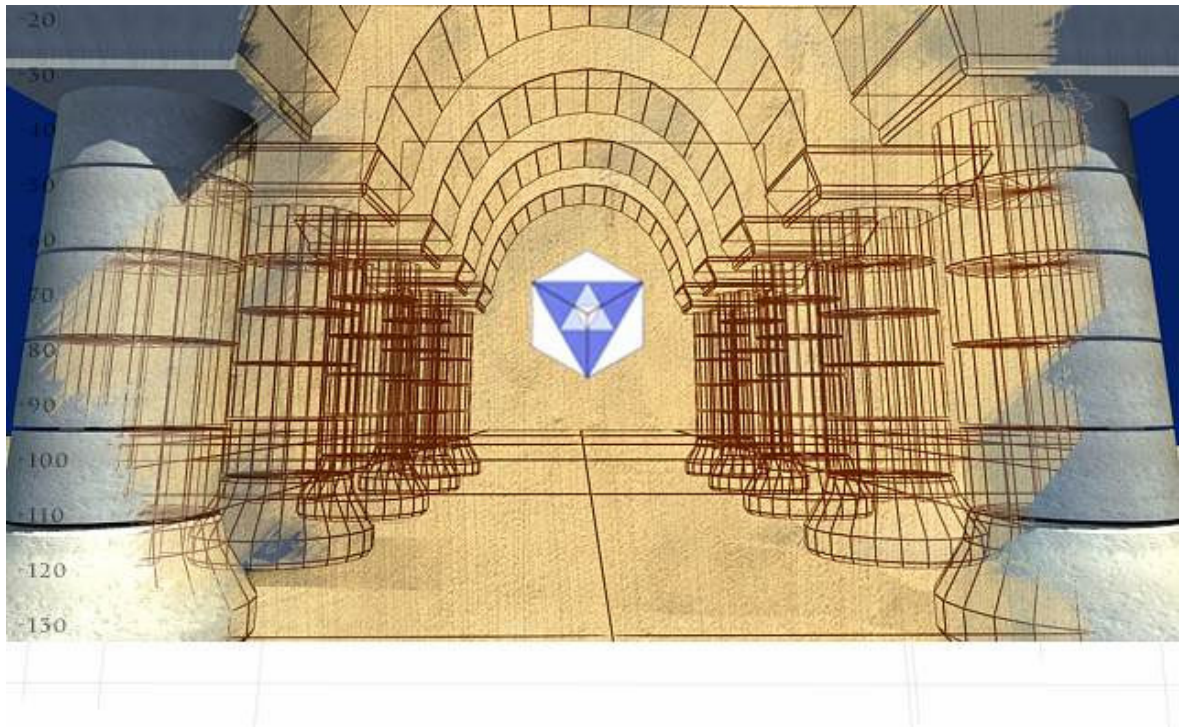


STUBECO Studiecel C05

UITERLIJK van BETON **in relatie tot** **BESTEKSEISEN**



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

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

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

Gehele of gedeeltelijke overname van de inhoud is alleen toegestaan met schriftelijke toestemming van het Stubeco bestuur.

UITERLIJK VAN BETON IN RELATIE TOT BESTEKSEISEN

Inhoudsopgave rapportage studiecél C05

1. Samenvatting	5
2. Inleiding	6
2.1 Probleemstelling en opdracht aan de cel	6
2.2 Ervaring met oppervlakteclassificatie	7
2.3 Gevolgde werkwijze	7
2.4 Vertraging definitieve versie	8
3. Normen en voorschriften	9
3.1 Inventarisatie toepasselijke normen	9
4. Enquête	11
4.1 Samenvatting enquête gehouden onder 224 Stubeco-leden en ingenieursbureaus	11
5. Schoon beton	14
5.1 Inleiding	14
5.2 Patronen en structuur	14
5.3 Tekortkomingen	14
5.4 Specifieke detailleringen	14
5.5 Speciale vlakheideisen	14
5.6 Oppervlaktecriteria volgens VBU 1988	15
6. Materialen: toepassing en toleranties	17
6.1 Relatie materiaal <-> betonoppervlak	17
6.2 Aantal keren inzet	17
6.3 Toe te passen materialen	18
7. Metingen	25
7.1 Algemeen	25
7.2 Beschouwing over de wijze van meten	26
7.3 Conclusies uit het meetwerk	28
8. Kostenaspecten	30
8.1 Algemene toelichting	30
8.2 Kostenvergelijk	31
9. Conclusies en Aanbevelingen	32
9.1 Algemeen	32
9.2 Aanbevelingen t.a.v. de VBU 1988, NEN 6722	32
9.3 Checklist t.b.v. de bestekspecificatie bij schoon beton	34
9.4 Aanbevolen meetmethode	35
Bijlagen	Niet bijgevoegd

BIJLAGEN

Rapportage Uiterlijk van beton in relatie tot bestekseisen

Bijlage 1. Uitgewerkte voorbeelden Besteksteksten

1a : voorbeeld in RAW-vorm

1b : Betonwerk, tijdelijke bekisting

Bijlage 2. Enquête totaal overzicht

Bijlage 3. Meetwerk

Bijlage 4. Literatuurlijst

Bijlage 5. Kostprijsonderbouwing

1. SAMENVATTING

Dit rapport "Uiterlijk van Beton in relatie tot bestekseisen" is het resultaat van de studie van de Stubeco Studiecel C05. In het rapport wordt verslag gedaan van de verschillende aspecten die bij deze studie zijn geïnterpreteerd, onderzocht en uitgewerkt.

Hiervoor is gebruik gemaakt van:

- de beschikbare normalisatie voor zover raakvlakken hebbend met het onderwerp
- de resultaten van een voor dit doel georganiseerde enquête
- meetgegevens verkregen van derden en uit eigen metingen
- informatie uit literatuur en uit overleg met deskundigen
- informatie uit het professionele circuit van de cellen

Op grond van al deze informatie is de studiecél tot een aantal conclusies en aanbevelingen gekomen.

Hierbij ligt de nadruk op twee punten:

* Vanuit de invalshoek van **het maken van betonwerk** kan een bepaald betonoppervlak alleen worden gerealiseerd door toepassing van een geschikte bekisting. Daartoe zijn diverse aspecten ervan uitvoerig beschreven.

* Bij **het vastleggen van een besteksomschrijving** betreffende eisen aan het betonoppervlak, dienen gebruiksdoel en kosten goed op elkaar afgestemd te zijn en voor alle betrokkenen eenduidig.

Daarom zijn gedetailleerde aanwijzingen gegeven hoe dit kan worden gewaarborgd. Het is wenselijk dat bestekschrijvers deze aanbevelingen overnemen, waarbij in het bijzonder wordt gedacht aan de STABU en RAW bestekken.

Aangezien de problematiek rond oppervlaktebeoordeling zich vooral toespitst op "schoon beton" is over dit aspect een korte toelichting gegeven. Het accent ligt hierbij op die punten die niet zijn beschreven in de VBU 1988. Hieruit is een checklist herleid met de aspecten waarmee men rekening dient te houden voor zover het de bekisting betreft.

Uitvoerig wordt bovendien gerapporteerd over het verrichten van metingen en over de mogelijkheden en beperkingen van de diverse bekistingsmaterialen in relatie met oppervlaktebeoordeling van beton.

Ook het kostenaspect is aan een nadere beschouwing onderworpen en in de vorm van een informatiedagen uitgewerkt.

Tenslotte wordt toegelicht op welke punten de huidige VBU 1988, NEN 6722, voor wat betreft dit onderwerp, onduidelijk of onvolledig is en op welke wijze verbeteringen hierin zouden kunnen worden gerealiseerd. Welke punten het betreft, staat specifiek genoemd onder 9.2.

2. INLEIDING

2.1 Probleemstelling en opdracht aan de cel

Bij het maken en interpreteren van bestekken, bij kostprijsbepaling en bij inzet van bekistingen is in het bestek vaak onduidelijkheid over de afstemming tussen de gekozen oppervlakteklasse en het gebruikersdoel.

Er is aan de hand van die onduidelijkheid regelmatig sprake van ongewenste beïnvloeding van gezonde concurrentieverhoudingen en van een voor partijen onbevredigend resultaat. Een onbevredigend resultaat als gevolg van een bepaalde bekistingkeuze, die niet leidde tot het betonoppervlak dat was voorzien of die financiële consequenties had.

Het STUBECO bestuur heeft daarom een studiecél geformeerd met als opdracht:

Het bewust maken van de opdrachtgever, c.q. bestekschrijver en de aannemer van de consequenties op de bekistingsconstructie en haar financiële normen bij de beschrijving "uiterlijk beton in klassen".

De cel zal op overzichtelijke wijze aan moeten geven welke eisen kunnen worden gehonoreerd, of anderszels uiterlijk kan worden verwacht bij de verschillende materialen, materiaalkwaliteiten en uitvoeringswijze.

Centraal staat dus de oppervlaktebeoordeling van betonwerk.

De ontwerpende / toezichthoudende partij en de uitvoerende partij proberen het betonoppervlak te omschrijven middels het hanteren van de oppervlakteclassificatie uit de VBU 1988 NEN 6722, artikel 8.6.

Voor het gewenste betonoppervlak moeten, zowel bij **het maken van het betonwerk**, als bij het **opstellen van besteksteksten** doel en middelen op elkaar worden afgestemd. Er is daarom vanuit twee invalshoeken gerapporteerd:

A. het maken van betonwerk, waarbij een bepaald vereist betonoppervlak moet worden gerealiseerd, dan kan dit door:

- toepassing juiste bekistingconstructie en contactbekistingsmateriaal;
- toepassing juiste betonmengsel;
- toepassing juiste nabewerking;
- goed vakmanschap in stellen en verwijderen van de bekisting;
- goed vakmanschap bij voorbereiding, uitvoering en nazorg van het storten;
- toepassing juiste wapeningsdetaillering met name in de ontwerpfase.

B. het vastleggen van een productspecificatie, waarbij een **besteksomschrijving** wordt gekozen, die de aan het oppervlak te stellen eisen eenduidig afstemt op het gebruiksdoel en op de kosten die men daarvoor wenst te dragen.

Objectieve criteria moeten alle betrokken partijen duidelijk maken, wat voor soort betonoppervlak moet worden gerealiseerd.

Deze invalshoek volgt de VBU, artikel 8, lid 6 waarin staat aangegeven:

"De beoordeling van een betonoppervlak moet geschieden door visuele waarneming met gebruikmaking van oppervlaktebeoordelingscriteria, die gelden binnen de in het bestek voorgeschreven klasse, zie tabel 4." (Genoemde tabel 4. geeft de waarden aan, die hiertoe moeten worden gehanteerd.)

De onder **A.** en **B.** genoemde invloedsfactoren staan niet los van elkaar, er is een onderling verband en overlap. In dit rapport zullen ze aan de orde worden gesteld voor zover ze vallen binnen het kader van de opdracht aan de studiecél.

Het gaat hierbij nadrukkelijk over: **visuele** eisen.

Visuele eisen aan het betonoppervlak kunnen bijvoorbeeld betrekking hebben op:

- wel/niet zichtbaarheid van structuur bekistingsmateriaal
- vlakheid
- centerpenpatronen
- luchtbellen
- zandstrepen
- grindnesten
- speciale oppervlakteprofileringen
- plaatselijke oneffenheden
- plaat- /schottenpatronen
- kleurverschillen
- uitspoeling fijne delen
- verontreinigingen
- detaillering van stornaden.

In de tabel 4. (VBU 8.6) wordt een groot deel van deze eisen niet genoemd. Het stellen van deze eisen moet aangepast zijn op het gebruiksdoel en bovendien gebaseerd op een technisch acceptabel en realiseerbaar ontwerp. Deze eisen hebben bovendien financiële consequenties, hetgeen een spanningsveld oplevert tussen de eis en de daarvoor te betalen prijs.

Het is voor alle belanghebbenden noodzakelijk, dat duidelijk is, welke eisen gesteld worden. De studiecél heeft daarom hieraan veel aandacht besteed.

2.2 Ervaring met oppervlakteclassificatie

Één van de conclusies van de studie is, dat de VBU 1988 op dit punt niet voldoende duidelijk is en onvolledig. Ook de normen uit de NNI-serie geven onvoldoende duidelijkheid, voor zover het oppervlaktebeoordeling betreft.

De bestekschrijver zal zich bewust moeten zijn van de relatie oppervlakteclassificatie en gebruiksdoel. Tevens moet hij in staat worden gesteld naast een verwijzing naar de VBU projectgebonden aanvullende eisen te formuleren.

De projectgebonden aanvullende eisen kunnen het gevolg zijn van:

- Bijzondere constructieve en/of esthetische eisen die door de ontwerper duidelijk moeten zijn vastgelegd.
- De in deze Stubeco-publicatie vermelde inzichten.
- De gerichte vaktechnische informatie in de vorm van publicaties, zoals in het boek "Schoon Beton".

2.3 Gevolgde werkwijze

In het dagelijks professionele verkeer van de celleden en hun omgeving komt de problematiek rond oppervlaktebeoordeling regelmatig aan de orde. Om echter de mening van belanghebbenden nog beter in beeld te brengen heeft de cel overleg gevoerd met diverse betrokken instanties en marktpartijen.

Bovendien heeft de cel een uitgebreide enquête gehouden onder een representatief aantal aannemingsbedrijven en ingenieurs-/ adviesbureaus.

Er is voor een aantal onderwerpen literatuurstudie uitgevoerd en bovendien gebruik gemaakt van in de achterban van de celleden beschikbare kennis en informatie.

Bijzondere aandacht is besteed aan het opstellen van bestekken via de methoden van STABU en CROW/RAW.

Tenslotte is door de cel veldwerk verricht in de vorm van metingen.

Het bleek voor de cel ondoenlijk een opstelling te maken waarbij voor (alle) gangbare werkwijzen en bekistingsystemen is aangegeven wat de te verwachten oppervlaktekwaliteit zal zijn ("**van Kist naar Eis**"). Evenmin is getracht uitgaande van de oppervlakteklasse aan te geven welke bekisting moet worden toegepast ("**van Eis naar Kist**"). Gezocht is naar de oplossing van het probleem tegen de achtergrond van de vrijheid van uitvoering van de opdrachtnemer. Voor diegenen die nadere informatie wensen over de relatie "**van Eis naar Kist**" wordt verwezen naar de rapportage van de STUBECO studiecél A-02: "systeemkeuze wandbekisting". Een niet uitputtende begrippenlijst is opgenomen in hoofdstuk 9.

Samenstelling van studiecél:

H.B. Burger	voorzitter C05	Van Hattum en Blankevoort bv
L.J. Brekelmans		particulier, voorheen werkzaam bij Ballast Nedam Beton- en Waterbouw
W.H. van Dijk		Ballast Nedam Utiliteitsbouw
J. Greveling		Strukton
A. de Jong	secretaris	Rijksgebouwendienst
F.A. Moesman	(gedeeltelijk)	Bouwdienst Rijkswaterstaat
A. H. van Rijs	(gedeeltelijk)	particulier, voorheen werkzaam bij Rijkswaterstaat
G. Waayer	Coördinator KoKo	Coördinatie Commissie Stubeco Studiewerk
R.J. Uiterwijk	adviseur statistiek (eindfase)	Bestuur Stubeco

2.4 Vertraging definitieve versie

Het tot stand komen van dit rapport kostte veel tijd. Het onder schot krijgen van de aanpak, de ambities rond het eindresultaat en het bekende "tijdprobleem" van de cellen speelde hierbij alle een rol.

Na het gereedkomen van de conceptrapportage (7/97) heeft het nog enige maanden geduurd voor er gelegenheid was de groene versie plenair te bediscussiëren. Tijdens deze discussie bleken er verschillen van inzicht rond de statistische benadering van meetgegevens en vervolgens traden er ook nog enige organisatorische problemen op, waardoor de definitieve afronding nog aanzienlijke tijd heeft gekost.

3. NORMEN EN VOORSCHRIFTEN

3.1 Inventarisatie toepasselijke normen

Oppervlakteclassificering heeft betrekking op de variatie in het betonoppervlak. Een aanzienlijk deel van de variatie wordt bepaald door maatafwijkingen van het betonoppervlak. Om maatafwijkingen te constateren wordt gemeten. Ter wille van eenduidigheid in de meetmethode en de toetsing van de resultaten, zijn criteria en standaardmeetmethoden nodig. Zulke criteria en meetmethoden zijn veelal vastgelegd in normen en voorschriften.

Voor bouwwerken die onder het bouwbesluit vallen, gelden de in het bouwbesluit genoemde normen, onafhankelijk van de gebruikte besteksystematiek zoals een STABU of RAW.

Indien in een bestek geen specifieke criteria en meetmethode zijn voorgeschreven, wordt verwezen naar de actuele bundel van het NNI in zijn algemeenheid, of naar met name genoemde normen uit de NNI-serie. Er zijn diverse normen die betrekking hebben op de maatafwijkingen van betonoppervlakken en betonproducten. Deze normen hebben betrekking op de maatvoering ten opzichte van de technische eisen die hieraan moeten worden gesteld zoals de passing en aansluiting van andere bouwonderdelen, of later in en aan het bouwwerk te plaatsen installaties, aankleding en meubilering. Ook kunnen ze van toepassing worden verklaard omwille van constructieve eisen, zoals sterkte en duurzaamheid.

Geen van deze normen is zonder meer toepasbaar op het meten aan/van betonoppervlakken in relatie tot de oppervlakteclassificatie.

Bovendien maken enkele normen die ingaan op de interpretatie van de gevonden waarden uit een meting, gebruik van uitvoerige wiskundige en statische formules, die voor de uitvoerder en de opzichter op de bouwplaats onvoldoende inzichtelijk en uit praktische overweging nauwelijks hanteerbaar zijn.

De meetmethode moet derhalve eenvoudig gedefinieerd zijn waardoor de resultaten eenvoudige en snel zijn te beoordelen.

Daartoe is een meetmethode omschreven in hoofdstuk 9.

In het nu volgende zijn in het kort de toepasselijke normen, zoals gepubliceerd door het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI) beschreven.

NEN 2881

"Maattoleranties voor de bouw - Begripsomschrijvingen en algemene regels".

Deze norm is hoofdzakelijk gericht op de passing van bouwdelen of -producten en gaat over begripsomschrijvingen van maattoleranties en keuring met betrekking tot de naleving van deze toleranties. Er worden rekenregels gegeven voor maatafwijkingen en maattoleranties, o.a. gebaseerd op statistische berekeningsmethoden. Belangrijk uit de norm is dat toleranties niet mogen worden opgeteld.

NEN 2886

"Maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor gebouwen - Steenachtige draagconstructies".

Aan de hand van deze norm kan met kengetallen en formules de maximaal toelaatbare maatafwijking worden bepaald, wederom op basis van statische rekenmodellen. Dit geldt dan voor steenachtige draagconstructies.

NEN 2887

"Maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor het uitzetten op de bouwplaats".

Deze norm geeft rekenregels en kengetallen t.b.v. maatafwijkingen die kunnen worden bepaald t.b.v. uitgezette meetpunten.

NEN 2888

"Maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor het stellen van draagconstructies van gebouwen".

Deze norm geeft rekenregels en kengetallen t.b.v. maatafwijkingen bij het stellen van onderdelen van een draagconstructie.

NEN 2889

"Betonelementen - Maximaal toelaatbare maatafwijkingen".

Deze norm geeft waarden voor de maximaal toelaatbare maatafwijkingen van veel voorkomende, algemeen gebruikte prefab betonnen onderdelen.

NEN 2892

"Vlakheid en evenwijdigheid van bouwdeeloppervlakken - Berekeningsmethode voor maximaal toelaatbare maatafwijkingen, meting en toetsing".

Deze norm geeft een berekeningsmethode voor maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor de vlakheid en evenwijdigheid van bouwdeeloppervlakken. De norm geeft niet de waarden van de toelaatbare afwijkingen, deze moeten worden aangegeven in productnormen of anderszins apart worden vastgelegd. Ook de meetmethode zelf wordt niet beschreven, alleen de wijze waarop de uitkomsten rekenkundig en statistisch moeten worden bewerkt om tot een beoordeling ervan te kunnen komen.

NEN 3682

"Maatcontrole in de bouw, algemene regels en aanwijzingen".

Deze norm vervangt ten dele de Nederlands Praktijk Richtlijnen:

NPR 2886, NPR 2887, NPR 2888, NPR 2889 en de NPR 3681.

Deze praktijkrichtlijnen worden voor het overige, resterende deel vervangen door de NEN 2886, NEN 2887, NEN 2888 en NEN 2889.

NEN 3682 beoogt maatcontrole overzichtelijk en toegankelijk te maken voor personeel van uitvoerende en opdrachtgevende partijen.

De norm geeft een beschrijving van de meetmethoden en de toe te passen meetgereedschappen in de bouw. Hij handelt over uitzetten, stellen, meten en over toepassen en regelen van meetgereedschap.

Over toelaatbare waarden en toleranties waaraan betonoppervlakken moeten voldoen spreekt de norm niet.

4. ENQUÊTE

4.1 Samenvatting enquête

GEHOUDEN ONDER 224 STUBECO-LEDEN EN INGENIEURSBUREAUS

Het doel van de enquête inzicht te verkrijgen in:

- hoe bekend is men met de voorschriften?
- wat is de invloed op het bekistingsontwerp?
- hoe wordt er gekeurd c.q. gemeten?
- wat denkt men van prijsconsequenties?
- leeft de behoefte tot aanvulling van de voorschriften?
- zijn er voor de studiecél bruikbare ervaringen?

Van de 294 verzonden enquêteformulieren zijn 124 formulieren (42%) retour ontvangen, welke tijdens de beoordeling in twee groepen verdeeld zijn:

opdrachtgevers / bouwdirecties	38 st. retour ontvangen	=	31% van het totaal
leveranciers / aannemers	86 st. retour ontvangen	=	69% van het totaal

Overzicht van de belangrijkste ontvangen reacties

Maken wij gebruik van de VBU of andere voorschriften?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
regelmatig	59%	55%
af en toe	28%	41%
nooit	13%	3%

Is, of bent u als opdrachtgever/bouwdirectie voldoende bekend met de VBU?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
ja	23%	21%
zou beter moeten	63%	65%
vrijwel niet	14%	14%

Is, of bent u als leverancier/aannemer voldoende bekend met de VBU?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
ja	7%	9%
zou beter moeten	41%	62%
vrijwel niet	52%	29%

Op welke onderwerpen beoordeelt u de kwaliteit van het uiterlijk van het beton?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
visueel (zicht kwal.)	57%	58%
maatvast i.v.m. afwijking	25%	27%
meer aandacht geeft betere kwaliteit	18%	15%

Voert u wel eens metingen uit, of heeft u op andere wijze de vlakheid wel eens beoordeeld?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
ja	19%	36%
nee/niet bekend	81%	64%

Houdt u bij het calculeren rekening met de classificatie, die in het bestek genoemd is?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
ja, in hoge mate	27%	60%
beperkt	55%	29%
vrijwel niet	18%	11%

Wat zijn uw opmerkingen of ervaringen met de huidige VBU t.a.v. uiterlijk van beton?

	duidelijk	onduidelijk
bestekstekst/keuze	51%	49%
ontwerpcriteria	49%	51%
toets bij discussie t.a.v. schoonbeton	51%	49%
duidelijkheid in de algemene norm t.a.v. schoonbeton	43%	57%

Indien u met "schoonbeton" heeft gewerkt, wat is uw ervaring?

	opdrachtg./bouwdir.	leveranc./aannemer
punt van zorg	73%	89%
komt nauwelijks ter sprake	27%	11%

Verder is gebleken uit de enquête dat er erg veel behoefte is aan meer duidelijkheid op het gebied van de definities en de afstemming tussen klasse en gebruiksdoel.
Uitgebreidere informatie over de visuele eisen en duidelijkheid over de meetmethode.

De keuring van het uiterlijk van het beton vindt plaats aan de hand van de volgende criteria:

1. grindnesten
2. wisselen
3. zandstrepen / lekranden/ structuurverschil / doorbuiging etc.
4. centerpenpatroon en luchtbellen
5. kleurverschillen

5. SCHOON BETON

5.1 Inleiding

Bij de toepassing van schoon beton worden visuele eisen gesteld aan het betonoppervlak, omdat het ontkiste oppervlak na oplevering van het project in het zicht zal blijven en daarbij o.a. aan esthetische eisen moet voldoen. Deze eisen behoren te zijn aangegeven in het bestek.

Hoewel de oppervlaktebeoordeling volgens de norm VBU 1988, van toepassing kan zijn op betonoppervlakken in allerlei gebruikssituaties, leert de ervaring, dat problemen rond deze beoordeling voor het overgrote deel ontstaan in situaties die betrekking hebben op **schoon** beton.

Hoewel achteraf met allerlei middelen kan worden geprobeerd, om tekortkomingen in het betonoppervlak te herstellen, leidt dit in veel gevallen tot ofwel hoge kosten, ofwel een niet bevredigend resultaat en vaak zelfs tot beide(!), dit geldt in het bijzonder als de esthetische eisen aan het schone betonoppervlak hoog zijn, omdat onzichtbaar repareren meestal niet mogelijk blijkt te zijn. De conclusie, hieraan verbonden is, dat het de beste keus is een bekisting toe te passen waarbij een later herstel van tekortkomingen kan worden vermeden.

Ook bij toepassing van een geëigende bekisting kunnen er problemen ontstaan rond het gerealiseerde oppervlak, omdat ook andere factoren het eindresultaat beïnvloeden. Alle eisen waaraan het eindresultaat moet voldoen moeten dan ook eenduidig en compleet in het bestek zijn verwoord.

Ten behoeve van schoon beton zal daarom t.a.v. het eindresultaat in het bestek moeten worden aangegeven, hoe met de onderstaande punten dient te worden omgegaan.

5.2 Patronen en structuur

Bij schoon beton worden soms speciale eisen gesteld aan centerpen- en plaatpatronen, oppervlaktestructuur en -profilering. Deze kunnen alleen worden gerealiseerd door een contactbekisting en soms ook door de constructieve opzet van de bekisting hierop aan te passen. De bedoelde eisen hebben betrekking op schoon beton. Artikel 8 lid 6 van de norm VBU 1988 genoemde oppervlaktebeoordelingscriteria komt aan deze eisen echter niet tegemoet.

5.3 Tekortkomingen in het oppervlak

Tot de oppervlaktebeoordeling van schoon beton behoren tevens grindnesten, kleurverschillen, niet geplande stortnaden, uitspoeling fijne delen, zandstrepen, kalkafzettingen, vlekken en ongerechtigdheden in het betonoppervlak (kienhout, bindraad, roest, spoelvuil, etc.). De oorzaak ligt veelal niet in de bekisting hoewel de bekisting wel degelijk invloed kan hebben op dit soort onvolkomenheden. Andere oorzaken zijn mede de samenstelling van het betonmengsel, de wijze van storten of de detaillering van de wapening. Ook hier geldt dat de bedoelde eisen betrekking hebben op schoon beton terwijl artikel 8 lid 6 van de norm VBU 1988 genoemde oppervlaktebeoordelingscriteria niet aan deze eisen tegemoet komt.

5.4 Specifieke bekistingdetailleringen

Dit betreft hoeklatten, verkenningen, stortnaaddetailleringen, de afdichting van naden tussen bekistingselementen, de wijze van bevestiging van bekistingsplaat op de draagconstructie het al of niet verwijderen van walshuid, het vlakslijpen van lasnaden, reparaties van het bekistingsoppervlak e.d.

Ook deze detailleringen zijn in principe niet via de norm VBU 1988 te toetsen. Ze zijn echter wel van invloed op het te beoordelen betonoppervlak.

5.5 Speciale vlakheids- of maatvoeringseisen

Het kan noodzakelijk zijn scherpere eisen aan betonoppervlakken te stellen dan in de VBU klasse IA resp. IIA worden aangegeven. Dit kan zijn om esthetische redenen, of terwille van een latere afwerklaag (waarbij dan dus niet meer sprake is van *schoon* beton!). Soms hebben deze eisen ook te maken met maatvastheid en passing. Dergelijke hogere eisen worden relatief veel gesteld bij prefab-betonnen elementen die (mede) een esthetische functie krijgen. Ook hier geldt dat de

C 05: Uiterlijk van beton in relatie tot bestekseisen | Versie 1.0 dd december 1999

bedoelde eisen betrekking hebben op schoon beton terwijl de in artikel 8 lid 6 van de norm VBU 1988 genoemde oppervlaktebeoordelingscriteria niet aan deze eisen tegemoet komen.

5.6 Oppervlaktebeoordelingscriteria volgens de norm VBU 1988

De criteria waarop een oppervlak volgens de norm wordt beoordeeld, zijn:

- aftekening structuur bekistingsmateriaal
- afwijkingen ten gevolge van plaatselijke oneffenheden
- vlakheid van oppervlakken als geheel
- hoeveelheid luchtbellen
- afwijkingen bij hoeknaden

De oppervlaktecriteria volgens de VBU worden in het voorliggende rapport op diverse plaatsen genoemd en besproken. Een zekere nadruk ligt hierbij op de toetsingsmethode door middel van het verrichten van metingen en op de relatie type bekisting versus de te stellen eisen aan het betonoppervlak.

De diverse aspecten die ook voor schoon beton van toepassing zijn, komen daarbij uitvoerig aan de orde en daarom wordt hier naar de desbetreffende hoofdstukken verwezen.

Uit voorgaande beschouwing blijkt, dat de eisen waaraan schoon beton moet voldoen, veel uitgebreider zijn dan alleen de oppervlaktebeoordelingscriteria, zoals vermeld in de VBU 1988. De bestekken moeten de onduidelijkheden rond schoon beton opheffen door eenduidig en compleet de wensen van de opdrachtgever weer te geven.

De aannemer wordt geacht verantwoordelijk te zijn voor het tot stand komen van het resultaat. Doordat deze resultaten onvoldoende eenduidig en compleet in het bestek zijn beschreven leidt dit tot nadere eisen tijdens de uitvoering waarbij vaak onvoldoende mogelijkheden zijn tot aanpassing / herstel, om alsnog tot het gevraagde resultaat te komen.

Dit betekent dat het vastleggen van bepaalde voorwaarden die met de totstandkoming van het resultaat te maken hebben, noodzakelijk is, vooral als er bijzondere eisen t.a.v. het eindresultaat worden gesteld met betrekking tot schoon beton. In hoofdstuk 9 van dit rapport worden een aantal aanbevelingen gedaan en een **checklist** gegeven ten behoeve van de keuze van de eisen te stellen aan een bekisting.

Voor het realiseren van schoon beton bestaan nog meer criteria, afhankelijk van de aard en zwaarte van de eisen t.a.v. het gevraagde betonoppervlak, onafhankelijk van de toe te passen bekisting waardoor die buiten het kader van deze studie vallen.

Te denken valt aan:

- mengselsamenstelling
- keuze aggregaten en toeslagstoffen
- opslag en transport van aggregaten resp. mortel
- stortvoorbereiding incl. reinigen van de bekisting
- en typen/laagdikte ontkistingolie.
- manier van storten en verdichten
- het langdurig onderbreken van het storten (zichtbare stortnaad en verkleuring)
- externe factoren, zoals de weersomstandigheden
- detaillering van de wapening
- bescherming tegen verontreinigingen
- nabehandeling gestorte beton
- de wijze van opslag en transport bij prefab.

In dit verband wordt verwezen naar de uitstekende uitgave van Stutech/VNC: "SCHOON BETON, verschijningsvormen en keuringscriteria".

Een verkorte versie van deze publicatie, waarin de belangrijkste onvolkomenheden worden beschreven vindt men in het nummer van februari 1996 van de uitgave "BETONIEK", nr. 10 - 12

6. MATERIALEN: TOEPASSING EN TOLERANTIES

Oppervlakteclassificatie van betonoppervlakken is (mede-)bepalend voor de eisen t.a.v. de toe te passen bekistingsmaterialen. Daarbij worden begrippen gebruikt, die te maken hebben met het uiterlijk van het ontkiste betonoppervlak.

6.1. Relatie materiaal < - > betonoppervlak

De kwaliteit van het betonoppervlak kan zonder ingrijpende nabewerking nooit beter zijn dan de kwaliteit van de bekisting, die gebruikt is om het te realiseren. Dit betekent dat wanneer er sprake is van beoordeling van het betonoppervlak dit impliciet iets zegt over de eigenschappen en toleranties van de **materialen**, waaruit de bekisting is samengesteld. Onjuiste toepassingen en afwijkingen in kwaliteit en maatvastheid van de materialen kunnen problemen veroorzaken, in het bijzonder bij "schoon beton".

Bij de invloed die bekisting heeft op het uiterlijk van beton moet een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen (1) de contactbekisting, (2) het overige deel van de bekisting, dat alleen een dragende functie heeft (de steun- c.q. ondersteuningconstructie) en (3) de bijkomende materialen, die gebruikt zijn.

- ad 1: De contactbekisting heeft voornamelijk invloed op het optreden van maatafwijkingen in het betonoppervlak en op de structuur. Ook de bevestigingsmethode heeft invloeden.
- ad 2: Het dragende deel van de bekisting heeft t.a.v. het betonoppervlak vooral invloed op de vaatafwijkingen, minder op de structuur. Het gebeurt echter regelmatig dat delen van het dragende deel toch direct met het betonoppervlak in aanraking komen. Denk bijvoorbeeld aan paneelsystemen.
- ad 3: Bijkomende materialen: centerpennen + overige bijkomende materialen.
 - Centerpennen hebben vooral invloed op plaatselijke oneffenheden en op het optreden van visuele discontinuïteiten (plaatbeschadigingen, conusgaten, pennenpatroon, uitspoeling fijne delen e.d.)
 - Onder de "overige bijkomende materialen" wordt hier verstaan: hoeklatten, stortnaadverkenningen, plakband, afstandhouders, hulpmiddelen om in te storten voorzieningen te bevestigen e.d..Elk daarvan heeft in meer of mindere mate invloed op het betonoppervlak.

6.2 Aantal keren inzet van de bekisting

Een van de belangrijkste keuzen, die gemaakt zal moeten worden bij toepassing van bekisting is, of die speciaal gemaakt wordt voor een bepaald bouwonderdeel, of dat de bekisting ook voor bouwdelen met andere vorm of maatvoering kan worden ingezet.

In het eerste geval kan men de specificaties geheel op het betrokken bouwonderdeel afstemmen. In het andere geval moet de bekisting een min of meer universeel karakter hebben, zoals bij systeembekistingen het geval is.

Bij zo'n universeel karakter zal extra aandacht moeten worden besteed aan levensduur, mogelijkheid om aanpassingen in vorm en maatvoering aan te brengen en aan een efficiënte inzet in verschillende situaties.

Universele toepasbaarheid van bekisting werkt kostenverhogend op de investeringskosten. Daar staat tegenover dat meer m² betonoppervlak kunnen worden bekist met dezelfde bekisting, wat een verlagend effect heeft op de afschrijvingskosten per m².

Is er sprake van één bekisting voor één bepaald bouwonderdeel, dan is de repetitiefactor van belang. Voor bijvoorbeeld tunnelbekisting of seriematige productie van bouwonderdelen ligt dit geheel anders dan voor eenmalige toepassingen.

Bij de beoordeling van de geschiktheid van een bepaald bekistingsmateriaal is daarom het aantal keren inzet één van de belangrijkste factoren.

6.3 Toe te passen materialen

Als gevolg van de in het voorgaande genoemde randvoorwaarden is er een groot aanbod van materiaal-toepassingen ontstaan, elk met eigen specifieke mogelijkheden en beperkingen. T.b.v. bekisting kan worden gekozen uit een veelheid van materialen, en materiaalcombinaties, waarbij meestal gebruik zal worden gemaakt van handelsproducten. Veel bekistingen zijn bovendien opgebouwd uit meerdere materialen. De materialen, die worden toegepast zijn:

1. Hout, in de natuurlijke staat (meestal bezaagd en geschaafd)
2. Van hout afgeleide materialen (dragers, plaatmaterialen)
3. Staal (plaat, profiel, bevestigingsmiddelen en hulpmateriaal)
4. Aluminium (profielvorm)
5. Kunststof (allerlei toepassingen)
6. Karton
7. Beton (meestal als verloren bekisting)
8. Combinaties van bovenstaande materialen in één handelsproduct.

In het nu volgende zullen de materialen nader worden besproken in relatie met oppervlakteclassificatie, zoals genoemd in de VBU1988, onderverdeeld in categorieën naar bestemming:

- (1) de contactbekisting,
- (2) het overige (dragende) deel van de bekisting **),
hier verder de **achtergrondconstructie** genoemd
- (3) de **bijkomende materialen** zoals centerpennen e.d..

**) opm.: het onderscheid tussen steunconstructie, ondersteuning, afschoring en achtergrond-constructie is soms moeilijk te maken. Vanwege de geringe invloed op de classificering van het betonoppervlak wordt de toepassing van materialen voor ondersteunings- en afschoringsconstructies hier echter buiten beschouwing gelaten.

6.3.1. Materialen ten behoeve van de contactbekisting

6.3.1.1. Hout

In Nederland wordt voor hout als contactbekisting vrijwel alleen vurenhout toegepast. Voor betonwerk, dat in het zicht blijft wordt weliswaar meestal de toepassing van plaatmateriaal geëist, maar om esthetische redenen wordt soms voor de toepassing van vuren delen of latten, al of niet geschaafd, gekozen.

In zo'n geval is de oppervlakteclassificatie meestal geen punt van onduidelijkheid, zodat het niet nodig is, hier op deze toepassing verder in te gaan.

Soms wordt de keuze van het bekistingsmateriaal geheel aan de aannemer gelaten, die dan voor vurenhout zou kunnen kiezen. Bij toepassing van vurenhouten contactbekisting kan echter niet worden voldaan aan de eisen voor klasse IA, IB of IIA. Toepassing voor klasse IC kan dat alléén als het hout gesorteerd wordt.

6.3.1.2. Plaatmateriaal afgeleid van hout.

Dit komt voor bekistingstoepassingen in een groot aantal typen en kwaliteiten op de markt:

Triplex (Multiplex) (al of niet gecoat)

Spaanplaat (al of niet gecoat)

Meubelplaat (al of niet gecoat)

Voor klasse IA en IB kan alleen gecoate plaat worden toegepast.

Voor klasse IC kan ook ongecoate plaat worden gebruikt.

Voor klasse IIA kunnen ongecoate platen worden toegepast, waarvan echter de structuur niet zichtbaar mag zijn. Bepaalde watervast verlijmde typen spaanplaat vallen hieronder. Gezien de lage elasticiteitsmodulus en de neiging tot ongelijkmatig zwellen kan met deze platen echter vaak niet worden voldaan aan de gestelde maattoleranties!

Het plataanbod is aan voortdurende veranderingen onderhevig. Er komen voortdurend nieuwe producten en fabrikaten bij en andere verdwijnen van de markt. Het is daarom ondoenlijk hier alle typen en kwaliteiten te benoemen.

Bovendien is er geen normalisatie in Nederland beschikbaar, specifiek voor beton-bekistingsplaten. De CUR-commissie B 55 heeft gedurende enige tijd hierop gestudeerd. Zij heeft haar studie niet afgerond. (De CUR-Voorschriftencommissie VC 39 heeft echter kernpunten uit het onderzoek van de onderzoekscommissie B 55 overgenomen bij de opstelling van de CUR-Aanbeveling 47: "Plaatmaterialen voor bekistingsdoeleinden").

Daarbij is gebleken dat het kiezen van een geschikte plaat moeilijk is te baseren op productspecificaties, omdat, met uitzondering van de prijs per m² (!), die onvoldoende beschikbaar zijn. Bij platen in normale handelspartijen treden vaak dikteverschillen en afwijkingen van haaksheid op. Ook komen regelmatig tekortkomingen voor in verlijming, oppervlakteafwerking en aansluiting tussen de fineerlagen (over elkaar of te ver uit elkaar).

Voor klasse IA en IB en IIA zullen daarom de platen gecontroleerd en gemeten en zonodig gesorteerd moeten worden!

Wil men er zeker zijn van dikteverschillen door onregelmatig zwellen van nieuwe platen te voorkomen, dan dient voor gebruik het vochtgehalte van de platen op 16 a 10 % te worden gebracht, door langdurige opslag in een vochtige omgeving of door "wateren" van de platen.

De detaillering en wijze van verwerken bij het maken van de bekisting en de wijze waarop op de bouwplaats ermee wordt omgegaan, is van groot belang ter voorkoming van beschadiging, indringing van vocht e.d.

Bij het ontwerp van de bekisting dient er rekening mee te worden gehouden, dat bij een langdurige inzet van de platen er een schijnbare verlaging van de elasticiteitsmodulus optreedt en de platen een soort "kruip"-gedrag vertonen, waardoor de optredende doorbuiging bij iedere inzet toeneemt. Waarschijnlijk is de oorzaak van dit verschijnsel een samenspel van diverse factoren, zoals de invloed van zonlicht, temperatuur en vocht, het "levende" karakter van houtmateriaal en de kruipverschijnselen die kunnen optreden in de lijm.

6.3.1.3. Staalplaat

De toepassing van staalplaat als contactbekisting gebeurt bijna altijd in combinatie met een stalen achtergrondconstructie, waarbij de staalplaat zelf soms een geïntegreerd onderdeel van de draagconstructie vormt.

De vlakheid en tolerantie van staalplaat zijn verder zodanig, dat op zichzelf gemakkelijk aan de eisen t.a.v. oppervlakteclassificatie IA volgens de VBU-tabel kan worden voldaan. Wel zijn er enkele punten die problemen kunnen veroorzaken: lassen, zetten en slijpen van de plaat kan tot ontoelaatbare afwijkingen leiden. Een extra punt van zorg zijn de aansluitingen tussen afzonderlijke schotten, waar meestal de grootste afwijkingen optreden.

Bij beoordeling van het betonoppervlak spelen plaatselijke beschadigingen, roestvlekken, walshuid e.d. wel degelijk een rol, maar deze aspecten vallen buiten de in de tabel oppervlakteclassificatie genoemde toetsingscriteria en moeten dus zijn beschreven in het bestek.

6.3.1.4. Aluminium

Dit wordt nauwelijks toegepast voor contactbekisting.

6.3.1.5. Kunststof

Voor contactbekisting wordt tot nu toe hoofdzakelijk met glasvezel versterkt polyester toegepast. Dit gebeurt m.n. in de prefabindustrie en soms ook bij gecompliceerde gebogen vormen die moeilijk in hout of staal kunnen worden uitgevoerd. Deze toepassingen zijn moeilijk in de oppervlakteclassificatie onder te brengen, omdat controlemetingen moeilijk uitvoerbaar zijn. Beter is het dan te werken met een referentie-oppervlak.

Er zijn echter ontwikkelingen gaande waardoor kunststof wat vaker als "gewone" contactbekisting zou kunnen gaan fungeren. De ervaring daarmee is nu nog mager. Een uitzondering is wellicht de bekleding van bekistingen met "Zemdrain", waarbij het niet mogelijk is een glad oppervlak te realiseren (dus niet voor klasse IA en IB), maar de maatafwijkingen vergelijkbaar zijn met die van het er onder liggende bekistingsmateriaal.

Ook worden grote diameter PVC-buizen gebruikt als kolomkist. Bij een zorgvuldige uitvoering ontstaat hierbij een betonoppervlak dat voldoet aan klasse IA.

Een bijzondere toepassing van kunststof zijn de structuurmatten, die op de bekisting worden aangebracht om een speciaal uiterlijk te verkrijgen in de vorm van een bepaalde structuur of reliëf. T.a.v. de oppervlakteclassificatie valt deze toepassing onder klasse IIC en dus buiten de toetsingscriteria zoals genoemd in de VBU-tabel.

In hoofdstuk 9 worden onder 9.2.2. echter enige aanbevelingen gedaan, die ook op deze structuurmatten betrekking kunnen hebben.

Kunststoffen worden trouwens op grote schaal toegepast in materiaalcombinaties.

(Denk bijv. aan de lijm in plaatmaterialen en de coating daarvan).

6.3.1.6. Karton

Karton wordt toegepast voor sparingmallen en voor kolombekistingen. Deze bekistingen hebben een eenmalige toepassingsmogelijkheid. Voor kolombekistingen geldt, dat met de typen met een kunststofcontactoppervlak er kan worden voldaan aan de eisen van klasse IA. Indien gewenst wordt, dat er over de gehele omtrek geen naden of discontinuïteiten zijn (in verband met ontkistings-voorzieningen bijv.), dient men dit apart in het bestek te vermelden.

6.3.1.7. Beton

Bij de toepassing van beton als bekisting valt de functie van contactbekisting vrijwel altijd samen met die van achtergrondconstructie.

Beton wordt als bekisting gebruikt in 3 vormen:

- A. werkvloeren, die meestal verloren zijn, maar soms ook later weer verwijderd moeten worden, zodat het erop gestorte betonoppervlak te voorschijn komt.
- B. verloren bekisting als dragend element, soms deel uitmakend van de definitieve constructie. In veel gevallen blijft het element daarbij na gereedkomen van het bouwwerk in het zicht.
- C. als mal voor specialistische prefab-onderdelen voor de zware betonbouw.

In alle gevallen geldt, dat aan de eisen van de oppervlakteclassificatie kan worden voldaan, als er voldoende zorg wordt besteed aan de vervaardiging en maatvastheid van de bekisting.

6.3.1.8. Bevestiging contactbekisting

De contactbekisting bepaalt in grote mate het uiterlijk van het betonoppervlak, wat tot gevolg heeft dat iedere oneffenheid als contramal in het uiterlijk van het betonoppervlak wordt teruggevonden. Een niet te vermijden onderdeel is de bevestiging van de contactbekisting op de achtergrondconstructie; dit kan op verschillende manieren gebeuren, waarin wij duidelijk twee hoofdgroepen onderscheiden:

- 1e. bevestiging vanaf de betonzijde op de achtergrondconstructie.
- 2e. bevestiging aan de achterzijde van de contactbekisting aan de achtergrondconstructie (beter bekend als blind schroeven).

De ervaring leert, dat door het fabricageproces van de bekistingsplaten, deze met een gemiddeld vochtpercentage van ca. 10 % geleverd worden, waardoor in ons klimaat de eerste weken, afhankelijk van de materialen, zonder meer een diktetoename zal optreden (zie ook 6.3.1.2).

Het zwellen van de bekistingsplaten geschiedt over het gehele oppervlak en gebeurt voor een belangrijk deel via de openingen die in de coating-laag aanwezig zijn.

De zwellingen worden zichtbaar als het zwellen niet gelijkmatig optreedt, maar het eerst bij de randen, centerpengaten, schroefgaten etc. optreedt.

Om dit enigszins gelijkmatiger te laten verlopen, worden de randen van de platen afgewerkt met een verflaag (randlak).

Ten aanzien van de nieuw te maken zaagkanten, centerpengaten en andere onderbrekingen van de beschermende coating en randafwerking, wordt dan ook geadviseerd deze van een vergelijkbare randafwerking te voorzien.

De bevestigingsmiddelen worden meestal vanuit de betonzijde aangebracht, hierdoor ontstaat eveneens een beschadiging van de op de plaat aanwezige coating-laag.

Het gevolg van deze beschadiging is dat vocht direct toegang heeft tot de daaronder liggende fineerlagen, wat bij hoog absorberende houtsoorten een (kortstondige) ongelijkmatige zwelling kan veroorzaken.

Zelfs bij het verdiept aanbrengen van de bevestigingsmiddelen en daarna de schroefgaten afdichten met plamuur (bij voorkeur o.b.v. twee componenten), blijft het gevaar aanwezig, dat als de bekistingsplaat een te laag vochtpercentage heeft, er enige dikte toename zal optreden en er een geringe aftekening van de bevestigingspunten zichtbaar wordt.

De meest voorkomende bevestigingsmiddelen zijn:

- kruiskop parkers (spaanplaat schroeven, waarbij de schroefdraad de eerste 2 cm onder de kop is weggelaten), dit om er zeker van te kunnen zijn dat de bekistingplaat goed op de achtergrondconstructie wordt aangetrokken;
- parkers met een grote vlakke kop (Peri schroeven);
- draadnagels of getordeerde draadnagels;
- hoeklijntjes aan de achtergrondconstructie, waarop de bekistingplaat met korte dikke voldraad-schroeven wordt bevestigd, waardoor aan de betonzijde geen bevestigingsmiddelen zichtbaar zijn (blind schroeven);
- schroefbus (een ca 25 mm lange holle M-16 bout voorzien van grove schroefdraad, speciaal ontwikkeld voor blind bevestigen).

Bij betonwanden, welke later worden afgewerkt, is het geen bezwaar als er aftekening van bevestigingsmiddelen e.d. aanwezig zijn.

Aanbrengen van bevestigingsmiddelen, afdoppen van niet gebruikte bevestigingsgaten in de contactbekisting etc. laat men bewust boven de contactbekisting uitsteken, waardoor wordt voorkomen dat er oneffenheden op de betonwand ontstaan die een dikkere afwerklaag eisen.

Ook als de betonwanden in het zicht blijven, is het raadzaam om de bevestigingsmiddelen ca. 1 a 1,5 mm boven de contactbekisting uit te laten steken, zodat er na dikte toename van de bekistingsplaten zonder noemenswaardige aftekening van de bevestigingen zal plaatsvinden.

Het aanbrengen van de bevestigingen in een gelijkmatig patroon, is zonder meer aan te bevelen, indien deze zichtbaar aftekenen in het betonoppervlak is het op deze manier het minst storend.

6.3.2. Materialen ten behoeve van de achtergrondconstructie

Met achtergrondconstructie wordt bedoeld:

de dragende c.q. steun- of ondersteuningsconstructie.

6.3.2.1. Hout

Hout voor de achtergrondconstructie is vrijwel altijd vurenhout. Vurenhout is afkomstig uit allerlei streken in Europa. De omstandigheden m.b.t. bosbeheer, groei, en verwerking zijn daardoor sterk verschillend. Bovendien is hout een "levend materiaal", waardoor de eigenschappen worden beïnvloed door o.a. temperatuur, vochtigheid en het blijvend "werken" van het hout. Bij elkaar leidt dit tot een product, dat wat betreft de maatvoering en de maatvastheid, ook nadat het bewerkt is, relatief grote toleranties kent.

In de achtergrondconstructie wordt op grote schaal gebruik gemaakt van de zgn. "betonbadding". Dit vuren balkhout komt op de markt in de maat 160 x 63 mm, in de kwaliteitsklasse C (NEN 5466/5467).

Het normaal als grens-richtwaarde gehanteerde percentage vocht is 20%. In de praktijk blijkt het hout echter vaak aanzienlijk vochtiger te zijn, doordat bij in het traject tussen bos en bouwplaats onvoldoende droogtijd wordt aangehouden.

Het baddinghout wordt voor toepassing bij bekistingen vrijwel altijd geschaafd. De restmaat, die na schaven overblijft is nominaal 58 à 59 x 155 à 156 mm².

Uit de praktijk is bekend, dat:

- de geschaafde maat regelmatig afwijkt
- binnen één levering er sprake kan zijn van onderlinge maatverschillen
- kromme en scheluwe baddingen veelvuldig voorkomen.
- de herkomst en eigenschappen binnen één levering flink kunnen verschillen.

Voeg hierbij het karakter van het "blijvend werken" van het hout en het is duidelijk, dat maatvoering en maatvastheid een probleem vormen. Dit kan voor een aanzienlijk deel worden ondervangen door:

1. Zorgvuldig formuleren van de eisen bij bestelling van het hout bij de handel, indien hoogwaardige toepassing wordt vereist. Dit betreft dan herkomst, kwaliteitsklasse leveren uit één partij, restmaat na schaven e.d.
2. Keuren en sorteren van de baddingen tijdens het verwerken.
De ervaring leert dat hierbij een vrij aanzienlijke uitval kan optreden, waarop men dus moet anticiperen, zodat voor het gesorteerde hout een nuttige bestemming beschikbaar is. Dit beperkt immers de kostenconsequenties.
3. Met zorg ontwerpen van de bekisting, waardoor op plaatsen waar maatafwijkingen het meest kritisch zijn, de invloed hiervan kan worden beperkt.
Toch zal het voor de klassen IA en IIA moeilijk zijn op basis van de normale handelskwaliteit vuren baddinghout aan de eisen te voldoen en verdient het aanbeveling een ander type achtergrondconstructie toe te passen.

6.3.2.2. Van hout afgeleide materialen

Dit betreft voor de dragende constructie in hoofdzaak de geconstrueerde houten systeembruggen. Ten opzichte van de onder 6.3.2.1. genoemde houten dragers zijn systeembruggen maatvast en minder gevoelig voor werken onder invloed van vocht. Bij toepassing van nieuwe systeembruggen uit één fabricagepartij, kan aan de eisen voor klasse IA en IIA worden voldaan. Betreft het gebruikte en/of in verschillende partijen gefabriceerde dragers, dan moeten deze gekeurd en zonodig gesorteerd worden.

6.3.2.3 Staal

Staal wordt voor achtergrondconstructies vooral in de vorm van walsprofielen en koud gevormde profielen toegepast. De optredende en volgens de normalisatie toegestane toleranties voor walsprofielen zijn zodanig groot, dat hiermede bij ontwerp en maken van de bekisting terdege rekening moet worden gehouden, wil aan de eisen voor vlakheid en maatvastheid kunnen worden voldaan.

Bij koudgevormde profielen kunnen overeenkomstig problemen ontstaan. Ook met vervorming en spanningopbouw als gevolg van lassen moet rekening worden gehouden. Bij samengestelde constructies moeten dan ook vaak voorzieningen en aanpassingen worden gedaan om aan de eisen van de oppervlakteclassificatie te kunnen voldoen. Dit vereist zorgvuldig detailleren en goed vakmanschap bij de fabricage. Als hieraan echter de nodige zorg wordt besteed, is het goed mogelijk aan de eisen van Klasse IA en IIA te voldoen.

6.3.2.4. Aluminium

Als aluminium wordt toegepast, is dit vrijwel altijd in de vorm van profielen, die behoren tot een systeem. Als onderdeel voor de achtergrondconstructie voldoen deze (vermits in goede staat en met zorg toegepast), aan de eisen die worden gesteld voor alle verschillende oppervlakteklassen.

6.3.2.5. Kunststoffen

Kunststoffen worden nauwelijks gebruikt voor de achtergrondconstructie, met uitzondering van de toepassingen van polystyreen, dat als verloren bekisting wordt gebruikt in funderingsconstructies, waarbij het na uitharden van het beton een andere functie krijgt: die van isolatie.

6.3.2.6. Karton

Deze worden momenteel (nog) nauwelijks gebruikt voor de achtergrondconstructie.

6.3.2.7. Beton

Bij de toepassing van beton als bekisting bestaan achtergrondconstructie en contactbekisting vrijwel altijd uit een geheel. Hierop is onder 6.3.1.7 reeds ingegaan.

6.3.3. Bijkomende materialen

6.3.3.1. Centerpennen

Centerpennen, die liggen in de betondoorsnede hebben invloed op het betonoppervlak, in de vorm van:

- plaatselijke vervorming van de bekisting
- beschadiging van de bekisting
- vorm en afwerking van doorvoeringen en conusgaten
- patroon
- mogelijke uitspoeling fijne delen.

Op enkele van deze invloedsfactoren wordt ook in hoofdstuk 5 Schoon Beton ingegaan. In dit hoofdstuk bezien we alleen die zaken die verband houden met oppervlakteclassificatie.

A. Plaatselijke vervorming van de bekisting

Bij het gebruik van grote conussen en juiste plaatsing, zal bij toepassing van terugwinbare conussen kunnen worden voldaan aan klasse IA resp IIA, onder voorbehoud van een zorgvuldige uitvoering.

Voor (hoog belaste) wandbekistingen geldt, dat bij verloren conussen in combinatie met houten bekisting in de regel niet kan worden voldaan aan klasse IA, IB, of IIA, door de afwijkingen, die ontstaan door indrukking van de contactbekisting. Deze leiden, in tegenstelling tot bij de terugwinbare conussen, tot "voor het wandvlak uitsteken" van de conussen na het ontkisten. Deze afwijkingen kunnen worden gemeten met de 40 cm rei. Voor vloer- en balkbekistingen waar de optredende betondruk in de regel veel lager is, speelt dit bezwaar niet.

B. Beschadiging van de bekisting

De doorvoering door de bekisting via gaten in de contactbekisting, zal bij houten bekisting leiden tot een verhoogde kans op afschilferen van de beplating en vochtindringing. Bij het verplaatsen van centerpennen naar een andere positie, zullen nieuwe gaten moeten worden aangebracht, waarbij het dichten van de oude gaten meestal tot zichtbare sporen in het betonoppervlak leidt. Bij onzorgvuldige uitvoering kunnen dan maatafwijkingen ontstaan, die de toleranties van oppervlakteclassificering overschrijden.

C. Vorm en afwerking van doorvoeringen en conusgaten

Vermits met zorg afgewerkt zullen doorvoeringen en conusgaten van terugwinbare conussen niet leiden tot maatafwijkingen die de toleranties van de oppervlakteclassificering overschrijden. In het betonoppervlak zijn zij echter altijd terug te vinden. Stelt men daarom speciale eisen, dan moet dit apart in het bestek worden beschreven, zie hfdst 10.

D. Patroon

Op het patroon van centerpennen wordt elders in dit rapport uitvoerig teruggekomen. *Ten aanzien van oppervlakteclassificatie volgens de VBU 1988-tabel is dit punt niet aan de orde.*

E. Uitspoeling fijne delen.

Hiervoor geldt hetzelfde, als gesteld onder punt D.

6.3.3.2. Overige bijkomende materialen

Onder de overige "bijkomende materialen" wordt verstaan: hoeklatten, stortnaadverkenningen, plakband, afstandhouders, hulpmiddelen om in te storten voorzieningen te bevestigen e.d.

Het voert te ver, al deze voorzieningen in detail hier te bespreken. Volstaan wordt vast te stellen, dat via de meetmethoden afwijkingen zijn te traceren en het betonoppervlak aldus kan worden geclassificeerd. Ten aanzien van schoon beton zal, indien speciale eisen worden gesteld, dit apart moeten worden beschreven.

7. METINGEN

7.1 Algemeen

In de VBU wordt aangegeven, dat aan een betonoppervlak *visuele eisen* kunnen worden gesteld, waarbij de eerste beoordeling plaats vindt door visuele waarneming.

Dit begrip is echter zodanig ruim te interpreteren, dat het vraagt om hantering van objectieve toetsingsmiddelen. Daartoe is een tabel: "oppervlaktebeoordelingscriteria" opgesteld, waarin eisen zijn vastgelegd, die aan een (recht!) oppervlak kunnen worden gesteld.

Om deze eisen te toetsen wordt o.a. gebruik gemaakt van het inmeten van afwijkingen over een bepaalde lengte. Voor een bepaalde klasse geldt krachtens het voorschrift een maximale afwijking in de vorm van een karakteristieke waarde (5% overschrijdingskans).

De eisen t.a.v. de gevonden resultaten van metingen zijn dus belangrijk als ondersteuning voor objectieve toetsing!

NB.: De uit vlakte-controle-metingen gevonden waarden hebben geen directe betekenis voor maatvastheid, steltoleranties, dekking op de wapening en dergelijke.

Aangezien de relatie: *eisen* <-> *uiterlijk* de kern van de studie raakt, heeft de studiecél veel aandacht besteed aan het verkrijgen van meetgegevens.

Naast het verwerven van meetgegevens van derden, heeft de studiecél zelf ook een aantal metingen verricht. Ook is kennis genomen van de metingen, die gebruikt zijn bij het tot stand komen van het desbetreffende deel van de VBU 1988.

Er zijn daarbij enerzijds conclusies te trekken uit de meetgegevens zelf, maar anderzijds ook uit de moeite die het heeft gekost ze te verwerven (van derden)!

In zijn algemeenheid kan worden gesteld, dat:

1. er weinig wordt gemeten. Meten gebeurt vooral als de belanghebbenden van mening verschillen over het gerealiseerde betonoppervlak in relatie tot de bestekseisen;
2. enkele aannemers preventief meten als kwaliteitsonderdeel gedurende het productieproces;
3. meetgegevens van betononderdelen met een ruw oppervlak, thuishorend in klasse IIA en IIB in het geheel niet beschikbaar zijn;
4. metingen dienen in principe a-select worden uitgevoerd, omdat dit van belang is voor de overschrijdingsfrequentie Het voorschrift is daarbij echter voor de gebruikers in de praktijk niet voldoende duidelijk en moeilijk toepasbaar gebleken. Verderop in dit hoofdstuk wordt daarop ingegaan.

De gebruikte meetgegevens hebben betrekking op diverse en onderling niet vergelijkbare projecten en de diverse daarbij toegepaste typen bekisting. Dit geldt voor zowel de metingen verkregen van anderen, als voor de eigen metingen.

De metingen die zijn gebruikt als onderbouwing voor dit hoofdstuk zijn verricht met de meetmethode zoals aangegeven op bijlage 3-1 (deze meetmethode wijkt van af van de VBU, om redenen zoals beschreven onder 7.2.). Ze zijn gebaseerd op :

1. Een representatieve keuze uit de metingen ontvangen van anderen, t.w.:
 - Project Boeldershoek te Hengelo, een project uitgevoerd met een bekisting op basis van NOE-C70-spanten met betonplex als contactbekisting;
 - Project Schonebergstraat Rotterdam uitgevoerd met stalen tunnel bekisting
 - Project Beatrixpark met een bekisting uit PERI-T70-dragers en betonplex
2. De eigen metingen hebben betrekking op recentelijk gerealiseerde bouwwerken:
 - *Wanden Stationstunnel Leiden:*
 - Stalen framewerk, met Doka H20-dragers en Agepan bekistingsplaat
 - Rijdende stalen bekisting (centervrij)
 - *Wanden Tunnel Oost te Woerden:*
 - Panelenbekisting NOE Uni 2000
 - *Wanden Provinciehuis Utrecht:*
 - Doka Top 50 klimbekisting
 - *Wanden Onderdoorgang Leidschendam:*
 - Stalen projectbekisting
 - Panelenbekisting NOE Uni 2000

De meetgegevens zijn geanalyseerd, beoordeeld en voorzien van een conclusie.

Uit de metingen is gebleken, dat de voor het ingemeten betonoppervlak toegepaste bekisting een resultaat heeft opgeleverd, waaruit een bepaalde haalbare oppervlakteclassificatie voor dat type kist kan worden herleid.

Bij kennisname van de conclusies verbonden aan de metingen die zijn gebruikt voor het opstellen van de VBU 1988, constateert de cel geen wezenlijke verschillen ten opzichte van de conclusies getrokken uit de recentere metingen, als hierboven genoemd.

7.2 Beschouwing over de wijze van meten

Bij het stellen van toleranties aan constructies en het toetsen daaraan van ingemeten afwijkingen gaat het om:

- A. de grootte van de afwijkingen
- B. hoe vaak deze afwijkingen voorkomen.

Ten opzichte van een "*wiskundig zuiver vlak*" wijkt het ontkiste oppervlak onregelmatig en in meer en mindere mate af. Omdat een vlak (theoretisch) uit een oneindig aantal punten bestaat, is het niet mogelijk deze punten alle in te meten. Vandaar dat bij meting ervan alleen sprake kan zijn van een steekproef, die een objectief en representatief resultaat dient te geven.

Nu is bekend uit de statistiek, dat bij het interpreteren van een bepaald type gegevens, het mogelijk is met een representatief aantal metingen ervan, goede voorspellingen te doen over de spreiding (in grootte) van deze gegevens. Worden aantal en gemeten waarden uitgezet in een grafiek, dan ontstaat de overbekende Gausskromme.

Met behulp van wiskundige formules is het verloop van deze kromme goed te berekenen, zodat men op grond hiervan keurings- of kwaliteitscriteria kan vaststellen, die bepaald worden op basis van aselecte steekproeven.

Voor de metingen zoals hier benodigd is dit echter in de praktijk moeilijk uitvoerbaar, omdat:

- 1e) de steekproeven moeten a-select zijn.
- 2e) de gegevens die men wil toetsen moeten het product zijn van een proces dat voor alle gegevens globaal hetzelfde is.

Hierbij rijzen de volgende problemen:

ad 1e)

Bij het verrichten van het meetwerk volgens de criteria uit de VBU 1988, is door ons al snel geconstateerd, dat door op een bepaalde manier te meten het eindresultaat sterk kan worden beïnvloed. Wordt namelijk zonder verband met de afwijkingen in het betonoppervlak een aantal meetlijnen gedefinieerd ("*a-select*" meten), dan zal alleen bij een groot aantal lijnen met een zeer groot aantal metingen een representatief resultaat kunnen worden gevonden. Dit is om praktische redenen niet gewenst.

Laat men echter de bepaling van het aantal waarnemingen en plaats van de punten waar gemeten wordt, aan de waarnemer over, dan wordt geen objectief resultaat verkregen. Deze maakt dan een keus t.a.v. de verdeling van de meetpunten over het oppervlak. Daarmee bepaalt hij welke oneffenheden en welk aantal ervan worden ingemeten en de verhouding van deze grootheden tot die van de in te meten vlakke delen van het oppervlak. Van een objectief toetsingselement is dan geen sprake meer!

ad 2e)

Veel afwijkingen in het betonoppervlak manifesteren zich niet als puntvormige afwijkingen. De invloed van deze plaatselijke afwijkingen op de visuele beoordeling is relatief groot. Het gaat juist veelal om kleine oppervlakken of lijnvormige afwijkingen (conussen, wisselingen, stuiken, naden, reparaties e.d.).

Deze afwijkingen bestaan in feite (theoretisch) uit een verzameling punten. De weging van de afwijking t.o.v. de rest van het oppervlak wordt daarbij sterk bepaald door de meetmethode! Bij een objectieve methode zal deze voor een ieder duidelijk moeten zijn.

De meetmethode zal dus eenduidig beschreven moeten zijn. In de VBU 1988 is de meetmethode echter slechts summier omschreven

In zijn algemeenheid zal het beoordelen van betonoppervlakken en daarbij toetsen aan oppervlakbeoordelingscriteria door middel van metingen alleen gebeuren bij een conflictsituatie. In deze situatie werkt de aselecte meetmethode niet, omdat in zo'n geval er altijd een zekere mate van subjectiviteit aanwezig zal zijn! Juist om deze reden stelt de studiecél de selecte meetmethode voor. Wél zal bij de toetsing van de gegevens aan tabel 4 (van hfst 8, lid 6.4 van de VBU) een extra criterium moeten worden toegepast. Zie ter toelichting hiervoor hfst 9.4 van dit rapport.

Hierbij een korte toelichting op de wijze waarop door de studiecél gemeten is:

Er is gemeten volgens de selecte meetmethode. Voor de metingen is vooral gebruik gemaakt van 2 soorten reien: de 40 cm rei en de 2 meterrei. De gebruikte reien voldoen aan de criteria zoals gesteld bij de in (hoofdstuk 9) nader omschreven "aanbevolen meetmethode".

Metingen onder de draad zijn slechts in een beperkt aantal gevallen verricht, m.n. omdat ze weinig bijdragen als onderbouwing voor de "visuele beoordeling" van het oppervlak. Daarbij komt, dat het in veel gevallen te veel tijd en hulpmiddelen vraagt om de draad goed te fixeren tijdens de metingen. Dit is onpraktisch en kost ook te veel in relatie met de beperkte waarde van de eruit gevonden meetwaarden.

Alle metingen zijn verricht op wanden, als werkniveau gebruik makend van de onderliggende vloer. Dit laatste betekent, dat alleen metingen zijn verricht over het wandvlak tot ca. 2,50 m boven de vloer. Metingen op een hoger gelegen deel van de wand kunnen alleen worden verricht als degene, die de metingen verricht, vanaf een aangepast werkniveau kan opereren.

Het uitvoeren van metingen aan de onderzijde van dekken is niet wezenlijk anders dan bij wanden, maar blijkt in de praktijk nauwelijks te gebeuren. Daarom is geen poging gedaan dit soort meetgegevens te verkrijgen.

7.3 Conclusies uit het meetwerk

Uit de ervaring opgedaan met het meetwerk kunnen ook conclusies worden getrokken die kunnen worden gebruikt bij de beoordeling van de geschiktheid van typen bekistingen voor

bepaalde toepassingen.

Uit meetgegevens voor bekisting, toegepast voor gladde rechte oppervlakken blijkt dat::

1. Algemeen

De eisen t.a.v. klasse IA respectievelijk IB blijken relatief dicht bij elkaar te liggen. Daardoor zal een bekisting die een oppervlak moet leveren, dat moet voldoen aan klasse IB, bij een goede uitvoering vaak ook voldoen aan klasse IA, terwijl een bekisting die moet voldoen aan Klasse IA en dit criterium niet blijkt te halen, vaak ook niet voldoet aan klasse IB. Struikelblokken zijn de plaatselijke oneffenheden en plaatnaden, in het bijzonder ter plaatse van schotaansluitingen, zoals gemeten met de 40 cm rei.

2. Stalen bekisting

Bij een zorgvuldig maken en stellen van de bekisting is Klasse IA goed realiseerbaar; bij minder zorgvuldige uitvoering worden de criteria voor klasse IB toch nog relatief snel overschreden, in het bijzonder t.p.v. schotaansluitingen.

3. Houten bekisting op systeemdragers

Voor bekisting met houten systeemdragers of stalen systeemspanten, bekleed met een goede kwaliteit betonplex geldt:

Bij zorgvuldig maken en extra aandacht bij het stellen van de bekisting kan meestal worden voldaan aan de criteria voor klasse IA. De overschrijdingsfrequentie van de karakteristieke waarden van tabel 4 is echter regelmatig aanleiding tot het classificeren tot klasse IB.

Hoogwaardige betonoppervlakken kunnen worden gemaakt, maar het realiseren ervan is sterk afhankelijk van een goed beheerst productieproces; m.a.w. ondanks een zorgvuldige voorbereiding is het risico van het niet halen van de norm tamelijk groot.

Anderzijds zijn de haalbare resultaten beter dan verwacht zouden worden als alleen gekeken wordt naar de gangbare toleranties van de samenstellende onderdelen van de bekisting.

De achtergrond hiervan lijkt:

- de wet van de grote getallen, de combinatie van extremen komt relatief weinig voor
- dat de betere bekistingsfabrieken materialen keuren, sorteren en waar nodig aanpassen om aan de vereiste kwaliteit en tolerantie te kunnen voldoen.

4. Panelenbekisting

Met panelenbekisting zal onder normale omstandigheden niet kunnen worden voldaan aan klasse IA. De ingemeten panelenbekisting voldoet zelfs af en toe niet aan de criteria voor klasse IB, ondanks het feit dat wel degelijk sprake is van "net" betonwerk.

Voor de goede orde: het betreft hier een kaderloos systeem. Breekpunt is in het bijzonder de verspringing ter plaatse van paneelaansluitingen gemeten met de 40 cm rei.

Bij panelensystemen die wel zijn voorzien van een kader, zijn de extra afwijkingen die door het kader ontstaan zodanig, dat het zeer moeilijk is hiermede aan de criteria voor IB te voldoen.

Door het specifieke patroon van de panelen is dit in veel gevallen echter veel minder storend dan bij een "normaal" schot, opgebouwd uit meerdere platen betonplex, die goed aansluiten, maar waarbij ter plaatse van schotaansluitingen vaak relatief sterk afwijkende wisselingen voorkomen, hetgeen leidt tot "visuele discontinuïteiten".

Van belang is dan wel, dat de panelen met zorg zijn samengesteld tot een esthetisch aanvaardbaar patroon, omdat door het kader dit sterk wordt geaccentueerd.

Een methode waarmee de mogelijkheid tot het toepassen van panelensystemen kan worden bevorderd, is het opnemen van een omschrijving in het bestek waarbij wordt toegestaan dat er per m² een bepaalde lengte aan naden (bijv per m² één m1 naad) mag voorkomen, waarbij de criteria van de VBU ter plaatse van die naad met 2 mm worden verhoogd.

5. Houten bekisting met baddinghout

De cel heeft geen metingen van met dit type bekisting gemaakte beton-oppervlakken. Zoals in het hoofdstuk 6 aangegeven, verdient het voor de klassen IA en IIA aanbeveling, een ander type bekisting te kiezen. Voor Klasse IB geldt, dat toepassing van dit type bekisting alleen kan onder in 6.3.2.1 genoemde voorwaarden.

8. KOSTENASPECTEN

8.1 Algemene toelichting

De kostenaspecten kunnen voor het realiseren het betonwerk in relatie met het toe te passen materiaal kunnen door verschillende oorzaken sterk afwijkend zijn.

Verskillende oorzaken zijn o.a.:

- de bouwtijd van het betonwerk
- de inzetfactor van de toe te passen bekisting
- de keuze van het type in te zetten bekisting
- de gestelde eisen aan het uiterlijk van de bekisting.

De kosten voor het betonwerk kunnen sterk worden beïnvloed door de bouwtijd. Indien deze bouwtijd kort is, dan zal de inzethoeveelheid van de bekisting hoog zijn, met als gevolg dat de m² prijs eveneens hoog is als gevolg van een geringere inzetfactor. In deze bestaat de mogelijkheid van de inzet van een te huren systeembekisting.

De kostprijs van een bekisting is ook sterk afhankelijk van de eisen welke worden gesteld aan het uiterlijk van het betonoppervlak zowel visueel als vlakheid.

Dit hoofdstuk beperkt zich tot de kostenconsequenties, welke ontstaan door de eisen gesteld aan de oppervlaktetoleranties.

Deze consequenties worden veroorzaakt door:

- vervormingen van de constructiedelen welke worden veroorzaakt door belasting uit stortdruk en eventuele andere uitwendige krachten;
- afwijkingen ontstaan door de maattoleranties in de diverse onderdelen;
- wijze van afknellen op bestaand betonwerk;
- afwijkingen die ontstaan door plaatselijke beschadigingen;
- mate van nauwkeurigheid, te besteden aan de afstelling van de bekisting, vooral ter plaatse van onderlinge koppeling bekistingselementen en de overgang tussen reeds gestorte en nog te storten betonvlakken.

Bij de keuze van de contactlaag van de bekisting is de eis van "aftekening structuur niet toegestaan" en de eis "aftekening structuur toegestaan" als begrootbaar element aan te merken. Ten aanzien van de eis "ruw oppervlak" is zonder nadere omschrijving geen duidelijkheid gegeven.

De criteria voor de oppervlakte afwijkingen, gemeten onder de rei zijn de basis voor de constructieve samenstelling van de bekistingsconstructie.

Hierbij is de meting onder de rij van 200 cm bepalend voor het samenstelling van kinderbinten, gordingen en onderlinge afstand van centerpennen.

Daarnaast zijn de voorzieningen "te treffen bij de overgang ter plaatse van stortvakken" van belang als onderdeel van het vernoemde betonvlak.

Voor de onderlinge kostenverhoudingen tussen de gestelde classificaties is een vergelijk gemaakt tussen de klassen 1A, 1B en 1C. Hierbij is de uitvoering in klasse 1B als 100% gesteld. Uit diverse detailberekeningen kan globaal worden vastgesteld dat de kosten zich verhouden als respectievelijk 125% voor klasse 1A en 85% voor klasse 1C ten opzichte van de uitvoering in klasse 1B.

8.2 Kostenvergelijk

KLASSE 1A	KLASSE 1B	KLASSE 1C
TOTAAL DOORBUIGINGEN ONDER REI 200 CM		
< 3 mm nauwelijks haalbaar	< 5 mm eis zwaar	< 7 mm
CONTACTLAAG		
Te gebruiken bekistingplaten moeten streng worden geselecteerd	Te gebruiken bekistingsplaten moeten normaal worden geselecteerd	Te gebruiken bekistingsplaten behoeven niet te worden geselecteerd
LIGGERS		
Te gebruiken liggers opmaatvoering en scheluwte streng selecteren	Te gebruiken liggers visueel selecteren	Te gebruiken liggers behoeven niet te worden geselecteerd
GORDINGEN		
Stalen gordingen of houten geselecteerde gording met geringe centerpenafstand	Stalen gordingen of houten geselecteerde gording met beperkte centerpenafstand	Houten gording met normale centerpenafstand
KOPPELNADEN		
Aan de koppelnaden van de elementen moet veel aandacht worden besteed	Aan de koppelnaden van de elementen moet normaal aandacht worden besteed	Aan de koppelnaden van de elementen moet normaal aandacht worden besteed
AANSLUITING BESTAAND BETONWERK		
Zware knevelvoorziening	Zware knevelvoorziening	Praktische knevelvoorziening
VERHOUDING ONDERLINGE KOSTEN		
125%	100%	85%

9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

9.1 Algemeen

Aan de hand van voorgaande hoofdstukken is een aantal conclusies en aanbevelingen opgesteld, die hieronder zijn vermeld.

Andere aspecten worden toegelicht in beschouwingen opgesteld over schoon beton en over de mogelijkheden en beperkingen bij de toepassing van materialen, waarvoor wordt verwezen naar de respectievelijke hoofdstukken. Voor de toepassing van bepaalde typen bekisting wordt verwezen naar 7.3. Ook t.a.v. het kostenaspect worden enige richtlijnen gegeven. (zie hoofdstuk 8).

Uit de verrichte enquête blijkt, dat er niet vaak wordt gemeten, maar dat de problematiek t.a.v. de oppervlakteclassificatie door velen wordt ondervonden.

In de VBU worden weliswaar voorschriften gegeven voor de oppervlaktebeoordeling van betonwerk, maar bij het hanteren van dit voorschrift blijkt er in de praktijk nog veel onduidelijkheid te bestaan, terwijl enkele relevante zaken niet worden genoemd. Dit leidt tot een aanbeveling, zoals aangegeven onder 9.2.

In de beschikbare normalisatie blijken t.a.v. het verrichten van metingen als basis voor objectieve toetsing van oppervlaktebeoordeling onvoldoende richtlijnen aanwezig. Het onderzoek op het gebied van meetwerk heeft daarom geleid tot een aanbevolen meetmethode (zie 9.4)

9.2 Aanbevelingen ten aanzien van de VBU 1988, NEN 6722

Bij een herziening van de Voorschriften Uitvoering Beton (VBU 1988) is het gewenst t.a.v. de oppervlakteclassificatie de volgende verbeteringen aan te brengen:

- A. Duidelijke definities (zie 9.2.1)
- B. Mogelijkheid scheppen tot uitbreiding van de visuele eisen (zie 9.2.2)
- C. Een beter omschreven meetmethode (zie (9.4)
- D. Een zodanige redactie, dat de bestekschrijver beter in staat is, door middel van objectieve teksten een eenduidig bestek te maken.

Dit laatste kan bijvoorbeeld door een duidelijke omschrijving in het voorschrift op te nemen, dat de projectgebonden specifieke eisen met betrekking tot het betonoppervlak in het bestek moeten worden aangegeven. Omdat deze problematiek vooral speelt bij schoon beton is hiertoe een checklist bijgevoegd, zie 9.3. In een bijlage (zie bijlage Voorbeeld Stubeco BETONWERK) is dit in een voorbeeld uitgewerkt.

9.2.1. Duidelijke definities

Naar onze mening zouden de definities bij de bedoelde tabel 4 van hfdst. 8, artikel 6 van de VBU 1988, moeten zijn:

- Structuur

Met structuur van het bekistingmateriaal wordt bedoeld: een zodanig oppervlak van de contactbekisting, dat in het gerealiseerde betonoppervlak herkenbaar is welk materiaal is toegepast, ook als geen acht wordt geslagen op plaat- en bekistingsnaden. De doorvoerpunten van centerpennen vallen niet onder het hier bedoelde begrip structuur. Tenslotte kan bekistingsmateriaal worden toegepast waarmee een speciaal reliëf als structuur wordt verkregen.

- Bekistingsnaden

Bekistingsnaden zijn de naden tussen afzonderlijke bekistingsschotten.

- Hoeknaden

Dit zijn bekistingsnaden ter plaatse van hoeken.

- Centerpenpatroon

Dit is de verdeling van de centerpennen over het wandvlak.

- Plaatnaden

Dit zijn de naden tussen de afzonderlijke platen, waaruit een bekistingsschot kan zijn samengesteld.

- Plaatverdeling

Dit is verdeling van de platen, waaruit de bekisting is samengesteld, over het wandvlak, voorop gesteld dat deze in het betonoppervlak tekent.

9.2.2 Uitbreiding visuele eisen

Ter wille van de duidelijkheid is het gewenst, dat wanneer een bestekschrijver bepaalde eisen stelt, dat deze ook expliciet worden genoemd. Hierbij zou gebruik kunnen worden gemaakt van het noemen van een aantal visuele criteria. In combinatie met de hierboven genoemde definities is het mogelijk een deel van deze visuele eisen in het voorschrift te noemen:

- Structuur

Indien geëist wordt, dat (een deel van) het betonoppervlak zodanig is, dat reparatieplekken in de bekisting niet zichtbaar zijn in het betonoppervlak, dan moet dit apart worden vermeld.

Wordt een speciaal reliëf als structuur gewenst, dan kan dit door een specifiek te noemen bekistingsmateriaal voor te schrijven.

- Centerpenpatronen

Eisen die hieraan gesteld worden kunnen betrekking hebben op:

- het maximum aantal centerpennen /m²
- een patroon, waarbij de centerpennen verticaal en/of horizontaal dan wel volgens in een nader te beschrijven richting op één rechte lijn of op een nader te beschrijven patroon liggen.
- betonoppervlak t.p.v. de centerpennen, dat in voorkomende gevallen op een bepaalde manier worden afgewerkt (nader te benoemen).

- Plaatnaden

Indien er een bepaalde minimale afstand tussen de plaatnaden moet worden aangehouden dan dient dit apart te worden aangegeven.

- Plaatverdeling

Indien er sprake is van plaatverdeling bij toepassing van bekistingtriplex of structuurmatten, moet het volgende worden aangegeven:

- Er kan worden voorgeschreven alleen platen met een nader te omschrijven minimale maat toe te passen.
- Langs de randen van de betonconstructie mogen plaatafmetingen worden toegepast, die kleiner zijn dan de hierboven genoemde minimale afmetingen.
- Als er voor de afmetingen van randplaten speciale eisen zijn, moeten deze in het bestek worden gedefinieerd.
- Als er voor de plaatverdeling bepaalde patronen gewenst zijn moeten deze in het bestek worden omschreven.

9.3 Checklist bestekspecificatie bekisting schoon beton

STRUCTUUR

- ter keuze van de aannemer
- gladde plaat of plaat, waarvan de structuur zichtbaar is
- speciale profilering of structuurmatten
- deelhout ruw of glad eventueel in patroon
- canaluren of reliëfflatten

CENTERPENNEN

- ter keuze van de aannemer
- bepaald type pen en/of conus
- aantal pennen/m²
- patroon
- afwerking conusgaten
- geen pennen toegestaan in (vlak aangeven)

TRIPLEX BEKISTINGSPLATEN

- ter keuze van de aannemer
- minimale plaatafmeting
- minimale restmatten en verdeling daarvan
- bepaalde kwaliteit toplaat
- maximale maatverschillen afzonderlijke platen
- patroon of verband

STALEN CONTACTBEKISTING

- ter keuze van de aannemer
- speciale profilering
- minimale plaatafmeting
- minimale schotafmeting
- afwerking lasnaden
- blank / geolied of geccoat
- met of zonder walshuid

ALGEMEEN

- reparaties: eisen, toegestane middelen
- toegestane repetitie van de bekisting met beoordelingscriteria
- doorbuigingseisen voor diverse onderdelen
- aanwezigheid en plaats spoelluiken

BEKISTINGSNADEN

- toegestane afwijkingen vlg classificatie VBU-tabel
- strengere eisen maatafwijking dan VBU
- speciale afdichtingsvoorzieningen

PLAATNADEN EN HOEKNADEN

- toegestane afwijkingen vlg classificatie VBU-tabel
- strengere eisen maatafwijking dan VBU
- speciale afdichtingsvoorzieningen

VLAKHEID VAN BETONOPPERVLAKKEN

- toegestane afwijkingen vlg classificatie VBU-tabel
- strengere eisen maatafwijking dan VBU

BEKISTINGDETAILLERINGEN

- ter keuze van de aannemer
- voorgeschreven hoeklatten
- voorgeschreven stortnaaddetailleringen
- bevestigingswijze beplating
- speciale project-/bouwdeelgebonden detailleringen

9.4 Aanbevolen meetmethode

Het inmeten van betonoppervlakken dient mogelijk te zijn volgens een eenvoudige en eenduidige methode, zodat bij meting op de bouwplaats hiervoor geen specialistische technieken of ingewikkelde rekenmodellen behoeven te worden toegepast.

In de VBU-tabel wordt o.a. aangegeven:

1. de vlakheid, gemeten over grotere delen van een recht oppervlak;
2. de afwijking van de vlakheid door plaatselijke onregelmatigheden in het betonoppervlak veroorzaakt door doorbuiging, naden, conussen, reparatieplekken en beschadigingen.

Om met voldoende nauwkeurigheid te kunnen meten, dient zowel het meetgereedschap als de meetmethode te zijn gestandaardiseerd. De gegeven methoden in NEN 3682 zijn voor dit meetwerk onvoldoende geëigend.

Op grond van de ervaringen met het meetwerk, verdient het aanbeveling de meetmethode als volgt voor te schrijven.

Algemeen

1. De meting moet worden verricht vanaf een goed beloopbaar niveau, dat niet lager ligt dan 2m beneden de plaats op het oppervlak waar wordt gemeten. Wenst men op hoger gelegen plaatsen te meten, dan kan dit inhouden dat steigers moeten worden gebouwd, of dat gebruik wordt gemaakt van werkbakken of hoogwerkers.
2. De meetresultaten registreren. Een voorbeeld is gegeven in de bijlagen.
3. Bij de toetsing van de meetresultaten en aan tabel 4 (VBU'88, 8.6.4) dient een aanvullende eis te gelden: de grootste gemeten waarde mag niet groter zijn dan $3,0/1,64 \times$ de tabelwaarde (op grond van statistische overwegingen).

Beschrijving van de reien

De vlakheid, genoemd onder "1.", dient men te meten met de zgn 2-meter rei. Deze rei is beschreven in de VBU, in de toelichting van het desbetreffende artikel.

Het meetklokje dient een nauwkeurigheid te hebben van en afgelezen te kunnen worden op tenminste 0,1 mm. De rei moet zodanig stijf zijn uitgevoerd, dat bij normaal gebruik geen verschil in doorbuiging ontstaat onder invloed van de wisselende belasting.

Voor de plaatselijke onregelmatigheden 40-centimeter rei, zoals nu volgend beschreven, gebruiken:

De 40 cm1 rei laten bestaan uit een rechte metalen geleider met stelpootjes. Langs de geleider een meetklokje bewegen, zodat vanuit één meetpositie de plaatselijke oneffenheden kunnen worden bepaald. Het meetklokje dient zodanig te kunnen worden verschoven, dat over 40 cm kan worden gemeten.

Het meetklokje dient een nauwkeurigheid te hebben van en afgelezen te kunnen worden op tenminste 0,1 mm.

Gebruik van de reien

Met de reien worden de punten in het betonoppervlak met de grootste afwijking opgemeten op hieronder staande wijze:

2 m1 rei:

Metingen met 2 m1 rei dienen om de vlakheid van het oppervlak als geheel te beoordelen. Plaatselijke afwijkingen die een klein deel van het oppervlak beslaan meten met gebruikmaking van de 40 cm rei.

Bij de meting met de 2m rei het te meten vlak in twee richtingen meten met een onderlinge hoek van 90 graden. De eerste en de laatste meting van een aaneengesloten vlak beginnen cq. eindigen op een punt gelegen op ca 30 cm van de rand van het vlak. De metingen uitvoeren langs een denkbeeldige rechte lijn die tevoren is bepaald, bij wanden evenwijdig aan het werkniveau, op steeds dezelfde hoogte. Bij de meting onder 90 graden langs dezelfde lijn meten, maar dan met de rei een kwart slag gedraaid.

C 05: Uiterlijk van beton in relatie tot bestekseisen | Versie 1.0 dd december 1999

In het op te meten oppervlakte de grootste afwijkingen die voorkomen langs de denkbeeldige gekozen lijn bepalen.

Het aantal metingen langs één lijn moet minimaal gelijk zijn aan het aantal meters dat het betonoppervlak lang is. Wordt vanaf het werkniveau op meer dan langs één lijn gemeten, dan dienen de denkbeeldige lijnen waar langs de meting plaats vindt, onderling evenwijdig en minimaal 50 cm van elkaar te liggen.

N.B. : In theorie zou het resultaat van de meting iets kunnen afwijken, indien de hoek tussen de meetrichtingen kleiner (c.q. groter) is dan 90 graden. Om de meting zo eenvoudig mogelijk te houden, lijkt het echter niet gewenst deze mogelijkheid verder in beschouwing te nemen.

Onze verwachting is ook, dat de uiteindelijke beoordeling van de visuele kwaliteit hierdoor ook slechts in geringe mate wordt beïnvloed.

40 cm1 rei:

Metingen met de 40 cm1 rei dienen om plaatselijke afwijkingen van het oppervlak te beoordelen. Bij de meting dienen de uiteinden van de rei zich buiten de oneffenheid in het oppervlak te bevinden.

In de op te meten oppervlakte de grootste afwijkingen bepalen.

De tussenafstand tussen in te meten punten moet minimaal 40 cm bedragen. Het aantal metingen langs één lijn moet minimaal gelijk zijn aan het aantal meters van de lengte van het vlak en niet meer dan twee maal dit aantal.

Metingen met de draad

De studiecél adviseert het uitvoeren van metingen met een draad alleen toe te passen in bijzondere situaties.

Toelichting:

De in de VBU 1988 genoemde metingen met de draad voegen weinig toe aan de andere metingen die worden gedaan voor het toetsen van oppervlakte-classificatie. Het verrichten van de metingen is arbeidsintensief en vraagt in veel situaties (inwendige hoeken) bijzondere hulpmiddelen. De meting met de draad kan bovendien alleen worden toegepast voor de beoordeling van (vrijwel) verticale wandoppervlakken, i.v.m. het doorhangen van de draad.

Metten van een ruw oppervlak (klasse IIA en IIB)

Onder ruw oppervlak worden verstaan oppervlakken waarvan de ruwheid niet meer bedraagt dan 1 mm en oppervlakken waarvan de ruwheid meer bedraagt dan 1 mm. Ruwheid tot 1 mm kan zijn: een oppervlak dat niet met een gecoate spaan- of triplexplaat c.q. niet met een vlakke staalplaat of daarmee vergelijkbare kunststofplaat wordt gemaakt.

Afwijkingen van een ruw oppervlak tot 1 mm kunnen met bovengenoemde meetmethoden worden bepaald.

Is er sprake van een oppervlak met een ruwheid van meer dan 1 mm, **dan moet de meetmethode die wordt toegepast, nader in het bestek worden omschreven.**

Hierbij zou bijvoorbeeld gebruik kunnen worden gemaakt van meetplaten met een bepaalde minimale afmeting die op de hoogste (verst uitstekende) punten van de structuur komt te rusten. Ook kan een type contactbekisting worden voorgeschreven met een bepaalde vlakheidseis of andere oppervlaktespecificatie.

N.B.: Het soort ruwheid dat met een lattenkist of een structuurmat wordt gerealiseerd valt onder klasse IIC en valt daarom niet onder de in te meten oppervlakken.

Gekromde oppervlakken

In de praktijk van de betonbouw komt het vaak voor, dat vlakken niet recht zijn maar gekromd. Vaak hebben deze gekromde oppervlakken een relatie met eisen die volgen uit het gebruiksdoel van het betrokken constructie-onderdeel.

Dit kunnen technische, maar ook esthetische eisen zijn. De meetmethoden die genoemd zijn in de VBU en de daarmee geclassificeerde betonoppervlaktebeoordeling hebben betrekking op

C 05: Uiterlijk van beton in relatie tot bestekseisen | Versie 1.0 dd december 1999

rechte vlakken. Dit betekent dat aanvullende eisen in het bestek bijvoorbeeld door een aanvulling op de meetmethode gewenst kan zijn.

Een uitzondering daarop vormen de cilindrische oppervlakken, welke althans in één richting gemeten kunnen worden op dezelfde wijze als een recht vlak. Wel dient extra aandacht te worden besteed aan het evenwijdig lopen van de meetlijn t.o.v. de denkbeeldige cilinder-as, in het bijzonder bij kleine buigstralen.

Bij het voorschrijven van een aanvulling op de meetmethode, verdient het aanbeveling, aan te geven dat die methode het mogelijk moet maken, de oppervlakte in te meten ten opzichte van een theoretisch referentie-oppervlak.

Hierbij zou bijvoorbeeld gebruik kunnen worden gemaakt van een gekromde mal of rei, of een rei met verstelbare stelpoten om de kromming van het oppervlak te kunnen volgen. Een andere methode zou kunnen zijn het hanteren van een eerder gemaakt referentie-oppervlak, dat alleen visueel als toetsingscriterium dient.

Duidelijk is in elk geval dat dergelijke eisen separaat in het bestek moeten worden vastgelegd.

Stortzijden Betonoppervlakken

In de VBU 1988 wordt alleen een oppervlakteclassificatie gegeven voor de met bekisting te realiseren betonoppervlakken. In voorkomende gevallen kan in het bestek ook een kwaliteitseis worden geformuleerd die betrekking heeft op de stortzijde van betonconstructies.

De beoordeling hiervan en de daarbij toe te passen criteria en methodieken vallen buiten het kader van onze opdracht en daarom ook buiten dit rapport. Wel kan gesteld worden, dat het meten van de stortzijde van betonconstructies op overeenkomstige wijze kan geschieden dus met de genoemde reien. Dit heeft het voordeel van een praktische beperking in het aantal benodigde meetinstrumenten.