
Memo

059-1

Naar: xxx

Van: xxx

Datum: 18-6-2025

Ref nr.: 1013394.M01

Onderwerp: Noodverordening Valkenburgse Meer

Inleiding

Bij een talud aan de zuidwestrand van de zandwininput het Valkenburgse Meer is in de ochtend van 1 april 2025 een inscharing opgetreden. In het rapport *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) zijn de actuele geotechnische risico's nabij de inscharing onderzocht. In het rapport is geconcludeerd dat de inscharing van de oever tot stilstand is gekomen en een nieuw evenwicht is bereikt. Daardoor is er geen actueel risico meer op verdere 'spontane' inscharing van de oever. Pas wanneer het nieuwe evenwicht wordt verstoord neemt de kans op een inscharing weer toe. Daarom zijn in het rapport (Fugro, 2025a) de gevolgen voor het systeem door verstoringen zoals (verkeers)belasting, zware trillingen of het uitvoeren van de zandwinning onderzocht. Uit het onderzoek volgde dat er bij de dagelijkse activiteiten geen onacceptabel risico is op een verdere inscharing, mits er rekening gehouden wordt met de volgende zaken:

- Er moet met grote zorg omgegaan worden met activiteiten die zware trillingen veroorzaken, zoals bouwwerkzaamheden of zwaar verkeer. Indien dit soort activiteiten rondom de inscharing worden uitgevoerd wordt aanbevolen om met een analyse vast te stellen hoe groot de afstand tot de activiteiten moet zijn zodat de trillingen bij de inscharing verwaarloosbaar klein zijn. Middels monitoring met trilconussen kan dit eventueel worden geverifieerd.
- Activiteiten op het land met belastingen die geen zware trillingen veroorzaken kunnen plaatsvinden rondom het meer, mits deze minimaal 3,5 meter uit de bres plaatsvinden. Veiligheidshalve wordt aanbevolen om een marge van minimaal 7 meter aan te houden.
- Waterstandfluctuaties die voldoen aan het peilbesluit hebben geen significante impact op de stabiliteit. Indien het meerpeil substantieel verlaagd wordt ten opzichte van het boezempeil kan dit mogelijk tot een afschuiving leiden. Bij een plotselinge verlaging van het meerpeil in de orde van 0,5 tot 1,0 meter is het daarom aan te raden om de directe omgeving bij de inscharing af te sluiten en grondvervormingen rondom de inscharing te monitoren.
- Activiteiten op het water die leiden tot zeer grote golven met golfhoogtes die ruim groter zijn dan 1,0 meter mogen niet uitgevoerd worden, of moeten dusdanig ver van de inscharing uitgevoerd worden dat de golven bij de inscharing kleiner zijn dan 1,0 meter.
- Bij overige activiteiten op het water die geen zware trillingen of grote golven veroorzaken wordt aanbevolen om een afstand van minimaal 25 meter aan te houden van de bres. Op deze afstand

is de waterdiepte groter dan 10 meter en zal de impact op de waterbodem en de oever verwaarloosbaar zijn.

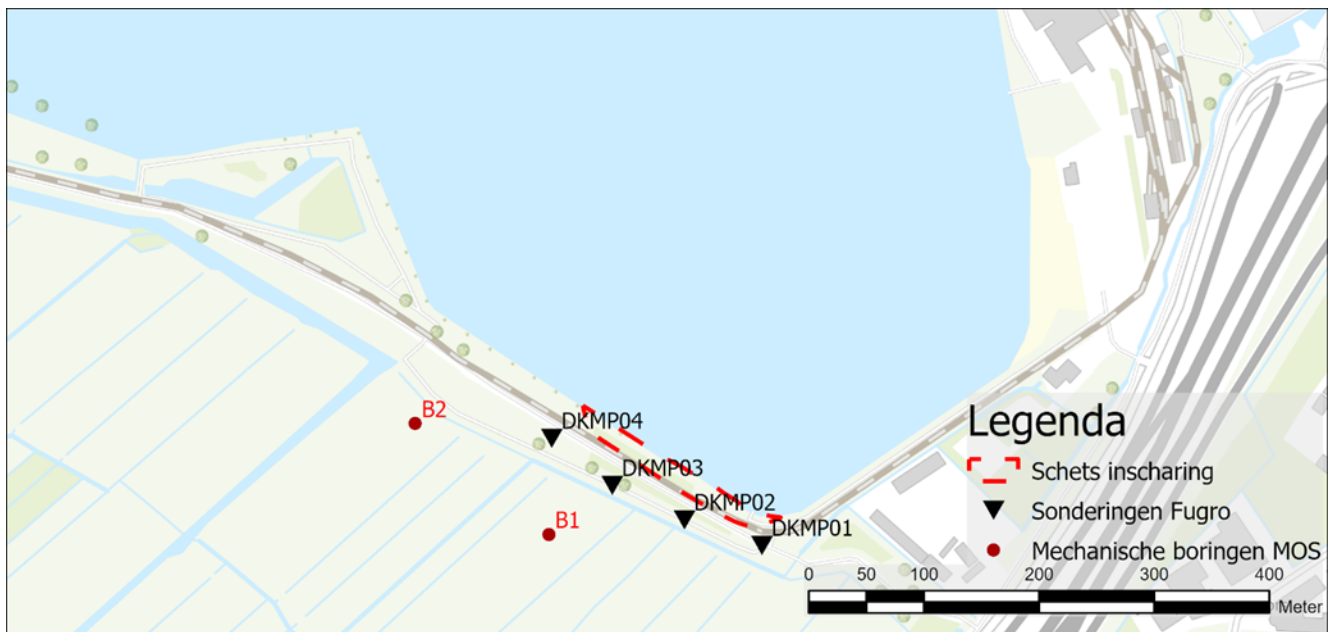
Sinds het oplevering van het rapport (Fugro, 2025a) is er aanvullend veld- en laboratoriumonderzoek uitgevoerd. In de voorliggende memo is onderzocht of de bovenstaande conclusies nog steeds in stand blijven op basis van de resultaten van het aanvullende grondonderzoek.

Aanvullend grondonderzoek

In het rapport *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) is het veldonderzoek van MOS (MOS Grondmechanica, 2024) en het veld- en laboratoriumonderzoek van Grontmij (Grontmij, 1999b, 1999a) nader toegelicht. Sinds de oplevering van het rapport zijn twee aanvullende onderzoeken uitgevoerd:

- Laboratoriumonderzoek SOCOTEC (SOCOTEC, 2025), Appendix A:
 - Uitgevoerd op ongeroerde monsters van B1 en B2 tussen NAP-2 m en NAP-22 m.
 - 12x bepaling volumiek gewicht en watergehalte.
 - 4x triaxiaalproef ongedraineerd: isotroop geconsolideerd met standaard spanningspad.
 - 4x triaxiaalproef gedraineerd: isotroop geconsolideerd met standaard spanningspad.
 - 21x korrelverdeling monster.
 - 21x identificatie + foto monster.
- Velonderzoek Fugro (Fugro, 2025b), Appendix B:
 - 4x klasse 2 sonderingen met waterspanning.

De locaties van het veldonderzoek zijn geïllustreerd in Figuur 1. Een samenvatting van het laboratoriumonderzoek is gegeven in Tabel 1.



Figuur 1 Locaties aanvullend grondonderzoek Valkenburgse Meer.

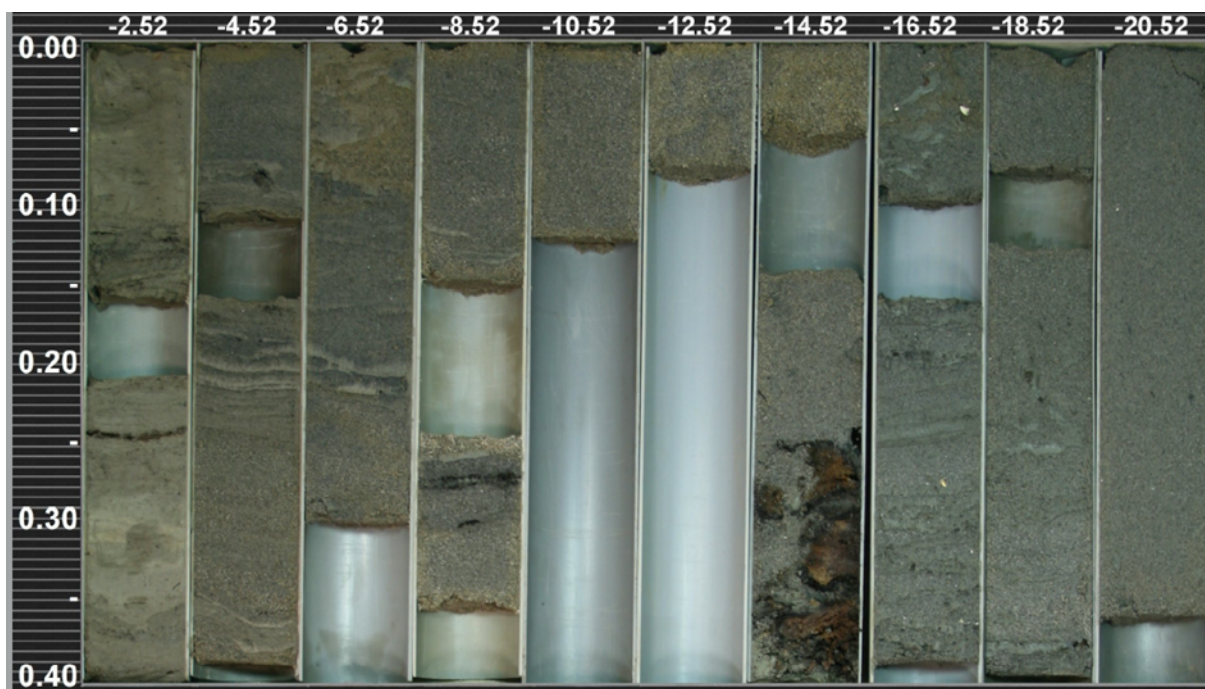
Tabel 1: Overzicht laboratoriumonderzoek.

Monster nr.	Diepte monster [m+NAP]	Zand-gehalte [%]	D50 [um]	Volumiek gewicht veld [kN/m3]	Volumiek gewicht droog [kN/m3]	Water-gehalte [%]	Identificatie
6871	-2.7	23	36	16.7	11.5	45	Klei
6872	-4.7	81	133	18.3	14.5	26	Fijn zand met kleilaagjes
6873	-6.7	93	206	19.0	15.3	24	Fijn zand met kleibrokjes
6874	-8.7	98	275				Middelgrof zand
6875	-10.7	92	246				Fijn zand
6876	-12.7	96	234				Fijn zand
6877	-14.6	95	256				Fijn zand met houtresten
6878	-16.7	83	224	19.1	15.6	22	Fijn zand met kleilaagjes en kleibrokjes
6879	-18.6	95	271	19.3	16.0	21	Fijn/middelgrof zand met kleibrokjes
6880	-20.7	96	226				Middelgrof zand
6881	-2.9	21	28	17.5	12.6	39	Klei
6882	-3.7	44	54	16.5	10.8	52	Klei
6883	-5.7	59	84	18.5	14.1	31	Klei met zandlagen
6884	-7.7	28	27	17.0	11.8	44	Klei met zandlagen
6885	-9.6	96	296				Middelgrof zand met kleibrokjes
6886	-11.6	75	210	18.6	14.5	28	Fijn zand met kleilaagjes en kleibrokjes
6887	-13.2	65	80	17.8	13.3	32	Fijn zand met kleilenzen
6888	-15.8	92	141				Fijn zand
6889	-17.6	92	202				Fijn zand
6890	-19.8	95	145				Fijn zand
6891	-21.7	96	225	19.9	16.9	18	Middelgrof zand

Beschrijving ondergrond

Het uitgevoerd aanvullend grondonderzoek bevestigt het beeld dat ook het veldonderzoek van MOS (MOS Grondmechanica, 2024) laat zien. Uit beide onderzoeken blijkt dat er sprake is van een gelaagde bodemopbouw bestaande uit

- **Maaiveld tot NAP-5 m:** toplaag die bestaat uit zandige klei.
- **NAP-5 m tot NAP-19 m:** in deze laag worden dikkere lagen (ordegrootte 1 m) van fijn zand afgewisseld met een gelaagde bodemopbouw die afwisselend uit zand en kleilaagjes bestaat (figuur 2). *Een gelaagde bodemopbouw is in de ontstaansgeschiedenis van de ondergrond doorgaans het gevolg van getijdenwerking en in de formatie van Naaldwijk komen dit soort afzettingen (ook bekend als wadzand of getijdenzand) regelmatig voor (TNO-GDN, 2025). In B1 en B2 lijkt het wadzand tussen NAP-5 m en NAP-8 m relatief consistent aanwezig te zijn, terwijl de ligging in de diepere lagen bij B1 (de boringen is te zien dat diepteligging van de gelaagde afzettingen erg variabel is: in B1 (NAP-17 m en NAP-19 m) substantieel verschilt van B2 (-12 m en NAP-13 m).*
- **NAP-19 m tot NAP-50 m:** middelgrof zand.
Er zijn dieper dan NAP-21 m geen monsters genomen, maar de veldclassificatie van de boringen wijst erop dat tot NAP-40 m sprake is van een relatief uniform pakket van 'middelgrof zand', wat grover is dan het zand in de overige lagen en geen significante bijmengingen van klei bevat. Op basis van de sonderingen DKMP01 t/m DKMP04 kunnen zich tussen NAP-19 m en NAP-25 m nog klei- en/of siltlagen bevinden en is tussen NAP-25 m en NAP-50 m sprake van vastgepakt zand.
- **NAP-50 m tot NAP-60 m:** vastgepakt zand met sterk zandige of siltige kleilagen.



Figuur 2 Foto's monsters boring B1

Op basis van de uitgevoerde aanvullende sonderingen kan nu ook de state parameter ψ worden afgeleid conform de Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing (WBI 2017). Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat Rijkswaterstaat. (2019)

Geotechnische veiligheid Valkenburgse Meer

Statische stabiliteit

Uitgangspunten

In het *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) is de statische stabiliteit van de oever beschouwd. De uitgangspunten voor de berekeningen zijn toegelicht in de rapportage. In de voorliggende memo zijn alleen de afwijkende uitgangspunten toegelicht.

In het aanvullende grondonderzoek is de sterkte van de zandlaag nader onderzocht. Hieruit volgt een gemiddelde wrijvingshoek van $40,4^\circ$ (bij 2% rek), waaruit een karakteristieke waarde van $39,4^\circ$ en een rekenwaarde van $34,4^\circ$ volgt. Deze waarden zijn substantieel hoger dan aangenomen in de eerdere berekeningen (Fugro, 2025a).

Resultaten

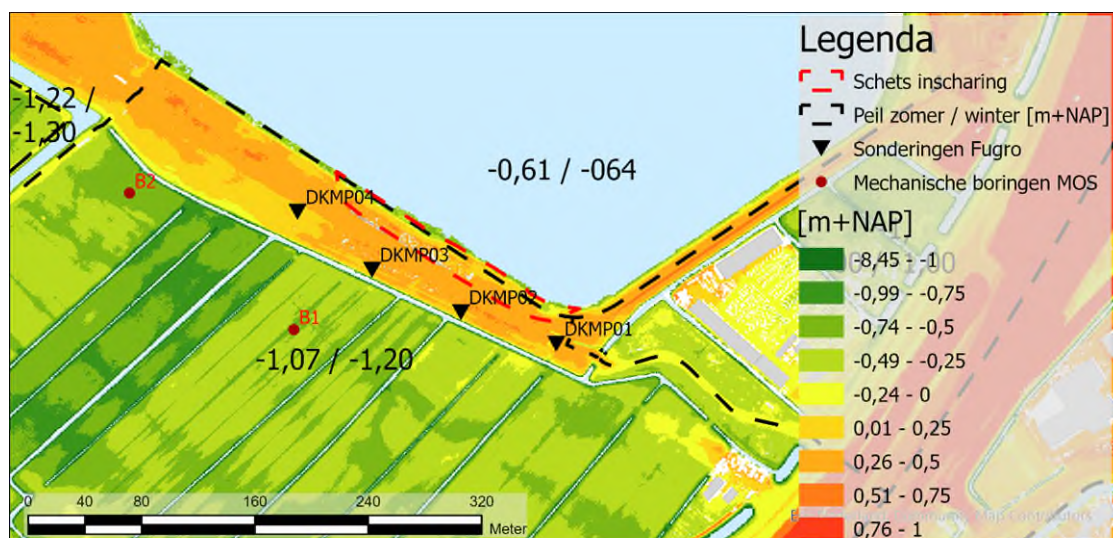
De resultaten van de geactualiseerde berekeningen met de afgeleide wrijvingshoek uit het grondonderzoek zijn weergegeven in Tabel 2. Hierin is een ruime verbetering te zien in de veiligheidsfactor. Uit de resultaten volgt dat zware belastingen die op minimaal 3,5 meter afstand van de oever staan geen significant effect hebben op de stabiliteitsfactor van de oever. Op 08-05-2025 en 03-06-2025 zijn sonderingen op circa 15 tot 30 meter afstand van de ingeschaarde oever uitgevoerd met een sondeertruck van 20,5 ton (ca. 10 kPa bovenbelasting op 8,1 m x 2,55 m). In lijn met de verwachtingen uit de berekeningen werden bij dit veldwerk ook geen grondvervormingen geobserveerd.

Uitgaande dat zware belastingen op minimaal 3,5 meter afstand van de oever staan, is de stabiliteitsfactor (SF) met karakteristieke waarden circa $SF = 1,13$ en met rekenwaarden $SF = 0,93$. Om te voldoen aan een RC1 veiligheidsniveau conform NEN9997 (NEN, 2017) moet de veiligheidsfactor met rekenwaarden minimaal 1,0 zijn, wat niet het geval is wanneer gekeken wordt naar kleine glijvlakken. Echter, om de veiligheid van de waterkering te beschouwen dient de volledige breedte van de waterkering beschouwd te worden. In de hoogtekaart van het maaiveld (Figuur 3) is te zien dat de waterkering die de achterliggende polder moet beschermen achter de inscharing nog minimaal 20 meter breed is. Dit is ook geïllustreerd in een dwarsprofiel in Figuur 4. Wanneer een klein glijvlak optreedt, zal de waterkering nog steeds het water van het Valkenburgse Meer keren.

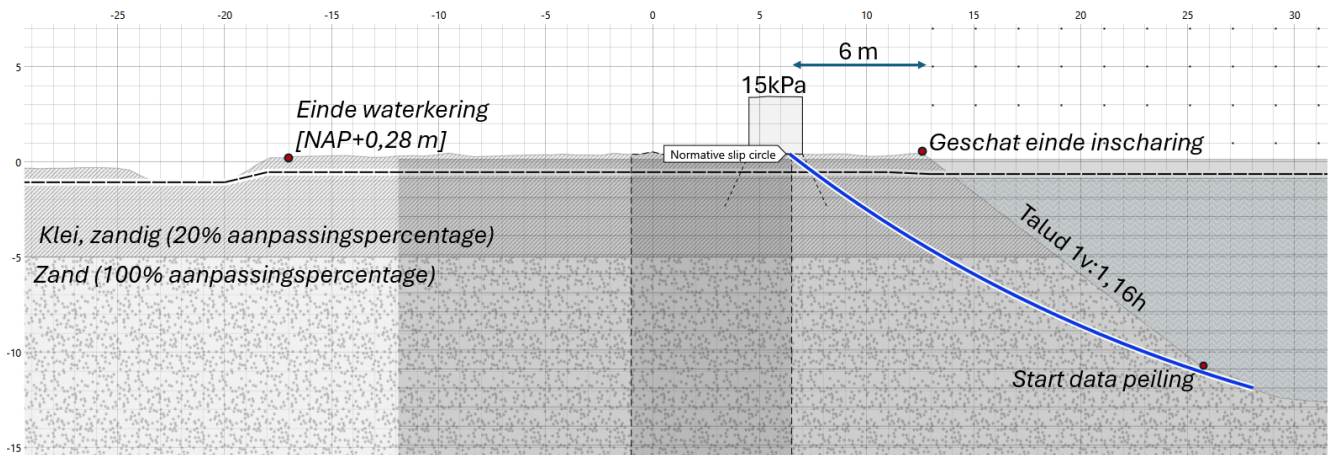
Uit de berekeningen volgt dat grotere glijvlakken, die het waterkerende vermogen van de waterkering bedreigen, ruim voldoen aan een RC1 veiligheidsniveau. Dit volgt uit de berekening waar een glijvlak van minimaal 6 meter wordt geforceerd, met een veiligheidsfactor van 1,02 (zie maatgevend glijvlak in Figuur 4).

Tabel 2: Stabiliteitsfactoren uit D-Stability berekeningen.

	Verkeersbelasting	Grondparameters	Waterstand	Bishop	Uplift-Van
1	Op fietspad	Karakteristieke waarden	Winterpeil	1,13	1,21
2	Op fietspad	Rekenwaarden	Winterpeil	0,93	1,00
3	Zonder	Karakteristieke waarden	Winterpeil	1,13	1,21
4	Zonder	Rekenwaarden	Winterpeil	0,93	1,00
5	3,5 m afstand van de oever	Karakteristieke waarden	Winterpeil	1,13	
6	3,5 m afstand van de oever	Rekenwaarden	Winterpeil	0,93	1,00
7	Op fietspad	Karakteristieke waarden	Zomerpeil	1,13	1,21
8	Op fietspad	Rekenwaarden	Zomerpeil	0,93	1,00
9	Op fietspad – glijvlak geforceerd tot minimaal 6 meter naast de oever	Karakteristieke waarden	Winterpeil	1,24	1,41
10	Op fietspad – glijvlak geforceerd tot minimaal 6 meter naast de oever	Rekenwaarden	Winterpeil	1,02	1,17
11	Naast oever	Karakteristieke waarden	Winterpeil	0,94	1,09
12	Naast oever	Rekenwaarden	Winterpeil	0,76	0,91



Figuur 3 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4) en boezempeil nabij inscharing



Figuur 4 Dwarsprofiel stabiliteitsberekening

Zettingsvloeiing

Met een zettingsvloeiing wordt een bresvloeiing of een verwekingsvloeiing bedoeld. De ondergrond tussen het maaiveld en NAP-5 m bestaat uit kleiig materiaal. Voor deze aardlaag is statische stabiliteit (zie voorgaande paragraaf) het maatgevende mechanisme omdat klei niet gevoelig voor bresvloeiing of verwekingsvloeiing. De ondergrond dieper dan NAP-5 m kan wel gevoelig zijn voor zettingsvloeiingen. In de volgende paragrafen is de noodzaak van een noodverordening voor de ondergrond dieper dan NAP-5 m ten opzichte van zettingsvloeiingen toegelicht voor de twee mechanismen.

Bresvloeiing

Een ondergrond is gevoelig voor bresvloeiingen indien deze uit vastgepakt fijn zand bestaat. Uit het aanvullende grondonderzoek volgt dat de gemiddelde mediane korreldiameter (D_{50}) van de zandmonsters 227 μm is. De gevonden D_{15} van de zandmonsters is 143 μm . Dit wijst op een gunstigere korreldiameter dan uit het initiële grondonderzoek van Grontmij (Grontmij, 1999a, 1999b) volgde: $D_{50,\text{gem}}=177 \mu\text{m}$, $D_{15,\text{gem}}=88 \mu\text{m}$.

Een bresvloeiing kan alleen optreden indien er een substantiële verstoring plaatsvindt op de waterbodem. In het rapport *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) is toegelicht dat er geen aanzienlijk risico is op verstoringen door bijvoorbeeld stroming of windgolven bij de dagelijkse omstandigheden van het Valkenburgse Meer. De conclusies uit het *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) met betrekking tot bresvloeiing zijn na uitvoering van het aanvullende grondonderzoek nog steeds van toepassing.

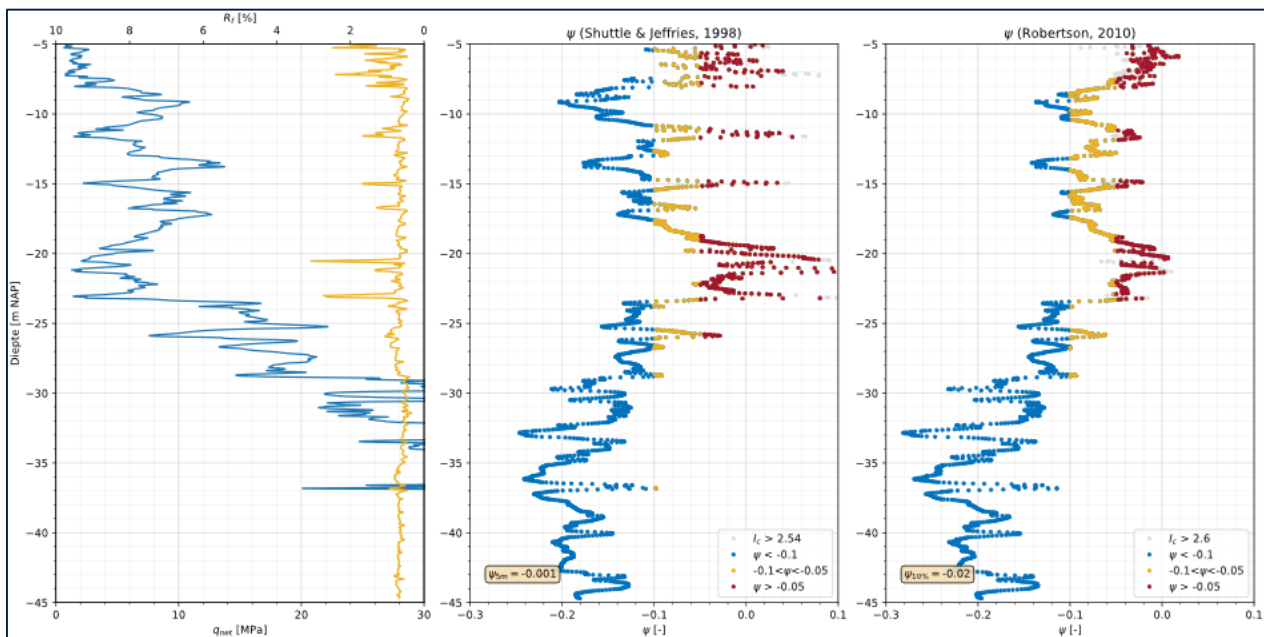
Verwekingsvloeiing

Een ondergrond is gevoelig voor verweken indien deze uit losgepakt (schoon) zand bestaat. Hoewel er in de ondergrond van het Valkenburgse Meer in het uitgevoerde grondonderzoek geen sprake is van losgepakt (schoon) zand, bestaat de ondergrond tot een diepte van circa NAP-19m uit een gelaagde fijn zand afzettingen waarbij zand wordt afgewisseld met dunne kleilaagjes. De zogenaamde wadzand afzettingen. Het aanvullend grondonderzoek ter plaatse van de inscharing bevestigt dit

beeld. De uitgevoerde aanvullende sonderingen zijn geschikt om op basis van correlaties inzicht te krijgen in de gevoeligheid van het zand voor verweken door middel van bepalen de zogenaamde State parameter (ψ).

De state parameter geeft aan of zand contractant (verwekingsgevoelig) of dilatant (niet verwekingsgevoelig) is. De grens tussen contractant- en dilatant grondgedrag wordt in de Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing (Rijkswaterstaat, 2019) gesteld op $\psi < -0,05$, hoewel er ook conservatievere methoden zijn die de grens stellen op $\psi < -0,10$.

Uit de analyse van blijkt dat vooral de zandlagen tot een diepte van circa NAP-20m a NAP-25m mogelijk gevoelig zijn voor verweken, mits wordt uitgegaan van schoon fijn zand. Immers de correlatie State parameter versus sondeerwaarde is bepaald op basis van schoon fijn zand.



Figuur 5 Voorbeeld uitwerking Sondering DKMP02 met state parameter volgens twee methoden (Robertson, 2010; Shuttle & Jeffries, 1998)

Over de weerstand tegen verweken (lees zettingsvloeiingen) van gelaagde zandlagen (wad zandafzettingen) is minder bekend dan over schoon zand. In figuur 5 is te zien dat de pieken in de state-parameter in alle gevallen overeenkomen met pieken in het wrijvingsgetal. Dit betekent dat een hoge state-parameter correspondeert met een hoog aandeel van kleilaagjes en/of siltfractie. Over de weerstand van gelaagde ondergrond (zand met dunne kleilaagjes) tegen zettingsvloeiingen is minder bekend dan over schoon zand. Ten tijde van schrijven van dit rapport wordt hier nog onderzoek naar gedaan bij het Hoogheemraadschap van Delfland (Deltares & Fugro, 2024), waarvan de eerste resultaten pas over circa een jaar verwacht worden.

Voorlopig kan daarom niet uitgesloten worden dat de ondergrond bij het Valkenburgse Meer gevoelig is voor zettingsvloeiingen.

Een verwekingsvloeiing kan alleen optreden indien er sprake is van een trigger zoals zware trillingen, een waterstandsverlaging, waterbodemerrosie of een afschuiving zijn. In het rapport *Geotechnisch onderzoek inschaling Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) is toegelicht dat er geen aanzienlijk risico is

op een trigger bij de dagelijkse omstandigheden van het Valkenburgse Meer, met uitzondering van de stoomtrein die in zijn huidige traject vlak langs de inscharing loopt.

De conclusies uit het *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) met betrekking tot verwekingsvloeiing zijn na uitvoering van het aanvullende grondonderzoek nog steeds van toepassing.



Figuur 6 Foto's monsters boring B1

Conclusies en aanbevelingen

In de voorliggende memo is onderzocht of de conclusies uit het *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer* (Fugro, 2025a) nog steeds in stand blijven op basis van de resultaten van het aanvullende grondonderzoek.

Uit het aanvullende grondonderzoek volgt dat de weerstand tegen statische instabiliteit substantieel hoger is dan uit de verkennende berekeningen uit het rapport (Fugro, 2025a) volgde. Indien gekeken wordt naar grote glijvlakken die tot het falen van de waterkering leiden (minimaal 5 meter), voldoet de waterkering aan een RC1 veiligheidsniveau.

Uit het aanvullend grondonderzoek volgt dat de weerstand tegen bresvloeiing iets groter is dan initieel is aangenomen (grover zand). Een risico op bresvloeiing kan nog steeds niet worden uitgesloten, maar in lijn met de conclusies uit het rapport (Fugro, 2025a) gebeurt dit alleen als er sprake is van een significante verstoring. Vergelijkbaar kan ook het risico op een verwekingsvloeiing niet worden uitgesloten, maar kan dit alleen optreden als er sprake is van een trigger.

Op basis van de analyse is een noodverordening niet noodzakelijk om de geotechnische veiligheid van het Valkenburgse Meer te waarborgen. Er dient wel rekening gehouden te worden met de volgende zaken:

- Er moet met grote zorg omgegaan worden met activiteiten die zware trillingen veroorzaken, zoals bouwwerkzaamheden of zwaar verkeer. Omdat deze activiteiten niet zonder vergunning uitgevoerd kunnen worden in de veiligheidszone van de waterkering, zullen deze activiteiten niet ongemerkt plaatsvinden.
- Activiteiten op het land met belastingen die geen zware trillingen veroorzaken kunnen plaatsvinden rondom het meer, mits deze minimaal 3,5 meter uit de bres plaatsvinden. Veiligheidshalve wordt aanbevolen om een marge van minimaal 7 meter aan te houden.
- Omdat de stoomtrein op een afstand van minder dan 7 meter langs de inscharing loopt, dient deze ten behoeve van de statische stabiliteit niet langs het traject nabij de bres te rijden. De stoomtrein kan wel rijden het deel van het spoor wat niet langs de bres loopt, of, het spoor langs de bres kan verlegd worden zodat deze op een veilige afstand ligt. Bij het bepalen van deze veilige afstand dient ook rekening gehouden te worden met de trillingen. Hoewel er in het verleden geen (zichtbare) verwekingsvloeiingen zijn opgetreden door de trillingen van de stoomtrein, is het steile talud nabij de inscharing mogelijk extra gevoelig voor verweking.
- Waterstandfluctuaties die voldoen aan het peilbesluit hebben geen significante impact op de stabiliteit. Indien het meerpeil substantieel verlaagd wordt ten opzichte van het boezempeil kan dit mogelijk tot een afschuiving leiden. Bij een plotselinge verlaging van het meerpeil in de orde van 0,5 tot 1,0 meter dient daarom de directe omgeving bij de inscharing afgesloten te worden en grondvervormingen gemonitord.
- Activiteiten op het water die leiden tot zeer grote golven met golfhoogtes die ruim groter zijn dan 1,0 meter mogen niet uitgevoerd worden, of moeten dusdanig ver van de inscharing uitgevoerd worden dat de golven bij de inscharing kleiner zijn dan 1,0 meter. De verwachting is dat de dagelijkse activiteiten op het meer aan deze voorwaarden voldoen.

- Bij overige activiteiten op het water die geen zware trillingen of grote golven veroorzaken wordt aanbevolen om een afstand van minimaal 25 meter aan te houden van de bres. Op deze afstand is de waterdiepte groter dan 10 meter en zal de impact op de waterbodem en de oever verwaarloosbaar zijn.
- De zandwinning dient uitgevoerd te worden volgens een geotechnisch onderbouwt werkplan waarin de meest actuele kennis van zettingsvloeiingen is verwerkt. In dit werkplan wordt het risico op zettingsvloeiingen tijdens de uitvoering beheerst en wordt ook een veiligheidszone rondom de inscharing gedefinieerd waar geen zandwinning plaatsvindt tot de herinrichting van de oever is gerealiseerd.

Referenties

- Fugro. (2025a). *Geotechnisch onderzoek inscharing Valkenburgse Meer versie 1.0* (No. 1013394.R01 1.0).
- Fugro. (2025b). *Valkenburgse Meer Rapportage geotechnisch onderzoek* (Nos. S1014435-21-R01).
- Grontmij. (1999a). *Zandwinning Valkenburgse Meer—Geotechnisch onderzoek uitbreiding zandwinning en optimalisatie talud 2* (No. 13/99007006.dm/Bru).
- Grontmij. (1999b). *Zandwinning Valkenburgse Meer—Geotechnisch onderzoek uitbreiding zandwinning en optimalisatie taluds 3 en 4* (No. 13/99007007.dm/Bru).
- MOS Grondmechanica. (2024). *Uitbreiding Valkenburgse Meer* (Nos. R2400963-02).
- NEN. (2017). *Geotechnisch ontwerp van constructies—Deel 1: Algemene regels* (No. NEN 9997-1+C2).
NEN. (Definitief)
- Robertson, P. K. (2010). Estimating in-situ state parameter and friction angle in sandy soils from CPT.
2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA, USA.
- Shuttle, D. A., & Jeffries, M. G. (1998). Dimensionless and unbiased CPT interpretation in sand.
International Journal of Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 22, 351-391.
- SOCOTEC. (2025). *Uitbreiding Valkenburgse Meer* (Nos. R2400963-04).
- TNO-GDN. (2025). *Formatie van Naaldwijk. In: Stratigrafische Nomenclator van Nederland, TNO – Geologische Dienst Nederland. Geraadpleegd op 10/06/2025 op*
<https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/formatie-van-naaldwijk>.

Appendix A

Laboratoriumonderzoek
SOCOTEC

Appendix B

Veldonderzoek Fugro

