



---

# POV Dijkversterking met gebiedseigen grond Fase 2 'best practices' Nederland

Verslag

V3 | 12 maart 2021

Definitief

**POV Dijkversterking met Gebiedseigen Grond**



# Document Control

## Document informatie

Project Titel	POV Dijkversterking met gebiedseigen grond
Document Titel	Fase 2 'best practices' Nederland
Fugro Project No.	1220-172971
Fugro Document No.	1220-172971.R01
Issue Number	V3
Issue Status	Definitief

## Informatie opdrachtgever

Opdrachtgever	POV Dijkversterking met Gebiedseigen Grond
Opdrachtgever Adres	Waterschap Limburg, Postbus 2207, 6043CX Roermond
Opdrachtgever Contact	De heer A. Gerrits
Opdrachtgever Zaak No.	2020-Z7091

## Versie geschiedenis

Versie	Datum	Status	Opmerkingen	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd
01	30 okt. 2020	Concept	Eerste versie	WRH	NSP	WRH
02	16 dec. 2020	Eindconcept	Tweede versie	WRH	NSP	WRH
03	12 maart 2021	Definitief	Derde versie	WRH	NSP	WRH

## Project Team

Initialen	Naam	Rol
WRH	Werner Halter	Principal Consultant
NSP	Nick Stoop	Adviseur Waterbouw

## Contents

<b>Document Control</b>	<b>ii</b>
Document informatie	ii
Informatie opdrachtgever	ii
Versie geschiedenis	ii
Project Team	ii
<b>Contents</b>	<b>1</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>1</b>
<b>1. Introductie</b>	<b>2</b>
<b>2. Opzet onderzoek</b>	<b>3</b>
2.1 Literatuurstudie (hoofdstuk 3)	3
2.2 Kennisinventarisatie bij experts (hoofdstuk 4)	3
2.3 Kennisinventarisatie via webinars (hoofdstuk 5)	4
<b>3. Literatuurstudie</b>	<b>5</b>
3.1 Vigerende eisen en richtlijnen voor dijksmateriaal	5
3.2 Recente onderzoeken naar toepassing afwijkend materiaal	9
3.3 Kwalitatieve beschouwing materiaaleisen	11
<b>4. Resultaten kennisinventarisatie bij experts</b>	<b>16</b>
4.1 'Best practices' met afwijkende grond	16
4.2 'Worst practices' met niet afwijkende grond	19
<b>5. Resultaten kennisinventarisatie via webinars</b>	<b>21</b>
<b>6. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>22</b>
6.1 Conclusies	22
6.2 Aanbevelingen	23
<b>Appendix</b>	<b>28</b>
<b>Appendix A</b>	<b>28</b>

## Bijlagen

1. Vragenlijst voor interviews
2. Verslagen interviews
3. Bundeling van schriftelijke bijdragen experts
4. Verslagen van relevante zaken uit webinars
5. Groslijst "Historische best practices"
6. Groslijst "Moderne best practices"
7. Voorbeelden van kaarten van grondvoorkomens. die iets zeggen over de geschiktheid van grond voor toepassing in dijken

# 1. Introductie

Binnen de POV Dijkversterking met Gebiedseigen Grond worden handvatten ontwikkeld om dijkbeheerders te stimuleren om bij dijkversterkingsprojecten zoveel mogelijk grond uit eigen gebied te gebruiken. Dat is veelal sneller, goedkoper en beter voor het milieu. In een eerste verkennende fase is vastgesteld, dat aanzienlijke winst zou kunnen worden behaald als niet alleen grond kan worden toegepast die aan de standaard gehanteerde eisen voor dijksmateriaal voldoet, maar dat daarnaast ook afwijkende grond zou mogen worden gebruikt.

In de afgelopen fase 2 zijn de technische mogelijkheden nader uitgewerkt. Dit is gebeurd in een drietal deelonderzoeken:

- 1) Een onderzoek naar 'best practices' in Nederland, waarin voorbeelden van toepassingen van afwijkende grond in dijkversterkingen in Nederland worden geïnventariseerd.
- 2) Eenzelfde soort onderzoek, maar dan voor dijkversterkingen in het buitenland.
- 3) Een onderzoek naar buitenlandse ervaringen met betrekking tot de erosie eigenschappen van (afwijkende) grond in dijken.

Alle inzichten zijn in een drietal webinars besproken. De deelonderzoeken hebben geleid tot leerpunten en aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Op basis hiervan zal in een later stadium de agenda van het vervolgonderzoek worden bepaald.

Fugro heeft deelonderzoek 1 opgepakt.

Het onderzoek richt zich alleen op afwijkende grond uit natuurlijk afgezette grondlagen of uit bestaande grondconstructies. Onder afwijkende grond wordt grond verstaan, die niet voldoet aan de in de normale praktijk gehanteerde (hoofdzakelijk op RAW gebaseerde) eisen. Steenachtige materialen, secundaire materialen en bouwstoffen vallen buiten de scope van dit onderzoek. Er wordt alleen gekeken naar fysische en bodemkundige eigenschappen van grond, de beoordeling van milieukundige aspecten valt buiten de scope.

Dit verslag is een bundeling van de resultaten van een literatuurstudie, de verslagen van de expertraadplegingen, een groslijst en factsheets van de verzamelde 'best practices' en conclusies en aanbevelingen. Benadrukt wordt dat het verslag vooral een informatieve bundeling van lijsten en bronnen is en nog niet de stijl heeft van een integraal, overkoepelend rapport. Hiervoor is gekozen om het beschikbare onderzoeksbudget zo effectief mogelijk te gebruiken.

## 2. Opzet onderzoek

### 2.1 Literatuurstudie (hoofdstuk 3)

Er is begonnen met een korte kennisinventarisatie op basis van beschikbare literatuur.

Op hoofdlijnen is beschreven hoe standaard de functionele eisen voor grond aan dijken worden bepaald en welke richtlijnen hiervoor worden gebruikt (zie paragraaf 3.1).

De afgelopen jaren hebben er diverse onderzoeken plaatsgevonden, waarin (zijdelings) is gekeken naar toepassingsmogelijkheden van afwijkende grond in dijkversterkingen:

- Rijkswaterstaat-rapport "Vier quick wins grond en klei".
- Oplegnotitie Handboek Dijkenbouw, met aanbevelingen voor vervolgonderzoek.
- Deltares-rapport "Technische Kansen en Mogelijkheden Dijkverbetering met Gebiedseigen Grond".
- WUR-rapport "The impact of climate change on soil ageing processes in levees".
- Grondgestuurd ontwerpen, Bouwen met wat je hebt i.p.v. met wat je kunt kopen, overleg HEEL.
- Waterschap-Hunze en Aa-rapport "Plan van aanpak Onderzoek toepasbaarheid en voorspelbaarheid lokaal gewonnen bouw materiaal voor dijken".

Relevante aanbevelingen en leerpunten hieruit worden meegenomen (paragraaf 3.2).

Kwalitatieve verbanden zijn inzichtelijk gemaakt met enkele informatieve tabellen (zie paragraaf 3.3). Daarbij is aandacht besteed aan relevante lopende ontwikkelingen die invloed hebben op de eisen, zoals de introductie van een nieuwe classificatiemethode (NEN-EN-ISO 14688), de aanpassing van klei-erosie categorieën en de gewijzigde ontwerpfilosofie van dijken (OI 2014).

### 2.2 Kennisinventarisatie bij experts (hoofdstuk 4)

Op basis van de bij de auteurs beschikbare informatie is een eerste groslijst gemaakt van voorbeelden van toepassing van afwijkende materialen in dijken. Onderscheid is gemaakt tussen historische voorbeelden (wier, keileem, veendijken, etc.) en recente voorbeelden (o.a. lijst voorgedragen door deelnemers aan de TM-community). De grens hiertussen ligt ongeveer begin jaren negentig, om twee redenen: ten eerste zijn sindsdien de huidige klei-eisen breed toegepast (Leidraad Ontwerpen Rivierdijken, TR Klei voor dijken), ten tweede zijn er nog getuigen te vinden die bij deze projecten betrokken waren. Per voorbeeld zijn indien mogelijk de consequenties per fase benoemd: ontwerp, uitvoering, beheer en ontmanteling en worden leerpunten aangegeven. Verder is de reden van de toepassing van afwijkende grond benoemd, bijvoorbeeld lokale beschikbaarheid of deels betere eigenschappen dan standaard grond.

Als voorbereiding op de verdere kennisinventarisatie is een vragenlijst opgesteld voor externe deskundigen.

Er hebben interviews en schriftelijke ondervragingen plaatsgevonden met de volgende deskundigen:

- Robin Sluijsmans (Boskalis).
- Daan Jumelet\* (DEME).
- Martin Arends, Rimmer Koopmans en Tames Veenstra\* (Arcadis).
- Jan-Willem Nieuwenhuis\* (Waterschap Noorderzijlvest).
- Ger de Vrieze\* (voormalig Waterschap Rivierenland).
- Jeroen Terlingen (van de Herik).
- Adrie Provoost\* (Kustadvies Zeeland, voormalig Waterschap Scheldestromen).
- Ben Rijnveld, Johan Hockx, Carolin Briele (Fugro).

De personen die met een asterisk zijn gemarkeerd zijn uitgebreid ondervraagd via een circa twee durend videobel-interview via Microsoft Teams. Hiervan zijn verslagen opgenomen in de bijlagen. Deze zijn door de betrokken personen gecontroleerd en goedgekeurd. Daarnaast zijn beeld- en geluidsopnames van de gesprekken gemaakt, die voor intern gebruik binnen de POV DGG beschikbaar zijn.

Bij de selectie van de deskundigen is gelet op de volgende kwalificaties:

- Kennis van de consequenties van toepassing van afwijkende grond in dijken.
- Veel ervaring met dijkprojecten, waardoor ze voorbeelden kunnen noemen van toepassing van afwijkende grond in dijken.
- Actief zijn binnen een organisatie, waarin ook bij anderen relevante kennis aanwezig is en bereidheid om deze kennis te delen.
- Bij voorkeur actief (geweest) bij verschillende dijkversterkingsprojecten.
- Bij voorkeur is er een mix van kennis:
  - Aannemerservaring: veel projecten door het land om voorbeelden op te halen
  - Ontwerperervaring: effect op ontwerp
  - Beheerervaring/waterschap: in 1 gebied, maar vaak wel bij ontwerp en beheer betrokken.
- Verspreid over het land.
- Meerdere typen dijken.

Op basis van de bevindingen uit de gesprekken is de groslijst aangevuld.

## 2.3 Kennisinventarisatie via webinars (hoofdstuk 5)

Door BZ Ingenieurs & managers zijn drie webinars georganiseerd, waarin de bevindingen van de drie inventarisaties zijn gepresenteerd aan belanghebbende personen en deskundigen in de dijkenwereld. In elk webinar zijn dezelfde onderwerpen behandeld, maar steeds voor een andere groep mensen. Daarbij was er gelegenheid tot het stellen

van vragen en het aandragen van extra voorbeelden. De voor dit deelonderzoek relevante bevindingen uit de webinars zijn meegenomen in dit verslag.

## 3. Literatuurstudie

### 3.1 Vigerende eisen en richtlijnen voor dijksmateriaal

Hieronder is een chronologisch overzicht gegeven van richtlijnen die momenteel worden gebruikt om eisen af te leiden voor dijksmateriaal. Per document is kort beschreven welke soort eisen hieruit voortkomen.

#### *NEN 5104 Geotechniek - Classificatie van onverharde grondmonsters (1989)*

In de norm staat beschreven hoe grond in Nederland tot 2020 moest worden geclassificeerd. Deze norm is officieel niet meer van toepassing en vervangen door NEN-EN-ISO 14688, maar wordt in de praktijk nog intensief gebruikt.

#### *RAW 1995 (Richtlijnen Aanbesteding Werken, 1995)*

In de RAW zijn de eisen uit het Technisch Rapport Klei voor Dijken overgenomen als standaard bestekseisen, maar is de toelichting weggelaten. Daarnaast zijn eisen aan zand gesteld, zowel qua samenstelling als qua verdichting. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen drie typen zand: ophoogzand, zand voor zandbed en drainagezand. Alle grond die als zand wordt geclassificeerd volgens NEN 5104 voldoet als ophoogzand, dus ook kleilig zand en humeus zand.

De RAW wordt elke vijf jaar herzien en inmiddels is RAW 2020 beschikbaar. De eisen aan klei en zand zijn, voor zover bekend, sinds 1995 echter niet veranderd.

#### *Technisch Rapport Klei voor Dijken (1996)*

Dit rapport is een bundeling van ervaringskennis en fundamenteel onderzoek naar het gedrag van klei. Er zijn drie erosie categorieën geïntroduceerd: 1, 2 en 3. De indeling is afhankelijk van de Atterbergse grenzen en het zandgehalte. Daarnaast zijn er eisen genoemd waar alle dijkklei aan moet voldoen. In tegenstelling tot eerdere leidraden, welke in deze rapportage niet expliciet zijn benoemd, stelt men geen eisen het lutumgehalte. Er is een keuringsprotocol beschreven, waarin is toegelicht hoe materiaaleigenschappen en verdichting moeten worden gemeten.

#### *Addendum bij Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (2007)*

De eisen aan het lutumgehalte voor klei worden herintroduceerd, omdat in de praktijk blijkt dat men tegen problemen aanloopt als men hier niet aan toetst.

#### *Addendum I bij de Leidraad Rivieren (2008)*

De lutumgehalte-eisen en laagdikte-eisen zijn hierin verder gespecificeerd ten opzichte van het Addendum bij Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies.

#### *Studie voor richtlijnen klei op buitentaluds in het rivierengebied (2010)*

Dit is een studie naar de benodigde richtlijnen voor klei op dijktaluds, vooral gericht op de interactie met de graszode op de dijk.

In dit rapport wordt een nieuwe indeling in klei-erosiecategorieën geïntroduceerd ten opzichte van het Technisch Rapport Klei voor Dijken, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen stevige klei, schrale klei en niet geschikte klei in plaats van categorie 1, 2 en 3. Deze indeling is later overgenomen in het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI).

*Toepassen klei met hoger zoutgehalte in dijklichamen, Brief van Deltares naar Projectbureau Zeeweringen (Kruse, 2013)*

Dit is een onderbouwing waarom klei met een iets te hoog zoutgehalte onder voorwaarden mag worden toegepast met een beschrijving van compenserende maatregelen.

*Klei eigenschappen in verband met het project "Ruimte voor de Rivier IJsseldelta" (2015)*

Dit is een onderbouwing waarom klei met een iets te hoog organisch stofgehalte onder voorwaarden mag worden toegepast met een beschrijving van compenserende maatregelen.

*Rijkswaterstaat-rapport "Vier quick wins grond en klei" (2018)*

De vier quick wins betreffen:

- 1) Aanpassing van de grenzen voor erosie categorieën voor klei (I, II en III i.p.v. 1, 2 en 3). Dit is een onderbouwde versoepeling van de eisen, die toepassing van laagwaardigere klei mogelijk maakt.
- 2) Bandbreedte toestaan bij de beoordeling van klei. Dit is ook een onderbouwde versoepeling van de eisen.
- 3) Realistische waarden doorlatendheid klei. Dit maakt functioneel specificeren beter mogelijk.
- 4) Verbetering van de werkwijze bij de verdichting van klei en de controle hierop. Dit is bedoeld voor geschikte dijkklei, maar scheidt openingen om aan te tonen dat afwijkend materiaal toch goed kan worden verdicht.

*Handboek Dijkenbouw (2018)*

Hierin zijn eisen uit bovenstaande documenten gebundeld. Daarnaast wordt expliciet ingegaan op de toepasbaarheid van andere grondsoorten dan zand en klei. Verder wordt kwalitatief aangegeven wat de consequenties zijn als grenswaarden worden overschreden en hoe je kunt handelen als een grenswaarde net wordt overschreven (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1 – Consequentie van afwijkende klei-eigenschappen (bron: Handboek Dijkenbouw)

Afwijking	Consequentie
Plasticiteitsindex te laag	Erosiebestendigheid wordt minder. Verwerkbaarheid klei is te gevoelig voor wisselingen in het vochtgehalte.
Vloeigrens te laag	Cohesie wordt lager.
Zandgehalte te hoog	Erosiebestendigheid wordt minder. Doorlatendheid wordt groter.
Organisch stofgehalte te hoog	Verhoogde inklinking. Samenhang wordt minder. Doorlatendheid wordt groter.
Zoutgehalte te hoog	Verhoogde erosie bij contact met zoet water. Verziltting van de bodem en het grondwater.
Watergehalte bij verwerken te hoog	Structuurvorming door krimp. Klei kleeft aan materieel. Klei wordt moeilijk begaanbaar (spoorvorming / wegzakken). Klei wordt zijdelings weggeperst tijdens verdichten.
Watergehalte bij verwerken te laag	Harde kluiten in klei laten zich lastig verdichten. Er blijven holtes in de klei achter, die vol met water kunnen komen staan. Dit kan uiteindelijk leiden tot verweking.
Kalkgehalte te hoog	Verhoogde inklinking. O.a. vormvastheid en erosiebestendigheid kunnen nadelig worden beïnvloed.
Lutumgehalte te hoog	Klei is te vet, ontwikkeling van een grasmat is niet goed mogelijk.
Lutumgehalte te laag	Zand wordt aangezien voor klei. Doorlatendheid is te laag (bij toepassing als kernmateriaal).
Extreme verkleuringen / sterke geuren	Klei is mogelijk verontreinigd. Kleipartij is mogelijk niet homogeen. Bijmengingen (o.a. mineralen) kunnen o.a. vormvastheid en erosiebestendigheid nadelig beïnvloeden.
Zandinsluitingen	Samenhang wordt minder. Ophoping van water in zandinsluitingen. Structuurvorming wordt bevorderd. Doorlatendheid wordt groter.
Handelwijze bij afwijkingen:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkeerd watergehalte: zie "Beheersing van het watergehalte in klei" in paragraaf 8.3.3.</li> <li>• Kleine / incidentele afwijking samenstelling: zie "Samenstelling grond" in paragraaf 8.7.4.</li> <li>• Grote / structurele afwijking samenstelling: zie "Gebiedseigen grond" in paragraaf 8.3.4.</li> </ul>	

### *NEN-EN-ISO 14688 geotechnisch onderzoek en beproeving - Identificatie en classificatie van grond (2019)*

Dit betreft een nieuw systeem voor de beschrijving van grond, dat in plaats komt van de NEN 5104. Er zijn twee delen: deel 1 gaat over identificatie (beschrijving o.b.v. visuele waarneming en handproeven), deel 2 gaat over classificatie (beschrijving o.b.v. laboratoriumproeven). Bij de identificatie en classificatie van grond worden zaken vastgelegd, die het deels beter, maar deels ook slechter, mogelijk maken om de geschiktheid van grond voor dijken te beoordelen.

Een belangrijke verandering is, dat de ligging ten opzichte van de A-lijn in de plasticiteitsgrafiek blijkt uit de classificatie. Grond, dat op basis van de Atterbergse grenzen boven de A-lijn ligt, wordt aangeduid als klei. Grond, dat op basis van de Atterbergse grenzen onder de A-lijn (volgens de RAW is dit erosie categorie 3-klei) ligt, wordt aangeduid als silt. Bij de identificatie wordt dit onderscheid gemaakt op basis van handproeven, zie tabel 3.2. Het voordeel is dat men zonder laboratoriumproeven al een eerste indruk krijgt van de erosiebestendigheid van grond.

Tabel 3.2 – Onderscheid tussen klei en silt op basis van handproeven (bron: NEN-EN-ISO 14688-1)

Beschrijving van de grond	KLEI	SILT
Dilatantie	Geen	Langzaam tot snel
Taaigheid	Hoog	Lage taaigheid of er kan geen rolletje worden gemaakt
Plasticiteit	Sterk plastisch	Niet tot weinig plastisch
Droge sterkte	Hoog tot zeer hoog	Geen tot gering
Gevoel	Glad, plakkerig (indien nat)	Zijdeachtig, klinkt knisperig
Gedrag in water	Valt niet tot langzaam uit elkaar	Valt snel uit elkaar
Gedrag in lucht	Droogt langzaam en krimpt	Droogt snel en is gemakkelijk af te vegen
Cohesie	Vervormt zonder scheurvorming Behoudt vorm en vochtgehalte tijdens bewerking	Zakt in elkaar en verliest vocht

Een ander voordeel van de NEN-EN-ISO 14688 is dat bij de identificatie en classificatie van grond zaken wordt vastgelegd (incl. orde van grootte), die tot nu toe niet of zeer beperkt werden geregistreerd bij grondclassificatie:

- de korrelgrootteverdeling;
- de korrelvorm;
- de consistentie-index;
- de plasticiteitsindex;
- het kalkgehalte;
- het sulfidegehalte;
- de gelaagdheid / discontinuïteiten;
- ongedraineerde schuifsterkte;
- de gevoeligheid van de ongedraineerde schuifsterkte voor verkneding;
- herkomst van de grond;
- bewerktheid van de grond (natuurlijk, antropogeen of bewerkt).

De consequentie van het invoeren van een nieuwe norm is dat er een trendbreuk ontstaat in langlopende onderzoeken. Ondergrondmodellen, geotechnische lengteprofielen en proevenverzamelingen moeten bijvoorbeeld worden aangepast. Specifieke nadelen van NEN-EN-ISO 14688 voor dijksmateriaal zijn:

- Er is geen harde relatie meer is tussen grondclassificatie en korrelgrootteverdeling. Daardoor kunnen het zandgehalte, het lutumgehalte en het organisch stofgehalte lastiger worden herleid uit de identificatie.
- Grond, die voorheen als kleiig veen werd geclassificeerd, wordt nu grotendeels geïdentificeerd als klei, organisch. Daarbij wordt op basis van de kleur van het monster de aanduiding zwak, matig of sterk gegeven. Dit betreft klei met een organisch stofgehalte van 15 à 30%. Dit leidt tot verwarring, omdat weinig materiaal hierdoor minder goed wordt opgemerkt.

- De term leem verdwijnt en wordt vervangen door silt, waarbij een deel van de grond die voorheen klei werd genoemd, silt gaat heten. Dit leidt ook tot verwarring.

Uit de interviews en de webinars blijkt dat er nog maar weinig bekendheid is over het bestaan van deze nieuwe norm in de dijkenwereld.

### 3.2 Recente onderzoeken naar toepassing afwijkend materiaal

Hieronder zijn aanbevelingen uit enkele recente onderzoeken samengevat over de toepassing van afwijkend materiaal in dijken

*Oplegnotitie Handboek Dijkenbouw, met aanbevelingen voor vervolgonderzoek (2018)*

Bij oplevering van het Handboek Dijkenbouw is een oplegnotitie geleverd met aandachtspunten voor vervolgonderzoek naar uitvoeringsaspecten. De volgende aanbevelingen hebben betrekking op (afwijkende) grond bij dijken:

- Volg het onderzoek naar gebiedseigen grond.
- Volg de opgedane ervaringen met de aanbevelingen uit het rapport "Vier quick wins voor grond en klei, vooral de voorgestelde, aangepaste keuringsmethodes.
- Er bestaat verschil van inzicht over de optimale kleilaagdikte bij verdichting. Dit komt mede doordat, behalve de verdichtingskeuring, na aanbrengen niet meer naar de klei wordt omgekeken. Aanbevolen wordt om systematisch metingen te doen op kleiaanvullingen bij dijken om generieke verbanden te kunnen leggen tussen laagdiktes (afhankelijk van kleitype en uitvoeringsomstandigheden) met gerealiseerde verdichtingsgraden en sterkteparameters. Hierbij kan worden geacht aan klasse 1-sonderingen, in-situ torvanetesten en sterkteproeven op ongeroerde monsters.
- Ontwikkel ook kennis voor regionale waterkeringen waarin regelmatig wordt gewerkt met humeuze klei en veen.
- Er wordt aanbevolen om tijdens dijkversterkingsprojecten, separaat van het primaire werkproces, een inspanning te plegen om kennis te vergaren over de uitvoeringstechnieken en -processen. Na elk dijkversterkingsproject zou minimaal een, algemeen beschikbaar en door een onafhankelijke partij opgesteld, evaluatierapport moeten worden opgeleverd. Eigenlijk zouden de "Driemaandelijks berichten van de Zuiderzeewerken en de Deltawerken" een doorstart moeten krijgen in een modern jasje.

*Deltares-rapport "Technische Kansen en Mogelijkheden Dijkverbetering met Gebiedseigen Grond" (2020)*

Dit rapport beschrijft de bevindingen van twee bijeenkomsten met deskundigen van Deltares. De volgende maatregelen worden door hen als meest effectief gezien:

- Zomerkaden gebruiken als test, zodat de materiaaleisen in de praktijk getoetst worden, zoals bijvoorbeeld is gedaan bij de Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wansum.
- Database ontwikkelen met (grote schaal) geschiktheidstesten en resultaten voor o.a. referentiematerialen en omstandigheden.

- De overstap maken van functionele eisen van onderdelen van een dijk naar eisen van functionele eigenschappen van materialen die in een dijk worden gebruikt.

Andere relevante aanbevelingen zijn:

- Kijk naar veroudering van grond door vorst-dooiwisselingen en afwisselend verdrogen en vernatten.
- Beschouw het dijkontwerp als geheel en beoordeel daarin hoe de beschikbare grond effectief kan worden toegepast.
- De reststerkte van een dijk, of taatheid, die resteert tussen initiatie van erosie en een daadwerkelijke doorbraak is van belang, aangezien de norm is gebaseerd op een dijkdoorbraak die tot een overstroming leidt. Extra taatheid kan zo leiden tot een minder brede en minder diepe bres met minder overstromingsrisico.
- Breng een functiescheiding aan tussen de groene toplaag (substraat) en de erosiebestendige onderlaag.
- Breng relevante grondeigenschappen in de natuurlijke (winbare) ondergrond landelijk in kaart, zodat effectief kan worden gezocht naar geschikte grond.
- Leg de beschikbaarheid van grond vast in een grondbank.

*WUR-rapport "The impact of climate change on soil ageing processes in levees" (2020)*

Dit is een studie van vier studenten van de Wageningen Universiteit onder begeleiding van POV DGG. Hierin wordt in detail ingegaan op de veroudering van grond in dijken en de fenomenen die daarbij een rol spelen. Zij doen onder meer de volgende aanbevelingen:

- Onderzoek de invloed van biologische activiteit op de eigenschappen van grond.
- Onderzoek de opwaardering van grond met additieven als kalk.
- Betrek bij de beoordeling van klei ook de mineralogische samenstelling (o.a. het smectiet- en kaolietgehalte).
- Beschouw de invloed van droogte op de materiaaleigenschappen.
- Betrek de ver ontwikkelde Franse kennis over werken met klei in droge omstandigheden.
- Kijk naar verouderingsaspecten.
- Doe onderzoek naar gebiedseigen grond.
- Laat civiel ingenieurs en bodemkundigen samenwerken.

*Grondgestuurd ontwerpen, Bouwen met wat je hebt i.p.v. met wat je kunt kopen, overleg HEEL (2020)*

De afkorting HEEL staat voor Herleidbaar, Expliciet en Eenduidig werken over de hele Levenscyclus. HEEL gaat over de invoering van System Engineering bij Waterschappen. Met betrekking tot afwijkende grond wordt een zestal referentieprojecten genoemd, die ook zijn opgenomen in de groslijst van dit rapport. Daarnaast worden enkele concrete aanbevelingen gedaan:

- Neem de relaties tussen functionele eisen en grondeigenschappen uit het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructie (2001) mee.
- Sorteert voor op de Basis Specificatie Dijken met 'standaard eisen' voor dijken.
- Leg niets op, maar verschaft inzicht om functionele eisen op te stellen.

*Plan van aanpak Onderzoek toepasbaarheid en voorspelbaarheid lokaal gewonnen bouw materiaal voor dijken (2020)*

Dit is de 90%-versie van het plan van aanpak voor het demonstratieproject Brede Groene Dijk. Daarin onderzoekt men of men een dijk kan bouwen van lokaal gewonnen klei van de kwelder en van zout (bagger)slib. De verkregen klei heeft een te hoog organisch stofgehalte en is te zout. Daardoor is onder meer onvoldoende bekend wat de erosiebestendigheid is. Om meer inzicht te krijgen in de kwaliteit van de klei wordt materiaalonderzoek gedaan, aangevuld met structuurproeven, bepaling van de krimpgrens, erosieproeven en Deltagootproeven.

### 3.3 Kwalitatieve beschouwing materiaaleisen

In onderstaande tabellen is kwalitatief aangegeven welke functionele eigenschappen belangrijk zijn bij het beoordelen of ontwerpen van dijken en hoe deze samenhangen met grondeigenschappen en grondsoorten.

In de tabellen 3.3 en 3.4 is de afhankelijkheid van functionele eigenschappen van grondeigenschappen weergegeven, respectievelijk voor klei en zand. Bij de grondeigenschappen is onderscheid gemaakt tussen eigenschappen die standaard worden gecontroleerd volgens de RAW-systematiek en overige grondeigenschappen. Te zien is dat functionele eigenschappen ook worden beïnvloed door overige grondeigenschappen, ofwel in een standaard RAW-keuring kunnen bepaalde zaken onderbelicht worden.

Benadrukt wordt dat bij grondeigenschappen onderscheid kan worden gemaakt tussen aardeigenschappen en gedragseigenschappen. Aardeigenschappen zoals de korrelverdeling en de plasticiteit zijn onafhankelijk van de structuur van de grond en kunnen op geroerde monsters worden bepaald. Voorbeelden zijn het organisch stofgehalte en de mineralogische samenstelling. Gedragseigenschappen zijn afhankelijk van de toestand van de grond zoals structuur van de grond, dichtheid en rijpingsgraad en kunnen alleen op ongeroerde grond worden bepaald. Voorbeelden zijn de verdichtingsgraad en de sterkte. De meeste grondeigenschappen in de tabellen 3.3 en 3.4 zijn aardeigenschappen. Gedragseigenschappen zijn deels ingedeeld onder grondeigenschappen en deels onder functionele eigenschappen, omdat het onderscheid diffuus is.

De eerste vijf functionele eigenschappen zijn overgenomen uit het Technisch Rapport Klei voor Dijken. De laatste drie (sterkte, begroeibaarheid en verwekingsgevoeligheid) zijn apart toegevoegd, omdat deze ook van belang worden geacht.

Tabel 3.3 – Relevante grondeigenschappen klei per functie

	Grondeigenschappen (RAW-eisen)												Overige grondeigenschappen							
	zandgehalte	lutumgehalte	watergehalte	org. stofgehalte	kalkgehalte	zoutgehalte	plasticiteitsindex	vloeigrens	grove bijmengingen	verkleuringen	afwijkende geur	verdichtingsgraad	mineralogie	biologische activiteit	verzadigingsindex	krimpgetal / zwelindex	oorsprong afzetting	collapse potential	grensspanning	bemesting
Structuurvorming	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Doorlatendheid	X	X	X	X	X				X			X		X	X					
Erosiebestendigheid	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	
Vormvastheid	X	X	X	X					X			X							X	
Verwerkbaarheid	X	X	X	X			X	X	X			X			X			X	X	
Sterkte	X	X	X	X			X	X				X							X	
Gewicht	X	X	X	X	X				X			X		X	X					
Begroeibaarheid	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X			X			X
Verwekingsgevoeligheid	X	X										X	X				X	X	X	

Tabel 3.4 – Relevante grondeigenschappen zand per functie

	Grondeigenschappen (RAW-eisen)										Overige grondeigenschappen									
	korrelgrootte (D <sub>50</sub> )	gradering	gehalte fijne fracties	org. stofgehalte	verdichtingsgraad	watergehalte	grove bijmengingen	kalkgehalte	zoutgehalte	verkleuringen	afwijkende geur	mineralogie	biologische activiteit	verzadigingsindex	oorsprong afzetting	verbrijzelingsindex	korrelvorm	bemesting		
Structuurvorming	Niet van toepassing																			
Doorlatendheid	X	X	X	X	X		X					X	X	X	X					
Erosiebestendigheid	Niet van toepassing																			
Vormvastheid	X	X	X	X	X													X		
Verwerkbaarheid	X	X	X		X	X	X					X		X	X	X	X	X		
Sterkte	X	X	X	X	X			X				X		X	X	X	X	X		
Gewicht		X		X	X	X	X	X				X	X	X						
Begroeibaarheid	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X				X	
Verwekingsgevoeligheid	X	X	X		X	X						X				X	X	X		

In tabel 3.5 is voor de hierboven gedefinieerde functionele eigenschappen aangegeven of ze voor een bepaald dijkonderdeel van belang zijn. Met letters is het verband met de ontwerpfilosofie aangegeven. Met een traditioneel ontwerp (T) wordt een dijk bedoeld, die zodanig is ontworpen dat er tijdens hoog water sprake is van een verwaarloosbare overslag over de dijk en dan niet gedeeltelijk zal bezwijken door erosie of een afschuiving. Tot ca. 5 jaar geleden werden de meeste dijken zo ontworpen. De huidige ontwerpfilosofie bij vooral primaire waterkeringen is het toestaan van meer overslag (O) en het accepteren van gedeeltelijk bezwijken, ofwel gedeeltelijke bresvorming (B), zolang dit maar niet leidt tot falen van de dijk. Deze manier van ontwerpen maakt lagere dijken met minder zware bekleding mogelijk, maar stelt wel hoger eisen aan bepaalde dijkonderdelen, met name de onderlaag van de taluds en de kern. Tenslotte is het droogtebestendig dijkontwerp genoemd. Hiermee wordt een dijkontwerp bedoeld, dat beter bestand is tegen de

gevolgen van klimaatverandering (drogere zomers, extremere afwisseling droge en natte periodes). Dit zal extra eisen stellen te beperking van structuurvorming, de begroeibaarheid van grond (ontwikkeling grasmat) en aan de verwerkbaarheid van grond.

Tabel 3.5 – Relevante functionele eigenschappen per dijkonderdeel, afhankelijk van type dijkontwerp

	voorland (afslagprofiel)	voorland (waterremmend)	buitenberm	substraat	onderlaag buitentalud	kern	onderlaag binnentalud	binnenberm	kleikist	drainage	aanheiling
Structuurvorming		T D	D	T D	T B D	D	T O B D	D	D		
Doorlatendheid		T		O	T	T B	T O	T	T	T	
Erosiebestendigheid	T		B	O	T B	B	O B	O B	B		
Vormvastheid			T		T	T	T	T	T		
Verwerkbaarheid			T D	D	T D	T D	T D	T D	T	T	T
Sterkte	T		T		T	T	T O	T			
Gewicht			T		T	T	T	T			T
Begroeibaarheid	T			T O D							T
Verwekingsgevoeligheid			T		T	T	T	T		T	
Toelichting:	T traditioneel dijkontwerp O overslagbestendig dijkontwerp B bresvast dijkontwerp (taai restprofiel) D droogtebestendig dijkontwerp										

In tabel 3.6 is aangegeven in hoeverre elke grondsoort geschikt is om bepaalde functionele eigenschappen in te vullen. De eigenschappen “waterdoorlatend” en “zwaar” zijn in dit kader bijzonder, omdat het als enige van de lijst ook andersom positief kunnen zijn in een dijkontwerp: waterdoorlatende grond kan perfect worden toegepast als drainagekoffer, toepassing van licht materiaal kan zetting beperken en gunstig zijn voor de macrostabiliteit.

Conform NEN-EN-ISO-14688 is onderscheid gemaakt tussen grove, fijne en organische gronden.

Tabel 3.6 – Functionele eigenschappen per grondsoort

	grof				fijn					org.
	grind	grof / gegradeerd zand	fijn / uniform zand	keileem	leem / silt	kleiig zand	zandige / schrale klei	zware / vette klei	humeuze klei	veen
Bestand tegen structuurvorming	++	++	++	--	-	0	-	--	--	--
Waterondoorlatend	--	--	-	+	+	0	+	++	+	+
Erosiebestendig	-	--	--	++	+	0	+	++	0	-
Vormvast	++	++	+	+	+	+	+	+	-	--
Verwerkbaar	++	+	+	-	-	0	-	0	0	--
Sterk	++	++	+	+	+	+	+	+	-	--
Zwaar	++	++	+	++	++	+	+	+	-	--
Begroeibaar	--	-	-	--	--	+	+	-	++	+
Verwekingsongevoelig	0	-	--	--	0	+	++	++	++	+
Toelichting:	++	zeer goed								
	+	goed								
	0	neutraal								
	-	slecht								
	--	zeer slecht								

In bovenstaande tabellen is volstaan met kwalitatieve verbanden. Voor een goede beoordeling van de geschiktheid van grond zijn uiteraard ook de kwantitatieve verbanden van belang. Deze moeten niet alleen beschikbaar zijn voor 'standaard' klei en zand, maar ook voor materialen op de overgang daartussen (silt, keileem, kleiig zand) en beperkt afwijkende materialen zoals humeuze klei.

Klei en zand worden beide toegepast in dijken. Bij de keuze tussen beide materialen moeten de voor- en nadelen goed tegen elkaar worden afgewogen. In onderstaande tabel is door de auteurs op basis van eigen kennis en ervaring een overzicht opgesteld (zie tabel 3.6).

Tabel 3.6 – Overwegingen bij keuze tussen toepassing van zand en klei in de kern van een dijk

	Zand	Klei
Vooronderzoek	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Geschiktheid is eenvoudig te bepalen uit korrelverdeling</li> <li>+ Veelal beter beschikbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geschiktheid is afhankelijk van vochtgehalte</li> <li>- Materiaal is veelal heterogeen</li> </ul>
Ontwerp	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Drainerende functie</li> <li>- Gevoelig voor erosie / geen reststerkte</li> <li>+ Geotechnische parameters zijn voorspelbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Waterdicht</li> <li>+ Erosiebestendig / zorgt voor reststerkte</li> <li>- Geotechnische parameters zijn afhankelijk van o.a. structuurvorming</li> </ul>
Uitvoering	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Kan eenvoudig worden verwerkt en verdicht</li> <li>- Kan onder water alleen onder een flauw talud worden aangebracht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwerkingsmogelijkheden van te natte klei zijn beperkt</li> <li>- Kan onder water niet worden verdicht</li> </ul>
Beheer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Losgepakt zand is gevoelig voor verweking</li> <li>- Er kunnen ongewenste waterophopingen in ontstaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Door weersinvloeden kan structuurvorming ontstaan</li> <li>- Klei kan krimpen en zwellen</li> </ul>
Ontmanteling	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bij ontgraving kan 'loopzand' ontstaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Is gevoelig voor verkleding bij ontgraving</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Voordeel</li> <li>- Nadeel</li> </ul>	

## 4. Resultaten kennisinventarisatie bij experts

### 4.1 'Best practices' met afwijkende grond

Voor de resultaten van de kennisinventarisatie wordt verwezen naar de bijlagen:

- Verslagen van de interviews.
- Bundeling van schriftelijke bijdragen door externe experts.
- Groslijst 'best practices'.

Op basis van de kennisinventarisatie zijn do's-and-don'ts voor het gebruik van afwijkende of gebiedseigen grond in de dijkversterkingen geformuleerd:

#### Do's

- Onderzoek voor de start van een dijkversterking of meerdere ruimtelijke ontwikkelingen zoals natuur-, recreatie- of infrastructurele ontwikkelingen kunnen worden gecombineerd in een project. Hierdoor kan lokaal (meer) materiaal worden gewonnen dat indien geschikt is in de dijkversterking kan worden toegepast. Bovendien worden de toepassingsmogelijkheden, het ruimtebeslag en de ontwerpvrijheid vergroot. Daarnaast biedt dit meerdere mogelijkheden voor de financiering van het project.
- Beschouw de dijk als geheel in plaats van per dijkonderdeel. Eisen die in één dijkonderdeel (net) niet worden behaald, kunnen alsnog worden behaald door andere dijkonderdelen te ontwerpen met andere materialen of dimensies. Dit leidt tot meer ontwerpvrijheid, waardoor lokaal "afwijkend" materiaal toegepast kan worden.
- Ontwerp de dijk of dijkonderdelen robuuster indien de omgeving, de financiering, de planning etc. het toelaten. Door het toepassen van bijvoorbeeld flauwere taluds of dikkere klei (bekledings)lagen kan alsnog aan de gestelde eisen worden voldaan.
- Betrek de grondstromen eerder in het project. Het toepassen van gebiedseigen materiaal neemt doorgaans meer tijd in beslag, doordat het materiaal moet rijpen (drogen) of behandeld moet worden. Door eerder in kaart te brengen waar en welk grondmateriaal aanwezig is, kan het materiaal eerder in het proces worden gewonnen, getest en eventueel behandeld.
- Geef als opdrachtgever meer ontwerpvrijheid door het toepassen van speelruimte (bandbreedtes) binnen de eisen en randvoorwaarden en maak als opdrachtnemer de gebruik van deze speelruimte en van de bandbreedtes in de literatuur bijvoorbeeld uit "Vier quick wins grond en klei"
- Maak gebruik van de bestaande (markt)kennis, handleidingen en "best practices" van gebiedseigen grond. Er zijn al veel projecten uitgevoerd waarbij onderbouwd is afgeweken van de standaarden.

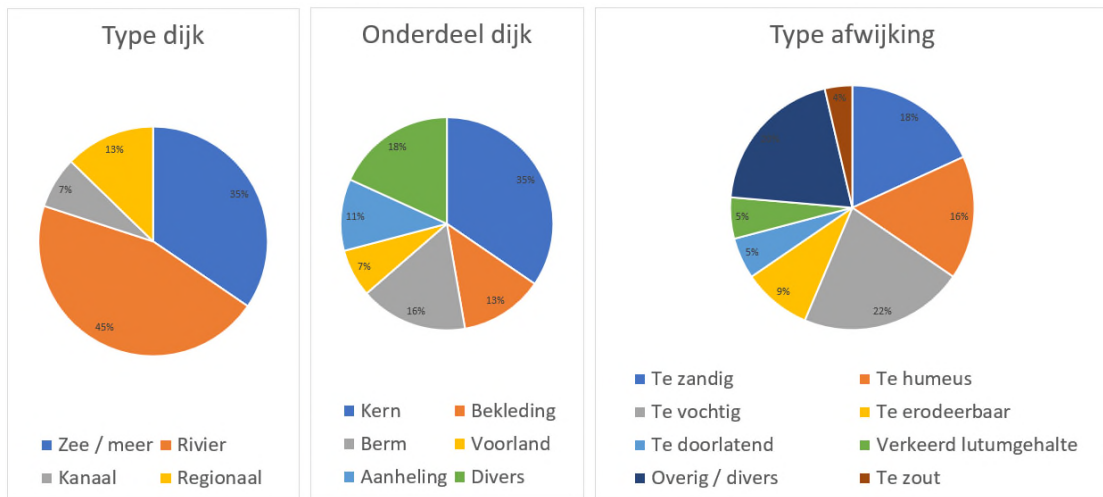
## Don'ts

- Kom niet direct met een standaardoplossing, maar ontwerp vanuit de lokale situatie.
- Beoordeel het gedrag van grondmateriaal niet alleen op basis van getallen en richtlijnen. Pak de grond in de hand en ga naar buiten om de samenstelling en structuur te beoordelen en bekijk hoe de grond zich gedraagt bij aanleg van het werk.
- Pas "afwijkende" grond in mindere mate of niet toe in projecten met een zeer strakke planning, rigide contracten of ruimtegebrek. Gebiedseigen materiaal moet vaak rijpen of zorgvuldiger worden aangebracht, waardoor de aanleg meer tijd in beslag neemt. Daarnaast leiden oplossingen met "afwijkend" materiaal tot meer ruimtebeslag.
- Ga niet met afwijkend materiaal aan de slag zonder gedegen onderzoek. Test, controleer en beheer het materiaal regelmatig zodat het gewenste gedrag wordt behaald en voorkom zo verrassingen. Dit is ook op standaard materialen van toepassing.

De 'best practices' in de groslijst zijn gecategoriseerd in onderstaande cirkeldiagrammen (figuur 4.1). Te zien is dat er ongeveer evenveel voorbeelden zijn van 'best practices' in rivierdijken als in zee- er meerdijken. Hierop is gestuurd door bij de keuze van geconsulteerde deskundigen te letten op een evenwichtige verdeling over het werkveld. Regionale waterkeringen zijn minder vertegenwoordigd. Dit komt doordat hier minder uitgebreid onderzoek naar wordt gedaan.

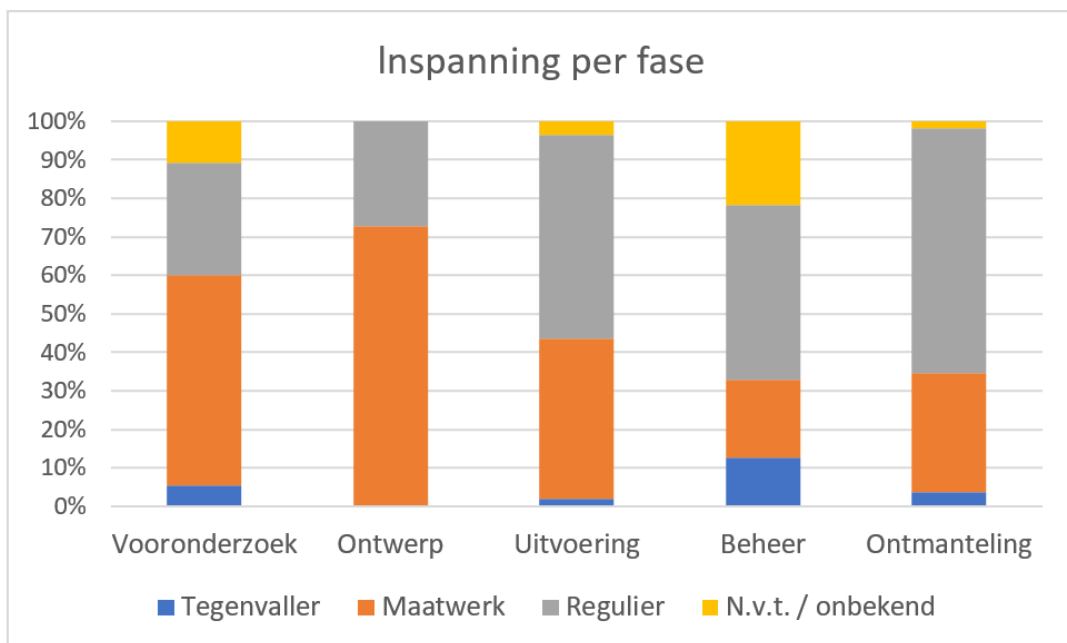
Afwijkende grond wordt in verschillende delen van de dijk toegepast. Relatief veel afwijkende grond wordt in de kern van de dijk toegepast. Opvallend is dat de meningen over de functie van de kern van de dijk verdeeld zijn. Sommige experts vinden dit de 'ruggengraat' van de dijk, omdat de kern bepalend is voor de sterkte en stijfheid van de dijk. Een taaie kern zorgt bovendien voor reststerkte. Daarom moet de kern uit hoogwaardig materiaal bestaan. Anderen zien de kern juist als het 'afvoerputje' van de dijk, waarin laagwaardig materiaal kan worden toegepast. De kern wordt immers niet wordt blootgesteld aan stromen en golven, weer en wind, directe bovenbelasting en biologische activiteit.

Het type afwijking van de afwijkende grond in de verzamelde voorbeelden varieert sterk. Dit illustreert dat dit een veelzijdig vraagstuk is en dat er veel verschillende manieren zijn om hier verdere stappen in te zetten.



Figuur 4.1 - "Best practices" met afwijkende grond in dijken, opgedeeld in categorieën

In figuur 4.2 is per projectfase aangegeven in hoeverre er extra inspanning nodig is als gevolg van de keuze voor een afwijkend materiaal. "Regulier" betekent dat de afwijkende grond ongeveer op dezelfde manier kan worden gebruikt als normale grond. "Maatwerk" betekent dat er een extra inspanning nog is om de afwijkende grond te gebruiken, bijvoorbeeld een ontwerp met flauwere taluds, of een bijzondere verdichtingsmethode. "Tegenvaller" houdt in dat er in de bewuste projectfase problemen zijn ontstaan door de toepassing van afwijkende grond, die niet vooraf waren voorzien. Uit de grafiek volgt dat in de ontwerpfase het vaakst sprake is van een maatwerkoplossing en dat de meeste tegenvallers in de beheerfase optreden. Dit laat zien dat er een spanningsveld kan zijn tussen een besparing bij de realisatie van een dijkversterking en mogelijke meerkosten door onvoorziene problemen op een later moment.



Figuur 4.2- Benodigde inspanning per "best practices" om afwijkende grond in dijken te kunnen toepassen

## 4.2 'Worst practices' met niet afwijkende grond

Benadrukt wordt dat er ook over niet afwijkend dijk materiaal kennisleemtes bestaan. Dit blijkt uit ervaring, waarbij dijken ongewenst gedrag vertonen, ondanks dat strikt alle richtlijnen zijn opgevolgd. Dit zou men 'worst practices' kunnen noemen, omdat ze feitelijk het tegenovergestelde zijn van de 'best practices' uit de groslijst. Dit soort gevallen tonen aan, dat er ook bij niet afwijkende grond in dijken behoefte is aan kennisontwikkeling. Het begrijpen van 'normale' grond kan in sommige gevallen een randvoorwaarde zijn voor verdere kennisontwikkeling van 'afwijkende' grond.

Voorbeelden van actuele 'worst practices' zijn:

- Scheurvorming in kleilagen op regionale waterkeringen in veengebieden. Onduidelijk is of dit komt door droogte, te steile taluds, bijzondere eigenschappen van het gebruikte kleitype, of toch door onzorgvuldigheden bij het ontwerp of de aanleg.
- Goede resultaten uit standaard verdichtingsproeven zijn geen garantie dat de klei daadwerkelijk voldoende verdicht is. Dit blijkt uit visueel aangetroffen holtes, te lage sterktes en overmatige klink of vervormingen in hoogwaardige klei.
- Het tijdens ophoogwerkzaamheden optreden van een zeer regenachtige periode na een zeer droge periode kan leiden tot een zwakke zone in goede verdichte klei in een dijklichaam. Er is een geval bekend waarin dit heeft geleid tot een afschuiving.
- Significante structuurvorming beperkt zich veelal tot de bovenste 1,5 m van een kleidijk. Structuurvorming in een kleidijk kan echter ook extreme proporties aannemen. Er is een voorbeeld van een kleidijk die na volledige afgraving van een doorgang tot aan de basis was doorspekt met scheuren.

Locaties van bovenstaande voorbeelden zijn bij de auteurs bekend, maar zijn vanuit vertrouwelijkheidsoverwegingen niet vermeld.

Er zijn ook historische voorbeelden van dijken waarin met geschikte grondsoorten verkeerde keuzes zijn gemaakt in het ontwerp en bij de uitvoering, omdat ze later tot problemen hebben geleid. Dit illustreert dat het goed is om de richtlijnen op te volgen en het ontwerp te maken op basis van functionele specificaties. Het verschil met bovenstaande 'worst practices' is dat (inmiddels) bekend is waarom het ontwerp niet voldoet. Voorbeelden zijn:

- Afgraving voorland / achterland bij Zeeuwse en Noord-Hollandse dijken ten behoeve van dijkversterkingen in het verleden. Door dijkverbreding komt de dijk echter te dicht bij deze 'kleiputten' en wordt de standzekerheid nu nadelig beïnvloed.
- In het kader van de Zuiderzeewerken zijn in Flevoland dijken gemaakt met een opgespoten zandkern. Dit leidt tot problemen als er damwanden of palen bij de dijk worden geïnstalleerd. De trillingen die hierbij ontstaan, zorgen voor verweking van zand en verzakking van het dijklichaam.
- Omstreeks 1986 is voor het eerst waterbouwasfalt aangebracht op Zeeuwse dijken. Voor de verdichting van het asfalt was destijds een zandondergrond nodig. Daarom is de bestaande kleilaag op het buitentalud vervangen door een zandlaag. Dit leidde tot

een afname van de reststerkte en tot schade door erosie van zand. Dit is opgelost toen verbeterde asfalteermethodes beschikbaar kwamen, die ook op een kleiondergrond konden.

- In de jaren '90 zijn in Zeeland steenglooiingen aangelegd op een kleiondergrond. Dit leidde tot schade, omdat de klei uitdroogde en droge delen wegspoelden. Daardoor verzakte de steenglooiing. Dit is opgelost door een ander type harde steenbekleding waarin de kleionderlaag geen functie meer had.

## 5. Resultaten kennisinventarisatie via webinars

Voor de volledige verslaglegging van de webinars wordt verwezen naar de rapportage van BZ Ingenieurs & Managers. Hieronder zijn enkele belangrijke bevindingen voor de Nederlandse Praktijk benoemd. Deze volgen uit de eerste twee webinars. Er wordt niet ingegaan op het derde webinar, omdat hierin vooral ingegaan is op de praktijk in het buitenland. Dat valt buiten de scope van dit deelonderzoek.

Er is benadrukt dat geen doel op zich is om zo veel mogelijk afwijkende grond te gebruiken in dijken. Het doel is om een weloverwogen keuze te maken op basis van beschikbare grondsoorten. De uitkomst hiervan kan ook zijn, dat niet-afwijkende grond de voorkeur heeft, bijvoorbeeld omdat dit in ruime mate beschikbaar is, of omdat dit leidt tot een beter inpasbaar ontwerp.

Het gebruik van afwijkende grond kan gepaard gaan met onzekerheden. Een ontwerper kan overwegen om hiervoor te compenseren door een robuustheidstoeslag toe te passen.

Diverse personen geven aan dat de eisen voor grond onder de graszode van een dijk niet duidelijk zijn. Geotechnisch laboratoriumonderzoek richt zich bij projecten veelal op de onderlagen en niet op de substraat / teelaardelaag direct onder het gras. Dit verdient meer aandacht, omdat de samenstelling van de grond van belangrijke invloed is op de ontwikkeling van de graszode. Daarnaast worden er door overslagbestendig ontwerpen en droogte-problematiek hogere eisen gesteld aan de kwaliteit van de graszode. In sommige richtlijnen en projecten worden wel dit soort cultuurtechnische eisen gesteld, maar het gaat ook weleens mis. Een voorbeeld is dat er erosie categorie 1 klei wordt vereist, omdat de onderlaag erosiebestendig moet zijn, terwijl gras hier slecht op groeit. Een ander voorbeeld van hoe het niet moet, is dat substraat / teelaarde bij een project te lang apart wordt gezet, waardoor de zaden e.d. vergaan.

Het verschil tussen zand en klei is niet zwart-wit. Het is bijvoorbeeld niet zo dat zand per definitie niet erosiebestendig is en klei wel. Uit recente overslagproeven blijkt dat zand met een hoog lutumgehalte bijvoorbeeld ook redelijk erosiebestendig kan zijn.

Bestekstekening kloppen veelal niet en daar komt men doorgaans pas tijdens uitvoering achter. Bij hergebruik van grond moet dan de werkwijze ad-hoc worden aangepast.

Er is gesteld dat zorgvuldiger classificeren van meerwaarde kan zijn, omdat men dan met correlaties een uitspraak kan doen over het grondgedrag.

## 6. Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

Bij vrijwel alle dijkversterkingen wordt afwijkende grond toegepast, vooral omdat het economisch voordelig is om lokaal beschikbare of vrijkomende grond te gebruiken. Alle grond is in principe toepasbaar in dijken, mits er voldoende ontwerpvrijheid is. Het bewijs hiervan wordt geleverd door het bestaan en langdurig functioneren van waterkeringen die opgebouwd zijn uit zeer afwijkende grond, bijvoorbeeld veendijken of duinen met rondkorrelig, slecht gegradeerd fijn zand.

Toepassing van afwijkende grond gebeurt veelal niet optimaal:

- De schematisatie van volumiek gewicht, sterkte, stijfheid, erosiebestendigheid en doorlatendheid van dijkengrond in berekeningen is niet eenduidig.
- Het materiaalgedrag van afwijkende grond wordt dikwijls gebaseerd op vermoedens en ervaring en in beperkte mate wetenschappelijk onderbouwd en/of gevalideerd met materiaalkundig onderzoek en gedragsproeven.
- De richtlijnen zijn een goede manier om efficiënt een standaard dijkontwerp te maken. Daarna wordt binnen projecten veelal verkend in hoeverre de grenzen uit de richtlijnen onderbouwd kunnen worden opgerekt.

Zwakke punten aan de huidige richtlijnen zijn:

- Er bestaan meerdere richtlijnen naast elkaar en versnipperd verschijnen er nieuwe leidraden over deelaspecten. Dit leidt tot onduidelijkheid.
- De herkomst van eisen is veelal niet bekend. Daardoor is niet duidelijk wat de consequenties zijn als net niet wordt voldaan aan een eis.
- Er zijn voorbeelden van ongewenst materiaalgedrag in dijken bij toepassing van 'geschikte' materialen, die lastig kunnen worden verklaard (o.a. overmatige scheurvorming, onvoldoende verdichting). Dit geeft aan dat de standaard materiaaleisen niet in alle gevallen voldoen.
- Er is onvoldoende voorgesorteerd op nieuwe ontwikkelingen. Zo stelt de nieuwe ontwerpfilosofie, waarin meer overslag wordt geaccepteerd en meer wordt ontworpen op reststerkte, extra eisen aan de in dijken gebruikte materialen. Daarnaast wordt onvoldoende rekening gehouden met de effecten van de toenemende droogte op dijkmateriaal.
- Onderscheid tussen kleisoorten wordt nu vooral gemaakt op basis van bestendigheid tegen erosie door golfbelasting en stromend water, terwijl andere materiaaleigenschappen (sterkte, waterdoorlatendheid, afslagbestendigheid, weerstand tegen structuurvorming, begroeibaarheid, etc.) ook belangrijk zijn.
- De richtlijnen zijn vooral geschreven voor zand en klei, niet voor silt en keileem.
- In de richtlijnen en in projecten is er te weinig aandacht voor de eigenschappen van substraat / teelaarde op dijken, terwijl de samenstelling van deze grond steeds belangrijker wordt, omdat hogere eisen worden gesteld aan de graszode.

Toepassing van afwijkende grond wordt veelal belemmerd door organisatorische of beleidsmatige aspecten:

- De ontwerpvrijheid wordt veelal in een te vroeg stadium beperkt. Dit gebeurt niet in alle gevallen met opzet, maar kan bijvoorbeeld ook het gevolg zijn van ondeskundigheid of uit gewoonte handelen.
- Schaalvergroting en uitbesteding van werk zijn andere redenen waarom de ontwerpvrijheid wordt beperkt. Projecten waarbij grond in eigen beheer wordt hergebruikt en waar grond effectief wordt toegepast op basis van bewezen lokale gebiedskennis en -ervaring komen daardoor minder voor.
- Veelal worden de eigenschappen van (afwijkend) beschikbaar materiaal pas tijdens de uitvoeringsfase bekend. De ontwerpvrijheid is dan nog maar gering, omdat de ruimteclaim dan al is bepaald en er in detail afspraken met de omgeving zijn gemaakt over de vormgeving van de dijk. Daarbij speelt ook dat de eigenschappen van beschikbare grond in de voorbereidingsfase veelal worden overschat.
- Er zit veel onzekerheden in hoeveelhedenramingen. Zowel de hoeveelheid beschikbare grond als de hoeveelheid benodigde grond kunnen veelal niet nauwkeurig worden bepaald en er is zelden sprake van een grondbalans.
- Maatschappelijke trends kunnen de toepassing van afwijkend materiaal stimuleren (kleinzuinig ontwerpen, natuurinclusief bouwen) of juist tegenwerken (streven naar behoud karakteristiek dijkprofiel, beperking verstoring uiterwaarden).
- Grondkoppeling tussen verschillende projecten is veelal lastiger dan grondkoppeling binnen één project, omdat er dan minder onderlinge afstemming over planning, hoeveelheden, overdracht en kwaliteit nodig is. Een combinatie van een dijkversterking met een gebiedsontwikkeling is een manier om tot efficiënter hergebruik van grond te komen.

## 6.2 Aanbevelingen

### *Update richtlijnen*

Nieuwe ontwikkelingen (NEN-EN-ISO 14688 classificatie, gewijzigde indeling klei-categorieën) zijn nog niet meegenomen in standaard richtlijnen, zoals de RAW en andersom zijn bepaalde RAW aanbevelingen niet opgenomen in nieuwe richtlijnen. Dit leidt tot verwarring en moet worden verholpen. In de richtlijnen moet een verband worden gelegd tussen materiaaleisen en functionele eisen aan dijkonderdelen, rekening houdend met het huidige streven naar overslagbestendige en taaie dijken.

### *Evaluatie NEN-EN-ISO 14688*

De bruikbaarheid van de NEN-EN-ISO 14688 identificatie- en classificatieresultaten voor dijksmateriaal moeten worden onderzocht. Onderzoeksvragen zijn:

- Hoe betrouwbaar is het op basis van handproeven gemaakte onderscheid tussen klei en silt in vergelijking met de Atterbergse Grenzen?

- Wat zegt de voorgeschreven identificatie van het organisch stofgehalte van klei op basis van kleur over het daadwerkelijke organisch stofgehalte? En hoe betrouwbaar is dit?
- In hoeverre kunnen andere identificatieaanduidingen uit handproeven en visuele waarnemingen (zoals consistentie en kalkgehalte) worden vertaald naar numerieke waarden?
- In hoeverre leidt de invoering van NEN-EN-ISO 14688 tot andere classificatieproeven en welke informatie geeft dit over het dijkmateriaal?

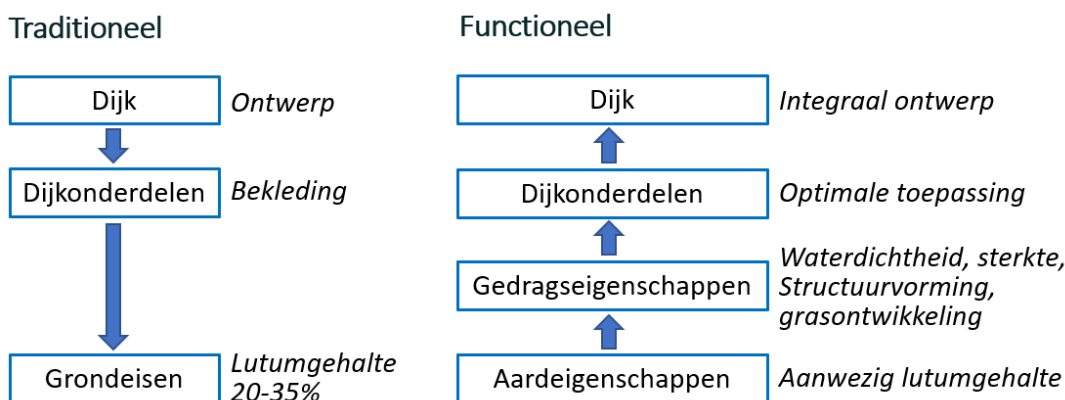
#### *Onderbouwing van grenswaarden*

Licht toe waarop eisen zijn gebaseerd en maak inzichtelijk wat de consequenties zijn van een afwijking ten opzichte van de eis op functionele eigenschappen. Wat zijn bijvoorbeeld de consequenties van een kalkgehalte hoger dan 25% of een consistentie-index lager dan 0,6. Dit kan op diverse manieren:

- De achtergrond van de eisen is vastgelegd in onderzoeksrapporten uit de periode waarin ze zijn vastgesteld (jaren '80 en '90). Deze bronnen (zie o.a. de literatuurlijst van het Technisch Rapport Klei voor Dijken) zijn online, openbaar beschikbaar.
- Er is in recente literatuur enige informatie beschikbaar over de consequenties van afwijkingen, zowel kwalitatief (Handboek Dijkenbouw) als kwantitatief (notities over organisch stofgehalte en zoutgehalte boven grenswaarde).
- Er kunnen nieuwe proeven worden uitgevoerd, zowel in het laboratorium als in-situ (geoscan, bezwijkproeven op zomerkaden).
- Er is bij geotechnische laboratoria en in de archieven van dijkversterkingen veel data beschikbaar uit kleikeuringen. Door deze data statistisch te analyseren, kunnen mogelijk verbanden worden afgeleid tussen parameters die meer inzicht verschaffen in het gedrag van klei.

#### *Functioneel ontwerpen*

Een volgende stap, na het onderbouwen van de grenswaarden, is functioneel ontwerpen. Dit betekent dat niet geschikte grond wordt gezocht bij een dijkontwerp, maar dat op basis van beschikbare grond wordt beschouwd hoe een dijkontwerp er zou kunnen zien. Daarbij wordt op basis van de samenstelling van de grond een uitspraak gedaan over het te verwachten gedrag van dit materiaal. Vervolgens wordt bepaald in welk dijkonderdeel het optimaal kan worden toegepast. Dit kan betekenen dat een ander dijkonderdeel anders wordt ontworpen. Zo komt men tot een integraal dijkontwerp. In figuur 6.1 is dit geïllustreerd voor het lutumgehalte.



Figuur

Figuur 6.1 - Traditioneel ontwerpen van dijken versus functioneel ontwerpen

De volgende stapsgewijze aanpak kan worden gevolgd om functioneel ontwerpen met grond te faciliteren:

1. Werk tabellen 3.3 en 3.4 (relaties tussen functies en parameters klei en zand) verder uit door per ingevulde cel toe te lichten:
  - waarom er een verband is;
  - wat kwalitatief het verband is;
  - hoe hier aan kan worden gerekend;
  - in welke range elke parameter in de praktijk voorkomt.
2. Voer stap 1, ook uit voor silt.
3. Werk tabel 3.5 (relatie tussen functies en dijkonderdelen) verder uit door per ingevulde cel toe te lichten:
  - waarom een functie relevant is voor een dijkonderdeel;
  - wat de parameters zijn die deze functie bepalen;
  - in hoeverre deze parameters van invloed zijn op deze functie;
  - in welke range de parameters moeten liggen;
  - waar achtergrondinformatie kan worden gevonden.
4. Werk voorbeelden uit hoe, via een integraal dijkontwerp, het verminderd functioneren van een dijkonderdeel kan worden gecompenseerd door overdimensionering van dit dijkonderdeel of door het anders ontwerpen van andere dijkonderdelen.

Alle stappen worden doorlopen op basis van bestaande kennis over dijken en materialen. Het resultaat van bovenstaande analyse vormt een 'kapstok', die snel inzichtelijk maakt wat er bekend is waar kennishiaten zitten. Er kan vervolgens systematisch nieuwe informatie aan worden toegevoegd. Het volledig uitwerken kost veel tijd. Daarom zou als eerste stap hiermee ervaring kunnen worden opgebouwd door de belangrijkste cellen uit tabellen 3.4 t/m 3.6 te selecteren en in detail uit te werken.

#### *Vertaling van eisen naar afwijkende grondsoorten, niet zijnde klei en zand*

Grondsoorten als silt en keileem zijn regelmatig bij een dijkversterking beschikbaar en kunnen ook voldoen als dijksmateriaal, maar passen niet binnen de eisen die voornamelijk voor klei en zand zijn afgeleid. De verdichtingskarakteristieken, erosiebestendigheid en

verwerkbaarheid zijn bijvoorbeeld anders en vereisen een andere werkwijze. Aanbevolen wordt om dit nader uit te werken.

#### *Breder kijken dan de bestaande proeven*

'Onverklaarbaar' gedrag van klei kan mogelijk worden begrepen door niet alleen naar de standaard parameters te kijken, maar ook door via proeven andersoortige parameters te beschouwen, zoals de mineralogische samenstelling (o.a. smectietgehalte), kalifixatie, het krimpgetal, het bodemvochtgehalte, bio-activiteit en diverse vormen van erosiebestendigheid.

#### *Materiaalkundig onderzoek van bijmengingen*

Het is interessant om nader te onderzoeken in hoeverre de eigenschappen van afwijkende grond kunnen worden bijgesteld door andere stoffen, zoals kalk, polymeren of cement, bij te mengen. Daarbij moet niet alleen naar stijfheid en sterkte worden gekeken, maar ook een relatie worden gelegd met specifiek voor een dijk relevante parameters, zoals erosiebestendigheid, doorlatendheid en gevoeligheid voor structuurvorming.

#### *Veroudering*

Doe onderzoek naar veroudering van grond in dijken, bijvoorbeeld structuurvorming door weersinvloeden en oxidatie van organisch materiaal. Wat is het effect van structuurvorming op het verouderingsgedrag van de dijk?

Er moet meer kennis komen over de schematisatie van standaard dijkengrond, want alleen dan kan eenduidig in kaart worden gebracht in hoeverre grond met een afwijkende samenstelling daadwerkelijk afwijkend is.

#### *Vastlegging uitvoeringskennis*

Er wordt aanbevolen om tijdens dijkversterkingsprojecten, separaat van het primaire werkproces, een inspanning te plegen om kennis te vergaren over de uitvoerings-technieken en -processen. Na elk dijkversterkingsproject zou minimaal een, algemeen beschikbaar en door een onafhankelijke partij opgesteld, evaluatierapport moeten worden opgeleverd. Eigenlijk zouden de "Driemaandelijksse berichten van de Zuiderzeewerken en de Deltawerken" een doorstart moeten krijgen in een modern jasje.

#### *Vastleggen van grondvoorkomens*

Er moet beter worden vastgelegd waar welk type grond aanwezig en beschikbaar is:

- Breng relevante grondeigenschappen in de natuurlijke (winbare) ondergrond landelijk in kaart, zodat effectief kan worden gezocht naar geschikte grond.
- Leg de beschikbaarheid van grond vast in een grondbank of in een materiaalpaspoort (zie [www.madaster.com](http://www.madaster.com)).
- Leg nauwkeurig vast in het beheersregister waar welke klei wordt toegepast in dijken, zodat bij latere vergravingen van de dijk beter duidelijk is in hoeverre die kan worden hergebruikt.

- Vergroot de grondkennis bij dijkdeskundigen door ze trainen op het visueel herkennen van grondsoorten en het visueel maken van onderscheid tussen geschikte on geschikte grond. Hierbij zou gebruik kunnen worden gemaakt van de bestaande PAO-cursus Masterclass Grond (CGF-M). Het heeft de voorkeur om een nieuwe cursus te ontwikkelen, die gericht is op de functionele toepassing van deze kennis bij dijkversterkingen.

Appendix No.

A

[#]

[#]

[#]

# Appendix A

---

## **Bijlagen**

8. Vragenlijst voor interviews
9. Verslagen interviews
10. Bundeling van schriftelijke bijdragen experts
11. Verslagen van relevante zaken uit webinars
12. Groslijst "Historische best practices"
13. Groslijst "Moderne best practices"
14. Voorbeelden van kaarten van grondvoorkomens. die iets zeggen over de geschiktheid van grond voor toepassing in dijken

## Bijlage 1 – Vragenlijst voor interviews

---

### Vragenlijst Interview “Best Practices” afwijkende grond (Gebiedseigen grond)

---

#### Inleiding

Opzet interview. **Opname starten!**

#### Algemeen

Welke werkervaring heeft de geïnterviewde (bedrijf, dijkversterkingen, interesses, specialisatie)?

Wat zijn volgens de geïnterviewde standaard materialen voor dijkversterkingen? hoe wordt dit bepaald?

In welke (dijkversterkings)projecten zijn afwijkende materialen toegepast? Komt deze uit je eigen praktijk?

Kun je details aangeven:

- *Project*
- *Locatie*
- *Jaartal*
- *Betrokken partijen*

Waarom is er voor dit afwijkend materiaal gekozen? Of wat was de reden voor het toepassen van het afwijkende materiaal?

#### Technische aspecten

Wat was de belangrijkste functie(s) van het afwijkende grondmateriaal?

*denk bijvoorbeeld aan:*

- *Stabiliteit verhogen*
- *Natuurlijke barrière*
- *Erosiebestendigheid vergroten*

Op welke locatie in het dijkprofiel is het materiaal aangebracht?

Welke grens/eis overschrijdt het materiaal?

Wat is zijn zwakke en sterke eigenschap(en) van het afwijkend materiaal?

Hoe is de verworven kennis over het afwijkende materiaal gemeten en vastgelegd?

#### Kansen

Welke (extra) kansen biedt het toepassen van het afwijkende materialen?

*denk aan:*

- *Kostenreductie (transport)*
- *Functionele toepassing*
- *Tijdreductie*

#### Uitvoeringsaspecten

Hoe is de grond aangebracht? Welke extra of andere uitvoeringsmaatregelen/werktuigen zijn toegepast?

denk aan:

- *Veiligheidsmaatregelen*
- *Zwaardere werktuigen → effect op de stabiliteit en omgeving*
- *Werklast → manuren*
- *Specialisme → kan iedereen dit uitvoeren*

### **Beschikbaarheid**

Waar komt het afwijkende materiaal vandaan of anders gezegd hoe wordt het materiaal verworven?

Is er voldoende aanbod van het afwijkend materiaal?

### **Ontwerp**

Wat was het effect van het toepassen van het afwijkende materiaal op het ontwerp?

### **Beheer**

Leidt het toepassen van het toepassen materiaal tot extra of andere beheersmaatregelen en plannen? Zo ja, waar moeten we dan aan denken?

### **Ontmanteling**

Leidt het toepassen van het toepassen materiaal tot extra of andere maatregelen bij het verwijderen ervan in de toekomst? Zo ja, waar moeten we dan aan denken?

### **Kennisleemte**

Wat moet er nog worden uitgezocht over het afwijkende materiaal?

Welke generieke kennisleemtes / onderzoeksvragen ziet men voor dijkmaterialen?

Welke experts zouden we nog moeten raadplegen en waarom?

Ken je (buiten de alom bekende literatuur) relevante rapporten met kennis over gebiedseigen grond?

### **Bredere voorbeelden**

Ken je omgekeerde voorbeelden: ofwel toepassing van niet-afwijkende grond met een onbevredigend resultaat?

Ken je mislukte voorbeelden van toepassing van afwijkende grond?

Ken je relevante voorbeelden van toepassing afwijkende grond van buiten de dijkenwereld?

### **Afsluiting interview**

Openstaande uitzoekacties

Levering en controle verslag

Uitnodiging webinars: 25+30 november (in het Nederlands) en 7 december (in het Engels)

Opstellen onderzoeksprogramma 2021

Zou je in de toekomst deel willen uitmaken van een expertgroep?

## Bijlage 2 – Verslagen Interviews

---

### Verslag interview “Best Practices” gebiedseigen grond

met Daan Jumelet

---

afgenomen door Nick Stoop en Werner Halter

Datum: 29-10-2020

#### Introductie

Dit is een verslag van het interview met Daan Jumelet afgenomen op 9 oktober 2020. Daan is 10 jaar werkzaam bij de Vries en van der Wiel onderdeel van DEME groep. Hij werkt momenteel aan projecten in het rivierengebied, vooral GoWa (Gorinchem-Waardenbrug) met als rol waterbouwkundig adviseur en ontwerpleider ruimtelijk ontwerp en inpassing voor gebied Oost (Herwijnen – Waardenburg). In de dijkversterking is hij betrokken bij het ontwerp van de bekleding, materialisatie en hoogte. In het begin van zijn carrière werkte hij vooral voor projecten in de Rotterdamse haven (kademuren en havendempingen) en voor Ruimte voor de Rivierprojecten. Zijn expertise ligt bij steen- en kleibekledingen en hoogte mede door zijn achtergrond in de Waterbouwkunde bij de TU Delft. Bij veel recente dijkversterkingsprojecten in de uitvoeringsfase (aan de zijlijn) betrokken geweest, zoals Hurwenen (uiterwaarden ontgraving), COVA (realisatie bypass), vooroeverbestortingen van de Oosterscheldekering, Oosterschelde en Westerschelde dijken. Daarnaast aan veel tenders in de dijkenwereld meegeschreven of meegedacht.

#### Wat is volgens jou afwijkende grond en wat zie je als de standaarden?

Voor het uitwerken van een dijkversterkingsontwerp zijn er te veel ontwerp- en richtlijnen waaraan de materialisatie van de dijk aan moet voldoen. Liever andersom redeneren, vanuit de beschikbare grond. Wat is er beschikbaar aan gebiedseigen grond en hoe kunnen we dat verwerken in het dijkontwerp? Voor de standaarden, eisen en regels wordt geleund op de rapportage, zoals basisspecificatie dijken (bij WSRL) en addendum leidraad rivieren, handboek dijkenbouw (hoofdlijnen) en quick scan “toepassen gebiedseigen grond” (voor bandbreedtes). Als basisregel wordt uitgegaan van stevige klei in de buitenbekleding en schrale klei in binnenbekleding. Hierin is geen onderscheid gemaakt in het lutumgehalte van klei. Schrale klei kan ook een lutumgehalte hebben van boven de 25-30%. Stevige klei kan een lutumgehalte hebben van 50-60%.

Wat is het noodzakelijke lutumgehalte in het substraat? Bij lutumgehalten van 50-60% is het niet geschikt als substraat voor de grasmat. Hierdoor moeten meerdere lagen aangebracht: substraat +onderlaag. Dat is voor de uitvoerbaarheid niet wenselijk. Plus als je te specifiek bent voor eisen omtrent lutumgehalte dan kan je wat minder hergebruiken of laten zitten. Het gewenste lutumgehalte voor klei is conform het addendum leidraad rivier 20-35%. In het OI daarentegen staat het heel generiek beschreven “als het maar klei is”. In het OI wordt de nadruk gelegd op de erosiebestendigheid in combinatie met de grasmat. Daar zeggen ze dat een kleibekleding van 40 cm nodig is en wordt geadviseerd om i.v.m. graverijen 80 cm toe te passen, en dus met een lutumgehalte hoger dan 8% (klei). Daar moet dan wel een gesloten grasmat op kunnen groeien. Welk substraat nodig is voor een gesloten grasmat wordt niet beschreven. Tevens wordt de doorlatendheid daarin niet besproken, terwijl het GABI spoor even relevant is.

## Hoe bepaal je een aanvaardbaar lutumgehalte?

Landelijk loopt deze discussie nog, immers ook het maaibeheer en type grasmengsel is hierin bepalend. Bij GoWa hebben we gezien dat op basis van 300 boringen een sterke relatie waargenomen is tussen het lutumgehalte en de categorie van de klei, zoals ook te zien in "TR Klei voor dijken". Categorie 1 (CAT 1) klei heeft een hoger lutumgehalte dan categorie 3 klei (CAT 3). Uit de boringen komt een gemiddeld lutumgehalte van 24% voor CAT 3 klei. Het gemiddelde van CAT 3 ligt onder de door de beheerde veelal gewenste maximale waarde van 25% uit. Hoe ga je om met de uitschieters en met de kwantiteit aan substraat klei? Je wilt het liefst niet gaan aanvoeren, als er nu al een bekleding ligt met een goede grasmat. Het voorstel wat nu wordt besproken is het gemiddelde lager moet zijn de maximale eis (25%) en dat er ook een maximaal lutumgehalte wordt gehanteerd (voorbeeld 30%). Samenvattend, in de basis gebruik je categorie 3 klei, mits het maximale lutumgehalte niet hoger is dan 30%.

## Op welke plekken wijk je bij GoWa af van de eisen?

Uiteindelijk zijn er geen eenduidige eisen beschikbaar, zoals eerder gesteld. Op deze manier kan er dus ook geen sprake zijn van afwijkingen. Aanvullend geldt de dat dijk op GoWa ontworpen wordt met een overslagdebiet van 10l/s/m. Hiervoor gelden weer andere eisen dan voorheen werden gehanteerd. Tevens is er sprake van een bestaande dijk met een wisselende opbouw, ook hier moeten het ontwerp/eisen op worden afgestemd.

Zoals eerder benoemd gaan we in het ontwerp uit van een gesloten grasmat. De eisen waar het substraat (toplaag van de bekleding) aan moet voldoen zijn hierbij niet eenduidig beschreven in de literatuur, bijvoorbeeld welk lutumgehalte nodig is om een gesloten grasmat op te ontwikkelen. Het gewenste lutumgehalte vanuit beheerdersperspectief t.a.v. een goed substraat voor een grasmat is 25%. Voor maximalisering van hergebruik is verruiming wenselijk, dit wordt momenteel onderzocht.

## Hoe weet de beheerder na oplevering wat er in de dijk zit?

Het opstellen van een beheer- en onderhoudsplan, waarin een as-built van de dijk per dijkvak is geconstrueerd. Hierin worden ook de bestaande (niet verbeterde) dijkvakken in opgenomen.

## Voorbeelden in de dijkenbouw

In de werkgroep Geoclayliners (WSRL) wordt momenteel gekeken op welke wijze bentonietmatten kunnen worden ingezet in het dijkontwerp en dat dit ook gecombineerd kan worden met gebiedseigen grond? Want door het gebruik van bentonietmatten vervalt één eis: de doorlatendheid, hieraan wordt al voldaan door toepassing van de ondoorlatende bentonietmat. Aanvullend kan ook nog worden gekeken naar de erosiebestendigheid van dergelijke matten ten aanzien van stroming en golven. Momenteel wordt hier in Limburg een OBOR (Ontwerp-, Beoordelings- en Onderhoudsrichtlijn) voor opgesteld.

Een waterdichte kruin en binnentalud kan worden gerealiseerd door het toepassen van een bentonietmat, waardoor overslaginfiltratie en daarmee opdrukken van de kleibekleding wordt voorkomen. Aan de buitenzijde zit vaak een dikke kleikern, dus vanuit het GABU mechanisme is geen bentonietmat nodig.

Het grote voordeel van de bentonietmat is de zekerheid over de mate van doorlatendheid van de laag. Bij een kleilaag kan er vanwege een te hoog lutumgehalte scheurvorming ontstaan in droge periodes, waardoor de doorlatendheid (infiltratie toeneemt), ditzelfde probleem kan zich voordoen door wortelvorming van een grasmat. Door de bentonietmat vervallen bijna alle eisen op doorlatendheid, dus je hoeft alleen nog maar te kijken naar erosiebestendigheid en esthetiek (grasmat).

Onderzoeksvragen bij bentonietmatten zijn: Wat is effect van die bentonietmat op de waterhouding en begroeiing? Hoe dik moet de substraatlaag dan zijn om ook in droge periode voldoende water aanwezig te hebben?

Het idee bij een bentonietmat is dat de eisen die worden gesteld aan de kleilaag boven de bentonietmat ruimer kunnen zijn, omdat de functie van doorlatendheid wordt opgevangen door de bentonietmat. Op deze manier kan meer gebiedseigen grond worden toegepast.

### GoWa (Gorinchem-Waardenburg)

In het gebied is weinig geschikte gebiedseigen substraat klei of zaadbank beschikbaar. Hierdoor ontstaat direct een conflict aangezien je in de basis gebiedseigen grond wilt terugbrengen: substraat opzijzetten en die weer hergebruiken. Als je op dat moment eisen gaat stellen aan het lutumgehalte, ontstaat een probleem met de beschikbaarheid/hoeveelheid van geschikte gebiedseigen kleikleding. Daarnaast wordt er over gestapt met de beheermethode, wat gaat er gebeuren als je de schapen worden vervangen voor de grasmaaier? Om meer gebiedseigen grond toe te passen wordt onderzoek gedaan naar het toepassen van CAT 3 met een hoger maximale lutumgehalte (tot 30%).

Binnen GoWa wordt gekeken naar een acceptabele bandbreedte in het organische stofgehalte van klei. Klei met percentage van 5,4% gaan we niet zondermeer afkeuren omdat het boven de 5% zit. Als het ontwerp toch op de kop moet dan kan dit materiaal bijvoorbeeld wel goed in de berm worden toegepast. Klei met maximale organische stofgehalte tot 8 % is conform de quick wins toelaatbaar. Het afwijken van dan 5% wordt bij nieuwe klei gecompenseerd met een extra dikke laag (7% stofgehalte betekent een 7% dikkere laag) ter compensatie van klink en zetting.

Bij bestaande klei wordt geen compensatie toegepast, omdat hiervan in de praktijk al is bewezen dat het voldoet. Door het gebruik van bandbreedtes kan gekeken worden of bestaande (klei)lagen kunnen blijven zitten, want het meest duurzame ontwerp is niks doen. Bij een kleidijk kan je iets minder kritisch zijn dan een zanddijk. Hier wordt de erosiebestendigheid al gewaarborgd door de kleikern, bewezen sterkte en goede grasmat. Bij een zanddijk wil je zeker een goede kleilaag hebben.

Vanuit de eerdergenoemde werkgroep wordt er geïnventariseerd of een pilot bij GoWa kan worden uitgevoerd met bentonietmatten/geoclayliner. De bentonietmat is een maatregel om gebiedseigen grond te kunnen gebruiken, welke geschikt is als substraat voor de grasbekleding, maar niet voldoet t.a.v. doorlatendheid. Er is momenteel nog geen toestemming voor de pilot bij GoWa, waarschijnlijk uitgevoerd in de 2<sup>de</sup> jaargang van GoWa. De geoclayliner zit niet in het ontwerp van GoWa.

Het duurzaamste ontwerp is het laten zitten van bestaande kleilagen of het hergebruiken van kleilagen. Dit betekent soms afwijken van standaarden binnen bandbreedtes uit de quick scan. Bijvoorbeeld afwijken van de Attenbergse grenzen. Je moet altijd de dijk integraal beschouwen: bijvoorbeeld heb ik te maken met een zanddijk of een kleidijk. Je moet niet alleen naar de bovenste 80 cm kijken. Bij nieuwe bekleding wil je het beste realiseren met het beschikbare materiaal.

### Project NEER in Limburg

Geoclayliner of bentonietmatten in het voorland als pipingmaatregel. Bentonietmat aanbrengen met daarop gebiedseigen grond. Het is een bewezen techniek.

### Voorbeelden met additieve of bijmenging

#### Durme (Belgie)

Gebruiken van de vrijkomende baggerspecie (slib). De baggerslib een langere tijd (ca. 2 jaar) drogen (laguneren) en aan het eind van een periode kijken hoe sterk het materiaal is om het vervolgens toe te passen

in de kern. Er zijn enkele methodes om het materialen te upgraden: met kalk, polymeren of cement. Het drogen zelf kan echter al voldoende sterkte brengen, zie artikel van Jan de Nul (terra aqua). De droging/rijping vindt plaats op slibvelden in de (nieuwe) voorlanden. In België noemt men dit type materiaal “engineered settlements”. Deze methode kost wel wat meer tijd, opslagruimte en geld, maar is wel duurzaam. Door schaarste aan geschikte kleisoorten en meer aandacht voor aspect duurzaamheid wordt het gebruik van deze vrijgekomen materialen haalbaar. Dit materiaal zou kunnen worden gebruikt in kern en berm. De erosiebestendigheid is minder van belang in de berm.

Beslisboom voor het gebruiken van slib op basis van de eigenschappen.

1. Na drogen/rijping sterkte beoordelen.
2. Bij onvoldoende sterkte wordt per monster het geschikte additief bepaald (bijmenging).
3. Sterke opnieuw beoordelen.
4. Toepassen.

### Waterdunen (Scheldestromen)

Natte klei uit watergangen/geulen gebruikt na bijmenging van kalk. Door ontwatering neemt de sterkte toe. De klei is toegepast in de kern. Wel beoordelen of het de grens van 25% kalkgehalte niet overschrijdt.

Maar waarom wordt deze eis aan het kalkgehalte gesteld? Bij welke functie hoort deze eis? Als deze grens niet hoort bij de functie mag deze dan komen te vervallen.

Bijmenging met kalk wordt in België breed gebruikt.

### Hedwigepolder en Prosperpolder

Toepassen van klei met kalkbijmenging wordt gebruikt voor de bekleding in een pilotstudie (Living Lab). In deze pilot gaat gekeken worden naar o.a. de erosiebestendigheid.

### Aanbevelingen

1. Beleidsmatige verandering; meer redeneren vanuit het project.
2. Blijf met elkaar om de tafel zitten; leer van elkaars kennis en ervaringen.

### Nuttig vervolgonderzoeksspoor

Substraatvraagstuk; De relatie tussen de bloemrijke dijken, de sterkte van de grasmat en de koppeling met de eigenschappen kleilaag of onderlaag die daarvoor nodig is. Binnen welke bandbreedtes moeten de eigenschappen de substraat vallen? Er wordt nu veel sterkte ontleend uit de grasmat, maar waar moet het substraat aan voldoen voor goede grasmat? Op dit moment ligt de focus vooral bij erosiebestendigheid van de kleilaag, maar dus minder aan de eisen die gesteld moeten worden om een gesloten grasmat te creëren.

---

## Verslag interview “Best Practices” gebiedseigen grond

met Ger de Vrieze

---

afgenomen door Nick Stoop en Werner Halter

Datum: 20-10-2020

### Introductie

Dit is een verslag van het interview met Ger de Vrieze afgenomen op 13 oktober 2020. Hij is begonnen bij Polderdistrict Betuwe en heeft daar lang gewerkt als hoofd dijkverbetering. Hier is hij in 1985 begonnen met de dijkverbeteringen. Rond 2001 waren de dijkverbeteringen afgerond. Het polderdistrict had 111 kilometer aan primaire keringen, welke bijna allemaal (deels met zand) zijn verbeterd. Tussendoor heeft men de hoogwatersituatie van 1995 gehad met de noodwetgeving enz. Hierna is hij veel betrokken geweest bij de opleiding voor dijkwachters en de organisatie bij crisissituaties. Na de fusie is hij terecht gekomen in Tiel bij Waterschap Rivierenland. In het begin is hij een tijdje gedetacheerd geweest bij Rijkswaterstaat voor projectbureau Ruimte voor de Rivier. Hierin heeft hij o.a. meeschreven aan de MER. Een paar jaren later heeft hij de planstudie voor de ruimte voor de rivier projecten “dijkverlegging Munnikenland” uitgevoerd. Dit project is sinds een jaar of 3 afgerond. Hij is inmiddels een aantal jaar gepensioneerd, maar is nog steeds actief bezig met dijken onder andere door het geven van lezingen, vooral over het hoogwater van 1995.

### Wat is volgens jou afwijkende grond en wat zie je als de standaarden?

De leidraden en standaard hebben enorm veel betekend voor de dijkenbouw. Dit leidt tot minder discussie. Je kunt zo vrij makkelijk een plan en ontwerp maken. Over het algemeen geldt dezelfde problematiek voor alle dijken. We willen de dijk verbeteren met zo min mogelijk inspanning (kosten, omvang etc.), maar bedenk eerst eens een keer brede dijk en bekijk dan wat je aan plussen kan vinden. Dit zijn plussen voor het medegebruik, de omgeving enzovoorts, bijvoorbeeld een klimaatdijk: een dijk die vele jaren (200 jaar) vooruit kan. Maar je kan hem ook zo maken dat je een zone maakt die zo breed en hoog is, dat je er allemaal stedenbouwkundige activiteiten op kan doen. De ingreep voor de dijk is dan groter maar de gevolgen op de lange termijn zijn minder. Een leidraad kan soms een belemmering zijn voor de vrije gedachte.

### Gebruik van gebiedseigen grond

Het toepassen van gebiedseigen grond is geen doel op zich. Een dijk is al geen natuurlijk fenomeen. De vraag is wel of je bijvoorbeeld Maasklei in een Waaldijk wil verwerken. Deze klei heeft een andere oorsprong en samenstelling. Waarschijnlijk is het geen groot probleem. Je moet wel kunnen aantonen dat het materiaal uit een ander gebied een probleem is. Mineralogisch kun je zien of klei uit een ander stroomdal of streek komt. Kalifixatie (vastlegging van kaliumionen) vind je bijvoorbeeld wel bij Rijnklei en weinig of niet bij Maasklei. Het materiaal (klei) moet wel uit natuurlijke afzettingen komen. Voor je het weet zit er afvalproducten (bijvoorbeeld koperslakken of granuliet) in.

De gedachte is om met (belasting)centen die je investeert iets toe te voegen aan de maatschappij en maatschappelijk nut creëren. Dat wil dus niet altijd zeggen dat je een zo smal mogelijke dijk moet maken.

Een project specifieke aanpak is belangrijk. Het feit dat een oplossing goed werkt bij één project wil niet zeggen dat het overall een goede oplossing is. Een voorbeeld is de mixed-in-place wand die bij de laatste dijkversterking bij Westervoort is toegepast. Dat was voor de specifieke omstandigheden daar (splitsingspunt,

bepaalde ruimte en een plaatselijke bodemverontreiniging) een goede oplossing, maar elders zijn er alternatieven die economisch voordeliger zijn.

Een algemeen probleem bij de uitvoering van dijkversterkingen is dat er in de voorbereiding dikke rapporten worden geschreven, waarin plannen in detail zijn uitgewerkt, maar dat de personen die een dijkversterking moeten uitvoeren geen tijd hebben of moeite nemen om dit goed te lezen. Daardoor worden goed bedoelde plannen veelal niet correct of onvolledig uitgevoerd.

## Voorbeelden in de dijkenbouw

### Meinerswijk (rond 1990)

Polder Meinerswijk bij Arnhem is inmiddels een prachtig natuurgebied geworden. Ten tijde van de dijkversterking was het natuurgebied nog in aanleg. De vertegenwoordigers vanuit de natuurorganisatie wilden een zo'n steil en smal mogelijke dijk. Terwijl ze een natuurgebied gingen ontwikkelen van circa 300 ha. Zouden we het in deze situatie niet andersom kunnen doen? Standaard bouwen we een dijk met 1:3 (buiten)talud en in deze situatie zouden we zelfs naar 1:2,5 moeten gaan. Maar wat nou als we het buitentalud 1:10 maken en de natuur door laten lopen tot op de kruin van de dijk. Dan kan je de dijk ook als hoogwatervluchtplaats worden gebruikt. Destijds was dat ondenkbaar, omdat het niet voldeed aan de eisen en de leidraad. Terwijl het heel veel mogelijkheden biedt, zo hadden ze materiaal wat uit de gegraven geulen vrij kwam kunnen gebruiken in de dijk. Het 1:10 (buiten)talud is helaas nooit onderzocht. Er moest wel een bestemming worden gevonden voor de vrijkomende grond. Dat is uiteindelijk verwerkt in een vluchtheuvel tegen de dijk. Dit had een landschappelijke reden, maar heeft onbedoeld uiteindelijk toch gezorgd voor een klein, robuuster stukje dijk.

### Dijkverlegging Munnikenland

In dit ruimte voor de rivier project stonden de ontwikkelingshistorie van het gebied en natuurontwikkeling centraal. Er werd een noord-zuid-georiënteerde dijk aangelegd in destijds agrarisch gebied (niet bewoond), tussen de Waal en de Afgedamde Maas bij Slot Loevestein. Het hele gebied werd uitgekocht en gebruikt voor natuurontwikkeling. Daartussen zou een dijk worden aangelegd. Hierdoor het je alle ruimte, aangezien zowel de binnenzijde als de buitenzijde natuurgebied was. De dijk zelf zou ook een natuurfunctie moeten hebben. Omdat het een ruimte voor de rivier project was, werden er behoorlijk wat nevengeulen gegraven. Daar kwam allemaal geen goede steenbakkersklei of erosiebestendig klei uit. Toch was het uitgangspunt om al dit materiaal in de dijk te stoppen en dan zien we wel hoe dik die dijk moet worden. Destijds was het de standaardwerkwijze om het niet-gekwificeerde materiaal afvoeren, maar de vraag was; waar naartoe; waar vind je een geschikte depot-ruimte. Je hebt het dan al vaak over grote afstanden, dus dat gaat enorm veel kosten, plus dat goede klei voor de dijkbouw zou moeten worden aangevoerd van elders, want die was ter plekke niet voorhanden. In het dijkverleggingsplan is voorgesteld om de gebiedseigen grond gebruiken, maar dan moest er wel op alternatieve wijze aan de standzekerheid gerekend worden. Er is gerekend aan de erosiebestendigheid van kale specie als "*worst case scenario*" (zonder beplanting c.q. grasmat). De dijk wordt een hoogwatervluchtplaats; dus bij hoogwater wordt alle beplanting kapot gelopen door de koeien en paarden. Uit de berekeningen van GeoDelft kwamen afslagbreedtes van 4 tot 6 meter van grond die wegspoelt (door westenwind en lange strijkengte). Na hoogwater zal de afgeslagen klei teruggeschoven kunnen worden met een bulldozer. Dit resulteerde in een talud van minstens 1:8 op sommige stukken zijn hellingen van 1:20 toegepast. Daarnaast was er een overhoogte van circa 2,5 m aangebracht, omdat er deels meer zettingen en klink optreden door aanwezigheid van moerig (humeus) en slap materiaal en deels om het volledig overslagvrij te maken. Omdat er aan de landzijde zandig materiaal was aangebracht, wat geen overstroming kan hebben. Het materiaal was over het algemeen redelijk goed gerijpt. De meest zettingsgevoelige lagen zijn verwerkt in het flauwste gedeelte (1:20) of op plekken met de minste bovenbelasting (niet in de kern). Het bovenste stukje (overhoogte) is steiler gemaakt om te voorkomen dat er een brede kruin zou ontstaan wat niet goed

landschappelijk beeld past. Dit noemt men een “getailleerde dijk”. Op die manier heb je toch nog de traditionele dijkbeleving. Dit ontwerp is over iets meer dan 2 kilometer toegepast. Tijdens realisatie heeft de aannemer alle materialen toch weer gesorteerd en aangebracht o.b.v. erosiebestendige klei, etc. volgens de leidraad. Terwijl dit niet nodig was, aangezien de dijk was ontworpen met afwijkende materialen. Het werkelijke gedrag van de dijk tijdens zware belasting is nog niet bekend, omdat er nog geen significant hoogwater is geweest.

## Jaren 70

In de jaren ‘70 en half jaren tachtig ontwierp men “kleizuinige dijken” omdat er veel weerstand was tegen kleiwinning in de natuurwaarden. Destijds is het dijkprofiel van een zandberm (steunberm) aan de binnenkant en binnenzijde van de dijk kern bedacht. De dijk bestond uit een smalle kern van klei met daar aan de binnenkant 3-4 meter zand. Vervolgens werd een erosiebestendig klei als binnenbekleding aangebracht. Deze gedachte is veranderd toen Gerard Litjens en consorten in 1986 met zijn rapport “Plan Ooievaar” kwam. In dit plan beschreef hij het algemene idee om de uiterwaarden te herinrichten door ze te ontkleien. (*“natuur maken met de bulldozer”*). Door het omarmen van dit idee is er weer voldoende klei beschikbaar gekomen en kwam er een einde aan het “klei-arm ontwerpen” van dijken.

## Opheusden

In Opheusden aan de Nederrijn zijn meerdere boomkwekerijen. Vanwege de bescherming van de boomteelt zijn er gebruiksbeperkingen in heel de omgeving. Je mag er bijvoorbeeld geen aardappelen telen vanwege de aaltjes. Vanwege strikte voorwaarden mag er binnendijs geen grond worden aangevoerd vanuit andere plaatsen. Dus je mag alleen gebiedseigen grond (met name klei) gebruiken of je moet een aaltjesvrij verklaring hebben. Dit is echter zeer lastig verkrijgbaar, want zo’n onderzoek duurt minstens een jaar. In het gebied was geen ontkleining, waardoor de dijkversterking in 1998 - 2001 (bijna) volledig met aaltjesvrij en aangevoerd zand is ontworpen. In het bestaande profiel werd de klei vervangen door zand om vervolgens de vrijgekomen klei te hergebruiken in het dijkontwerp (bekleding). De dijk is recent weer versterkt en opgeleverd (Dijkversterking HOP). Door de specifieke eisen en voorwaarden is vooral buitenwaarts versterkt. Aan de binnenzijde zijn niet veel aanvullingen gedaan, er zijn wel damwanden gezet.

## Haalderen (1985) / Dijktraject Maurik-Rijswijk (HOP) /Neder-Betuwe (Gouverneurspolder Dodenwaard - Ochten)

In Haalderen en dijktraject Maurik-Rijswijk is specie-uitwisseling in het plangebied toegepast. De species-uitwisseling was oplossing om pipingprobleem aan te pakken door niet binnendijs een “pipingberm” aan te leggen, maar buitendijs het voorland waterdicht te maken en daarmee de intree-lengte te vergroten. De klei, aanwezig in de binnenberm, werd afgegraven en vervangen door zand of zandige klei van buitendijs. De klei in het voorland moet wel goed waterremmende (waterkerend) zijn. Daarvoor heb je geen gerijpte klei voor nodig. Ongerijpte klei heeft een doorlatendheid van bijna nul (is bijna net zo dicht een plastic zeil). De daar aan te brengen kleilaag (ca. 1 m dik) mag een soort zijn met een matige of slechte rijpingsgraad en/of een wat hoger gehalte organische stof. Dit wordt afgedekt met 0,6 à 0,8 m grond (teeltaarde), mede ter voorkoming van structuurvorming in de aangebrachte waterdichte laag. Buitendijs was per definitie zandig materiaal aanwezig, want anders is er geen pipingprobleem aangetroffen. Door de bovenste (verontreinigde) grondlaag tijdelijk weg te nemen, kan de daaronder liggende goed waterdoorlatende grondlaag worden ontgraven en worden vervangen door een goed afsluitende klei. De locatie van specie-uitwisseling binnendijs-buitendijs is niet één op één, het kan ook verderop in het dijktraject gebruikt worden. In praktijk mag je vaak geen grote uitgravingen aan beide zijden van de dijk tegelijkertijd uitvoeren. Het alternatief voor de geschetste oplossing is om materiaal van elders aanvoeren. Dan heb je veel meer transportkilometers en kosten. Het probleem is vaak om goede regelingen met de grondeigenaren te maken. Leidt dit tot schade of waardevermindering van mijn grond of wordt de grond juist meer waard. enz.?

De aangebrachte kleilaag in de uiterwaarden moet minimaal 1 m dik zijn om voldoende waterdicht te zijn. De kleilaag mag niet verstoord worden van bovenaf, dus je moet minstens 50 tot 80 cm (zandig) materiaal opbrengen of terugbrengen. De eis aan het materiaal voor de afdichtende laag is dat het goed waterdicht is. Dus het mag gerust 5-10% procent organische stof hebben. Het mag natuurlijk geen veengrond zijn, want dat gaat oxideren waardoor het meer doorlatend wordt. Er was destijds een eisenlijst opgesteld op basis van consistentie en organisch stof percentage.

### Nuttige onderzoeksrapportage of bronnen?

“In de ban van de Betuwse dijken” was aanbevolen tijdens het introductie telefoongesprek.

### Experts

Ger kent vooral de mensen, die in het verleden met de dijken werkzaam waren en deels zijn gepensioneerd. Experts die wat kunnen toevoegen op het gebied van afwijkende grond:

- Bas de Bruijn (Polderdistrict Groot Maas en Waal en WSRL)
- Personen uit de speciewinning of steenbakindustrie (Koos van Mourik) of iemand van K3Delta
- *In de speciemarkt zit heel veel kennis over grond o.a. beschikbaarheid. Zij hebben ook een belang om materiaal kwijt te raken en te verwerven.*
- 

### Nuttig vervolgonderzoeksspoor

Concrete vragen komen vaak naar boven op projectniveau. Daarnaast meer kijken naar een maatschappelijk nut. Bijvoorbeeld een concreet rapport over de bredere aanpak van een project.

### Aanbevelingen

- Bij projecten kijken naar het bredere maatschappelijke nut.
- Bij ieder project kijken naar de lokale situatie, niet direct kijken naar standaardoplossing.

### Bijlage

Dijkversterking met Gebiedseigen Grond, Overwegingen bij de keuze van bouwstoffen voor de versterking van rivierdijken, Ger de Vrieze, oktober 2020.

---

## Verslag interview “Best Practices” gebiedseigen grond

met Jan-Willem Nieuwenhuis

---

afgenomen door Nick Stoop en Werner Halter

Datum: 29-10-2020

### Introductie

Dit is een verslag van het interview met Jan-Willem Nieuwenhuis afgenomen op 14 oktober 2020, werkzaam bij Waterschap Noorderzijlvest. Hij heeft Civiele Techniek gestudeerd in Delft met een specialisatie in kustwaterbouwkunde. Hij is gestart bij de provincie Noord-Holland als secretaris van het provinciaal overlegorgaan van de kustverdediging. Na enkele jaren is hij voor de helft van zijn tijd begonnen bij de Provincie Flevoland en voor de andere helft bij Rijkswaterstaat Noord-Holland. Na één jaar volledig overgestapt naar RWS Noord-Holland. Destijds werden subsidies voor dijkversterkingen door regionale directies verstrekt. Door zijn achtergrond is hij actief betrokken geraakt in projectgroepen voor dijkversterkingen in het beheergebied van met name het Noordhollands Noorderkwartier. In deze projecten heeft hij ook technisch meegedacht. Op deze manier was de subsidieverstrekker goed betrokken bij bepalende (technische) keuzes. Binnen RWS heeft hij ook nog de pilot Keileem getrokken bij de Wieringermeerdijk. Na RWS Noord-Holland is hij terechtgekomen bij Arcadis voor een paar jaar. Bij Arcadis was hij projectleider en ambassadeur voor projecten in Noord-Nederland. Daarna heeft hij de overstap gemaakt naar het Waterschap Noorderzijlvest als beleidsadviseur waterveiligheid. Vanuit zijn rol is hij nauw betrokken bij de beoordelingen maar ook bij de dijkversterkingsprojecten zoals Eemshaven-Delfzijl, waarvan de Dubbele Dijk een van de koppelpjecten was, de Brede Groene Dijk (van Hunze en Aa's) etc. Jan-Willem is ook betrokken bij allerlei landelijk initiatieven. Hij is betrokken geweest bij het projectonderzoek naar afwijkend grondmateriaal gebruik dat werd getrokken vanuit Deltares. Dit project was de voorloper van de POV dijkversterking met gebiedseigen grond (DGG). Vanuit deze route is hij betrokken geraakt POV DGG. Hij heeft o.a. meegeschreven aan het plan van aanpak voor POV DGG. Daarnaast zit hij in de werkgroep waterkering (WWK) van de Unie van Waterschappen. Omdat in het beheersgebied van Noorderzijlvest veel windturbines nabij en op korte termijn op de primaire keringen staan, neemt hij ook deel aan het kennisnetwerk Windturbines op Waterkeringen. Langs deze route is hij ook betrokken geweest bij het opstellen van het handboek kraanopstelplaatsen op of bij een primaire waterkering. Jan-Willem is docent bij de Opleiding Dijktechniek en geeft daarbij onder andere les over materiaalgebruik bij dijken.

### Voorbeelden in de dijkenbouw

#### Zuiderzeewerken/Wieringermeerdijk

De Amsteldiepdijk is een van de keringen die is aangelegd in het kader van de Zuiderzeewerken. Hier was sprake van diepe geulen waarop men besloot die deels te vullen met eigen materiaal uit de Waddenzeebodem, te weten keileem. Dit bleek onder de lokaal relatief hoge stroomsnelheden weinig te eroderen. Op basis van deze ervaring besloot men keileem te gaan gebruiken als kernmateriaal voor de dijken in plaats de regulier gehanteerde klei. Er was per slot van rekening voldoende materiaal aanwezig op korte afstand. Aangezien er nog sprake was van de Zuiderzee zijn de dijken in de eerste fase aangelegd als keileem dam. De Wieringermeerdijk heeft zo ook een kern bestaande uit keileem. Keileem is eigenlijk heel erg compact en samengeperst (door oude gletsjers) fijn zand en heeft *geen* plaatjesstructuur zoals klei. Als je het materiaal indroogt, wordt het 'een blok beton' maar als je het vervolgens weer nat maakt, raakt het zijn samenhang

kwijt en lost het op en zakt het in elkaar. Om deze reden moet een keileem kern afgedekt worden met klei, zodat je het niet direct bloot stelt aan de elementen van het weer.

### Dijkversterking Eemshaven-Delfzijl

Ten tijde van de dijkversterking Eemshaven- Delfzijl stond ook verdieping van de vaargeul van de Eemshaven naar de Noordzee op de agenda van RWS, hierbij moest lokaal ook keileem worden verwijderd. Het idee was om de vrijgekomen keileem te gebruiken als dijkversterkingsmateriaal. De vraag was destijds in hoeverre kan het materiaal dat uit het water komt, worden gebruikt voor de steunberm ten behoeve macrostabiliteit. Wat voor materiaal krijg je terug als het uit de zeebodem haalt, overbrengt in een beunschip, lost op de kade, overlaadt in vrachtwagens, vervoert over land naar de juist plek en vervolgens gaat bewerken c.q. verdichten (platwalsen) met een kraan? Dat zijn behoorlijk meer bewerkingen dan destijds bij het aanleggen van de Wieringermeerdijk en Zuiderzeewerken, waar het opgegraven keileem direct vanuit het beunschip werd gelost op de juiste locatie. In totaal heeft deze pilot 3 jaar geduurd. Het was verbazingwekkend om te zien dat het aanvankelijk slappe materiaal veel van zijn originele eigenschappen terugkreeg (compact en stevig). Het (relatief natte) keileem is aangebracht als steunberm op dezelfde wijze als klei, in laagjes van 30 cm. Na een tijdje zijn meerdere proefsleuven gegraven om te beoordelen hoe compact het materiaal was. De wandjes bleven redelijk stevig staan. Op een bepaald moment ging het wel wat inzakken door het gewicht. Het was destijds met opzet niet afgedekt met klei om te onderzoeken hoe erosiebestendig het is en wat er allemaal mee gebeurt als je het bloot stelt aan het weer. De vloeigrens en uitrolgroei grens zitten bij keileem dichter bij elkaar dan bij klei, dus de kans dat het materiaal vloeibaar wordt, is een stuk groter. Uiteindelijk is besloten de steunberm niet van keileem te maken deels vanwege problematiek met contracten en deels qua tijdsplanning en de verschillen hierin tussen beide projecten (RWS ontgraving en Dijkversterking). Men had geen tijd om 3 jaar te wachten tot dat de keileem berm goed op sterkte was, voordat men met de rest van de dijkversterking verder kon. De bevindingen, inclusief proefresultaten, staan in één eindrapportage, deze wordt na het interview opgestuurd. De conclusie was dat projectleider van de dijkversterking het materiaal niet geschikt vond als dijk materiaal binnen het project en Jan-Willem wel. Het is namelijk technisch geschikt maar niet binnen het tijdsbestek van het project. De keileem is verwijderd en afgevoerd.

### De Dubbele Dijk

De Dubbele Dijk ligt in het dijktraject Eemshaven-Delfzijl. Op een deeltraject is achter de zeedijk aan de landzijde een tweede kering (dijk) gerealiseerd. De primaire zeedijk is voor dit trajectdeel enkel versterkt met een steunberm ten behoeve van macrostabiliteit. De bekleding is niet aangepakt en de kruin is ook niet opgehoogd. Dit is in tegenstelling tot de aangrenzende dijkvakken. Deze Dubbele Dijk is opgebouwd uit kleiachtig materiaal dat is ontgraven uit het tussengebied. Het tussengebied is opgedeeld in twee gedeelten. In het noordelijke deel van het tussengebied is het maaiveld 50-80 cm verlaagd. In dit gebied is ruimte voor zilte teelt en aquacultuur. In het zuidelijke gebied wordt slib opgevangen vanuit het oogpunt van Natura 2000 aangezien de Eems-Dollard zeer troebel is. Hiervoor wordt een in- en uitlaatwerk gerealiseerd. Het troebele water stroomt binnen in het zuidelijk pand, waar het slib zal bezinken en stroomt door naar het noordelijke pand voor de zilte teelt. De klei uit het tussengebied is hoofdzakelijk geclassificeerd als categorie 3 klei en deels als categorie 2 klei. De klei komt uit de toplaag tot - 80 cm onder maaiveld, welke al jaren agrarisch is gebruikt en bewerkt. De dijk is opgebouwd uit de gebiedseigen (categorie 2 en 3) klei. Aangezien de dubbele dijk hooguit een lage waterstand en kleine golfjes moet kunnen verduren is er geen aparte afdeklaag van categorie 1 klei aangebracht. Er komt wel een grasbekleding overheen. Mocht dit pilot project niet slagen (zilte teelt gaat niet door, enz.) dan moet de dijk weer worden afgegraven en moet het tussengebied in "oorspronkelijke" staat worden teruggebracht. Zodoende is er goed bijgehouden welke klei waar vandaan komt. Op deze manier kan men er ook voor zorgen dat het meest zandige materiaal in de kern komt en het meest erosiebestendige materiaal aan de buitenkant komt.

## De Brede Groene Dijk (Kleirijperij)

De Brede Groene dijk ligt in het beheersgebied van Hunze en Aa's. De doelstelling is om met lokaal ontwikkelde klei een kering te maken met een dusdanig flauw buitentalud dat je gewoon een brede groene dijk hebt die zonder steenbekleding of iets dergelijk de golfbelasting kan weerstaan. Daarnaast moet er ook voldoende dijkmassa zijn ten behoeve van (macro)stabiliteit en ophoging. Met dit in het achterhoofd is een pilot opgestart met een lengte van 1 km waarbij de kering zeewaarts wordt verbreed. Deze nieuwe dijk wordt aangelegd in drie deelvakken waarbij klei wordt gebruikt uit drie verschillende bronnen. De keuze om zeewaarts te versterken komt voort uit het feit dat de grond aan de binnenzijde van de kering van derden is. Het idee ontstond om de dijken te versterken zoals in het verleden ook werd gedaan door onder andere materiaal uit de kwelders te gebruiken als dijkmateriaal en omdat dit ruimschoots voorhanden is. Dit is in Noord-Groningen in het verleden heel wat keren gebeurd voor de inpoldering aan de noordkant wat landschappelijk nog zichtbaar is door de aanwezigheid van de slaperdijken in het gebied van Noorderzijlvest. In de voorliggende kwelder is de Klutenplas gegraven waaruit lokaal kleiachtige materiaal te winnen ten behoeve van de kades van de kleirijperij. Het slib dat in de afgelopen jaren is ingevangen in de Breebaartpolder is vervolgens overgebracht naar de kleirijperij. Deze is ingedeeld in meerdere vakken waarin verschillende rijpingsmethodieken worden onderzocht. Hierbij te denken aan rietaanplant, andere vormen van cultivatie methodieken van omleggen van het grondmateriaal etc. De derde soort klei (slib) komt uit de haven van Delfzijl. Deze slib (klei) laat men afzonderlijk rijpen in een rijperij aan de zuidkant bij Delfzijl. Uiteindelijk krijg je een dijkvak met klei (slib) uit de Breebaartpolder, een dijkvak met klei uit de kwelder en een dijkvak met klei (slib) uit de haven van Delfzijl. Dan gaat men kijken wat de verschillen zijn gerelateerd aan het bronmateriaal en de verschillende toegepaste rijpingsmethoden en de daaraan gerelateerde behaalde sterkte en andere materiaaleigenschappen. Hierbij moet ook gekeken worden naar het organische stofgehalte en zoutgehalte. Het laten indrogen en met regelmaat omzetten van het in ruggen. Het regelmatig omzetten resulteert niet alleen in het verbeteren van de verwerkbaarheid maar ook tot afbraak van de organische stof in het materiaal. Na aanleg van de dijk wordt de ontwikkeling van de dijk en het dijkbouw materiaal nauwkeurig gemonitord op ontwikkelingen van materiaaleigenschappen in de tijd. Een van de dingen die speelt, is dat het relatief hoge zoutgehalte effect kan hebben op je vegetatie/gras groei en eventuele scheurvorming in drogere perioden. De klei (slib) materiaal afkomstig uit (de kwelders van) het Eems-Dollardgebied is doorgaans te zout en bevat mogelijk te veel organische stof te gebruiken voor de deklaag van een kering. Een optie is om dit van reguliere regels afwijkende materiaal te gebruiken als 'kern' materiaal. Punt van aandacht is dat de weersomstandigheden grofweg niet dieper effect hebben in de dijk dan 70 cm tot 1 meter. Dit heeft zo z'n consequenties voor de verdere ontwikkelingen van het materiaal en daarmee de (sterkte)eigenschappen van de dijk. Aan deze pilot werken naast waterschap Hunze en Aa's ook partijen als Groninger landschap, Ecoshape, Arcadis etc. mee. Het doel van het project is om deze methodiek als bouwsteen mee te kunnen nemen in de verkenningsfase. De algemene bouwsteen is het gebruik van kwelder- of slibklei met een flauw talud (1:7) oftewel Brede Groene Dijk. Als deze pilot lukt wordt hoogstwaarschijnlijk de rest van de dijk met deze bouwsteen aangelegd. Het is niet alleen een technisch onderzoek, maar fungeert ook als demonstratieproject om aan de buitenwereld te tonen dat je nog steeds dijken kunt bouwen van kwelderslib.

## Eemskanaal

Het idee is om landzijde van de Eemskanaal (de noordkant) baggerslib te gebruiken en de kering te verbreden en op te hogen zodanig dat je een (binnen)talud van 1:20 krijgt i.v.m. afwatering. Het is bij Jan-Willem niet bekend hoever het plan inmiddels in ontwikkeling is.

## De Meegroeidijk

De Meegroeidijk is een landelijke ontwikkeling die door Deltares en Ecoshape wordt onderzocht. In het project wordt gekeken in hoeverre je baggerslib na inwinning direct over een dijk kan uitsmeren in dunne (2 -3 cm) laagjes, zodanig dat de vegetatie niet verstikt, om bodemdaling en dergelijke te compenseren waarbij je dan

wel de kering langzaam maar zeker ophoogt. Je laat de dijk meegroeien met de zeespiegel stijging, tegen de bodemdaling en debietveranderingen. Deze ontwikkeling zit momenteel nog in de aanloopfase zit. Men is van plan om op den duur wat pilots uit te werken, waarin o.a. de haalbaarheid moet worden onderzocht.

### Marconidijk

De Marconidijk ligt ten Noorden van de haven van Delfzijl. De kering is lokaal (bij het strandpaviljoen) landinwaarts verlegd. De oude dijk is daarbij grotendeels afgegraven. Voor zover de kleikern van de voormalige zeedijk uitstak boven het nieuwe maaiveld is die afgegraven. Over het gehele traject Eemshaven – Delfzijl is de voormalige afdeklaag in principe verwerkt in de buitenberm van de nieuwe kering. In de voorbelastingsituatie was de Marconidijk tijdelijk afgedekt met klei met veel rietwortelklonten. De aanwezigheid van deze wortels verhoogt het risico op doorgroeien van het riet wat niet bevorderlijk is voor je regulier gewenste grasbekleding. Het materiaal voldeed echter aan de regels en reguleren proeven, maar men had bij de analyse niet gekeken naar de daadwerkelijke situatie in het veld. Het materiaal kwam vrij bij het opschonen van een lokale oever of bodemwater. Er is uiteindelijk geen rietgroei gekomen en de tijdelijke deklaag is uiteindelijk verwijderd en afgevoerd waarna de dijk is afgebouwd.

### Dijktraject Enkhuizen-Hoorn

De gemeenten rondom het dijktraject moesten nog waterbergingsbuffergebieden aanleggen. Bij het ontgraven kwam kleiachtig materiaal vrij met een relatief hoog organisch stofgehalte. Er is gekeken of dat materiaal te verwerken was in het dijktraject en daarmee werk met werk te maken. Echter leidt dit vaak wel tot onzekerheden in de beschikbaarheid van materiaal en de kosten. Wie draait op voor de kosten? Wat doe je met een tekort of overschot?

### Nuttige onderzoeksrapportage of bronnen?

- Onderzoeksplannen en resultaten van de Brede Groene Dijk
- Evaluatie rapportage erosie proeven op keileem kern bij Wieringermeerdijk

### Experts

- Voor informatie over de Meegroeidijk contact zoeken met Pieter Doornenbal van Deltares.

### Nagestuurde informatie

- Grondonderzoek van de Dubbele Dijk
- Grondonderzoek Pilot Keileem inclusief korte video

---

## Verslag interview “Best Practices” gebiedseigen grond

met Tames Veenstra

---

afgenomen door Nick Stoop en Werner Halter,

Datum: 30-10-2020

### Introductie

Dit is een verslag van het interview met Tames Veenstra afgenomen op 26 oktober 2020. Tames is al 43 jaar in dienst bij Arcadis wat voorheen Heidemij heette. Hij is 3 jaar geleden met pensioen gegaan. Na zijn pensioen is hij teruggevraagd bij Arcadis om grondstromen te doen. Binnen de regio Noord-Nederland worden nogal wat grondexploitaties gedraaid. Grond en bagger, het liefst kwalitatief niet het beste materiaal, wordt ingenomen om vuilstorten mee af te dekken of om te storten in grote depots (6 tot 7 m hoog) waarop zonnepalen of bomen komen. In de loop der jaren kreeg hij samen met een collega het vakgebied (markt) grondstromen in Noord Nederland zodanig goed in de vingers dat ze als het ware een eigen winkel hadden in grondstromen en het draaien van grondexploitaties. Via deze weg is hij ook als projectleider betrokken geraakt bij de grote werken voor waterschappen zoals kadewerken en baggerwerken. Ook voor RWE (energiebedrijf) hebben ze destijds grote klussen gedaan. Bij deze projecten was hij de “grondgoeroe”. De winkel is inmiddels overgedragen aan een collega bij Arcadis, welke met name de projecten leidt. De grondhandel en de grondstromen is Tames initieel voor 2 à 3 dagen in de week blijven doen. Inmiddels is hij weer bijna 4 dagen per week aan het werk omdat hij het nog harstikke leuk werk vindt. De laatste jaren 7-8 jaar ligt het accent meer op de dijken met name dijken met grote volumes. Hij houdt zich met grondstromen bezig in de regio Friesland, Groningen, Drenthe en Overijssel. Zijn kunst is om een goede dijk aan te leggen met minder kosten door het goed inkopen van materialen en het (her)gebruiken van gebiedseigen grond. Gebiedseigen grond leidt tot de kortste transportafstanden (kostenreductie). Daarnaast zit je vaak in slechte grondslagen dus met je gebiedseigen grond gebruikt, zit je vaak ook met je soortelijke gewicht goed.

Tames praat en denkt als aannemer, hij is geen adviseur. Alles wat is gezegd is vanuit het oogpunt dat het ook gemaakt moet worden. Zo is hij opgegroeid en groot geworden (van niets naar iets) binnen Arcadis. Arcadis werkt vaak op basis van BVP (Best Value Procurement) hierbij wordt de inschrijving gewaardeerd volgens het principe dat de meeste waarde moet worden verkregen voor de laagste prijs of in bouwteams waarin men 1 op 1 werkt.

### Voorbeelden in de dijkenbouw

In Groningen werd een dijk gebouwd op een ondergrond met 1,5 tot 2 meter veen. Ze wilden daar zeer enthousiast met klei beginnen, hierdoor ben je de eerste 10 kuub klei direct kwijt door klink en zetting. Zodoende is besloten de kern eerst op te bouwen uit zand. Dit wordt dan ook de transportroute. Hierdoor wordt de zandige kern tijdens het werk en uitvoering dusdanig verdicht dat 80% van zetting al is bewerkstelligd. Als je op deze manier werkt en je volumes hebt van 20 tot 30 kuub de strekkende meter dan hoeft de kern niet van klei te zijn, het mag ook leem of zand zijn (goedkoop materiaal) als het maar droog is. Daarnaast is klei harstikke duur en moet het vaak van ver aangevoerd worden, omdat het lokaal niet beschikbaar is. De kern van dijk moet je bouwen met het gebiedseigen materiaal wat zo dicht mogelijk voorhanden is. Hoe beroerder qua grondslag hoe beter. Want als het materiaal flink lemig is dan pakt het beter. Je wilt zeker geen eentoppig (zeer uniforme korrelverdeling) materiaal, want als je dan gaat roeren pakt het nooit meer en zal het verweken. Bij eentoppig materiaal ligt 80% van het materiaal rondom de  $d_{50}$  (M50) en zijn er geen intergranulaire ruimtes. De kern van de kade kleed je vervolgens in of dek je af met klei tegen

de erosie en zodat er vegetatie op kan groeien. De erosiebestendige klei moet je vaak uit de markt of uit de bestaande dijk halen. Deze methodiek is vaker toegepast in projecten in Friesland bij Oldeboorn met zand in de kern en klei erbovenop.

### Slochterdiep

In Groningen langs het Slochterdiep is op bovenstaande wijze 8 tot 10 kilometer aan nieuwe kades gemaakt. De bestaande kades zijn uitgeteeld en vervolgens verbreed en verhoogd met aangevoerd gebiedseigen materiaal. De kern is afgedekt met de uitgeteelde klei of aangevoerde klei. Het zand voor de kern kwam vrij bij het woonbouwproject Meerstad in de buurt van Groningen waarin grote waterpartijen waren voorzien. De ontwerprijheid is afhankelijk van de manier waarop het project aan de markt wordt uitgevraagd. Het project is op de markt gezet als BVP. Er zijn wel wat algemene (rand)voorwaarden gesteld, maar jij als aannemer stelt hoe je het werk (kade) gaat maken. In het algemeen moet je als je een grote kade bouwt de kern van zand of lemig zand maken om erop te kunnen bouwen. Want klei en met name erosiebestendige klei is te vies en te vet materiaal om in te werken. Het gebruikte materiaal is nauwelijks beproefd maar met name visueel beoordeeld. Voor de kern pakt men op basis van ervaring fijn zand met een  $d_{50}$  getal tussen 80-120  $\mu\text{m}$  of als het wat beroerder wordt ook nog wel tussen de 120-160  $\mu\text{m}$ . Zand is namelijk goedkoper dan klei en je kan het vaak lokaal winnen door te ontputten. Het zand zit ook vaak onder de goede klei. Indien je nat zand (van onder het grondwaterstand) wilt gebruiken, moet je het ontgraven, in rillen zetten van 1,5 à 2 m hoog en 4 tot 8 weken laten drogen. Klei van onder het grondwater moet je minimaal een half jaar van tevoren ontgraven en op vergelijkbare wijze als het zand laten rijpen. Op basis van ervaring en het fingerspitzengefühl bepaalt men of het materiaal voldoende gerijpt (geschikt) is. Dat kan men buiten vaak meteen zien. De klant hoeft (bij dit project) niet overtuigd te worden of het gebruikte materiaal geschikt was. De klant accepteert de dijk pas één jaar na voltooiing en dan zijn alle risico's er al uit. Je moet natuurlijk wel maken wat je hebt beloofd zoals staat in de aanbesteding. Er zijn alleen zakbaken geplaatst om de zettingen te monitoren.

### Smilde - Hoogveen conserveren, herstellen (in opdracht van RWE)

Het project van wijk naar dijk bestond uit een wijk (brede sloot in de veenderijen) met een inhoud van 30 - 60 kuub per strekkende meter, welke werd opgevuld tot een dijk om het Hoogveen te conserveren. Het gebied was slecht begaanbaar, je kon alleen maar varen en naar links en rechts kijken. In eerste instantie was uit financieel oogpunt het idee de wijk op te vullen met (kei)leem uit de markt. Dit plan is niet uitgevoerd omdat de buurt in opstand kwam door de vele transport- bewegingen. Ze konden niet anders dan wijk op te vullen met zand. Er was een deal gesloten met een eigenaar van een lokale zandwinningput. Vervolgens is een cutterzuiger in de zandwinput geïnstalleerd en is het zand 8 kilometer verpompt. Men is begonnen met spuiten aan het begin van kade (vlakbij Veenhuizen). De pijp werd midden in de wijk gelegd. Na een halve dag pompen kwam het eerste bultje zand boven midden in het grote (kanaal). Na 2 dagen pompen lag er een dam(wal) in de grote wijk waarop de eerste grote machine kon worden geïnstalleerd. Al spuitende weg zijn ze van nul 6600 meter naar Smilde gegaan. Op deze manier is een volledige zanddijk gebouwd. Het was eigenlijk te eentoppig zand en niet geschikt om water vast te houden, maar door het grote volume voldoet de dijk wel aan zijn functie. Natuurmomenten wilde destijds geen klei in de dijk. De normale werkwijze, zie hierboven, kon daarom niet worden toegepast.

### Projecten met keileem (Bargerveen)

Het gebruik van keileem in de dijk lees je nergens terug in de huidige boeken en voorschriften (o.a. RAW en TR klei voor dijken). Het nadeel van keileem a) het is onvruchtbaar en b) en bij de eerste de beste bui wordt het een smeertroep en gaat het verweken. Er komt heel veel keileem vrij in de markt. Het materiaal wordt vaak weer (tegen betaling) gestort in bestaande zandputten. Het doel is om dit materiaal te hergebruiken in bijvoorbeeld kadeconstructies. Welke maatregelen neem je dan om dit materiaal toch toe te passen in projecten? Kijken naar de weersomstandigheden! Oftewel gaat het regenen en is/wordt de keileem nat. Zo ja,

een laagje zand aan brengen op het keileem (op basis van het fingerspitzengefühl) of werken met rijplaten. Het materiaal langs de kade leggen en met hydraulische graafmachines in het werk zetten, zodat je er niet op de kade hoeft te werken en de transportafstanden kort zijn, is ook mogelijk. Keileem wordt in het noorden steeds meer gebruikt. Het betreft hier wel kades waar geen (landbouw)verkeer overheen gaat, hooguit wat schapen en onderhoudsvoertuigen van waterschappen. In de projecten is gerijpte keileem uit de Hondsrug toegepast. Deze keileem vind je eigenlijk alleen in de Hondsrug. De kwaliteit verschilt: keileem uit de omgeving van Emmen is beter dan wat je uit de buurt van Groningen haalt. Keileem met een blauwe keur is goed.

### Bargerveen

Het Bargerveen is een natuurgebied waar het veen wordt geconserveerd. Hiervoor worden kades gebouwd met een kern van zand en afgedekt met keileem om hem waterdicht te maken. Dit is in opdracht van de Provincie Drenthe. Het keileem komt uit de markt voor parkeerkeilers en rioleringen. Het keileem wordt naar een depot gebracht door de gravende aannemer en beschikbaar gesteld voor de aannemers die het werk (dijk) aannemen. Wat voor eisen worden er aan keileem gesteld om te zorgen dat het voldoende waterdicht is? Het moet echt het blauwe keileem zijn. Het bovenste gedeelte van de keileem laag. Dit wordt alleen visueel bepaald. Op keileem wil echter niks groeien dus je moet hem niet aan de oppervlakte aanbrenge. In het project Bargerveen is zodoende op de keileem laag een zode met heide, die van de oude kade is afgehaald en aan de kant is gezet, opnieuw aangebracht. Het ontwerp is tot stand gekomen uit efficiëntie en kostenbesparing, dus wel gebiedseigen materiaal. Het gaat hier om een forse kades. De opdrachtgever (Provincie Drenthe) vertrouwdde op de visuele beoordeling er hoefden geen (extra) proeven gedaan te worden. Het idee van het gebruik van keileem is bedacht door een paar ervaren jongens binnen de Provincie zelf. In kades die niet aan het buitenwater (afwateringkanaal, boezem etc.) liggen hoeft niet veel klei op of in, alleen een beetje klei aan de bovenkant tegen uitdrogen. Gebruik de klei alleen maar aan de buitenkant (bekleding) en dan de waterzijde.

### Aanpak voor meer gebruik gebiedseigen grond

Voor dat je aan een project begint, vraag je aan de opdrachtgever; Wat voor (natuur) ontwikkelingen zijn erop komst in het gebied? Wat voor gronden liggen er te koop? Als het allemaal akkerbouw of tuinbouw is dan heb je weinig keuze. Echter, in de huidige tijdsgeest zullen meer boeren in het landelijk gebied stoppen door CO<sub>2</sub> en stikstofnormen waardoor veel gronden beschikbaar komen. Deze stukken grond zullen door de waterschappen en het Rijk worden opgekocht. Hierdoor kunnen de aspecten natuur en dijk perfect met elkaar verbonden worden. Om te weten wat er in een gebied speelt kan je contact zoeken met een agrarisch makelaar of rentmeester. Waar gaat of moet men de komende tijd in investeren? En wat is te koop en wat komt te koop? Dan ga je kijken (op basis van ondergrondkaart) waar in de regio ligt goede klei of materiaal en die stukken grond ga je aankopen. Of je gaat naar een slapende boer, die niet meer actief is in telen. Je gaat zijn goede grond in samenspraak met de boer aftiggelen (ontgraven tot de GWS) en verkopen.

### Waterschap Zuiderzeeland

Waterschap Zuiderzeeland heeft veel met kades en dijken. Het gebied bestaat uit hele goede en dure grond. De grond wordt bij een standaard bestek in één keer ontgraven, door elkaar gemengd en afgevoerd. Deze methodiek kost alleen maar geld. Als men de grond gescheiden gaat ontgraven kan men de goede grond gebruiken in bijvoorbeeld de dijkversterkingen en levert het ook nog wat op.

### Nuttig vervolgonderzoeksspoor

In Nederland is zoveel kennis aanwezig, wij in Nederland zijn de crème de la crème op het gebied van dijken. We moeten de focus niet te veel leggen op extra onderzoek, gewoon de praktijkervaring gebruiken. Mensen moeten weer meer met hun voeten in de klei staan, ze moeten weer grond in hun handen hebben en bijvoorbeeld kijken bij de aanleg.

## Aanbevelingen

- Blijven kijken naar de functie van dijk en gebruik zoveel mogelijk gebiedseigen grond.
- Vaker naar buiten gaan om (aanwezige) grond te bekijken en te kijken bij de aanleg.
- Als de grond een slechte kwaliteit heeft, dan kun je geotubes ermee vullen, zodat je het toch kan gebruiken als bouw materiaal.

---

## Verslag interview “Best Practices” gebiedseigen grond

met Adrie Provoost

---

afgenomen door Nick Stoop en Werner Halter,

Datum: 17-11-2020

### Introductie

Dit is een verslag van het interview met Adrie Provoost afgenomen op 17 november 2020. Adrie was lange tijd Hoofd Waterkeringen Waterschap Zeeuws Vlaanderen en bij de voorganger Waterschap Het Vrije van Sluis. Hij is uit actieve dienst bij het Waterschap Scheldestromen als rechtsopvolger van voormalig Waterschap Zeeuws-Vlaanderen. Hij heeft de fusie naar Waterschap Scheldestromen meegemaakt, maar is in hoofdzaak betrokken gebleven bij projecten in Zeeuws-Vlaanderen. Hij is voor zichzelf begonnen onder de naam Kustadvies Zeeland. Bij afgelopen projecten werkt hij vaak samen met het waterschap om particulieren te adviseren over medegebruik op en naast waterkeringen. In zijn tijd bij het waterschap heeft hij aan meerdere dijkversterkingen meegewerkt. Hij was in het verleden ook betrokken bij TAW/ENW Kust en medeauteur van de Leidraad Zandige Kust. Bij de waterschappen werkte hij aan de dijkversterkingen in het kader van de Deltawerken en het Project Zeeweringen. In de laatste jaren bij het Waterschap was hij als projectmanager betrokken bij de dijkversterking Zwakke Schakels in Zeeuws-Vlaanderen.

Kenmerkend voor Zeeland is dat de kustlijn nergens langer dan 5 kilometer een rechte lijn is. Het dijktracé bestaat uit bochten en draaiingen. Dit komt doordat de stroomgeulen in Oosterschelde en Westerschelde diep ingrijpen in het land. Maar ook de dijkvallen (oevervallen) zijn belangrijk geweest voor de vorm van het tracé van de waterkering. Vanwege deze kenmerken liggen van de dijken soms aan diep water, aan stranden of aan schorren en slikken.

De verzwaringen zijn in het verre verleden binnendijks uitgevoerd, zeker als er een hele dure steenglooiing op de buitenkant lag. Binnendijks werd het boerenland opgekocht en de aanwezige (klei) grond werd gebruikt in de dijkversterking, bijvoorbeeld bij de Hondsbosse Zeewering, Westkapelle en Breskens, nog zichtbaar aan de resterende laaggelegen binnendijkse (natuur)gebieden. Destijds werd de ter plekke aanwezige grond gebruikt als bekledingsklei op de dijken. Voor aanvang van een project werd geïnventariseerd wat de meeste geschikte bouwmaterialen waren op de kortste afstand van het project. Vaak kwam men tekort waardoor op heel veel plekke complete, niet meer functionele, binnendijken zijn afgegraven en toegepast in de dijkversterking. Niet al het vrijgekomen materiaal was altijd even geschikt. Op basis van visuele beoordelingen middels boringen ter plekke werd vastgesteld of het materiaal geschikt was voor de buitenkant of binnenkant. Deze methodiek is tientallen jaren gebruikt.

Buitendijkse versterkingen konden worden toegepast op locaties met brede schorren en slikken. De schorklei werd opzij gezet om er vervolgens een perskade van te maken. Daarna werd het zand opgespoten en de schorklei weer op de dijk aangebracht. Later werden dijkversterkingen gecombineerd met landschappelijke projecten zoals aanleg van een recreatie- of natuurgebied of waterretentiegebieden. De geschikte vrijgekomen materialen werden gebruikt in de dijkversterking.

### Afzettingsgeschiedenis Zeeland

In Zeeland is het land aangeslibd in de middeleeuwen waardoor er overal een vergelijkbare kleilaag aanwezig is. Vervolgens zijn er meerdere doorbraken geweest waardoor diepe stroomgeulen waaronder de Ooster- en Westerschelde ontstonden. Een aantal oude geulen zijn later aangezand met grof zand waar geen enkele

samenhang in zit. Later zijn hier dijken overheen gebouwd. Er is zodoende een grote variatie in de ondergrond in Zeeland.

## Geschiedenis van de dijkenbouw (in Zeeland)

In 1100 gingen de monniken dijken bouwen. De dijken werden altijd iets hoger dan de laatste bekende stormvloed. Hiervoor werd door de beperkte transportmiddelen grond uit de omgeving gebruikt. De inwoners hadden zelfs de plicht om hun grond in te leveren (aardhaling). Aardhaling stond in ieder reglement van de beheerder (waterschap). Langzaam is de schaal vergroot en werd er grond uit de bredere omgeving bijgehaald. Vanaf de Deltawerken was er sprake van een dermate schaalvergroting van dijkversterkingsopgave dat de grond niet meer lokaal kon worden gewonnen, maar dat gebruik van regionale bronnen en/of depots gemaakt diende te worden (transportkosten).

## Voorbeelden in de dijkenbouw

### Deltawerken (1960 – 1990)

Hier bestond de glooiing in de getijdzone en 1 m erboven uit een open steenglooiing van gezette natuursteen (bloksteen of basaltzuilen) met geotextiel eronder voor de grondichtheid en een stortlaag (grind, fosforslakken) die voor de drukverdeling was aangebracht. Boven het waterniveau werd in heel Zeeland een en hetzelfde methodiek toegepast: een kleilaag van 80 cm met betonblokken afhankelijk van de golfaanval van 20 cm tot 30 cm dik t/m de buitenberm op stormvloedniveau, daarboven een kleilaag (dik = 80 cm) en aan de binnenkant (dik = 60 cm) met een grasbekleding. De benodigde klei werd destijds visueel beoordeeld op basis van boringen. De zware klei aan de buitenkant en lichte klei aan de binnenkant.

### Project Zeeweringen (1997 – 2015).

Er is een groot verschil tussen kleibekledingen van de zeedijken in Westerschelde aan de zuidoever en de noordoever. Dit heeft te maken met invloed van de zon op de klei onder de betonblokken. De klei ging door de invloed van de zon homogeniseren en verdween bij golven tussen de naden (erosie van klei). Door de homogenisatie ging de structuur (de hechtheid) uit het materiaal. Aan de zuidoever speelde dit wat minder omdat de dijkellingen van de zon afliggen. In dit proces ontstonden scheuren en verpoedering, waardoor het materiaal ging eroderen, waardoor de betonblokken instabiel waren. Naar aanleiding van dit fenomeen zijn in Project Zeeweringen binnen geheel Zeeland nieuwe glooiingen ontworpen en aangebracht. In dit project is een groot gedeelte van deze bovenste glooiingen vervangen; de steenbekleding werd niet meer direct op de klei aangebracht. Diverse aannemerscombinaties hebben dit uitgevoerd, gebaseerd op een strakke inventarisatie van beschikbare en benodigde klei. Het systeem van betonnen blokken op klei is vervangen door een andere constructie, meestal een doek (geotextiel) met een filter en betonzuilen, steenasfalt, asfaltbeton of doorgroeistenen als toplaag. Achter hooggelegen schorgebieden – met geringe golfbelasting - volstond soms alleen een kleibekleding. De aansluitingen tussen de verschillende glooiingen waren destijds het meest uitdagend om te maken.

## Waterdunen

In het project bij Waterdunen (2009 - 2010) is een multifunctioneel dijkontwerp gemaakt. Men wilde daar binnendijks een getijdgebied maken met een gedempt getij. Hierdoor kwam 1,5 miljoen kuub grond vrij. Men moest er niet aan denken om dat materiaal door een streek af te voeren, dus er werd al snel bedacht om een hele grote robuuste dijk te maken. Normaal voorziet de rijksfinanciering (HWBP) voor maximaal 100 jaar vooruit ontwerpen. Met strengste randvoorwaarde kan je een dijk maken voor 200 jaar vooruit ontwerpen, dit wordt ook wel een klimaatdijk genoemd. Het ontwerp neemt meer ruimte in beslag, maar het leverde de beschikbaarheid van heel veel kubieke meters dijkbouwspecie op. De dijk is aan de binnenzijde verzwaard beginnende bij de glooiing met randvoorwaarden voor 200 jaar vooruit. Hierboven werd een 1,5 meter dikke

kleilaag aangebracht over de gehele constructie. Bovenop de (dikke) bekledingskleilaag zijn binnendijkse duinen aangebracht. De duinen werden betrokken bij het recreatiegebied. Zolang de kleilaag niet bloot komt te liggen, is er met de veiligheid niks aan de hand.

### Perkpolder

Bij Perkpolder is thermische gereinigd materiaal toegepast in de dijk. Het nog niet duidelijke of het materiaal voldoet aan de gestelde eisen. Er lopen momenteel nog (laboratorium)onderzoeken om dit vast te stellen. Deze onderzoek richten zich zowel op fysische eigenschappen als de milieukundige eigenschappen. Als het materiaal aankomt en ter plekke wordt gestort, is het een beetje viskeus. Het materiaal moet nog zetten over de tijd. Het project is politiek geladen aangezien de constructies al zijn gemaakt.

### Binnendijkse bekleding (Zeeland)

Vroeger werd lokale grond gebruikt als bekledingsklei op de dijken. Het “afwijkende” materiaal werd toegepast in de binnendijkse versterkingen. Op basis van visuele beoordeling of handmeting werd een afweging gemaakt of het betreffende materiaal kon worden toegepast als bekledingslaag (meestal 60 cm dik). Het doel van de binnendijkse bekledingslaag is om een paar overlopende golven te weerstaan. Daarnaast moest op de laag een goede grasmat kunnen groeien. Het voordeel is dat gras op heel veel grondsoorten kan groeien. De grasmat is een belangrijk onderdeel voor de sterkte van dijk, maar vergt tevens een adequaat beheer. Omdat dijkversterking in het verleden langer duurder kon men meer lokaal materiaal gebruiken. Er was bijvoorbeeld meer tijd om het materiaal te laten rijpen.

### Duinen

Het Rijk wijst op de Noordzee plekken aan waar zand mag worden gewonnen dat kan worden gebruikt voor in o.a. dijk- en duinversterkingen en zandsuppleties. De monsters worden op zee beproefd. Er worden eisen gesteld aan de  $d_{50}$  zodat het materiaal niet te fijn is, zie o.a. het Handboek Zandsuppleties. Vervolgens wordt het materiaal tijdens de winning gespoeld in een zandzuiger, gaat het naar de wal en wordt het nog een keer gespoeld en komt het vervolgens in een depot of stort. Wat dan overblijft is de bouwstof voor duinen, stranden of dijken. Het zand kan qua korrelgrootte afwijken van de monsters genomen op de winplek. Het fijne materiaal zal voor een groot gedeelte verdwenen zijn. De vraag is of er een duidelijke relatie is tussen de monsters op de winplek en het eisen van het aangebracht materiaal. De overgebleven fijne fractie van het (suppletie)zand wordt verplaatst door de wind, hierdoor ontstaan nieuwe duinen voor de huidige duinen of de bestaande dijken worden overstoven door het duinzand. De grove fractie – en veelal de schelpen - blijft liggen in de duin en op het strand. De vraag is of bij het berekenen van het afslagprofiel rekening gehouden wordt met dit proces. Voor ontwerpen van duinen zijn er verschillende leidraden zoals handboek zandsuppleties en leidraad zandige kunst. Aan de hand van monsters kan men aantonen of de aanname in de afslagberekening juist is. Er zijn voor zover bekend geen voorbeelden van toepassing van afwijkende grond in duinontwerpen. Wel is op één locatie een restprofiel van een landwaartse duinversterking aangelegd met klei i.p.v. zand, gebaseerd op het vertrouwen van de beheerder in de eerste afslagberekeningen en mede omdat de klei ter plekke voorhanden was.

### Sluissche Hompels

Voor de Zeeuws Vlaamse kust ligt op 3 km vaarafstand een pracht van een zandbank (Sluissche Hompels). De zandbank bevat mooi en scherp zand. De zandbank ligt in de uitwaaizone van de Westerschelde waardoor slibdeeltjes met zware metalen en vervuiling in het zand terecht kwamen. Op basis van boormonsters werd geconstateerd dat het geheel van de grond verontreinigd was, geen rekening houdend met het genoemde uitspoeleffect, waardoor het niet meer wordt toegepast voor de kustverbetering. Hierdoor moest worden uitgeweken naar verder gelegen winlocaties op 20 – 25 km afstand.

## Het Zwin (2018).

Het natuurgebied het Zwin is vergroot door landbouwgebied op te geven. Het vrijgekomen materiaal is gebruikt om robuuste dijken te bouwen. De nieuwe dijken hebben een kern van zand met dikke kleilagen aan de buitenzijde met schorren ervoor. De dijken krijgen op die manier een doorgaande natuurlijk begroeiing terwijl de veiligheid “verborgen” is aangelegd en tevens uitdroging wordt tegengegaan. In een gedeelte van de dijkversterking is om die reden gebiedseigen (zoute) schorklei gebruikt.

## Hellegat (bij Terneuzen, 1970)

In dit project is een flauw buitentalud (1:7) gemaakt van schorklei. Schorklei is relatief zware klei en daarom doorgaans erosiebestendiger dan klei die uit het binnenland wordt gehaald. Omdat het talud flauw genoeg is en het voorland ruim boven de hoogwaterlijn ligt is geen steenbekleding (glooiing) meer nodig. De schorklei moet daarvoor wel eerst ca. 1,5 jaar rijpen (of drogen) voordat het kan worden toegepast. Het ging hier om een natuurgebied, waardoor men een zo natuurlijk mogelijke dijk wilden aanleggen.

## Worst cases - Waterbouw asfalt beton (1988)

Om het asfalt goed te kunnen verdichten, werd onder de asfaltlaag 1 meter zand aangelegd. Hiervoor werd zeker 1 meter hele goede zeedijkklei afgegraven en vervangen. De reststerkte ging hierdoor faliekant achteruit. In het verleden is een schadegeval geweest waarbij na een schade in het asfalt de dijk binnen 20 minuten al het onderliggende zand kwijt was. Later zijn al deze bekledingen aangepast. De asfalttechnologie is in een paar jaar snel verbeterd, waardoor de 1 meter zandonderlaag niet meer nodig is.

## Multifunctioneel gebruik van de dijk

Afgelopen jaren is er een toename in multifunctioneel gebruik en ontwerp van dijken, waardoor in de dijkversterking meerdere aspecten/functies (landschappelijk, recreatie, waterveilig, watermanagement, etc.) rondom de dijk in een project worden samengebracht. Hierdoor kunnen direct bij de waterkering (dijk) grote partijen lokale grond vrijkomen. Dit materiaal kan dan worden toegepast in de dijkversterking bijvoorbeeld als bekledingsklei. Als je een dijkversterking opwaardeert naar een ruimtelijk project met andere partijen en andere financiering krijg je een grotere toepassingsmogelijkheid en ontwerpvrijheid voor dijkontwerp. In de toekomst liggen er niet alleen in Zeeland kansen om dijkversterking te combineren met bijvoorbeeld de waterbergingsopgave. De grond die vrijkomt bij het creëren van waterberging kan indien deze kwalitatief goed genoeg is worden gebruikt in de dijkversterking.

## Zoutgehalte in klei

In Zeeland wordt niet expliciet gekeken naar aanbrengen van zoete of zoute klei aan de binnenzijde van de dijk. De zoete klei wordt immers binnen de kortste keren zout door de zoutspray over de dijk. De maximumeis voor het zoutgehalte uit de RAW is derhalve minder relevant; de ervaringen zijn wel dusdanig dat de veiligheid moet worden gezocht alleen in een bekledingslaag van zware klei, omdat er op zoute klei zich amper een volwaardige grasbekleding kan ontwikkelen.

## Nuttig vervolgonderzoeksspoor/ Aanbevelingen

- Wanneer afwijkende gebiedseigen grond zal worden toegepast langs de Zeeuwse kust zal rekening gehouden moeten worden met de grote variaties in waterstanden en zeer strenge randvoorwaarden o.a. golfbelasting. Hierbij wil men geen risico's nemen door onzekerheden over het grondgedrag.
- Dijkversterkingen combineren met gebiedsontwikkelingen waarbij heel veel grond vrij komt.
- Aandacht voor de eventuele relatie tussen de grondmechanische eigenschappen van het dijklichaam (zand en klei) met het grondgedrag van de gevarieerde ondergrond.

- Aandacht voor de eigenschappen van de korrelopbouw van toegepast zand in duinen en zandkernen van dijken vanuit de gegevens van de zandwinlocaties.

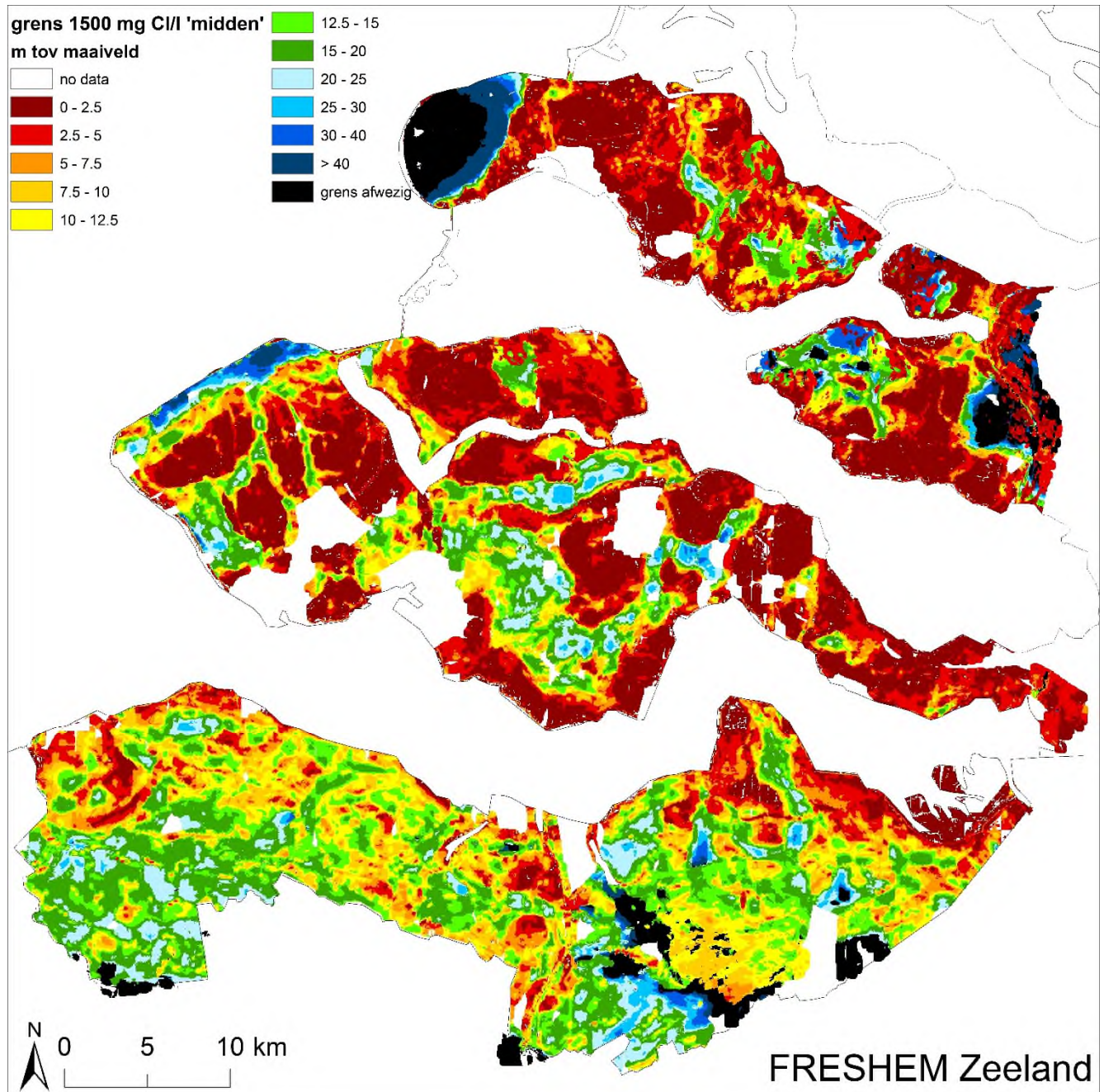
## **Bijlage 5 - Groslijst "Historische best practices"**

*Zie bijgeleverd Excel-Sheet*

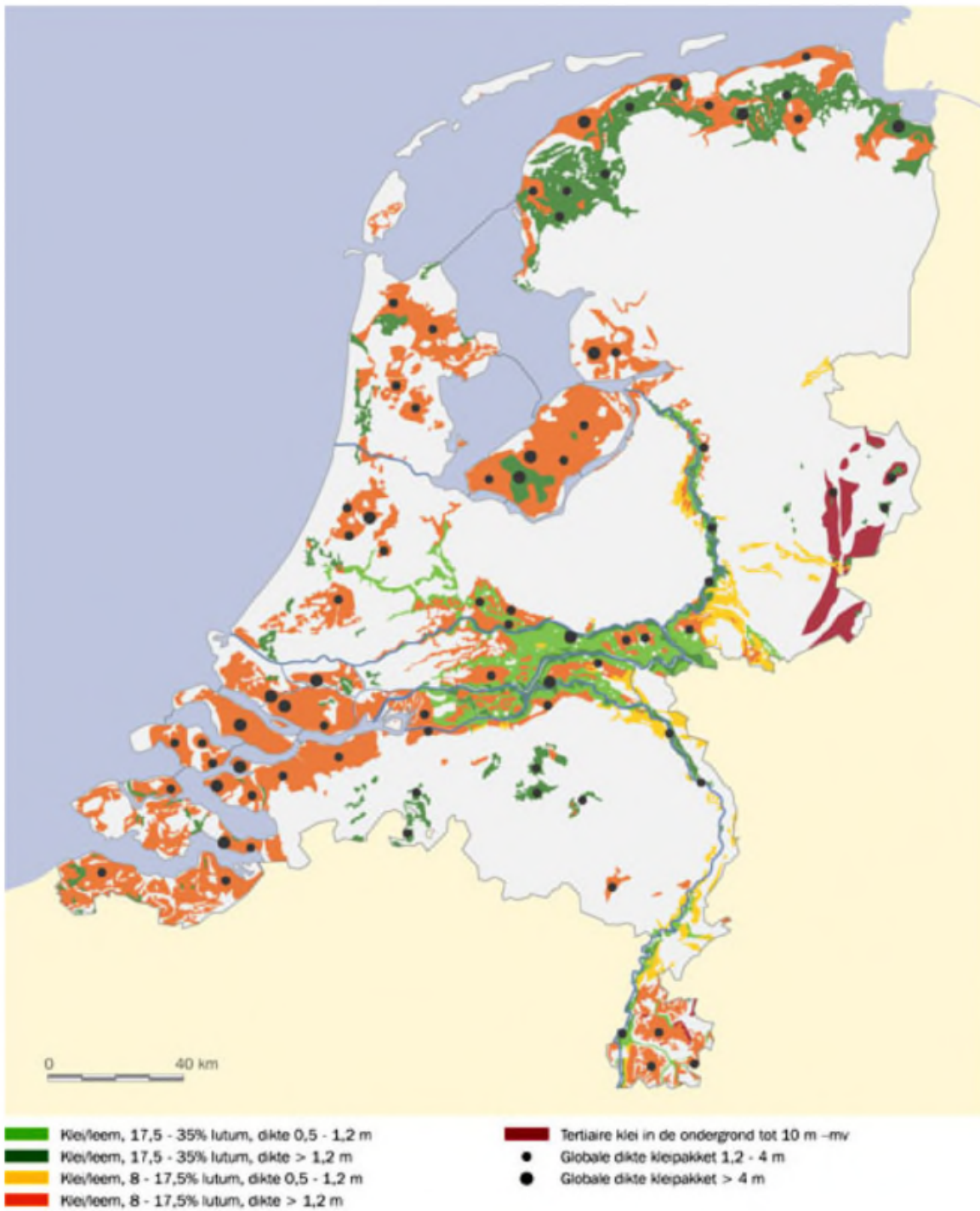
## **Bijlage 6 - Groslijst "Moderne best practices"**

*Zie bijgeleverd Excel-Sheet*

## Bijlage 7 - Voorbeelden van kaarten van grondvoorkomens. die iets zeggen over de geschiktheid van grond voor toepassing in dijken



Figuur 7.1- Zoutgehalte in grondwater in Zeeland (Bron: <https://scheldestromen.nl/zoetzout>)



Figuur 7.1- Lutumgehalte in klei en leem in Nederland (Bron: [TNO-NITG](#))