



**ir. Werner Halter**  
Principal Consultant,  
Fugro



**ir. Albert Wiggers**  
Principal Geotechnical Engineer,  
Royal Haskoning DHV



**ing. Mirjam Molen**  
Projectmanager  
Waterveiligheid, Arcadis



**ir. Martin van der Meer**  
Technisch Manager,  
POV Dijkversterking met  
Gebiedseigen Grond

# DIJKEN BOUWEN MET AFWIJKENDE GROND: GRONDGESTUURD IN PLAATS VAN RICHTLIJNGESTUURD ONTWERPEN

## Dijkversterking met gebiedseigen grond: waarom niet?

In Nederland bouwen we dijken van hoge kwaliteit om voldoende veiligheid te bieden tegen overstromingen. Daarom zijn strenge regels opgesteld omtrent de samenstelling van dijkklei. Lokaal beschikbare grond voldoet vaak niet aan deze regels. In plaats daarvan wordt klei voor dijkversterkingen veelal van elders aangevoerd. De hiervoor benodigde extra transportbewegingen zijn economisch onvoordelig, niet duurzaam en leiden tot overlast. In het kader van de POV Dijkversterking met gebiedseigen grond is een Technisch kader opgesteld. Hierin is beschreven hoe lokaal beschikbare grond effectief in dijkversterkingen kan worden toegepast.

## Grondgestuurd ontwerpen is omdenken

Het Technisch kader toepassen gebiedseigen grond zit boordevol voorbeelden van dijkversterkingen die zijn aangelegd met grond die niet aan de standardeisen voldoet. Opvallend is dat een fors aantal van deze voorbeelden uit het verleden afkomstig is of uit ons omringende landen met een minder rigide ontwerpcultuur (zoals Verenigd Koninkrijk en Frankrijk). Waarschijnlijk zullen veel lezers voorbeelden herkennen, maar dan vraagtekens hebben over de aantoonbaarheid van harde eisen uit een Basis Specificatie Dijken van een waterschap of Standaard RAW Specificaties. Het

lijkt steeds lastiger te zijn geworden om grond toe te passen met afwijkende eigenschappen, omdat eisen en de ontwerp vrijheid veelal in een vroeg stadium al zijn 'vastgetimmerd'. Het komt regelmatig voor dat men daarom de stap naar grondgestuurd ontwerpen niet aandurft.

Bij het echte grondgestuurd ontwerpen is omdenken noodzakelijk. In plaats van de klassieke piramide van eisen van boven naar beneden te doorlopen, doen we dat bij grondgestuurd ontwerpen net andersom, zie figuur 1. Het startpunt in het grondgestuurd ontwerp is de grond die vrijkomt bij een nabije gebiedsontwikkeling of uit de dijkversterking zelf. Wanneer de aard- en gedragseigenschappen van het vrijkomende materiaal goed bekend zijn, kan worden nagegaan hoe deze eigenschappen door de manier van uitvoering en in de periode na realisatie door de natuur worden beïnvloed. Dit vergt een gedegen kennis van grondgedrag en uitvoering, geen afvinklijstje in een standaard specificatie. Soms zal deze kennis binnen het project moeten worden opgedaan. Het Technisch kader laat zien dat een ervaren geotechnicus heel goed in staat is om constructieve gedragseigenschappen van een grondsoort te bepalen al dan niet met behulp van een zelf op te zetten onderzoeksprogramma binnen de looptijd van het project.

Wanneer het doorlopen van de klassieke eisen

piramide strandt, omdat standaard materiaal-specificaties uit een Basis Specificatie of RAW niet worden gehaald, dan wordt het tijd voor grondgestuurd ontwerpen en zijn daarbij de volgende soorten oplossingen mogelijk:

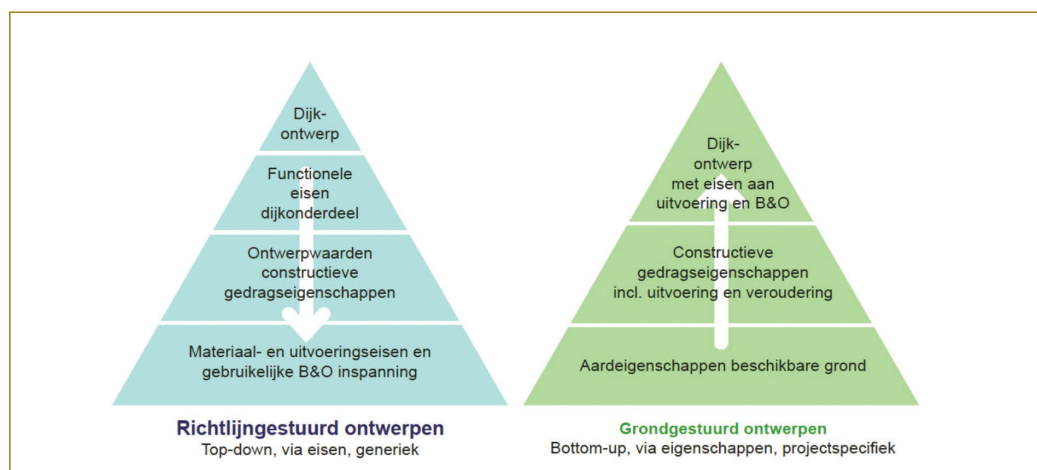
1. De standardeisen zijn te strikt: je kunt onderbouwd afwijken.
2. Er is ontwerp vrijheid: het ontwerp wordt aangepast op basis van de beschikbare partij grond.
3. De grond kan worden opgewaardeerd.
4. Het beheer en onderhoud kan anders worden aangepakt.

Het is mogelijk dat ook na het doorlopen van deze stappen de partij grond niet kan worden toegepast in de dijkversterking, dan kun je kijken of deze elders kan worden toegepast.

## Startpunt: kennen van je grond

Om de geschiktheid van een partij klei te beoordelen voor toepassing in een dijk, is eerst voldoende informatie nodig over de samenstelling. Klei wordt daarna doorgaans vergeleken met RAW-eisen voor dijkklei en ingedeeld in een erosie categorie. Daarnaast zijn er veelgebruikte dijkrichtlijnen waarin aanvullende eisen staan. Als blijkt dat de grond voldoet aan deze eisen, dan kan het worden toegepast. Veelal voldoet een lokale partij klei echter voor één of meer parameters niet aan de daarvoor in de literatuur vermelde grenswaarden, bijvoorbeeld omdat het organisch stofgehalte te hoog is of de plasticiteitsindex te laag. Het Technisch kader geeft een overzicht van de achtergronden van een groot aantal grondeigenschappen van klei met verwijzingen naar literatuur.

Hoeveel grondonderzoek doe je om de geschiktheid van een lokale partij grond te verkennen? En wanneer? Dit vergt maatwerk. De stelregel is echter dat het vroegtijdig in een project verkennen van de mogelijkheden van lokale grond de kans op toepassing aanzienlijk vergroot. Dit wil niet zeggen dat elk gronddepot uitgebreid moet worden bemonsterd. Een van grof naar fijne aanpak loont. Een eerste inschatting van de grondkwaliteit wordt gemaakt op basis van gebiedskennis. Hiervoor kan worden overlegd met lokale aannemers en boeren, maar er kan ook gebruik worden gemaakt van vele, gratis online beschikbare, bodemkundige bronnen. Een visuele beoordeling



**Figuur 1** – Top down ontwerpen volgens piramide van eisen (links) of bottom up via eigenschappen (rechts) waarmee de verschillen in beeld zijn.

## SAMENVATTING

*Dit artikel is een samenvatting van het in oktober 2022 opgeleverde Technisch kader toepassing gebiedseigen grond. Hierin is toegelicht wat de technische kansen en mogelijkheden zijn voor het toepassen van gebiedseigen grond in dijkversterkingen. Deze toepassing is duurzaam, omdat lokaal beschikbare grond wordt hergebruikt en de transportafstanden worden beperkt. Gebiedseigen grond voldoet veelal echter niet aan alle eisen die standaard worden*

*gesteld aan dijkklei. In dit Technisch kader wordt toegelicht hoe onderbouwd van deze eisen kan worden afgeweken. Een voorwaarde kan zijn dat men het ontwerp aanpast of het verouderingsgedrag van grond kwantificeert. Daarnaast wordt toegelicht hoe de eigenschappen van afwijkende grond op een economische wijze kunnen worden opgewaardeerd.*

van een partij grond door een deskundig persoon levert ook veel informatie op. Uit een gedetailleerde identificatie van klei kan men veel afleiden over de samenstelling. Uiteindelijk kan men gericht laboratoriumonderzoek doen op representatieve monsters.

Als een lokale partij klei voldoet aan de standardeisen uit onder meer de RAW, dan is het snel duidelijk hoe deze kan worden toegepast in de dijk. Vaak voldoet de klei echter niet aan één of meer eisen. Dan gaat grondgestuurd ontwerpen een rol spelen. Er wordt eerst beoordeeld of onderbouwd van de eisen kan worden afgeweken. Het is daarbij van belang om precies te begrijpen waar de eisen vandaan komen en wat de consequenties zijn van een afwijking. Als een afwijking geen effect heeft op de functies die een dijkonderdeel moet uitoefenen, dan is dit acceptabel. Standaard worden bijvoorbeeld eisen gesteld aan het lutumgehalte in klei in een dijkbekleding. In diepere delen van de dijk kan deze eis echter worden losgelaten, omdat de erosiebestendigheid daar minder van belang is. Bovendien heeft het lutumgehalte weinig invloed op deze eigenschappen in de kern van de dijk"

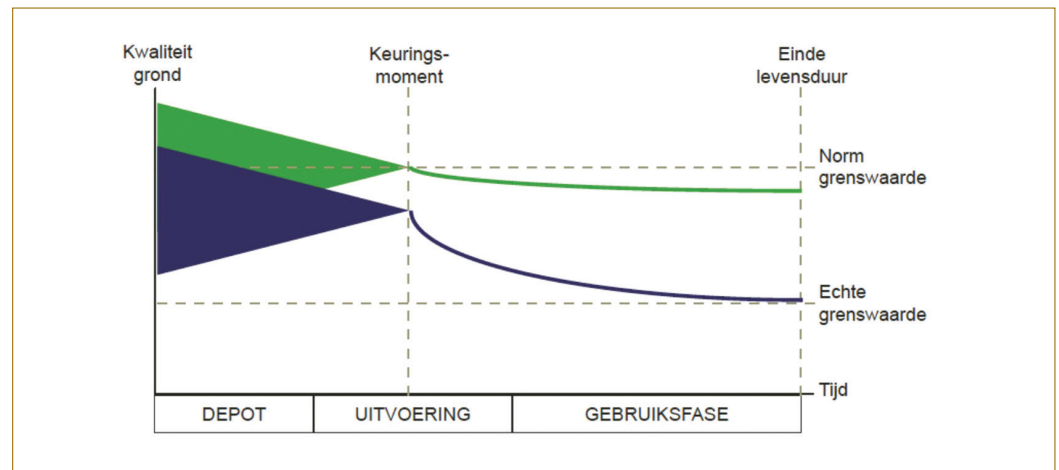
### Veroudering: vergeten kennis

Een reden dat de standardeisen voor dijkklei relatief streng zijn, is dat significante veroudering (bijvoorbeeld door een te hoog organisch stofgehalte) doorgaans wordt vermeden. Veroudering is de (veelal negatieve) verandering van de eigenschappen van dijkklei in de tijd. Veroudering kan via een aantal processen plaatsvinden, zoals uitdroging, vorst-dooiwisselingen of cementatie. In de jaren '80 heeft veel onderzoek plaatsgevonden naar verouderingsmechanismen in dijkklei en dit is meegenomen bij de definitie van de standardeisen. Overmatige veroudering bij afwijkende grond kan ook worden ingeschat met de toen ontwikkelde kennis, maar weinig mensen hebben deze kennis nog paraat. In het Technisch Kader zijn twaalf mogelijke vormen van veroudering van dijkklei gedetailleerd beschreven (zie figuur 2a) en is uitgelegd hoe hier in het ontwerp op kan worden gestuurd.

Door bijvoorbeeld alleen klei toe te staan met een laag organisch stofgehalte wordt veroudering (in dit geval klink door oxidatie) vermeden. Er kan echter ook op worden gestuurd door met extra laagdikte voor de klink te compenseren.

**Figuur 2a - Verouderingsprocessen bij dijksmateriaal: groen is doorgaans gunstig voor de dijkveiligheid, rood is ongunstig voor de dijkveiligheid.**

**Figuur 2b - De kwaliteit van de grond uitgezet tegen de tijd. Te zien valt dat als de kwaliteit binnen de grenswaarde blijft, toepassing verantwoord is.**



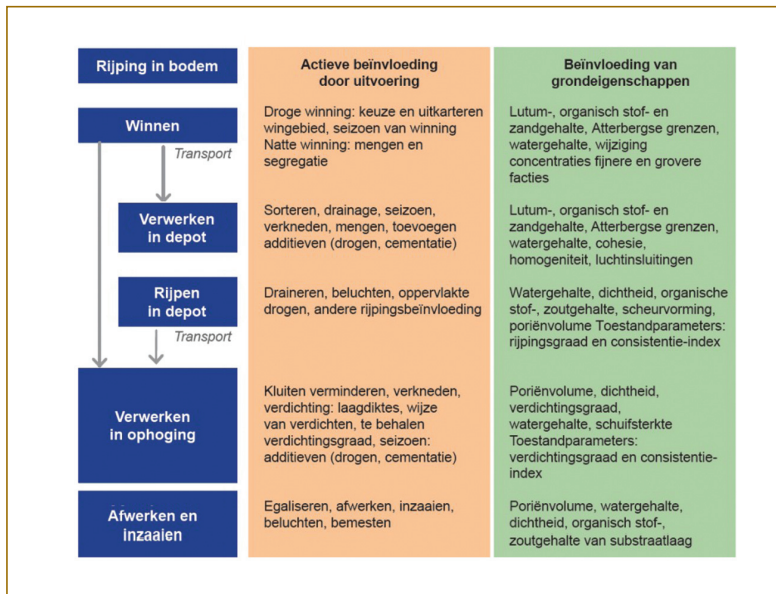
Verdichting	Oxidatie
Verandering watergehalte	Vorst-dooiwisseling
Verandering zuigspanningen	Rijping
Cementatie	Structuurvorming
Biologische activiteit	Verweking
Flocculatie en peptisatie	Erosie

In figuur 2b is een standaard dijkversterkingsontwerp op een versimpelde manier vergeleken met een dijkversterkingsontwerp met afwijkende, relatief snel verouderende, grond. De kwaliteit van de grond is uitgezet tegen de tijd gedurende de planperiode van een dijkversterking. Met 'kwaliteit' wordt de geschiktheid van de grond voor toepassing in dijken bedoeld. Deze is in de praktijk een optelsom van een serie grondeigenschappen, zoals sterkte, erosiebestendigheid en waterdichtheid. Voor elke partij grond geldt dat de kwaliteit in het depot en tijdens uitvoering van een dijkversterking zowel in positieve als in negatieve zin kan veranderen door weersinvloeden en groundbewerking. Er wordt echter gestuurd op het halen van keuringseisen tijdens uitvoering. Na het aanbrengen van grond in een dijk zal de kwaliteit door veroudering veranderen, bijvoorbeeld door structuurvorming onder invloed van weer en wind. In de standaardpraktijk worden strenge keuringseisen aan grond gesteld, waardoor het negatieve effect van veroudering doorgaans geen significante invloed op het ontwerp heeft. Grond die niet voldoet aan standaard keuringseisen vraagt om materiaalkundige kennis van verouderings-

aspecten van de betreffende gebiedseigen grond. Afhankelijk van de grondsoort en de toestand van het materiaal bij aanbrengen kan zelfs blijken dat afwijkende grond minder gevoelig is voor veroudering. Het Technisch Kader beschrijft methoden om de mate van veroudering te kunnen voorspellen of te monitoren zodat tijdens ontwerp, uitvoering en tijdens het beheer inzicht kan worden verkregen in de afstand tot de minimumeisen.

### Uitvoering: praktijkkennis betrekken!

Adviseurs die veel betrokken zijn in de realisatiefase en bij grondwerk weten dat het hele proces van groundbewerking van het moment van winnen tot aan het verwerken en afwerken van de groundconstructie een grote invloed heeft op vrijwel alle constructieve gedragseigenschappen. Door de fasering van dijkversterkingsprojecten is er echter veelal te weinig terugkoppeling vanuit de realisatie naar het ontwerp. Figuur 3 geeft een eenvoudige weergave van verschillende stappen van het groundwerk en hoe constructieve gedragseigenschappen tijdens het groundwerk worden beïnvloed.



**Figuur 3 – Voorbeelden van beïnvloeding van aard- en gedragseigenschappen tijdens de verschillende fasen van grondwerk met klei.**

**Figuur 4 – Winning van gebiedseigen grond voor dijkversterking Gorinchem-Waardenburg ter plaatse van uiterwaardvergraving binnen het projectgebied.**



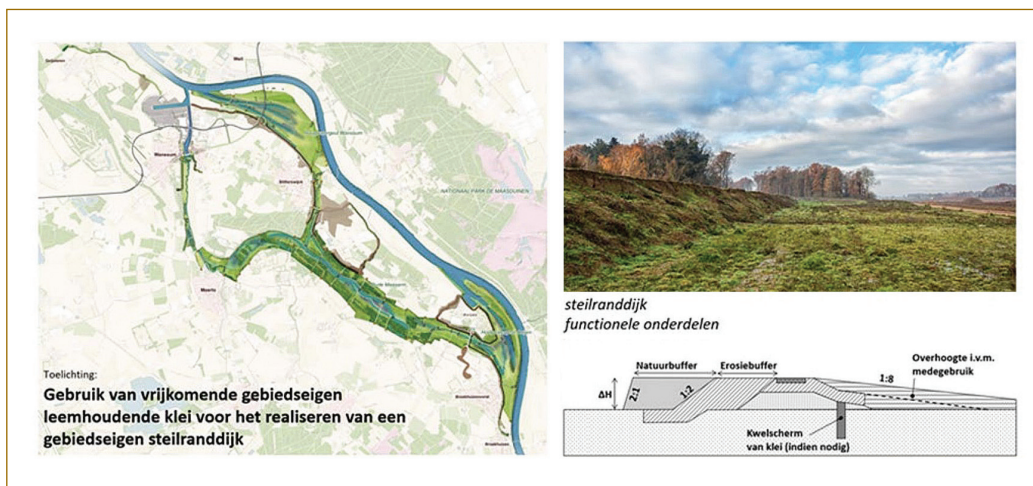
## Dijkontwerp samen met gebiedsontwikkeling

In de praktijk blijkt dat de mogelijkheden voor het toepassen van gebiedseigen grond met afwijkende eigenschappen uitgebreid zijn wanneer wat drastischer ontwerpaanpassingen mogelijk zijn. Wanneer er ruimte in het ontwerp is, zijn er talloze mogelijkheden. Het begrip “ruimte” heeft in dit geval betrekking op enerzijds fysieke ruimte en anderzijds ruimte in tijd. Vaak hangen deze ook weer samen en het is zaak dat hiervoor vroegtijdig samen met gebiedsontwikkelaars wordt opgetrokken. In het Technisch kader worden voorbeelden gegeven van verschillende mogelijkheden om een ontwerp passend te maken voor gebiedseigen grond. Er worden voorbeelden gegeven van grondgestuurd ontwerpen waarbij de dijkgeometrie is aangepast. Daarnaast zijn ontwerpen beschreven waarbij de laagopbouw en zonering binnen een dijk zijn aangepast op specifieke eigenschappen van de toe te passen grond.

In het Technisch kader is het ontwerp van een steilranddijk in het project Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum opgenomen als voorbeeld hoe een technisch uitdagende ontwerpkeuze effectief naar de eindstreep is gebracht, inclusief de benodigde ontwerpverificatie, uitvoeringsvoorwaarden en een voorspelbare beheerinspanning. Zie figuur 5.

## Beheer

Na opleveren van de dijk blijven constructieve eigenschappen veranderen. Het Technisch kader geeft een uitgebreid overzicht van relevante verouderingsprocessen van grond. Bij het gebruik van gebiedseigen grond met afwijkende eigenschappen is er een directe aanleiding voor het langdurig en systematisch volgen van effecten van veroudering op constructieve gedragseigenschappen. Het lerend ontwerpen en kennisdelen, als kenmerk van grondgestuurd ontwerpen, komt mooi terug in het demonstratieproject Brede Groene Dijk. In dat project worden constructieve gedragseigenschappen met fundamenteel onderzoek en grote schaalproeven onderzocht. Hier



**Figuur 5 – Steilranddijk in project Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum.**

Fase	Technische uitdaging	Grondkennis	Oplossing ontwerper/besliser
Voorverkenningfase OG (tender)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrale gebiedsopgave</li> <li>Veel vrijkomende grond</li> <li>Relatief laagbelaste dijken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beperkt onderzoek beschikbaar</li> <li>Kwaliteiten onzeker</li> <li>Onduidelijkheid over onzekerheden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tender integrale gebiedsopgave</li> <li>Veel ruimte en ontwerpvrivheid</li> <li>Toets op maat nodig</li> </ul>
Verkenningfase ON (voorkeursalternatief)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afwijkend ontwerp gekozen</li> <li>Toets op maat nodig</li> <li>Onafhankelijke check vereist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gebiedskennis leemhoudende klei</li> <li>Erosiesterkte is ontwerpbepalend</li> <li>Aanvullend grondonderzoek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schetsontwerp steilranddijk</li> <li>Robuuste erosiebuffer</li> <li>Extra natuurbuffer</li> </ul>
Planuitwerkingsfase ON (ontwerp)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificatie grondgestuurd ontwerp</li> <li>Kennis en ervaring beheerder</li> <li>Onafhankelijke review</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classificatie (uitgebreid, pinhole)</li> <li>Erosieparameters (gootproeven)</li> <li>Uitvoeringstolerantie (dichtheid)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opbouw dwarsprofiel</li> <li>Kleikeuze en dimensionering</li> <li>Verouderingsmarge (scenario's)</li> </ul>
Realisatiefase ON (oplevering)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opleveren veilige dijk</li> <li>Opleveren onderhoudbare dijk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proefophoging (effect slecht weer)</li> <li>Keuringsplan en classificatieprotocol</li> <li>Testvak aan de Maas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uitvoeringsplan en toleranties</li> <li>Beheer- en onderhoudconcept</li> <li>Nazorg</li> </ul>
Beheerfase OG (beoordeling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andere randvoorwaarden</li> <li>Andere beoordelingsregels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspectie en monitoring</li> <li>Ervaring zomerhoogwater 2021</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beheergrenzen</li> <li>Interventiegrenzen</li> <li>Maatregelen</li> </ul>

**Tabel 1 – Stappen in het verificatieproces van de steilranddijk bij Gebiedsontwikkeling Ooijen - Wanssum.**

Een voorbeeld van de actieve beïnvloeding van constructieve grondeigenschappen is dijkversterking Gorinchem - Waardenburg, zie figuur 4. Daarbij kwam grond vrij uit de uiterwaarden door natuurontwikkeling en rivierverruiming. Dit is hergebruikt in diverse onderdelen van de dijk, zoals de substraatlaag, een drainagebed, de kern

en bekledingslagen. De dimensies van deze dijkonderdelen zijn afgestemd op de eigenschappen van de bestaande dijk en de eigenschappen van de gebiedseigen grond. Hierbij is gestuurd op toestandparameters zoals consistentie-index en verdichtingsgraad.

worden diverse grondeigenschappen gedurende enkele jaren gemonitord, zoals het watergehalte, het zoutgehalte en het organische stofgehalte. Kennis uit dit demonstratieproject kan later op grotere schaal worden toegepast.

Juist bij gebiedseigen grond kan geleerd worden van jarenlange ervaring vanuit het beheer en onderhoud wanneer er in het gebied ervaring is om juist de lokale grond toe te passen in de dijken. Door het grondig inspecteren van de dijken, bijvoorbeeld door het graven van proefkuilen en deze professioneel te onderzoeken, kan veel worden geleerd van het gedrag van gebiedseigen grond en kunnen verwachtingen over het gedrag tijdens maatgevende omstandigheden gespecificeerd worden. Hierdoor heeft het gebruik van gebiedseigen grond in sommige gevallen juist een duidelijk voordeel ten opzichte van grond die wordt aangevoerd van verder weggelegen wingebieden.

Monitoring van het lange termijn gedrag is ook relevant in geval van met de tijd veranderende gemiddelde belastingen zoals droogte door klimaatverandering. Ook kan een dijkonderdeel een belangrijkere functie krijgen door een wijziging in ontwerpbelastingen zoals de binnenbekleding bij het toestaan van grotere overslagdebieten.

Het monitoren van gedragskenmerken is daarom van groot belang. Hiervoor is de loop tussen ontwerp en beheer van groot belang. Bij de uitgangstoets heeft de beheerder een controle-middel. Het systematisch monitoren van gedrags-eigenschappen kan direct input geven bij een eerstvolgende beoordelingsronde en kan eventueel ook projectoverstijgend worden gedeeld en toegepast.

### Aantoonbaarheid in alle fasen

Het Technisch kader biedt een handelingsperspectief voor het aantonen dat grond met afwijkende eigenschappen voldoet. Dit handelingsperspectief is procesmatig en gaat uit van de ontwerptrechter van een HWBP-dijkversterkingsopgave: van verkenningsfase via planuitwerkingsfase naar realisatiefase en beheer. Per fase worden een aantal centrale vragen gesteld, die beantwoord moeten worden.

In een verkenningsfase kunnen dit zijn: 'Is een grondgestuurd ontwerp het voorkeursalternatief (VKA)?' In de planuitwerkingsfase, bijvoorbeeld: 'Is er voldoende vertrouwen in het grondgestuurd alternatief?' of meer concreet: 'Worden gewenste constructieve gedragseigenschappen aangetoond en wat zijn beheersmaatregelen (terugvalopties)?' In de realisatiefase is een centrale vraag: 'Voldoet

het op te leveren werk aan de eisen uit het verificatieplan?' en 'Zijn beheersmaatregelen ingezet waar nodig?' Zeker niet vergeten, ná realisatie: 'Voldoet de dijk aan wensen van beheer en aan de waterveiligheidseisen gedurende de levensduur?'

Het Technisch kader geeft aan de hand van een uitgewerkt praktijkvoorbeeld aan hoe het project dergelijke vragen heeft beantwoord en daarmee heeft aangetoond een veilig ontwerp te hebben gemaakt met afwijkende gebiedseigen grond, zie tabel 1.

### Tot slot

Met klem geven we nogmaals de waarschuwing: het Technisch kader is geen richtlijn maar het geeft de kaders waarbinnen technisch managers, adviseurs en specialisten een ontwerp kunnen maken met grond die niet aan standaardspecificaties voldoet. Het bouwen van een dijk met gebiedseigen grond hoeft niet altijd de beste optie te zijn, maar het is wel verstandig om vroegtijdig de mogelijkheden ervan te onderzoeken.

### BRONVERMELDING

Technisch kader toepassing gebiedseigen grond - van richtlijngestuurd naar grondgestuurd ontwerp. POV Dijkversterking met Gebiedseigen Grond, versie 1.0, 4 oktober 2022. ●

The advertisement features a stylized illustration of a highway with a large, curved overpass structure. The scene is rendered in shades of teal and blue, with a perspective view looking down the road. The Fugro logo is positioned in the top left corner. The main headline is centered and reads: 'OPTIMAAL ONTWERP MET LAAG RISICOPROFIEL DOOR GEAVANCEERD 3D ONDERGRONDMODEL VOOR SLIMME DATA-TOEPASSINGEN'. At the bottom left, there is a call to action: 'Voor meer informatie fugro.nl'.