



Notitie evenwichtsbeschouwing



Aan :  
Van :  / 
Getoetst :  
Datum : 26 mei 2023
: 26 oktober 2023 (versie 4)
Betreft : Planontwikkeling Noorderwold-Eemvallei te Almere
Projectnummer : VN-83639-1

Inleiding

In opdracht van stichting het Flevo-landschap heeft raadgevend ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een evenwichtsbeschouwing opgesteld ten behoeve van ontgrondingswerkzaamheden voor de planontwikkeling Noorderwold-Eemvallei te Almere.

Stichting Het Flevo-landschap is bezig met de planontwikkeling van Noorderwold-Eemvallei. Dit plan bestaat uit 3 deelgebieden met een totale oppervlakte van circa 143,5 ha. Het is de bedoeling om in Deelgebied 2 Noord en Deelgebied 2 Zuid 68,5 ha moeras te ontwikkelen. De waterpartijen (circa 4 ha) zouden volgens het eerste ontwerp tot een diepte van N.A.P. -7,20 m worden ontgraven. Door de opdrachtgever is de ontgravingsdiepte gewijzigd naar N.A.P. -6,70 m.

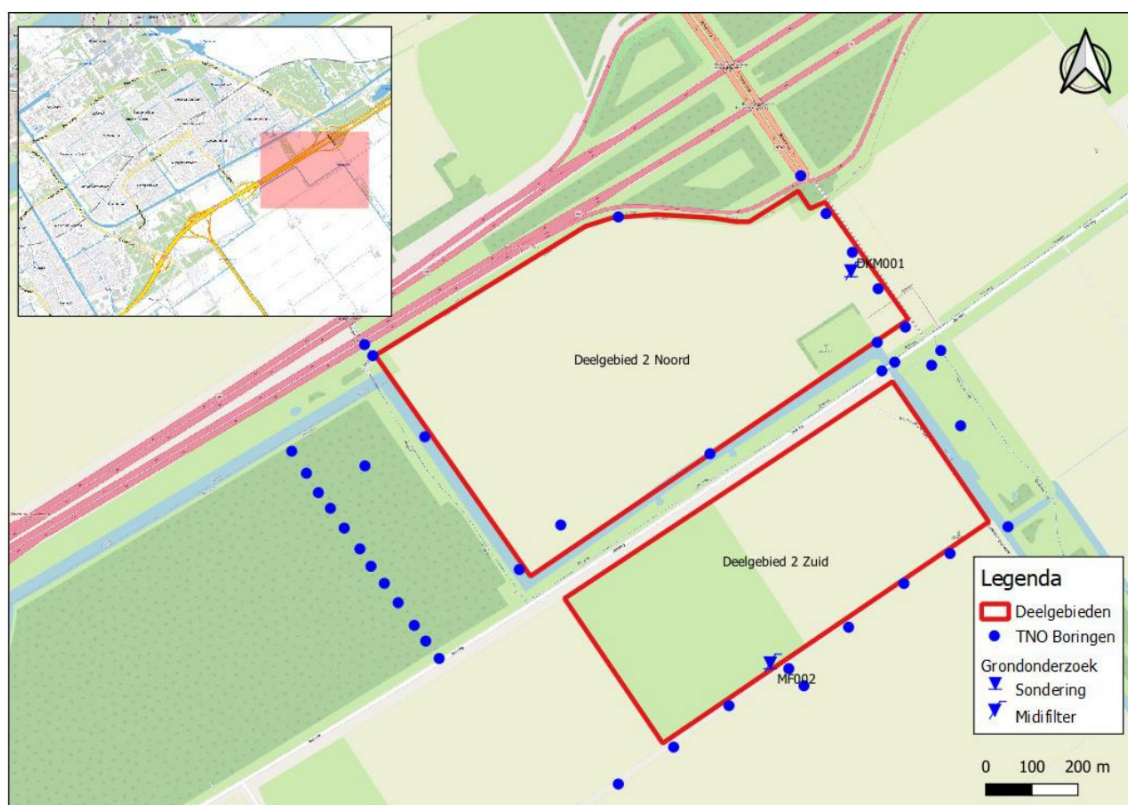
Voorliggende notitie heeft tot doel om te onderzoeken of er tot een diepte van N.A.P. -6,70 m kan worden ontgraven zonder risico op opbarsten. Als ontgraven tot N.A.P. -6,70 m niet kan zonder risico op opbarsten zal worden aangegeven tot welke diepte dit wel veilig kan. Het opbarst risico is beschouwd aan de hand van het uitgevoerde grondonderzoek en de uitgevoerde stijghoogtemetingen.

Rapportnummer:	R92274
Status:	Definitief
Datum:	26-10-2023
Opgesteld door:	ing. 
Handtekening:	

Projectbeschrijving

In figuur 1 zijn de projectlocatie en de locaties van het uitgevoerde grondonderzoek weergegeven. In deelgebied 2 (Noord en Zuid) wordt ontgraven tot N.A.P. -5,2 à -6,7 m. Het uitgevoerde grondonderzoek is gerapporteerd in onderstaand document:

Ref [1] Geotechnisch onderzoek, Planontwikkeling Noorderwold-Eemvallei te Almere, Wiertsema & Partners, VN-83639-1, R88892, d.d. 31 maart 2023.



Figuur 1 Projectlocatie en locaties grondonderzoek

Bodemopbouw

Op basis het van regionale grondmodel Regis wordt vanaf het maaiveld een circa 5 m dikke Holocene deklaag verwacht bestaande uit klei- en veenafzettingen. Vervolgens worden tot een diepte van circa N.A.P. -45 m zandige afzettingen aangetroffen behorend tot de Formaties van Boxtel en Eem. In het Boxtel pakket kunnen siltige insnijdingen voorkomen.

Het uitgevoerde grondonderzoek (Ref [1]) bestond uit 2 sonderingen tot circa 12 m-maaiveld. De sonderingen bevestigen de bodemopbouw op basis van het Regis grondmodel. Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek kan de bodem geschematiseerd worden zoals weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Geschematiseerde lokale bodemopbouw

Diepte [m N.A.P.]	Samenstelling	Geohydrologische eenheid	Geschat volume gewicht [kN/m ³]
ca. -5,1 tot ca. -7,0	Klei	deklaag	14
ca. -7,0 tot -8,0 à -8,7	Veen		11
-8,0 à -8,7 tot -9,3 à -9,5	Klei		15
-9,3 à -9,5 tot -9,8 à -10,0	Veen (basis-)		11
-9,8 à -10,0 tot -17,7*	Zand	1 ^e watervoerende pakket	18

*Maximaal verkende diepte

Grondwaterstanden

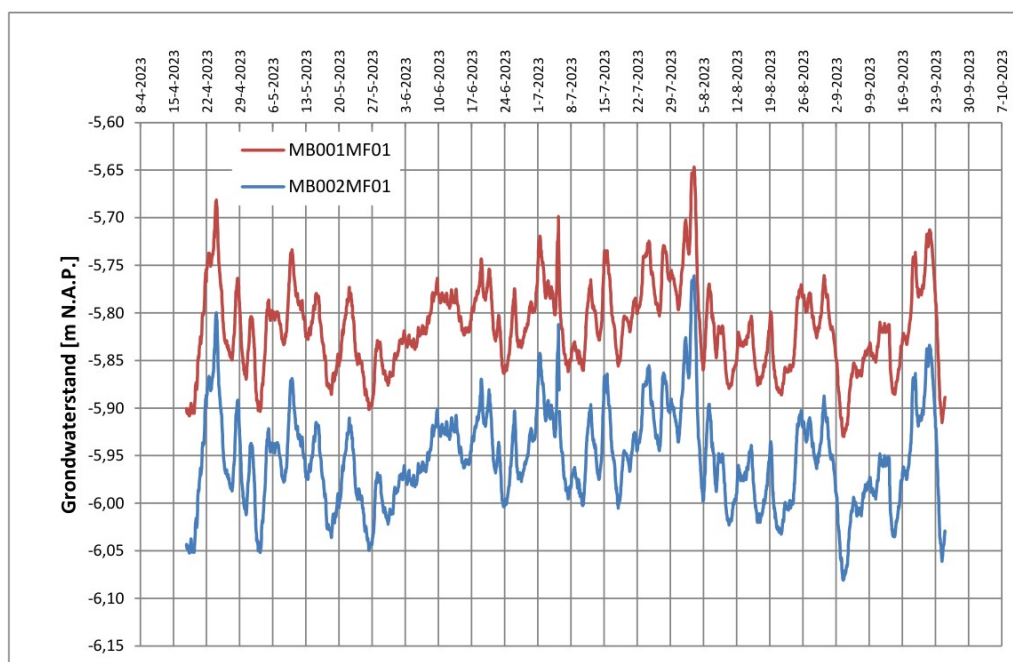
Voor de evenwichtsbeschouwing is het van belang inzicht te krijgen in de heersende stijghoogte in het watervoerende pakket. Daartoe zijn op 30 maart 2023 op de projectlocatie twee midifilters weggedrukt met een filterstelling in dit watervoerende pakket. Hierin wordt sinds 17 april 2023 de stijghoogte gemeten met automatisch drukopnemers. Direct voorafgaand aan het inhangen van de drukopnemers is in beide midifilters een handpeiling uitgevoerd. De gemeten stijghoogte op 17 april in midifilter MF001 bedroeg N.A.P. -5,9 m; die in MF002 bedroeg N.A.P. -6,1 m.

De gegevens van de beide midifilters staan weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Gegevens peilbuizen

Peilbuis+ sensor	Maaiveld [m N.A.P.]	Bovenkant peilbuis [m N.A.P.]	Sensordiepte [m N.A.P.]	Opnameperiode
MB001MF01	-5,1	-4,42	-8,66	17-4-2023 t/m 25-9-2023
MB002MF01	-5,1	-4,02	-8,53	17-4-2023 t/m 25-9-2023

De meetgegevens zijn gecorrigeerd voor de luchtdruk. De resultaten van de metingen van de peilbuizen zijn weergegeven in figuur 2.



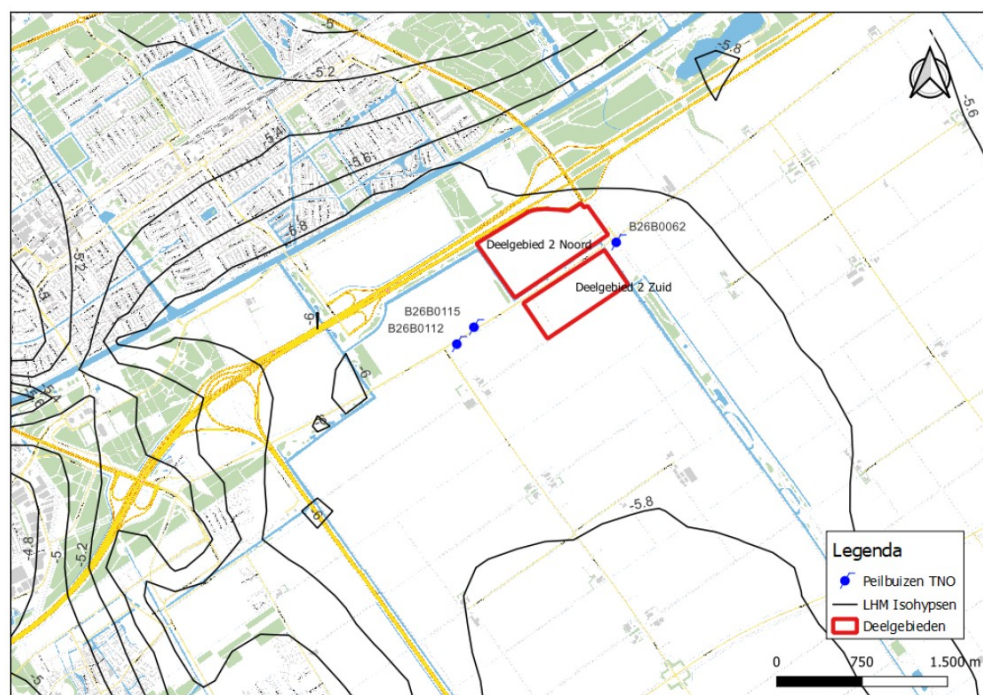
Figuur 2 Tijd-stijghoogte lijnen van de geplaatste peilbuizen

In tabel 3 zijn de maximale, gemiddelde en minimale meetwaarden samengevat.

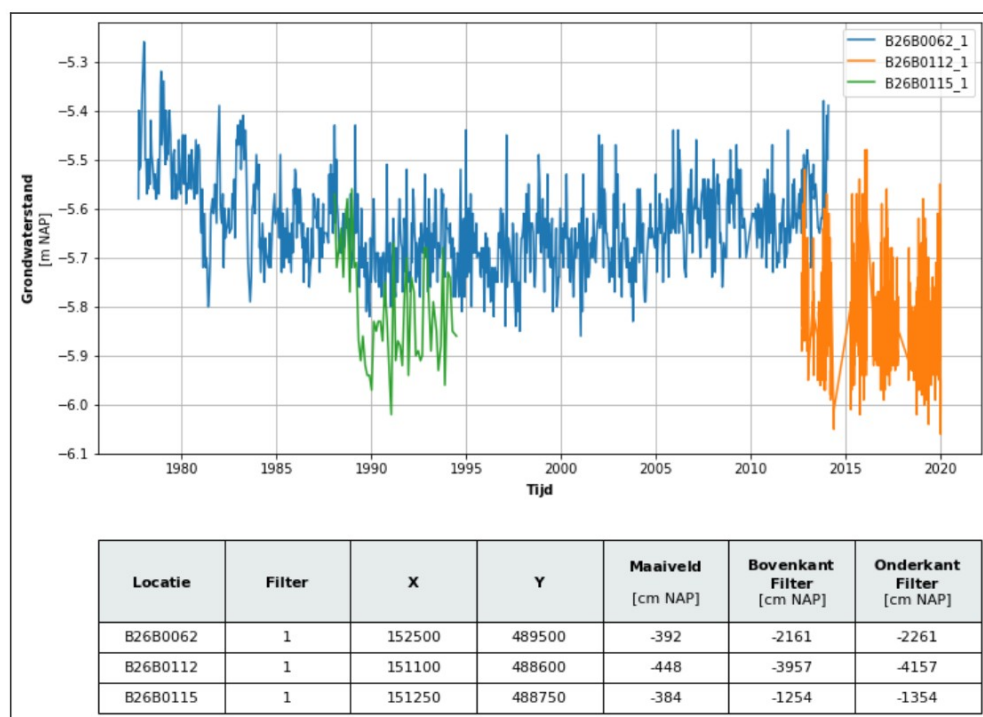
Tabel 3 Gegevens peilbuizen

Peilbuis+ sensor	Maximale stijghoogte [m N.A.P.]	Minimale stijghoogte [m N.A.P.]	Gemiddelde stijghoogte [m N.A.P.]
MB001MF01	-5,65	-5,93	-5,81
MB002MF01	-5,76	-6,08	-5,95

Om inzicht te verkrijgen in de langjarige stijghoogte zijn bij TNO peilbuisgegevens opgevraagd van peilbuizen met een filterstelling in het watervoerende pakket. Daarnaast zijn modelgegevens opgevraagd van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). In figuur 3 zijn het LHM en de locaties van de opgevraagde peilbuisgegevens gegeven. In figuur 4 zijn de tijd-stijghoogtelijnen van de opgevraagde peilbuizen weergegeven.



Figuur 3 Locaties opgevraagde peilbuizen en LHM isohypsen patroon



Figuur 4 Tijd-stijghoogte lijnen opgevraagde peilbuizen

De gemiddelde hoogst voorkomende grondwaterstand is op basis van figuur 4 ingeschat op N.A.P. -5,5 m (meetreeks van 1980 tot 2020). De hoogst gemeten grondwaterstand tussen 17-4-2023 en 25-9-2023 (circa 5 maanden) is N.A.P. -5,65 m (zie figuur 2). Dit is 0,15 m lager dan de

meetreeks van 1980 tot 2020. Gezien de beperkte tijd van monitoring (5 maanden) ten opzichte van de TNO-peilbuismetingen en de levensduur van de constructie wordt geadviseerd om uit te gaan van de stijghoogte van N.A.P. -5,5 m.

Evenwichtsbeschouwing

Voor een stabiel ontgravingsvlak moeten de opwaartse waterdruk en de neerwaartse bodemdruk in evenwicht zijn. Voor het bepalen van het evenwicht van de ontgravingsbodem zijn de ontgravingsdiepte, de diepteligging van de waterremmende laag en de stijghoogte van het onderliggende watervoerende pakket van belang.

Voor het bepalen van de neerwaartse bodemdruk zijn de bodemparameters aangehouden zoals opgenomen in tabel 1. Daarnaast is aangenomen dat het waterpeil in de ontgraven waterpartijen (moeras) maximaal N.A.P. -5,5 m (geregeld met stuw) zal zijn met een minimaal waterpeil in droge perioden van N.A.P. -5,90 m. De evenwichtsbeschouwing is uitgevoerd voor de ingeschatte GHG.

Er is in de evenwichtsbeschouwing uitgegaan van de toekomstige situatie (met water). De laagste waterstand is maatgevend, oftewel N.A.P. -5,90 m. De ontgraving (uitvoeringsfase) kan in den droge of in den natte worden uitgevoerd. Uit een evenwichtsbeschouwing in het geval van ontgraving in den droge blijkt dat uitvoering in den droge risico op opbarsten geeft (de veiligheidsfactor is lager dan 1,0. Ontgraving in den droge is verder niet beschouwd, omdat dit gezien de volumegewichten van de aanwezige bodemlagen niet mogelijk is zonder aanvullende maatregelen (zoals diepe bronbemaling). Geadviseerd wordt om de ontgraving in den natte uit te voeren, waarbij een waterpeil van N.A.P. -6,2 m (= polderpeil) wordt aangehouden. Voor de uitvoeringsfase is uitgegaan van ontgraving met het waterpeil op N.A.P. -6,20 m.

De waterpartijen in het moeras bestaan uit vele kleinere en groter waterpartijen met een totale omvang van 4 ha. In de berekeningen is geen rekening gehouden met de belastingsbijdrage aan de neerwaartse druk van de naastliggende grond boven het ontgravingspeil.

De resultaten van de evenwichtsbeschouwing voor sonderingen DKM001 en DKM002 zijn getoond in tabel 4.

Tabel 4 Resultaten evenwichtsbeschouwing toekomstige situatie

Sondering	Ontgraving [m N.A.P.]	Stijghoogte [m N.A.P.]	Waterpeil [m N.A.P.]	Neerwaartse druk [kN/m ²]			Opwaartse Waterdruk [kN/m ²]	Veiligheidsfactor
				bodem	water	totaal		
DKM001	-6,7	-5,5	-5,9	41,0	8,0	49,0	43,0	1,14
DKM002	-6,7	-5,5	-5,9	40,2	8,0	48,2	45,0	1,07

Uit deze tabel blijkt dat bij een stijghoogte van N.A.P. -5,5 m er bij sondering DKM001 sprake is van een evenwicht met veiligheidsfactor 1,14 en bij sondering DKM002 1,07.

Voor de evenwichtsbeschouwing in de uitvoeringsfase is uitgegaan van ontgraving in den natte met een waterstand van minimaal N.A.P. -6,20 m (= polderpeil). De resultaten zijn in tabel 5 samengevat.

Tabel 5 Resultaten evenwichtsbeschouwing uitvoeringsfase

Sondering	Ontgraving [m N.A.P.]	Stijghoogte [m N.A.P.]	Waterpeil [m N.A.P.]	Neerwaartse druk [kN/m ²]			Opwaartse Waterdruk [kN/m ²]	Veiligheidsfactor
				bodem	water	totaal		
DKM001	-6,7	-5,5	-6,2	41,0	5,0	46,0	43,0	1,07
DKM002	-6,7	-5,5	-6,2	40,2	5,0	45,2	45,0	1,00

Uit deze tabel blijkt dat bij een stijghoogte van N.A.P. -5,5 m er bij sondering DKM001 sprake is van een evenwicht met veiligheidsfactor 1,07 en bij sondering DKM002 1,00. De uitvoeringsfase is kortstondig waarin een lagere veiligheidsfactor gehanteerd kan worden, echter de veiligheidsfactor mag niet lager zijn dan 1,00. Voor de stijghoogte is de hoogste voorkomende waarde gehanteerd. In de praktijk zal de stijghoogte veelal lager zijn. De veiligheid tegen opbarsten zal dan dus hoger zijn dan 1,00. Mitigerende maatregelen tijdens de uitvoeringsfase kunnen bestaan uit continu monitoren van de stijghoogte. Wanneer er een situatie dreigt te ontstaan dat de stijghoogte hoger wordt dan N.A.P. -5,5 m, wordt geadviseerd het waterpeil in de ontgraving hoger te zetten. In de uitvoering dienen maatregelen te worden genomen om het waterpeil hoger te kunnen zetten.

In figuur 5 en figuur 6 is voor respectievelijk een waterpeil van N.A.P. -5,9 m en -6,2 m voor alle bij TNO opgevraagde boringen en de uitgevoerde sonderingen getoond of er sprake is van een evenwichtssituatie bij een ontgraving tot N.A.P. -6,7 m.



Figuur 2 Evenwicht veiligheidsfactor bij een waterpeil van N.A.P. -5,9 m (toekomstige situatie)



Figuur 3 Evenwicht veiligheidsfactor bij een waterpeil van N.A.P. -6,2 m (uitvoeringsfase)

Ter plaatse van 3 bij TNO opgevraagde boringen blijkt de veiligheidsfactor in de uitvoeringsfase onder de 1,0 te komen (zie figuur 6). Deze punten liggen diagonaal door het gebied. Als hier tot NAP - 6,5 m wordt ontgraven, komt de veiligheidsfactor hier ook op 1. Op basis van dit beeld wordt in overweging gegeven om het water peil tijdens de uitvoeringsfase ongeveer 30 cm te verhogen. Als dit niet mogelijk is, wordt geadviseerd om bij de inrichting van het gebied de diepste delen niet in deze diagonaal te plannen.

Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de gehanteerde uitgangspunten kan gesteld worden dat bij een ontgraving tot N.A.P. -6,7 m niet overal een veiligheidsfactor van 1,1 behaald wordt. De veiligheidsfactor is voor de bodemopbouw volgens DKM001 en DKM002 respectievelijk 1,14 en 1,07. Er zal geen opbarsten optreden.

Ontgraving in den droge is zonder risico op opbarsten niet mogelijk. Geadviseerd wordt om de ontgraving van de waterplas in den natte uit te voeren met een waterpeil op ongeveer N.A.P. -6,5 m (= polderpeil + 30 cm). Als dit niet mogelijk is wordt geadviseerd om de diepste delen in het inrichtingsplan niet in de noordwest-zuidoost diagonaal (zie figuur 6) te plannen

De veiligheidsfactor tijdens de ontgraving varieert van 1,00 (DKM002) tot 1,07 (DKM001). Bij de hoogste stijghoogte is er dan nog net evenwicht. Mitigerende maatregelen tijdens de uitvoeringsfase kunnen bestaan uit het continu monitoren van de stijghoogte met behulp van de bestaande peilbuizen. Wanneer er een situatie dreigt te ontstaan dat de stijghoogte hoger wordt dan N.A.P. -5,5 m, wordt geadviseerd het waterpeil in de ontgraving hoger te zetten dan N.A.P. -6,2 m. In de uitvoering dienen maatregelen te worden genomen om het waterpeil hoger te kunnen zetten.

De waterpartijen in het moeras bestaan uit vele kleinere en groter waterpartijen met een totale omvang van 4 ha. In de berekeningen is geen rekening gehouden met de belastingsbijdrage aan de neerwaartse druk van de naastliggende grond boven het ontgravingspeil. De verwachting is dat dit voor de kleine waterpartijen een iets hoger veiligheidsfactor zou kunnen opleveren. Vooralsnog is wegens de uitkomsten geen aanleiding om hier verder op in te zoomen.