

---

## Notitie – staalvezelbeton in Hectar Funderingsvloeren

---

|                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| <b>Projectnummer:</b>  | 14255                             |
| <b>Documentnummer:</b> | 14255-N01                         |
| <b>Behandeld door:</b> | C.F. Veenink                      |
| <b>Datum:</b>          | 6 oktober 2017                    |
| <b>Project:</b>        | Hectar Funderingsvloeren algemeen |

---

### Staalvezelbeton in Hectar Funderingsvloeren

De Hectar Funderingsvloer kan zowel met traditionele wapening, als gestort met staalvezelbeton met lokaal – indien nodig – bijlegwapening worden uitgevoerd. De keuze voor staalvezelbeton is vooral om Arbo-technische redenen. Het vlechten van wapening is een zwaar en vuil werk, het toepassen van staalvezelbeton geeft een forse beperking op deze werkzaamheden.

### Regelgeving in Nederland

De regelgeving in Nederland op het gebied van staalvezelbeton is op dit moment nog zeer beperkt en loopt ver achter bij de ons omringende landen. Het meest bekend is de CUR 111, staalvezelbeton in bedrijfsvloeren. In deze aanbeveling zijn rekenregels opgenomen betreffende staalvezelbeton. Deze norm is verschenen in 2007 en grotendeels gebaseerd op de kennis uit 2000. Daarnaast is er nog de CUR 245 – Staalvezelbeton kennis en kennisleemte en de CUR 246 – Staalvezelbeton inventarisatie regelgeving. In deze aanbevelingen zijn geen rekenregels voorgeschreven, maar wordt met name de technische stand van zaken beoordeeld. Tot slot is er de BRL 2353, kelderwanden van staalvezelbeton. Deze beoordelingsrichtlijn geeft rekenregels voor toepassing van staalvezelbeton in kelderwanden.

### Regelgeving in de ons omringende landen

In de ons omringende landen wordt staalvezelbeton in tegenstelling tot in Nederland al op grote schaal toegepast. In Duitsland en België worden bijvoorbeeld ongeveer de helft van de nieuw gebouwde woningen gebouwd op een funderingsplaat gewapend met staalvezelbeton, overeenkomstig de Hectar Funderingsvloer. In de meeste van deze landen is de regelgeving voor staalvezelbeton ook goed geregeld.

De meest belangrijke internationale normen gelden in Duitsland en Engeland. In Duitsland geldt de DAFStb-Richtlinie Stahlfaserbeton. Dit document – vergelijkbaar met een Nederlandse CUR aanbeveling – is geschreven als uitbreiding op de Eurocode beton. In Engeland wordt gewerkt met de Modelcode, hier maakt staalvezelbeton onderdeel uit van de betonnorm zelf.

### Eurocode

De huidige Eurocode kent geen regelgeving met betrekking tot staalvezelbeton. Er wordt wel gewerkt aan de nieuwe Eurocode beton. Hierbij komt een aanvullend document met voorschriften over staalvezelbeton. Volgens de huidige planning komt deze norm uit in 2019 a 2020. Als basis voor deze norm gelden de eerder genoemde DAFStb-Richtlinie en de Modelcode.

### Wat doet Hectar?

Voor de toepassing van staalvezelbeton werkt Hectar samen met Bekaert. Bekaert is de leverancier met de meeste kennis van de regelgeving met betrekking tot staalvezelbeton in Nederland. Dhr. Hoekstra zit namens Bekaert ook in de normcommissie van de nieuwe Eurocode. Op basis van de beschikbare regelgeving heeft Bekaert een eigen rekenmethode voor het staalvezelbeton ontwikkeld. Deze rekenmethode wordt gebruikt voor de Hectar Funderingsvloeren. De rekenmethode is gebaseerd op de CUR 111, omdat dit de meest bekende rekenmethode is in Nederland. Echter, op een aantal punten

schiet deze rekenmethode te kort voor andere toepassingen dan bedrijfsvloeren. Voor deze punten wordt gebruik gemaakt van de kennis uit overige beschikbare normen. De belangrijkste aanpassingen hierin zijn het verhogen van de materiaalfactor van het staalvezelbeton naar 1,5 (bij een levensduur van 50 jaar) en het toepassen van een vormfactor die de momentcapaciteit verlaagd afhankelijk van de grootte van het scheuroppervlakte (kort gezegd: bij een kleine doorsnede heeft een ongelijkmatige verdeling van de staalvezels een grotere impact op de momentcapaciteit dan bij een grote doorsnede).

**Duurzaamheid**

Waar de achterliggende regels en beperkingen met betrekking tot sterkte van de CUR 111 vaak onbekend zijn, geldt dat niet voor de omschrijving met betrekking tot duurzaamheid. In de CUR 111 wordt aangegeven dat wegens onvoldoende ervaringen voor de duurzaamheid op lange termijn, het staalvezelbeton vooralsnog alleen mag worden toegepast bij een levensduur van 15 jaar. Inmiddels is de kennis op dit gebied veel groter en zijn er vele onderzoeken geweest op dat gebied. De Nederlandse BRL 2353 maakt hier al gebruik van door voor kelderwanden van staalvezelbeton geen beperking meer toe te kennen aan de levensduur van staalvezelbeton.

Belangrijker nog zijn de Duitse en Engelse normen. Op dit gebied zijn beide normen het niet volledig met elkaar eens. De Duitse norm schrijft voor dat bij de milieuklasses XS2, XD2, XS3 en XD3 altijd over het gehele oppervlakte wapening aanwezig moet zijn. Voor de overige milieuklasses geldt geen beperking ten opzichte van levensduur of duurzaamheid. Zie ook het onderstaande fragment uit de norm dat dit toelicht:

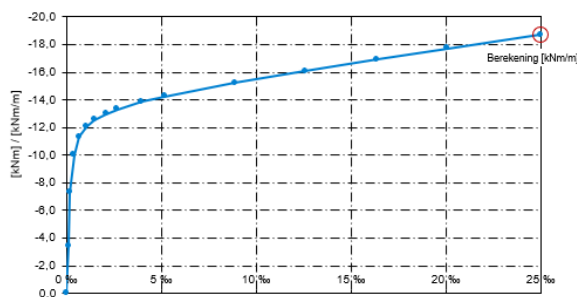
DIN EN 1992-1-1, Absatz (5) wird ergänzt Für Stahlfaserbeton gelten die Mindestbetondeckungen  $c_{min,dur}$  nur für gegebenenfalls eingelegten Betonstahl, nicht jedoch für die Stahlfasern. Fasern können oberflächennah korrodieren und gegebenenfalls Rostverfärbungen verursachen. Eine Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit ist damit nicht gegeben.

Concreet worden geen eisen meer gesteld bij zuiver staalvezelbeton, en bij hybride oplossingen gelden voor de traditionele wapening de eisen gelijkwaardig aan de normen voor traditioneel gewapend beton. Wel met eigen rekenregels vanwege de positieve impact van de staalvezels op de scheurvorming.

De Engelse Modelcode kent geen beperkingen met betrekking tot de milieuklasses. In de Modelcode wordt vermeldt dat zodra zuiver staalvezelbeton wordt toegepast en deze voldoet in de ULS, dat controle op scheurvorming in de SLS niet meer vereist is. Voor hybride oplossingen gelden voor de traditionele wapening in grote lijnen gelijkwaardige eisen als voor traditioneel gewapend beton.

De verklaring waarom scheurvorming bij staalvezelbeton niet snel maatgevend is, is vrij eenvoudig. Onderstaand een moment-tek diagram van staalvezelbeton in de ULS. Hierin is te zien dat het grootste deel van de momentcapaciteit ontstaat voor de eerste scheurvorming. In dit rekenvoorbeeld ontstaat deze scheur bij een moment van circa 12 kNm en is het opneembare moment iets meer dan 18 kNm. Bij de door Hectar toegepaste Bekaert 5D vezels loopt de momentcapaciteit nog licht op na deze scheur (bending hardening), maar bij andere staalvezels kan deze lijn ook vlak zijn of zelfs zakken (bending softening).

**Negative Bending Moment - Strain**



Scheurvorming wordt echter gecontroleerd in de SLS. In het SLS geldt een materiaalfactor van 1,0 voor het staalvezelbeton en een veiligheidsfactor van 1,0 over de belastingen. De momentcapaciteit van het staalvezelbeton neemt hierdoor fors toe en de optredende belastingen nemen fors af. Bij controle in de SLS bevindt het (zuivere) staalvezelbeton zich derhalve altijd in de ongescheurde toestand (dit geldt uiteraard niet voor de posities waar traditionele bijlegwapening aanwezig is).

De Hectar Funderingsvloer wordt uitgevoerd met een milieuklasse XC1 boven (binnenmilieu) en XC2 onder. Het beton heeft geen invloeden van vorst en/of zouten. Het toegepaste EPS werkt niet capillair, maar ook niet waterkerend. Het beton aan de onderzijde is hierdoor vochtig door regenwater en grondwater. Onder de funderingsplaat is weinig mogelijkheid tot verdampen van het vocht waardoor wisselende omstandigheden niet voorkomen. In sommige gebieden kan een agressief milieu voorkomen, dit heeft alleen impact op de eisen aan de betonsamenstelling. Het gebruikte betonmengsel is daarbij geschikt tot XA2.

### **Wettelijk kader**

Toepassing van staalvezelbeton in funderingen is op dit moment formeel niet voorzien in de Nederlandse regelgeving. De toepassing van staalvezelbeton is daarmee een oplossing die moet worden toegepast op basis van gelijkwaardigheid. Daarbij staat het een gemeente vrij om deze gelijkwaardigheid te accepteren of te weigeren.

Doordat staalvezelbeton relatief weinig wordt gebruikt, is bij veel gemeenten onvoldoende kennis aanwezig voor een juiste beoordeling. Dit document geeft alvast meer informatie over de achtergronden van de toepassing van het staalvezelbeton.

Daarnaast is er inmiddels vanuit het COBc (centraal overleg bouwtoezicht, afdeling constructies) een werkgroep opgericht die een advies toetsingsdocument opstelt voor toepassing van staalvezelbeton in funderingen. In deze commissie nemen 4 gemeenten deel, dhr. Hoekstra van Bekaert, prof. Braam van Hageman en ondergetekende namens Hectar/conStabiel. Er wordt op dit moment gewerkt aan een handleiding voor de uitwerking en controle van staalvezelbeton in funderingstoepassingen. Dit document vormt geen formele regelgeving, maar biedt wel de handvaten aan uitvoerende en controlerende partijen over de verwerking en beoordeling van staalvezelbeton.

Staalvezelbeton geeft vaak nog negatieve onderbuikgevoelens door problemen met scheurvorming die veel aanwezig waren in de beginjaren van het staalvezelbeton. Zelfs in huidige tijden komt dit nog weleens voor bij onjuiste uitvoering of engineering van het staalvezelbeton. Maar het product en de kennis zijn ondertussen doorontwikkeld zodat staalvezelbeton succesvol en probleemloos kan worden toegepast.

### **Uitvoering**

Een belangrijk aspect voor staalvezelbeton is de uitvoering. Voor het betonmengsel werkt Hectar samen met Dykerhoff Basal. In samenspraak met Bekaert en Hectar is een speciaal betonmengsel ontworpen voor de Hectar funderingsvloer (de samenstelling is op aanvraag verkrijgbaar). De staalvezels worden in de betonfabriek al opgenomen in het mengsel en op de bouwplaats wordt gecontroleerd of de juiste vezels zijn toegepast. De toegepaste vezels staan op de vrachtbou en ook aan de vorm van de vezels is te zien of de juiste vezels zijn toegepast. De door Hectar gebruikte Bekaert 5D vezels zijn voorzien van een dubbele haak aan beide einden en dit zijn de enige vezels met deze vorm in de markt. In één oogopslag is hierdoor de controle van de vezels uit te voeren.



Bij staalvezelbeton geldt dat niet uitgebreid mag worden gewerkt met een trilnaad. Bij de Hectar Funderingsvloeren wordt een vloeibare betonsamenstelling (F5) toegepast, die goed vult en verdicht. Lokaal in de neus en ter plaatse van eventuele doorvoeren of bijlegwapening wordt kort getrild met de trilnaad. Na de stort wordt de gehele vloer afgetrild met de trilspeen.

Velp 6 oktober 2017

Ing. C.F. Veenink  
conStabiel | Adviseurs in Bouwtechniek