

Memo

Datum: 09-05-2019
Onderwerp: Invloed ophoging op waterkering GK-P-KNM04
Locatie: Waterkering A540_001 nabij Rijksweg A10 Zuid - Amsterdam
Documentnr.: ZPA-MEM-311613

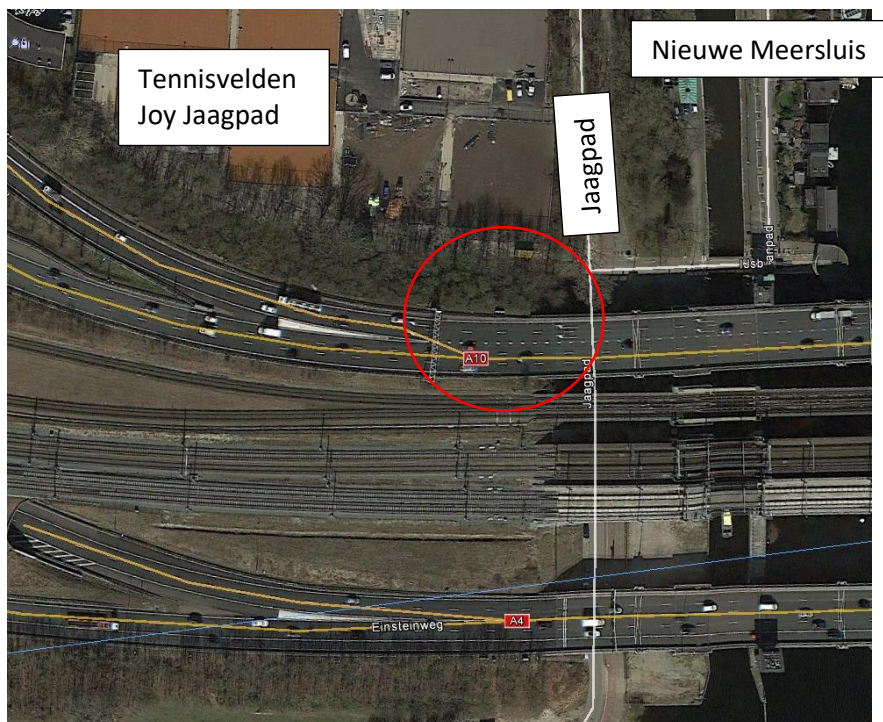
Opgesteld: Aziz Cherkaoui
E-mail: Aziz.cherkaoui@zuidplus.amsterdam
Bijlage(n): 3

Inleiding

ZuidPlus is voornemens de Rijksweg A10-zuid en het Schinkelcomplex in Amsterdam aan de noord- en zuidzijde van de Rijksweg te verbreden. De ophoging en realisatie van grondkering GK-P-KNM04 aan de noordzijde van de A10 kan de secundaire waterkering beïnvloeden.

Voor het verkrijgen van een watervergunning zijn door Waternet aanvullende berekeningen (stabieleits- en zettingsberekening) gevraagd om aan te tonen dat de stabiliteit en hoogte van de waterkering gewaarborgd blijven.

Deze memo omvat de toetsing van de stabiliteit volgens de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale waterkeringen [1] en zettingsberekeningen voor de verbreding aan de noordzijde van de Rijksweg A10.



Figuur 1: Locatie van de verbreding Ringweg A10 Zuid [bron: Google Earth 2018]

Bijlagen:

1. Gegevens bodemopbouw
2. Leggerprofiel van de dijk
3. ZPA-TEK-39219-01 en 02 Ontwerptekening GK-P-KNM04 Werkvak 5 vergunningsaanvraag versie 1.0

Doel

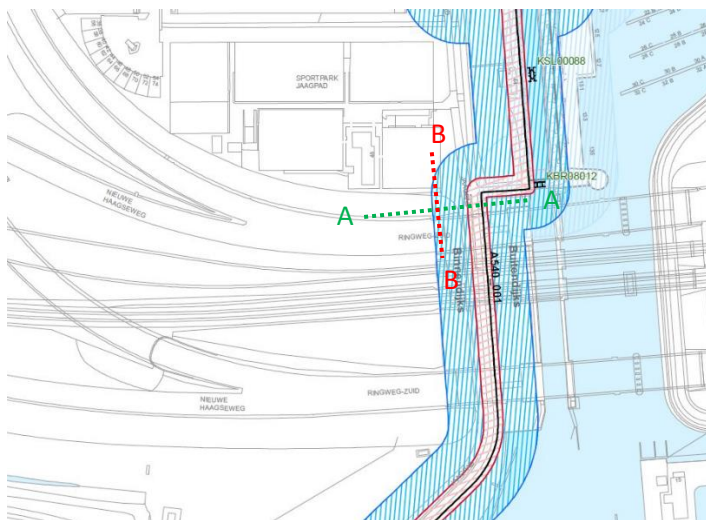
Het doel van deze memo is het bepalen van de invloed van de voorziene ophoging voor de uitbreiding van de A10 Zuid op de (macro)stabiliteit van de waterkering tijdens de uitvoeringsfase op basis van de gestelde normen voor regionale waterkeringen [1].

Referenties

- [1] Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) 2015 [module C: sterkte en module D: beoordeling veiligheid].
- [2] Legger van secundaire keringen in Amsterdam Nieuw-West met de daartoe behorende kunstwerken, Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht, 2015.
- [3] Ontwerpbasisrapport Geotechniek & Geohydrologie ZuidPlus ZPA-RAP-3653 d.d. 29-06-2018
- [4] PP28-RP02-Startnotitie en variantenstudie regionale waterkering Zuidas en Zuidasdok d.d. 28 augustus 2014 rev. B.
- [5] Memo ZPA-MEM-36524 vergelijking effectieve sterkte parameters Waternet - ZuidPlus d.d. 13-9-2018.

Locatiebeschrijving

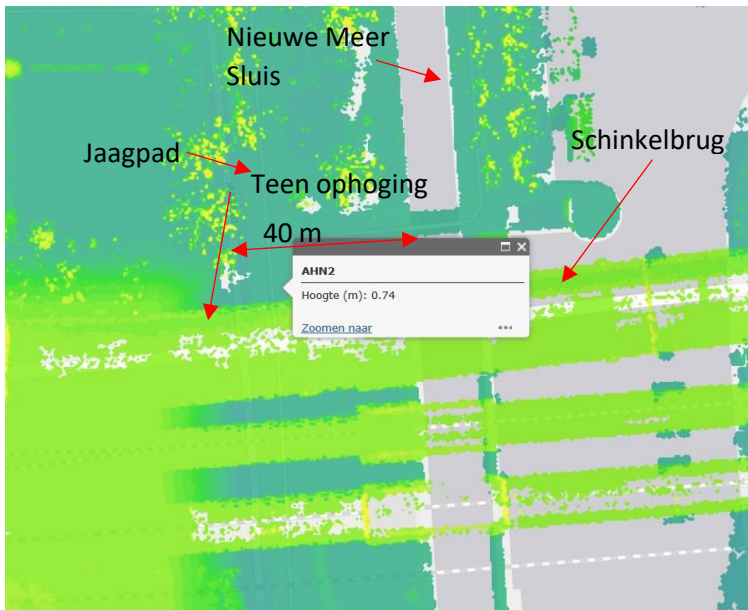
De locatie van de uitbreiding van het grondlichaam van de A10 is gelegen in dijkvak A540_001 en valt onder het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht, waarop de Keur, Beleids- en Algemene regels van het Waterschap van toepassing zijn. Figuur 2 geeft de legger van de secundaire keringen in Amsterdam Nieuw West weer.



Figuur 2: Legger van secundaire keringen in Amsterdam Nieuw West [2] met langs- en dwarsdoorsnede over de waterkering

Geometrie

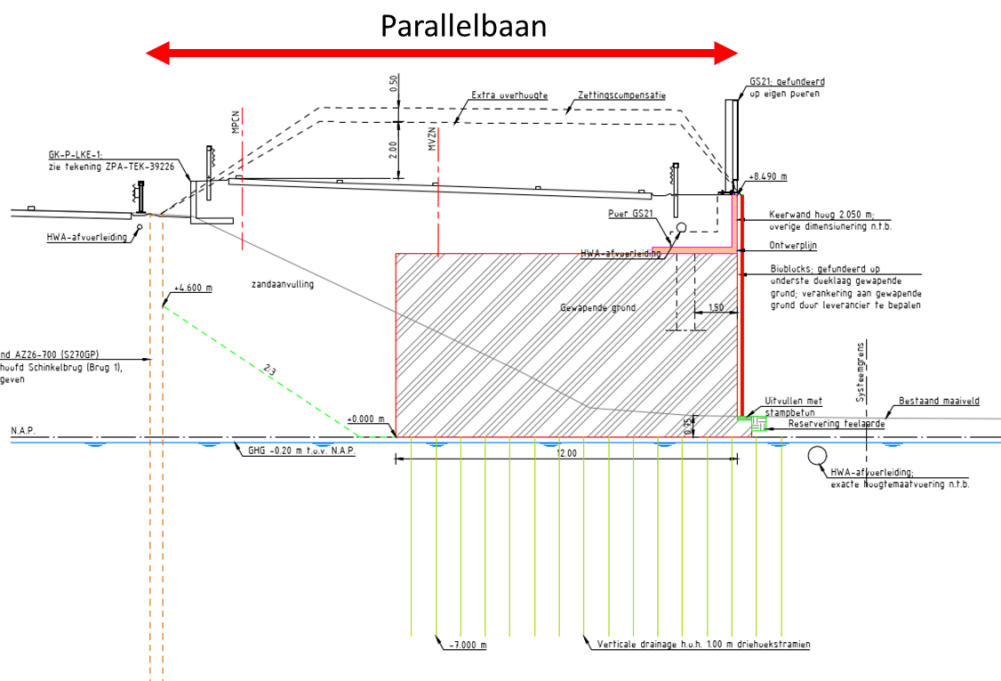
Het gemiddeld maaiveldniveau bedraagt ca. NAP +0,7 m. Het maaiveld is nagenoeg vlak over een afstand van circa 40m vanaf de teen van het talud onder de Schinkelbruggen tot aan de Nieuwe Meer Sluis.



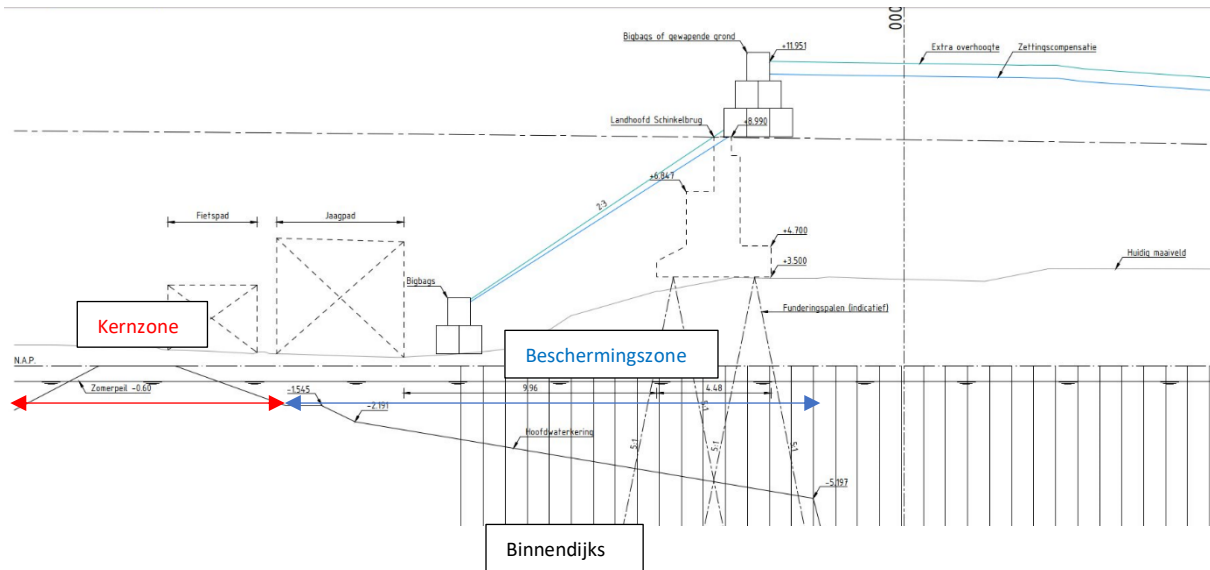
Figuur 3: Maaiveldniveaus (bron: AHN)

De totale bruto ophoging, bestaande uit netto ophoging + zettingscompensatie en Extra OverHoogte (EOH), zal worden aangebracht aan de binnenzijde van de waterkering en bedraagt ca. 11 m. De extra overhoogte (EOH) en zettingscompensatie (ZC) is benodigd voor het versnellen van het zettingsproces van het weglichaam en bedraagt ca. 3,0 m voor een periode van 365 dagen.

Een dwars- en langsdoorsnede is weergegeven in respectievelijk Figuur 4 en Figuur 5.



Figuur 4: Dwarsdoorsnede B-B (zie bijlage 3)



Figuur 5: Langsdoorsnede A-A met Legger (zie bijlage 3)

Kruinbreedte waterkering = 3,0 m

Hydraulische randvoorwaarden

De maatgevende hoogwater en zomerpeil zijn afgeleid van de legger van secundaire keringen in Amsterdam Nieuw West [1]. Maatgevend hoogwater is NAP -0,20 m en zomerpeil is NAP -0,60 m.

In de berekening is uitgegaan van een stijghoogte van NAP -3,1 m in het pleistocene zandpakket conform Ontwerpbasisrapport Geotechniek & Geohydrologie ref.[3]. Verder is er uitgegaan dat de basisveenlaag de overgang verzorgt tussen de stijghoogte en freatisch peil.

Bodemopbouw en gehanteerde grondparameters

Gekeken is naar de grondopbouw ter plaatste van de waterkering. Door ZuidPlus is aanvullend grondonderzoek verricht. De sondeerlocaties en sonderingen zijn weergegeven in bijlage 1.

De bodemopbouw voor de zettings- en stabiliteitsberekeningen is weergegeven in Tabel 1.

De zettingsparameters en volumieke gewichten zijn gebaseerd op de gegevens uit het ontwerpbasisrapport Geotechniek & Geohydrologie ZuidPlus [3].

Tabel 1: Grondparameters karakteristieke waarden tbv zettingsberekeningen

B.k. grondlaag ca.	Grondlaag en codering		γ / γ_{sat}	CR [-]	RR [-]	$C\alpha$ [-]	C_v [m^2/s]
+9,0	Gewapende grond	GWG	18/20	-	-	-	Drained
+0,7 à +0,8	01-Zand	01-AOZi	17/19	0,0115	0,0013	0,0	Drained
-1,5 à -3,5	08-Hollandveen*	04-NiV	10/10	0,4345	0,0869	0,025	$4,0^{E-8}$
-4,5	09-Oude zeeklei*	05-NaK2	16/16	0,1588	0,0227	0,007	$3,4^{E-8}$
-5,5	10-Wadzand	06-NaKz	18/18	0,0794	0,0099	0,0035	$3,0^{E-7}$
-7,0		07-Naz	17/19	0,0115	0,0013	0,0	Drained
-10,0	11- Hydrobiaklei*	06-NaKz	18/18	0,0794	0,0099	0,0035	$3,0^{E-7}$
-11,0	12-Basisveen*	08-NiBV	12/12	0,307	0,0614	0,015	$2,2^{E-8}$
-11,5	13/17-Zand	1 ^{ste} +2 ^{de}	18/20	0,0046	0,0005	0,0	Drained

Opmerkingen:

γ / γ_{sat} = volumiek gewicht droog/verzadigd

CR = primair samendrukkingsgetal

RR = primair herbelastingsgetal

$C\alpha$ = secundaire samendrukkingsindex (kruip)

c_v = consolidatiecoëfficiënt

*Voor de samendrukbare lagen onder grondwaterstand wordt een equivalent leeftijd van 10.000 dagen aangehouden

De karakteristieke en rekenwaarden van de sterkteparameters (5% rekpercentage) zijn weergegeven in Tabel 2. De rekenwaarden zijn het resultaat van de toepassing van materiaalfactoren conform [1]. Voor de sterkteparameters zijn voor de toetsing van de macrostabiliteit van de waterkering voor de slappe grondlagen de ondergrenswaarden van de proevenverzameling van Waternet 2016 gebruikt [5].

Tabel 2: Grondparameters karakteristieke waarden t.b.v. stabiliteitsberekeningen (5% rekpercentage)

B.k. grondlaag	Grondlaag en codering		γ / γ_{sat}	ϕ'_{kar} [°]	c'_{kar} [kPa]	Materiaalfactor		ϕ'_d [°]	c'_d [kPa]
						γ_c	$\gamma_{\phi'}$		
+9,0	Gewapende grond	GWG	18/20	35,0	0,00	N.v.t.	1,15	31,3	0,0
+0,7 à +0,8	01-Zand	01-AOZi	17/19	30,0	0,00	N.v.t.	1,15	26,7	0,0
-1,5 à -3,5	08-Hollandveen*	04-NiV	10/10	29,87	1,66	1,35	1,15	26,5	1,2
-4,5	09-Oude zeeklei*	05-NaK2	16/16	35,1	0,00	1,2	1,15	31,4	0,0
-5,5	10-Wadzand	06-NaKz	18/18	28,0	1,00	N.v.t.	1,15	24,8	1,0
-7,0		07-Naz	17/19	30,0	0,00	N.v.t.	1,15	26,7	0,0
-10,0	11-Hydrobiaklei*	06-NaKz	18/18	35,1	0,00	1,2	1,15	31,4	0,0
-11,0	12-Basisveen*	08-NiBV	12/12	28,36	4,60	1,35	1,15	25,1	3,4
-11,5	13/17-Zand	1 ^{ste} +2 ^{de}	18/20	32,5	0,00	N.v.t.	1,15	29,0	0,0

Opmerkingen:

ϕ'_{kar} = karakteristieke waarde van de effectieve hoek van inwendige wrijving

c'_{kar} = karakteristieke waarde van de effectieve cohesie

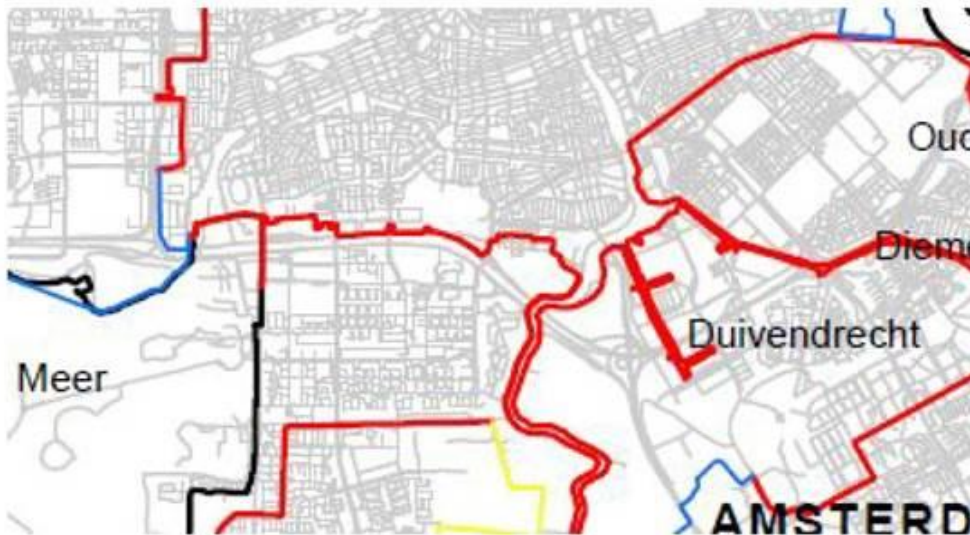
ϕ'_d = rekenwaarde van effectieve hoek van inwendige wrijving

c'_d = rekenwaarde van effectieve cohesie

Veiligheidsfilosofie

Schadefactor

Figuur 6 geeft de veiligheidsnormen van waterkeringen weer. Conform figuur is de regionale kering ingedeeld in veiligheidsklasse III.



Figuur 4 - waterkeringen in het plangebied

Voor de waterkeringen gelden de in Tabel 1 aangegeven veiligheidsnormen.

Kleur	Veiligheidsnorm
Groen	I (1/10)
Zwart	II (1/30)
Blauw	III (1/100)
Geel	IV (1/300)
Rood	V (1/1000)

Tabel 1 - veiligheidsnormen waterkeringen

Figuur 6: Veiligheidsnormen waterkering [4]

Voor nader beschrijving en bepaling van onderstaand factoren wordt verwezen naar STOWA module C: sterkte paragraaf 1.4 [1].

De bijbehorende normfrequentie is 1/100 jaar [1]. Voor toetsing is een schadefactor 0,90 aangehouden.

Schematiseringsfactor

Voor de toetsing wordt veiligheidshalve een schematiseringsfactor (γ_s) van 1,2 gehanteerd.

Modelfactor

Voor het gebruik van de stabiliteitsanalyse volgens methode Bishop wordt een modelfactor (γ_d) van 1,0 gehanteerd [1].

Stabiliteitseis

De stabiliteitseis is als volgt:

$$F / \gamma_n \gamma_d \gamma_s \geq 1,0$$

Waarin:

F [-] = stabiliteitsfactor berekend bij rekenwaarden van de sterkte

γ_n [-] = schadefactor

γ_d [-] = modelfactor

γ_s [-] = schematiseringsfactor

Voor methode Bishop geldt in de eindsituatie een stabiliteitseis van 1,08 rekening houdend met de reductiefactoren. Tijdens uitvoering wordt in de praktijk een ca. 10% lagere stabiliteitseis gehanteerd. In dit geval 0,97.

Tabel 3: Stabiliteitseis en factoren

Macrostabiliteit	γ_n [-]	γ_d [-]	γ_s [-]	Vereiste stabiliteitsfactor F (eindsituatie)	Vereiste stabiliteitsfactor F (tijdens uitvoering)
Bishop	0,9	1,0	1,2	1,08	0,97

Macrostabiliteit binnentalud waterkering

De macrostabiliteit van het binnentalud is voor de uitvoeringsfase van de ophoging voor doorsnede A-A (zie Figuur 5) kwalitatief beoordeeld.

Voor de eindsituatie geldt dat er funderingspalen onder het nieuwe landhoofd van de Schinkelbrug worden aangebracht. De funderingspalen van het kunstwerk verhinderen in zekere zin het glijvlak zodat verwacht mag worden dat de stabiliteitsbeschouwing in de uitvoeringsfase voldoende is. Doordat de palen van het kunstwerk grondverdringend worden ingebracht is hierdoor geen verandering van de situatie te verwachten die nadelig invloed kan hebben op de functie van de waterkering.

Toetsingsstappen

Stap 1) vaststellen belastingsituatie en belastingen

In de stabiliteitsberekening is gerekend met een belastingsituatie tijdens hoogwater. De grondwaterstand bedraagt NAP -0,2 m. Op de ophoging is een gelijkmatig verdeelde verkeersbelasting van 13,0 kPa over een breedte van 2,5 m gehanteerd. Deze gehanteerde bovenbelasting is gebruikelijk voor dijken. Nadat de overhoogte wordt aangebracht wordt geen zwaar bouwverkeer gedurende de wachttijd (rustperiode grond) verwacht. Voor het aanpassingspercentage is in het rekenmodel uitgegaan van 20% in de cohesieve lagen. De spreidingshoek van de belasting is aangenomen op 26,6 grad conform STOWA ref.[1].

Stap 2) schematisering bodemopbouw

De rekenwaarden van de grondparameters zijn weergegeven in

Tabel 2. Deze waarden zijn het resultaat van de toepassing van materiaalfactoren conform STOWA ref.[1].

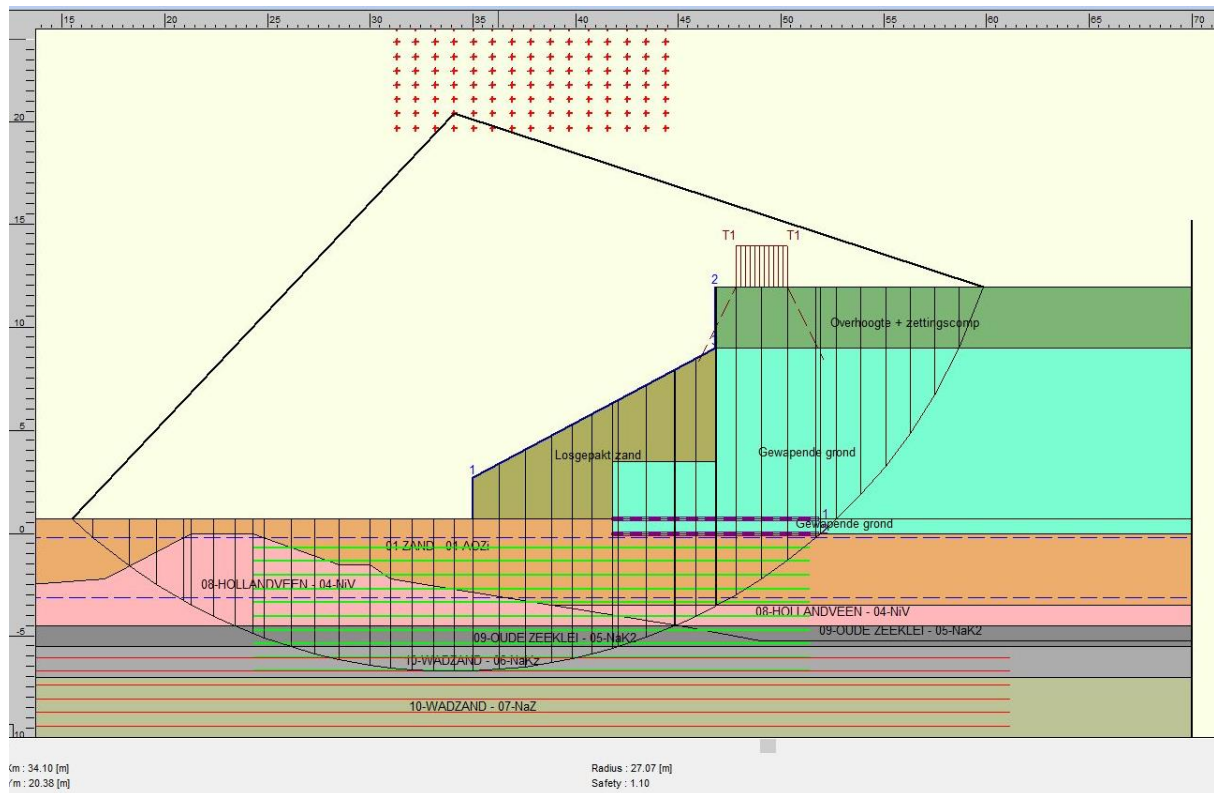
Stap 3) berekenen stabiliteitsfactor tijdens uitvoering

De berekeningen zijn voor een doorsnede loodrecht op de waterkering uitgevoerd middels DGeoStability versie 18.1 en voor de uitvoeringsfase waarin de volledige ophoging wordt aangebracht. De benodigde overhoogte- en zettingscompensatie wordt bovenop de gewapende grondconstructie aangebracht. Dit is meegenomen in de stabiliteitsberekening (zie Figuur 7). Daarnaast is het gunstig effect van 2 geogrids gemodelleerd met een lengte van 10 m en een relatief lage treksterkte van 50 kN/m. Deze leveren een positieve bijdrage aan de stabiliteit.

De stabiliteit is berekend met een aanpassingspercentage van 20% in de cohesieve lagen. De berekende stabiliteitsfactor bedraagt ca. 1,10 en voldoet hiermee ruimschoots aan de vereiste Stabiliteitsfactor van 1.08. Opgemerkt wordt dat met ZuidPlus parameterset een 7% lagere stabiliteitsfactor wordt uitgerekend. Dit voldoet ook aan de vereiste. Tijdens uitvoering wordt de ophoging in meerdere ophoogslagen aangebracht (ca. 1,0 m/week). Door de conservatieve aannames (2D situatie / plane strain) wordt in D-GeoStability een te lage stabiliteitsfactor berekend

dan in werkelijkheid . De belasting vanuit de ophoging werkt in werkelijkheid in drie richtingen (3D). Dit zeer gunstige effect is in de berekening niet meegenomen.

Op basis van dit gegeven wordt derhalve geen risico op instabiliteit van de waterkering verwacht.

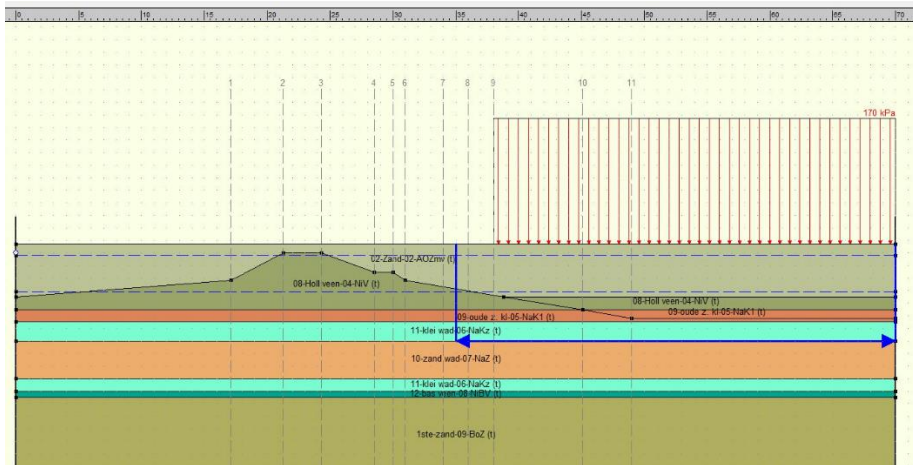


Figuur 7: Glijcirkel binnentalud en berekende stabiliteitsfactor na ophoging (methode Bishop) situatie met aanpassing 20%

Zettingsberekeningen (beïnvloeding van de ophoging GK-P-KNM04 op waterkering)

Een dijk of secundaire waterkering is altijd aan zetting en klink (ofwel achtergrondzetting) onderhevig. Het Amsterdamse maaiveld daalt met een gemiddeld snelheid van 3 mm/jaar conform [4]. Om een indruk te verkrijgen in de zettingen zijn D-Settlement versie 18.2 berekeningen uitgevoerd met het NEN-Bjerrum Darcy model. In het rekenmodel is door middel van een equivalente leeftijd van 10.000 dagen rekening gehouden met een lage autonome zetting van orde 1-2 mm/jaar. Na 30 jaar is de kruin gezakt met 0,03 tot 0,06 m.

De verticale drainage in het rekenmodel is ingevoerd met een stramien van 1,0 m en een diepte tot NAP -7,0 m. Figuur 8 geeft een principe doorsnede weer met verticale drains. De verticale drainage zit halverwege de taludlijn van de binnendijk van de waterkering om de stabiliteit te kunnen garanderen en het consolidatieproces te versnellen. De belasting is in het rekenmodel ingevoerd als 'uniform load' waarbij voor de verbreding van de Rijksweg A10 een fictieve breedte is toegekend van 15 m. Voor de belasting is 170 kPa aangehouden (equivalent aan ca. 9,0 m zandophoging = netto ophoging + ZC). Hierdoor is op globale wijze rekening gehouden met 3D spreidingseffecten van de belasting.



Figuur 8: D-Settlement input met de verticalen (in blauw de zone van verticale drains)

In Tabel 4 zijn de zettingen weergegeven op tijdstip $t=416$ dagen en de eindzetting.

Tabel 4: Indicatieve zettingen (berekeningsresultaat per verticaal)

Positie van de verticaal	Zetting op dag $t=416$ direct na verwijderen overhoogte [m]	Eindzetting na 10.000 [dagen]
1 talud beschermingszone buitendijks	0,001	0,024
2 kruin kernzone waterkering	0,002	0,034
3 kruin kernzone waterkering	0,004	0,037
4 tkruin kernzone waterkering	0,009	0,042
5 kruin kernzone waterkering	0,014	0,053
6 talud beschermingzone binnendijks	0,018	0,057
7 talud beschermingzone binnendijks	0,069	0,133
8 talud teen grondkering	0,218	0,261
9 talud kruin grondkering	0,349	0,372
10 talud beschermingzone	0,520	0,520
11 maatgevend verticaal tpv ophoging	0,520	0,529

Op de overgang van verticale drainage (verticalen 7 en 8) treedt de grootste zettingsverschil op. Uit de berekeningsresultaten kan geconcludeerd worden dat de kruin van de waterkering minimaal invloed ondervindt (orde 2 tot 4 mm na 1 jaar) als gevolg van de effecten van de ophoging.

Conclusies

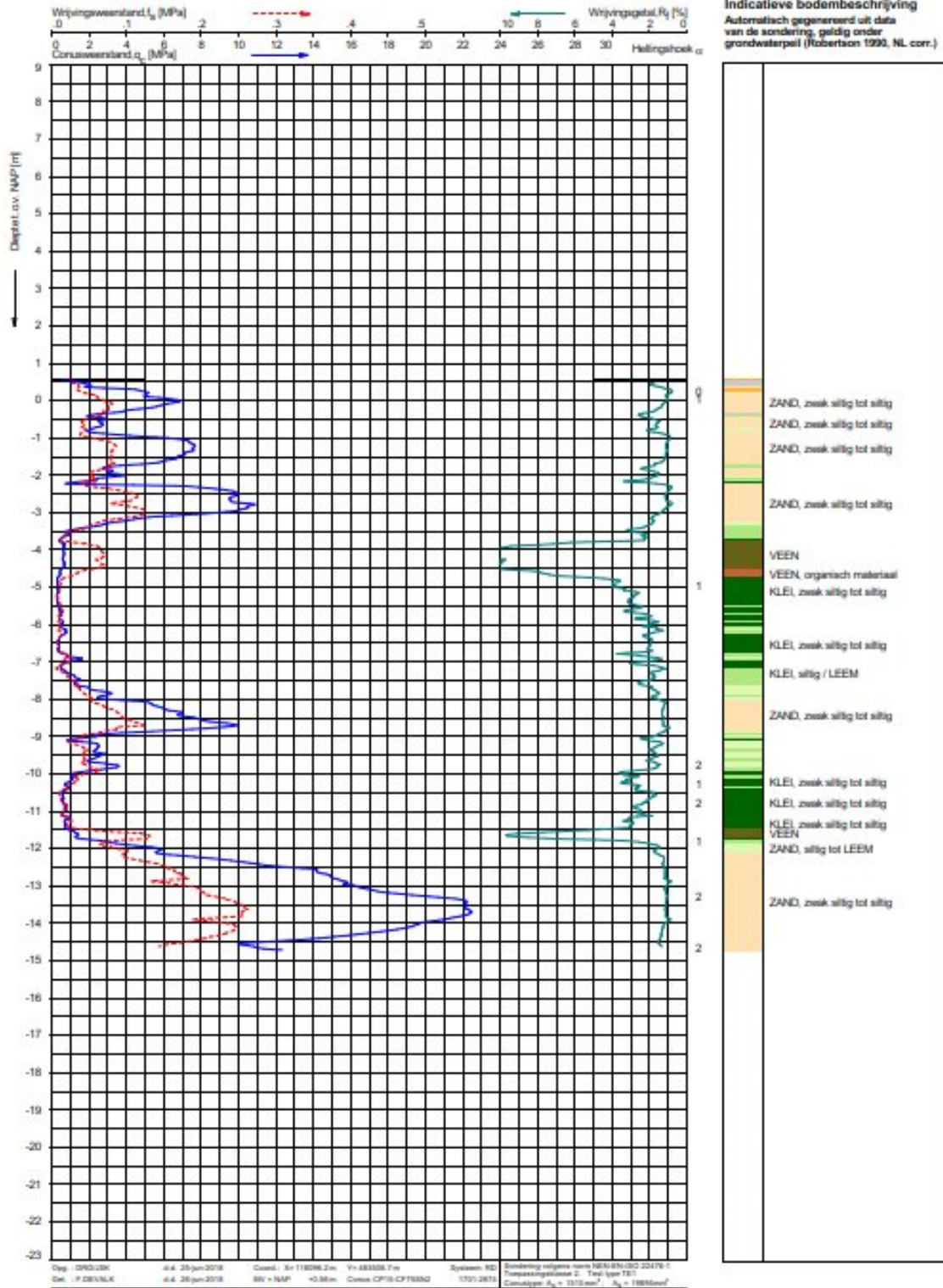
De stabiliteit van de grondkering voldoet aan de stabiliteitseis voor waterkeringen.

De kruin van de waterkering ondervindt minimaal invloed als gevolg van de effecten van de ophoging. Dit vormt geen veiligheidsrisico voor de waterkering.

Bijlage 1: Gegevens bodemopbouw



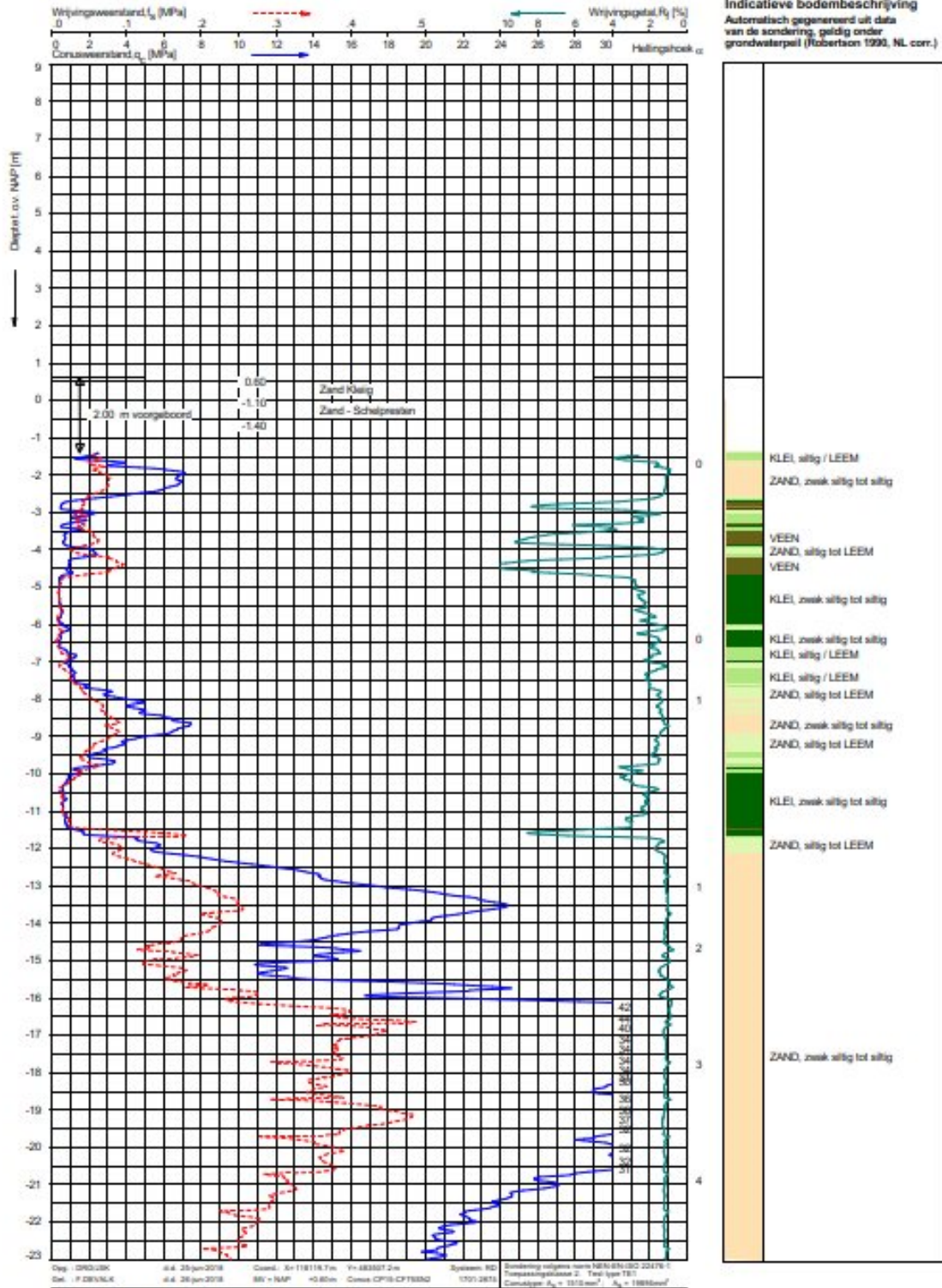
Figuur 9: Locaties van het sonderonderzoek in blauw (bron: GIS ZuidPlus)



Opdr. 1317-0361-000
 Sond. S0717_15

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

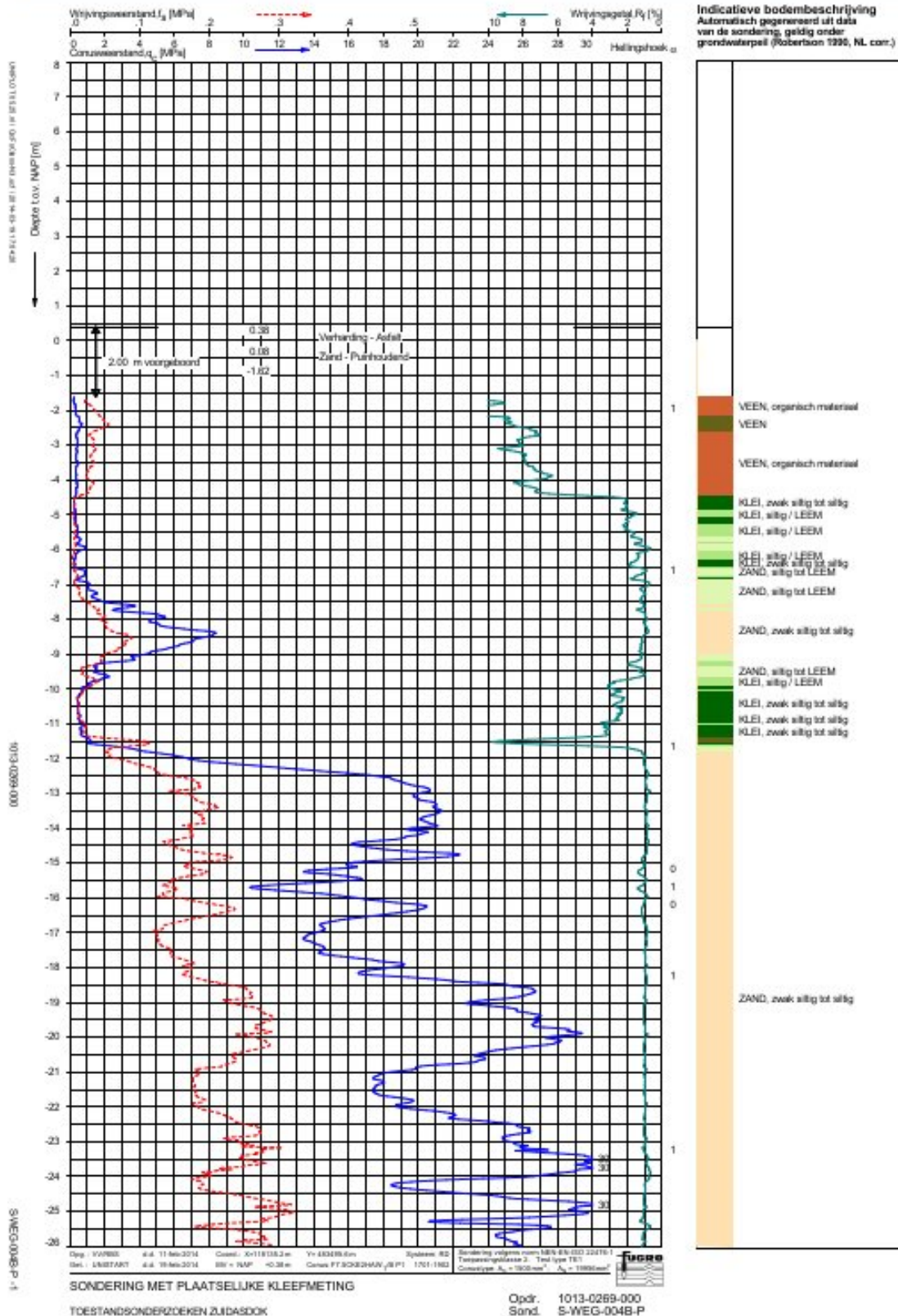
PROJECT ZUIDASDOK

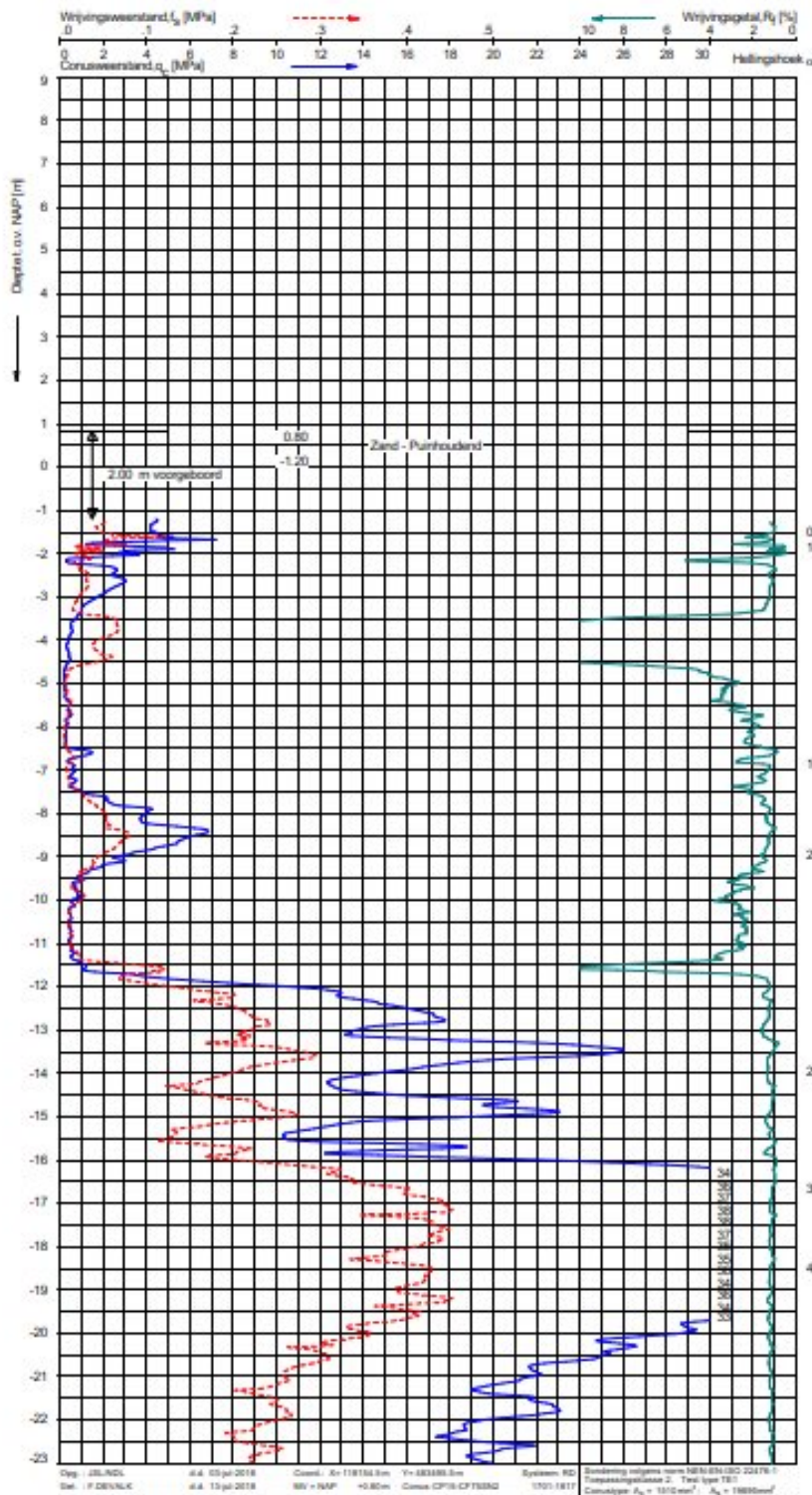


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

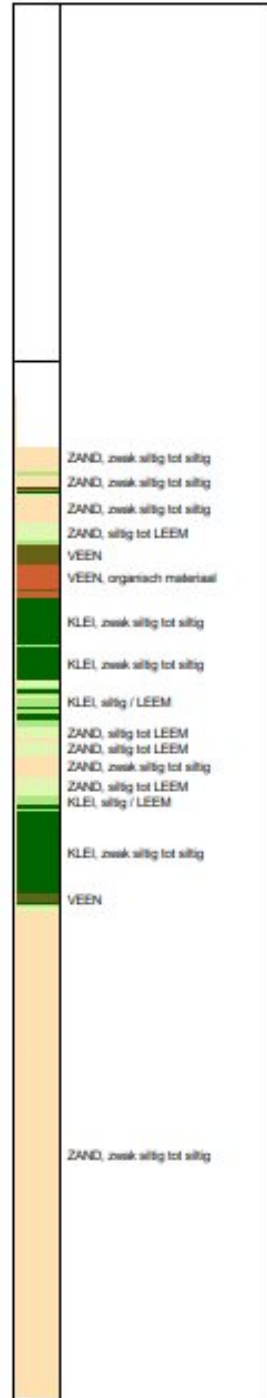
PROJECT ZUIDASDOEK

Opdr. 1317-0361-000
 Sond. S0304_35





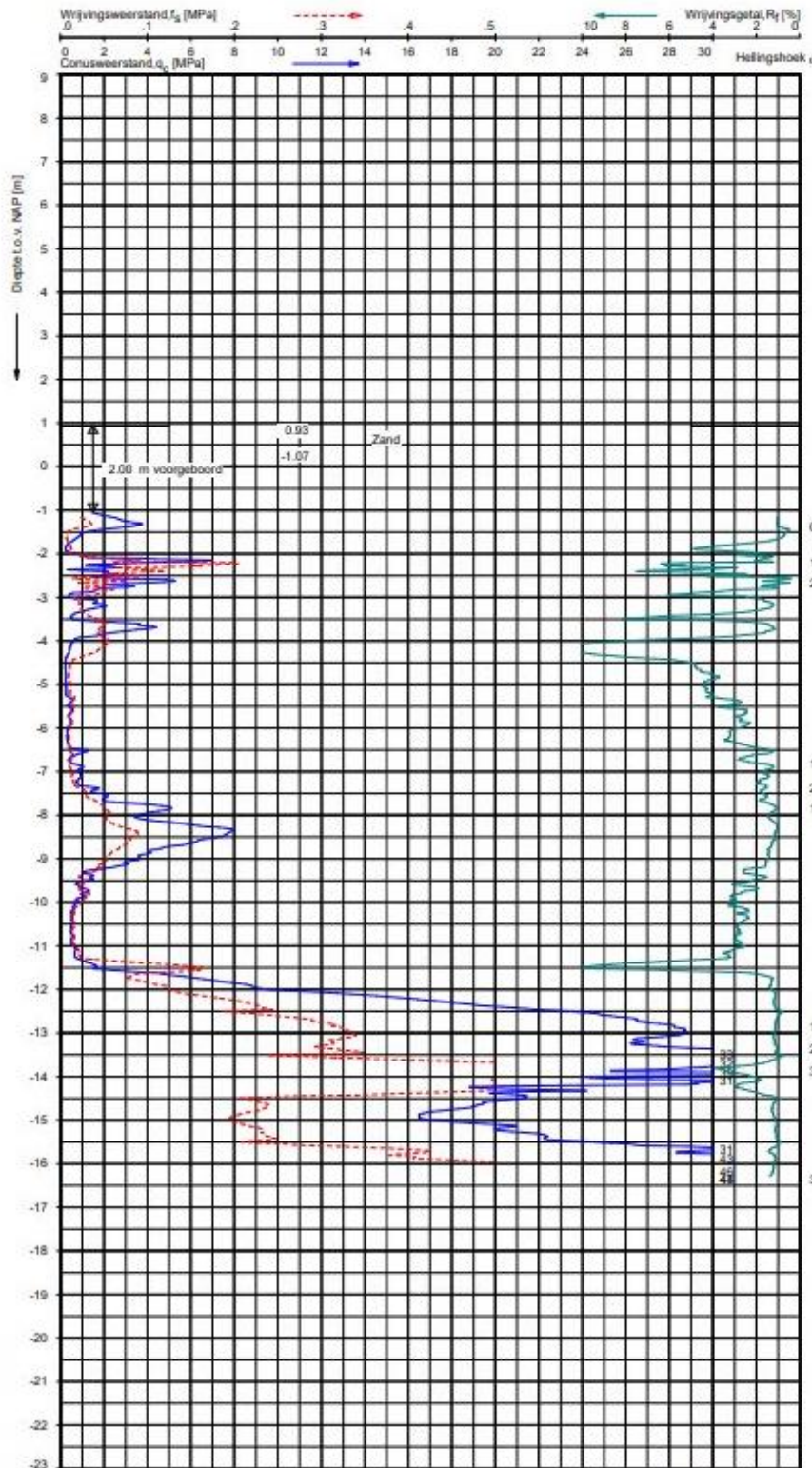
Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1999, NL corr.)



Opdr.: 1317-0361-000
 Sond.: S0307_35

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROJECT ZUIDASDOK



Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

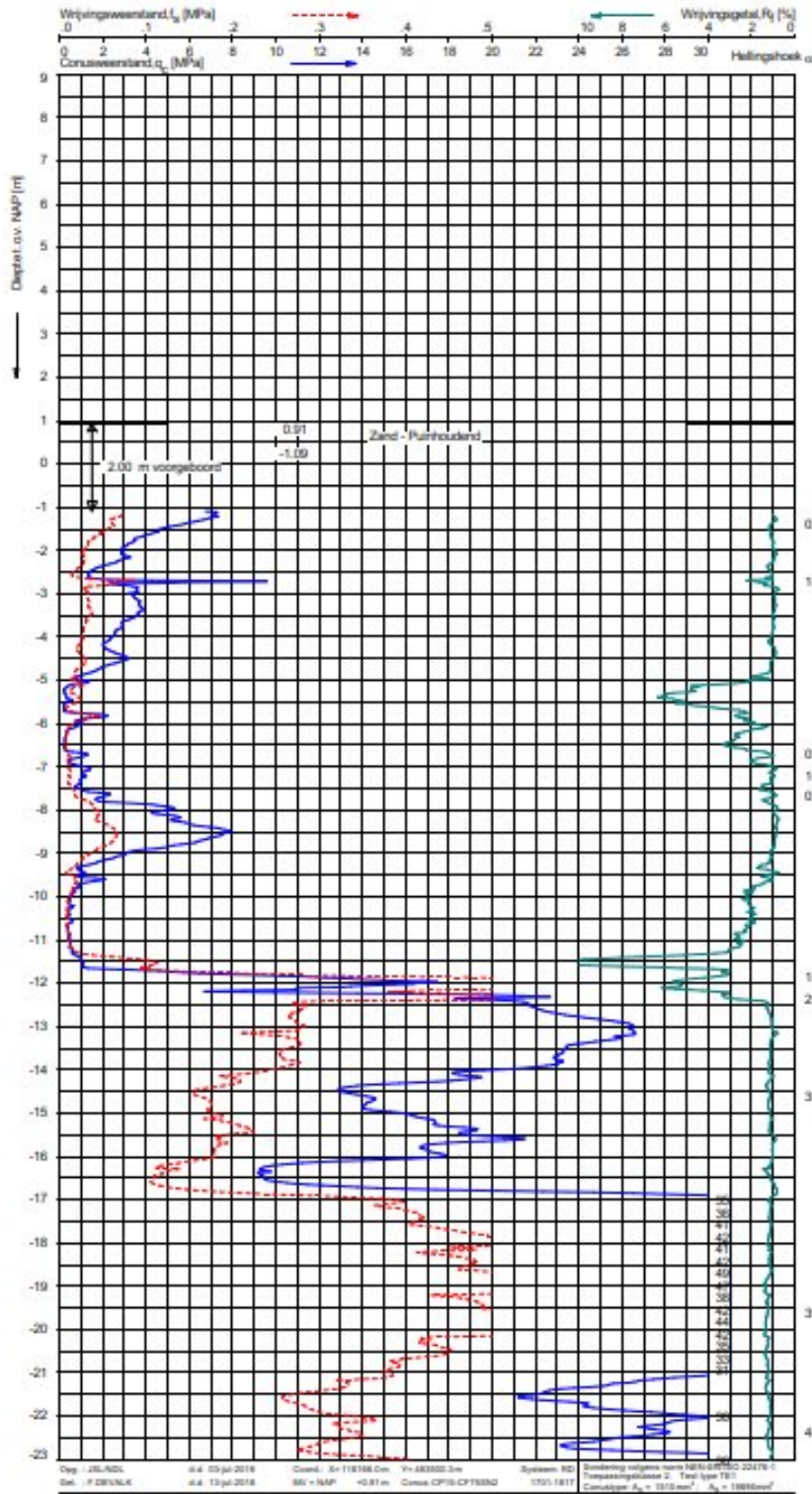


Opg. : JBL
 Gec. : F. DEVALK
 d.d. : 09-jul-2018
 d.d. : 10-jul-2018
 Coord. : N=18158.81m
 Mv = NAP
 E=49.00m
 Y= 48203.01m
 Conus: OP15-CT755ND
 System: RD
 1701-3699
 Sondering volgens norm: NEN EN ISO 22476-1
 Toepassingsklasse: 2. Test type: TET
 Conusdrukte: A₀ = 1570 mm², A₁ = 1885 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROJECT ZUIDASDOEK

Opdr. : 1317-0361-000
 Sond. : S0306_35



Indicatieve bodembeschrijving
 Automatisch gegenereerd uit data
 van de sondering, geldig onder
 grondwaterpeil (libertaan 1990, NL corr.)

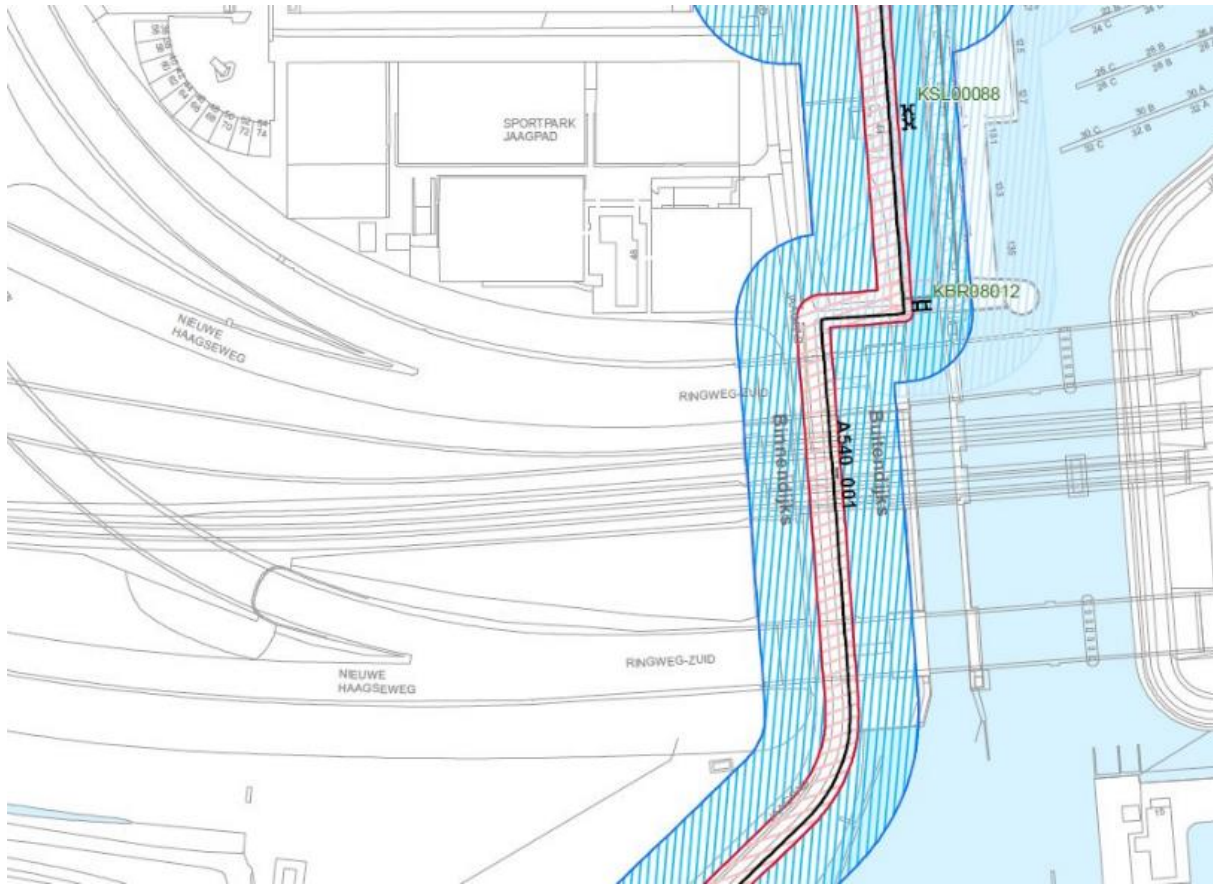


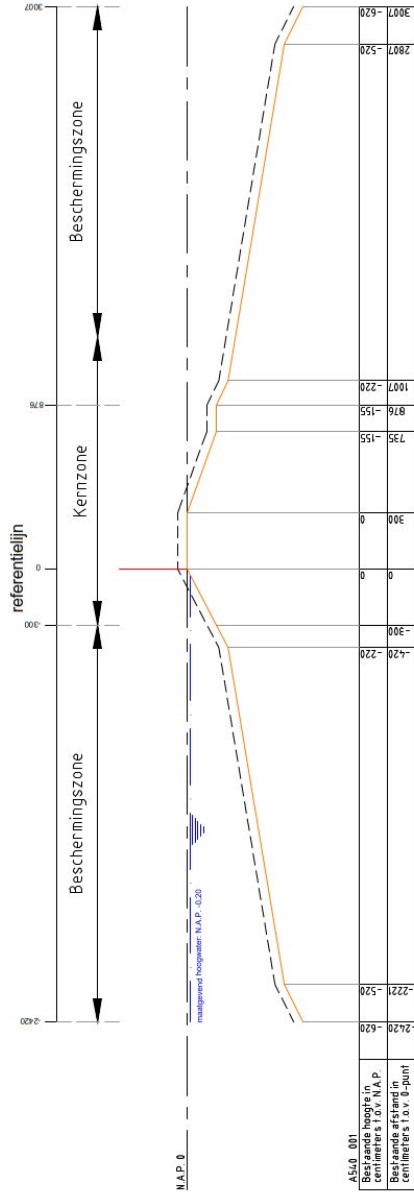
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PROJECT ZUIDASDOK

Opdr. 1317-0361-000
 Sond. S0308_35

Bijlage 2: Leggerprofiel van de dijk





Legenda :

- Waterkering
- Minimaal profiel
- Profiel van vrije ruimte
- Waterlijn
- Referentielijn

Opmerking:
 Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.
 1000 Afstand niet op schaal

Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht
 Postbus 94370
 1090 GJ AMSTERDAM

Leggerprofiel secundaire waterkering



schaal: 1:250 formaat: A3
 plotdatum: 04-12-14

nr. A539_003 en
 A540_001