
Product-methodeblad nummer 15
**Zandophoging op verticale
zandschermen met bemaling**

Inhoudsopgave

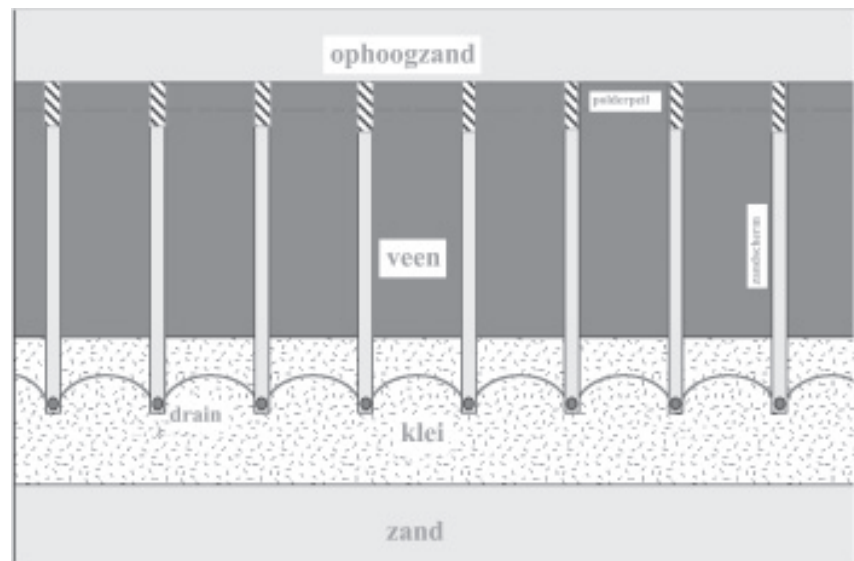
15.1 Algemeen	281
15.1.1 Principe methode	281
15.1.2 Technische levensduur	282
15.1.3 Voor- en nadelen	282
15.1.4 Beperkingen	283
15.2 Ontwerpfase	284
15.2.1 Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek	284
15.2.2 Geotechnische ontwerpaspecten	285
15.2.3 Ontwerpdetails	286
15.2.4 Effect op bestaande weg	286
15.2.5 Effect op omgeving	286
15.2.6 Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen	286
15.2.7 Raming aanlegkosten	289
15.2.8 Risico's, monitoring en maatregelen	289
15.2.9 Duurzaam bouwen	291
15.2.10 Verdere aandachtspunten	292
15.3 Uitvoeringsfase	292
15.3.1 Uitvoeringsmethode	292
15.3.2 K.A.M-zaken	294
15.3.3 Besteksteksten	294
15.4 Beheer en onderhoud	294
15.5 Ombouw / sloop	295
15.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding	295
15.5.2 Sloop	295
15.6 Referenties	295
15.6.1 Ervaringen	295
15.6.2 Literatuur	296

Zandophoging op verticale zandschermen met bemaling

15.1 Algemeen

15.1.1 Principe methode

Met regelmatige tussenafstanden van 2,5 à 5,0 m worden met behulp van een diepdraineermachine parallelle verticale, met zand gevulde sleuven in de bodem aangebracht, zie figuur 15.1. De sleufbreedte bedraagt 0,15 à 0,25 m en de maximum diepte 8 m onder de rupsen, terwijl de lengte enkele honderden meters kan bedragen. Op de bodem van de sleuf wordt een horizontale drain gelegd, waarna de sleuf wordt gevuld met zand. Het graven van de sleuf, het leggen van de drain en het vullen met zand gaat in één werkgang. Aan het ene einde wordt de drain met een "blind" stuk verlengd tot het maaiveld, terwijl het andere einde wordt afgesloten. De bovenzijde van het zandscherm wordt gevuld met ontgraven cohesieve grond. De zandschermen mogen niet in contact komen met de onderliggende watervoerende zandlaag of tussenzandlagen doorsnijden, tenzij deze in hydrologische zin zijn afgesloten van de omgeving.



Figuur 15.1 Principe methode (dwarsdoorsnede over de zandschermen)

Via de drains worden de zandschermen bemalen. De grondwaterstand in de zandschermen daalt hierdoor snel. Na verloop van tijd daalt ook de grondwaterstand in de tussenliggende grond.

Meestal wordt eerst alleen grondwater onttrokken. Na verloop van tijd wordt soms ook lucht afgezogen en ontstaat enige onderdruk in het zandscherm. Een voorwaarde om dit te bereiken is dat de bovenkant van het zandscherm goed is afgesloten en dat het zandscherm nergens in verbinding staat met andere zandlagen. Afsluiting van de bovenkant van de zandschermen gebeurt door het terugstorten van een deel van de ontgraven grond. Ook kan een folie worden aangebracht. Het bodemprofiel moet daarom bepaalde kenmerken hebben om onderdruk te kunnen opbouwen.

Voor het bemalen van de zandschermen bestaan verschillende systemen:

- bij de IFCO-methode (Intensief Forceren Consolideren Ondergrond) wordt onderin de drain een venturi neergelaten
- bij de PTD-methode wordt het water uit de drain gepompt met een normale vacuümpomp (Pump-To-Drain) of met behulp van luchtdruk (Press-To-Drain).

In dit product-methodeblad komt hoofdzakelijk de IFCO-methode aan de orde.

Op maaiveld wordt vervolgens een zandophoging aangebracht. De verlaging van de grondwaterstand zorgt voor een extra voorbelasting van de ondergrond, vergelijkbaar met een extra overhoogte aan zand. Na het stopzetten van de pompen keert het grondwater terug naar het oorspronkelijke niveau en wordt de voorbelasting beëindigd. Deze handeling is eenvoudiger dan het afvoeren van een aangebrachte hoeveelheid extra zand (extra overhoogte).

De werking van de methode berust op de volgende effecten:

- goed drainerende werking van de zandschermen
- verlaging van de grondwaterstand in de zandschermen en in de tussengelegen grond tot maximaal het niveau van de drains, behoudens enige opbolling; dit effect is te vergelijken met het aanbrengen van een tijdelijke extra overhoogte van zand, echter onder veel stabielere condities
- in de meeste gevallen wordt in de horizontale drainagebuizen na verloop van tijd een onderdruk gemeten van 10 tot 30 kPa, mits een goede afdichting aanwezig is; incidenteel wordt geen onderdruk gemeten; bij de PTD-methode wordt geen onderdruk gerealiseerd.

15.1.2 Technische levensduur

De technische levensduur van de zandschermen wordt beperkt door de levensduur van de drainageleidingen. Als deze verstopt raken, verdwijnt een groot deel van de gunstige effecten.

15.1.3 Voor- en nadelen

Voor- en nadelen van de ophogingsmethode ten opzichte van een zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains zijn gegeven in tabel 15.1.

Aspect	Voordeel	Nadeel	Toelichting
kosten		iets hoger	
bouwtijd	kort		
zetting gebruiksfase	klein		
ruimtebeslag	klein		tijdens uitvoering steil talud mogelijk als grondwaterstand eenmaal verlaagd is
complexiteit uitvoering	relatief eenvoudig		kan met bestaand en bekend materieel worden uitgevoerd
ervaring met uitvoering	veel ervaring		met grote ophoging (> 3 m) is nog maar beperkte ervaring
aanwezigheid van risico's *)		wisselend	bij aanwezigheid van tussenzandlagen functioneren de zandschermen slecht door kortsluiting tenzij maatregelen (bijvoorbeeld kleischerm) zijn genomen
levensduur	onbeperkt		
status in relatie tot Bouwstoffenbesluit	bekend		
risico schade bestaande weg		groot	bij toepassing direct naast bestaande weg
risico schade kabels/leidingen	klein		
risico belendingen	klein		mits niet dicht bij dan 5 à 10 m
overig		matig	afvoer van uit sleuven ontgraven grond; na droging geschikt voor hergebruik

*) waaronder begrepen onzekerheid in de grondparameters, onvolkomenheid van ontwerpmodellen, uitvoeringstechnische onzekerheid / beheersbaarheid; een verdere uitsplitsing staat in §15.2.8

Tabel 15.1 Voor- en nadelen zandophoging op verticale zandschermen met bemaling

15.1.4 Beperkingen

De in §15.1.3 genoemde nadelen kunnen een beperking voor de toepassing vormen. Daarnaast zijn er de volgende beperkingen:

- bij grote dikte van de slappe lagen (> 9,0 m) en indien een belangrijk deel van de zetting wordt veroorzaakt door samendrukking van de diepe lagen, zijn de zandschermen te ondiep om het consolidatieproces in de diepe grondlagen voldoende te versnellen; eventueel kunnen de zandschermen vanuit een cunet worden aangebracht
- tijdelijk onbegaanbaar worden van het werkteerein door vrijgekomen grond uit de sleuven
- aan de randen is voldoende ruimte nodig om met de machine te kunnen manoeuvreren; afhankelijk van de schermplaatsing kan de benodigde ruimte oplopen tot een strook van ten minste 10 m

- sterk organische grondsoorten; door gasbelvorming ten gevolge van de onderdruk kan een geringere onderdruk en dus een geringere belasting optreden dan gewenst.

15.2 Ontwerpfase

15.2.1 *Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek*

Het benodigd grondonderzoek is afhankelijk van de Geotechnische Categorie waarin een object valt. Rijkswegen vallen in het algemeen in Geotechnische Categorie 2 volgens NEN 6740 art. 6.2 [7]. Het standaard grondonderzoek staat vermeld in hst. 4.7.3 van *Construeren met grond* [3] en in §2.4 van *Bepaling geotechnische parameters* [4]. Het doel van het grondonderzoek is het vaststellen van de bodemopbouw, de grondwaterpeilen, het volumieke gewicht van de grondlagen, de samendrukkings- en de schuifweerstandseigenschappen.

Bij wegverbredingen dient het grondonderzoek ook informatie te verschaffen over de kwaliteit (pakkingsdichtheid) van het bestaande weglichaam en de uitgestrektheid in de ondergrond.

Met behulp van zogenaamde flanksonderingen dient de zijkant van het bestaande cunet te worden vastgesteld. Deze informatie is van belang om de plaats van de zandschermen zodanig te kiezen dat geen doorsnijding van het bestaande cunet ontstaat.

Sonderingen

De onderlinge afstand tussen de sonderingen is met name afhankelijk van de samendrukbaarheid van de grond en de variatie van de bodemopbouw. De gemiddelde afstand tussen de sonderingen ligt tussen de 50 en 100 m. De sonderingen dienen ten minste tot 1 à 2 m in de draagkrachtige laag te worden doorgezet.

Voor een goede karakterisering van de laagopbouw dient naast de conusweerstand ook de plaatselijke wrijving te worden gemeten. De elektrische sondeermethode met sonderingen volgens klasse 2 NEN 5140 [6] dient te worden toegepast.

Voor de onderkenning van goed doorlatende tussenlagen kunnen sonderingen met meting van de waterspanning worden uitgevoerd. Met behulp van dissipatietesten in zandlagen kan de stijghoogte van die lagen worden bepaald.

Boringen en peilbuizen

Door middel van boringen dienen ongeroerde monsters te worden gestoken ten behoeve van laboratoriumproeven. De gemiddelde afstand tussen de boringen ligt tussen de 250 en 500 m. De boringen dienen te reiken tot de onderkant van de slappe lagen.

Tevens dient door het plaatsen van peilbuizen de grondwaterstand te worden bepaald in met name de eventuele tussenzandlagen en het onderliggende watervoerend pakket. Een inzicht in de fluctuatie van de waterstanden is

alleen te verkrijgen indien metingen over geruime tijd worden uitgevoerd. Een indicatie omtrent het polderpeil kan worden verkregen met behulp van Waterstaatskaarten, bodemkaarten van Stiboka, gegevens van het Dinoloket van TNO-NITG (www.nitg.tno.nl) en door waterpassing van het slootpeil.

Laboratoriumonderzoek

Ten behoeve van het geotechnisch ontwerp dient van de slappe lagen door middel van laboratoriumonderzoek te worden bepaald:

- het volumiek gewicht en het watergehalte volgens NEN 5112 [5]
- de samendrukkings- en consolidatie-eigenschappen (samendrukkingsproeven) volgens NEN 5118 [10]
- bij een bruto ophoging van meer dan 3 m: de schuifweerstandseigenschappen (triaxiaalproeven) volgens NEN 5117 [9]

Een eerste schatting van de sterkteparameters kan worden ontleend aan tabel 1 van NEN 6740 [8].

In verband met lozing van het vrijgekomen drainagewater op het oppervlaktewater, kan het nodig zijn de milieu-hygiënische samenstelling van het grondwater te bepalen. Hiertoe kan worden besloten als uit verkennend bodemonderzoek is gebleken dat de bouwlocatie verdacht is, zie NEN 5740 [7].

15.2.2 Geotechnische ontwerpaspecten

Het ontwerp van een zandophoging op verticale zandschermen met bemaling omvat de bepaling van:

- de eindzetting van de ophoging
- het zettingsverloop in de tijd
- bepaling van de bouwtijd
- de restzetting
- de stabiliteit van het talud tijdens de aanleg en in de eindsituatie

Bij wegverbredingen omvat het ontwerp ook bepalingen van:

- het effect op de bestaande weg.

Bij belendingen, kabels en leidingen:

- het effect van zettingen en horizontale grondvervormingen op belendingen, kabels, en leidingen.

In principe wordt de bouwtijd als een vaste randvoorwaarde voor het ontwerp opgevat.

Het geotechnisch ontwerp resulteert in een advies omtrent:

- h.o.h.-afstand en diepte van de zandschermen
- bruto zanddikte; eventuele tijdelijke extra overhoogte
- indien van toepassing: vereiste onderdruk in de zandschermen
- taludhelling tijdens de aanleg weergegeven in een dwarsdoorsnede
- ophoogtempo
- het wel of niet terugpompen van het bemalingswater in de ophoging
- te hanteren pomptijden en wachttijden
- taludhelling in de eindsituatie weergegeven in een dwarsdoorsnede

- eventuele aanvullende maatregelen om zetting te voorkómen ter plaatse van het talud van het bestaande weglichaam
- het traject waarvoor het advies geldt en de wijze waarop de overgangen naar trajecten waar andere methoden zijn gebruikt, moeten worden uitgevoerd
- prognose van het verhardingsonderhoud in de gebruiksfase
- geotechnische risicoanalyse, monitoring- en maatregelenplan tijdens uitvoering conform §15.2.8
- geotechnische risicoanalyse, monitoring- en maatregelenplan tijdens gebruiksfase conform §15.2.8.

Bij wegverbredingen, bovendien in:

- verwachte omvang van en maatregelen tegen schade aan de bestaande weg.

Bij belendingen en kabels en leidingen bovendien in:

- verwachte omvang van en maatregelen tegen schade aan belendingen en kabels en leidingen.

15.2.3 *Ontwerpdetails*

N.v.t.

15.2.4 *Effect op bestaande weg*

Door de grondwaterstandsverlaging onder de aan te leggen wegverbreding kan ook de grondwaterspiegel onder de bestaande weg dalen met als gevolg verhoging van de korrelspanning en zetting.

Ook kunnen deformaties van de bestaande weg optreden door horizontale gronddeformaties ten gevolge van het bemalen van de zandschermen. Deze deformatie is in het algemeen groter dan bij een traditionele zandophoging met verticale drains en treedt in een korter tijdsbestek op.

De zandschermen dienen buiten het bestaande cunet te worden geplaatst. De ligging van de zijkant van het bestaande cunet wordt met de eerder genoemde flanksonderingen (zie §15.2.1) vastgesteld.

Tijdens de uitvoering kan het voorkomen dat de bestaande vluchtstrook tijdelijk afgesloten moet worden.

15.2.5 *Effect op omgeving*

Doordat het water in de zandschermen tot een aanzienlijke diepte wordt weggepompt, wordt de oppervlaktewaterhuishouding in de omgeving verstoord tot een afstand van circa 5 m uit het buitenste scherm. Door maatregelen, zoals het aanbrengen van een extra zandscherm waarvan het waterniveau gehandhaafd wordt op het oorspronkelijke peil, is deze beïnvloeding te beperken of te verhinderen.

15.2.6 *Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen*

Op de volgende pagina is in tabelvorm weergegeven welke vergunningen naar alle waarschijnlijkheid moeten worden aangevraagd en wat daarbij de te verwachten doorlooptijd is.

Opmerking

Er is verondersteld dat geen puntlozingen van het drainagewater op het riool plaatsvinden.

Er wordt water onttrokken zodat in het kader van de Grondwaterwet een vergunning nodig kan zijn, afhankelijk van de bemalingsduur en de hoeveelheid onttrokken water. De randvoorwaarden voor de bemalingsvergunning variëren per provincie. Een vuistregel voor de totale hoeveelheid te onttrekken water is:

$$Q \leq \text{circa } 1,5 \times (\text{zetting [m]} \times \text{oppervlak [m}^2\text{)})$$

15.2.7 Raming aanlegkosten

De onderstaande kosten zijn, tenzij anders vermeld, exclusief BTW, VAT (Voorbereiding-Administratie-Toezicht) en winst en risico en betreffen prijspeil 2004, en gelden voor een h.o.h.-afstand van de zandschermen van 3,0 m.

Effectieve oppervlakte per pompunit [m ²]	Diepte zandschermen beneden maaiveld [m]			
	7,5	6,0	4,5	3,0
tot 2700	€ 18,00	€ 17,00	€ 15,00	€ 13,00
tot 5400	€ 14,00	€ 13,00	€ 11,00	€ 9,50

Tabel 15.3 Kosten verticale zandschermen met drainage IFCO-methode

Bovengenoemde kosten gelden voor projecten met een oppervlak groter dan 5000 m². In de bedragen zijn de volgende kosten opgenomen:

- leveren en aanbrengen van drainzand in de zandschermen (€ 10,00 / m³ los franco werk)
- royalty's (€ 0,45,- / m²)
- energievoorziening
- aanleg zandschermen op h.o.h.-afstand 3,0 m
- installatie en onderhoud pompsysteem gedurende 3 maanden.

In de bovengenoemde prijs zijn niet opgenomen de kosten voor:

- eventuele bemalingsvergunning
- eventuele lozingsvergunning
- voorzieningen om terrein bereikbaar te maken
- extra voorzieningen zoals klei-/bentonietschermen
- leveren en aanbrengen van dekgrond
- regelen huishouding oppervlaktewater
- het leveren en aanbrengen van een werkvloer
- het leveren en aanbrengen van een zandophoging.

15.2.8 Risico's, monitoring en maatregelen

Risicofactoren

Bij een zandophoging op verticale zandschermen met bemaling bestaan de volgende onzekerheden (risicofactoren):

- de eigenschappen van de slappe lagen qua samendrukking, doorlatendheid, sterkte en stijfheid
- de mogelijke afname van de doorlatendheid van de slappe lagen door het onverzadigd raken van de grond ten gevolge van de verlaging van de grondwaterspiegel tussen de zandschermen
- de gangbare ontwerpmodellen voor de reductie van zettingen, de restzettingen en het effect van een tijdelijke extra overhoogte
- de gangbare ontwerpmodellen, met name voor de bepaling van de vervorming van de bestaande baan bij een verbreding
- de mate waarin de verharding op de bestaande baan, kabels, leidingen en belendingen de extra belasting bij installatie van de zandschermen en van de ophoging kunnen weerstaan

- bij een wegverbreding: de exacte omvang van het bestaande zandlichaam (cunet) waardoor het risico bestaat dat het dichtstbijzijnde zandscherm het bestaande zandlichaam doorsnijdt en bij het starten van de bemaling ook water uit het bestaande zandlichaam wordt onttrokken met mogelijke schadelijke effecten voor de bestaande weg.

De risicofactoren kunnen resulteren in de volgende ongewenste gebeurtenissen:

- een te grote zetting in de gebruiksfase, waardoor onvoorzien verhardingsonderhoud nodig is
- instabiliteit van de ophoging tijdens de uitvoering
- schade aan kabels en leidingen en belendingen
- schade aan de bestaande weg in het geval van wegverbredingen.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een geotechnische risico-analyse gemaakt. Hierbij wordt nagegaan of een realistische variatie van de meest onzekere parameters er toe leidt dat het ontwerp niet meer voldoet aan het Programma van Eisen. In dat geval wordt voor het desbetreffende risico een monitorings- en maatregelenplan opgesteld, of wordt het ontwerp of het Programma van Eisen bijgesteld.

Monitoring

Door monitoring kunnen de risico's worden beheerst:

- periodieke waterpassingen van zakbaken voor de bepaling van de zetting en het verloop van de zetting in de tijd; eventueel aangevuld met metingen aan zettingsmeetslangen
- meting, bij voorkeur continu, van de waterspanning in de samendrukbare, te consolideren lagen voor de beoordeling van het zettingsverloop en, bij toepassing van een zandophoging op maaiveld, de stabiliteit
- eventueel: meting van de zetting als functie van de diepte (met name bij sterk wisselende lagen).

Ter controle van de luchttonderdruk (belasting op de ondergrond) worden hierbij de volgende metingen verricht:

- drukmetingen in de pompen en leidingen
- drukmetingen in de horizontale drainage en, indien mogelijk in de verticale drainage
- eventueel: meting pompdebiet (in principe alleen bij proefproject vanwege de onzekere interpretatie van dergelijke metingen).

Bij kans op instabiliteit van de ophoging tijdens de uitvoering:

- periodieke meting van de waterspanning onder de teen van de ophoging voor de beoordeling van het stabiliteit
- plaatsen en waarnemen ('doorzichten') van perkoenpalen voor de beoordeling van de stabiliteit van de ophoging.

Bij kans op schade aan kabels en leidingen en belendingen:

- periodieke hellingmetingen in inclinometerbuizen voor de bepaling van de horizontale deformaties ten gevolge van het aanbrengen van de zandophoging

- verticale deformaties met meetboutjes of zakbaken, in combinatie met de zakbaken en waterspanningsmeters ter bepaling van de stabiliteit van de verbreding
- het inmeten en fotograferen van gevoelige belendingen; visuele inspectie.

Bij kans op schade aan de bestaande weg bij verbreding:

- het regelmatig inmeten van meetboutjes
- visuele inspectie van de toestand van de bestaande weg.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een monitoringsplan gemaakt. Hierin wordt beschreven wat, hoe, waar, wanneer en door wie wordt gemeten, hoe de gegevens worden opgeslagen en gepresenteerd. Ook wordt voor elke meting vooraf aangegeven, wat de verwachtingswaarde van de te meten grootte is, en wat de grenswaarde is waarbij sprake is van een ontoelaatbare afwijking.

Maatregelen

Eerdergenoemde ongewenste gebeurtenissen kunnen op verschillende manieren worden beheerst:

- bij te grote zetting in gebruiksfase (consolidatiesnelheid is lager dan verwacht): een extra overhoogte aanbrengen, de schermbelemmering langer handhaven (bouwtijd verlengen) en/of het opgepompte water in de ophoging brengen; voor nog in uitvoering te nemen vakken: zandschermen op kleinere h.o.h.-afstand plaatsen; een deel van de ophoging uitvoeren in licht ophoogmateriaal
- bij afwijkende eindzetting: langer pompen (handhaven onderdruk) en/of het aanpassen van de hoeveelheid ophoogzand
- bij instabiliteit van de verbreding: steunbermen of damwanden aanbrengen; een deel van het ophoogzand weer verwijderen en licht ophoogmateriaal toepassen
- bij schade aan de bestaande weg bij verbreding: een deel van het ophoogzand weer verwijderen en licht ophoogmateriaal toepassen
- bij het optreden van schadelijke effecten op de omgeving als gevolg van verticale en/of horizontale grondvervormingen: damwandschermen aan de polderzijde aanbrengen of het ophoogzand deels verwijderen en eventueel vervangen door lichter materiaal.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een maatregelenplan opgesteld. Hierin wordt aangegeven welke van bovengenoemde maatregelen wordt toegepast als uit de monitoring blijkt dat de grenswaarden van één van de gemeten grootheden wordt overschreden.

15.2.9 Duurzaam bouwen

Opgemerkt wordt dat met het begrip duurzaamheid in dit document niet zozeer de levensduur bedoeld wordt, maar met name de milieu-duurzaamheid.

Typering gebruikte bouwstoffen

Voor het zand wordt verwezen naar de *Leidraad Bouwstoffen* [24]. Natuurlijk zand is veelal als schone grond of categorie 1 bouwstof aan te merken. Bij

zeezand is de categorie-indeling afhankelijk van het succes van de ontziltingsstap (chloride kan kritisch zijn). Ontzilt zeezand is meestal categorie 1 bouwstof. Bij zand uit baggerspecie is de categorie-indeling afhankelijk van de herkomst en scheidingsresultaat van de baggerspecie.

Kunststoffen (folies) vallen niet onder de werkingssfeer van het Bouwstoffenbesluit.

Terugwinbaarheid / hergebruik

Het ophoogzand kan eenvoudig worden teruggewonnen en hergebruikt. Kostentechnisch gezien is het de vraag of het zinvol is, daar transportkosten hoog zijn in verhouding tot de zandprijs. De horizontale drain kan niet worden teruggewonnen.

Het zand uit de schermen kan alleen tegen zeer hoge kosten worden teruggewonnen. In de praktijk zal dit niet gebeuren. Ook zal het terugnemen van dit zand meer schade toebrengen aan grondslag en waterhuishouding dan het laten zitten van de schermen. Wel kan worden geëist dat de bovenste meter van de behandelde grond wordt vervangen door teelaarde, om bijvoorbeeld landbouwkundig gebruik mogelijk te maken. Hierbij komt grond (vermengd zand) vrij die kan worden hergebruikt.

De vrijkomende folie, indien van toepassing, kan worden gebruikt voor de vervaardiging van andere kunststofproducten (recycling).

Extra milieumaatregelen

Bij de toepassing van zeezand dient, indien het zand moet voldoen aan categorie 1 volgens het Bouwstoffenbesluit, te worden ontzilt.

Voorkomen moet worden dat zandschermen kortsluiting maken tussen het oppervlaktewater en het grondwater in het diepe, pleistocene zand. Gebruikelijk is de schermdiepte te beperken tot 1,0 à 1,5 m boven het diepe zand.

15.2.10 Verdere aandachtspunten

De IFCO-methode is gepatenteerd. In principe mag iedere aannemer, als onderaannemer van een van de patenthouders, de methode toepassen.

De bemaling heeft invloed op de grondwaterstand in de omgeving. In het algemeen is op een afstand van meer dan 5 m van het buitenste scherm geen invloed meer merkbaar.

Indien de kans bestaat dat zijdelingse watertoevoer optreedt in de richting van de zandschermen dient een verticale afdichting te worden aangebracht, bijvoorbeeld in de vorm van een cement-bentonietscherm.

15.3 Uitvoeringsfase

15.3.1 Uitvoeringsmethode

De uitvoering is in grote lijnen als volgt:

- aanbrengen van een werkvloer van 0,5 m zand, bij zeer slappe grondslag 1,0 m of 1,5 m
- aanbrengen zandschermen inclusief drains en, indien van toepassing, afdichting op maaiveldniveau met uitkomende grond of folie
- indien nodig, afvoeren vrijkomende grond uit sleuven
- aanbrengen pompsysteem
- starten bemaling; dit dient minimaal 1 week voor het aanbrengen van de zandophoging te gebeuren
- aanbrengen zandophoging, inclusief eventuele tijdelijke extra overhoogte
- handhaven bemaling totdat voldoende zetting is opgetreden (afhankelijk van de interpretatie van de metingen inclusief
- verwijderen pompsysteem en, indien van toepassing, afgraven extra overhoogte
- afdoppen drain op ca. 1 m beneden maaiveld.

Zandophoging

Na starten van de bemaling van de zandschermen kan de zandophoging in lagen worden aangebracht. Om te kunnen voldoen aan strenge eisen ten aanzien van de restzetting kan een tijdelijke extra overhoogte (voorbelasting) worden toegepast.

Het ophoogzand wordt in het algemeen door middel van vrachtwagens of dumptrucks aangevoerd, waarna het door bijvoorbeeld een bulldozer of laadschop in dunne lagen van 0,5 à 0,75 m wordt uitgereden. Daarbij dienen de voertuigen versprend te rijden, zodat het zand wordt verdicht. Het belangrijkste voordeel van inrijden is dat het zand een laag watergehalte heeft, waardoor de verwerkbaarheid en de weerstand tegen afschuiven relatief hoog zijn. Vaak zal een trilwals ingezet moeten worden om te voldoen aan de verdichtingsgraad zoals vermeld in §22.02.06 van de *Standaard RAW Bepalingen* [1]. Nadere informatie is te vinden in *Verdichting van de zandbaan* [20].

Een alternatieve wijze van ophogen is het hydraulisch ophogen (nat aanbrengen of spuiten). Deze methode voorkomt dat slecht begaanbaar terrein moet worden bereiden en maakt een hoge productie mogelijk. Het gedeponeerde materiaal is echter inhomogeen, heeft een geringe stabiliteit tijdens de uitvoering en kan grotere schadelijke gevolgen hebben op de omgeving door het waterbezwaar en/of de uitslag van zout en fijn materiaal. Voor een verdere omschrijving wordt verwezen naar hoofdstuk U van *Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Onderbouw* [2].

Waterhuishouding

Ter verhoging van de tijdelijke belasting op de ondergrond kan het afgepompte water in de zandophoging worden gebracht, waardoor het gewicht hiervan toeneemt. Op de stabiliteit heeft dit echter een negatieve invloed, zodat per geval moet worden beoordeeld wanneer deze maatregel nodig en mogelijk is.

Ook dient het gebied waar de waterstand in de ophoging wordt verhoogd, te worden beperkt tot het gebied waar de verticale drains aanwezig zijn.

15.3.2 K.A.M-zaken

In deze paragraaf worden de K.A.M.-zaken beschouwd die betrekking hebben op de uitvoering (K.A.M. staat voor Kwaliteits-afname controle, ARBO en veiligheidszaken en Milieu).

Kwaliteits-afname controle

In §22.06.01 en §22.06.02 van de *Standaard RAW Bepalingen* [1] worden eisen gesteld aan draineerzand en ophoogzand. Hierover wordt het volgende opgemerkt.

De eisen gesteld aan ophoogzand zijn dermate ruim, dat slecht drainerend materiaal met veel fijne deeltjes zou mogen worden toegepast (§22.06.01 50% mag kleiner zijn dan 63 mm). Gebruik van zand dat aan deze eisen voldoet, kan leiden tot taludinstabiliteit vanwege verzadiging met water. Uit dit oogpunt zijn voor het ophoogzand strengere eisen noodzakelijk dan in §22.06.01 van de *Standaard RAW Bepalingen* [1] worden aangegeven. Uit ervaring is bekend dat zowel voor de werkvloer als de zandophoging het beste matig fijn tot matig grof zand met maximaal 5 à 10 % fijne deeltjes (<63 mm) kan worden gebruikt.

Eisen voor de verdichting van de zandophoging zijn gegeven in §22.02.06 van de *Standaard RAW Bepalingen* [1].

ARBO en veiligheidszaken

Geen bijzonderheden.

Milieu

Geen bijzonderheden.

15.3.3 Besteksteksten

De bepalingen over verticale drains en ophoog- en draineerzand zijn gegeven in het RAW standaardbestek en de *Standaard RAW Bepalingen* [1]. Belangrijk voor de aannemer is dat deze de juiste grondgegevens heeft ter bepaling van het in te zetten materieel.

15.4 Beheer en onderhoud

Bij deze bouwmethode kan verhardingsonderhoud nodig zijn als gevolg van zetting in langsprofiel tijdens de gebruiksfase en verschilzetting tussen bestaande baan en verbreding tijdens de gebruiksfase.

Het verdient aanbeveling bij overdracht van uitvoering naar wegbeheerder een prognose te maken van de verwachte zettingen en vervormingen in de gebruiksfase, en de consequenties daarvan voor het verhardingsonderhoud. De prognose dient te worden gebaseerd op monitoringsgegevens omtrent zettingen en vervormingen die zijn verkregen tijdens de aanleg. Ook verdient het aanbeveling het geotechnisch ontwerp te evalueren aan de hand van de metingen en ervaringen tijdens de aanleg. De evaluatie dient aanbevelingen te bevatten ten aanzien van de grondparameters en

rekenmodellen die moeten worden gebruikt bij het ontwerp van een eventuele toekomstige reconstructie of verbreding van de weg.

Tijdens de gebruiksfase dient de weg regelmatig te worden geïnspecteerd op schade. In het kader van de meerjarenplanning verhardingsonderhoud gebeurt dit tweejaarlijks. Afhankelijk van de verwachte zettingen en vervormingen in de gebruiksfase kan het nodig zijn om vaker een inspectie uit te voeren. De toestand van de verharding wordt hierbij getoetst aan de volgende interventiewaarden:

- de Immediate Roughness Index (IRI-waarde) mag maximaal 3,5 bedragen
- zettingsverschillen in langrichting mogen maximaal 0,05 m over een lengte van 25 m bedragen
- het verschil in langshelling tussen de verharding op de stootplaten van een kunstwerk en de verharding op het kunstwerk mag maximaal 1:100 bedragen
- de afwatering van de rijbaan mag niet worden belemmerd als gevolg van zetting van de verharding
- de dwarshelling van de rijstroken in rechtstanden dient minimaal 1 % en maximaal 5 % te zijn
- scheuren in de verharding mogen maximaal 20 mm breed zijn
- het hoogteverschil over de scheuren mag maximaal 10 mm zijn.

Indien één van deze interventieniveau's wordt overschreden, dient direct verhardingsonderhoud te worden uitgevoerd om te voorkomen dat de verkeersveiligheid in het geding komt.

15.5 Ombouw / sloop

15.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding

Toekomstige ombouw en/of uitbreiding kunnen met dezelfde methode of een alternatieve methode worden uitgevoerd.

Als bij een toekomstige uitbreiding een methode wordt gekozen waarbij een spanningsverhoging in de ondergrond ontstaat, moet rekening worden gehouden met deformaties (verticaal en mogelijk ook horizontaal) van de dan aanwezige ophogingen.

15.5.2 Sloop

De zandschermen zijn in principe als verloren te beschouwen. De aardebaan kan eenvoudig worden verwijderd.

15.6 Referenties

15.6.1 Ervaringen

In Nederland is de IFCO-methode bij een groot aantal projecten (circa 80 tot 2004) toegepast [16]. Van de PTD-methode zijn maar enkele toepassingen bekend.

Als voorbeelden van grootschalige projecten waarbij de IFCO-methode is toegepast, worden genoemd:

- verbreding A2 bij Breukelen [17] en [18]
- aanleg 5^e baan op luchthaven Schiphol [15] en [19].

In CUR-verband wordt momenteel (medio 2004) gewerkt aan een publicatie over geforceerde consolidatie door het afpompen van water.

15.6.2 Literatuur

- [1] *Standaard RAW Bepalingen*, CROW-publicatie, 2000, inclusief Wijziging december 2002
- [2] *Handleiding Wegenbouw. Ontwerp onderbouw. Deel II Techniek*, RWS DWW, april 1991
- [3] *Construeren met grond*, CUR handboek 162, 1993
- [4] *Bepaling geotechnische parameters*, CUR-rapport 2003-7, 2003
- [5] NEN 5112 *Geotechniek. Bepaling van het watergehalte van grond in het laboratorium*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1995
- [6] NEN 5140 *Geotechniek, Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvings weerstand van grond. Elektrische sondeermethode*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1996
- [7] NEN 5740 *Bodem - Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 2000
- [8] NEN 6740 *Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [9] NEN 5117 *Geotechniek, Bepaling van de schuifweerstand- en vervormingsparameters van grond. Triaxiaalproef*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [10] NEN 5118 *Geotechniek, Bepaling van de een-dimensionale samendrukkingseigenschappen van de grond*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [11] *Handleiding wegenbouw - ontwerp verhardingen*, DWW, 1998
- [12] *Handleiding wegenbouw - ontwerp overgangsconstructies*, DWW, 1995
- [13] *Leidraad Bouwstoffen* Rijkswaterstaat, RWS DWW, maart 2000
- [14] *Handleiding Wegenbouw. Ontwerp Onderbouw. Richtlijn Luchtdrukconsolidatie*, RWS DWW, 1994, voorlopige versie
- [15] *IFCO-methode bespoedigt aanleg Vijfde Baan*, WEGEN nr. 6, juni 2001
- [16] Weele, F. van *Zandschermen en pompen*, Land + Water nummer 6 / 1999
- [17] Grashuis, A.J. *Snel bouwrijp maken ... en in korte tijd 10 meter zandophoging op slappe grond*, special Geotechniekdag 2001, Geotechniek
- [18] *Tweede tussentijdse evaluatie proefvakken IFCO A2 Breukelen*, RWS-DWW, A.J. Grashuis, A. van den Berg, 1 februari 2003
- [19] Adel, H. den, V. Trompille, J.B. Sellmeijer, M.A. Van *Geforceerde drainage 5^e baan Schiphol*, Geotechniek, april 2004
- [20] *Verdichting van de zandbaan*, CROW-rapport 04-04, 2004