

Aanbeveling 130

eindconcept, 4 juli 2008

Oeverstabiliteit bij zandwinputten – deel A aanbevelingen

Het vinden van nieuwe locaties voor zandwinning blijkt de laatste jaren steeds moeilijker. Als gevolg daarvan bestaat de tendens bestaande zandwinningen maximaal te benutten. Om het ruimtebeslag van zandwinningen te beperken, wordt gestreefd naar zo steil mogelijke taluds en wordt steeds dieper gewonnen. Deze ontwikkelingen hebben in de afgelopen jaren op een aantal locaties geleid tot oeverinscheringen, soms met aanzienlijke schade aan de omgeving.

De precieze oorzaak van oeverinscheringen is vaak niet met zekerheid vast te stellen. Er lijken ten minste twee factoren in het geding te zijn: de grondopbouw ter plaatse en het proces van zandwinning. In deze CUR-Aanbeveling is het beschikbare inzicht en de kennis over de oorzaken van dergelijke oeverinscheringen en over de mogelijkheden deze te voorkomen verzameld. Op basis daarvan zijn aanbevelingen geformuleerd. Deze zijn weergegeven in het eerste deel van deze Aanbeveling ('deel A'); de onderbouwing in het tweede deel ('deel O').

De CUR-Aanbeveling is bedoeld voor al diegenen in Nederland die betrokken zijn bij het winnen van zand of grind vanuit zandwinputten, met name de aanvragers, houders en verleners van vergunningen en de overige instanties die een rol spelen bij vergunningverlening. De Aanbeveling moet er toe bijdragen, dat partijen op een rationele en doelmatige wijze tot een veilig en optimaal vergunningstalud komen. Daartoe heeft de Aanbeveling betrekking op het onderzoek dat de aanvrager voor het verkrijgen van een vergunning moet laten uitvoeren, alsmede op de uit te voeren risico-analyse en de aanvaardbaarheid van het voorspelde risico. Daarmee wordt bijgedragen aan het toetsingskader waarvan de vergunningverlenende instantie gebruik maakt alvorens zij vergunning verleent.

De CUR-Aanbeveling moet tevens bijdragen aan een grotere uniformiteit in het toetsingskader voor dieptewinningen in Nederland, zodat de rechtsgelijkheid voor de zandwinnende bedrijven wordt bevorderd. De juridische status van deze CUR-Aanbeveling is vastgelegd in het CUR reglement "organisatie en werkwijze" van januari 2002.

Bij het schrijven van deze CUR-Aanbeveling is verondersteld, dat de lezer redelijk bekend is met termen van geotechnisch ontwerpen.

Deze CUR-Aanbeveling is opgesteld door CUR-commissie C130 'Zandwinputten en taludstabiliteit'.

Op het moment van verschijnen van deze Aanbeveling was de samenstelling van de commissie als volgt: Prof.ir. W.J. Vlasblom (voorzitter), ir. M.B. de Groot (secretaris en rapporteur), ir. S.J. Bennema, ing. E.J. de Boer, ir. J.A.M. 't Hoen, dhr. G. Hutten, ir. M.T. van der Meer, drs. R.J.M. Meijnen, ir. A.H. Nooy van der Kolff, ir. Joh. G.S. Pennekamp, ing. R. Steenbrink en ir. J.P. Koenis (coördinator).

Naast de rapporteur hebben vooral ir. D.R. Mastbergen, ir. M.T. van der Meer, dr. C.A. Schoofs en ir. T.P. Stoutjesdijk een bijdrage geleverd aan het concept voor de aanbeveling.

Deze Aanbeveling ligt ter beoordeling bij de Algemene Voorschriftencommissie.

8 december 2006

ISBN-

Deze CUR Aanbeveling is tot stand gekomen met financiering vanuit het onderzoeksprogramma VIBO, waarin het Ministerie van Verkeer een Waterstaat en de Provincies verenigd in het Inter

Provinciaal Overleg, gezamenlijk bouwgrondstoffen gerelateerd Onderzoek uitvoeren, alsmede met financiering van de participanten in de commissie.

INHOUD

Oeverstabiliteit bij zandwinputten – deel A aanbevelingen	1
INHOUD	3
A.1 Inleiding	4
A.1.1 Onderwerp	4
A.1.2 Toepassingsgebied	4
A.1.3 Belanghebbenden	5
A.1.4 Functie van de aanbeveling	5
A.1.5 Relatie met vergunningsvoorwaarden	6
A.1.6 Leeswijzer	6
A.2 Doel, diepgang en fasering	7
A.2.1 Doel van het ontwerp	7
A.2.2 Omvang en diepgang	7
A.2.2.1 Op basis van ervaring	8
A.2.2.2 Eenvoudig	8
A.2.2.3 Gedetailleerd	8
A.2.2.4 Geavanceerd	8
A.2.3 Fasering van het ontwerp	8
A.3 Grondonderzoek en overige metingen	9
A.4 Analyse faalmechanismen	11
A.5 Risicobeschouwing	14
A.5.1 Functie risicobeschouwing	14
A.5.2 Belangrijkste onzekerheden	14
A.5.3 Gevolgen eventuele oeverinschering	15
A.5.4 Overzicht methoden risicobeschouwing	15
A.5.5 Aanbevelingen	15
A.6 Begeleiding van zandwinning en terugstorten	17
A.7 Beheerfase ontgroningen	19
A.8 Begrippen, symbolen en definities	20

A.1 Inleiding



Figuur A.1.1
Oeverinscharing zandwinput Bergweg, Overijssel, 1997.

A.1.1 Onderwerp

Deze Aanbeveling heeft betrekking op instabiliteiten van onderwatertaluds die bij het winnen van zand ontstaan en kunnen leiden tot ongewenste oeverinscharingen, zoals te zien in Fig. A.1.1. De oeverinscharingen zijn soms onverwacht groot en kunnen daardoor tot schade aan de omgeving van de zandwinput leiden. Dit is de laatste decennia vooral gebleken in het westen en het noordoosten van Nederland.

De Aanbeveling geeft een overzicht van de huidige kennis en inzichten en formuleert daarop gebaseerde aanbevelingen ten aanzien van uit te voeren grondonderzoek, analyse van de taludstabiliteit, risicobeschouwing en uitvoeringsbegeleiding. De aanbevelingen zijn er op gericht dit soort ongewenste gebeurtenissen zoveel mogelijk te vermijden en tegelijkertijd een zo groot mogelijk rendement uit de zandwinningen te halen. Met 'zandwinning' wordt hier tevens 'grindwinning' bedoeld.

A.1.2 Toepassingsgebied

Het 'toepassingsgebied' betreft winputten van zand en grind, waarbij het te winnen zand en/of het grind grotendeels onder het (grond)water ligt. Het gaat daarbij in eerste instantie om putten waarbij stroomsnelheid en golfbelasting gering zijn, zodat stationaire zuigers gebruikt kunnen worden, maar ook om putten waar ander materieel wordt ingezet. Het betreft dus putten op het land, langs de rivieren, en delen van rijkswateren die aan een oever grenzen.

De aanbeveling is toepasbaar op alle ontgrondingen die als doelstelling hebben het winnen van zand of grind, in een aantal gevallen in combinatie met het creëren van een opslagruimte voor bagger. Door de adviescommissie is afgesproken, dat hierin geen minimum putdiepte wordt vastgesteld. Wel dient het niveau van diepgang van onderzoek en analyses afgestemd te worden op het risico van oeverstabiliteit bij de betreffende put, een risico dat mede bepaald wordt door de toekomstige putgeometrie (diepte, taludhellingen, etc.), voorgestelde winningsmethode, kennis van en ervaringen met de geologische situatie en de eventuele aanwezigheid van waarden dicht langs de oever.

De aanbeveling is bestemd voor:

- ontwerp
- uitvoering
- beheer.

Tijdens de ontwerpfase wordt vooruitgeblikt naar de fasen van uitvoering en beheer. Dan dienen de volgende drie activiteiten plaats te vinden:

- grondonderzoek
- analyse faalmechanismen
- risicobeschouwing.

Bij de uitvoering gaat het om:

- de eigenlijke zandwinning, in casu risicobeheersing door keuze winwerktuig, werkwijze en meetapparatuur
- terugstorten van grond
- herinrichten.

A.1.3 Belanghebbenden

'Belanghebbenden' zijn al diegenen in Nederland, die betrokken zijn bij het winnen van zand vanuit zandwinputten. Daarbij wordt vooral gedacht aan:

- vergunningaanvragers en vergunninghouders, inclusief de exploitanten van zandzuigers en baggeraars;
- vergunningverlenende instanties (overheden);
- bij vergunningverlening betrokken instanties (bijv. waterschappen en drinkwaterbedrijven);
- adviesbureaus.

Daarnaast is er een breder veld van betrokkenen. Namelijk instanties en bedrijven, die betrokken zijn bij "ontwikkeling en uitvoering van het ontgrondingenbeleid en exploitatie en beheer van zandwinlocaties":

- de beheerder van een zandwinput na afloop van de zandwinning;
- afdelingen voor beleidsontwikkeling van de overheden;
- wetenschappelijke instituten.

A.1.4 Functie van de aanbeveling

De 'functie' van de aanbeveling is in de eerste plaats een houvast voor betrokkenen bij de vergunningverlening. Daarnaast kan de aanbeveling tevens een functie hebben wanneer oeverinscheringen zijn opgetreden en schade is ontstaan. De aanbeveling heeft zeker niet het karakter van een wet, maar beschrijft de "best practice". Als partijen niet de nodige zorgvuldigheid in acht nemen, zullen zij zich bij problemen moeten verantwoorden. De juridische status van deze CUR-Aanbeveling is vastgelegd in het CUR reglement "organisatie en werkwijze" van januari 2002.

A.1.5 Relatie met vergunningsvoorwaarden

De aanbeveling is een document, waarin alle betrokken partijen gezamenlijk geformuleerd hebben hoe in de praktijk gewerkt zou kunnen worden. De aanbeveling heeft op zich geen formele juridische status. De aanbeveling kan wel gebruikt worden in het contract tussen aanvrager en vergunningverlener: de ontgrondingsvergunning.

A.1.6 Leeswijzer

De Aanbeveling is bedoeld om een zo volledig mogelijk beeld te geven van de belangrijkste zaken die gemeoid zijn met het omgaan met het risico van ongewenste oeverinscharing bij zandwinputten.

In deel A zijn de hoofdlijnen uiteengezet en zijn de aanbevelingen samengevat. In deel O is de onderbouwing van de aanbevelingen te vinden, alsmede de nadere beschrijving van wat precies met de aanbevelingen bedoeld wordt.

De samenvatting van de aanbevelingen is te vinden in 5 hoofdstukken. Van die hoofdstukken zijn er drie gericht op ontwerpactiviteiten (grondonderzoek, analyse faalmechanismen en risicobeschouwing), één op de uitvoeringsbegeleiding en één op de fase van het beheer. Meer over de verschillende fasen van een zandwinningsproject (planvorming, ontwerp, uitvoering en beheer) is te vinden in hoofdstuk O.2. Meer over de achtergronden van de drie ontwerpactiviteiten en de uitvoering is te vinden in de overeenkomstige hoofdstukken O.5 tot en met O.8.

Bij die aanbevelingen wordt telkens onderscheid gemaakt naar diepgang. De betekenis is uiteengezet in hoofdstuk A.2, samen met het doel en de fasering van de verschillende ontwerpactiviteiten.

De belangrijkste begrippen en eventuele symbolen zijn beschreven of gedefiniëerd in A.8.

A.2 Doel, diepgang en fasering

A.2.1 Doel van het ontwerp

Het resultaat van het ontwerp moet verwerkt worden in de in te dienen aanvraag voor de ontgrondingsvergunning. Het ontwerp moet in essentie duidelijkheid geven over de volgende aspecten:

- dimensionering van veilige taluds en randstroken in relatie tot de diepte en grondgesteldheid van de put;
- risicobeheersing door keuze winwerktuig, werkwijze en meetapparatuur
- voorwaarden m.b.t. locatie van het zanddepot en opslag van niet vermarktbaar grond;
- voorwaarden te stellen aan de afwerking van de taluds: de (her)inrichting van de oevers, eventuele oeververdediging, het eventueel aanbrengen van een waterremmende laag op het talud ten behoeve van vermindering van kwelstromen richting de plas, of het volstorten van de put met andere grond;
- voorwaarden te stellen aan het beheer van de oevers en randstroken;
- voorwaarden te stellen aan waterpeil en eventuele andere, voor de oeverinschering relevante zaken.

Het gaat in deze aanbeveling vooral om het eerste punt; de overige punten grijpen daarop terug. Een veilige dimensionering houdt in, dat voor ieder potentieel bedreigd (toekomstig) object in de omgeving van de winput moet worden voldaan aan normen, of dat er op andere wijze uitspraak kan worden gedaan over mate van risico.

A.2.2 Omvang en diepgang

De omvang en diepgang van het ontwerp en de uitvoeringsbegeleiding zullen mede afhangen van de ervaring en de wensen ten aanzien van taludhellingen en putdiepten. Naarmate een grotere putdiepte gewenst is en grotere risico's voor schade aan de oevers in het geding zijn, is meer kennis van de ondergrond en zijn meer geavanceerde analyses nodig. Ook zijn meer grondonderzoek en analyses nodig naarmate de grond meer variatie vertoont en/of de opbouw eerder aanleiding geeft tot oeverinscheringen, bijvoorbeeld vanwege de aanwezigheid van stoorlagen, de fijnheid of de losse pakking van het zand. Iets soortgelijks geldt voor de uitvoeringsbegeleiding.

In een systematiek van grof naar fijn worden hier vier niveaus van diepgang onderscheiden:

- op basis van ervaring;
- eenvoudig;
- gedetailleerd;
- geavanceerd.

Normaliter zal een ontwerper een van grof naar fijn benadering volgen. De benodigde hoeveelheid grondonderzoek en omvang van de analyses neemt toe naarmate het ontwerp verfijnder wordt. Aanbevolen wordt om eerst te checken of ontwerp op basis van ervaring mogelijk is. Zo niet, dan volgt een eenvoudige aanpak, waarin voor alle mechanismen een eenvoudige modellering gebaseerd op eenvoudig grondonderzoek wordt uitgevoerd. Hierdoor krijgt de ontwerper inzicht in de factoren die het ontwerpprobleem bepalen en ook in de factoren welke verder buiten beschouwing kunnen worden gelaten. Ook kunnen gerichte keuzes gemaakt worden voor de volgende stap. Hierbij dienen steeds afwegingen en keuzen te worden gemaakt. Toegevoegde waarde van een risicobeschuwing is bijvoorbeeld, dat hiermee tot een scherpere vaststelling van de eisen kan worden gekomen.

A.2.2.1 Op basis van ervaring

Een ontwerp en uitvoeringsbegeleiding op basis van ervaring is mogelijk als wordt voldaan aan elk van de volgende voorwaarden:

- de zandwinning betreft een uitbreiding van een bestaande put of een nieuwe put in de directe omgeving van een eerdere zandwinput, waarbij in het verleden geen oeverinscharingen zijn opgetreden;
- de winning wordt op globaal dezelfde manier uitgevoerd: zelfde putdiepte, zelfde taludvorm, zelfde winmethode, zelfde producties;
- er is goede reden om aan te nemen dat de grondslag en de geohydrologische situatie niet significant verschillen;
- de gevolgschade van een eventueel toch optredende oeverinscharing is aanvaardbaar klein.

Een ontwerp op basis van ervaring vereist geen extra grondonderzoek en geen expliciete analyse van faalmechanismen. De risicobeschouwing beperkt zich tot de vaststelling van bovengenoemde voorwaarde betreffende de gevolgschade. Bij de beoordeling van de grondslag kan men de regionale kennis en ervaring laten meewegen.

A.2.2.2 Eenvoudig

In relatief eenvoudige gevallen kunnen de taluds worden ontworpen aan de hand van elementaire informatie, zoals de afmetingen van de winput en de globale opbouw en samenstelling van de ondergrond. Voor het uitvoeren van deze methode volstaat elementaire kennis over de winput, de mogelijke bezwijkmechanismen en kennis en ervaring in het gebied. Van een eenvoudig geval kan men spreken zolang als uit sonderingen en boringen blijkt, dat het zand redelijk vastgepakt en niet te fijn is, en gekozen wordt voor een conservatief ontwerp (relatief geringe putdiepte, flauwe taludhellingen, brede randstroken). Om na te gaan of een concreet geval met 'eenvoudig' betiteld mag worden, dient men de in de tabellen A.3, A.4, A.5 en A.6 aanbevolen 'eenvoudige' onderzoeken en analyses uit te voeren. Als het ontwerp dan voldoet, mag het met 'eenvoudig' betiteld worden en zal dit ontwerpniveau toereikend zijn voor de eisen gesteld aan het ontwerp.

A.2.2.3 Gedetailleerd

Minder eenvoudige gevallen vereisen een gedetailleerd ontwerp. Dit kan leiden tot een vrij uitgebreid grondonderzoek, een gedetailleerde analyse van de mogelijke faalmechanismen volgens de thans gangbare methoden en een overeenkomstige risicobeschouwing. De thans gangbare methoden voor analyse van faalmechanismen en risico's zijn in deze Aanbeveling beschreven. Als uit de in de tabellen A.3, A.4, A.5 en A.6 aanbevolen 'gedetailleerde' onderzoeken en analyses blijkt dat het ontwerp voldoet, kan men hiermee volstaan. Anders is een geavanceerde analyse nodig of een aanpassing van het ontwerp.

A.2.2.4 Geavanceerd

Bij zeer gecompliceerde gevallen of als men op het scherp van de snede wil of moet ontwerpen, kan zeer intensief grondonderzoek plaatsvinden en/of kunnen weinig gangbare of nieuw te ontwikkelen methoden worden toegepast om bepaalde onzekerheden te reduceren. Enkele van deze methoden worden in O.6 en O.7 beschreven.

A.2.3 Fasering van het ontwerp

In de complexere situaties is fasering van het grondonderzoek vaak aan te bevelen. In de eerste fase krijgt men een globale indruk; bij verdere fasen worden witte vlekken ingevuld. De fasering heeft ook betrekking op het ontwerp van de taluds en de winmethode. De eerste analyses zullen betrekking hebben op het eerste ontwerp. De resultaten van die analyses zullen wellicht aanleiding zijn om ontwerp en/of winmethode aan te passen. Datzelfde geldt naarmate meer bekend wordt over de ondergrond en andere relevante omstandigheden. Fig. O.3.3 illustreert het totstandkomen van alternatieven. In de ontwerpfase wordt dit uitgediept tot één of meerdere alternatieven.

A.3 Grondonderzoek en overige metingen

De voorspelling van de oeverstabiliteit vergt meestal grondmechanische en/of bresberekeningen. Bij deze berekeningen is het noodzakelijk, dat de opbouw van de ondergrond wordt geschematiseerd. De ligging van de verschillende bodemlagen en de relevante parameters dienen door middel van onderzoek te worden vastgesteld.

De mate van detaillering van het grondonderzoek hangt samen met de grondgesteldheid (aanwezigheid stoorlagen, eventuele losse pakking), het detail van het ontwerp en de gewenste/benodigde analysemethoden. De intensiteit van grondonderzoek wordt groter naarmate het ontwerp verfijnder wordt of de bodemopbouw meer risico's met zich meebrengt. Een indicatie van de hoeveelheid grondonderzoek is als volgt weer te geven:

- Ervaring: geen grondonderzoek nodig in aanvulling op het reeds beschikbare grondonderzoek.
- Eenvoudig: standaard grondonderzoek wanneer een eenvoudige analyse voor het ontwerp volstaat (hoofdstuk A.4). Verfijning van het grondonderzoek voor het krijgen van een scherper beeld van de bodemopbouw indien bij het standaard grondonderzoek een risicovolle ondergrond wordt aangetroffen.
- Gedetailleerd: extra metingen voorzover nodig voor het uitvoeren van gedetailleerde analyses.
- Geavanceerd: afhankelijk van de situatie nader in te vullen.

Tabel A.3 geeft per faalmechanisme en niveau van diepgang het relevante en minimaal benodigde (extra) grondonderzoek. De betekenis van H_R en andere symbolen is beschreven in A.8.

Bij sonderingen dient altijd ook de kleef bepaald te worden. Bij voorkeur dient gebruik gemaakt te worden van een piëzoconus. Boringen moeten zodanig worden uitgevoerd en grondmonsters moeten zodanig genomen worden dat de relevante eigenschappen van de verschillende grondlagen bepaald kunnen worden. Zie verder hoofdstuk O.5. Daar is de onderbouwing te vinden, alsmede de beschrijving van de verschillende methoden van grondonderzoek en verwijzing naar de betreffende normen.

GRONDONDERZOEK VOOR BEOORDELING M.B.T. OEVERINSCHARINGEN			
Niveau van diepgang	Faalmechanisme		
	Afschuiving	Verwekingsvloeiing	Bresvloeiing
Ervaring	Als voldaan wordt aan voorwaarden gesteld in A.2.2.1 is geen aanvullend grondonderzoek nodig. Er kan worden volstaan met analyse van het kaart- en archiefmateriaal en het bestaande grondonderzoek.		
Eenvoudig	STANDAARD: - archief- en kaartmateriaal - sonderingen tot $0,3 \cdot H_R$ onder putbodem *): één per 0,3 à 1,0 km oever (minimaal 3 per put) VERFIJNING: - extra sonderingen, afhankelijk van ruimtelijke variatie slappe grond - boringen tot $0,3 \cdot H_R$ onder putbodem*) - classificatieproeven cohesief materiaal - eventueel sterkteproeven cohesief materiaal	STANDAARD: - archief- en kaartmateriaal - sonderingen tot $0,5 \cdot H_R$ onder putbodem: één per 0,3 à 0,5 km oever (minimaal 4 per put) VERFIJNING: - extra sonderingen, afhankelijk van ruimtelijke variatie van losgepakt zand	STANDAARD: - archief- en kaartmateriaal - boringen tot putbodem: één per 0,3 à 1,0 km oever (minimaal 3 per put) - classificatieproeven zand (met name korrelverdeling) VERFIJNING: - extra boringen, afhankelijk van ruimtelijke variatie korrelgrootte zand - classificatie op verkregen monsters - sonderingen tot putbodem om gelaagdheid beter in kaart te brengen als er stoorlagen zijn
Gedetailleerd	- als bij 'Eenvoudig' - sterkteproeven op (ongeroderde) monsters	- als bij 'Eenvoudig' - elektrische dichtheidmetingen (met ijking **)) - boringen voor monsters van losgepakt zand **)) - kritieke dichtheidproeven **))	- als bij 'Eenvoudig'
Geavanceerd	Nader in te vullen afhankelijk van de situatie		

*) Hoeft niet dieper dan even onder de onderste (slappe) cohesieve laag. Beperking diepte mogelijk als uit geologie of anderszins duidelijk is, dat er daaronder geen (slappe) cohesieve lagen aanwezig kunnen zijn

**) Voorzover nodig om de eventueel vereiste gedetailleerde analyse te kunnen doen

Tabel A.3 *Beoordeling van relevant en minimaal benodigd (extra) grondonderzoek met betrekking tot oeverinscheringen.*

A.4 Analyse faalmechanismen

Tabel A.4 geeft per faalmechanisme en niveau van diepgang een aanbeveling voor de uit te voeren analyses. De analyses moeten uitgevoerd worden voor iedere uitvoeringsfase (zandwinning, terugstorten en herinrichting) en voor de fase van het beheer. Bij de analyse voor de fase van beheer hoeft alleen rekening gehouden te worden met de situatie direct na voltooiing en de veranderingen die daarna redelijkerwijs te voorzien zijn (zie ook hoofdstuk A.7). De analyse is uiteraard alleen nodig voor situaties tijdens de fase van beheer waarbij de belastingen, bijvoorbeeld die ten gevolge van een aardbeving, groter zijn dan tijdens de uitvoering.

In hoofdstuk O.6 is de onderbouwing te vinden en zijn de verschillende methoden beschreven. De betekenis van R_n en andere symbolen is beschreven in A.8. De beoordeling volgens onderstaande tabellen is toepasbaar bij die oevergedeelten van een winput waar de betreffende grondeigenschappen gelden volgens de sonderingen en boringen die het dichtst bij liggen.

De invloed van winwerktuig en werkwijze is hier moeilijk expliciet te kwantificeren. De invloed is impliciet weergegeven door aanbevelingen over de taludvorm en aanbevelingen over de beheersing van het winproces.

MECHANISMEANALYSES VOOR BEOORDELING M.B.T. OEVERINSCHARINGEN			
Niveau van diepgang	Faalmechanisme		
	Afschuiving	Verwekingsvloeiing	Bresvloeiing
Ervaring	Nagaan of voldaan wordt aan voorwaarden gesteld in A.2.2.1		
Eenvoudig	Voldoet aan elk van volgende voorwaarden: - géén gronddepot of andere bovenbelasting vlak langs oever *) - géén slappe cohesieve lagen - helling flauwer dan 1:3 OF Stabiliteitsberekening volgens methode Bishop met grondparameters geschat volgens NEN 6740 [22]	Voldoet volgens correlatie van Baldi aan: $R_{n1} > 0,5$ OF voldoet aan: $\cot\alpha_R > 7 \cdot (H_R/30m)^{1/3}$ *** OF voldoet aan beide volgende voorwaarden: - $R_{n3} > 0,5$ - $\cot\alpha_R > 4 \cdot (H_R/30m)^{1/3}$ ***	Voldoet aan elk van volgende voorwaarden: - dikke stoorlagen (> 1 m), indien aanwezig, worden met geschikt materieel verwijderd - zand is grof genoeg (zie tabel A.4.2a) - er wordt van te voren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld - zuigproces wordt beheerst door monitoring van positie zuigbuis en productie - gezogen taluds worden regelmatig**) gepeild DAN: → taludhelling volgens tabel A.4.2

Gedetailleerd	Stabiliteitsberekening volgens methode Bishop met karakteristieke waarden van grondparameters afgeleid uit proeven op grondmonsters	Bepaling omvang metastabiel gebied en vergelijking met kritieke gebiedsomvang OF: Aangepast werkplan, waarbij via praktijkproef wordt aangetoond dat talud stabiel is	Voldoet aan elk van volgende voorwaarden: - dikke stoorlagen (> 1 m) , indien aanwezig, worden met geschikt materieel verwijderd - er wordt van te voren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld - zuigproces wordt beheerst door monitoring van positie zuigbuis en productie -gezogen taluds worden regelmatig**) gepeild DAN: → berekening taludhelling en evt. bermen met bresmodel op basis boringen OF: Aangepast werkplan, waarbij via praktijkproef wordt aangetoond dat talud stabiel is
Geavanceerd	Nader in te vullen afhankelijk van situatie	Nader in te vullen afhankelijk van situatie	Nader in te vullen afhankelijk van situatie

*) Een gronddepot ligt 'vlak langs de oever' als de kruin van het depot zich bevindt op een horizontale afstand tot de waterlijn die kleiner is dan 5 maal de hoogte van de kruin boven de waterlijn

**) 'Regelmatig' wil zeggen zo frequent dat de taludvorm voortdurend bekend is met een nauwkeurigheid van ongeveer 2m (verticaal).

***) Bij verwekingsvloeiing speelt de grond en het profiel onder de verwekingsgevoelige laag geen rol. Daarom mogen H_R en $\cot\alpha_R$ berekend worden voor een diepte van de putbodem gelijk aan de diepte van de onderkant van de laag waarvoor $R_{n1} < 0,5$ respectievelijk $R_{n3} < 0,5$

Tabel A.4.1 Aanbeveling voor uit te voeren analyses, per faalmechanisme en niveau van diepgang. De analyses moeten uitgevoerd worden voor ieder van de fasen uitvoering, terugstorten en beheer.

van diepte z [m + MV]	tot diepte z [m + MV]	Zand met, gemiddeld over 5m of minder, $d_{50} > 200\mu\text{m}$ en $d_{15} > 100\mu\text{m}$		Grind en zand met, gemiddeld over 5m of minder, $d_{50} > 500\mu\text{m}$ en $d_{15} > 250\mu\text{m}$	
		Lokale helling	Gemiddelde helling 0 – z	Lokale helling	Gemiddelde helling 0 – z
0	-5	1:2	1:2	1:2	1:2
-5	-10	1:3	1:2,5	1:3	1:2,5
-10	-15	1:4	1:3		
-15	-20	1:5	1:3,5		
-20	-25	1:6	1:4	1:4	1:3
-25	-30	1:8	1:4,67	1:6	1:3,75
-30	-35	1:10	1:5,43		
-35	-40	1:10	1:6		

Tabel A.4.2a Schema voor te handhaven taludopbouw zonder platbermen

van diepte z [m + MV]	tot diepte z [m + MV]	Lokale helling	Diepte platberm [m]	Breedte platberm [m]
0	Z ₁	als in tabel A.4.2a gemiddeld van 0 tot Z ₁		
			Z ₁	Z ₁
Z ₁	Z ₂	als in tabel A.4.2a gemiddeld van 0 tot (Z ₂ - Z ₁)		
			Z ₂	Z ₂
Z ₂	Z ₃	als in tabel A.4.2a gemiddeld van 0 tot (Z ₃ - Z ₂)		
			Z ₃	Z ₃
enz				

Tabel A.4.2b Schema voor te handhaven taludopbouw met platbermen (voorbeelden gegeven in figuur A.4 en tabellen O.6.3.c&d; resulterende gemiddelde helling in tabel A.4.3)

Putdiepte [m]	Gemiddelde helling		
	a) zonder platbermen	c) met 1 platberm en Z ₁ = -20m	d) met 3 platbermen en Z ₁ =(Z ₂ -Z ₁)=(Z ₃ -Z ₂)= -10m
10	1:2,5	1:2,5	1:2,5
20	1:3,5	1:3,5	1:3
30	1:4,67	1:3,83	1:3,5
40	1:6	1:4	1:4

Tabel A.4.3 Gemiddelde taludhelling te realiseren met en zonder platbermen voor zand met $d_{50} > 200\mu\text{m}$ en $d_{15} > 100\mu\text{m}$, zoals uitgewerkt in figuur A.4 en de tabellen O.6.3.c&d; voor grind/zand met $d_{50} > 500\mu\text{m}$ en $d_{15} > 250\mu\text{m}$ is een soortgelijke versteiling van de gemiddelde helling te realiseren

Taludontwikkeling zandwinput eenvoudige schematisatie

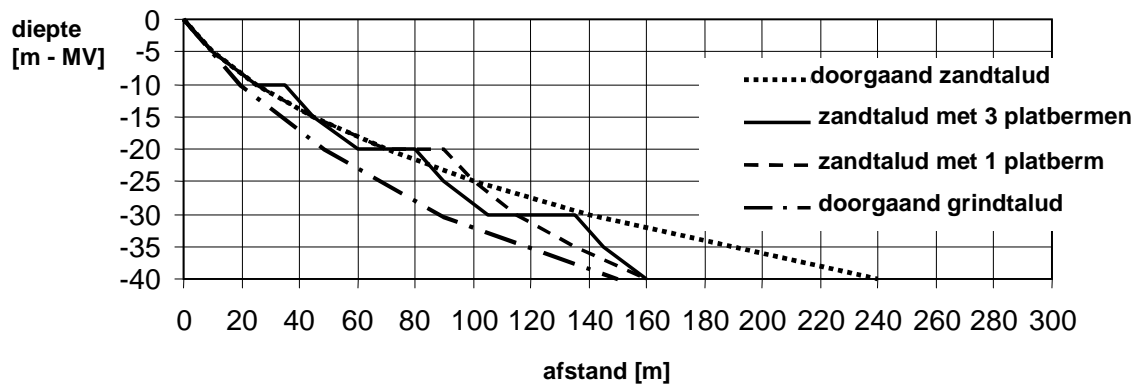


Fig. A.4 Voorbeeld taludopbouw in 40m diepe put zonder berm, met 1 berm of met 3 bermen:

1. continu doorgaand talud voor zand met $d_{50} > 200\mu\text{m}$ en $d_{15} > 100\mu\text{m}$ tot 40 m diepte (gestippeld)
2. laagscheiding met 20 m brede platberm op een diepte van 20 m (onderbroken lijn)
3. laagscheiding met platbermen om de 10 m diepte met breedtes van respectievelijk 10m, 20m en 30m (ononderbroken lijn).
4. continu doorgaand talud voor grof zand en grind met $d_{50} > 500\mu\text{m}$ en $d_{15} > 250\mu\text{m}$ (streep stip lijn)

A.5 Risicobeschouwing

A.5.1 Functie risicobeschouwing

Een risicobeschouwing is voor een vergunningverlenende instantie onontbeerlijk om maatschappelijk verantwoorde keuzes te kunnen maken. De wens om een maximale hoeveelheid zand te winnen staat hierbij op gespannen voet met de kans op en de gevolgen van ongewenste oeverinscharingen. Hier moet dus ergens een grens worden getrokken.

Tot in het recente verleden gebeurde dat op basis van gevoel en ervaring. Tegenwoordig bestaan er weliswaar uitgewerkte procedures, die de risico's op objectieve wijze kwantificeren en toetsen aan een nationale regelgeving, maar die worden nog niet algemeen gebruikt. De huidige praktijk bevindt zich tussen deze beide uitersten. Indien oeverstabiliteit behandeld kan worden 'op basis van ervaring', kan de risicobeschouwing beperkt blijven tot een kwalitatieve afweging van de relevante onzekerheden over het optreden van een oeverinscharing en de gevolgen van een eventuele oeverinscharing. In andere gevallen wordt een min of meer diepgaande kwantitatieve onderbouwing gegeven.

A.5.2 Belangrijkste onzekerheden

Onder relevante onzekerheden wordt verstaan factoren, die bijdragen aan de kans op het optreden van een oeverinscharing.

Ieder van de in het vorige hoofdstuk beschreven methoden om faalmechanismen te analyseren heeft zijn onzekerheden met bijbehorende parameters. In deze paragraaf worden alleen de meest relevante onzekerheden genoemd. De uitspraak over relevantie is hier gebaseerd op basis van praktijkkennis en kennis vergaard door het uitvoeren van modelberekeningen.

Onzekerheden betreffende de grondeigenschappen

- Beperkte hoeveelheid informatie (puntinformatie, beperkt aantal monsters en beproevingen).
- Variabiliteit en stratigrafie van de ondergrond.
- Schuifsterkte (slappe) cohesieve lagen.
- Pakkingsdichtheid of verwekingsgevoeligheid van losse zandlagen.
- Aanwezigheid stoorlagen in en bresseigenschappen van het zand.

Onzekerheden betreffende winproces

- Locatie zuigmond (insteekdiepte, verhaalsnelheid).
- Zuigproductie.
- Mengseldichtheid.

Onzekerheden betreffende het faalmechanisme leidend tot oeverinscharing

- Welk faalmechanisme is maatgevend?
- Beperkingen van het model voor de beschrijving van het maatgevende faalmechanisme.

De grondeigenschappen, winproceskarakteristieken en modeleigenschappen worden weergegeven met parameters. De onzekerheid kan uitgedrukt worden door een veilige waarde voor die parameter te kiezen of door de parameter een kansverdeling toe te kennen. De keuze van de parameters en de manier waarop de onzekerheid wordt weergegeven en verwerkt, hangt af van het model dat voor de analyse gebruikt wordt (zie A.4 en O.6) en de wijze waarop het risico gekwantificeerd wordt (zie ook O.7.1).

A.5.3 Gevolgen eventuele oeverinscharing

Een oeverinscharing, zoals gedefinieerd in O.3.1, is per definitie een ongewenste gebeurtenis. Immers, een deel van wat land moest blijven wordt water. Hoe ernstig dat echter is, hangt af van de schade die erdoor veroorzaakt wordt. Daarbij spelen de volgende vragen een rol:

- Hoe groot is de inscharing?
- Moet de oeverinscharing weer hersteld worden en hoeveel inspanning is daarvoor nodig?
- Welke is de waarde van de permanente belendingen en op welke afstand liggen de belendingen met bijzondere waarden (bijvoorbeeld een weg, woningen, bedrijfsopstallen of een primaire waterkering)?
- Kunnen er persoonlijke ongelukken plaatsvinden?

De eerste vraag wordt besproken in O.7.4; de overige vragen in O.7.5. Voor de vaststelling van de 'toelaatbare kans' wordt daarbij aansluiting gezocht bij bestaande normen [36; 37].

A.5.4 Overzicht methoden risicobeschouwing

Net als bij de analyse van de mechanismen die tot oeverinscharing leiden, kan de risicobeschouwing op een eenvoudige wijze worden uitgevoerd of op een gedetailleerde of zelfs geavanceerde wijze, afhankelijk van de omstandigheden en de gevoelde noodzaak om op het scherp van de snede te ontwerpen.

De eenvoudige methode is een deterministische methode met veiligheidsfactoren (zie O.7.2). Die methode is toepasbaar voor niet te gecompliceerde omstandigheden. Voldoende veiligheid wordt dan gegarandeerd door bij alle relevante onzekerheden aan de veilige kant te ontwerpen. Dat zal over het algemeen leiden tot een conservatief ontwerp.

Bij de gedetailleerde, probabilistische methode wordt eerst het risico op het optreden van een oeverinscharing voorspeld. Daarvoor bestaan in hoofdlijnen twee extreme mogelijkheden (zie O.7.3):

- beschrijving op basis van kennis van de fysische processen, waarbij gebruik gemaakt wordt van rekenmodellen, zoals beschreven in hoofdstuk O.6, en onzekerheden weergegeven in de onzekerheden van modelparameters;
- alleen op ervaring afgaan; dan onzekerheden beschrijven op basis van ervaringsstatistiek.

Dat laatste wordt in principe ook al toegepast bij de eenvoudige methode (zie O.7.2). Maar bij de gedetailleerde methode wordt de ervaringsstatistiek genuanceerd m.b.v. kennis van de fysische mechanismen, zoals beschreven in O.7.4.

Bij de gedetailleerde methode wordt de gevolgschade uitgedrukt in een toelaatbare kans op optreden en, veelal, in een toelaatbare kans op het overschrijden van een bepaalde inscharingslengte (zie O.7.5).

Als het gevolg van een eventuele oeverinscharing in een getal kan worden uitgedrukt, bijvoorbeeld in euro's, kan ook het risico in een getal worden uitgedrukt en wordt dit gelijk genomen aan het product van kans en gevolg. Dit kan als een geavanceerde methode worden beschouwd en wordt als zodanig niet in deze Aanbeveling behandeld.

A.5.5 Aanbevelingen

Tabel A.5 geeft per faalmechanisme en niveau van diepgang een aanbeveling voor uit te voeren risicobeschouwingen. De beschouwingen moeten uitgevoerd worden voor iedere uitvoeringsfase (zandwinning, terugstorten en herinrichting) en voor de fase van het beheer. Bij de analyse voor de fase van beheer hoeft alleen rekening gehouden te worden met de situatie direct na voltooiing en de veranderingen die daarna redelijkerwijs te voorzien zijn (zie ook hoofdstuk A.7). De analyse

is uiteraard alleen nodig voorzover die relevant is gebleken in de faalmechanisemeanalyse (hoofdstuk A.4 of O.6).

RISICOBESCHOUWING VOOR BEOORDELING M.B.T. OEVERINSCHARINGEN			
Niveau van diepgang	Faalmechanisme		
	Afschuiving	Verwekingsvloeiing	Bresvloeiing
Ervaring	Beschouwing van de mogelijke gevolgen van een eventueel optredende oeverinscharing en de aanvaardbaarheid daarvan		
Eenvoudig	Nagaan of voldaan wordt aan voorwaarden samengevat in tabel A.4.1 OF Veiligheidsfactor uit Bishop berekening waarin verwachtingswaarden ingevoerd zijn > 1,6 OF Veiligheidsfactor uit Bishop berekening waarin karakteristieke waarden ingevoerd zijn > 1,3	Nagaan of voldaan wordt aan voorwaarden samengevat in tabel A.4.1 ÉN geen permanente belendingen met bijzondere waarde binnen afstand van 3×putdiepte	Nagaan of voldaan wordt aan voorwaarden samengevat in tabel A.4.1 ÉN geen permanente belendingen met bijzondere waarde binnen afstand van 2×putdiepte
Gedetailleerd	Kans op kritieke inscharing < toelaatbare kans	Kans op kritieke inscharing < toelaatbare kans	Kans op kritieke inscharing < toelaatbare kans
Geavanceerd	Nader in te vullen afhankelijk van situatie		

Tabel A.5 Aanbeveling voor uit te voeren risicobeschouwingen per faalmechanisme en niveau van diepgang. De beschouwingen moeten uitgevoerd worden voor ieder van de fasen uitvoering, terugstorten en beheer.

Als de risico's bepaald volgens deze tabel te hoog zijn, moet een grotere diepgang gekozen worden of dient het ontwerp te worden aangepast.

A.6 Begeleiding van zandwinning en terugstorten

Voor het handhaven van de kwaliteit van de uitvoering en het product moet tijdens de uitvoering regelmatig worden nagegaan, of het proces nog **beheerst** en naar verwachting verloopt, dan wel dient te worden bijgesteld. Dit is van belang voor zowel de uitvoerder/exploitant als voor de vergunninghandhaver. Daartoe zijn een aantal metingen aan boord van het werktuig en in de omgeving noodzakelijk.

In het geval van calamiteiten zoals een oeverinscharing dienen de meetgegevens beschikbaar te zijn voor nadere analyse van de oorzaak. Daarom dienen de geregistreerde gegevens tenminste gedurende drie maanden bewaard te worden.

Door een goede terugkoppeling van de operationele instellingen aan boord van de winzuiger, zoals de positie van de zuigbuis en de gezogen dichtheid, met de taludgeometrie direct of kort na het winnen, wordt meer inzicht verkregen in het proces en de lokale bijzonderheden. Op deze wijze wordt de nauwkeurigheid steeds verhoogd en de kans op onbeheerste bresvorming steeds verder verminderd.

Aanbevolen wordt om de uitvoering van zandwinnen en terugstorten te begeleiden zoals aangegeven in tabel A.6. Dat is althans van toepassing voor het werken in de buurt van de oever, dat wil zeggen op een afstand tot de beoogde oever van minder dan het produkt van de beoogde putdiepte en de cotangens van de gemiddelde beoogde taludhelling. Het kan praktisch zijn ook op grotere afstand van de oever dezelfde werkwijze aan te houden om maximale informatie over de put te verkrijgen.

UIT TE VOEREN METINGEN EN REGISTRATIES BIJ ZANDWINNING EN TERUGSTORTEN			
Niveau van diepgang	Activiteit		
	TIJDENS WINNING	TIJDENS TERUGSTORTEN	PEILEN (par. O.8.4)
Ervaring	Voortzetting volgens ervaring		
Eenvoudig	1. Logboek (zie O.8.2.1) 2. Positie winlocatie (zie O.8.2.2)	1. Logboek (zie O.8.3) 2. Positie storten grond	- Peilen t.p.v. winnen en storten 1 x per maand; - Peilen hele put 1x per jaar
Gedetailleerd	1 Logboek (zie O.8.2.1) of automatische registreren 2 Positie winlocatie continu (zie O.8.2.2) 3 Productiekenmerken continu (zie O.8.2.3) 4 Signaleringsbakens of boeien in talud bij oever en/of piketten op oever	1 Logboek (zie O.8.3) of automatische registreren 2 Positie stortlocatie continu (zie O.8.3) 3 Productiekenmerken continu (zie O.8.3)	- Peilen t.p.v. winnen en storten 1 x per week; - Peilen hele put 1x per jaar
Geavanceerd	Als gedetailleerd + bijzondere metingen en registraties, zoals dagelijkse plattegrond met contourlijnen, resultaten side-scan sonar.		

Tabel A.6 Aanbeveling voor uit te voeren metingen in de buurt van de oever bij uitvoering van zandwinning of terugstorten.

Naar analogie van het ontwerp worden hier ook vier niveaus van diepgang onderscheiden. Aanbevolen wordt het niveau van diepgang te hanteren dat als maatgevend niveau te voorschijn is gekomen bij de risicobeschouwing (tabel A.5). Indien de risico's verbonden aan taludstabiliteit behandeld kunnen worden 'op basis van ervaring', zoals uiteengezet in paragraaf A.2.2.1, kan ook de uitvoeringsbegeleiding plaatsvinden op basis van ervaring

In hoofdstuk O.8 is de onderbouwing van deze aanbevelingen te vinden alsmede de beschrijving van de metingen waarnaar in de tabel verwezen wordt.

Als zich tijdens de zandwinning onverhoopt toch een grote oeverinschaling voordoet, dan moeten onmiddellijk de acties worden ondernomen die aanbevolen zijn in hoofdstuk O.8.4 'Respons op grote oeverinschaling'.

A.7 Beheerfase ontgroningen

Bij het ontwerp moeten de risico's tijdens de beheerfase onderzocht zijn (zie A.4 en A.5). Daarbij kan alleen rekening gehouden worden met de situatie direct na voltooiing en de veranderingen die redelijkerwijs te voorzien zijn.

Met het oog daarop kan de ontwerper voorwaarden aan het beheer opleggen (zie A.2.1 punt 5 en 6). De beheerder moet in de gaten houden of de veranderingen niet sterker zijn dan voorzien, en of er geen onvoorziene veranderingen plaatsvinden. Het kan daarbij gaan om:

1 Geleidelijke veranderingen, als het dichtslibben van de bodem of erosie door golf of stroom (vooral in zee, meer, rivier), resulteren ook in een wijziging van taludgeometrie en/of de waterhuishouding. Regelmatige peilingen en metingen (met bijbehorende analyse van de gegevens) kunnen in dat geval dienen als controle van de veiligheid van de taluds.

2 Menselijke activiteiten, die van invloed kunnen zijn op de kans op een oeverinschaling tijdens de beheerfase, zijn:

- opslag van een aanzienlijke hoeveelheid grond langs de oever
- aanbrengen of aanpassen van oeververdediging
- onderhoud van vegetatie of recreatieve voorzieningen (stranden)
- bouwactiviteiten (woningbouw, bedrijventerrein, wegen etc.) waardoor enerzijds de belasting op de oever toeneemt en trillingen kunnen worden opgewekt, anderzijds de schade door een eventuele oeverinschaling kan toenemen
- een flinke wijziging in de (grond)waterstand

Ten slotte dient bij een sterke functiewijziging van de plas, bijvoorbeeld het (later) storten van grond in de plas of diepere zandwinning, het ontwerpproces opnieuw doorlopen te worden.

A.8 Begrippen, symbolen en definities

Hieronder worden specifieke termen op alfabetische volgorde vermeld met de bijbehorende definitie en, waar nodig, enige afbakening.

BEGRIP EN SYMBOOL	DEFINITIE
afschuiving	bezwijken van een talud langs een glijvlak
belendingen	infrastructuur of onroerend goed in de buurt van de oever
breshoogte	hoogte van het bresvormend deel van een talud, maximaal gelijk aan de putdiepte
bresvloeiing	bezwijken van een talud door gestaag wegstromen van zandlagen, gevoed door een steil stroomopwaarts bewegende verstoring
contractie	volumeverkleining van een korrelskelet bij schuifvorming; resulteert bij verzadigd, ongedraineerd zand in poriënwateroverspanning
dichtheidsstroming	stroming van een zwaardere vloeistof in een lichtere, bijv. een zand-watermengsel suspensiestroom onder water
dilatantie	volumevergroting van een korrelskelet bij schuifvorming; resulteert bij verzadigd, ongedraineerd zand in poriënwateronderspanning
doorlatendheid of permeabiliteit	mate waarin poriënwater door het korrelskelet kan stromen
beheerst bressen	bresvorming en zandlevering langs een talud beheerst door de mate van insteken van de zuigbuis van een winzuiger
glijvlak	vlak waarlangs een afschuiving van een talud kan optreden
grondspanning	totale spanning in de grond = korrelspanning + poriënwaterdruk
inpeilingen	meting diepteligging bodem zandwinput m.b.v echolood of ander instrument waaruit dwarsraaien kunnen worden samengesteld
insteek	de rand van de winput tijdens de zuigwerkzaamheden
insteekdiepte	diepte waarover de zuigbuis in het zandpakket wordt gestoken om door beheerste bresvorming de putproductie te activeren
inscharingslengte L	afstand waarover de oever landinwaarts verdwenen is ten gevolge van een oeverinscharing
korrelspanning	onderlinge contactdruk tussen de gronddeeltjes
kritieke dichtheid	dichtheid van het korrelskelet, waarbij het materiaal noch dilatante noch contractante eigenschappen vertoont bij een bepaalde gemiddelde korrelspanning
(zand-water-) mengseldichtheid	volumegewicht van een zand-watermengsel, bepaald door de zandconcentratie

macro-(in-)stabiliteit	(in-)stabiliteit van een zandtalud als geheel tot op grote diepte
metastabiele situatie	In potentie instabiele situatie. Instabiliteit treedt daadwerkelijk na geringe verstoring.
metastabiel talud	Talud van verzadigd zand dat instabiel kan worden door verweking na plotselinge, kleine belastingverandering.
micro-(in-)stabiliteit	(in-)stabiliteit aan het oppervlak van een zandtalud
mors	zand uit de bres losgemaakt en aangeleverd, maar niet door het baggerwerktuig opgezogen, resedimenteert met losse pakking
nabressen	het naleveren van zand door actieve bressen na beëindiging van het zuigproces
oeverinscharing	calamiteit in een zandwinput waarbij een deel van de oever instort
onbeheerst bressen	autonome bresvorming en zandlevering langs een talud, geïnitieerd door een natuurlijke of onbedoeld veroorzaakte instabiliteit; leidt bijna altijd tot bresvloeiing
pakking of pakkingsdichtheid	mate waarin het korrels in een zandpakket dicht opeen gepakt zitten
platberm	horizontale tussenberm in talud met als doel de stabiliteit van het bovenste talud te waarborgen, wanneer het onderste talud tijdens de uitvoering flauwer wordt dan oorspronkelijk verwacht
poriënwateronder (over-)spanning	poriënwaterdruk onder (boven) de hydrostatische waterdruk
poriëngehalte (ook wel 'porositeit') n	volumegehalte poriën in een zandpakket
randstrook	strook grond rondom een zandwinput, te handhaven uit veiligheidsoverwegingen en toekomstige inrichting
rekenputdiepte H_R	diepte van een fictieve put waarbij het talud geheel onder water ligt en waarbij de verticale korrelspanningen gelijk zijn aan die bij de echte put waarvan het talud deels boven water kan liggen (modelparameter; zie ook O.6.2.1)
rekentaludhelling α_R	gemiddelde taludhelling van een fictieve put waarbij het talud geheel onder water ligt en waarbij de verticale korrelspanningen gelijk zijn aan die bij de echte put waarvan het talud deels boven water kan liggen (modelparameter; zie ook O.6.2.1)
relatieve dichtheid $R_n = (n_{\max} - n) / (n_{\max} - n_{\min})$	maat voor de pakking, variërend van 0% (meest losse pakking te verkrijgen via bepaalde test, waarbij $n = n_{\max}$) tot 100% (meest vaste pakking te verkrijgen via bepaalde test, waarbij $n = n_{\min}$)
R_{n1}, R_{n2} enz	relatieve dichtheid gemiddeld over een hoogte van respectievelijk 1m, 2m enz.
(re-)sedimentatie	(opnieuw) bezinken van zandkorrels in een stroming
stoorlaag	dunne klei-, leem- of veenlaag in een overigens dik zand- of grindpakket
suspensiestroming	stroming van een vloeistof met turbulent gesuspendeerd materiaal bijv. zand

taludinstabiliteit	proces waarbij een talud wordt aangetast met als resultaat een inscharing
taludontwikkeling	verandering van het talud in de tijd onder invloed van het zuig- en bresproces
taludproductie	de hoeveelheid zand die per tijdseenheid langs de helling naar beneden stroomt
terugstorten	het aanbrengen van grond in een put
verweking of liquefactie	verlies aan korrelspanningen in een losgepakt zandpakket, waardoor dit dikvloeibaar wordt en/of bezwijkt
verwekingsvloeiing	bezwijken van een talud door plotseling wegstromen van een verweekt zand
walsnelheid	snelheid waarmee een actieve bres of taludverstoring terugschrijdt
win- of diepzuiger	baggerwerktuig voor het niet-actief winnen van zand uit een put met behulp van een zuigbuis; ook wel met 'profielzuiger' aangeduid
zuigproductie	hoeveelheid door het baggerwerktuig per tijdseenheid opgezogen zand
zettingsvloeiing	term die vaak gebruikt wordt als verzamelterm voor de mechanismen verwekingsvloeiing en bresvloeiing. Voor de duidelijkheid wordt deze term in deze Aanbeveling niet gebruikt.