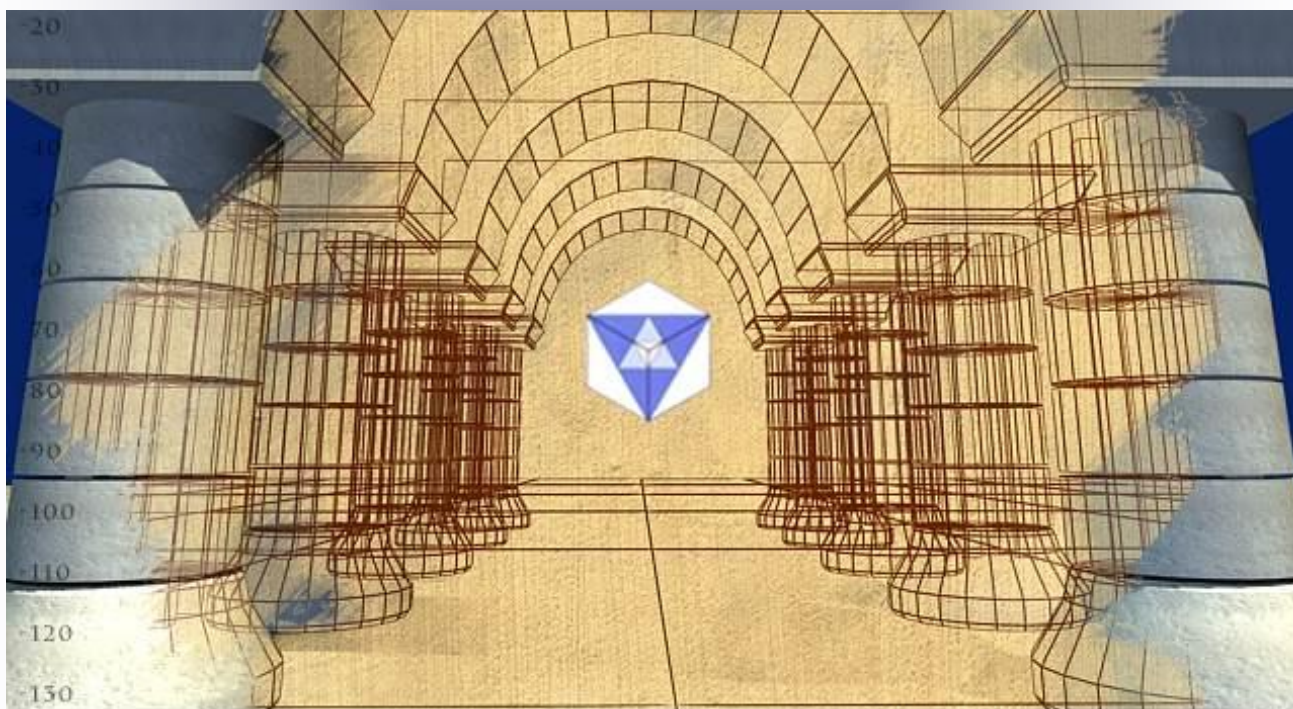


SCHOON OPPERVLAK: **AANDACHTSPUNTEN BIJ TOEPASSING VAN** **BEKISTINGEN BIJ SCHOONBETON.**



STUBECO STUDIECEL A-08.

Schoon Oppervlak: aandachtspunten bij toepassing van bekistingen bij schoonbeton

Versie 03.

Stubeco studiecel A-08

G. Waayer (BAM Infra b.v.)
P. Kraaijeveld (Hendriks groep b.v.)

samen met

J. Linssen (Aeneas Media b.v.)

Deze artikelen zijn in een serie gepubliceerd in Betoniek in 2016 over de realisatie van schoonbeton en over de relatie tussen bekisting en schoonbeton.

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 deze publicatie vervatte gegevens. Nochtans moet niet de mogelijkheid worden uitgesloten dat er 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 deze 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.

Deze publicatie is verkrijgbaar bij:
Stubeco, Büchnerweg 3, Postbus 411, 2800 AK Gouda
tel.nr. (0182) 53 92 33, fax (0182) 53 75 10
e-mail: info@stubeco.nl - website: www.stubeco.nl

Inhoud

VOORWOORD	4
1. BEKISTINGSOPPERVLAK.....	5
1.1. Typen bekistingen	5
1.2. Contactbekisting	6
1.3. Absorptievermogen.....	7
1.4. Elementnaden en plaatnaden	8
1.5. Plaatbevestiging	10
1.6. Afwerken plaatbevestigingen in geval van schoonbeton	11
1.7. Centerpensparing	11
1.8. Resultaat	13
2. BEKISTINGSONTWERP DRAAGCONSTRUCTIE	14
2.1. Ontwerp en stijfheid	16
2.2. Betonspeciedruk	16
2.3. Materiaal.....	16
2.4. Positionering profielen	17
2.5. Eisen	17
2.6. Controle.....	18
3. AANDACHT VOOR DE DETAILLERING	20
3.1. Stortnaden.....	20
3.2. Positie stortnaden	20
3.3. Detaillering stortnaden en -beëindigingen.....	23
3.4. Plaatsing, transport en opslag	26
3.5. Overige aandachtspunten.....	26
4. ONTKISTINGSMIDDELEN	27
4.1. Doel ontkistingsmiddelen.....	27
4.2. Soorten ontkistingsmiddelen	27
4.3. Classificatiesysteem ontkistingsmiddelen	27
4.4. Minerale oliën	28
4.5. Plantaardige oliën	28
4.6. Toepassingen	29
4.7. Aanbrengen.....	29
4.8. Conclusie.....	31
Literatuurlijst	32

VOORWOORD

Voor u ligt de definitieve rapportage van de Stubeco studiecél A-08 **Schoon Oppervlak: Aandachtspunten bij toepassing van bekistingen bij schoonbeton.**

Schoonbeton kan een prachtige bijdrage leveren aan architectuur. Maar de praktijk is nog wel eens weerbarstig: het gewenste resultaat bereik je niet zomaar. Met de komst van de nieuwe CUR-Aanbeveling 100 in 2013 is zeker een stap in de goede richting gezet. In een projectspecificatie zijn aanvullende afspraken echter onontbeerlijk als het gaat om detailoplossingen voor bekistingen.

Het uiterlijk van beton wordt door veel factoren beïnvloed. Een van de belangrijkste factoren is de bekisting. Dat geldt voor veel aspecten van die bekisting. Zo is uiteraard het oppervlak, de contactbekisting, zeer invloedrijk. Maar ook het overallontwerp van de bekisting speelt een grote rol omdat dat de stijfheid van de bekisting bepaalt. Tot slot hebben ook diverse zaken in de uitvoering van de bekisting en het gebruik van ontkistingsmiddelen invloed op het uiterlijk van beton. Het is kortom een veelheid aan onderwerpen die aandacht vragen. In de Betoniek-artikelen wordt in detail beschreven waarop je moet letten bij toepassing van bekistingen voor schoonbeton. Hierin komen achtereenvolgens aan bod: bekistingsoppervlak, bekistingsontwerp, uitvoeringsaspecten en ontkistingsmiddelen.

Met nadruk wordt erop gewezen, dat dit Stubeco-rapport de stand van de techniek en kennis weergeeft op het moment van uitgifte. De Stubeco wil graag over de ervaringen met het gebruik van dit rapport geïnformeerd worden. Het rapport behandelt alleen de relatie tussen de bekisting en schoonbeton in uitvoering. Wij realiseren ons dat daarmee het rapport niet compleet is. Zaken als schoonbetoncoördinator, prefab beton, afstandhouders, etc. komen bijvoorbeeld niet aan de orde.

De studiecél bedankt alle producenten en leveranciers en Stubeco-leden voor het belangeloos ter beschikking stellen van informatie in tekst en beeld en feedback.

Gerard Waayer, Jacques Linssen en Peter Kraaijeveld.
Oktober 2017.

1. BEKISTINGSOPPERVLAK

Dat de contactbekisting invloed heeft op het uiterlijk van het beton is evident. Daarbij moet niet alleen aandacht uitgaan naar het toe te passen materiaal voor die contactbekisting. Juist ook de plaat- en elementnaden, schroefpatronen en de centerpen-sparingen zijn bepalend voor het uiterlijk van beton. Hier moeten in een project dan ook aanvullende afspraken over worden gemaakt.



Foto 1.1 Citytunnel in Leipzig, uitgevoerd in schoonbeton

foto: Doka

1.1. Typen bekistingen

Een belangrijke keuze voor de uitvoering van betonconstructies is het toe te passen type bekisting. Globaal worden de volgende typen onderscheiden: traditionele bekisting, systeem-/projectbekisting, paneelbekisting, grootwandbekisting, stalen bekisting en kartonnen (kolom) bekisting. In de oppervlaktebeoordelingsklasse A uit NEN 8670 (toekomstige restnorm bij NEN-EN 13670), waarbij reparatie van onvolkomenheden is toegestaan, zal de keuze voor het type bekisting veelal een economische zijn. Anders is het wanneer wel bijzondere esthetische eisen aan het oppervlak worden gesteld en/of reparatie niet is toegestaan. In dat geval valt het beton in oppervlakteklasse B. Deze klasse wordt in CUR-Aanbeveling 100 (CUR100) onderverdeeld in:

- Klasse B1: Niet-geprofileerd bekist oppervlak, zonder verdere bewerking, van in het werk gestort beton of van een geprefabriceerd betonelement. Noot: Klasse B1 is verder onderverdeeld in B1 civiel en B1 niet-civiel.
- Klasse B2: Niet-geprofileerd bekist oppervlak, zonder verdere bewerking, van een geprefabriceerd betonelement.
- Klasse B9: Betonoppervlak, niet behorende tot B1 of B2 voor ihw gestort of geprefabriceerd beton.

Met uitzondering van B1 civiel, zijn de eisen aan het bekistingsoppervlak in deze klassen strenger. Deze moeten duidelijk worden omschreven in de projectspecificatie. In de nieuwe klasse 'B1 civiel' zijn de eisen overigens minder streng. In veel bestekken wordt klasse B1 volgens CUR100:2013 voorgeschreven, zonder daar verdere eisen aan te stellen. Zolang aan de eisen van B1 wordt voldaan, kunnen dus alle typen bekistingen worden toegepast. Maar wordt bijvoorbeeld een plaatnadenpatroon vereist, dan valt een 'standaardbekisting' af. Hetzelfde geldt als een centerpenpatroon is voorgeschreven. Bekistingen die per project worden vervaardigd, moeten aan de wensen van de opdrachtgever en de eisen van B1 worden aangepast.

1.2. Contactbekisting

De contactbekisting is het onderdeel dat direct in contact komt met het beton en heeft dus de meeste invloed op de oppervlaktekwaliteit. Er worden diverse materialen toegepast voor contactbekistingen met elk hun eigen invloed op het betonoppervlak:

- hout ongecoat, bijvoorbeeld ongecoate multiplex, vurenhouten delen (foto 1.3);
- hout behandeld / gelakt (foto 1.2);
- hout gecoat;
- bekleed oppervlak, bijvoorbeeld met vocht absorberend materiaal / bekistingsfolie (foto 1.4);
- kunststof;
- staal;
- kunststof profielmatten (foto 1.5).



Foto 1.2 Diverse soorten contactbekisting foto: Doka



Foto 1.3 Houtstructuur in het beton, ontstaan door gebruik van houten contactbekisting
foto: Cement&BetonCentrum

Welk type contactbekisting moet worden gebruikt, is sterk afhankelijk van het gewenste uiterlijk. Bij klasse B1 en B2 gaat het om een glad oppervlak (foto 1.1). Hiervoor bestaan diverse mogelijkheden met hout, kunststof en staal. Bij klasse B9 gaat het om een vrij in te vullen oppervlak. Zo kan de opdrachtgever vragen om een zichtbare houtstructuur in het beton, die bij contactbekisting van bijvoorbeeld vuren houten delen zichtbaar wordt gehouden (foto 1.3). Met het gebruik van (kunststof) profielmatten als contactbekisting is het aantal mogelijkheden voor een oppervlaktestructuur haast onuitputtend (foto 1.5). Een structuur kan ook worden aangebracht door toepassing van profiellatten in hout of kunststof.



Foto 1.4 Aanbrengen vochtabsorberende Zemdrain-Bekistingsfolie
foto: Max Frank Nederland



Foto 1.5 Kunststof profielmat als contactbekisting

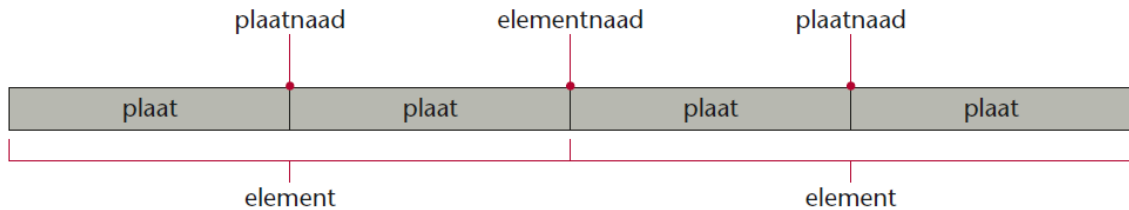
1.3. Absorptievermogen

Bepalend voor de oppervlaktekwaliteit is o.a. het absorptievermogen van de contactbekisting. Als de bekisting water uit het beton absorbeert, gaat de watercementfactor aan het oppervlak omlaag. Hierdoor kan het cement onvoldoende hydrateren en ontstaat er een poreus betonoppervlak. Dit fenomeen wordt ook wel 'verbranding' genoemd. Als het absorberend vermogen van de contactbekisting ook nog eens varieert, ontstaat de kans op vlekvorming. Ook bestaat het risico dat de betonhuid hecht aan de bekisting, wat bij het ontkisten beschadigingen aan het betonoppervlak geeft. Deze aspecten spelen vooral een rol bij nieuwe contactbekisting. Het absorberend vermogen van de contactbekisting neemt namelijk per stort af.

Een niet-absorberend contactvlak brengt ook risico met zich mee. Bij een niet-vocht opnemend bekistingsmateriaal is het beton gevoeliger voor het ontstaan van haarscheurtjes (craquelé), vanwege de verhoging van de watercementfactor aan het betonoppervlak door het zogenoemde wandeffect (zie www.betonlexicon.nl) in combinatie met soms overmatig verdichten van de betonspecie tijdens het storten. Bij toepassing van Zemdrain is er een mogelijk risico op een sinaasappelhuid.

1.4. Elementnaden en plaatnaden

Vaak worden bekistingen op de bouwplaats samengesteld uit diverse elementen. Die elementen worden in de fabriek vervaardigd en bestaan vaak ook weer uit meerdere platen (fig. 1.6). Zowel tussen de elementen als tussen de platen bevinden zich naden, de zogenoemde elementnaden en plaatnaden. Hoeveel dat er zijn, is afhankelijk van het type en het ontwerp van de bekisting. Zo zijn er bij grotere elementen vanzelfsprekend minder naden aanwezig.



Figuur 1.6 Schematische weergave element- en plaatnaden

Verder wordt de plaats van de elementnaden vaak mede bepaald door de draagconstructie, de maximale transportafmetingen en de sterkte-eisen. Deze naden zullen altijd zichtbaar zijn in het betonoppervlak. In het ontwerp kan daar gebruik van worden gemaakt (foto 1.7). Het nadenpatroon is daarbij dus heel bepalend en moet vooraf worden vastgesteld.



Foto 1.7 Plaat- en elementnaden zijn heel bepalend voor het uiterlijk van beton
foto: Cement&BetonCentrum

In principe is in de keuze van het plaatnadenpatroon binnen een element de nodige variatie mogelijk. Deze variatie heeft echter wel financiële consequenties. Multiplexplaten zijn veelal gebaseerd op standaardmaten: 1,25 x 2,50 m² of 1,525 x 3,050 m². Afwijkende maten kunnen leiden tot veel zaagverlies, een afwijkende draagconstructie, beperkte repetitiemogelijkheden, hogere kosten of langere levertijden. Ook moeten plaatnaden worden afgestemd op de grootte van de bekistingselementen, zodat bij het aansluiten van de elementen niet een afwijkende plaatmaat ontstaat. Behalve dat de naden zichtbaar zijn in het betonoppervlak vormen ze ook een potentiële lekweg voor water uit de betonmortel. Dat kan schade aan het oppervlak veroorzaken door het eerdergenoemde fenomeen verbranding. Om die reden worden plaatnaden vaak afgedicht met bijvoorbeeld tochtband (foto 1.8). Ook worden kunststofstrippen of profiellatten toegepast, of wordt uitgegaan van een messingen groefverbinding tussen de platen. De naden moeten in elk geval niet worden afgeplakt, want de tape zal blijvend zichtbaar zijn in het betonoppervlak.

Platen moeten ook niet stijf tegen elkaar worden gemonteerd in verband met mogelijke zwellen en uitzetting (delaminatie). Beter kan een nageldikte ruimte worden aanhouden. Bij het toepassen van een tochtband tussen de platen is dit automatisch het geval. Hou ook aandacht voor de haaksheid van de plaat.

Elementen worden overigens meestal wel 'koud' tegen elkaar aan gemonteerd, met een kleine tussenruimte. De plaatsing ervan tijdens de uitvoering moet uiterst zorgvuldig gebeuren om sprongen in het oppervlak te voorkomen. Na het ontkisten moeten de elementnaden goed worden gereinigd en eventuele beschadigingen moeten worden hersteld of gerepareerd. De maximale afwijkingen zijn opgenomen in tabel 2.6.



Foto 1.8 Plaatnaden afgedicht met tochtband foto: Doka



Foto 1.9 Aftekening van schroeven van de plaatbevestigingen in het beton

1.5. Plaatbevestiging

De bevestigingen van de contactbekisting aan de onderliggende constructie kunnen zich aftekenen in het beton (foto 1.9 en 1.10). Dit bevestigen kan op verschillende manieren gebeuren: door nieten, nagelen, schroeven of met een blinde bevestiging. Nieten wordt toegepast bij dun betonplex (bijv. 4 mm), dat kan worden gebruikt bij bijzondere – bijvoorbeeld gebogen – vormen.

Nagelen wordt toegepast bij betonplex met een normale dikte. Tegenwoordig wordt nagelen veelal machinaal gedaan met zogenoemde schietspijkers op een rol, die een soort schroefdraad op de schacht hebben. De bindingskracht staat dan bijna gelijk aan schroeven. Indien gebruik wordt gemaakt van gladde nagels zijn deze verbindingen vrij kwetsbaar voor lostrekken bij het ontkisten.

Bij het herhaaldelijk inzetten van de bekisting kan dan ook beter worden gekozen voor schroeven (foto 1.11). Een fraaie maar duurdere oplossing is het 'blind' bevestigen van de platen. Hierbij wordt gebruikgemaakt van systeembeugels, 'onderplaten' of latten, waarmee de contactbekisting van achteren wordt bevestigd. Bij deze oplossing dienen de platen verspringend ten opzichte van elkaar te worden aangebracht (fig. 1.12). Dit om het dubbel zwellen op de naden te voorkomen.



Foto 1.10 Voorbeeld van een plaatbevestiging in patroon

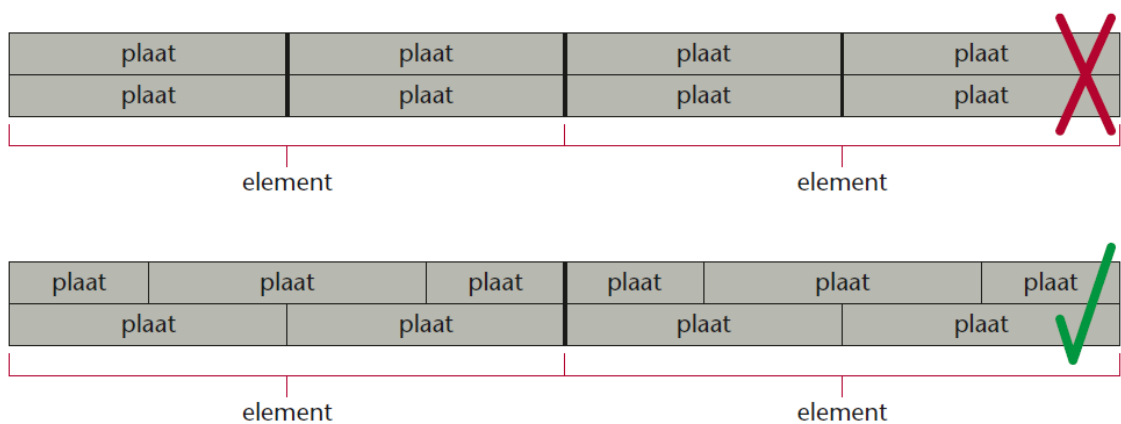


Foto 1.12 Blinde bevestiging: contactbekisting moet verspringend worden aangebracht op de onderplaat

Platen kunnen ook op een paneelbekisting worden bevestigd, waarmee je met een paneelbekisting toch een schoonwerkbekisting kunt maken. Nadelen hiervan zijn het vastliggende centerpenpatroon en de elementafmetingen. Ook moet aandacht worden besteed aan het overbruggen van de ruimte tussen het frame van de paneelbekisting en de voorliggende plaat.

1.6. Afwerken plaatbevestigingen in geval van schoonbeton

Bij nieten is het belangrijk de nietjes zo vast mogelijk aan te brengen. Doordat ze onder het oppervlakte uitkomen ontstaan er in het oppervlak 'niet-gaatjes' die bij schoonbeton moeten worden geplamuurd en afgelakt. Nagelen en schroeven kunnen beide ofwel óp de plaat (ca. 1 mm boven de plaat) ofwel verdiept in de plaat (2 à 3 mm) worden aangebracht (foto 1.11a en b). Als dit op de plaat gebeurt, zal het oppervlak van de bekisting na ongeveer tweemaal inzetten glad worden door het zwellen van de bekisting. Als de nagels of schroeven verdiept worden aangebracht, kan het gaatje eenvoudig worden geplamuurd (foto 1.11c).

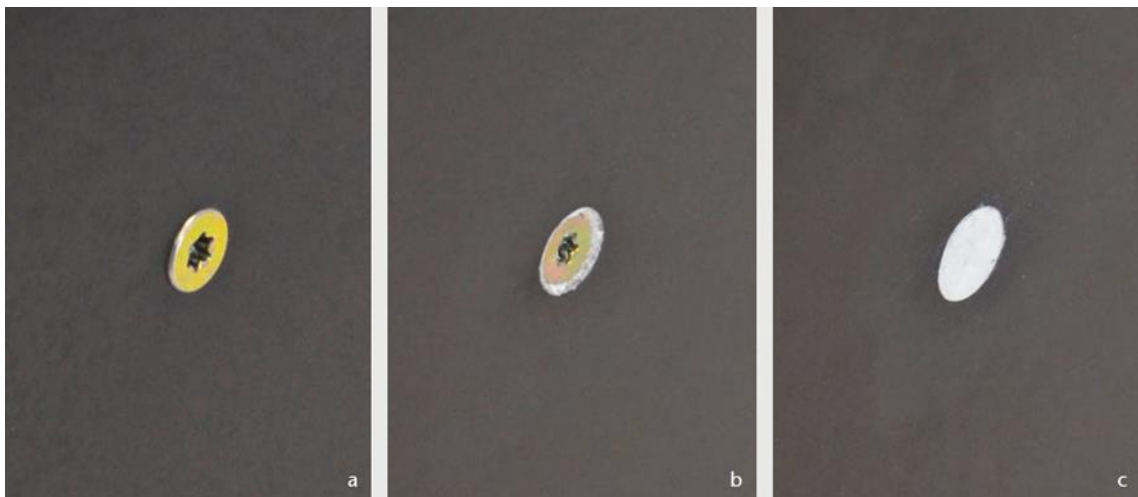


Foto 1.11 Plaatbevestiging door schroeven: (a) op de plaat, (b) verdiept in de plaat, (c) verdiept en geplamuurd

1.7. Centerpensparing

In wandbekistingen worden meestal centerpennen aangebracht die de bekistingsonderdelen bij elkaar houden en er zo voor zorgen dat de speciedruk kan worden opgenomen. Voor het aanbrengen van deze centerpennen zijn centerpensparingen in de bekisting nodig. Deze hebben net als plaatnaden een bepalende invloed op het uiterlijk van beton.

Vooraf moet duidelijk zijn of een bepaald centerpatroon is gewenst. Indien dit zo is, moet het patroon goed worden vastgelegd. De vrijheid om te kiezen voor het centerpatroon is afhankelijk van het type bekisting. Zo ligt de positie bij gebruik van paneelbekistingen in principe vast. Een aandachtspunt bij centerpensparingen is de afdichting ervan tijdens het storten. Dit is een kritisch onderdeel van bekistingen. Net als bij plaatnaden kan hier een lekweg ontstaan voor water uit de betonmortel (foto 1.13). Dit afdichten kan worden uitgevoerd met een rond cellenbandje.



Foto 1.13 'Bleeding': er is bij de centerpensparing een lekweg ontstaan van water uit de betonmortel

Centerpensparingen kunnen na ontkisten op verschillende manieren worden afgewerkt (foto 1.14). In CUR100 worden CN en CA genoemd, waarbij CN een afwerking is zonder gebruik van mortel en CA een afwerking is met mortelvulling. In tabel 5 van CUR100 worden in totaal elf verschillende mogelijkheden genoemd.

In uitzonderlijke gevallen kan een bekisting worden uitgevoerd zonder centeringen. Dat stelt wel hoge eisen aan de stijfheid van de bekisting met de nodige financiële consequenties (foto 1.15).

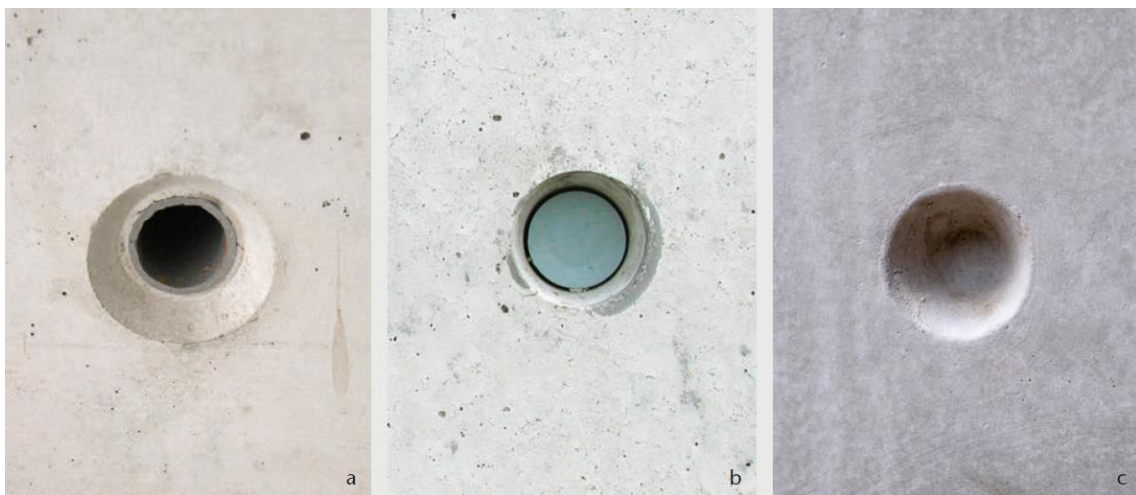


Foto 1.14 Afwerking centerpensparingen: (a) onafgewerkt, (b) centerdop, (c) verdiept afgewerkt met mortelvulling
foto: Cement&BetonCentrum

1.8. Resultaat

Zoals uit het voorgaande blijkt, zijn er nogal wat zaken in de bekisting die invloed hebben op het uiterlijk van beton. Het is vooral belangrijk dat de mogelijkheden vooraf met de opdrachtgever worden besproken, tegen welke kosten en met wel resultaat. Hiervoor zijn bij de diverse bekistingsleveranciers handige checklists beschikbaar. In een project enkel verwijzen naar CUR100 is daarom niet genoeg. Er moeten aanvullende afspraken worden gemaakt over bekistingsoppervlak, plaatnaden en centerpenpatroon, afwerking van centerpengaten, profilering van hoeken, aftekenen van schroef- en spijkergaten. Deze aspecten moeten worden vastgelegd in een projectspecificatie.



Foto 1.15 Wand uitgevoerd met bekisting zonder centeringen Foto: Doka

2. BEKISTINGSONTWERP DRAAGCONSTRUCTIE

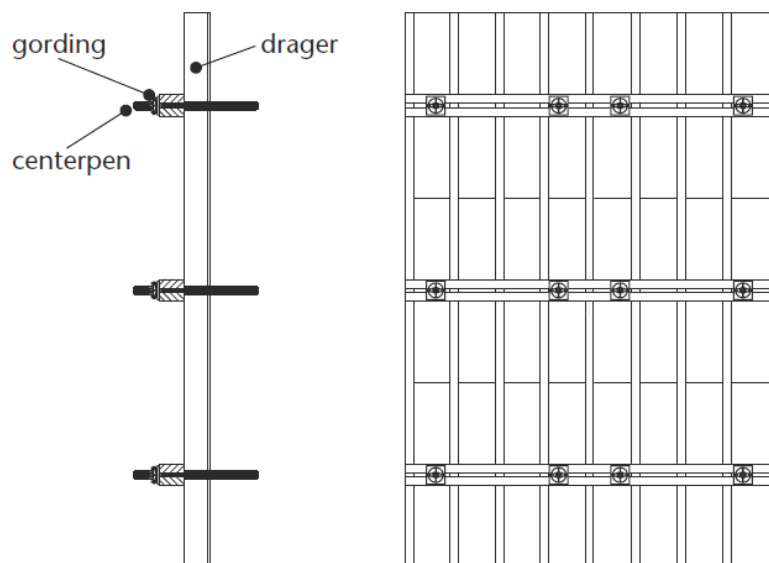
Een bekisting bestaat behalve uit een contactbekisting (plaat of huid die in contact komt met het beton), uit de achterliggende draagconstructie, waarop de contactbekisting is bevestigd.



Foto 2.1 Forumgebouw Universiteit Wageningen

Foto: Cement&BetonCentrum / Marcel van Kerkckhoven

Deze constructie bestaat op zijn beurt weer uit dragers (ook wel staanders genoemd) en gordingen. Het geheel wordt bij elkaar gehouden door centerpenen (figuur 2.2). De stijfheid van de draagconstructie heeft grote invloed op het eindresultaat van schoonbeton.



Figuur 2.2
Opbouw bekisting.

Bekistingen kunnen worden uitgevoerd als traditionele bekisting (op de bouwplaats vervaardigd, foto 2.3), als projectbekisting/grootwandbekisting (in de fabriek vervaardigde bekisting van staal/hout, foto 2.8), als stalen bekisting (foto 2.4) of als paneelbekisting. Deze laatste bekisting is een standaardproduct, waarvan het ontwerp vooraf vastligt. Om die reden wordt er in dit rapport verder niet op ingegaan.



Foto 2.3 Traditionele bekisting



Foto: VOBN

Foto 2.4 Stalen bekisting, toegepast bij project Ruimte voor de Waal.
Foto: Hendriks precon

De keuze voor het type bekisting hangt sterk af van de gewenste kwaliteit van het oppervlak, het gewenste uiterlijk van het beton, de betonspeciedruk, de gewenste flexibiliteit, het aantal malen inzet, de arbeidskosten en de materiaalkosten (tabel 2.5).

kenmerk		type bekisting			
		traditioneel bekist	paneelbekisting	grootwandbekisting	stalen bekisting
beoordelingscriteria	NEN 8670	B	A	B	B
	CUR 100	B1	B1	B1	B1
	inzet				
kosten*	2	€€€	€€€	€€€€	€€€€€
	4	€€€€	€€€	€€€	€€€€
	8	€€€€€	€€€	€€€	€€€
	16	€€€€€	€€	€€	€
geometrie (vlakindeling)			aftekening kaders		
bekistingsplaat:					
- plaatafmetingen**		naar keuze	volgens systeem	naar keuze	geen
- plaatpatroon		naar keuze	volgens systeem	naar keuze	naar keuze
- bevestiging	zicht/blind	naar keuze	blind	naar keuze	lasnaad geslepen
centerpennen	1 per	0,8 m ²	1 - 1,5 m ²	1,5 - 5 m ²	1,5 - 5 m ²
	patroon	naar keuze	volgens systeem	naar keuze	naar keuze
toelaatbare speciedruk	kN/m ²	60	60 - 80	variabel	60 - 80
aanpasbaarheid		groot	beperkt	groot	gering

* weinig €: lage kosten, de aanduiding is indicatief / relatief.

** betonplex heeft standaardafmetingen, denk aan zaagverlies bij voorgeschreven plaatpatronen.

Figuur 2.5 Keuzewijzer wandbekisting i.h.w. gestort schoonbeton

bron: VOBN

2.1. Ontwerp en stijfheid

Een bekisting moet zo worden ontworpen dat de belasting op een deugdelijke manier kan worden afgedragen. Het gaat daarbij om sterkte, stabiliteit en stijfheid. In relatie tot schoonbeton is vooral de stijfheid belangrijk. Die is immers nodig voor een strak oppervlak van het beton. Aan sterkte- en stabiliteitseisen moet altijd worden voldaan. Deze aspecten blijven in dit rapport dan ook buiten beschouwing maar worden verdere toegelicht in o.a. het Handboek Uitvoering Bekistingen van Stubeco.

De stijfheid van de bekisting wordt in belangrijke mate bepaald door het ontwerp van de bekisting: welke materialen worden er gebruikt, wat zijn de afmetingen van de dragers en gordingen, wat zijn de hart-op-hartafstanden? Alle onderdelen zijn hierbij bepalend. De vervorming van het oppervlak is immers een optelsom van de vervorming van de gordingen, de dragers en de contactbekisting. Voor het maken van een ontwerp gelden een aantal uitgangspunten:

- Wat is de betonspeciedruk?
- Welke materialen zijn beschikbaar?
- Wat zijn de wensen ten aanzien van aantal en positionering van de centerpennen?

Met deze gegevens kan een bekistingsengineer (bijvoorbeeld werkend bij een aannemer of bekistingsleverancier) een zo optimaal mogelijk ontwerp realiseren, daarbij rekening houdend met de kosten en afmetingen van de panelen.

2.2. Betonspeciedruk

De betonspeciedruk bepaalt de krachten die op de bekisting worden uitgeoefend en daarmee de vervorming die zal optreden. De betonspeciedruk is vooral afhankelijk van de stijgsnelheid, de storthoogte, de buitentemperatuur, de specietemperatuur, de consistentie, de verdichtingsmethode en toepassing van plastificeerders/vertragers. De druk zal door de uitvoerende partij moeten worden opgegeven. Op basis van deze gegevens kan de bekistingsengineer de vervorming van de bekisting bepalen.

2.3. Materiaal

Bij een ontwerp van een bekisting zal er vaak rekening worden gehouden met het materiaal dat beschikbaar is. Hierbij geldt dat verschillende materialen verschillende eigenschappen hebben en dus bepalend zijn voor de stijfheid van de bekisting als geheel. Voor het materiaal kan een keuze worden gemaakt tussen hout, staal of aluminium. Het ontwerp zal altijd een combinatie zijn van materiaaleigenschappen, dimensies en maatvoering van diverse componenten, waarin het geheel de sterkte bepaalt.

2.3.1. Hout

Bij traditionele bekistingen bestaat de gehele bekisting uit hout: de gordingen, de dragers (beide meestal baddinghout) en de contactbekisting. Bij grootwandbekistingen worden voor de dragers meestal houten systeemdragere gebruikt die door hun profilering stijver zijn dan baddinghout. Ook de contactbekisting is in dit geval van hout. (De gordingen zijn in dit geval meestal van staal.) Hout is voor vele toepassingen geschikt, behalve bij extreem grote belastingen.

Er moet bij hout speciaal worden gelet op de oplegdruk. Die mag niet groter worden dan hetgeen maximaal opneembaar is.

De contactbekisting moet verder ook dik genoeg zijn. In Nederland wordt vaak een dikte van 18 mm gebruikt terwijl 21 of 27 mm vaak een veel beter resultaat geeft.

Tot slot is een aandachtspunt dat bij het toepassen van multiplex de vezelrichting van de buitenste laag loodrecht staat ten opzichte van de dragers. Op die manier wordt de grootste stijfheid verkregen.

2.3.2. Staal

Staal wordt bij grootwandbekistingen ingezet voor de gordingen, waarbij de dragers en de contactbekisting uit hout bestaan. Hierbij worden veelal standaardproducten gebruikt zoals UNP-profielen. Bij stalen bekistingen bestaan ook de dragers en de contactbekisting uit staal.

Staal is een sterk, stijf en slijtvast materiaal. Vanwege de hoge sterke en stijfheid zijn minder of zelfs geen centerpennen nodig en is het materiaal vooral interessant bij grote belastingen. Vanwege de slijtvastheid is een grote repetitie mogelijk. Aandachtspunt bij het samenstellen van een stalen bekisting is de vervorming die kan optreden bij hoge temperaturen of bij lassen.

2.3.3. Aluminium

Bij grootwandbekistingen kan aluminium worden ingezet voor de dragers en de gordingen. De contactbekisting is meestal van hout. Aluminium is sterk, slijtvast en licht (3 maal zo licht als staal), maar veel minder stijf dan staal. Ook is aluminium gevoeliger voor schade en moeilijker te repareren. De E-modulus is wel een factor 3 lager. Dit moet worden gecompenseerd door grotere of meer profielen.

2.4. Positionering profielen

Het mag duidelijk zijn dat hoe kleiner de afstand tussen de dragers en de gordingen is, des te stijver de constructie zal zijn. Uiteraard werkt een grotere hoeveelheid materiaal echter kosten- en gewichtverhogend. Op basis van benodigde stijfheid moet dus een optimum worden gezocht tussen het aantal profielen en de dimensionering ervan.

Het aantal dragers en dan vooral de onderlinge afstand, wordt in belangrijke mate bepaald door de afmetingen van de platen van contactbekisting die op deze dragers worden bevestigd. Een plaat zal namelijk altijd moeten eindigen in het hart van een drager. Dit geldt alleen bij naden evenwijdig aan de dragers binnen een element. Aan de rand van een element loopt de plaat in de praktijk iets verder door dan de randdrager.

Voor de platen worden zo veel mogelijk standaardmaten gebruik. Dat is althans het meest economisch. De plaatafmetingen zijn uiteraard van invloed op het uiterlijk.

2.5. Eisen

Aan de doorbuiging van de bekisting worden in geval van schoonbeton strenge eisen gesteld. In CUR-Aanbeveling 100 (CUR100, [1]) gelden voor de oppervlakteklassen B1 en B2 vaste eisen (tabel 2.6). Hierbij is onderscheid gemaakt in civiele werken en niet-civiele werken, zoals woningbouw of utiliteitsbouw. De eisen zijn afhankelijk van de gebruikte beoordeling (zie hoofdstuk 2.6 'Controle').

	klasse B1		klasse B2
	civiel	niet-civiel	
vlakheid klein oppervlak gemeten met rei 400 mm	≤ 2 mm	≤ 2 mm	≤ 2 mm
vlakheid groot oppervlak gemeten met rei 2 m	≤ 7 mm	≤ 5 mm	≤ 2 mm

Figuur 2.6 Maatafwijking bekist oppervlak conform Tabel 3 CUR100

bron: VOB

2.6. Controle

Voorafgaand aan een project moeten de berekening en tekening van de bekisting goed worden gecontroleerd op stijfheid, zodat het eindresultaat aan de genoemde eisen zal voldoen. Ook achteraf moet het oppervlak worden gecontroleerd (foto 2.7).



Foto 2.7 Controle betonoppervlak na ontkisten

De eisen ten aanzien van de controle achteraf staan vermeld in CUR100. Er moeten twee soorten reien worden gebruikt: een rei van 2000 mm en een rei van 400 mm. Deze moeten op het te beoordelen betonoppervlak worden geplaatst. Vervolgens moet de maximale gaping onder de rei worden gemeten. Deze moet voldoen aan de eisen zoals in het voorgaande besproken. Indien naden, bramen of een profilering in het betonoppervlak de waarneming beïnvloedt, moet de rei worden geplaatst op blokjes van gelijke dikte aan het uiteinde van de rei waarmee de naad, braam of het profiel wordt overbrugd. Vervolgens wordt weer de maximale gaping gemeten die voor de beoordeling van de eis wordt gecorrigeerd met de hoogte van de blokjes.



Foto 2.8 Grootwandbekisting (i.c.m. schijnconussen)

Foto: Doka

De beoordeling op vlakheid is niet bedoeld om maatafwijkingen als scheefstand en dergelijke te beoordelen. Binnen de context van deze CUR-Aanbeveling betreft het slechts het beoordelen van de 'vlakheid' van het betonoppervlak, ongeacht de helling of richting.

Een beoordeling op vlakheid moet in verschillende richtingen worden uitgevoerd op plaatsen waar twijfel bestaat over het voldoen aan de eis. Over het exacte aantal metingen en precieze positie is niets vastgelegd.

3. AANDACHT VOOR DE DETAILLERING

Bij het realiseren van ter plaatse gestort schoonbeton vraagt de detaillering van de bekisting veel aandacht. Het gaat onder meer om de stornaden en aansluitingen.

3.1. Stornaden

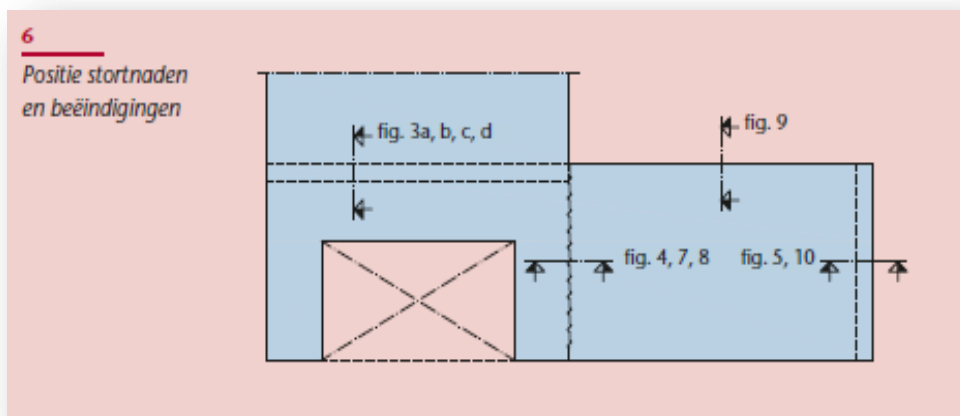
Een betonconstructie wordt om economische en praktische redenen niet in één keer maar in verschillende delen gestort. Hierdoor ontstaan er stornaden. Deze stornaden zijn zichtbaar en bovendien is de kwaliteit van het beton ter plaatse van deze naden extra kritisch. Daarom moeten zeker in geval van schoonbeton goede esthetische oplossingen worden bedacht. Deze oplossingen moeten er vooral op zijn gericht lekkages ter plaatse van de aansluiting te voorkomen. Lekkages zullen zich namelijk altijd aftekenen als gevolg van het weglopen van water en cementpasta. Dit veroorzaakt plaatselijk een lagere water-bindmiddelfactor, wat zichtbaar blijft als een ruwe en onregelmatige textuur, ook wel bekend als grindnesten (foto 3.1).



Foto 3.1 Grindnest

3.2. Positie stornaden

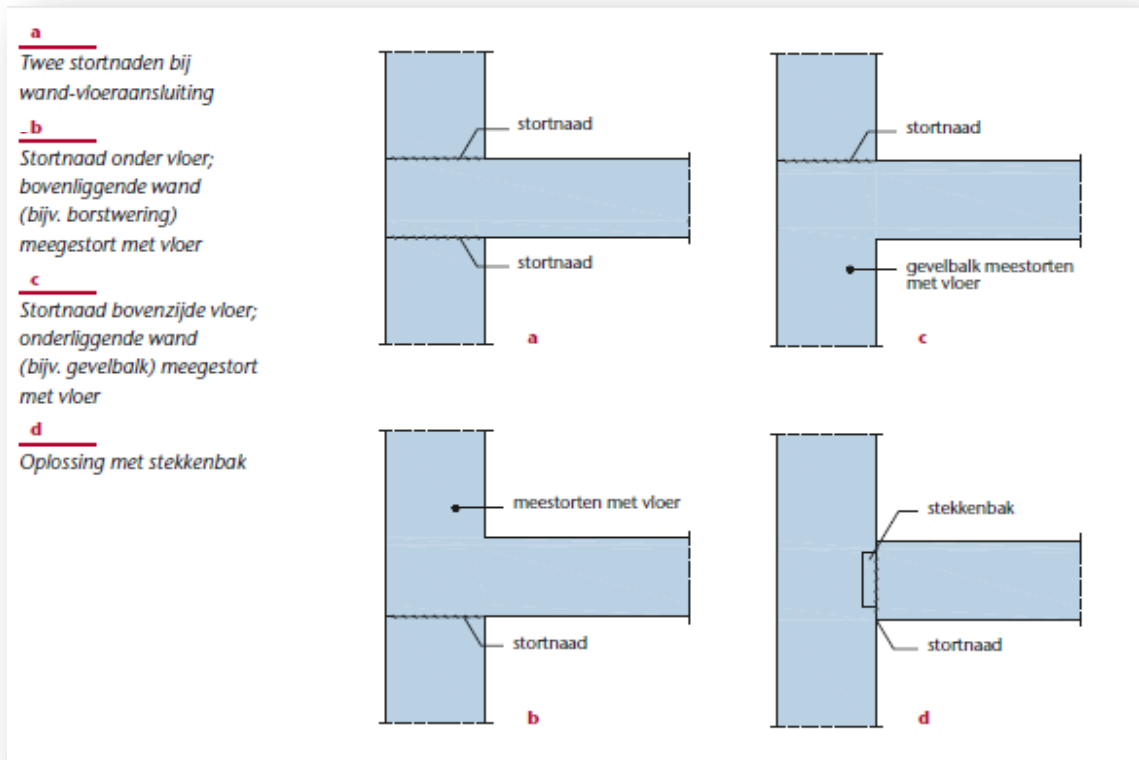
Over de positie van de stornaden moet vooraf goed worden nagedacht en overlegd met de opdrachtgever. Daarbij zijn diverse principekeuzen mogelijk. Te onderscheiden zijn wand-vloeraansluitingen, wand-wandaansluitingen (horizontaal en verticaal) en hoeken (figuur 3.2).



Figuur 3.2

3.2.1. Wand-vloeraansluiting

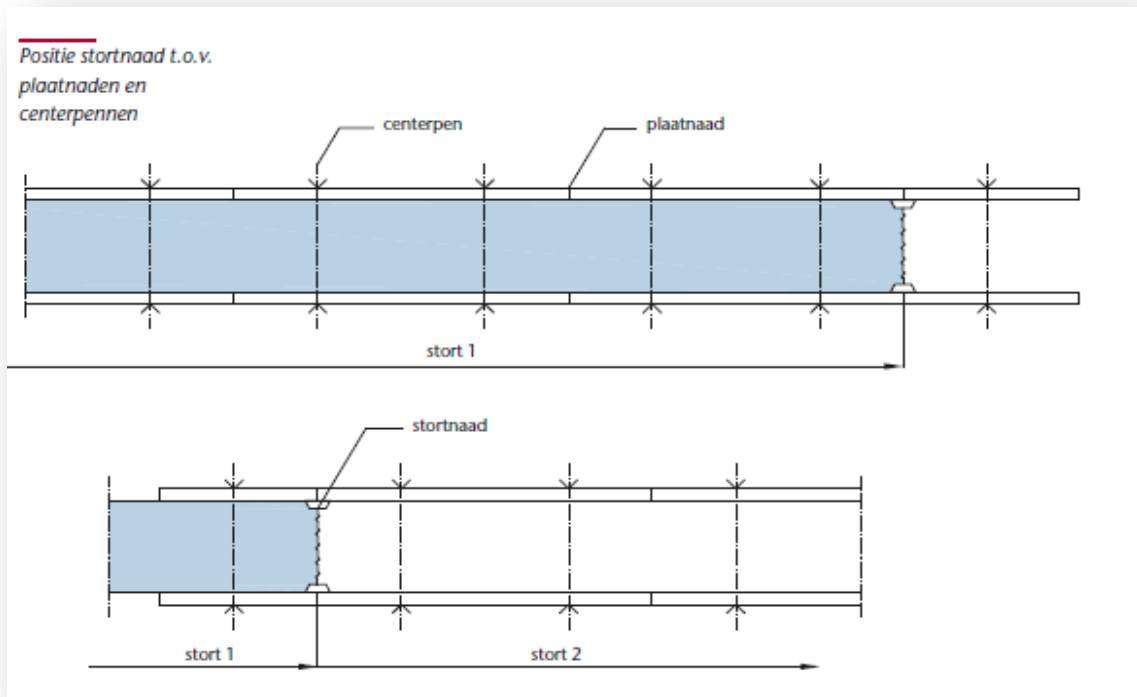
Bij de aansluiting tussen wand en vloer ontstaan bijna altijd één of meer stortnaden, afhankelijk van hoe de aansluitingen worden gerealiseerd. Als de wand, de vloer en de bovenliggende wand apart worden gestort, ontstaan twee stortnaden (figuur 3.3a). Een van deze stortnaden kan worden geëlimineerd als samen met de vloer ook (een deel van de) bovenliggende of onderliggende wand wordt meegestort, bijvoorbeeld de borstwering (figuur 3.3b) of de gevelbalk (figuur 3.3c). Bij toepassing van een stekkenbak ontstaan helemaal geen stortnaden in de wand (figuur 3.3d). Constructief is dit echter niet altijd mogelijk.



Figuur 3.3

3.2.2. Wand-wandaansluiting

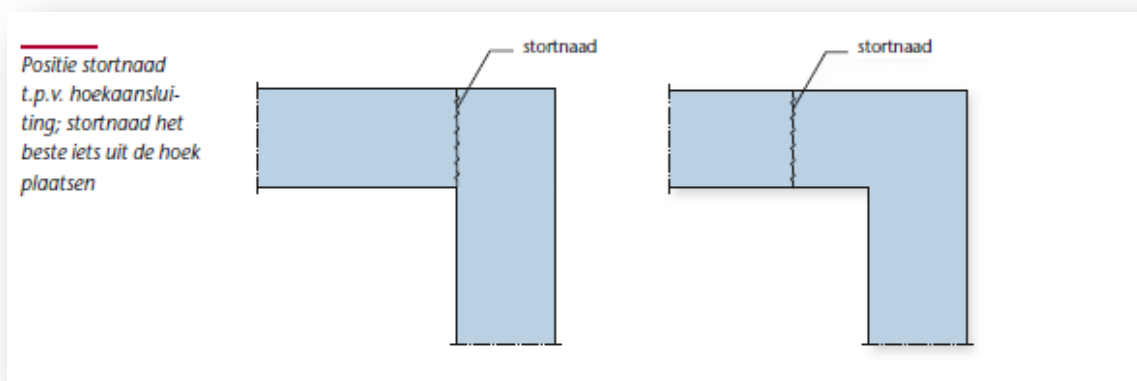
Voor wanden is het doorgaans nodig bekistingselementen meerdere keren in te zetten, waardoor ook hier stortnaden ontstaan. Het verdient de voorkeur het patroon van deze stortnaden aan te laten sluiten bij het plaatnadenpatroon dat bestaat binnen het element. Om dat mogelijk te maken, is het wenselijk de bekisting verder door te laten lopen dan waar het beton eindigt (figuur 3.4). Speciale aandacht moet uitgaan naar de positie van de centerpennen (zie onder kop 'Detaillering stortnaden en beëindigingen'). Aandachtspunt bij toepassing van profielmatten in de bekisting is dat de matten een fabrieksproduct zijn met eigen maatvoering en daardoor nooit precies even groot zijn als de bekistingselementen. Daarom is juiste afstemming met stortnaden, aansluitingen en centerpennen nodig. Let bij toepassing van stortnaadlatten op de dekking (fig. 3.4 en 3.7).



Figuur 3.4

3.2.3. Hoekaansluitingen in wanden

Als een wandstort exact in de hoek wordt beëindigd, leidt dat vaak niet tot een mooi eindresultaat. De kans op lekkages is hier immers groter. Het is mooier de stortnaad iets uit de hoek te positioneren (figuur 3.5). Hiervoor is wel een duurdere hoekbekisting nodig.



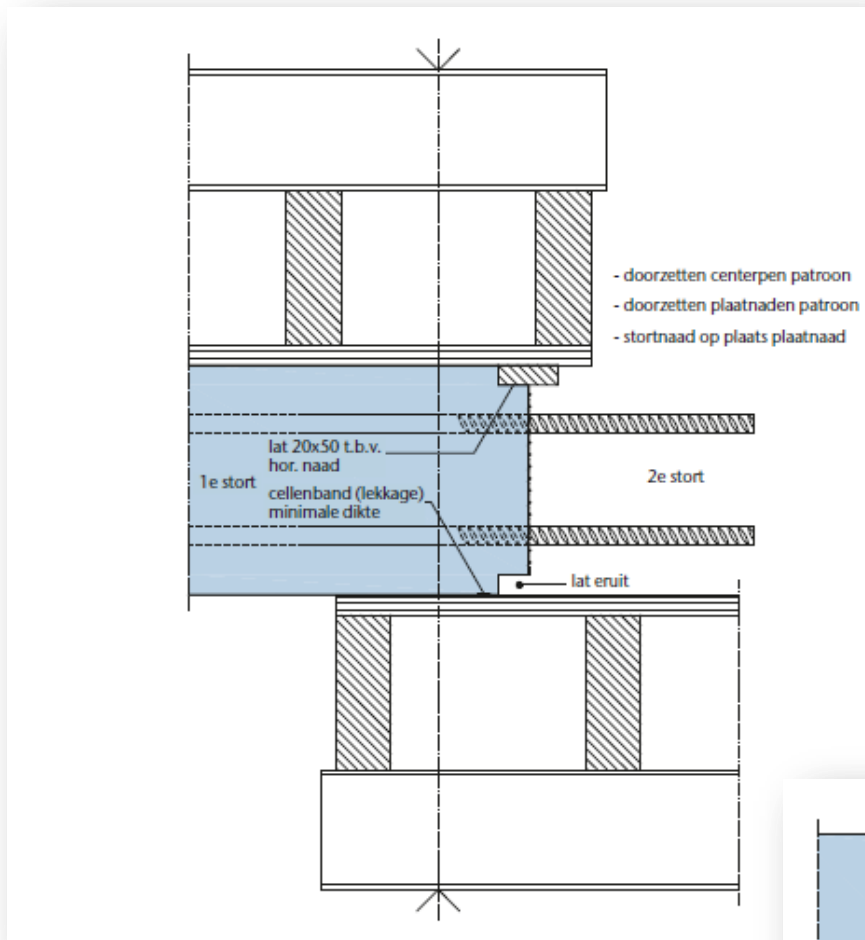
Figuur 3.5

3.3. Detaillering stornaden en -beëindigingen

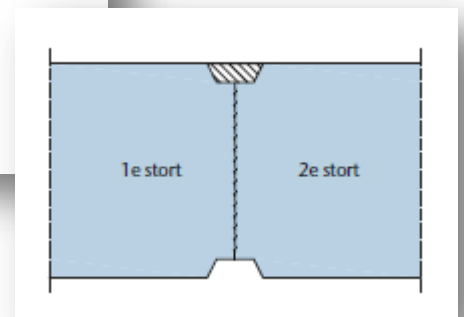
Niet alleen de positie, ook de detaillering van de stornaden en -beëindigingen is bepalend voor het eindresultaat. Enkele veelvoorkomende oplossingen zullen hier worden beschreven, mede aan de hand van tekeningen (figuur 3.6 t/m 3.10).

3.3.1. Horizontale en verticale stornaden

Omdat de stortnaad (bijna) altijd zichtbaar is, verdient de uitvoering ervan extra aandacht. Het is aan te raden de naad extra scherp uit te voeren door een stortlat toe te passen (figuur 3.6), die voor een tweede stort wordt verwijderd. Ook kan de naad extra worden geaccentueerd door het aanbrengen van een cannellurelat in de bekisting, die pas achteraf wordt verwijderd (figuur 3.7). Bij dergelijke oplossingen moet rekening worden gehouden met de minimaal benodigde dekking op de wapening. Bij een stort tegen het bestaande beton aan, kan het beste de centerpensparing van het bestaande beton worden gebruikt (figuur 3.6). Om lekkages te voorkomen, is het aan te bevelen bij die aansluiting een cellenband toe te passen.



Figuur 3.6 Uitvoering stortlat en gebruik centerpensparing.

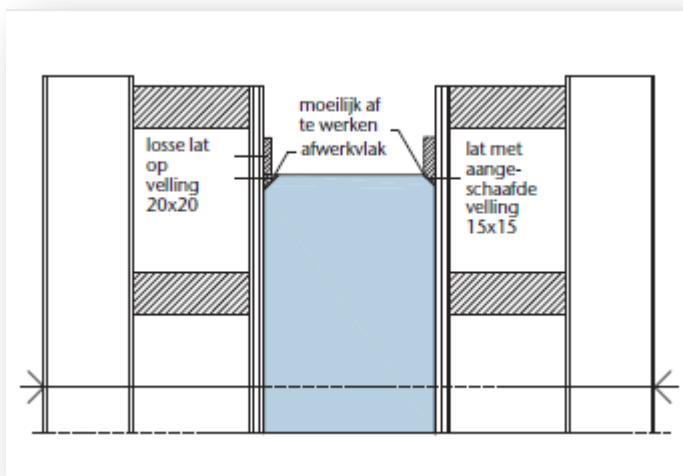


Figuur 3.7 Detaillering verticale stortnaad wand met schijnvoeg .

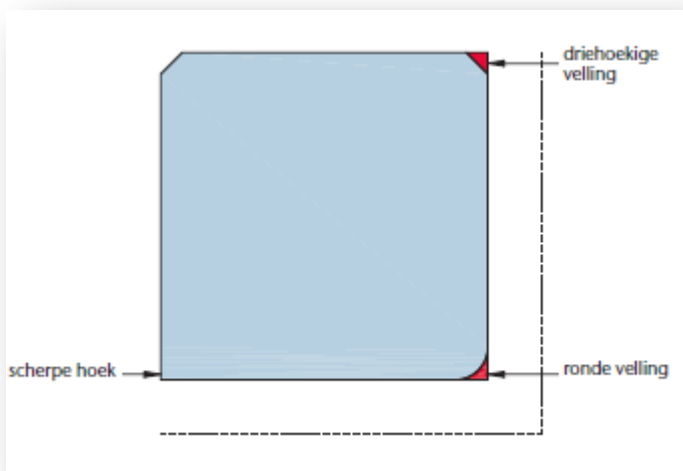
3.3.2. Beëindigingen

Scherpe hoeken bij de beëindiging aan de bovenzijde van een wand kunnen het beste worden voorkomen, omdat deze kwetsbaar zijn. Door gebruik te maken van stortlatten met aangeschaafde velling kan een vellingkant worden gecreëerd (figuur 3.8). Een alternatief is een vellinglat met een losse lat erop. Bij deze oplossing is het op hoogte afwerken van het beton eenvoudiger.

Ook bij kolommen kunnen de hoeken beter niet scherp worden uitgevoerd omdat de kans op afbrokkelen dan groter is en er een risico op lekkages ontstaat. Een betere oplossing is een driehoekige of ronde vellinglat (figuur 3.9). De ronde vellinglat vraagt extra aandacht omdat hij op 'nul' moet aansluiten op het rechte deel. In frezen is een oplossing.



Figuur 3.8 Twee oplossingen voor detaillering horizontale beëindiging; links: losse vellinglat met losse lat erop; rechts: lat met aangeschaafde velling



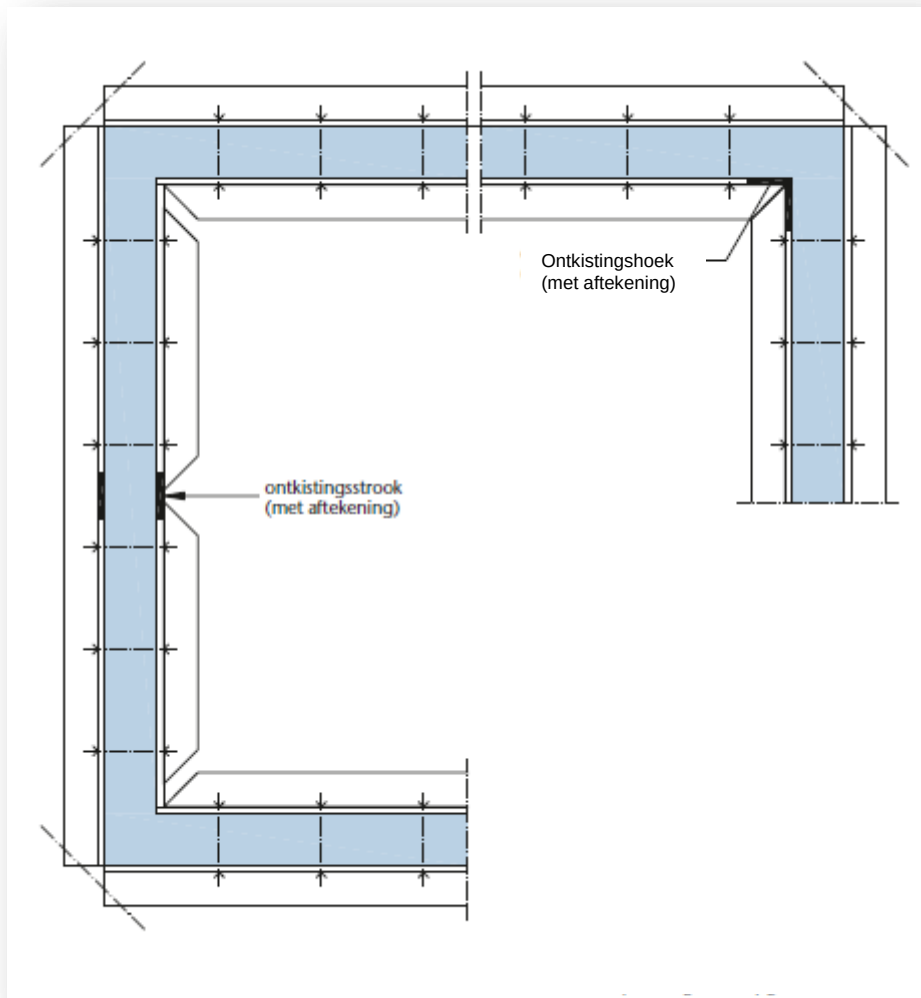
Figuur 3.9 Drie verschillende oplossingen voor de hoeken van een kolom

3.3.3. Sparingen

Sparingen in wanden worden gerealiseerd door in de wandbekisting een extra sparingsbekisting op te nemen. De kwaliteit van dit materiaal mag niet worden verwaarloosd. Het wordt aanbevolen geen goedkope spaanplaat te gebruiken en ervoor te zorgen dat het materiaal goed wordt afgelakt. Ook moet goed naar de aansluiting in de hoeken worden gekeken. Kopshout zal zich vrijwel altijd aftekenen in het beton, tenzij de delen in verstek worden gezaagd. Speciaal aandachtspunt is dat ook onder de sparring voldoende beton terechtkomt en dat dit voldoende wordt verdicht.

3.3.4. Opgesloten hoeken

Een ander aandachtspunt is de binnenzijde van een wandbekisting die door verschillende wanden wordt opgesloten, bijvoorbeeld bij een kern. In deze gevallen moet ruimte worden gecreëerd om de bekisting te kunnen lossen. Oplossingen hiervoor zijn een ontkistingshoek of, eenvoudiger, een ontkistingsstrook (figuur 3.10). Hierbij moet erop worden gelet dat deze oplossingen zichtbaar zullen zijn in het eindresultaat.



Figuur 3.10 Oplossingen voor opgesloten hoeken

3.4. Plaatsing, transport en opslag

3.4.1 Plaatsing

Het stellen van een wandbekisting begint bij het plaatsen van de stelkist. Normaal gesproken zal de stelkist worden toegepast voor de zichtzijde en wordt de sluitkist gebruikt voor de niet-zichtzijde. Bij de stelkist bestaan er immers minder belemmeringen voor de uitvoering van details. Als voor beide zijden van de wand speciale eisen voor de oppervlaktekwaliteit gelden, zijn bijzondere oplossingen nodig.

3.4.2 Stellen

Voordat aan het stellen wordt begonnen, moet er goed worden gemaaktvoerd en moeten de afmetingen van de elementen worden gecontroleerd. Hiermee moet men erop letten dat de horizontale naden goed worden uitgelijnd. Bij schoonbeton moet men zich daarbij extra bewust zijn van de details. Staat de bekisting eenmaal op haar plek, dan is het zaak te voorkomen dat er vuiligheid in of op de bekisting terechtkomt. Vooral bij liggende bekistingen is dat geen sinecure. Er wordt overheen gelopen en rommel en binddraad blijft er gemakkelijk op liggen. Een uitkomst is dan om vlak voor de stort de bekisting schoon te spuiten. Dit moet uiteraard niet ten koste gaan van het eventueel aanwezige ontkistingsmiddel. Ook moet er een mogelijkheid zijn af te komen van het spoelwater. Dit kan bijvoorbeeld door spoelluiken in de bekisting op te nemen.

3.4.3 Transport

Tijdens het transport bestaat een verhoogd risico op beschadigingen. Dit geldt ook tijdens het hijsen van de bekisting.

3.4.4. Opslag

Tijdens de opslag moet worden voorkomen dat weersinvloeden de kwaliteit van de bekisting verminderen. Een van de problemen kan zijn de vorming van roest bij stalen bekistingen. Moet een bekisting kort worden opgeslagen, bijvoorbeeld tijdens een project, dan biedt een ontkistingsmiddel uitkomst. Als opslag voor langere tijd nodig is, kan het nuttig zijn de bekisting te conserveren met wax of andere conserveringsmiddelen.

3.5. Overige aandachtspunten

Voor een goed eindresultaat van schoonbeton moet op de bouwplaats met meer zaken dan alleen de bekisting rekening worden gehouden. Inhoudelijk wordt er in dit rapport verder niet op deze aandachtspunten ingegaan. Als overige aandachtspunten zijn te noemen:

- beton (grijstint, betonsamenstelling)
- wapening (voorkomen aftekening, dekking)
- ontkistingsmiddel (dun aanbrengen, zie hoofdstuk 4 'ontkistingsmiddelen')
- storten (o.a. stortsnelheid, storthoogte)
- stortfront (continu storten)
- verdichten (zorgvuldig trillen voor een egale verdichting, beschadigingen aan de bekisting voorkomen)
- verharding (voorkomen scheurvorming, gelijke verhardingscondities)
- ontkisten (juiste sterkte/rijpheid, voorkomen beschadigingen)
- nabehandelen (voorkomen uitdroging, zie artikel 'Het belang van een goede nabehandeling' uit Betoniek 2016/2)
- nabewerken (reparaties en esthetische nabewerkingen)
- bij hellende vlakken die zijn ingesloten door bekisting ontstaan snel luchtbellen.

4. ONTKISTINGSMIDDELEN

Het juiste gebruik van het juiste ontkistingsmiddel is essentieel voor het verkrijgen van het gewenste resultaat met schoonbeton.

Bij bekistingen kan onderscheid worden gemaakt tussen zelflossende en niet-zelflossende bekistingen. Bij zelflossende bekistingen hoeft geen ontkistingsmiddel te worden toegepast. Vanuit gezondheid en milieu heeft dat grote voordelen. Bij zelflossende bekistingen moet je denken aan bekistingsmembranen die op de bekisting worden aangebracht (bijvoorbeeld Zemdrain) of kartonnen kokers voor het storten van kolommen. Zelflossende bekistingen worden niet op grote schaal toegepast.

4.1. Doel ontkistingsmiddelen

Bij niet-zelflossende bekistingen moet gebruik worden gemaakt van een ontkistingsmiddel, ook wel betonlosmiddel genaamd. Dit middel wordt vóór het storten van de betonspecie aangebracht op de contactbekisting, het deel van de bekisting dat in contact komt met het beton.

Het doel hiervan is te voorkomen dat er hechting optreedt tussen beton en bekistingsmateriaal. Het 'jonge' beton zou in geval van hechting bij het ontkisten namelijk zeker beschadigen, vooral bij profileringen en hoeken. Ook zorgt het ontkistingsmiddel ervoor dat er geen cementsluier achterblijft in de bekisting, dat het oppervlak van het beton zo egaal mogelijk van kleur is en dat het aantal luchtbelletjes wordt beperkt. Een ontkistingsmiddel voorkomt tevens uitdrogen van de plaat en beschermt de coating tijdens opslag. Ontkistingsmiddel speelt dus een grote rol als het gaat om schoonbeton.

4.2. Soorten ontkistingsmiddelen

Ontkistingsmiddelen bestaan in vele soorten en uitvoeringen. Er zijn dit moment meer dan vierhonderd verschillende ontkistingsmiddelen op de markt. Meestal wordt als ontkistingsmiddel een olie gebruikt. In dat geval wordt ook wel van ontkistingsmiddel gesproken. Dit is vaak een minerale olie, maar het kan ook een plantaardige olie zijn (figuur 4.1). Aan de olie wordt al dan niet een oplosmiddel toegevoegd, dat de verwerkbaarheid kan verbeteren. Er kan daarnaast onderscheid worden gemaakt tussen fysisch werkende ontkistingsmiddelen en chemisch werkende middelen. Fysisch werkende middelen brengen een scheidingslaag aan tussen de bekisting en de betonhuid. Bij de chemisch werkende middelen ontstaat een laag door een wisselwerking tussen het middel en de betonhuid.

4.3. Classificatiesysteem ontkistingsmiddelen

Met behulp van ondubbelzinnige criteria kan elk ontkistingsmiddel worden ingedeeld in een van de klassen 1 t.m. 5, volgens de BLF-classificatie (BLF staat voor Stichting Beton Losmiddel Fabrikanten). Hierbij is een product uit klasse 1 het minst schadelijk voor gezondheid en milieu en een product uit klasse 5 het meest schadelijk. De gebruiker kan hiermee in samenwerking met de leverancier voor elke situatie een ontkistingsmiddel kiezen dat voor de betreffende toepassing zo milieu- en arbovriendelijk mogelijk is.

- BLF KLASSE 1 - Voornamelijk gebaseerd op herwinbare grondstoffen, goed totaal biologisch afbreekbaar; oplosmiddelvrij, 'ready biodegradable' conform OECD 301 B, C, D of F; geen R-zinnen conform de Wet milieugevaarlijke stoffen, ten minste 75% (excl. water) herwinbare grondstof, vlampunt > 100 °C.

- BLF KLASSE 2 - Gebaseerd op mengsels van minerale en herwinbare oliën; redelijk goed totaal biologisch afbreekbaar; oplosmiddelvrij, ten minste 70% afbreekbaar conform OECD 301 B, C, D of F, (exclusief '10 days window'); geen R-zinnen conform de Wet milieugevaarlijke stoffen m.u.v. R-65, vlampunt > 100 °C.
- BLF KLASSE 3 - Goed primair afbreekbaar; kan een oplosmiddel bevatten. Meer dan 80% afbreekbaar volgens CEC-L-33-A-93 test; geen R-zinnen conform de Wet milieugevaarlijke stoffen m.u.v. R-65, vlampunt > 61 °C.
- BLF KLASSE 4 - Kan een oplosmiddel bevatten; geen afbreekbaarheidsgegevens bekend en/of onvoldoende afbreekbaar; geen R-zinnen conform de Wet milieugevaarlijke stoffen m.u.v. R-65, vlampunt > 61 °C.
- BLF KLASSE 5 - Overige producten. Oplosmiddelhoudend; is geëtiketteerd met R-zinnen en slecht afbreekbaar.

4.4. Minerale oliën

Minerale oliën zijn geproduceerd uit aardolie. Dit zijn fysisch werkende ontkistingsmiddelen die een vettig laagje tussen de mal en het verse beton vormen. Ze zijn gemakkelijk te verwerken en geven goede resultaten. Niet in de laatste plaats omdat er veel ervaring mee is. Nadeel van deze producten is dat ze slecht afbreekbaar zijn in het milieu en gezondheidsschade kunnen veroorzaken. De olie kan het grond- of oppervlaktewater verontreinigen. Minerale olie met oplosmiddelen dringt dieper in achtergebleven vuil op de bekisting door en is daardoor ook nog werkzaam indien de bekisting nog enigszins is vervuild door cement- of vetsluier. Bij toepassing van een minerale olie is de kans op het ontstaan van luchtbellen in het betonoppervlak groter dan bij emulsies op basis van een plantaardige olie.

4.5. Plantaardige oliën

Plantaardige oliën, de zogenoemde VERA's (Vegatable Release Agents), zijn een groep ontkistingsmiddelen die in populariteit toeneemt. VERA's zijn veelal op basis van koolzaadolie, raapolie, sojaolie, zonnebloemolie, of esters (gemodificeerde plantaardige olie). Het zijn chemisch werkende ontkistingsmiddelen die een reactie aangaan met kalk uit de betonspecie. Pas dan wordt het eigenlijke ontkistingsmiddel gevormd. Voordeel van plantaardige oliën is dat deze mens- en milieuvriendelijker zijn dan de minerale oliën.

Plantaardige oliën (VERA's) zijn in twee soorten leverbaar:

- Blank of puur, zonder water. Deze zijn niet met water te vermengen. Ze zien eruit als de minerale oliën, maar hebben niet dezelfde sterke geur.
- Als emulsie, vermengd met water. Dit zijn melkachtige producten. Na het aanbrengen verdampt het water en blijft er op de bekisting een zeer dunne, egale laag ontkistingsmiddel achter.

In de praktijk worden plantaardige oliën voor het ontkisten bijna altijd als emulsie toegepast en dus verdund met water, vanwege de hoge viscositeit. Pure plantaardige olie wordt wel vaak toegepast als beschermingsmiddel. Plantaardige oliën zijn duurder dan minerale oliën en vragen een wat zorgvuldiger aanpak bij het aanbrengen. De olie kruipt niet en vloeit niet uit, maar gaat op het oppervlak 'liggen' en dringt niet in vuil door. Daarom is het noodzakelijk altijd met een schone mal te beginnen. Indien de emulsie goed wordt aangebracht, komen in het betonoppervlak minder luchtbellen voor. Een plantaardige olie is minder hittebestendig dan een minerale olie. De temperatuur mag niet boven 80 °C uitkomen, want dan valt de olie uiteen. Bij toepassing van een stalen tunnelbekisting waarin het beton wordt verwarmd, is het

daarom belangrijk wat langer een lagere temperatuur aan te houden. Emulsies kunnen bij een niet-vorstvrije opslag bevriezen en zullen daardoor instabiel worden. Dit zal de werking van het ontkistingsmiddel ongunstig beïnvloeden. Er bestaan echter ook vorstbestendige emulsies. Deze zijn verwerkbaar tot een temperatuur van $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en kunnen buiten worden opgeslagen tot $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (waarbij de stabiliteit gewaarborgd is).

type ontkistingsmiddel	minerale olie	emulsie (op plantaardige olie-basis)
bekisting	behoeft niet geheel schoon te zijn, achtergebleven cementsluiser zal qua werking geen probleem opleveren	dient goed schoon te zijn, achtergebleven cementsluiser kan problemen opleveren
controle op toegepast type ontkistingsmiddel na het aanbrengen	oppervlak is glanzend	oppervlak is mat
luchtbellen	meer dan bij plantaardige oliën	indien correct aangebracht minder dan bij minerale olie
milieu- en gezondheidsaspect	schadelijk	niet schadelijk
werking	fysisch	chemisch

Figuur 4.1 Verschillen minerale olie en plantaardige olie

bron: VOBN

4.6. Toepassingen

Het ontkistingsmiddel moet zijn afgestemd op het bekistingsmateriaal, onder andere op het absorptievermogen van de contactbekisting en van het productieproces (verwarmde of onverwarmde bekisting). Zo vraagt een gladde, stalen bekisting een andere bekistingolie dan een houten. Bij houten contactbekisting kunnen het best emulsies worden toegepast. Bij gecoate betonplex, kunststof of staal kan het best een verdunde minerale olie worden gebruikt.

4.7. Aanbrengen

De manier waarop het ontkistingsmiddel wordt aangebracht heeft grote invloed op het uiteindelijke uiterlijk van het beton. Het aanbrengen gebeurt meestal met een lagedrukspuit met daarop de juiste nozzle, meestal een vlakstraalsproeier. Het is belangrijk dat de nozzle goed schoon is. Het middel moet gelijkmatig en in dunne lagen worden aangebracht. Een dunner oppervlak geeft een beter resultaat. Te veel ontkistingsolie geeft strepen (foto 4.2), vlekkerigheid of luchtbelletjes aan het oppervlak.



Foto 4.2: Strepen bij een teveel aan ontkistingsmiddel

Er zijn zelfs ontkistingsmiddelen die de phenolcoating van de betonplex aantasten en zo leiden tot bruine vlekken op het beton (foto 4.3). Het best kan worden gewerkt in patronen, dit om er zeker van te zijn dat het gehele oppervlak wordt geraakt. Het ontkistingsmiddel moet zo kort mogelijk vóór het betonstorten op de contactbekisting worden aangebracht. Overtollige olie moet met schone doeken worden weggehaald. Bij het aanbrengen speelt het type beton een rol. Zo moet bij zelfverdichtend beton, door de grote hoeveelheid fijn materiaal in het betonmengsel, het ontkistingsmiddel extra secuur worden aangebracht.



Foto 4.3: Rechts donkere vlekken van ontkistingsmiddel op het schoonbeton in het Waterliniemuseum

foto: Henk Oude Kempers

Watergedragen ontkistingsmiddelen moeten voldoende drogen. Is dat niet het geval dan komt er snel vrije kalk naar het oppervlak, dat aan de lucht zorgt voor carbonatatie en vervolgens wit uitslaat (foto 4.4).



Foto 4.4: Als watergedragen ontkistingsmiddel onvoldoende droogt, komt vrije kalk naar het oppervlak dat wit uitslaat
foto: Peter de Vries

Bij horizontale vlakken (vloerbekistingen) vraagt het ontkistingsmiddel speciale aandacht. Als de wapening in de vloer is aangebracht, is er geen ruimte meer om het middel aan te brengen. Het zou dus ervóór moeten gebeuren. Dat betekent wel dat het lange tijd op de bekisting zit. Er bestaat dan extra risico dat vuil zich hecht aan de olie. Ook is er geen gelegenheid meer de bekisting schoon te spuiten, omdat dan de olie weggespoeld zou worden. In CUR-Aanbeveling 100 wordt geadviseerd bij liggend werk zelfs géén ontkistingsolie toe te passen.

4.8. Conclusie

Toepassing van ontkistingsmiddel is haast een vanzelfsprekendheid. Maar eenvoudig is het niet, zeker niet als het gaat om schoon beton. Voor het beste resultaat is het raadzaam eerst de leverancier van het bekistingsmateriaal advies te vragen en vervolgens een proef te doen met de voorgestelde producten en werkwijze. Ook kan informatie worden ingewonnen bij de leverancier van het ontkistingsmiddel over welk product het meest geschikt is voor schoon beton en over de juiste sproeiprocedure.



Net opgebrachte emulsie



Bekisting ingeneveld met emulsie die bijna is opgedroogd



Bij het juiste type en de correcte verwerking van het ontkistingsmiddel ontstaan geen luchtbellen en blijft het beton egaal van kleur.

Foto's: Cees Cornet, Van den Bergh & Co

Literatuurlijst

- CUR-Aanbeveling 100:2013 – Schoonbeton – specificatie, uitvoering en beoordeling van betonoppervlakken waaraan esthetische eisen worden gesteld, SBRCURnet.
- Uitvoering Schoon Beton, VOBN.

Geraadpleegde bronnen

- Betoniek 11/7 – Plant-aardig lossen.
- Betoniek 9/6 – Ontkistingsmiddelen.
- Handboek Uitvoering Betonwerken Betonvereniging / Stubeco.
- Betonlexicon (www.betonlexicon.nl)
- Er is dankbaar gebruikgemaakt van de kennis en expertise van Cees Cornet van Van den Bergh & Co.