

# Kwaliteitsverbetering van betonnen verhardingen voor opslag van kuilvoer

H. Zilverberg (hoofd sectie uitvoering bouwwerken en tekenkamer IMAG)  
J. van Geneijgen (onderzoeker sectie techniek en milieu PR)

**De vloeren van rijkuiten of sleufsilos bestaan meestal uit in het werk gestorte beton of uit prefab-betonplaten. Door perssappen uit het kuilvoer, vooral bij industriële afvalprodukten, kan de betonvloer aangetast worden. Op de Waiboerhoeve zijn in april 1988 zes betonvloeren voor kuilvoeropslag aangelegd. Voor het vergelijken van betonkwaliteitsgradaties, gecombineerd met beschermlagen, die de duurzaamheid van betonvloeren voor kuilvoeropslag vergroten.**

De betonvloeren hebben een lengte van 28 meter en een breedte van 6 à 8 meter. Elke betonvloer is aangelegd in 2 stroken van een halve vloerbreedte (watercementfactor, maximaal 0,45), waarvan telkens één strook als referentie is uitgevoerd in betonkwaliteit B 35 en één strook als proefobject.

De proefobjecten zijn:

- Betonkwaliteit B 45 met een watercementfactor van 0,45
- Betonkwaliteit B 35 met silica-fume toevoeging aan de betonmortel (20 kg per m<sup>3</sup>)
- Betonkwaliteit B 35 met vacuum-behandeling.

De vloeren zijn gestort op een zandlaag van gemiddeld 25 cm. Behalve bij het vacuumbeton, is er geen folie op de zandlaag gelegd. De dikte van alle betonvloeren is 0,15 meter en het lengte-afschot is 1,5 cm per meter. Als dwarsafschot is 1 cm per meter aangehouden. In alle verwerkte betonmortel is hoogovencement klasse A toepast en in alle betonmengsels, met uitzondering van de vacuum-beton, is de superplastificeerder Cugla BSP toegevoegd.

Na afwerking van het beton is het oppervlak afgedekt met een kunststoffolie. Dwars over de betonstroken zijn in een breedte van 3 meter de volgende beschermlagen aangebracht:

- Traditionele silolak (2 lagen)
- Een water verdunbare epoxy laag, ingeschuurd door top laag
- Een oplosmiddelhoudende epoxy als impregneer, aangebracht na 7 dagen.

## Vacuumbehandeling

Bij de vacuumbehandeling is het zandbed voorzien van een kunststoffolie. Het beton is afgewerkt met een dubbele trilbalk.

Het vacuum zuigen veroorzaakt een volumeverkleining van het beton, daarom is de betonspecie 5 mm hoger afgewerkt dan de gewenste vloerhoogte. Hierna zijn over het vers afgewerkte betonoppervlak poreuze filtermatten gelegd. Over die filtermatten is de eigenlijke vacuummatt gelegd. Bij het zuigen ontstaat onder de mat een vacuum waardoor een gedeelte van het in het betonspecie aanwezige water via een slang kan weglopen. Het vacuumzuigen duurt ongeveer 40 minuten per behandelingsvlak van ca. 15 m<sup>2</sup>. Het behandelde betonoppervlak is direct beloopbaar. Omdat de filtermatten hun indrukken achterlaten moet het betonoppervlak worden vlakgeschuurd. Dit schuren, van het stijf geworden beton, moet machinaal gebeuren. Hiervoor wordt een zogenaamde vlinder-doorschuurmachine gebruikt.

## Geen grote verschillen

Vlak na de aanleg van de verhardingen werden 31 boorkernen genomen, voor bepaling van de betonkwaliteit. De resultaten van dat onderzoek staan in tabel 1. Wat de druksterkte en dichtheid-nat betreft, waren de kwaliteiten B 45 en Vacuum beter dan de controlekwaliteit B 35, hoewel ook die voldoende was. De kwaliteit *silica-fume* was in beide gevallen iets lager dan B 35. Daarvoor is geen duidelijke verklaring te geven.

Mogelijk kan de watercementfactor, de reactieve hoeveelheid fijn materiaal en de kwaliteit en soort cement een rol spelen. De verschillen tussen de kwaliteiten waren overigens niet groot.

Wat de geforceerde wateropneming betreft waren alle proefkwaliteiten beter dan de controlekwaliteit. Het is opvallend dat de kwaliteit *silica-fume* hier het beste naar voren kwam. Dat is niet geheel in overeenstemming met de dichtheid-nat maar



*Met de vacuüm methode wordt water uit het beton gezogen', via een slang loopt dit water weg.*

dat kan samenhangen met het kleine aantal parallellen (2) bij de geforceerde wateropneming.

### **Gebruik in de praktijk**

Op drie platen (sleufsilos) is vrijwel uitsluitend snijmais ingekuuld met een droge-stofgehalte van 30-38 %. Alleen het eerste jaar is in één sleufsilos voordroogkuil opgeslagen met een droge-stofgehalte van 36 à 37 %. Verder is in één sleufsilos van december 1989 tot augustus 1990 aardappelpersvezel met een droge stofgehalte van 16 % ingekuuld geweest. Daarbij kwam veel perssap vrij. De pH van het perssap was 3,72.

Op de drie andere platen (voor rijkuilen) is altijd voordroogkuil opgeslagen. Slechts één keer werd een partij ingekuuld met een droge-stofgehalte van maar 21 %. In alle andere gevallen was het

droge-stofgehalte 34-66 % en daarbij kwam geen perssap vrij. Ook bij de snijmais kwam nauwelijks of geen perssap vrij.

De betonplaten werden aan de achterzijde het langst belast. Daar werd begonnen met de opslag van de kuil en in verband met het voeren bleef het materiaal daar het langst zitten. Effecten daarvan werden niet waargenomen.

### **Perssap funest**

De perssapgrens is ongeveer 30 % droge stof. Bij voordroogkuil en ook bij snijmais kan in het algemeen gemakkelijk tot een hoger droge-stofgehalte worden gekomen.

Wanneer veel agressief perssap vrijkomt, zoals bij het inkuilen van aardappelpersvezel (pH 3,72) wordt het beton, visueel beoordeeld, zeer snel

**Tabel 1** Resultaten onderzoek boorkernen

	B35	B45	Sil.fume	Vacuüm
Carbonatatie-diepte(mm) <sup>1</sup>	0	0,075	0,075	0,075
Druksterkte(N/mm <sup>2</sup> )	52,5	70,1	51,1	56,7
Dichtheid-nat(Ng/m <sup>3</sup> )	2370	2377	2364	2398
Geforceerde wateropneming%( vol./vol.)	12,2	11,6	11,1	11,8

1) Diepte tot waar kooldioxide uit de lucht gereageerd heeft met het calciumhydroxyde van de cementsteecalcium-carbonaat.

Tabel 2. Resultaten 2e onderzoek boorkernen

	B 35	B 45	Sil.fume	Vacuüm
Carbonatatiepte (mm)	2,00	1,66	3,20	2,00
Geforceerde wateropneming% (vol./vol.)	11,4		10,6	

aangetast. Bij de beoordeling in mei 1990 bleek de betonkwaliteit B 35 erg aangetast te zijn evenals de Stelcon zijwandplaten van de sleufsilos.

Ook de silo waar de aardappelpersvezel was ingekuild (vacuum-beton) was enigszins aangetast. Dat was ook het geval met de beschermplaten. Het is in dit geval de vraag of het prijsvoordeel van de aardappelpersvezel opweegt tegen de schade aan de beton, die op termijn alleen maar groter wordt. In de andere gevallen bleek, na drie jaar gebruik geen zichtbare aantasting. De proefkwaliteiten zijn wel allemaal gladder doen de controlekwaliteit B 35.

Op de betonplaten waar alleen voordroogkuil heeft gelegen, en nooit perssap is vrijgekomen, zijn de beschermplaten nog goed. In de sleufsilos waar snijmais werd ingekuild zijn alle beschermplaten op de controlekwaliteit B 35 aangetast of gedeeltelijk verweerd. Op de proefkwaliteiten is dat maar weinig of nauwelijks het geval. Er is geen verschil in aantasting te zien tussen de soorten beschermplaten.

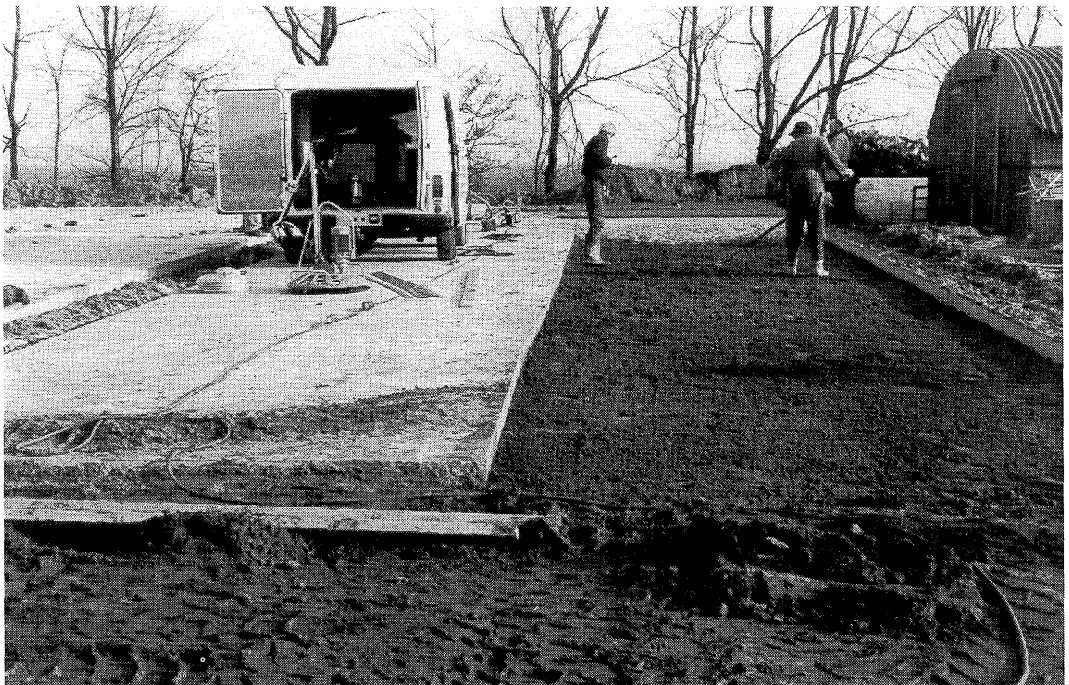
### Carbonatatiepte nog gering

Op 21 juni 1990 zijn 19 boorkernen genomen voor bepaling van de carbonatatiepte en geforceerde wateropneming. De gegevens staan in tabel 2.

Opmerkelijk is dat de carbonatatiepte na twee jaar gebruik van de betonplaten in alle gevallen nog slechts gering is. Ondanks dat in de sleufsilos waar enige tijd aardappelpersvezel was opgeslagen het beton (B 35 en *vacuum*) was aangetast, lag de carbonatatiepte daar zelfs onder het gemiddelde van de betreffende parallellen.

Hoewel de verschillen tussen de betonkwaliteiten zeer klein zijn kan toch worden opgemerkt dat de carbonatatiepte B 45 als beste naar voren komt en *silica-fume beton* wat achterblijft. Het resultaat komt overigens wel overeen met het uitgebreidere onderzoek in 1988. Ook de geforceerde wateropneming vertoont hetzelfde beeld als in 1988.

Bij het boren van de kernen bleek, ondanks de droge vloerooppervlakte, een lichte vochtigheid



Het is aan te bevelen betonvloeren, met een hogere kwaliteit dan B 35, op een vozangbed aan te leggen.

van de beton naar de onderzijde van de vloer. De betonvloeren zijn aangelegd op een vochtig zandbed, zonder kunststoffolie.

Aangenomen mag worden dat een constant vochttransport, vanuit de ondergrond in het beton, een gunstige invloed heeft op de carbonatatie-diepte (een vochtige betonvloer zal moeilijker vloeibare stoffen aan de oppervlakte opnemen dan een droge vloer). Het is daarom aan te beve-

len betonvloeren, met een betonkwaliteit van  $B\ 35$  of hoger, voor de opslag van kuilvoer aan te leggen op een vochtig zandbed, zonder gebruikmaking van kunststoffolie op de ondergrond.

Gezien de nog vrij korte gebruikperiode en de tot nu toe verkregen resultaten is het nog niet mogelijk een definitief oordeel te geven over de verschillende betonkwaliteiten. De waarnemingen moeten daarom nog enige tijd worden voortgezet.