

Voorbelastingen middengebied Zuidplaspolder



Voorbelastingen middegebied Zuidplaspolder

Auteur(s)

Hans Landwehr

Auteur(s)

H. Landwehr

Voorbelastingen middegebied Zuidplaspolder




Opdrachtgever	Gemeente Zuidplas
Contactpersoon	C. Schrieks
Referenties	-
Trefwoorden	Zetting, bouwrijpmaken, Zuidplaspolder




Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	17-01-2020
Projectnummer	11204845-003
Document ID	11204845-003-GEO-0001
Pagina's	28
Status	

Auteur(s)

	Hans Landwehr	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.3	ir. J.C. Landwehr	ir. J.J. van Meerten	ing. A.T. Aantjes	
				

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	ir. J.C. Landwehr	ir. J.J. van Meerten	ing. A.T. Aantjes	
				

Samenvatting

De gemeente Zuidplas is voornemens om in het middengebied van de Zuidplaspolder woningen te gaan realiseren. Het gebied wordt globaal begrensd door de A20 aan zuidzijde, de N219 aan westzijde, de spoorlijn aan de noordzijde en de N457 aan de oostzijde. Het gebied heeft een omvang van circa 4 km x 2,3 km.

Op basis van beschikbare gegevensbronnen is het gebied in 6 deelgebieden onderverdeeld met per deelgebied geldende karakteristieke grondopbouw en diepte van voorkomende samendrukbare lagen.

Aanvullend grondonderzoek bestaande uit 15 sonderingen en 3 boringen is uitgevoerd om extra informatie over de opbouw van de ondergrond op te leveren. De resultaten van geplande samendrukkingsproeven op monsters van slappe lagen uit de boringen waren nog niet beschikbaar op het moment van opstellen van voorliggend rapport. Ter toetsing van de conclusies in dit rapport dient het effect van de proefresultaten (samendrukkingsparameters) op de berekeningsresultaten daarmee nog te worden vastgesteld.

Voor alle 6 onderscheiden deelgebieden zijn zettingsberekeningen uitgevoerd om vast te stellen welke maatregelen (zanddikte, toepassing van verticale drains, effect van consolidatie met onderdruk) nodig zijn om aan de uitgangspunten van de opdrachtgever te kunnen voldoen.

De ondergrond is zeer samendrukbaar in het project gebied. De maatregelen variëren afhankelijk van de samenstelling en dikte van de samendrukbare ondergrond. In enkele deelgebieden is de toepassing van een traditionele zandophoging inclusief tijdelijke overhoogte mogelijk om aan de restzettingeis van 0,20 m in 10000 dagen te kunnen voldoen. De zanddikte bedraagt dan 3 a 4 m. De toepassing van verticale drains zal de benodigde zanddikte reduceren en de onzekerheid over restzetting verkleinen. De resultaten van de indicatie van de benodigde zanddiktes om aan de restzettingeis en tevens de gewenste opleverhoogte van het maaiveld te voldoen, gegeven een beschikbare effectieve voorbelastperiode van 9 maanden, zijn hieronder samengevat. De eerste tabel toont de benodigde ophoging, overhoogte en tijdelijke overhoogte bij toepassing van traditionele zandophoging, gecombineerd met verticale drains in enkele deelgebieden. De tweede tabel toont de ophoging wanneer zandophoging wordt gecombineerd met versnelde consolidatie door toepassing van onderdruk in gedraineerde sleuven.

Tabel 1 Resultaat bij traditionele zandophoging evt in combinatie met verticale drains

Deelgebied	Netto ophoging [m]	Overhoogte [m]	Tijdelijke overhoogte [m]	Verticale drains	Totale zanddikte [m]	Zanddikte tijdelijk [m]	Zanddikte permanent [m]
1 optie zonder vert.drains	0.2	1	2.5	nee	3.7	2.5	1.2
1 optie met vert drains	0.2	1	0.5	ja	1.7	0.5	1.2
1a (overlappend gebied 1 met kreekruig a)	0.3*	-	-	Nee	-	-	-
2	0.6	2.25	1	Ja	3.9	1	2.9
3 en 4	0.24	1	0.5	Ja	1.8	0.5	1.3
5	0.28	1	0.5	Ja	1.8	0.5	1.3
6 optie zonder vert.drains	0.41	1	1.5	Nee	3.0	1.5	1.5
6 optie met vert drains	0.41	0.75	0	Ja	1.2	0	1.2

* de actuele maaiveldhoogte ligt boven de gewenste maaiveldhoogte; verondersteld is dat ca. 0,5 m grond wordt vervangen door zand zodat een kleine gewichtsverhoging optreedt die een restzetting zal veroorzaken. Deze restzetting is bij deze aannames kleiner dan 0,2 m. Voorbelastperiode is 9 maanden

Tabel 2 Resultaat berekeningen bij alternatieve consolidatie methode (onderdruk)

Gebied	Netto ophoging	overhoogte	Drainwall Diepte [m tov MV]	Drainwall tussen afstand [m]	Totale zanddikte [m]	Zanddikte tijdelijk [m]	Zanddikte permanent [m]
1	0.2	1	5	2.5	1.2	-	1.2
1a (overlappend gebied 1 met kreekruig a)	*	-	-	-	-	-	-
2	0.6	2.25	6	2	2.9	-	2.9
3 en 4	0.24	1.25	5	2.5	1.5	-	1.5
5	0.28	1	4	2.5	1.3	-	1.3
6	*	1	1.5	ja	3.0	1.5	1.5

* Voor deze gebieden is het alternatief met drainwalls niet aan te bevelen ivm de aanwezigheid van zandbanen of de nabijheid van het diepe zand. Hierdoor is de kans groot op het maken van 'kortsluitingen' tussen diep en ondiep grondwater. Voorbelastperiode is 9 maanden

Over Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. We richten ons voornamelijk op delta's, kustregio's en riviergebieden. Omdat het beheer van deze dichtbevolkte en kwetsbare gebieden complex is, werken we nauw samen met overheden, ondernemingen, kennisinstellingen en universiteiten in binnen- en buitenland. Ons motto is 'Enabling Delta Life'.

Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. We stellen hoge eisen aan de kwaliteit van onze kennis en adviezen, rekening houdend met nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar ook met de gevolgen die onze adviezen hebben voor milieu en samenleving.

Al onze opdrachten en projecten leveren een bijdrage aan het verstevigen van de kennisbasis. We kijken vanuit een lange termijn perspectief, naar bijdragen voor de oplossingen voor nu. Wij hechten zeer aan openheid en transparantie. Die houding is onder meer terug te zien in het vrij toegankelijk maken van de door Deltares ontwikkelde software en modellen. Open source werkt, is onze vaste overtuiging. Deltares heeft ruim 800 medewerkers en is gevestigd in Delft en Utrecht. Daarnaast is Delft actief via projectkantoren in meerdere landen.

www.deltares.nl

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Projectomschrijving	8
1.2	Werkwijze	9
2	Grondopbouw en deelgebieden	10
2.1	Grondgegevens	10
2.2	Ligging van de kreekruigen	11
2.3	Waterpeilen	13
2.4	Verdeling in deelgebieden	13
2.5	Aanvullend grondonderzoek	15
3	Uitgangspunten t.b.v. berekeningen	16
3.1	Zettingsmodel	16
3.2	Geotechnische grondparameters	17
3.3	Uitgangspunten van de opdrachtgever	18
4	Resultaat zettingsberekeningen	19
4.1	Algemeen	19
4.2	Resultaat per gebied	19
4.3	Alternatieven voor traditionele zandophoging	20
5	Conclusies	22
A	Gebiedsindeling	24
A.1	Gebied 1	24
A.2	Gebied 1a	24
A.3	Gebied 2	25
A.4	Gebied 3/4	26
A.5	Gebied 5	27
A.6	Gebied 6	28

1 Inleiding

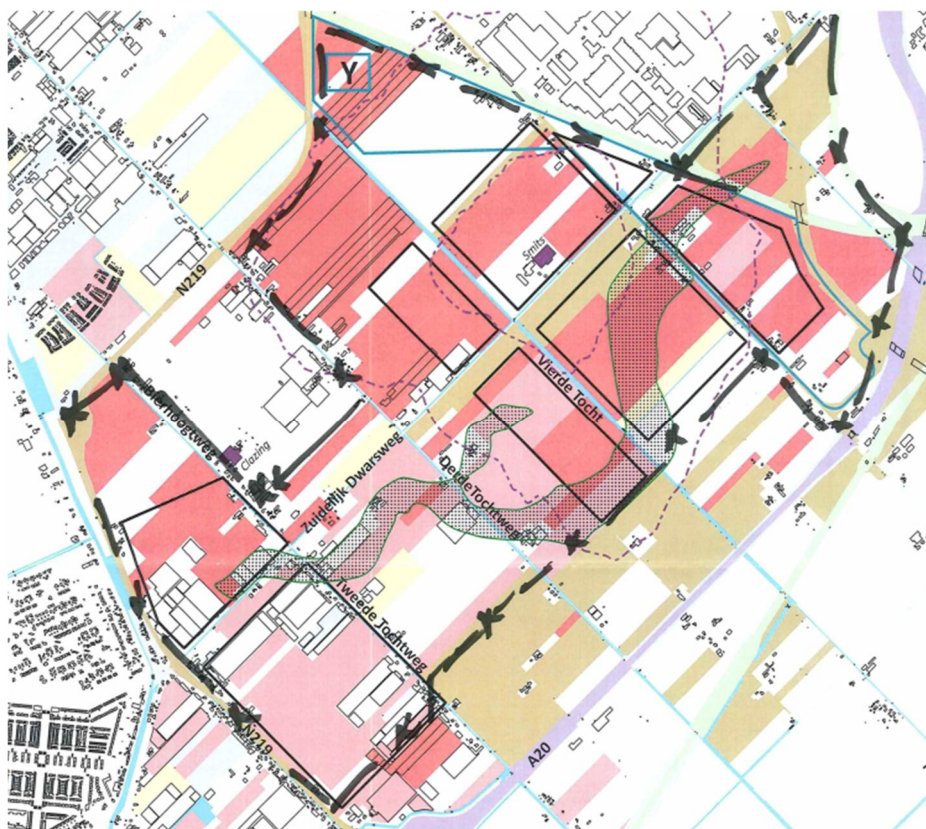
1.1 Projectomschrijving

De gemeente Zuidplas is voornemens om in het middengebied van de Zuidplaspolder woningen te gaan realiseren.

Het gebied wordt globaal begrensd door de A20 aan zuidzijde, de N219 aan westzijde, de spoorlijn aan de noordzijde en de N457 aan de oostzijde. Het gebied heeft een omvang van circa 4 km x 2,3 km. De contour van het te ontwikkelen gebied is globaal weergegeven in Figuur 1.1.

De gemeente Zuidplas wil graag inzicht krijgen in de volgende aspecten en stelt hiervoor de volgende vragen:

- Welk grondonderzoek is beschikbaar;
- In welke kenmerkende gebieden met betrekking tot ondergrond voorkomens is het totale gebied te verdelen;
- Welk aanvullend grondonderzoek is benodigd teneinde de voorbelastingen met een zekere mate van nauwkeurigheid te kunnen bepalen;
- Wat is de omvang (hoogte) van een traditionele voorbelasting in zand;
- Wat is een in aanmerking komend alternatief voor een traditionele voorbelasting in zand en wat is de omvang daarvan.



Figuur 1 Contour van het te ontwikkelen gebied in de Zuidplaspolder

Door Deltares zijn eerder onderzoeken uitgevoerd die betrekking hebben op enkele locaties in de polder:

- Een in 2007 uitgevoerd Deltares Geocheck advies. Hierin is de risicoverwachting voor het bouwrijpmaken in kaart gebracht op basis van 1 ondergrondprofiel
- Deltares “Zuidplaspolder kreekruigen Zuid” rapport d.d. september 2007. Hierin lag de focus op het ‘kreekruigengebied ‘ op basis van een bouwrijpplan dat er destijds was. Gekeken is naar de benodigde ophogingen in zand
- Deltares “Toetsing ophogingen Zuidplaspolder” d.d. 24 november 2016 (herzien rapport van Deltares3 maart 2014). Dit rapport gaat specifiek over het gebied genoemd “Ringvaarthof” en ligt in de zuidwestelijke hoek van de polder waarbij een deel aan de overzijde van de N219 ligt. Gekeken is naar de benodigde ophogingen in zand

1.2 Werkwijze

De volgende aanpak is in het huidige onderzoek gevolgd:

1 Inventariseren van het beschikbare grondonderzoek

Hiervoor zijn met name de openbare database Dinoloket (Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond) en de beschikbare rapportages van Deltares geraadpleegd.

2 Verdeling van het gebied in voor zetting karakteristieke gebieden

Op basis van het beschikbare grondonderzoek is het gebied zoals aangegeven in figuur 1 onderverdeeld in subgebieden. De indeling is gemaakt rekening houdend met een invloed op de zettingen en daarmee de omvang van de maatregelen.

3 Uitvoeren van aanvullend grondonderzoek

Gegeven de gebiedsindeling en het beschikbare grondonderzoek is een voorstel gedaan tot het uitvoeren van aanvullend grondonderzoek. Dit grondonderzoek is in een aparte opdracht uitgevoerd. De resultaten van de sonderingen en boringen zijn in voorliggend rapport van dit onderzoek naar de zettingen gebruikt.

4 Het maken van een zettingsmodel

Per subgebied is een karakteristieke grondopbouw samengesteld waarbij voor elke grondlaag de benodigde grondparameters (waaronder de samendrukkingsparameters) zijn afgeleid. De uitgangspunten m.b.t. de gewenste maaiveldhoogte en restzetting, en de beschikbare bouwtijd zijn door de opdrachtgever beschikbaar gesteld.

5 Uitvoeren van zettingsberekeningen

Per subgebied zijn zettingsberekeningen uitgevoerd teneinde de omvang van maatregelen te kunnen vaststellen om te kunnen voldoen aan de restzettingseisen. De maatregelen zijn in eerste instantie een traditionele tijdelijke voorbelasting met in zand al dan niet gecombineerd met verticale drains. Daarnaast is gekeken naar een relevant alternatief (zoals toepassing van een onderdruk methode).

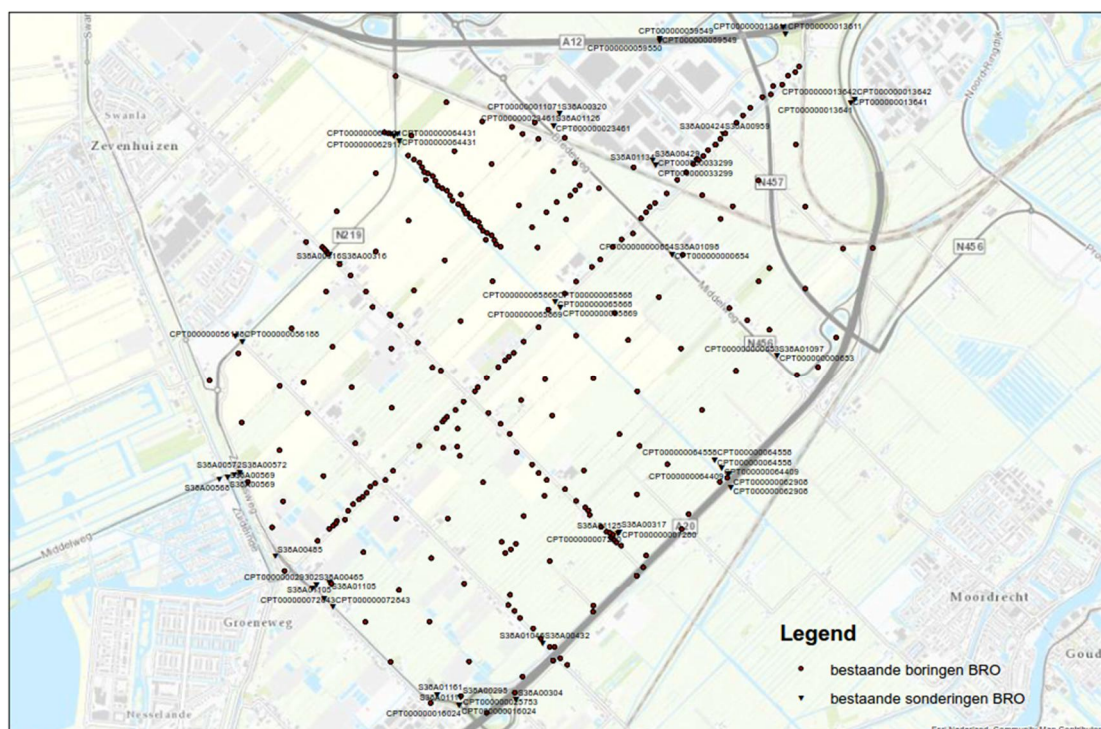
2 Grondopbouw en deelgebieden

2.1 Grondgegevens

Voor de huidige studie is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

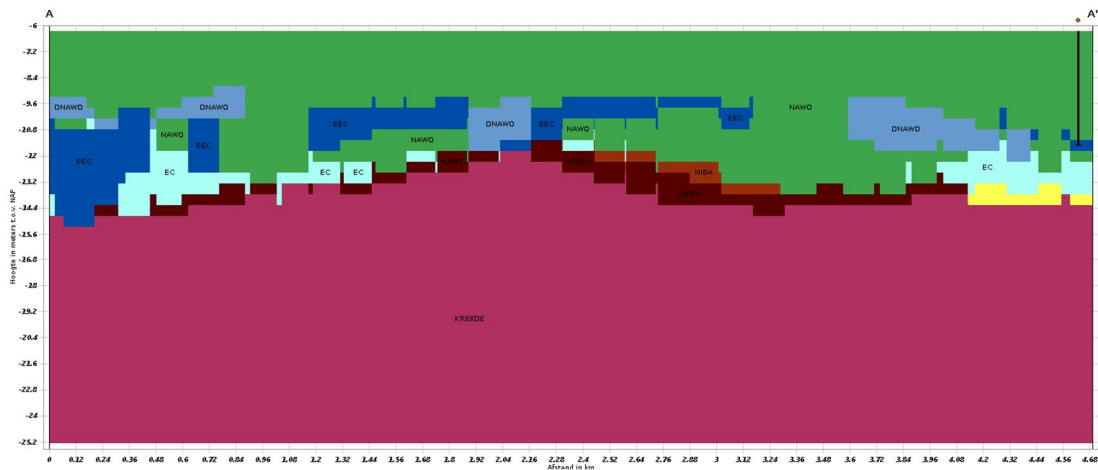
- DinoLoket van TNO-NITG;
- Geologische kaart TNO-NITG;
- Archief Deltares.

In Figuur 2 staat het beschikbare grondonderzoek weergegeven (boringen aangeduid met rode cirkels en sonderingen met zwarte omgedraaide driehoeken). De onderlinge afstand van de boringen bedraagt enkele honderden meters en de sonderingen zijn alleen langs openbare wegen gemaakt rondom het projectgebied.



Figuur 2 Bestaand grondonderzoek sonderingen en boringen (bron Dinoloket/BRO)

Volgens het GeoTop ondergrondmodel uit Dinoloket (TNO) is er sprake van een circa 6-9 m dikke holocene toplaag waarbij de diepte van de bovenkant van het pleistocene pakket (Formatie van Kreftenheye, zie figuur 5) over het gebied in hoogte varieert.

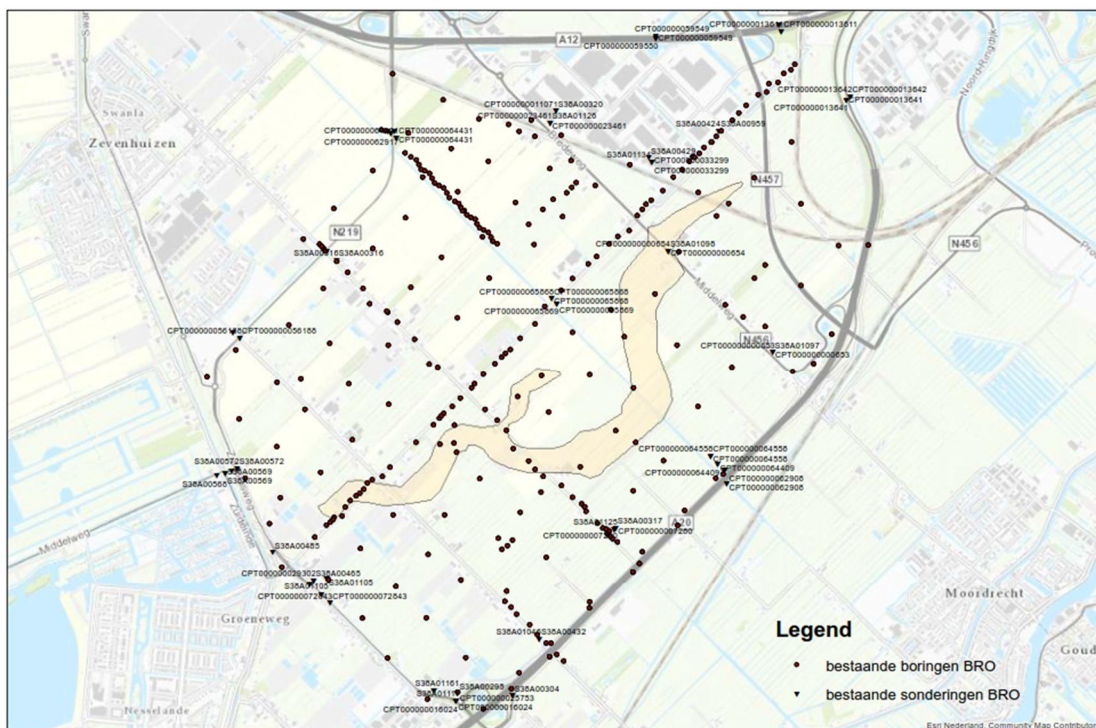


Figuur 3 Geologische laagindeling plangebied (bron TNO dinoloket)

De holocene toplaag bestaat vooral uit klei- en veenlagen en ligt boven een dik pakket pleistocene zandlagen. Het holocene pakket wordt doorsneden door geulafzettingen van de Formatie van Echteld en Naaldwijk/Wormer die ook zand kunnen bevatten.

2.2 Ligging van de kreekruigen

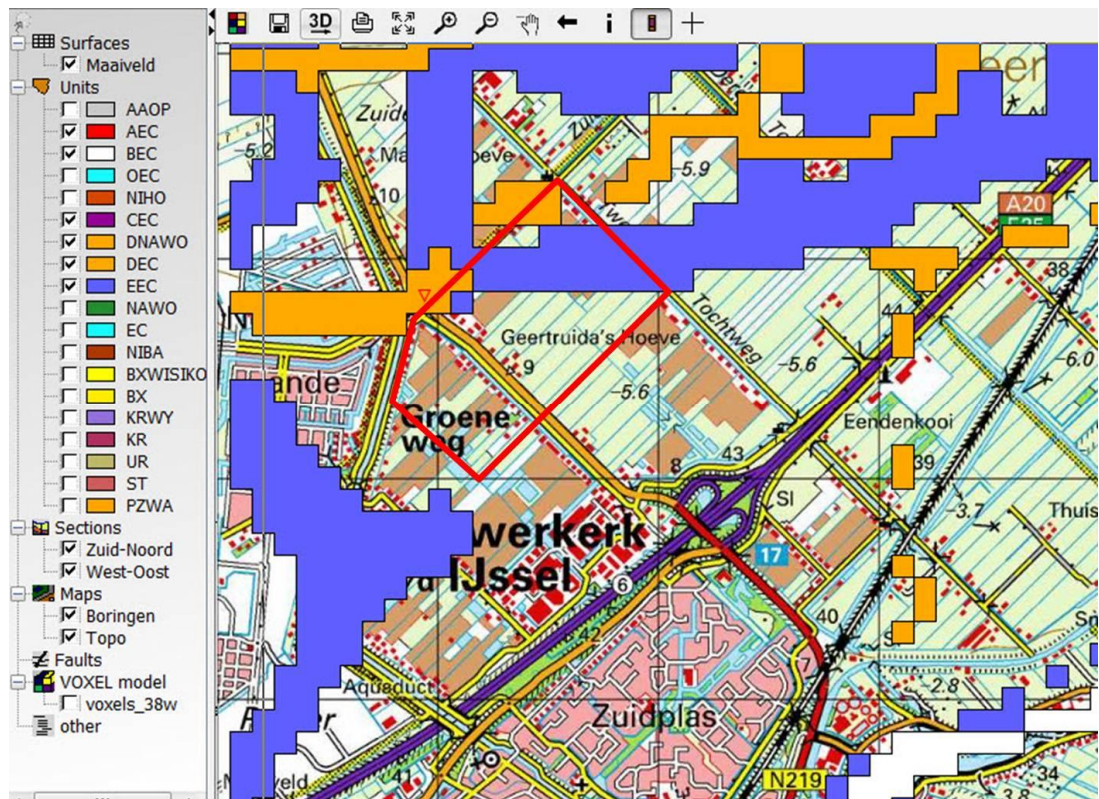
Door de opdrachtgever is aangegeven dat er zandige geulafzettingen aanwezig zijn. In figuur 4 is de ligging van een kreekrug weergegeven zoals deze volgens beschikbaar gestelde informatie van de opdrachtgever voorkomt.



Figuur 4 Ligging kreekrug (informatie opdrachtgever)

Volgens beschikbaar geologisch kaartmateriaal op basis van bodemmodel REGIS (geschematiseerd in vakken van 100*100 m) is de ligging bekend van zandige afzettingen in de Holocene klei- en veenlagen (resten van verlande kreek, zogenaamde kreekruigen of stroomruigen). In figuur 5 zijn deze stroomruigen aangegeven. De blauw aangeduide

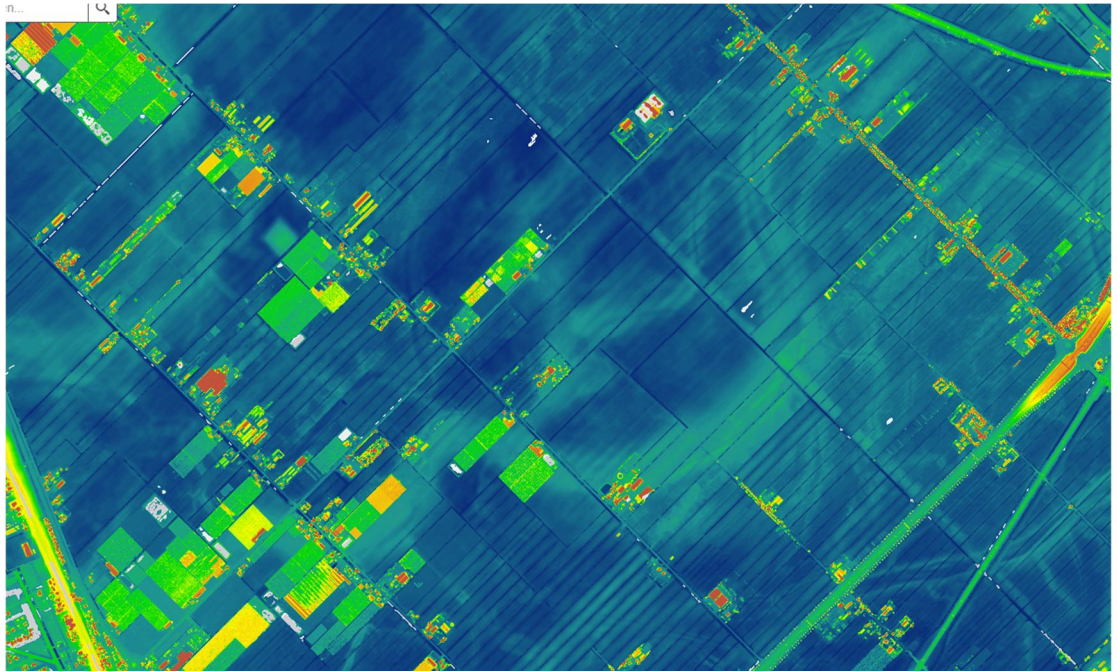
kreekruggen van de Echteld Formatie liggen dieper, globaal aan de top van het pleistocene zand. De oranje aangeduide kreekruggen van de Naaldwijk Formatie liggen ondieper, in de holocene kleiige en venige afzettingen. Kleinere afzettingsresten zoals crevasses zijn niet in de kaart terug te vinden.



Figuur 5 Indicatie van de aanwezigheid van diepe (blauw) en ondiepe (oranje) kreekruggen

Door het bekijken van de maaiveldhoogte kaart van het AHN wordt duidelijk dat zich een minder samendrukbare laag zich aftekent aan het maaiveld. De vorm komt overeen met figuur 4. De breedte lijkt echter niet overal significant. Mogelijk is hier sprake van enkele kleine stroomruggen ofwel restanten van oude doorbraken (crevasses¹) die niet erg breed en diep zijn.

¹ Crevasses zijn natuurlijke resten van smalle stroomgeulen die zijn ontstaan als gevolg van doorbraken van water door oeverwallen langs kreek en die zijn opgevuld geraakt met zandig afzettingmateriaal. Crevasses zijn in het terrein herkenbaar door smalle ruggen die hoger zijn dan omliggende maaiveld.



Figuur 6 Maaiveldhoogte in Zuidplaspolder en mogelijke ligging kreekrug

2.3 Waterpeilen

De peilen van het open water in het gebied zijn zeer divers. Doel is in dit gebied over te gaan tot een uniform peil dat ongeveer het gemiddelde is van de huidige peilen in de verschillende peilgebieden. Dit nieuwe peil bedraagt circa NAP – 6,5 m.

De freatische (ondiepe) grondwaterstand wordt bepaald door het polderpeil. Het polderpeil is als uitgangspunt voor de zettingsberekeningen gekozen.

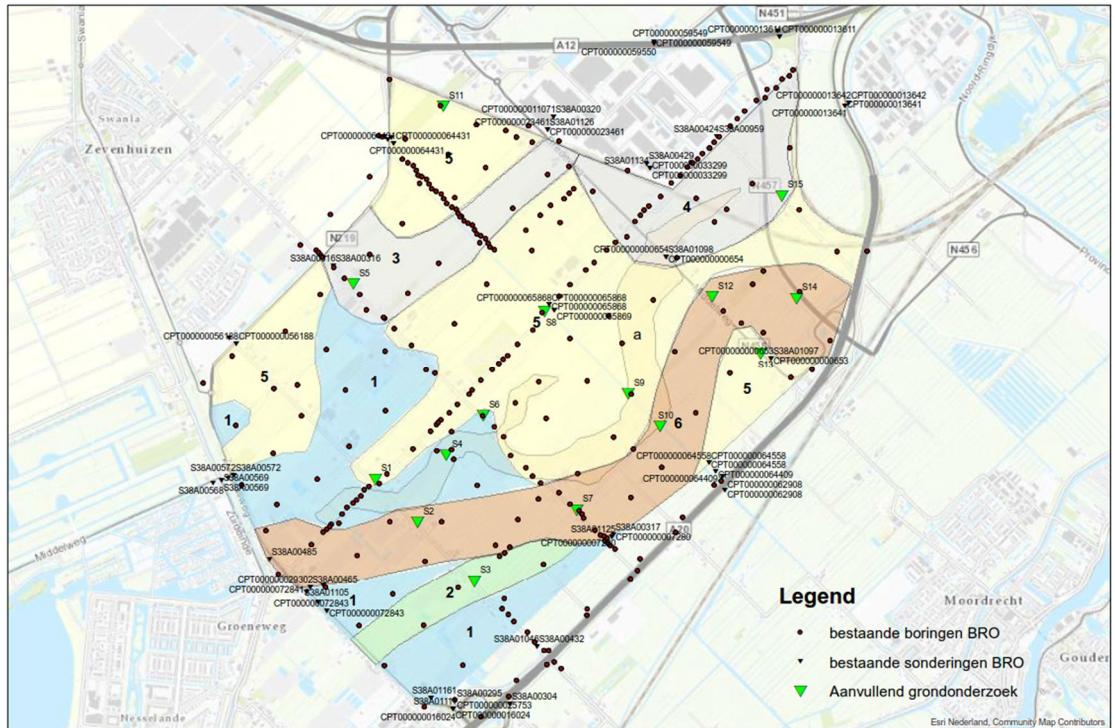
De stijghoogte van het diepe grondwater in het pleistocene zand ligt op NAP - 6,05 m, zoals is afgeleid uit waarnemingen en interpolaties van waarnemingen (dinoloket) in de omgeving. In de zettingsberekeningen is er vanuit gegaan dat de stijghoogte niet zal veranderen gedurende een periode van 30 jaar.

2.4 Verdeling in deelgebieden

Op basis van het beschikbare grondonderzoek zoals aangegeven in figuur 2 is een indeling in gebieden gemaakt. Deze indeling is gebaseerd op het volgende:

- Diepte van diepe zand (de diepte waarbeneden de ondergrond als onsamendrukbaar kan worden gezien); Deze diepte is gelijk aan de dikte van het samendrukbare grondpakket.
- De aanwezigheid van veen nabij het maaiveld.
- De dikte van de veenlagen in het holocene pakket.

Voorgaande heeft geleid tot een indeling in een 6 -tal gebieden waarvan verwacht mag worden dat binnen deze gebieden dezelfde zettingsresultaten zullen gelden en dus dezelfde maatregelen nodig zijn. De eerder gekozen gebieden 3 en 4 zijn naderhand nog samengevoegd. De ligging van de kreekrug uit figuur 4 is overgenomen in de gebiedsindeling. Voor gebieden waar deze overlappen met de kreekrug kunnen afwijkende resultaten volgen. In bijlage 1 is per gebied nog aanvullende informatie gegeven over de aangehouden gegevensbronnen en kenmerken.



Figuur 7 Gebiedsindeling op basis van het bestaande grondonderzoek

De kenmerken van de verschillende gebieden is in tabel 1 gegeven.

Tabel 3 Kenmerken gebiedsindeling

gebied	Kleur in figuur 7	Kenmerk	
1	blauw	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en veen	Zand vanaf NAP -13 a – 14 m; dikte slappe lagen 7 a 8 m
2	groen	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en enkele meters veen	Zand vanaf NAP -13 a – 14 m; dikte slappe lagen 7 a 8 m
3	grijs	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en veen	Zand vanaf NAP -13,5 a – 14,5 m; dikte slappe lagen 7,5 a 8,5 m
4	grijs	Holocene grondopbouw klei en veen	Zand vanaf NAP -13,5 a – 14,5 m; dikte slappe lagen 8 a 9 m
5	geel	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en veen	Zand vanaf NAP -11 a – 12 m; dikte slappe lagen 5,5 a 6,5 m
6	roodbruin	Holocene grondopbouw uit klei en veen	Zand vanaf NAP - 9,5 a -10,5 m; dikte slappe lagen 4,5 a 5,5 m
a	oranje	Holocene grondopbouw uit klei en veen; doorsneden door zand (geulopvulling)	Overgenomen uit figuur 4

Met betrekking tot de kreekrug wordt opgemerkt dat de ondiepe zandige geulopvulling in een aantal boringen (die volgens figuur 7 in de kreekrug liggen) is aangetroffen, echter in een groot aantal andere boringen zoals die zijn opgenomen in Dinoloket niet. Dat kan betekenen dat de omvang van de kreekrug minder groot is dan figuur 4 suggereert. Vooralsnog is de verwachting dat de kreekrug alleen tussen de Tweede Tochtweg en Derde Tochtweg duidelijk traceerbaar is omdat die in dit gebied in boringen uit Dinoloket en de aanvullende sondering S4 wordt aangetroffen. Dit deel van de kreekrug behoort tot deelgebied 1 en zal worden aangeduid met deelgebied 1a als de overlapping van deelgebied 1 met de kreekrug a. In de overige gebieden zoals deelgebied 5 en 6 wordt de kreekrug niet bevestigd door boringen uit dinoloket of aanvullende sonderingen die volgens figuur 7 in de kreekrug liggen. Mogelijk zijn de boorgegevens niet nauwkeurig genoeg of is de geulopvulling minder dik of minder breed. Voor

deze deelgebieden is geen aanvullende indeling gedefinieerd waar de kreekkrug voorkomt. Indien de ligging en omvang van deze kreekkrug nog belangrijk wordt voor het projectgebied dient aanvullend onderzoek te worden uitgevoerd om deze nauwkeuriger in kaart te brengen.

2.5 Aanvullend grondonderzoek

Uit figuur 2 blijkt dat er in het gebied een redelijke hoeveelheid boorbeschrijvingen beschikbaar is, maar het aantal sonderingen is zeer beperkt en de onderzoekspunten liggen voornamelijk nabij de wegen rondom het projectgebied.

Voor dit stadium van het project zijn aanvullende sonderingen gewenst zodat voor de onderscheiden gebieden informatie beschikbaar komt over de grondopbouw gekoppeld aan een conusweerstand. Hier kan later ook aanvullende informatie uit worden afgeleid, bijvoorbeeld over de sterkte van de grond.

Rekening houdend met de gebiedsindeling en de beschikbaarheid en bereikbaarheid van locaties is een plan gemaakt van 15 elektrische sonderingen tot MV – 15 m met meting van de waterspanning. De sondeerlocaties S1 t/m S15 zijn weergegeven in figuur 7. Omdat toestemming voor de geplande locaties was geregeld zijn in deze fase tevens 3 boringen met monsternamen uitgevoerd. Het betreft boringen nabij sonderingen S3, S5 en S12.

Naar aanleiding van de uitvoering van de boringen zijn laboratoriumproeven gepland waarbij beschrijving van monsters, bepaling van volumegewichten en watergehalten, en ook samendrukkingsproeven zijn voorzien. Deze gegevens zijn nog niet beschikbaar.

Het resultaat van de sonderingen en boringen wordt separaat gerapporteerd.

Uit het resultaat van de sonderingen en boringen blijkt dat de gebiedsindeling zoals gegeven in figuur 7 wordt bevestigd .

3 Uitgangspunten t.b.v. berekeningen

3.1 Zettingsmodel

Voor de deelgebieden in figuur 7 zijn rekening houdend met de beschikbare ondergrondgegevens en eerdere studies schematisaties van de grondopbouw per gebied afgeleid. De hoogte van de bovenkant van elke grondlaag is in de tabellen aangegeven.

Gebied 1	
Maaiveld gemiddeld	NAP -5.39 m
Polderpeil	NAP -6.5 m
Stijghoogte	NAP -6.05
Bovenkant laag [m tov NAP]	Laagbeschrijving
-5,39	klei (antropogeen)
-7,3	veen
-8,8	klei
-13,21	zand

Gebied 1a	
Maaiveld gemiddeld	NAP -4.87 m
Polderpeil	NAP -6.5 m
Stijghoogte	NAP -6.05
Bovenkant laag [m tov NAP]	Laagbeschrijving
-4,87	klei (antropogeen)
-7,9	zand
-10,1	klei
-12,47	zand

Gebied 2	
Maaiveld gemiddeld	NAP -5.80 m
Polderpeil	NAP -6.5 m
Stijghoogte	NAP -6.05
Bovenkant laag [m tov NAP]	Laagbeschrijving
-5,80	veen
-7,2	klei
-7,6	veen
-8,6	klei
-11,2	veen
-13,1	klei
-13,28	zand

Gebied 3 en 4	
Maaiveld gemiddeld	NAP -5.44 m
Polderpeil	NAP -6.5 m
Stijghoogte	NAP -6.05

<i>Bovenkant laag [m tov NAP]</i>	<i>Laagbeschrijving</i>
-5,44	klei
-8,1	veen
-10,1	klei
-14,02	zand

Gebied 5	
Maaiveld gemiddeld	NAP -5.48 m
Polderpeil	NAP -6.5 m
Stijghoogte	NAP -6.05
<i>Bovenkant laag [m tov NAP]</i>	<i>Laagbeschrijving</i>
-5,48	klei
-9,5	veen
-11	klei
-11,35	zand

Gebied 6	
Maaiveld gemiddeld	NAP -5.61 m
Polderpeil	NAP -6.5 m
Stijghoogte	NAP -6.05
<i>Bovenkant laag [m tov NAP]</i>	<i>Laagbeschrijving</i>
-5,61	klei
-6,9	veen
-8	klei
10	zand

3.2 Geotechnische grondparameters

Omdat er geen additionele informatie beschikbaar is en de resultaten van de laboratoriumproeven in het aanvullende grondonderzoek nog niet zijn afgerond is voor de zettingsberekeningen gebruik gemaakt van de grondparameters zoals die in de eerdere studies zijn afgeleid.

De samendrukkingseigenschappen uit die studies waren afgeleid volgens het onderzoek voor Rijkswegen 12 en 20. De globaal te verwachten waarden voor de samendrukkingparameters zijn voor dit onderzoek vervolgens bepaald aan de hand van een correlatie met de volumegewichten van de grondlagen (volgens Den Haan in Geotechniek 1, 2004). De volumegewichten van de grondlagen zijn afgeleid uit het beschikbare onderzoek.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de gehanteerde grondeigenschappen voor de zettingsanalyses. De berekeningen zijn uitgevoerd met de a,b,c-isotachenmethode in het rekenprogramma D-Settlement. Vermelde berekeningsmethode volgens de a,b,c-isotachenmethode voldoet naar het inzicht van Deltares het beste voor zettingsanalyse bij ophoging op zeer slappe bodemlagen.

De geschatte waarden voor de grondparameters zijn gelijk aan de waarden die zijn gebruikt voor de zettingsberekeningen voor het gebied Waterparel. Naar onze indruk zijn de gebruikte waarden voor de samendrukkingparameters gelijk aan gemiddelde waarden voor de aangegeven grondlagen. Uitgaande van de mogelijke range voor de volumegewichten kunnen de maximale

waarden voor de samendrukkingsparameters circa 25 tot 50% afwijken van de aangenomen waarden. Uitvoering van nader grondonderzoek is noodzakelijk om meer inzicht te krijgen omtrent de lokaal geldende samendrukkingseigenschappen.

Tabel 4 Grondparameters behorende bij grondlagen

Grondsoort	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	a [-]	b [-]	c [-]	c_v [m ² /s]	Over-consolidatie POP of OCR
Antropogene aanvulling met klei	14-16	14-16	0.022	0.154	0.006	2,00E-07	POP=10 kPa
Klei, Formatie van Naaldwijk, lagenpakket van Wormer, Formatie van Echteld	14-16	14-16	0.022	0.154	0.006	2,00E-08	OCR=1,3 [-]
Zand, Formatie van Naaldwijk	17	19	0,001	0,010	0,001	2,00E-06	OCR=1,3 [-]
Hollandveen Formatie van Nieuwkoop	10-11	10-11	0.045	0.313	0.013	1,00E-07	OCR=1,3 [-]
Zand Formatie van Echteld en Pleistoceen	18	20	-	-	-	-	OCR=1,3 [-]

In het verleden is in deze polder grond afgegraven. Het gevolg is dat in de diepere niet ontgraven grondlagen vroeger een hogere korrelspanning heeft geheerst dan nu actueel wordt aangetroffen. Deze zogenaamde overconsolidatie voor de huidige toplaag wordt aangeduid met een POP (pre-overburden-pressure ofwel een waarde bovenop de actuele spanning). De toplaag is door agrarische bewerking en bodemleven meer doorlatend geworden. De overconsolidatie voor deze toplaag is voornamelijk door waterstandwisselingen gevormd. Voor de diepere lagen is de overconsolidatie voornamelijk bepaald door de OCR (verhouding tussen ooit aanwezige spanning en actuele spanning) die is aangehouden op 1,3.

In de berekeningen is er van uitgegaan dat het ophoogzand in de te realiseren ophogingen een volumegewicht heeft van droog $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$, en nat $\gamma_n = 20 \text{ kN/m}^3$.

3.3 Uitgangspunten van de opdrachtgever

De voor de berekeningen van belang zijnde uitgangspunten vanuit de opdrachtgever zijn als volgt:

- Gewenst maaiveldpeil bij oplevering NAP - 5,20 m
- Waterpeil in watergangen NAP - 6,50 m
- Restzettingseis 20 cm in 10.000 dagen

Er is maximaal 1 jaar beschikbaar voor voorbelasten. Voor het effect op de aanwezige slappe grondlagen is in verband met het opbouwen van de ophoging en later weghalen van de overhoogte gekozen voor een effectieve voorbelasttijd van 9 maanden of 270 dagen.

4 Resultaat zettingsberekeningen

4.1 Algemeen

Bij een traditionele ophoging in zand zijn de volgende termen van toepassing:

- Netto ophoging: ophoging van bestaand maaiveld naar gewenst maaiveld bij opleveren
- Overhoogte: overhoogte bovenop de netto ophoging om de optredende zetting in de voorbelastperiode te compenseren zodanig dat bij opleveren het gewenste maaiveld wordt bereikt
- Tijdelijke overhoogte : Een extra ophoging die tot doel heeft restzetting te reduceren en na de voorbelastperiode wordt weggehaald
- Totale zanddikte is de netto ophoging + overhoogte + tijdelijke overhoogte. Alleen de eerste 2 componenten zijn permanent.

Vooralsnog is uitgegaan van een maximaal haalbare totale ophoging van 3 a 4 m. Gebleken is dat die ophoging wel nodig is als gevolg van de aanwezige grondslag. De onzekerheid omtrent het halen van de restzettingseisen wordt bij toenemende tijdelijke ophogingen groter waardoor rekening zou moeten worden gehouden met lastig te voorspellen extra wachttijd. Om met meer zekerheid aan de restzettingseisen te kunnen voldoen en de zandhoogte te beperken zijn in een dergelijk geval verticale drains nodig. Er is uitgegaan van een hart op hart afstand van 1 m van de verticale strips. De onderkant van de strips dienen minimaal 1 m boven de laagscheiding naar het pleistocene zand te blijven. Omdat de ligging van dat grensvlak varieert in de zuidplaspolder dient bij het definitieve ontwerp goed naar de variatie van dat vlak in het beschouwde deelgebied te worden gekeken.

4.2 Resultaat per gebied

De berekeningsresultaten per deelgebied zijn opgenomen in tabel 5. Voor deelgebieden 1 en 6 zijn ook de resultaten zonder en met verticale drains weergegeven. Voor de overige deelgebieden zijn alleen de resultaten met toepassing van verticale drains weergegeven omdat de situatie zonder drains leidt tot zeer grote ophogingen. In de tabellen is de indicatie van de benodigde zanddikte gegeven zodanig dat, uitgaande van een zettingscompenserende overhoogte en een tijdelijke overhoogte gedurende de voorbelastperiode, de restzetting kleiner is dan 0,2 m en het maaiveld bij oplevering op de gewenste hoogte ligt.

Tabel 5 Resultaat benodigde zanddikte bij traditionele zandophoging in combinatie met verticale drains (gebied 1 en 6 ook zonder verticale drains)

Deelgebied	Netto ophoging [m]	Overhoogte [m]	Tijdelijke overhoogte [m]	Verticale drains	Totale zanddikte [m]	Zanddikte tijdelijk [m]	Zanddikte permanent [m]
1 optie zonder vert.drains	0.2	1	2.5	nee	3.7	2.5	1.2
1 optie met vert drains	0.2	1	0.5	ja	1.7	0.5	1.2
1a (overlappend gebied 1 met kreekrug a)	0.3*	-	-	Nee	-	-	-
2	0.6	2.25	1	Ja	3.9	1	2.9
3 en 4	0.24	1	0.5	Ja	1.8	0.5	1.3
5	0.28	1	0.5	Ja	1.8	0.5	1.3
6 optie zonder vert.drains	0.41	1	1.5	Nee	3.0	1.5	1.5
6 optie met vert drains	0.41	0.75	0	Ja	1.2	0	1.2

* de actuele maaiveldhoogte ligt boven de gewenste maaiveldhoogte; verondersteld is dat ca. 0,5 m grond wordt vervangen door zand zodat een kleine gewichtsverhoging optreedt die een restzetting zal veroorzaken. Deze restzetting is bij deze aannames kleiner dan 0,2 m. Voorbelastingsperiode is 9 maanden

4.3 Alternatieven voor traditionele zandophoging

Als alternatieven voor traditionele zandophoging komen doorgaans de volgende methodieken in aanmerking:

- Verhinderen van zetting (bijvoorbeeld een paalmatras systeem)
- Belastingbeperking (bijvoorbeeld door toepassing van EPS of lichtgewicht ophoogmaterialen)
- Voorbelastmethodiek met gebruik van onderdruk

Toepassing van paalmatrasystemen op grote schaal zal hoge kosten inhouden. Toepassing van deze methode voor specifieke locaties zou in een later stadium nader onderzocht kunnen worden. Inzet van de methodiek lijkt gezien de resultaten in paragraaf 4.2 op dit moment niet noodzakelijk.

Grootschalige toepassing van EPS vergt een zorgvuldig ontwerp in verband met de combinatie met riolen, kabels en leidingen en grondwaterstanden. Op dit moment is de indruk dat EPS hier geen reële oplossing biedt.

Lichtgewicht ophoogmaterialen moeten mogelijk ingepakt worden. Daarnaast is tussen maaiveld en lichtophoogmateriaal circa 1 m zand nodig om te voorkomen dat het lichte ophoogmateriaal verbrijzeld wordt door belastingen op maaiveld of zich kan vermengen met de andere grondlagen bij graafwerkzaamheden. Op dit moment is vanwege de resultaten in paragraaf 4.2 (m.n. met het oog op de berekende zanddiktes) toepassing van lichte ophoogmaterialen niet noodzakelijk.

Voor een voorbelastmethodiek met behulp van kunstmatig te realiseren onderdruk is voor de relevante gebieden bekeken wat het effect kan zijn. Door inzet van een dergelijke uitvoeringswijze kan een tijdelijke overhoogte worden uitgespaard. In deze methodiek worden verticale met zand gevulde sleuven gemaakt met een breedte van ca. 0,25 m. Onder in deze sleuf is een drain aangebracht. Aangenomen is dat de pomp de druk met circa 10 kPa kan reduceren, door aanbrengen van een sealing (folie) wordt daarmee een onderdruk van circa 30 kPa gecreëerd.

De berekende benodigde zanddikten en uitgangspunten met betrekking tot diepte van de zandsleuven en afstand tussen de zandsleuven voor de onderdruk methode zijn vermeld in tabel 4.

Tabel 6 Resultaat berekeningen bij alternatieve consolidatie methode (onderdruk)

Gebied	Netto ophoging	overhoogte	Drainwall Diepte [m tov MV]	Drainwall tussen afstand [m]	Totale zanddikte [m]	Zanddikte tijdelijk [m]	Zanddikte permanent [m]
1	0.2	1	5	2.5	1.2	-	1.2
1a (overlapping gebied 1 met kreekruig a)	*	-	-	-	-	-	-
2	0.6	2.25	6	2	2.9	-	2.9
3 en 4	0.24	1.25	5	2.5	1.5	-	1.5
5	0.28	1	4	2.5	1.3	-	1.3
6	*	1	1.5	ja	3.0	1.5	1.5

* Voor deze gebieden is het alternatief met drainwalls niet aan te bevelen ivm de aanwezigheid van zandbanen of de nabijheid van het diepe zand. Hierdoor is de kans groot op het maken van 'kortsluitingen' tussen diep en ondiep grondwater.

5 Conclusies

De gemeente Zuidplas is voornemens om in het middengebied van de Zuidplaspolder woningen te gaan realiseren. Het gebied wordt globaal begrensd door de A20 aan zuidzijde, de N219 aan westzijde, de spoorlijn aan de noordzijde en de N457 aan de oostzijde. Het gebied heeft een omvang van circa 4 km x 2,3 km.

Op basis van beschikbare gegevensbronnen is het gebied in 6 deelgebieden onderverdeeld met per deelgebied geldende karakteristieke grondopbouw en diepte van voorkomende samendrukbare lagen.

Aanvullend grondonderzoek bestaande uit 15 sonderingen en 3 boringen is uitgevoerd om extra informatie over de opbouw van de ondergrond op te leveren. De resultaten van geplande samendrukkingsproeven op monsters van slappe lagen uit de boringen waren nog niet beschikbaar op het moment van opstellen van voorliggend rapport. Ter toetsing van de conclusies in dit rapport dient het effect van de proefresultaten (samendrukkingsparameters) op de berekeningsresultaten daarmee nog te worden vastgesteld.

Voor alle 6 onderscheiden deelgebieden zijn zettingsberekeningen uitgevoerd om vast te stellen welke maatregelen (zanddikte, toepassing van verticale drains, effect van consolidatie met onderdruk) nodig zijn om aan de uitgangspunten van de opdrachtgever te kunnen voldoen.

De ondergrond is zeer samendrukbaar in het project gebied. De maatregelen variëren afhankelijk van de samenstelling en dikte van de samendrukbare ondergrond. In enkele deelgebieden is de toepassing van een traditionele zandophoging inclusief tijdelijke overhoogte mogelijk om aan de restzettingeis van 0,20 m in 10000 dagen te kunnen voldoen. De zanddikte bedraagt dan 3 a 4 m. De toepassing van verticale drains zal de benodigde zanddikte reduceren en de onzekerheid over restzetting verkleinen. De resultaten van de indicatie van de benodigde zanddiktes om aan de restzettingeis en tevens de gewenste opleverhoogte van het maaiveld te voldoen, gegeven een beschikbare effectieve voorbelastperiode van 9 maanden, te voldoen zijn hieronder samengevat. De eerste tabel toont de benodigde ophoging, overhoogte en tijdelijke overhoogte bij toepassing van traditionele zandophoging, gecombineerd met verticale drains in enkele deelgebieden. De tweede tabel toont de ophoging wanneer zandophoging wordt gecombineerd met versnelde consolidatie door toepassing van onderdruk in gedraineerde sleuven.

Tabel 7 Resultaat bij traditionele zandophoging evt in combinatie met verticale drains

Deelgebied	Netto ophoging [m]	Overhoogte [m]	Tijdelijke overhoogte [m]	Verticale drains	Totale zanddikte [m]	Zanddikte tijdelijk [m]	Zanddikte permanent [m]
1 optie zonder vert.drains	0.2	1	2.5	nee	3.7	2.5	1.2
1 optie met vert drains	0.2	1	0.5	ja	1.7	0.5	1.2
1a (overlappend gebied 1 met kreekbrug a)	0.3*	-	-	Nee	-	-	-
2	0.6	2.25	1	Ja	3.9	1	2.9
3 en 4	0.24	1	0.5	Ja	1.8	0.5	1.3
5	0.28	1	0.5	Ja	1.8	0.5	1.3
6 optie zonder vert.drains	0.41	1	1.5	Nee	3.0	1.5	1.5
6 optie met vert drains	0.41	0.75	0	Ja	1.2	0	1.2

* de actuele maaiveldhoogte ligt boven de gewenste maaiveldhoogte; verondersteld is dat ca. 0,5 m grond wordt vervangen door zand zodat een kleine gewichtsverhoging optreedt die een restzetting zal veroorzaken. Deze restzetting is bij deze aannames kleiner dan 0,2 m. Voorbelastperiode is 9 maanden

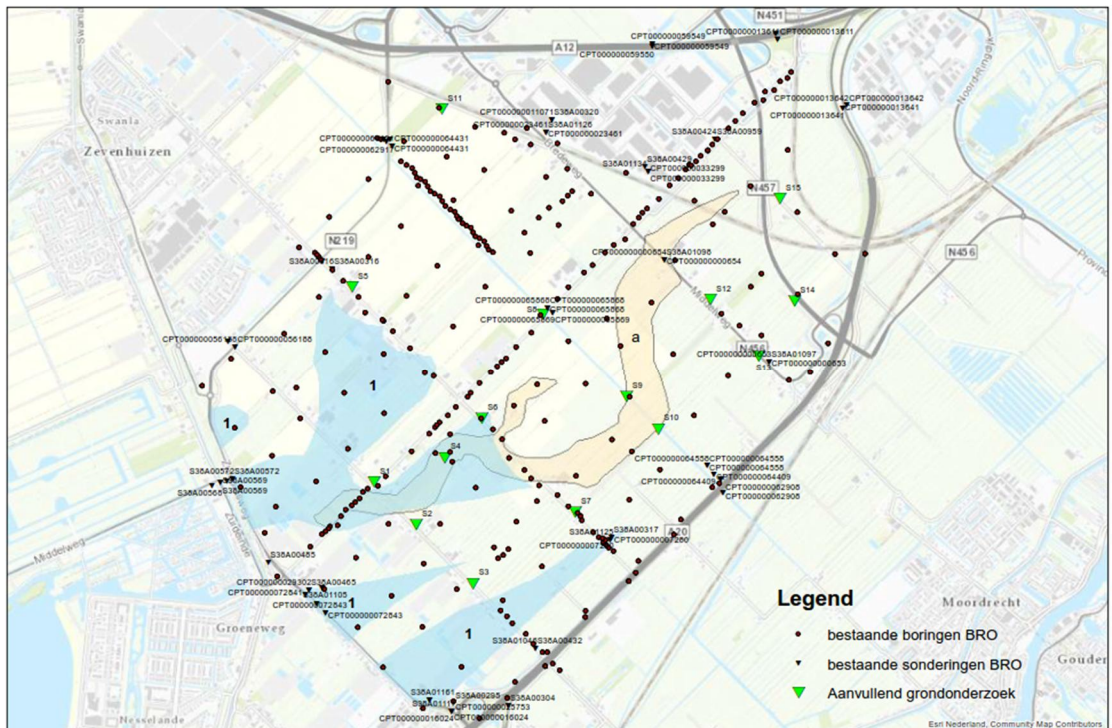
Tabel 8 Resultaat berekeningen bij alternatieve consolidatie methode (onderdruk)

Gebied	Netto ophoging	overhoogte	Drainwall Diepte [m tov MV]	Drainwall tussen afstand [m]	Totale zanddikte [m]	Zanddikte tijdelijk [m]	Zanddikte permanent [m]
1	0.2	1	5	2.5	1.2	-	1.2
1a (overlappend gebied 1 met kreekbrug a)	*	-	-	-	-	-	-
2	0.6	2.25	6	2	2.9	-	2.9
3 en 4	0.24	1.25	5	2.5	1.5	-	1.5
5	0.28	1	4	2.5	1.3	-	1.3
6	*	1	1.5	ja	3.0	1.5	1.5

* Voor deze gebieden is het alternatief met drainwalls niet aan te bevelen ivm de aanwezigheid van zandbanen of de nabijheid van het diepe zand. Hierdoor is de kans groot op het maken van 'kortsluitingen' tussen diep en ondiep grondwater.

A Gebiedsindeling

A.1 Gebied 1



Aanvullende sondingen/boringen: S4, S6
Bestaande sondingen CPT00..072843, S38A01161,
Bestaande boringen B38A1188, B38A1303, B38A1184

Gebied 1 bestaat uit zeekleiafzettingen met inschakelingen van veen.
Het maaiveld ligt op ongeveer NAP – 5,4 m (variatie NAP – 5,8 a -5,0 m).
Het pleistocene zand ligt op ongeveer MV – 7,8 m of NAP – 13,2 m (variatie NAP – 14,1 a -12,7 m).
Kenmerkend voor dit profiel is dat klei aan de oppervlakte voorkomt met daaronder een veenlaag op een diepte van circa MV - 1,5 m met een dikte van circa 1,5 m.

A.2 Gebied 1a

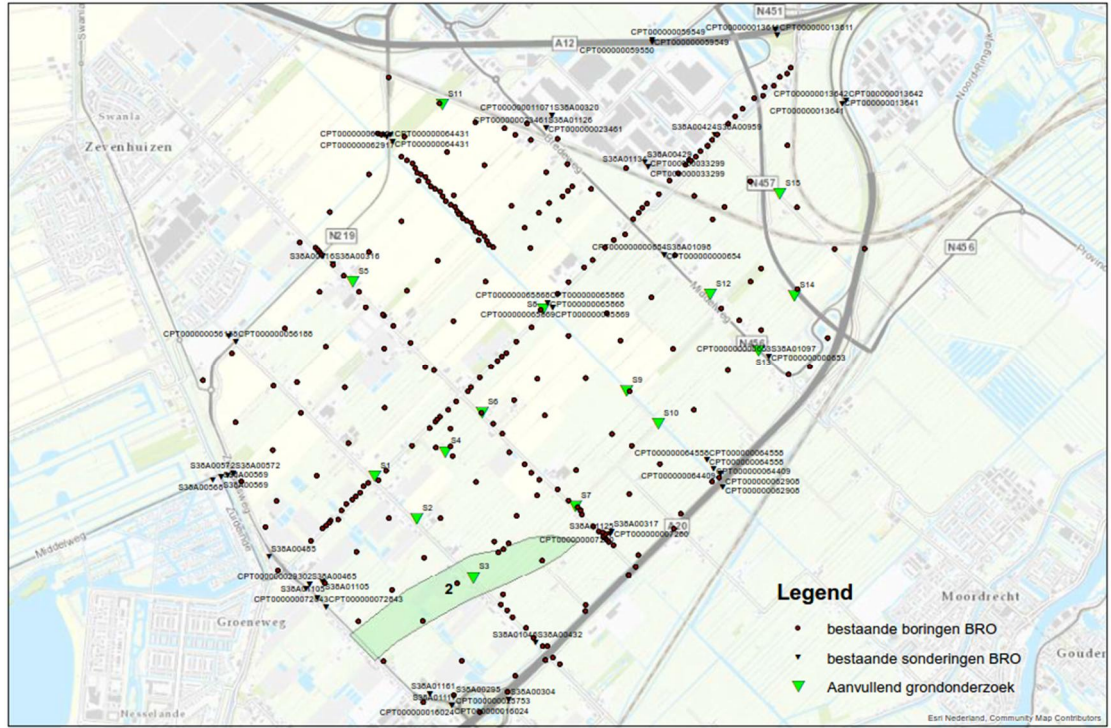
Lokaal (gebied a) loopt een ondiepe holocene geulafzetting van de formatie van Naaldwijk. Deze laag is aangetroffen in sondering S4, waarbij tussen NAP -7 m en NAP – 10.5 m een zandige laag met zeer lage conusweerstand wordt aangetroffen. De zandige laag lijkt ook siltige of kleiige dunne laagjes te hebben. Bij sondering S6 is zandige laag dunner. Boringen B28A1329, B38A1346, B38A1354 zijn boringen waar een tussenzandlaag wordt aangetroffen. Overige boringen rondom deze boringen laten deze laag niet zien. Dit kan veroorzaakt zijn door een niet nauwkeurige beschrijving of deze laag is nauwelijks aanwezig.
De boringen bevestigen dus niet exact waar de gekarteerde kreekruig voorkomt. Aangezien het maaiveld wel een aftekening van deze ondiepe kreekruig laat zien, moet aanvullend grondonderzoek nog bevestigen of deze laag overal aanwezig is. Daar waar de zandige geulopvulling wordt aangetroffen ligt het maaiveld duidelijk hoger. Omgekeerd moet het verhoogde maaiveld een zandige geulopvulling betekenen. Voorlopig is de conclusie dat er over

een deel van de veronderstelde kreekkrug de aanwezigheid wordt bevestigd maar dat over de noordoostelijke helft de kreekkrug vermoedelijk minder breed is dan de arcering doet vermoeden.

Het maaiveld ligt op ongeveer NAP – 4,97 m (variatie NAP – 5,1 a -4,7 m).

Het pleistocene zand ligt op ongeveer MV – 7,6 m of NAP – 12,4 m (variatie NAP – 13,4 a -11,8 m).

A.3 Gebied 2



Aanvullende sonderingen/boringen: S3/B3,

Bestaande sonderingen

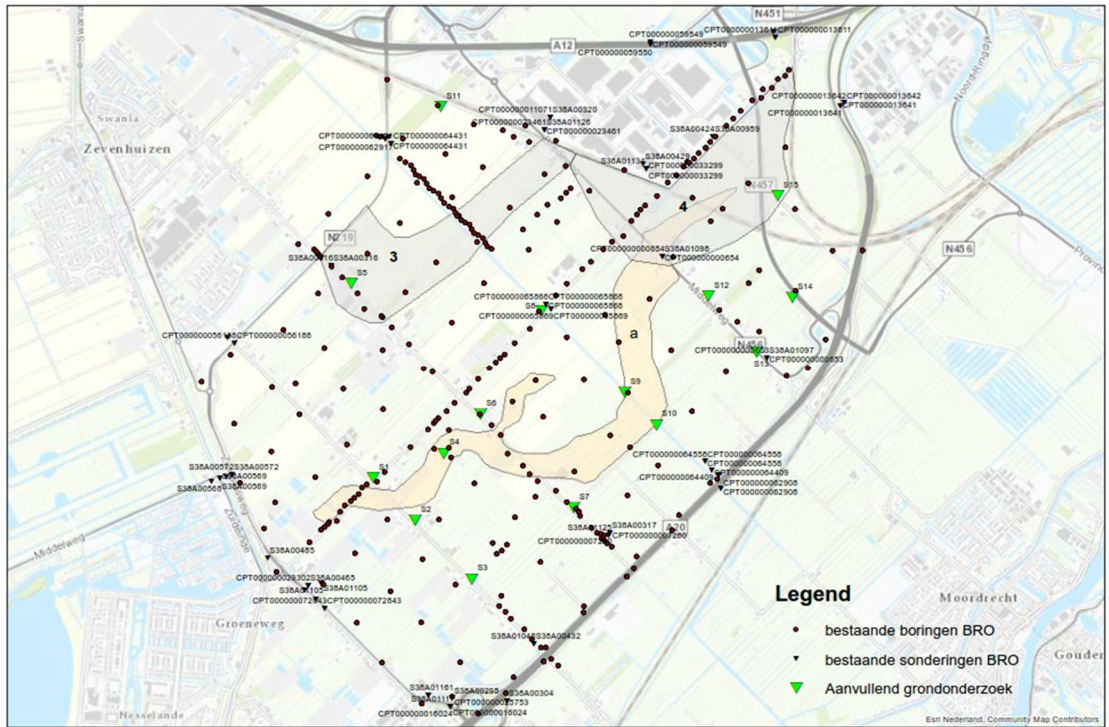
Bestaande boringen B38A1187, B38A1186, B38A1201,

Gebied 2-1 is een veengebied waar veen aan de oppervlakte wordt aangetroffen. Kenmerkend voor dit gebied is onderstaand boorprofiel.

Het maaiveld ligt in gebied 2-1 gemiddeld op circa NAP – 6,20 m (variatie NAP -6,0 a -5,6 m).

Het Pleistoceen ligt op circa MV – 8,3 m of NAP – 14,5 m (variatie NAP – 13,6 a -13,1 m).

A.4 Gebied 3/4



Aanvullende sonderingen/boringen: S5/B5, S15

Bestaande sonderingen S38A00316, CPT00..056189

Bestaande boringen B38A1449, B38A1442, B38A1443, B38A1564, B38A1565, B38A1587, B38A1597, B38A1601, B38A1614, B38A1602

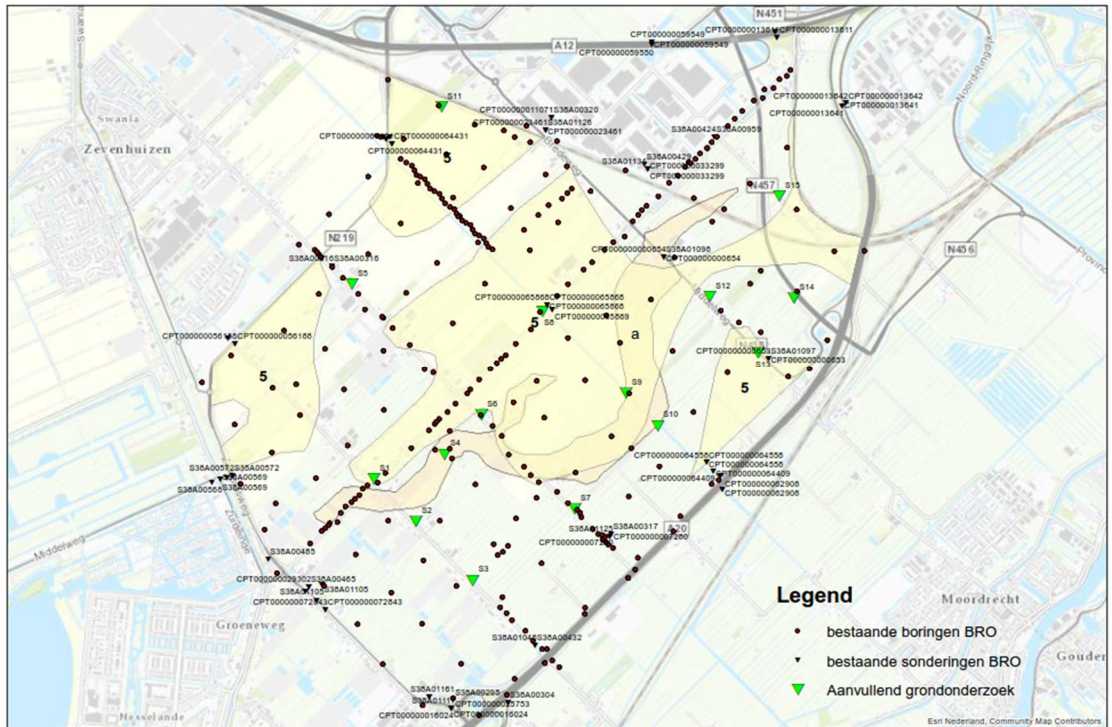
Gebied lijkt op gebied 1 echter het pleistocene zand wordt dieper aangetroffen. Bij sondering S5 lijkt het pleistocene zand te vervangen te zijn door een kleiige laag die zandig is en zandlaagjes bevat. Dit is vermoedelijke het laagpakket van Wijchen ehorende tot de formatie van Kreftenheye.

Het maaiveld ligt op ongeveer NAP – 5,4 m (variatie NAP – 5,7 a -4,9 m).

Het pleistocene zand ligt op ongeveer MV – 8,6 m of NAP – 14,1 m (variatie NAP -14,5 a -13 m).

Kenmerkend voor dit profiel is dat klei aan de oppervlakte voorkomt met daaronder een veenlaag op een diepte van circa MV - 3 m met een dikte van circa 2 m.

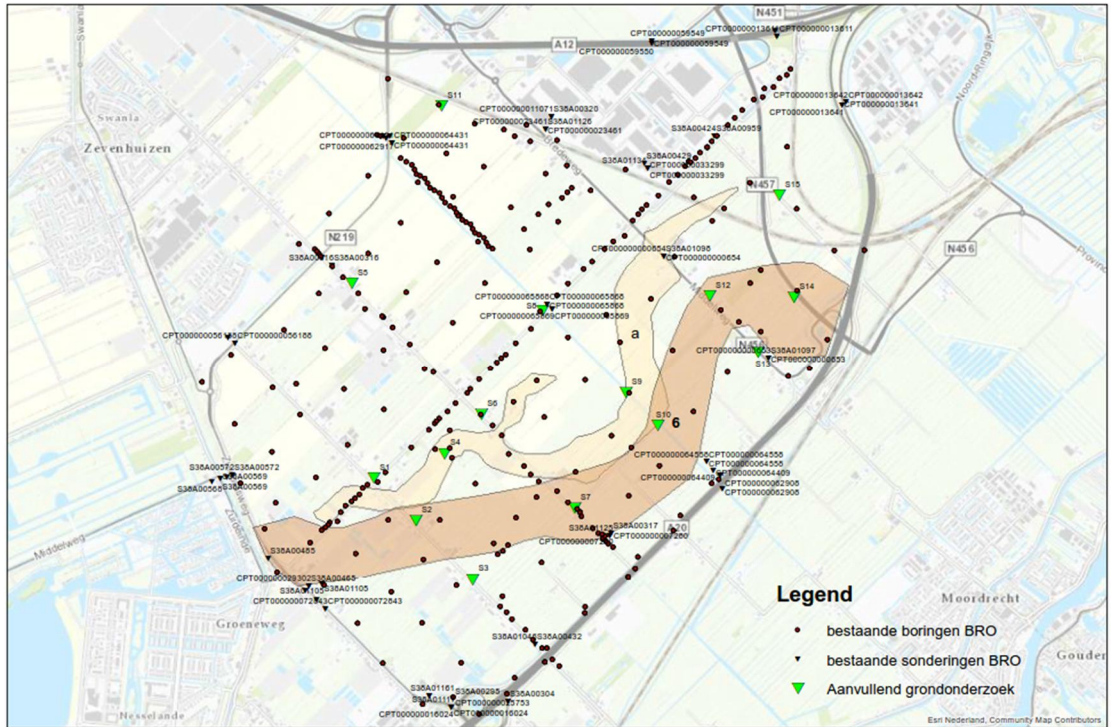
A.5 Gebied 5



Aanvullende sonderingen/boringen: S8, S9, S11, S13,
Bestaande sonderingen S38A001097, S38A01098, CPT00..065868 CPT00..065869
Bestaande boringen B38A1457, B38A1460, 1462, 1481, 1480, 1471, 1478

Gebied 5 bestaat uit zeekleiafzettingen met inschakelingen van veen.
Het maaiveld ligt op ongeveer NAP – 5,5 m (variatie NAP -6,0 a – 5,0 m).
Het pleistocene zand ligt op ongeveer MV – 5.9 m of NAP – 11,4 m (variatie NAP -12,6 a -9,9 m).
Kenmerkend voor dit profiel is dat klei aan de oppervlakte voorkomt met aan de onderzijde van het holocene pakket een veenlaag met een dikte van circa 2 m.

A.6 Gebied 6



Aanvullende sonderingen/boringen: S2, S7, S10, S12/B12, S14

Bestaande sonderingen S38A01105, CPT00000654

Bestaande boringen B38A1190, B38A1312, B38A1351, B38A1477, B38A1487

Gebied 6 bestaat uit zeekleiafzettingen met inschakelingen van veen. Het diepe zand ligt hoog vanwege de aanwezigheid van ruggen van de formatie van Echteld. Lokaal (gebied a) loopt een ondiepe holocene geulafzetting van de formatie van Naaldwijk. Deze laag is niet aangetroffen in de genoemde aanvullende sonderingen/boringen

Het maaiveld ligt gemiddeld op ongeveer NAP – 5,60 m (variatie NAP -5,7 a -5,4 m).

Het pleistocene zand ligt op ongeveer MV – 4,4 m of NAP – 10 m (variatie NAP -10,3 a -9,6 m).

Voor dit deelgebied is onderstaand boorprofiel van boring B38A1188 representatief.

Kenmerkend voor dit profiel is dat klei aan de oppervlakte voorkomt met daaronder een veenlaag op een diepte van circa MV - 1,4 m met een dikte van circa 1,1 m.