07, 11, 21 en 75 (NEN 6146) volgens afbeelding 6.1; er werden hierbij twee typen meting verricht:
- Aan staven met verschillende merken, van meerdere buigstaven van een aantal bedrijven; dit geeft een algemeen inzicht in optredende maatafwijkingen bij het verwerken van betonstaal in buigcentralen.
- Per bedrijf een aantal series van vijf staven van één merk; deze gegevens verstrekken informatie over de nauwkeurigheid van de productiemethode.
- Wapeningselementen voor vloeren en balken volgens afbeelding 6.2; de vloerwapening was afkomstig van meerdere fabrieken voor gepuntlaste wapeningsnetten.
- De plaatsing van wapeningsconstructies in het werk werd gemeten volgens afbeelding 6.3

De gegevens betreffen:

- rechte staven;
- De staaflengte;
- gebogen staven;
- De deelmaten;
- netten;
- De buitenwerkse afmetingen, de buigmiddellijn en de vlakheid;
- balkkorven;
- De lengte, de ligging van de hoekstaven en de staafafstanden;
- geplaatste netten;
- De dekking op de onderwapening, de afstand van onder tot bovennet, de ligging van steunpunts- en veldwapening;
- geplaatste balkkorven:
- De dekking op onderkant en zijkanten van de beugels, de breedte en hoogte van de geplaatste bekisting.

Wapeningsconstructies worden in een reeds gestelde vorm (de bekisting) geplaatst. Daarbij is, uit het oogpunt van de kwaliteit van de constructie, vooral de afstand tussen de buitenzijde van de wapeningsconstructie en de binnenzijde van de bekisting (de betondekking) erg belangrijk. Bij de plaatsing van de wapening wordt daarom niet uitgegaan van de meetlijnen zoals op tekening staat aangegeven, maar van de in het werk aangegeven meetlijnen.

## MEETMETHODE METINGEN AAN STAVEN

### CODE OO - HANDELENTE

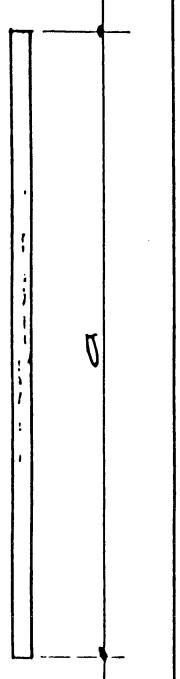


FIG 6.1.1  
1 METING

### CODE OZ - CEBKNISTE STRAF

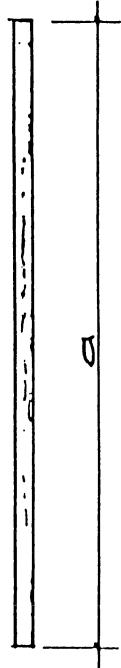


FIG 6.1.2  
1 METING

### CODE ZI - U-STRAF

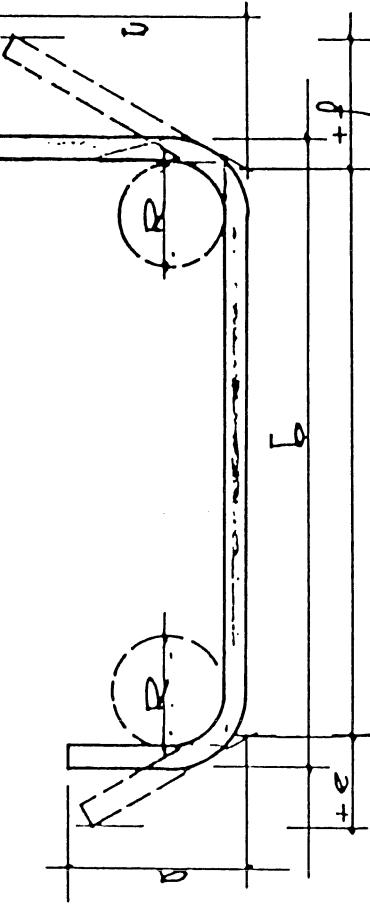


FIG 6.1.4  
8 METINGEN

### CODE II - L-STRAF

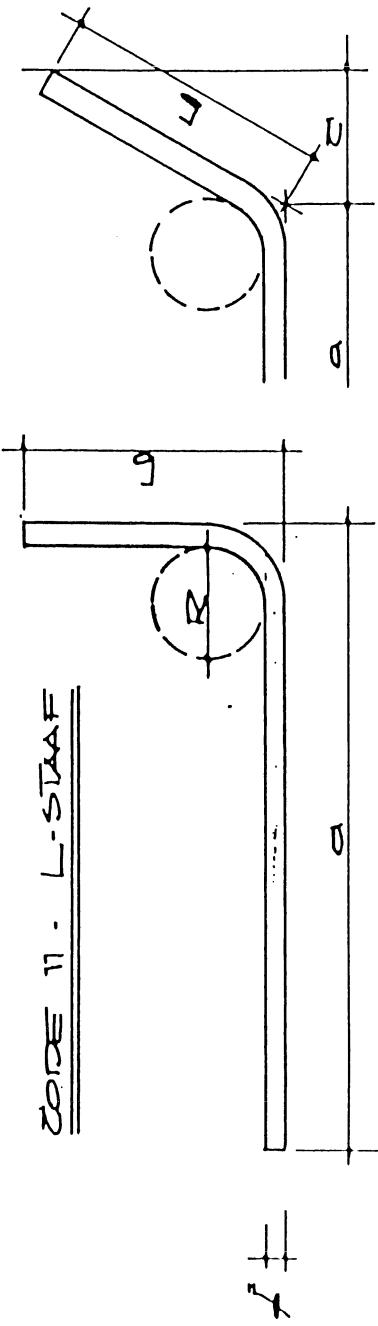
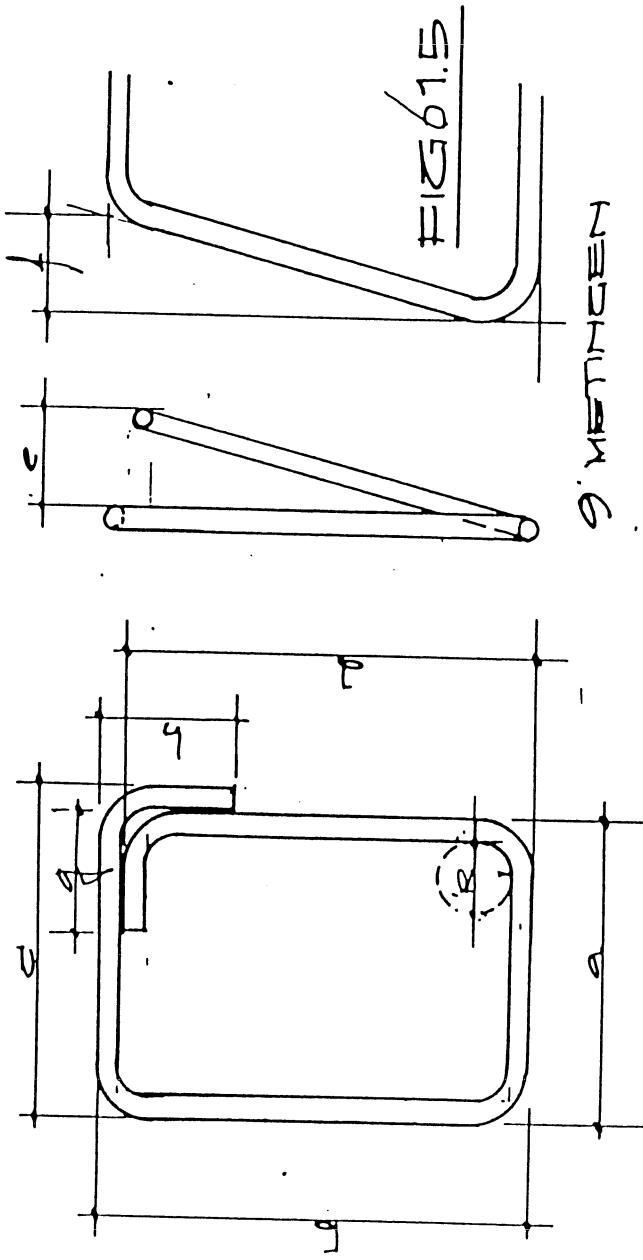


FIG 6.1.3  
4 METINGEN

oet. 6.2.

CODE Z5 - RESIDENTIAL BUILDINGS  
MEETINGS AND STAVEN

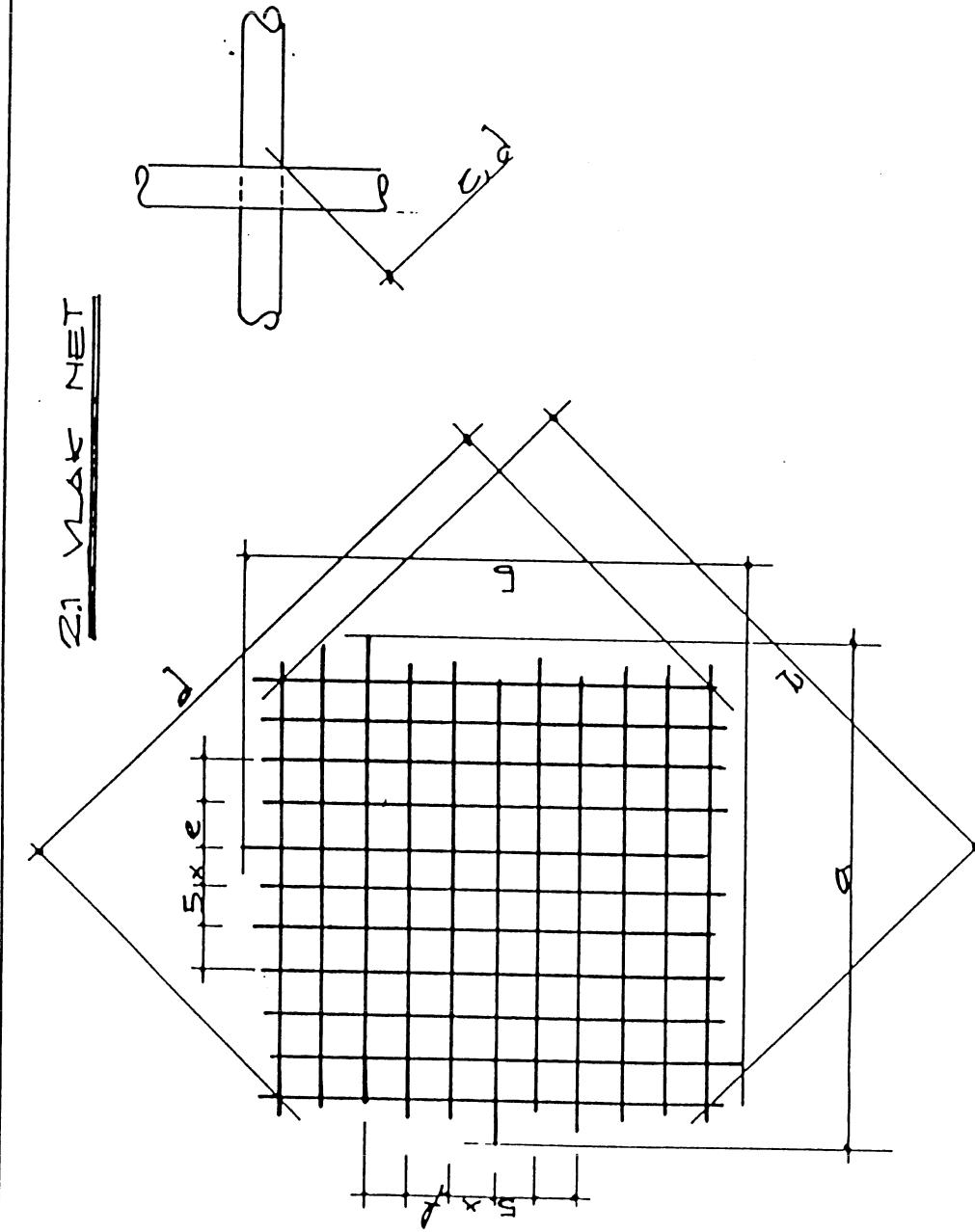
FIGURE 61.5



MEETINGS

FIGURE

## 2. METINGEN AAN ELEMENTEN



o.T. '92

FIG. 6.2.1

Afbeelding 6.2 Metingen aan elementen

STURBECO TOLERANTIES WAARENHOCHSTRECHTES  
METINGEN AAN ELEMENTEN 2.  
BALKKORF

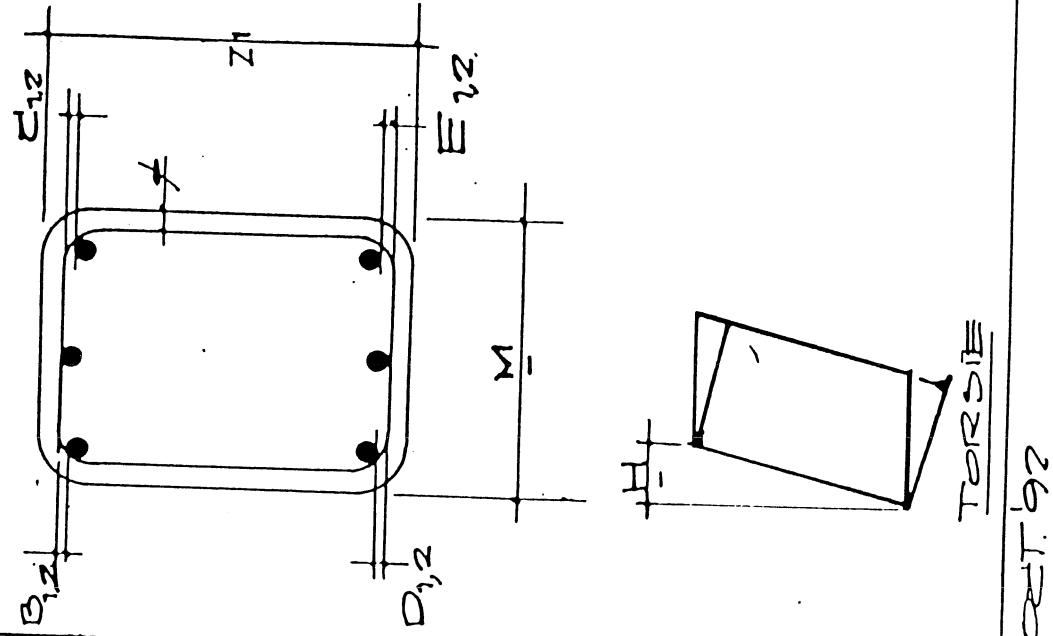
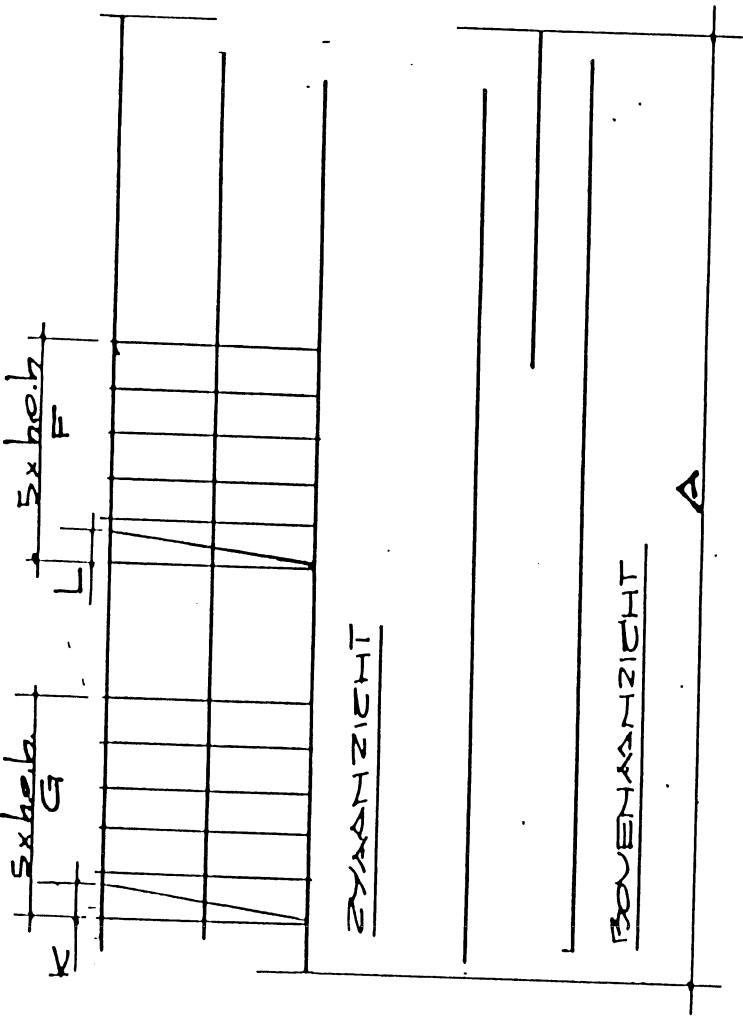
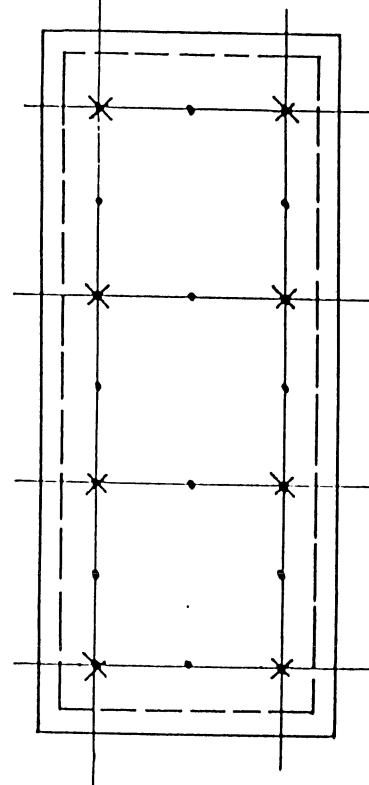


FIG 6.2.2

# STRUCTUREN, TOLERANTIES VARENHUISCONSTRUCTIES

## 3 METINGEN IN HET WERK VLOERWAPENING

3.1



DEKINK ONDERNET

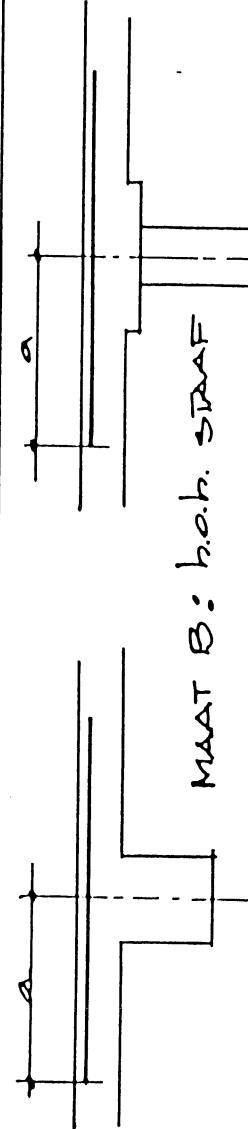
FIG 6.3.1

X DEKINK T.P.V. BETONBLOKKES h.b. ~ 1,50 m  
" " "

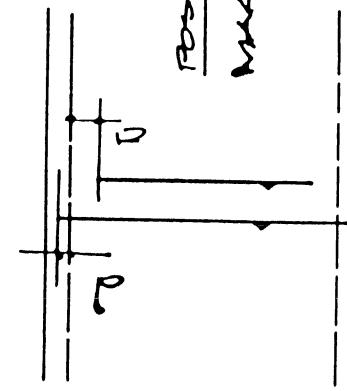
AFSTAND ANDER-BOVENNET

1 REETS T.P.V. SUPPORTLIGGERS max. 3 PER VELD  
1 " " "

## 3.2. POSITIE ST. PUNTENWAPENING T.P.V. BALLEN / DOMMEL



MAAT B: h.b. STAF



POSITIE ANDERWAPENING

MAAT E: h.b. STAF

INDEN IN HET WERK GEVLUCHTEN:  
STAAFAFSTANDEM - 2 x 5 h.o.b.

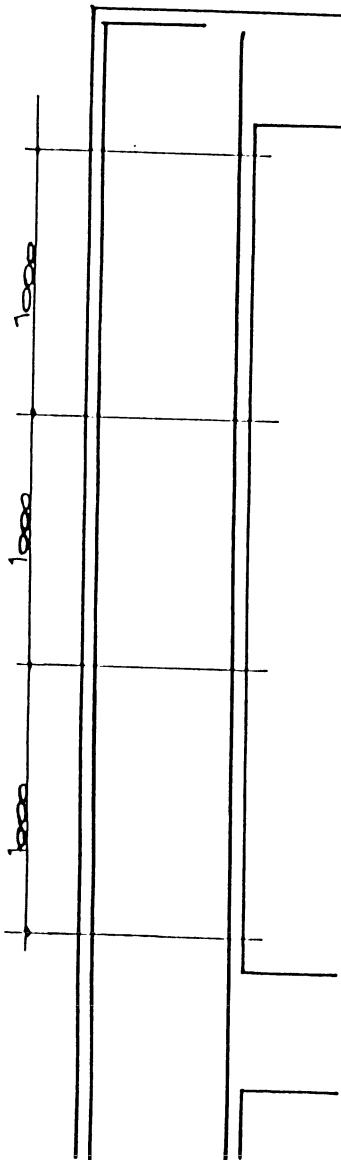
OCT. 52

Abbeilding 6.3 Metingen in het werk —

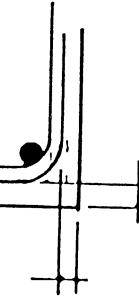
FIG 6.3.2

STRUCTUREN, TOLERANTIES WAPENINGSCONSTRUCTIES

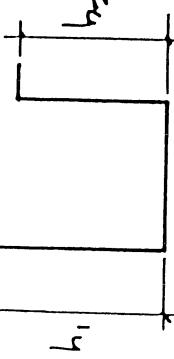
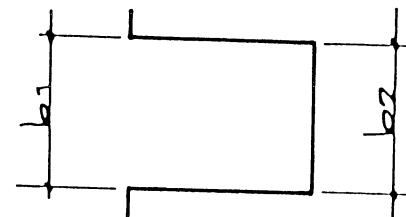
METINGEN IN HET WERK 3.  
BALKEN 3.3



BETONDEKKING b.o.b. 1.00 m  
ZYKANTEN, ONDERBANT



T.P.V. BINNENKRANT MIDDEN BALK



BALKHOOGTE T.P.V. BINNEN EN MIDDEN BALK

E12.6.3.3

OCT. '02

## 6.3 Methode van meten

De metingen werden uitgevoerd met een geijkte staal meetlint, een staalwinkelhaak en een set mallen voor wapeningselementen en 1137 metingen in het werk. Het aantal metingen is in tabel 6.A nader gespecificeerd.

## 6.4 Aantal metingen

In totaal werden 6649 metingen uitgevoerd: 4288 metingen aan 974 staven, 1224 metingen aan 65 wapeningselementen en 1137 metingen in het werk.

Het aantal metingen is in tabel 6.A nader gespecificeerd.

METINGEN AAN STAVEN (zie figuur 6.1)			
Exclusief series:			
STAFCODE	AANTAL METINGEN PER STAAL	AANTAL STAVEN	TOTAL AANTAL METINGEN
07	1 [A, B, C, R]	35	35
11	4 [A, B, C, R]	46	186
25	9 [A, C/R, R]	138	138
		19	160
			530
			2204

METINGEN AAN ELEMENTEN (zie figuur 6.2)			
TYPE ELEMENT	AANTAL METINGEN PER ELEMENT	AANTAL ELEMENTEN	TOTAL AANTAL METINGEN
netten	16 (AC/mD, 6E, 6F)	19	150
balkkorten	20, B1, B2, B3, K, C, F, G3	44	440
			590
			1224
		subtotaal	4288

METINGEN IN HET WOK (zie figuur 6.3)			
Betrokkenheid vloeropening en afstand ander- en bovenstaat, gesorteerd op 7 werken			
Omschrijving			
dekking t.p.v. blokjes			TOTAL AANTAL METINGEN
afstand tussen de blokjes			164
afstand onder- en bovenstaat			171
			335
Balken in het werk			
Omschrijving			TOTAL AANTAL METINGEN
dekking balkring			144
afstand dwarsring			142
			286
Vloeropening in het werk			
Omschrijving			TOTAL AANTAL METINGEN
staalringen en staalstaafstanden			477
		subtotaal	477
		EINDTOTAAL	1137
			5649

Tabel 6.A Specificatie aantal metingen

## 6.5 Bewerking van de metingen

De vereiste knip- en buigmatten werden van de buigstalen en nettenstaten overgenomen.

De buigdiameter bij gebogen staven staat niet op tekening vermeld.

In de VB 74/84 wordt een buigdiameter van minimaal  $10\phi_k$  en  $5\phi_k$  ok (beugels, haken) voorgeschreven; in de nieuwe betonvoorschriften VBC '90 is dit gewijzigd in minimaal  $5\phi_k$ . Voor de gemeten buigdiameter is de verhouding buigdiameter/staafdiameter vermeld.

In NEN6146 en in het STUBEKO-rapport "Buigdoornmiddellijnen van betonstaal" staan adviezen voor het gebruik van een beperkt aantal buigdiameters bij het buigen van staven.

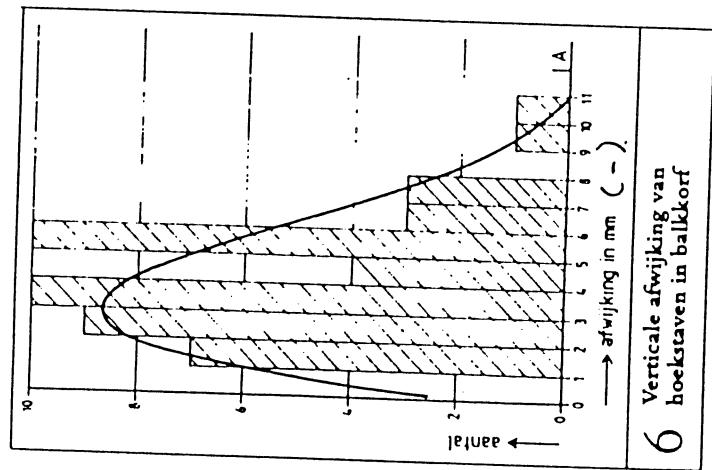
Bij de berekening van standaardafwijkingen en de 5%- en 95%-grens werd uitgegaan van standaard-normale verdeling. Voor een aantal groepen gegevens zijn de metingen in een histogram uitgezet (zie afbeelding 6.4). Hieruit blijkt dat een aantal verdelingen afwijkt van de standaard-normale verdeling, maar dat de berekende waarden voor het gemiddelde en de 95%-grens voldoende nauwkeurig zijn.

Tabel 6.B Selectie van meetresultaten zoals aangegeven in bijlage B

bladnr	STAFCODE	MAAT	DIAmeter - REEKS	GEMIDDELE	E%	35%
B1	00	A	3 1/2 c/m 20	3 1/2	-12.5%	30.35
			3 1/2 c/m 20	24.49	-27.3%	53.34
B2	07	A	3 1/2 c/m 20	13.99	-14.2%	23.49
			3 1/2 c/m 20	17.50	-10.1%	23.45
B3	11	A	3 1/2 c/m 20	12.17	-26.1%	25.79
			3 1/2 c/m 20	15.33	-26.1%	25.52
B3	11	B	3 1/2 c/m 12	13.76	-25.5%	18.35
			3 1/2 c/m 20	14.34	-23.4%	18.25
B3	11	C	3 1/2 c/m 12	13.29	-15.3%	13.53
			3 1/2 c/m 20	16.47	-26.9%	13.33
B5	21	A	3 1/2 c/m 12	13.14	-15.2%	27.45
			3 1/2 c/m 20	13.55	-23.9%	24.35
B5	21	B	3 1/2 c/m 12	13.75	-21.2%	12.93
			3 1/2 c/m 20	14.00	-27.9%	12.45
B5	21	C	3 1/2 c/m 12	12.31	-12.4%	3.35
			3 1/2 c/m 20	13.69	-30.8%	16.93
B5	21	D	3 1/2 c/m 12	13.01	-10.4%	20.45
			3 1/2 c/m 20	13.77	-12.5%	21.98
B7	75	A	3 6 en Ø 8	3.28	-8.47	1.90
			3 10 c/m 12	3.57	-8.51	-0.63
B7	75	B	3 6 en Ø 8	3.32	-9.52	1.88
			3 10 c/m 12	3.43	-9.59	-1.27
B7	75	F	3 6 en Ø 8	0.69	-3.97	10.35
			3 10 c/m 12	1.63	-25.05	22.10
B27	balkkorf: lengtemaat A hoogtestaaf midden onder: maat E2		6.22	-15.74	28.13	10.39
B31	vloerwapingen:	maat A C D	36.76 13.00 14.19	-168.00 -156.17 -106.30	-241.50 82.37 97.96	
B33	betondekking vloeren: t.p.v. blokjes tussen blokjes		3.92	-12.49	21.53	
B25	gepuntlaste wapeningen netten:	maat F maat A maat B waarde D-C	1.11 10.30 11.21	-11.13 -25.11 -26.16 -26.54	23.13 23.29 23.56 26.96	

bladnr	STAFCODE	MAAT	DIAmeter - REEKS	STANDAARD-AFSTIKKING
B9	series 07	A	Ø 6 en Ø 12	0.90
B13	series 11	A	Ø 6 en Ø 12	1.13
B13	series 11	B	Ø 6 en Ø 12	0.96
B17	series 21	A	Ø 6 en Ø 12	1.06
B17	series 21	B	Ø 6 en Ø 12	1.99
B17	series 21	C	Ø 6 en Ø 12	1.77
B20	series 75	A	Ø 6 en Ø 8	0.35
		B	Ø 6 en Ø 8	0.24
		F	Ø 6 en Ø 8	0.27

bladnr	STAFCODE	DIAmeter - REEKS	PERCENTAGE BIJGEDIEN
B4	series 11	Ø 6 c/m Ø 12 Ø 16 c/m Ø 20 Ø 16 c/m Ø 20	Ø 52.1% Ø 52.1% 0%
B6	series 21	Ø 15 c/m Ø 12 Ø 15 c/m Ø 20	18.52% 0%
B7	series 75	Ø 6 en Ø 8 Ø 10 en Ø 12	16.36% 28.57%



6 Verticale afwijking van hoekstaven in balkkorf

Afbeelding 6.4 Verticale afwijking van hoekstaven in balkkorf

## 7.1 Beoordeling meetresultaten

De resultaten van de metingen, zie bijlage B, kunnen globaal als volgt worden samengevat:

- bij staven in handelslengte (code 00) varieert de afwijking van de lengte van -27 tot +91mm;
- bij geknipte rechte staven (code 07) ligt dit tussen -42 en +25mm;
- de deelmaten van gebogen staven wijken niet meer af dan -34 en +41mm;
- bij de buugels (code 75) varieren de maatafwijkingen van de vier zijden tussen -15 en +2mm;
- de verhouding buigdoormiddellijn/staafdiameter bij gebogen staven varieert van 4.7 tot 10, bij de buugels was deze variatie 4.3 tot 6.7;
- in de series van vijf staven veroorzaakte het machinaal knippen en buigen niet meer dan 2mm afwijking;
- de lengte en breedte van gepuntlaste wapeningssnetten toonden afwijkingen van -27mm tot +27mm, de lengten van de diagonalen (dit zegt iets over de haaksheid van het net) verschilden maximaal 27mm;
- de plaatsing van bovenstaven in balkkorven gebeurt met een nauwkeurigheid van -16mm tot +28mm;
- de hoekstaven in balkkorven liggen maximaal 12mm uit de binnenzijde van de buugel;
- bij de series van vijf afstanden van balkbeugels werd een standaardafwijking gevonden van 6mm.

## 7.2 Aanbeveling voor toepassing resultaten in normblad voor toleranties

Met betrekking tot het opstellen van toleranties voor wapeningconstructies leiden de resultaten van het onderzoek tot de volgende opmerkingen:

### invloed staafdiameter

Bij geen enkele staafvorm of wapeningselement kan enig verband worden geconstateerd tussen de optredende maatafwijkingen en de staafdiameter. Het lijkt dan ook niet logisch om bij het bepalen van toleranties voor maten de staafdiameter als variabel te voeren (in NEN 6146 is dit wel het geval). Bij de toleranties voor de diameter van de buigdoorn is dit wel wenselijk, omdat er tussen de vereiste buigdoornmiddellijn en de staafdiameter een rechtlijnig verband bestaat. De toleranties moeten hier ruim zijn om bij de productie de wisseling van buigdoorns te beperken. Een negatieve tolerantie is dan niet noodzakelijk.

### betondekking

De toleranties voor de betondekking bij ruimtelijke wapeningselementen vragen speciale aandacht. De eis van minimale betondekking in de voorschriften leidt in de huidige situatie tot een aanpassing (verkleining) in de wapeningsscentrale van de maten van buugels, waardoor ruimte wordt gemaakt voor positieve maatafwijkingen in de betondekking. Dit is een onjuiste werkwijze. Het is beter om bij de dimensionering van de wapening al rekening te houden met de toleranties voor produktie en uitvoering. Dit leidt dus tot een grotere effectieve betondekking.

### ligging staven binnen buugels

Bij de ligging van staven tegen de binnenzijde van een buugel kan geen positieve (naar buiten gerichte) maatafwijking optreden. Hier moet in ieder geval bij het dimensioneren met de negatieve tolerantie rekening worden gehouden.

### staafeinden

De meeste staafeinden liggen niet op betondekkingssafstand van een betonvlak. Over lengte van een staaf of staafdeel levert dan geen praktische of constructieve bezwaren op. Het accepteren van extra lengte door een ruime plus-tolerantie heeft een gunstige invloed op de produktiekosten.

De wijze waarop betonstaal wordt verwerkt heeft de laatste decennia een snelle ontwikkeling doorgemaakt. De bewerking is veranderd van een handmatig proces op de bouwplaats in een verregaand gemechaniseerd proces dat in hoofdzaak plaatsvindt in wapeningscentrales. Door deze ontwikkeling van gemechaniseerde en deels geautomatiseerde productie buiten de bouwplaats ontstaat de behoefte aan duidelijke en zoveel mogelijk uniforme afspraken over toelaatbare maatafwijkingen. Voor het vaststellen van toleranties is inzicht nodig in de maatafwijkingen die voorkomen bij de huidige productiemethoden.

Studiecel B03 van STUBECO heeft een onderzoek uitgevoerd naar de grootte van een aantal verschillende soorten maatafwijkingen zoals deze zich bij de meest voorkomende wapeningsconstructies voordoen.

De gemeten maten staan weergegeven in de figuren 6.1 t/m 6.3

De metingen betreffen drie stadia in het verwerken van betonstaal:

1. Het knippen en buigen van staven.  
De staven zijn a-select gekozen uit de productie van vier wapeningscentrales en een betonfabriek. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen het gebruik van verschillende soorten strek-/ knip- en buigmachines. Om de invloed van de productiemiddelen zichtbaar te maken werden bovendien binnen een aantal series van vijf staven de onderlinge maatverschillen gemeten.
2. Het samenstellen van wapeningssystemen.  
In wapeningscentrales, een fabriek voor betonelementen en in het werkzijn buitenwerkse en samenstellende maten aan vlakke netten en aan balkkorven gemeten.
3. Het plaatsen van wapeningssystemen.  
Op een viertal in uitvoering zijnde utilitaire bouwwerken werden in vloeren en balken de plaats van elementen en losse staven, alsmede de grootte van de betondekkingen gecontroleerd.

In het onderzoek zijn niet betrokken voorspanstaal, mechanische verbindingen en hulpwapening.  
In totaal werden meer dan 6000 metingen verricht in vier wapeningscentrales, bij een betonfabriek en op vier bouwplaatsen.

De verzamelde metingen staan gesorteerd per bedrijf in bijlage A vermeld. Van alle groepen metingen werden per bedrijf en soort maatafwijking de gemiddelde waarde, de standaardafwijking en de 5% en 95% grens berekend. Deze waarden staan in bijlage B.  
Een selectie hieruit is vermeld in tabel 6.A

In het rapport wordt tevens een overzicht gegeven van basismateriaal, producten en productiemiddelen in wapeningscentrales en de invloed hiervan op maatafwijkingen. Tenslotte worden enkele aanbevelingen gedaan voor de verwerking van de meetresultaten in een toekomstige normering voor maattoleranties.

De studiegroep is van mening dat het uitgevoerde onderzoek een goede basis vormt voor het opstellen van een te maken normblad voor toleranties van wapeningsconstructies.

## APPENDIX I

### BEGRIFFENLIJST

<b>betondekking</b> (nominaal)	volgens de specificatie vereiste minimum afstand tussen betonoppervlak en betontaaal.
<b>buigstaat:</b>	overzichtsstaat van te knippen en te buigen staven wapeningsstaal voor een project.
<b>dekkingafstandhouder</b>	afstandhouder die gebruikt wordt om de wapening op de voorgeschreven betondekking te stellen en te handhaven.
<b>wapeningsafstandhouder</b>	afstandhouder die gebruikt wordt om de wapening op de onderlinge afstand te stellen en deze te handhaven.
<b>maatafwijkingen:</b>	verschillen tussen op tekeningen en/of buigstaat vastgelegde maat en de daadwerkelijke optredende maat.
<b>meetfout:</b>	afwijking van de gemeten maat t.o.v. de werkelijke maat ten gevolge van het meetproces.
<b>tolerantieveld:</b>	Het verschil tussen de bovenste toelaatbare maat en de onderste toelaatbare maat.
<b>vlechtbedrijf:</b>	onderaannemer die de toegeleverde wapening en wapeningsproducten in het werk aanbrengt.
<b>wapeningscentrale:</b>	leverancier van geknipte, gebogen en/of geprefabriceerde wapening en wapeningsproducten.
<b>wapeningsconstructie:</b>	samenstel van wapeningselementen binnen een constructiedeel.
<b>wapeningselement:</b>	afzonderlijk deel van een wapeningsconstructie.
<b>tolerantie:</b>	toelaatbare maatafwijking t.o.v. nominale maat.

## APPENDIX II

### GEBRUIKTE LITERATUUR

- Betonstaal  
Betonstaal  
Toleranties in de bouw  
NEN 6146  
MSP-1-86
- Securing of concrete cover  
in Design, production and  
Positioning of the Reinforcement  
as well as of the concrete.
- Voorschriften beton 1974/1984  
Voorschriften Beton Constructieve  
eisen en rekenmethoden 19..  
Voorschriften Beton Uitvoering  
19..
- Plaatsing en bevestiging van  
wapening in de bekistingen  
Buigdoornmiddellijnen voor  
betonstaal
- Stubeco-publicatie 2  
Overzicht van producenten en merken,  
KOMO-thema 5 juni 1986
- SITRUB/SITUBECO-rapport oktober 1993  
Wapeningsstaven voor gewapend beton.  
Vormen, codering en buigstaat.
- Manual of standaard practice, concrete  
reinforcement, concrete reinforcing steel  
institute.
- Deutscher Beton-Verein, maart 1991.
- NEN 3880
- NEN 6721
- NEN 6722
- Wetenschappelijk en technisch centrum  
voor het bouwbedrijf, december 1969.
- STUBECO studiecel 30