



Protocol geotechnisch profileren van dijken

Rapportage waterbouw

1218-0046-000 | 01-04-2020

WATERSCHAP NOORDERZIJLVEST / POV-DGG

Documentbeheer

Documentgegevens

Projectnaam	Protocol geotechnisch profileren van dijken
Documentnaam	Rapportage waterbouw
Fugro-projectnr.	1218-0046-000
Fugro-documentnr.	R01
Versienummer	0.8
Versiestatus	Concept
Fugro entiteit	Fugro NL Land B.V.
Adres Fugro-kantoor	Fugro NL Land B.V. Blaeulaan 60A 3528 AD Utrecht T 030 60 28175

Klantgegevens

Klant	Waterschap Noorderzijlvest i.s.m. POV DGG
Adres klant	Postbus 2207 6040 CC Roermond
Contactpersonen klant	J.W. Nieuwenhuis (Waterschap Noorderzijlvest) M.T. van der Meer (POV DGG)

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Signalering en principebesluit	4
3. Voorbereiding en opstellen draaiboek	6
3.1 Idee en basisinformatie	6
3.2 Afstemming met project	7
3.3 Doel van de geotechnische inmeting	7
3.4 Voorbereidend veldonderzoek	8
3.5 Meetplan en draaiboek	8
4. Preparatie en veldmetingen	9
4.1 Check weerbericht	9
4.2 Doorsteek om eerste indruk te verkrijgen	9
4.3 Graven van het terras	10
4.4 Geotechnisch profileren	10
4.5 Afwerken en/of overdragen	11
5. Laboratoriumonderzoek, uitwerking en rapportage	12
5.1 Laboratoriumonderzoek	12
5.2 Samenvoegen 3D-scan en hoge resolutiefoto's	12
5.3 Koppelen monstername-locaties met 3D-model	12
5.4 Analyse	13
6. Datamanagement	14
6.1 Opleveren GeoScan	14
6.2 Beheer GeoScan data	14
6.3 Aanbevelingen	14
Bijlagen	16
Bijlage 1 - Checklist en invulling vooraf verzamelde informatie	
Bijlage 2 - Wensenlijst en checklist benodigde personele en materiele middelen	
Bijlage 3 – Verzameltabel laboratorium resultaten	
a. Deklaag	
b. Kernmateriaal	
Bijlage 4 – Geoscan screenshots	

1. Inleiding

Landelijk speelt de behoefte om meer kennis uit oude(re) dijken te halen ten behoeve van de waslijst aan komende dijkversterkingsprojecten en de beoordeling van de keringen. Daarbij komen vragen naar boven als “Welke kennis kan uit keringen gehaald worden die moeten worden versterkt?”, “Hoe kan die worden benut voor het project zelf?” en “Hoe kan deze kennis landelijk vervolgens worden benut bij dijkversterkingswerken met gebiedseigen grond?”. Dikwijls wordt de mogelijkheid om deze informatie in te winnen vergeten, terwijl de kansen eigenlijk voor het oprapen liggen.

De primaire doelgroep van het voorliggende protocol is de keringbeheerders en biedt handvatten om vaker de kans te benutten om de informatie van de eigen dijken te grijpen, die tijdens een versterkingsproject voor het oprapen ligt. Dit betreft onder andere informatie over de ontwikkeling van de sterkte van gebiedseigen grond, waar dikwijls de dijken in het verleden ooit mee zijn opgebouwd. Het protocol kan door de keringbeheerders waar nodig worden aangepast of verbeterd. Daarnaast wordt gewerkt aan een landelijke database, zodat de verkregen informatie beter toegankelijk is en breder kan worden gedeeld en benut.

De ontwikkeling van het Protocol Geo-scan is één van de beoogde producten van de POV-DGG. Het dijkversterkingsproject van Noorderzijlvest over het traject Eemshaven – Delfzijl is benut als pilot voor de ontwikkeling van dit protocol. Daarbij speelde dat bij de gemeente Delfzijl de wens bestond om het strand ten noorden van Delfzijl te vergroten. Dit is een van de deelprojecten van het project Marconi. Het lokaal landinwaarts verleggen van de primaire waterkering bood hiervoor de mogelijkheid. Een deel van de zeekering - de Ommelanderveedijk - verloor hiermee zijn functie en moest worden afgegraven. Hierdoor ontstond de mogelijkheid om uitgebreide geotechnische informatie in te winnen over de oude kleidijk die over een lengte van circa 8 km nog aanwezig is in de nieuw versterkte kering. Noorderzijlvest heeft de mogelijkheid opgepakt om samen met Fugro de eerste stap te zetten gericht op het ontwikkelen van het voorliggende protocol. Voor de planning van de werkzaamheden is slim gebruik gemaakt van de unieke vrijgravingsmomenten ontstaan ten behoeve van de dijkversterking en de werkzaamheden ten behoeve van de verbreding van het strand.

Het protocol geeft technische en organisatorische aanwijzingen voor het voorbereiden, inmeten, bemonsteren en beproeven van tijdelijk vrijgegraven dijkprofielen. Het concept protocol is gebaseerd op de voorbereiding van en de leerpunten uit het vrijgraven van het dijkprofiel Ommelanderveedijk ter plaatse van het stadsstrand Marconi bij Delfzijl. Donderdag 25 april 2019 is de ontgraven oude kleikern geotechnisch in kaart gebracht met een 3D-laserscan, foto's en monsternamen [Fugro 2019]. De werkwijze om een vergelijkbaar onderzoek op een andere locatie nogmaals uit te voeren, staat in voorliggend Protocol versie 0.7 beschreven. Dit zal hierna nog moeten worden getest in een ander project en verbeterd tot een versie 1.0.



Figuur 1: Impressie inmeetwerkzaamheden kleikern zeedijk Delfzijl, 25 april 2019

In het protocol worden de volgende stappen onderscheiden:

2. Signalering en principebesluit.
3. Voorbereiding en opstellen draaiboek.
4. Preparatie en veldmetingen.
5. Laboratoriumonderzoek, uitwerking en rapportage.
6. Datamanagement.

2. Signalering en principebesluit

Een mogelijke afgraaflocatie moet tijdig worden gesignaleerd en besproken, om:

- het korte en langere termijn doel van de geotechnische inmeting vast te stellen, een keuze te maken tussen een eenvoudige, gedetailleerde en een geavanceerde aanpak,
- de noodzakelijke en gewenste afspraken te maken en voorbereidende werkzaamheden uit te voeren,
- voor het maken van duidelijke/scherpe foto's is het essentieel om goede tot redelijke weersomstandigheden te hebben, waardoor wordt geadviseerd om in de planning 2 voorkeursdata op te nemen.

In dit geval was de mogelijkheid bij Marconi al 2 jaar eerder door NZV gesignaleerd en is actief gezocht naar een effectieve en efficiënte aanpak. Met dit protocol kan dit proces sneller worden doorlopen.

Onderstaand wordt een indicatie voor de planningsaspecten gegeven.

- | | |
|--|-------------------------------------|
| - Signaleren mogelijke locaties en principebesluit | 1 jaar vooraf besluit nemen |
| - Informatie verzamelen* | 3 maanden vooraf gereed |
| - opstellen meetplan en draaiboek | 6 weken vooraf gereed |
| - Inplannen meetploeg en equipment | minimaal 3 à 4 weken vooraf starten |
| - Veldwerkzaamheden, preparatie en inmeting | minimaal 2 werkdagen nodig |
| - Beperkt labonderzoek, rapport meetresultaten | minimaal 2 à 3 weken na veldmeting |
| - Analyse rapport met geïnterpreteerde data | p.m. |
| - Dataset toevoegen aan landelijke database | p.m. |

* Hierbij dient te worden gedacht aan beschikbare basisgegevens (waar zijn deze te vinden?), zoals grondonderzoek, oude bestektekeningen, inmetingen en historische informatie en/of beschrijvingen van gebeurtenissen uit het verleden. Zie ook bijlage 1.

Voor een tijdige signalering van mogelijkheden is een inventarisatie nodig van geplande dijk-ontgravingen, met het desbetreffende project en contactpersoon waarmee de beschikbaarheid, de invulling en de planning van de geotechnische inmeting kan worden verkend.

Tabel 1 geeft een eerste aanzet voor een nog op te stellen lijst met locaties, waar een permanente of tijdelijke afgraving van de dijk is gepland en waar zinvolle dijk-informatie kan worden verzameld.

Tabel 1: Overzicht locaties, opgesteld april 2019

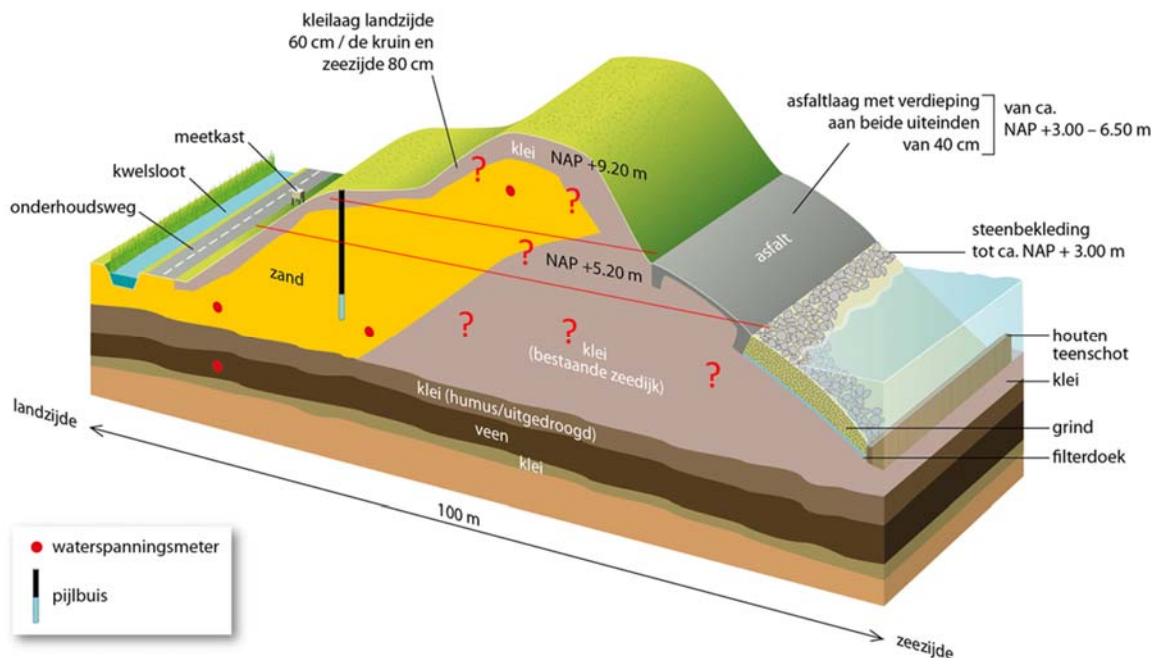
Locatie	Contactpersoon	Planning	Besluit
Afgraven deklaag Dijk Marconi bij Delfzijl	Jan-Willem Nieuwenhuis (NZV)	Mei 2018	Opname
Afgraven keileemberm Ommelanderzeedijk	Jan-Willem Nieuwenhuis (NZV)	Sept 2018	Opname
Afgraven kleikern Dijk Marconi bij Delfzijl	Jan-Willem Nieuwenhuis (NZV)	April 2019	GeoScan
Verwijderen gemaal Eijerland op Texel	Hans Pohlman (Boskalis)	Juni 2019	Vervallen
Living Lab Hedwige-Prosperpolder	Wouter Zomer (STOWA)	2020-2023	n.t.b.
Plaatsen kunstwerk Dubbele Dijk, Groningen	Jan-Willem Nieuwenhuis (NZV)	2020-2023	n.t.b.
Rivierdijk Reevediep	WDOD	n.t.b.	n.t.b.

3. Voorbereiding en opstellen draaiboek

3.1 Idee en basisinformatie

In de ideale situatie is het van te voren bekend hoe het geotechnische dwarsprofiel van de oude dijk eruitziet. Een globale inschatting kan worden gemaakt op basis van beschikbaar grondonderzoek, archiefgegevens met bestekken en as-built tekeningen van eerder uitgevoerde dijkversterkingen en historische informatie over bijvoorbeeld opgetreden dijkdoorbraken en kaarten met historische ligging van riviergeulen. Vaak ontbreekt hiervan de nodige informatie. Dan zal meer 'naar bevinding van zaken' moeten worden gehandeld en kan een globale schematisatie alsnog worden gemaakt na het gereed zijn van de doorsteek (zie uitvoering van de werkzaamheden). Dit gaat dan wel ten koste van de efficiency, dus kost meer tijd in het veld.

Het idee voor het op deze wijze vastleggen van de afgraving bij Delfzijl ontstond in april 2018 bij het waterschap Noorderzijlvest¹. Daarvoor al was gedurende een periode van meerdere jaren veel oude informatie gevonden en nieuwe informatie met grondonderzoek e.d. toegevoegd, o.a. in project LiveDijkXL [FC-IJkdijk 2016]. Op basis hiervan is door NZV een principeprofiel opgesteld voor de Ommelanderzeedijk, zie figuur 3.1.



Figuur 3.1: Ommelanderzeedijk met daarin de in te meten oude kleikern (bestaande zeedijk)

¹ Noorderzijlvest is vanaf het begin betrokken bij de opstart van de POV-DGG en zag de ontwikkeling van het stadsstrand Marconi als de kans tot het aanleveren van inhoudelijke informatie.

3.2 Afstemming met project

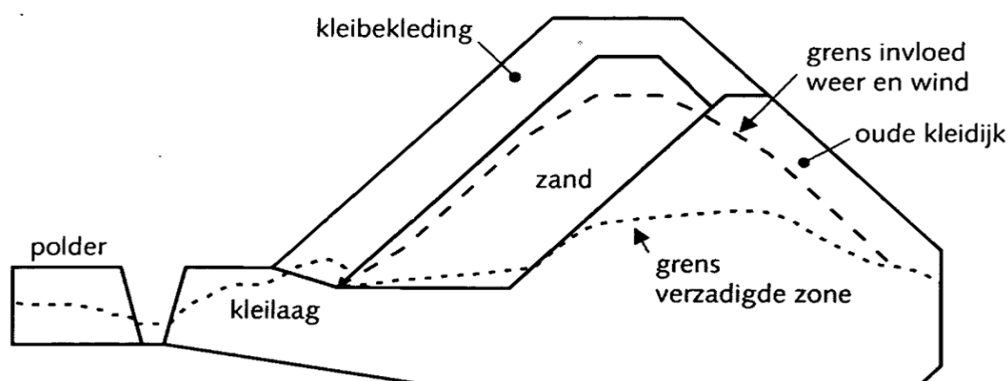
Belangrijk is om te vermelden dat de planning van het afgraven zo min mogelijk de planning van het project beïnvloedt, maar bij voorkeur de projectplanning volgt. Er dient voorkomen te worden dat de scanwerkzaamheden en monsterverzameling als belemmering en/of risico wordt gezien van de eigen werkzaamheden. Onderzoek naar potentieel interessante archeologische locaties is een vast onderdeel van de verkenningsfase van een dijkversterkingsproject. In het verlengde daarvan worden vaak graafwerkzaamheden uitgevoerd. Het is van belang deze momenten te benutten om ook geotechnische informatie -in de vorm van een geoscan- in te winnen. De hiermee opgedane kennis kan per slot van rekening ook worden benut binnen het dijkversterkingsproject zelf.

In dit geval speelde de volgende fasering een rol:

- De deklaag en zandaanvulling aan binnenzijde, alsmede de asphalt- en steenbekleding aan buitenzijde waren inmiddels al afgegraven. De informatie verkregen bij het afgraven van de deklaag is vastgelegd in [NZV 2018].
- De dijk ter plaatse van Marconi bij Delfzijl is vervolgens in 3 fasen afgegraven. In het kader van de reguliere werkzaamheden behorend bij het dijkversterkingsproject is in mei 2018 de deklaag en (deels) de zandaanvulling tot de kruin van de oude kleidijk, d.w.z. tot NAP +6 m afgegraven. Vervolgens is de kleidijk afgegraven tot bovenkant bekleding, d.w.z. tot NAP +4 m. De laatste fase is uitgevoerd in april 2019. Toen is in samenhang met werkzaamheden voor de gemeente Delfzijl de kleidijk volledig afgegraven tot NAP. In slechts één dag is toen met geodetische en geotechnische inwinning de opbouw en conditie van de kering vastgelegd.

3.3 Doel van de geotechnische inmeting

Doel van deze inmeting is het vaststellen van de (ruimtelijke verdeling van de) samenstelling en sterkte-eigenschappen van de oude kleikern, in de loop der tijd opgebouwd met lokale (gebiedseigen) zeelei. Zie figuur 2.2, ontleend aan het Technisch Rapport Klei voor Dijken (TAW).



Figuur 3.2: Een dijkprofiel met daarin aangegeven de zone die in de meeste dijken permanent verzadigd is en de zone waarin weersgesteldheid grotere invloed heeft.

3.4 Voorbereidend veldonderzoek

Overwogen kan worden om voorafgaand aan het doorgraven van de dijk een continu gestoken mechanische boring uit te voeren, waarna op een deel van de ongeroerde monsters classificatietesten kunnen worden uitgevoerd in het geotechnisch laboratorium en een (hoge resolutie) fotoboring van het boorprofiel kan worden gemaakt. Dit is mogelijk te combineren met regulier geotechnisch onderzoek ten behoeve van het ontwerp van een dijkversterkingsproject. Indien niet mogelijk, dient het vooronderzoek tijdig te worden uitgevoerd.

3.5 Meetplan en draaiboek

Het meetplan en draaiboek dient vooraf opgesteld én in overleg met betrokken belanghebbenden worden vastgesteld. Daarnaast moet aan de hand van een risicobeoordeling worden beoordeeld of er aanvullende veiligheidsmaatregelen nodig zijn bij het ontgraven (bijvoorbeeld OCE begeleiding), of dat er eisen moeten worden gesteld aan de weersomstandigheden (bijvoorbeeld niet werken bij naderende storm).

In het geval van het pilot project Marconi lag de focus met name op de opbouw, conditie en geohydrologische zonering van de oude kleikern. Hiermee hoopte men meer inzicht te krijgen in de na aanleg ontstane doorlatendheid en de erosiesterkte in de verschillende te onderscheiden zones. Uit een risicobeoordeling ten aanzien van OCE aanwezigheid, in combinatie met het aantreffen van een blindganger bij het dijkversterkingsproject van de Ommelanderzeedijk in de weken voor de start, bleek dat inzet van een OCE deskundigen met gepantserde kraan benodigd was. In dit rapport zijn drie analyses uitgevoerd op het gebied van macrostabiliteit, microstabiliteit en gevoeligheidsanalyse van de bovenbelastingen.

Bijlage 2 geeft enkele checklists voor projectvoorbereiding en veldwerk.

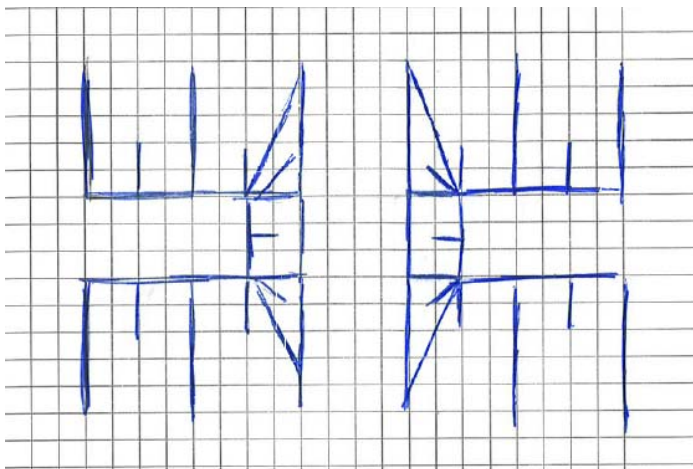
4. Preparatie en veldmetingen

4.1 Check weerbericht

Geadviseerd wordt om minimaal één week marge in te bouwen, om zodoende de kans te vergroten op redelijke tot goed weersomstandigheden en deze te checken voor de uitvoering van de veldmetingen.

4.2 Doorsteek om eerste indruk te verkrijgen

Om een eerste indruk van het geotechnisch dwarsprofiel van de dijk te krijgen, dient een (gedeeltelijke) doorsteek te worden gemaakt. Zie figuur 4.1. Hierbij kan gewerkt worden vanaf de binnenzijde of de buitenzijde van de dijk. Dit naar gelang waar de geplande werkzaamheden aan de dijk zullen plaatsvinden. De vrijkomende grond dient niet op de kering te worden neergelegd. Er moet voor worden gewaakt dat de toekomstige doorsnede voor het geotechnisch profiel buiten de doorsteek ligt. Een veilige afstand van de doorsteek is 1,5 x de beoogde hoogte van het geotechnisch profiel (hoogteverschil van de maximale ontgraving). Op basis van de doorsteek kan een globale schematisatie van het dijklichaam worden gemaakt of de uit historisch onderzoek verwachte bodemopbouw worden geverifieerd.



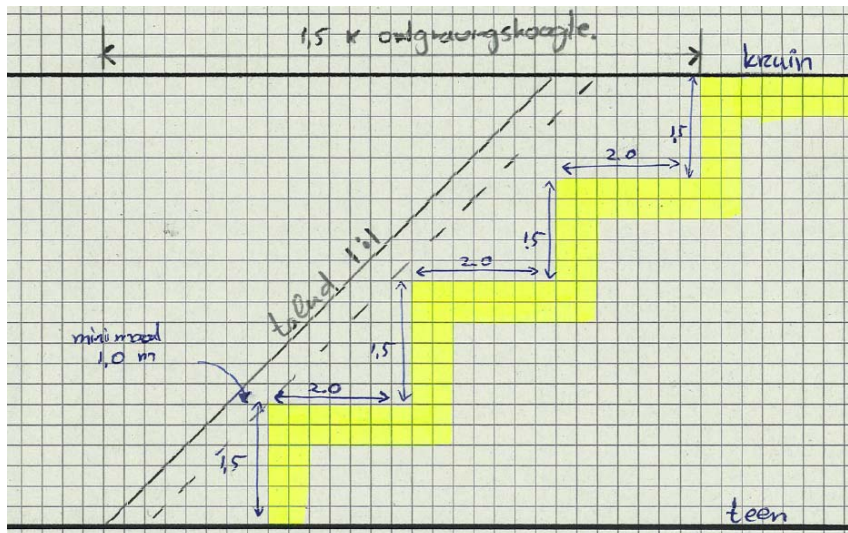
Figuur 4.1: Schets bovenaanzicht volledige doorgraving dijk

4.3 Graven van het terras

Nadat de doorsteek is gemaakt en het talud is beoordeeld of het geologisch profiel voldoet aan de verwachtingen kan er een start worden gemaakt met het ontgraven in terrassen. Hierbij dient van boven naar beneden te worden gewerkt. Elk terras heeft een hoogte van ca. 1,5 m (veilige ontgravingshoogte i.v.m. stabiliteit) en een breedte van minimaal 2 m.

Zie figuur 4.2. Zo konden bij het pilot project Marconi de terrassen in de oude kleidijk in een zeer steil talud / onder lood worden afgegraven.

Belangrijke kanttekening is dat een dijk niet altijd volledig doorgraven kan worden. Dit speelt bijvoorbeeld wanneer er sprake is van harde bekleding aan de buitenzijde. Het herstellen van de doorgegraven dijk vergt daarbij waarschijnlijk meer dan twee dagen, wat tijdelijk een 'lekke' dijk tot gevolg heeft. Verder is ook van belang in welke fase van een project de werkzaamheden worden uitgevoerd. Als dit in de verkenningsfase gebeurt, kan er mogelijk minder ver en/of diep worden gegaan met de graafwerkzaamheden dan in de realisatiefase. In de laatste situatie heeft de beheerder 'niks' meer aan de verkregen info voor het project zelf, maar wel voor de landelijke database en de latere beoordelingen.



Figuur 4.2: Ruimtegebruik terrasvorming ontgraven dijk Marconi

Nb. Vooraf dient rekening te worden gehouden met de stand (en het draaien) van de zon. Zorg ervoor dat de zon tijdens het nemen van de foto's in de rug staat en hou er rekening mee dat het graven ook tijd in beslag neemt. Tegenlicht dient tijdens het fotograferen zoveel als mogelijk voorkomen worden.

4.4 Geotechnisch profileren

Nadat de terrassen zijn ontgraven dienen de overgangen in grondsoorten te worden ontdeaan van versmering van de graafmachine. Dit kan met een schep en een veger. Details kunnen fotografisch worden vastgelegd (gebruik hierbij ook de kleurenbalk).

De locaties waar de grondmonsters worden genomen kunnen worden gemarkeerd met verf of door de monsterbussen deels in het talud te steken. Van elke afwijkende kleisoort dient minimaal één monster te worden genomen.

Vervolgens kan de 3D-laserscan worden gemaakt (incl. foto's) waarna de grondmonsters kunnen worden gestoken en de VIN-test kan worden uitgevoerd. Belangrijk hierbij is dat er voldoende monstermateriaal wordt genomen.

Hierbij dient gedacht te worden aan ca. 5 kg per te onderscheiden laag. Het goed vastleggen van de locaties van monsternamen en tests is belangrijk. Het verdient aanbeveling om meer monsters/monstermateriaal in te winnen dan strikt noodzakelijk voor de laboratoriumwerkzaamheden. Dit biedt terughal opties dan wel mogelijkheden voor eventueel aanvullend onderzoek.

De werkzaamheden kunnen in één dag worden uitgevoerd waarbij de 3D laserscan en hoge resolutie foto enkel het tweede dagdeel benodigd is. De doorlooptijd vanaf voorbereiding tot het inzetten van de graafmachine, OCE expert en 3D laserscanner bedraagt minimaal enkele weken.

4.5 Afwerken en/of overdragen

Nadat alle grondmonsters en foto's zijn genomen en de tests en scans zijn uitgevoerd kan de ontgraving worden afgewerkt tot een voor de opdrachtgever acceptabel niveau, of kunnen de gewone werkzaamheden in het kader van de dijkversterking worden voortgezet. Dit hangt samen met de planfase waarin de versterking zich bevindt.

5. Laboratoriumonderzoek, uitwerking en rapportage

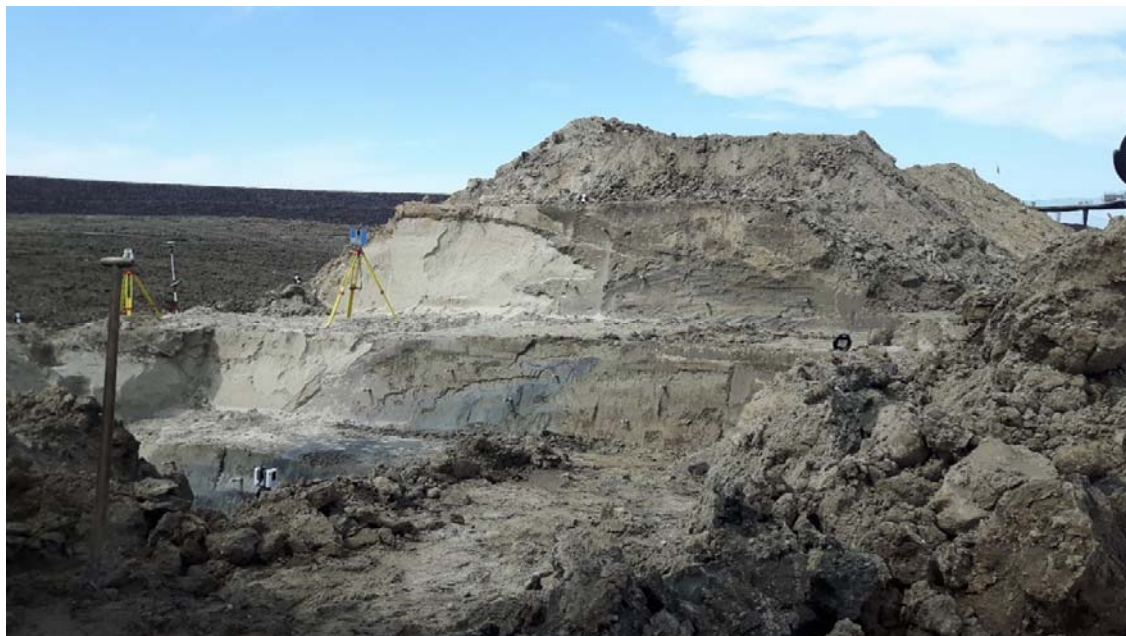
5.1 Laboratoriumonderzoek

De ingewonnen data dienen te worden uitgewerkt en de monsterbussen dienen naar het laboratorium te worden verzonden. In de case Marconi zijn de grondmonsters beproefd op de volgende eigenschappen:

- Classificatie van grondsoort;
- Volumegewicht en watergehalte;
- Torvane en penetrometer proeven;
- Proctordichtheid;
- Zoutgehalte in bodemvocht.

5.2 Samenvoegen 3D-scan en hoge resolutiefoto's

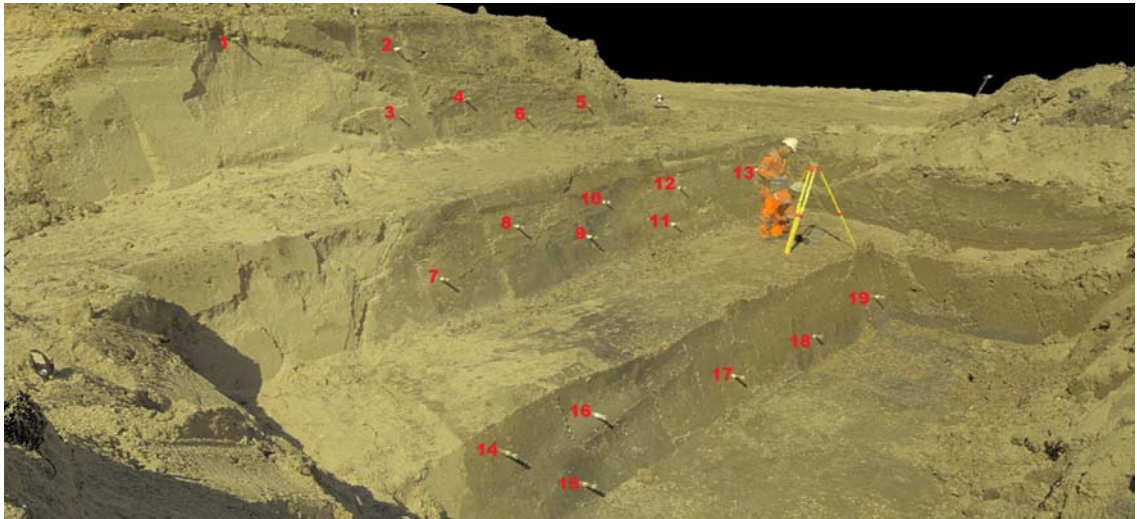
De 3D-scan en de hoge resolutiefoto's dienen te worden verwerkt en samengevoegd tot een 3D-model en in afgesproken format te worden opgeleverd.



Figuur 5.1: Overzicht ontgraven oude kleidijk met opstelpunten 3D-scan

5.3 Koppelen monsternamen-locaties met 3D-model

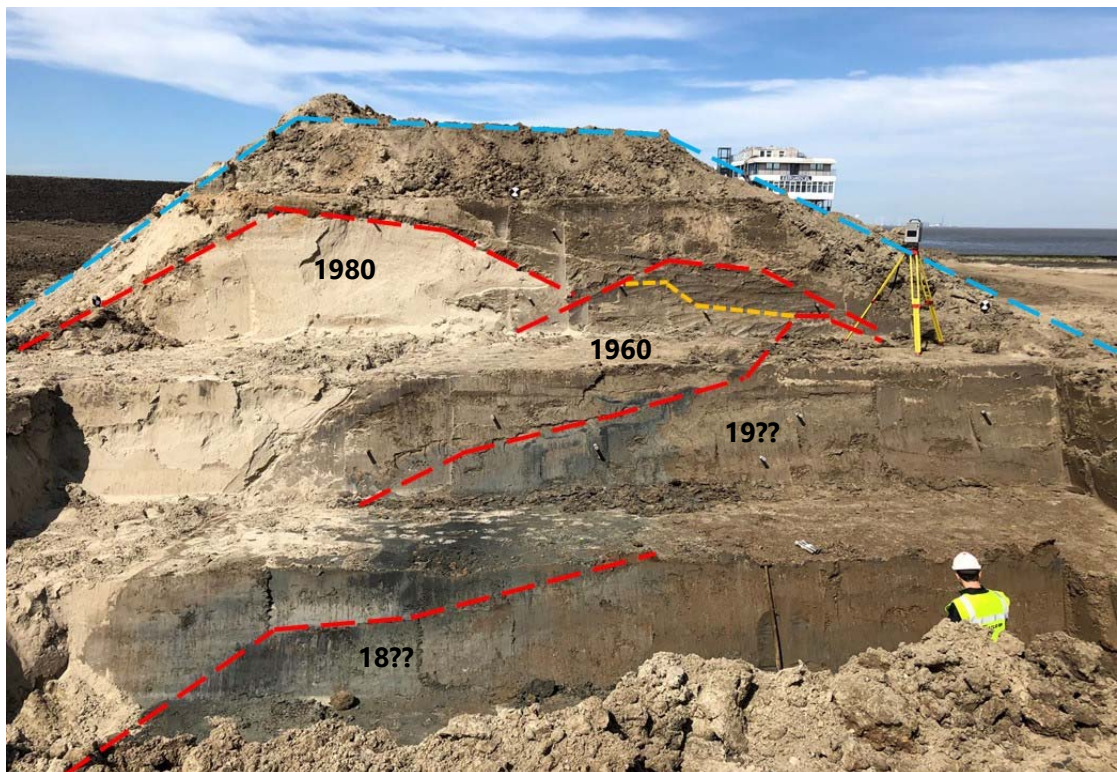
De monsterlocaties dienen te worden genummerd en met de bijbehorende laboratoriumresultaten eenduidig te worden gekoppeld aan het 3D-model, zie Figuur 5.2. De koppeling is vereenvoudigd door de laboratoriumproeven eerst te bundelen in een 'Tabel LabInfo', zie bijlage 3.



Figuur 5.2: Koppelen locaties monsternamen met 3D-model

5.4 Analyse

Desgewenst kan de verzamelde data nader worden geïnterpreteerd en geanalyseerd, en kan de hieruit verkregen informatie worden gevisualiseerd en aan de dataset worden toegevoegd. Dit betreft bijvoorbeeld het uitkarteren van de historische versterkingsfasen, zie figuur 5.3. Opvallend is dat de hoogste zoutgehalten worden gevonden in de hogere lagen, zie bijlage 3.



Figuur 5.3: Resultaat ontgraven oude kleidijk bij Marconi met verschillende historische versterkingslijnen [bron: Noorderzijlvest, inschatting op ligging historische kruinen, zie bijlage 1]

6. Datamanagement

6.1 Opleveren GeoScan

Van de uitgevoerde GeoScan dient minimaal te worden vastgelegd en overgedragen aan opdrachtgever:

- Metadata : locatie, uitvoerder, project, periode, condities, kwaliteitscontrole
- Data : geodetische data, geotechnische data
- Rapport : draaiboek, logboek, laboratoriumresultaten, aanvullende informatie

6.2 Beheer GeoScan data

De data en bijbehorende toelichting / interpretaties worden bewaard op een door de keringbeheerder te kiezen systeem. Dit kan een eigen systeem zijn, of een web-based service zoals SiteSpot bij een externe partij.

6.3 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de data (ook) te beheren in een landelijke database, zodat de data beschikbaar kan worden gesteld aan andere beheerders, bijvoorbeeld voor kennisontwikkeling.

Daarnaast verdient het aanbeveling om eerder uitgevoerde en gedocumenteerde afgravingen met veelal een niet-geotechnische doelstelling nog eens met een geotechnische bril te bekijken en de relevante leerpunten mee te nemen in het protocol (zie Tabel 6.1).

Tabel 6.1: Eerder uitgevoerde inmetingen van vrijgegraven dijkprofielen

Project	Contactpersoon	Bevindingen
Proefophoging klei uit baggerspecie, Maasvlakte (1998 – 2000) DWW	Martin van der Meer (Fugro) Gerard Kruse (Deltares)	steile schuine wand / laagscheidingen zoeken / dichtheidsprofiel / 1 dag
Archeologisch onderzoek Oosterleek, Zuiderdijk Drechterland (2011) HHNK	Archeoloog HHNK en aannemer Ploegam	geen geotechnische doelstelling / tijdrovend
Vrijgraven coupure Den Oever (2018) HHNK	Milan Hinborch (Fugro)	niets voorbereid, alleen foto's / geen tijd besteed
Archeologisch onderzoek Bemmelse dijk bij Lent (2014) iLent	Els Rondags (Raap)	afgraving oude kleidijk, geen tijdsdruk (buiten gebruik door dijkverlegging)
Proefwand GOW verticaal kwelscherm leemhoudende klei (2018) WL	Gert-Ruben van Goor (Fugro)	lage verticale wand / dichtheid, watergehalte, doorlatendheid / 1 dag
Set van 12 dijkprofielen	Gerard Kruse (Deltares)	navragen bij Meindert Van (Deltares)

Bronnen

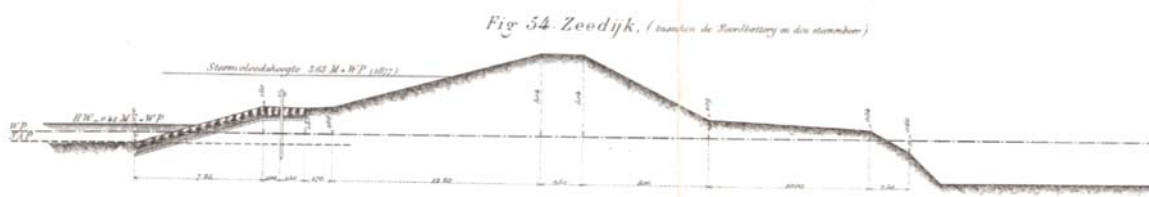
- [Fugro, 2019a] Rapportage laboratoriumonderzoek deklaag Ommelanderzeedijk Marconi, Fugro-rapport 1218-0046-000a, 10 oktober 2019.
- [Fugro, 2019b] Rapportage laboratoriumonderzoek kleikern Ommelanderzeedijk Marconi, Fugro-rapport 1218-0046-000b, 7 augustus 2019.
- [NZV 2018] Proefafgraving deklaag Ommelanderzeedijk Marconi bij Delfzijl, Groningen, Waterschap Noorderzijlvest, mei 2018.
- [NZV 2018b] Proefafgraving keileemberm Ommelanderzeedijk Groningen, Waterschap Noorderzijlvest, september 2018.
- [FC-IJkdijk 2016] LiveDijk XL Noorderzijlvest, State of the Art 2015, Stichting Flood Control IJkdijk, 2016.

Bijlagen

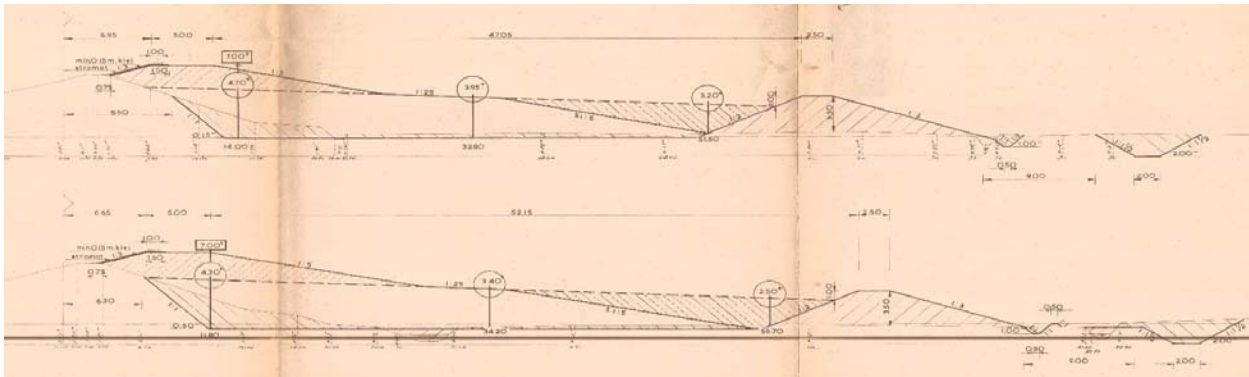
Bijlage 1 - Checklist en invulling vooraf verzamelde informatie

Tabel 1.1: Checklist vooraf verzamelde informatie, ingevuld voor case Marconi

Soort (archief)informatie	Geregeld?	Door wie?
Dwarsprofielen zeedijk te Delfzijl, Mr. C.C. Geertsema, 1898 (figuur 1.1)	beschikbaar	NZV
Onderzoeksrapporten, bv rapportage LiveDijkXL [FC-IJkdijk 2016]	beschikbaar	NZV
Dijkversterking, bestekstekeningen 1965 (figuur 1.2)	beschikbaar	NZV
Ligging historische kruinen zeedijk Delfzijl (wikipedia)	beschikbaar	NZV
Bestaand dijkprofiel en grondonderzoek (incl. organisch stofgehalte e.d.)	beschikbaar	NZV



Figuur 1.1 Oud dwarsprofiel zeedijk Delfzijl (geschriften Mr. C.C. Geertsema, 1898)



Figuur 1.2 Bestekstekeningen versterking zeedijk Delfzijl, 1965

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Delfzijl#Middleeuwen>

Rond 1400 was er reeds sprake van een primitief havenbedrijf bij Delfzijl voor het overladen van zeeschepen op kleinere binnenschepen. De haven van Delfzijl werd vanaf de 16e eeuw in verschillende maritieme geschriften vermeld. Delfzijl vormde een belangrijke uitwijkhaven voor de Nederlanden, wanneer de havens van Holland en Zeeland wegens oorlogsomstandigheden onveilig waren. In 1591 bezocht prins Prins Maurits de haven met een vloot van 150 schepen. Enige decennia later bezocht Piet Hein met de "Zilvervloot" Delfzijl. Tijdens de Tweede Engels-Nederlandse Oorlog in 1665 kwam Michiel de Ruyter met de West-Indische vloot en dertig door hem buitgemaakte schepen de haven van Delfzijl binnen. In 1705 week de Groenlandvloot met 96 schepen en een buit van 1100 walvissen uit naar Delfzijl uit angst voor een Franse oorlogsvloot.

Door de ligging aan het water was en is Delfzijl kwetsbaar voor overstromingen. In 1597, 1686, 1717 (de Kerst- vloed) en 1825 kwamen er overstromingen en dijkdoorbraken voor. Ook in de 21e eeuw moesten herhaaldelijk de coupures in de dijk bij Delfzijl gesloten worden om te voorkomen dat de stad onder water loopt. In de water- poort aan het eind van de Havenstraat is een gedenksteen aangebracht, dat de hoge waterstand van 1962 markeert. De allerhoogste waterstand werd in november 2006 gemeten. Door een noordwesterstorm stond het water er tijdens hoogtij toen 4,83 meter boven NAP. Het oude record van 4,50 meter dateerde uit 1825.

Bijlage 2 - Wensenlijst en checklist benodigde personele en materiele middelen

In tabel 2.1 kunnen aanvullende wensen worden benoemd, waarmee rekening moet worden gehouden in de projectvoorbereiding. In tabel 2.2 zijn de personele en materiële middelen opgenomen welke benodigd zijn bij het uitvoeren van de werkzaamheden in het veld.

Tabel 2.1: Wensenlijst

Wens	Geregeld

Tabel 2.2: Personele en materiele middelen bij vrijgraven en inmeten dijk Marconi

Personeel	Geregeld
Landmeetkundige	
Kraanmachinist	
Geotechnisch / geohydrologisch adviseur	
Veldwerkmedewerker	
Medewerker / contactpersoon Waterschap	
OCE deskundige (indien nodig)	

Materialen	Geregeld
Graafmachine	
PBM's	
VCA certificaat	
Inmeetapparatuur	
3D laserscanner	
Fototoestel	
Grondboor	
Steekapparaat	
Steekbussen / monsterbussen	
Zakjes om geroerde monsters te nemen	
Vin-test	
Schep	

Handveger	
Kleurencodekaart	
Notitiemateriaal (kladblok, pen, potlood)	
Geografische inmetingen van de huidige dijk	
Spuitbus om bodemlagen aan te duiden	

Bijlage 3 – Verzameltabel laboratorium resultaten

a. Deklaag

Monster nummer	Diepte t.o.v. Maaiveld (m)	Volumieke massa vaste gronddelen (kg/m ³)	Volumegewicht nat (γ) (kN/m ³) [Q]	Volumegewicht verz (γ) (kN/m ³)	Volumegewicht droog (γ) (kN/m ³) [Q]	Watergehalte w (%) [Q]	Poriën gehalte n (%)	Poriën getal e (-)	Verzadigingsgraad S (%)
Sl1	0.00	-	16.7	18.2	13.5	23.5	47.9	0.921	67.5
Sl2	0.00	-	18.8	19.3	15.3	22.9	41.3	0.703	86.5
Sl3	0.00	-	18.6	19.3	15.2	22.9	41.7	0.714	85.2
Sl4	0.00	-	15.0	18.6	14.0	6.7	46.0	0.852	20.7

b. Kernmateriaal

Monster nummer	Diepte t.o.v. Maaiveld (m)	Volumieke massa vaste gronddelen (kg/m ³)	Volumegewicht nat (γ) (kN/m ³) [Q]	Volumegewicht verz (γ) (kN/m ³)	Volumegewicht droog (γ) (kN/m ³) [Q]	Watergehalte w (%) [Q]	Poriën gehalte n (%)	Poriën getal e (-)	Verzadigingsgraad S (%)
1		-	18.6	19.5	15.6	19.1	40.0	0.666	76.0
2		-	18.0	18.7	14.3	26.1	45.0	0.819	84.4
3		-	18.1	19.0	14.8	22.1	43.1	0.756	77.5
4		-	18.5	18.9	14.6	27.0	44.0	0.785	91.2
5		-	18.0	18.9	14.7	22.9	43.6	0.774	78.5
6		-	18.4	19.2	15.2	21.4	41.7	0.715	79.5
7		-	18.7	19.0	14.7	27.0	43.3	0.763	93.9
8		-	18.8	19.0	14.8	27.1	43.2	0.760	94.7
9		-	18.8	18.9	14.6	28.4	43.7	0.776	97.1
10		-	16.6	17.1	11.8	41.2	54.7	1.209	90.4
11		-	18.2	18.4	13.8	31.6	46.8	0.878	95.5
12		-	18.7	19.0	14.8	26.8	43.2	0.761	93.3
13		-	18.5	19.0	14.8	25.0	43.0	0.753	87.9
14		-	19.3	19.5	15.5	24.5	40.3	0.676	95.8
15		-	18.7	19.0	14.8	26.2	43.0	0.756	91.8
16		-	18.8	19.1	15.0	25.8	42.5	0.738	92.5
17		-	17.3	17.7	12.6	36.6	51.3	1.055	91.9
18		-	17.4	17.9	12.9	34.5	50.3	1.012	90.3
19		-	18.7	19.0	14.7	26.9	43.4	0.766	93.3

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003	004	005
---------	---------	---	-----	-----	-----	-----	-----

droge stof	gew.-%	Q	84.2	77.8	81.5	79.4	83.0
------------	--------	---	------	------	------	------	------

DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN

zoutgehaltevocht	g/l		0.29	0.31	0.29	0.27	0.22
------------------	-----	--	------	------	------	------	------

Analyse	Eenheid	Q	006	007	008	009	010
---------	---------	---	-----	-----	-----	-----	-----

droge stof	gew.-%	Q	82.2	78.7	78.5	78.9	71.5
------------	--------	---	------	------	------	------	------

DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN

zoutgehaltevocht	g/l		0.51	0.17	0.11	0.12	0.11
------------------	-----	--	------	------	------	------	------

Analyse	Eenheid	Q	011	012	013	014	015
---------	---------	---	-----	-----	-----	-----	-----

droge stof	gew.-%	Q	76.3	79.8	80.0	81.1	79.4
------------	--------	---	------	------	------	------	------

DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN

zoutgehaltevocht	g/l		0.32	0.12	0.14	0.16	0.14
------------------	-----	--	------	------	------	------	------

Analyse	Eenheid	Q	016	017	018	019
---------	---------	---	-----	-----	-----	-----

droge stof	gew.-%	Q	80.8	75.0	74.0	77.5
------------	--------	---	------	------	------	------

DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN

zoutgehaltevocht	g/l		0.14	0.16	0.18	0.15
------------------	-----	--	------	------	------	------

Bijlage 4 – Geoscan screenshots

