

# Kan een CPF-liner de levensduur van een betonconstructie verlengen?

Vanuit de burgerlijke bouwkunde en vooral vanuit de nucleaire sector klinkt steeds luider de vraag om zeer duurzame betonstructuren te ontwikkelen die uitermate bestand zijn tegen de tand des tijds. Controlled Permeable Formwork Liners, of kortweg CPF-liners, kunnen mogelijk een deel van het antwoord bieden op deze vraag. In het kader van R&D voor de berging van nucleair afval van categorie A (1) werd de invloed van een dergelijke liner op een reële constructie nagegaan door NIRAS (2) in samenwerking met het WTCB.

## Werking van CPF-liners

Een CPF-liner is een selectief doorlatend membraan dat (d.m.v. een mechanische bevestiging of verlijming) aangebracht wordt aan de binnenzijde van een verticale betonbekisting. Het werkingsprincipe is gebaseerd op een filter- en draineringseffect. Het 1 tot 2 mm dikke kunststofmembraan zal immers water en lucht doorlaten terwijl het fijne deeltjes, zoals cement, tegenhoudt. Hierdoor zal de lucht tijdens het storten en verdichten van het beton sneller ontsnappen uit een van CPF-liner voorziene verticale bekisting en zal het overtollige water weggedraineerd worden.

Dit resulteert in een betonoppervlak met een beperkte hoeveelheid luchtbellens en een verhoogde dichtheid omwille van een sterk verlaagde water-cementfactor en een lagere porositeit. Zolang de bekisting blijft staan, zal de vochtige CPF-liner tevens de hydratatie van het cement bevorderen. Deze voordelen kunnen enkel verkregen worden indien het membraan aangebracht werd volgens de aanbevelingen van de fabrikant.

## Huidige kennis over CPF-liners

In de literatuur vindt men slechts een beperkte hoeveelheid informatie terug over de precieze invloed van een CPF-liner op de duurzaamheid (levensduur) van een betonconstructie. Er werden reeds diverse laboratoriumstudies uitgevoerd, vooral naar de invloed van de liners op de chloride-indringing en de carbonatatiesnelheid van het beton. Er werden echter nog maar weinig onafhankelijke studies uitgevoerd naar het effect van een CPF-liner in de praktijk.

Daarom werd besloten om de werking van een industrieel verkrijgbare CPF-liner in-situ



1 | Bekistingsplaat die gedeeltelijk voorzien werd van een CPF-liner

na te gaan. Hierbij werd bijzondere aandacht besteed aan de invloed van de liner op de carbonatatie- en vorst-dooiweerstand van het beton in werkelijke omstandigheden.

## Demonstratieproef

In opdracht van NIRAS werd een demonstratieproef op touw gezet waarbij diverse bouwdelen van een nucleaire bergingsmodule op ware grootte opgericht werden. De betonconstructie waarop de CPF-liner (gedeeltelijk) toegepast werd, is ongeveer 13 m bij 7 m groot en 2,5 m hoog. De wanden zijn 70 tot 85 cm dik en werden volledig opgetrokken uit gewapend beton zonder hernemings- of constructievoegen.

Het beton heeft een water-poederfactor van 0,42 en een poedergehalte van 400 kg/m<sup>3</sup> (360 kg/m<sup>3</sup> CEM I + 40 kg/m<sup>3</sup> kalksteenfiller). Er werd een superplastificeerder op basis van naftaleensulfonaat toegevoegd om de verwerkbaarheid van het beton te verbeteren. De gemiddelde 28-daagse kubusdruksterkte bedroeg ongeveer 60 MPa.

De buitenbekisting (niet-absorberende meergelagige plaat) van één wand werd gedeeltelijk voorzien van een CPF-liner.

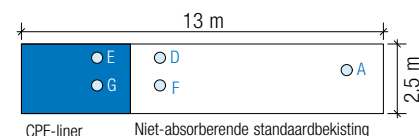
## Beproevingen

Ongeveer drie maanden na het storten werden kernboringen uitgevoerd in de wand met de CPF-liner. Er werden twee groepen boringen uitgevoerd in het gedeelte met de CPF-liner en drie in het gedeelte zonder CPF-liner. De plaatsen van deze kernboringen worden schematisch weergegeven in afbeelding 2.

Vervolgens werden de carbonatie- en de vorst-dooiweerstand (de belangrijkste aantastingsmechanismen voor het betreffende bouwwerk) van de kernen nagegaan. Groepen A, F en G werden onderworpen aan een versnelde carbonatieproef volgens de normen NBN EN 13295 en NBN EN 14630 terwijl groepen D en E onderworpen werden aan een vorst-dooiproef bij afwezigheid van dooizouten volgens de referentiemethode (Slab Test) uit de technische specificatie CEN/TS 12390-9.

De proefstukken voor groepen E en D alsook G en F werden voldoende dicht bij elkaar ontnomen zodat verschillen tussen beide enkel toegeschreven kunnen worden aan de CPF-liner.

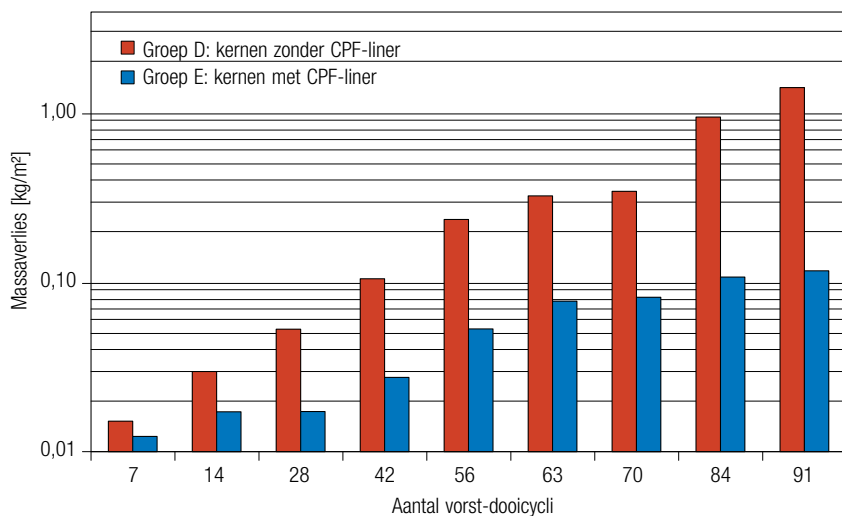
## 2 | Schematische voorstelling van de proefstukname



(1) Laag- en middelactief kortlevend radioactief afval wordt kortweg afval van categorie A genoemd.  
 (2) NIRAS is de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen ([www.niras.be](http://www.niras.be)).



### 3 | Door het gebruik van een CPF-liner werd tot tien keer minder massaverlies gemeten na 91 vorst-dooicycli



#### Gemiddelde carbonatatie diepte van de proefstukken

Proeftijd [dagen]	Carbonatatie diepte [mm]		
	Groep G	Groep F	Groep A
56	0	5	6
112	2	–	7
224	3,5	11	9

#### Resultaten

Afbeelding 3 toont de resultaten van de vorst-dooiproeven op groepen D en E. Hierbij wordt telkens het gemiddelde massaverlies door afschilfering van het betonoppervlak opgegeven, gemeten op vier proefstukken na x aantal vorst-dooicycli. Men kan duidelijk opmerken dat de kernen uit groep E (met CPF-liner) minder massaverlies lijden dan de kernboringen uit groep D (zonder CPF-liner). Na 91 vorst-dooicycli is er zelfs een tienvoudig verschil.

Er werden eveneens versnelde carbonatatieproeven uitgevoerd. De bovenstaande tabel geeft de gemiddelde carbonatatie diepte van twee proefstukken weer op verschillende proeftijden. Bij aanvang van de proef was de carbonatatie diepte van het beton, omwille van de jonge leeftijd van de constructie, nog niet meetbaar. De proef werd uitgevoerd bij 20 °C, 50 % relatieve vochtigheid en 1 % CO<sub>2</sub>. De resultaten tonen aan dat de kernen van groep G, met CPF-liner, duidelijk beter bestand zijn tegen dit aantastingsmechanisme dan deze van groepen F en A, zonder CPF-liner.

Indien deze resultaten bij wijze van voorbeeld geëxtrapolerd worden (8) naar een klassieke constructie met een betondekking van 30 mm (zeer verschillend van de nucleaire bergingsmodule), bedraagt de verwachte levensduur met betrekking tot de corrosie van de wapening door carbonatatie van het beton ongeveer 100 jaar zonder CPF-liner en tot 200 jaar en meer met CPF-liner.

#### Toepassing van een CPF-liner

Zoals eerder vermeld, dient een CPF-liner aan een bekistingsplaat bevestigd te worden. Deze manipulatie is echter niet eenvoudig en kan leiden tot onvolkomenheden (bv. golvingen, verlies van cementmelk, ...). Bij de toepassing van de CPF-liner werd meermaals vastgesteld dat het membraan loskwam na het sluiten van de bekisting en een afdruk achterliet in het beton (zie afbeelding 4). Ook werd bij een andere praktijktoepassing met wanden hoger dan een conventionele bekistingsplaat geconstateerd dat de CPF-liner gedeeltelijk in het beton achterbleef aan de rand van de bekistingsplaat.

Om plooiing te vermijden, moet men bij de bevestiging van het membraan aan de bekistingsplaat een uniforme spanning uitoefenen op het membraan (deze handeling heeft bij voorkeur plaats op de warme uren van de dag om gebruik te maken van de thermische krimp nadien). Daarnaast dient men

ook de tijd tussen het aanspannen van het membraan en het storten van het beton zo kort mogelijk te houden (er mag geen ontkistingsmiddel gebruikt worden) en dient men ervoor te zorgen dat de drainering onderaan de bekisting niet verhinderd wordt. Indien het membraan hergebruikt wordt (sommige producten lenen zich hiertoe), moet de algemene staat ervan goed gecontroleerd worden. Met een hogedrukreiniger kunnen eventuele ophopingen van cementmelk op het oppervlak verwijderd worden. Ten slotte behaalt men de beste resultaten indien men de instructies van de leverancier nauwgezet opvolgt.

#### Besluit

Uit deze studie blijkt dat een CPF-liner de levensduur van een betonconstructie sterk kan verhogen. Men dient er echter rekening mee te houden dat het gebruik van een dergelijke liner in het constructieproces handenarbeid vereist, tijdrovend is en aanleiding kan geven tot schade. Deze nadelen dienen, zeker bij grotere bouwwerken, goed in overweging genomen te worden alvorens een CPF-liner toe te passen.

Voor meer informatie over de oppervlakteberging van radioactief afval van categorie A te Dessel (het cAt-project) kan men de volgende website raadplegen: [www.niras-cat.be](http://www.niras-cat.be). ■



4 | Afdruk in het betonoppervlak door een losgekomen CPF-liner

E. Coppens, ir., projectingenieur, NIRAS

J. Piérard, ir., adjunct-labohef, laboratorium Betontechnologie, WTCB

V. Pollet, ir., adjunct-departementshoofd, departement Materialen, technologie en omhulsel, WTCB

(8) Extrapolatie volgens Papadakis et al. (1991,1992) en het DuraCrete Model (2000).