# Project Lumière Rotterdam

3D Analyse paalfunderingen

| | |
|---|---|
| Opdrachtgever | VORM Ontwikkeling B.V. |
| Rapportnummer | 51582-R003-V1-HEN |
| Status | Definitief |
| Rapportdatum | 1 september 2023 |

| Autorisatie | Naam | Paraaf |
|---|---|---|
| Auteur | [redacted] | |
| Controle | | |

**INHOUDSOPGAVE**


**1 INLEIDING ..... 1**

**2 UITGANGSPUNTEN ..... 3**

2.1 Normen en richtlijnen ..... 3

2.2 Verstrekte gegevens ..... 3

2.3 Grondgesteldheid ..... 3

2.3.1 Uitgevoerd grondonderzoek ..... 3

2.3.2 Geotechnisch profiel (globaal) ..... 4

2.4 Grondwaterstanden en bemalingsadvies ..... 5

**3 SCOPE VAN DE WERKZAAMHEDEN EN BEREKENINGSSTRATEGIE ..... 6**

3.1 Scope van de werkzaamheden ..... 6

3.2 Berekeningsstrategie ..... 7

**4 BEPALING LAST-ZAKKINGSGEDRAG VOLGENS NEN 9997-1;2017 ..... 9**

4.1 Tubex palen Lumière toren ..... 9

4.2 Fundex palen plint en laagbouw ..... 9

4.3 WCP palen laagbouw ..... 10

**5 PAALGROEPSWERKING EN CONSOLIDATIEZETTING HOOGBOUW ..... 11**

5.1 Algemeen ..... 11

5.2 Gehanteerde Plaxis parameters ..... 11

5.3 Beschouwing last zakkingsgedrag individuele paal ..... 12

5.4 Beschouwing paalgroepswerking en consolidatiezetting ..... 16

5.5 Fasering ..... 18

**6 PRESENTATIE VAN DE BEREKENINGSRESULTATEN ..... 19**

6.1 Berekening met enkele paal ..... 19

6.2 Berekening met compleet model ..... 21

6.3 Berekening met uitsluitend kruip (palen geactiveerd, geen belasting) ..... 27

6.4 Presentatie van zettingslijnen ..... 28

**7 CONCLUSIES ..... 32**

Bijlage 1 Grondonderzoek

Bijlage 2 Overzicht Plaxis parameters

Bijlage 3 Overzicht palenplan en opgegeven paalbelastingen (BGT)

Bijlage 4 DFoundation berekening draagkracht onder NAP –50 m

Bijlage 5 Zettingslijnen Plaxis 3D berekeningen

# 1 INLEIDING

VORM en Manhave zijn voornemens om het Lijnbaankwartier te Rotterdam te herontwikkelen middels de realisatie van het plan ‘Lumière’. De nieuwbouw zal worden gerealiseerd op de plek van het oude Lumière theater op de hoek van de Lijnbaan en de Kruiskade en strekt zich langs het Lijnbaanhof uit tot aan de Karel Doormanstraat. Het project bestaat uit de realisatie van een woontoren, lagere (plint)bebouwing en de bouw van een parkeerkelder. Door VORM Ontwikkeling B.V. is aan Geobest B.V. gevraagd om de benodigde geotechnische en geohydrologische adviezen op te stelen.

Een ‘*artist impression*’ van het te realiseren project is weergegeven in Figuur 1.1.



**Figuur 1.1: Artist impression Lumière (Bron: KAAN Architecten)**

Het project bestaat uit de realisatie van een drietal bouwdelen:

- Het eerste bouwdeel betreft de woontoren en wordt 153 m hoog. Het grondoppervlak van dit bouwdeel bedraagt circa 31 x 31 $m^2$. Het bouwdeel wordt gefundeerd op een diepe paalfundering in de tweede zandlaag (PPN ca. NAP -68,0 m);
- Het tweede bouwdeel betreft plintbebouwing aan de oost- zuidkant van de woontoren en wordt maximaal circa 24 m hoog. Het grondoppervlak van het bouwdeel bedraagt circa 30 x 35 $m^2$. Het bouwdeel wordt gefundeerd op een traditionele paalfundering in de eerste zandlaag (PPN ca. NAP -23,0 m);
- Het derde bouwdeel wordt gerealiseerd ten westen van de woontoren tot aan de bestaande bebouwing aan de Karel Doormanstraat en wordt circa 17 m hoog. Het grondoppervlak van dit deel bedraagt circa 85 x 40 $m^2$. Het bouwdeel wordt gefundeerd op een traditionele paalfundering in de eerste zandlaag (PPN ca. NAP -23,0 m).

Onder het bouwdeel langs het Lijnbaanhof wordt een tweelaags parkeerkelder voorzien. De afmeting van de parkeerkelder bedraagt ca. 80 x 20 $m^2$. De bestaande Weena parkeergarage zal hiervoor gedeeltelijk worden gesloopt.

Op de afbeelding in Figuur 1.1 is te zien dat het project is omsloten door bestaande bebouwing, waaronder het monumentale City House aan de Kruiskade.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de resultaten van een geavanceerde 3D analyse van het vervormingsgedrag van de diverse bouwdelen. Dit verzoek is gekomen naar aanleiding van de bevindingen van de CC3 second opinion (die voor gebouwen hoger dan 70 m wordt geadviseerd).

# 2 UITGANGSPUNTEN

## 2.1 Normen en richtlijnen

Er is gebruik gemaakt van de volgende normen en richtlijnen:

[1] NEN 9997-1+C2:2017 Geotechnisch ontwerp van constructies – Samenstelling van NEN-EN 1997-1, NEN-EN 1997-1/NB Nationale bijlage en NEN 9097-1 Aanvullingsnorm bij NEN-EN 1997-1, november 2017;
[2] CUR 2003-7 Bepaling geotechnische parameters; 1e druk, oktober 2003;
[3] CUR 166 Damwandconstructies; 6e druk, juli 2012.
[4] NTA 4614-3 'Convenant Hoogbouw' Deel 3: Constructieve veiligheid

## 2.2 Verstrekte gegevens

Door de opdrachtgever zijn (o.a.) de volgende documenten aangeleverd:

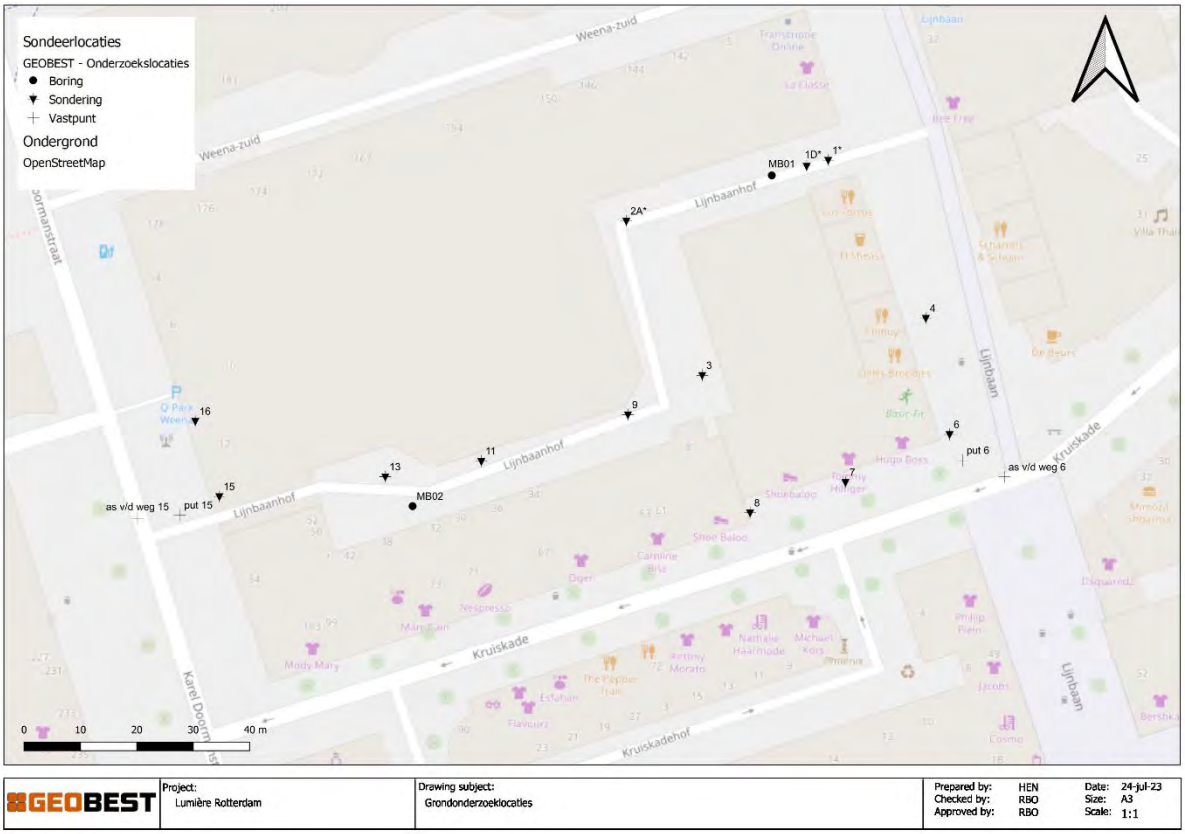
[5] Projectnr. 2200317, Sonderingen, boorprofielen en peilbuismetingen, medio mei 2022, Geosonda BV;
[6] Projectnr. 2200317, Nieuwe pogingen diepe sonderingen, juni 2023, Geosonda BV;
[7] 2300352-01, 'Bemalingsadvies Lumière aan de Kruiskade te Rotterdam', d.d. 16 februari 2023, Mos Grondmechanica B.V.;
[8] R-321044-DO-01, 'Lumière Rotterdam – Uitgangspunten en Constructief ontwerp', d.d. 21 september 2022, Pieters Bouwtechniek;
[9] 'Bestaande situatie en principeconstructie nieuwe kelder laagbouw en bouwkuip hoogbouw (in ontwikkeling)', d.d. 31 mei 2022, Pieters Bouwtechniek;
[10] V-321044-BWT-02, Vooroverleg Constructieve Veiligheid project Lumière, d.d. 6 maart 2023, Pieters Bouwtechniek;
[11] 10977-N02; 'CC3 toets DO Lumière – 150m hoogte', d.d. 10 maart 2023, Van Rossum Raadgevende Ingenieurs;
[12] Tekening T-321-044-DO-001, Lumière hoogbouwtoren, Rotterdam – Palenplan, d.d. 8 december 2022, Pieters Bouwtechniek;
[13] Tekening T-321-044-DO-099, Lumière hoogbouwtoren, Rotterdam – Kelder, d.d. 8 december 2022, Pieters Bouwtechniek;
[14] Tekening T-321-044-DO-700, Lumière hoogbouwtoren, Rotterdam – Doorsnede T.04 en T.D, d.d. 8 december 2022, Pieters Bouwtechniek;
[15] Tekening T-321-044-DO-701, Lumière hoogbouwtoren, Rotterdam – Doorsnede B.E en B.07, d.d. 8 december 2022, Pieters Bouwtechniek;
[16] Tekening Overzicht-K&L-Lumiere_rev01, d.d. 24 maart 2023, Akson B.V.;
[17] Tekeningnr. 14.T5039-KLD-VO-001, Lumiere – Dwarsprofielen 01-08, d.d. 8 februari 2023, Akson B.V.

## 2.3 Grondgesteldheid

### 2.3.1 Uitgevoerd grondonderzoek

Door Geosonda is onder referentie 2200317 [5], een grondonderzoek uitgevoerd bestaande uit 9 sonderingen uitgevoerd tot de beoogde diepte, 3 gestaakte sonderingen en 2 machinale boringen. Van de geplande 5 diepe sonderingen ter plaatse van de hoogbouw is tijdens het uitgevoerde grondonderzoek in 2022 één sondering succesvol tot een diepte van circa 80 m onder maaiveld uitgevoerd. De sondeerlocatie in het middengedeelte van de hoogbouw is nog niet toegankelijk. Ten behoeve van de realisatie van de laagbouw zijn van de 10 geplande ondiepe sonderingen tot een diepte van circa 40 m onder maaiveld in deze fase 7 sonderingen succesvol uitgevoerd. De resterende 3 locaties zijn onbereikbaar tot de bestaande bebouwing is gesloopt.

Bij aanvullende pogingen in juni 2023 [6] is bij sondeerlocatie 2 een diepte van circa NAP -68,0 m bereikt. De sondeer- en boorlocaties zijn weergegeven in Figuur 2.1.




**Figuur 2.1: Locaties grondonderzoek Lumière**

Het uitgevoerde grondonderzoek is opgenomen in Bijlage 1.

### 2.3.2 Geotechnisch profiel (globaal)

Het maaiveld ter plaatse van de sonderingen zoals aangetroffen ten tijde van het grondonderzoek varieert van NAP -1,21 m tot NAP -0,55 m. In de berekeningen is het maaiveldniveau aangehouden op NAP -1,00 m. Op basis van de uitgevoerde sonderingen is het volgende geotechnisch profiel afgeleid:

- Vanaf maaiveld tot circa NAP -3,5 m is een matig fijne, siltige (antropogene) topzandlaag aanwezig waarin conusweerstanden zijn gemeten van 2 tot 10 MPa.
- Vanaf circa NAP -3,5 m tot circa NAP -6,0 m wordt een humeus kleipakket gevonden met conusweerstanden van circa 0,5 MPa.
- Vanaf circa NAP -6,0 m wordt tot NAP -9,0 m een slap veenpakket (hollandveen) aangetroffen met een conusweerstand van circa 0,5 MPa.
- Vanaf circa NAP -9,0 m tot circa NAP -17,0 m wordt een zwak zandig, zwak humeus kleipakket gevonden met conusweerstanden van circa 0,5 MPa.
- Vanaf circa NAP -17,0 m tot circa NAP -30,0 m wordt een matig tot vast gepakte (Pleistocene) zandlaag gevonden met conusweerstanden tussen circa 10 en 30 MPa.
- Vanaf NAP -30,0 m tot NAP -32,0 m wordt een zandig kleipakket (formatie van Waalre) gevonden met conusweerstanden tussen circa 1 en 6 MPa.
- Vanaf NAP -32,0 m tot NAP -40,0 m wordt een vast gepakte zandlaag aangetroffen met conusweerstanden tussen circa 15 en 40 MPa.
- Vanaf NAP -40,0 m tot NAP -41,0 m wordt een zeer vast (oer)veenpakket (formatie van Waalre) gevonden met een zeer hoge conusweerstand van circa 10 MPa.
- Vanaf NAP -41,0 m tot NAP -52 m wordt een zwaar kleipakket (formatie van Waalre) gevonden met conusweerstanden van circa 3 tot 4 MPa. Lokaal worden zandlagen aangetroffen waarin de conusweerstand oploopt tot 10 à 15 MPa.

- Vanaf NAP -52,0 m tot NAP -57,0 m wordt een zeer vast gepakte zandpakket aangetroffen conusweerstanden rond de circa 50 MPa.
- Vanaf NAP -57,0 m tot NAP -60,0 m wordt een matig vast gepakt zandpakket aangetroffen met conusweerstanden rond de circa 20 MPa.
- Vanaf NAP -60,0 m tot NAP -63,0 m wordt een wisselend pakket aangetroffen met zowel zand als siltlagen (wadformatie). De conusweerstand ligt rond de circa 4 tot 5 MPa.
- Vanaf NAP -63,0 m tot de maximaal verkende diepte wordt een vast tot zeer vastgepakt zandpakket aangetroffen met conusweerstanden van circa 20 tot 30 MPa. Het pakket bevat afwisselend zowel zand als siltlagen (wadformatie). De conusweerstand in de siltige lagen ligt tussen de 6 en 12 MPa.

## 2.4 Grondwaterstanden en bemalingsadvies

Door MOS Grondmechanica is een bemalingsadvies [7] opgesteld, waarbij onderzoek is gedaan naar de grondwaterstanden op basis van door Geosonda uitgevoerde metingen, het online grondwatermeetnet van de gemeente Rotterdam en meetgegevens van DINOloket van TNO. Aanvullend is in dit rapport de stabiliteit van de bodem van de bouwkuip beschouwd.

De freatische grondwaterstand in de berekeningen is aangenomen op NAP -2,50 m. In de diepere grondlagen (vanaf circa NAP -17,0 m) is een stijghoogte van NAP -1,50 m aangehouden.

# 3 SCOPE VAN DE WERKZAAMHEDEN EN BEREKENINGSSTRATEGIE

## 3.1 Scope van de werkzaamheden

Ten behoeve van het project is in opdracht van VORM Ontwikkeling B.V. door derden een grondonderzoek uitgevoerd. Ten tijde van het opstellen van dit rapport voldoet het grondonderzoek nog niet volledig aan de uitgangspunten van NEN 9997-1+C2;2017 voor het huidige ontwerp. Er dienen nog 4 aanvullende sonderingen tot circa NAP -80,0 m te worden uitgevoerd ter plaatse van de hoogbouw. Op basis van het uitgevoerde onderzoek is door Geobest onder referentie 51582-R001-V2-HEN d.d. 02-08-2023 een DO funderingsadvies opgesteld voor de fundering van het gebouw. Onder 51582-R001-V1-HEN d.d. 11-08-2023 is tevens een DO bouwputadvies opgesteld. Pieters Bouwtechniek is als constructeur betrokken bij het project. De second opinion wordt uitgevoerd door em. prof. ir. A.F. van Tol.

Het geotechnisch DO ontwerp gaat er vanuit dat de Lumière toren gezien de hoogte (153 m) wordt gefundeerd op lange Tubex palen (o.g.) tot in de tweede zandlaag (paalpuntniveau ca. NAP -68 m). Zowel de plintbebouwing direct aangrenzend aan de hoogbouw als de naastgelegen laagbouw wordt traditioneel gefundeerd op Fundex palen (o.g.) in de eerste zandlaag (paalpuntniveau ca. NAP -23,0 m). Het zettingsgedrag van de gebouwen en de interactie tussen de verschillende bouwdelen is daardoor complex.

Gezien de hoogte van het gebouw, de complexiteit van de bouwlocatie en de omgeving wordt door het bevoegd gezag in een vroeg stadium een relatief hoog detailniveau van de uitwerking geëist om de aanvraag voor de omgevingsvergunning in behandeling te kunnen nemen.

In het kader van de CC3 toetsing is daarom aangegeven dat het noodzakelijk is om een geavanceerde 3D Eindige Elementen Berekening uit te voeren om het tijdsafhankelijke zettingsgedrag en de interactie tussen de verschillende bouwdelen en de invloed op de omgeving meer gedetailleerd te kunnen analyseren.

De scope van de werkzaamheden bestaat uit het analyseren van het vervormingsgedrag van de verschillende bouwdelen van de nieuwbouw en de uitstraling hiervan naar de omgeving. Daarnaast speelt voor de fundering van het hoogbouwdeel van Lumière de tijdsafhankelijke vervorming een rol. De lange fundering in de tweede zandlaag is gepositioneerd in meerdere geologische formaties. Door de afdracht van belasting in verschillende grondlagen ontstaat een tijdsafhankelijk effect dat uitsluitend met een Plaxis 3D analyse kan worden gemodelleerd.

Een deel van de paalbelasting wordt initieel afgedragen in de eerste zandlaag. Hierdoor ontstaat spanningsverhoging op de ondergelegen samendrukbare lagen van de formatie van Waalre, waarin zettingen ontstaan. Door het consolideren van de diepe kleilagen zakt de bovengelegen eerste zandlaag in zijn geheel mee, waardoor een deel van de daarin opgebouwde schachtwrijving verloren gaat.

Het gevolg van de afname van schachtwrijving in de eerste zandlaag leidt ertoe dat de palen in de diepere lagen meer weerstand moeten mobiliseren, hetgeen met extra paalkopzakking gepaard gaat. De extra paalkopzakking door dit effect kan met Plaxis 3D goed worden bepaald. Daarnaast leidt het verschuiven van de belasting naar de diepere ondergrond tot een toename van de normaalkracht in de paaldoorsnede. De grootte van deze toename dient te worden bepaald, zodat de paaldoorsnede op deze extra normaalkracht kan worden getoetst in de uiterste grenstoestand (UGT).

Tenslotte beïnvloedt de fundering van de Lumière toren de fundering van de plintbebouwing en het laagbouwdeel, waardoor een asymmetrische zetting ontstaat. Door alle palen individueel in het model op te nemen en deze te belasten met de door Pieters Bouwtechniek bepaalde reactiekrachten wordt de totale vervorming inclusief interactie en tijdsafhankelijke effecten het meest nauwkeurig benaderd.

## 3.2 Berekeningsstrategie

In het op te stellen model dienen tenminste de volgende onderdelen te worden gemodelleerd:

- Alle individuele palen van de Lumière toren, de plintbebouwing en het laagbouwdeel op basis van het voorlopige funderingsadvies van Geobest en het voorlopige palenplan van Pieters Bouwtechniek. De palen moeten worden gemodelleerd als embedded beams. De palen moeten onder invloed van de belasting een gedrag vertonen dat min of meer vergelijkbaar is met het last-zakkingsgedrag zoals dat volgens hfst. 7 van NEN 9997-1+C2;2017 kan worden berekend.
- De funderingsplaat van de Lumière toren. Deze heeft een dikte van ca. 2,5 m. De bovenkant van de plaat komt op ca. NAP +4,6 m te liggen.
- De vloer van het de plintbebouwing. Deze heeft een dikte van ca. 0,4 m en komt met de bovenkant op ca. NAP –5,5 m te liggen.
- De vloer van de laagbouw. In de berekening is een uniforme vloer en vloerdikte van 0,4 m met de bovenkant op ca. NAP –4,9 m aangehouden. De verdiepte ligging van liftputten en poeren is niet gemodelleerd.
- De BGT paalbelastingen van de verschillende bouwdelen zoals opgegeven door de constructeur. Omdat de analyse een zettingsbeschouwing betreft zijn de BGT belastingen gehanteerd, waarin het eigen gewicht van de constructie en de variabele belastingen met een momentaan factor van 0,4 zijn aanwezig zijn. Windbelasting dient gezien het kortdurende karakter te worden uitgesloten van de zettingsbeschouwing.
- De Waalcompactpalen die een deel van de belasting vanuit de bestaande parkeergarage gaan dragen, vallen buiten de bouwkuip van de laagbouw. In werkelijkheid zijn deze palen middels een bestaande betonvloer onderdeel van de laagbouw. Om modeltechnische reden zijn de WCP-palen als losstaande palen gemodelleerd om wel de paalbelastingen en krachtsafdracht onderdeel te laten zijn van het Plaxis 3D model.

De bouwput van de Lumière toren is nu gemodelleerd met een 2,5 m dikke keldervloer die de gehele bouwput beslaat. In werkelijkheid zal deze bouwput worden opgedeeld in twee delen, waarbij ten behoeve van de realisatie van de keldervloer en fundering van de plintbebouwing een strook evenwijdig aan de Lijnbaan ondieper zal worden ontgraven. Dit detail dient nog te worden uitgewerkt. Om de funderingspalen van dit deel van de plintbebouwing te kunnen modelleren, is het paalkopniveau 1,2 m verlaagd tot aan onderkant keldervloer om de corresponderende paalbelastingen in het Plaxis 3D model op te kunnen nemen. De invloed van deze modellering op de berekeningsresultaten valt hierbij te verwaarlozen. Er wordt door de verlaging van het paalkopniveau 1,2 m aan negatieve kleef uit de veenlaag niet meegenomen. Verder is de keldervloer gewichtloos gemodelleerd aangezien het gewicht van de keldervloer onderdeel is van de door de constructeur opgegeven paalbelastingen.

Op basis van het DO bouwputadvies van Geobest wordt voor de bouw van Lumière een bouwput met stalen damwanden volgens het polderprincipe gerealiseerd. Hierbij wordt bij de bouwput van de Lumière toren gebruik gemaakt van een dubbellaags stempelraam, de overige twee bouwkuipen bevatten een enkellaags stempelraam. De volledige bouwfasering is in de berekening gemodelleerd. De stempels zelf zijn hierbij om modeltechnische reden niet gemodelleerd, maar geschematiseerd als horizontale lijnlasten.

De aanwezigheid van belendende gebouwen zoals The Core en het monumentale City House zijn in dit stadium vooralsnog niet gemodelleerd. In een later stadium kan de berekening worden uitgebreid indien de omgevingsbeïnvloeding nader dient te worden beschouwd. Het modelleren van het gewicht van de bestaande  heeft uiteindelijk een gunstig effect op de berekende zettingen ten gevolge van de nieuwbouw van Lumiere..

Gestart is met het maken van berekeningen van het last-zakkingsgedrag van de palen de Lumière toren (Tubexpalen 762/950) en de palen onder de plintbebouwing en laagbouw (Fundex palen 460/560 mm, WCP palen 114,3/300) volgens NEN 9997-1+C2;2017. Daarna zijn op basis van de sonderingen de Eindige Elementen parameters bepaald. Hiervoor is o.a. gebruik gemaakt van eerdere ervaringen in de omgeving, waaronder de Maastoren, Post Office, de Sax en de Zalmhaven.

In dit grondprofiel zijn een individuele Tubexpaal, een Fundexpaal en een Waalcompactpaal geschematiseerd tot het door Geobest geadviseerde paalpuntniveau en belast tot de door Pieters Bouwtechniek opgegeven representatieve belasting. Vervolgens is geverifieerd of de gevonden paalkopzakking overeen komt met het last-zakkingsgedrag dat volgens NEN 9997-1+C2;2017 kan worden bepaald.

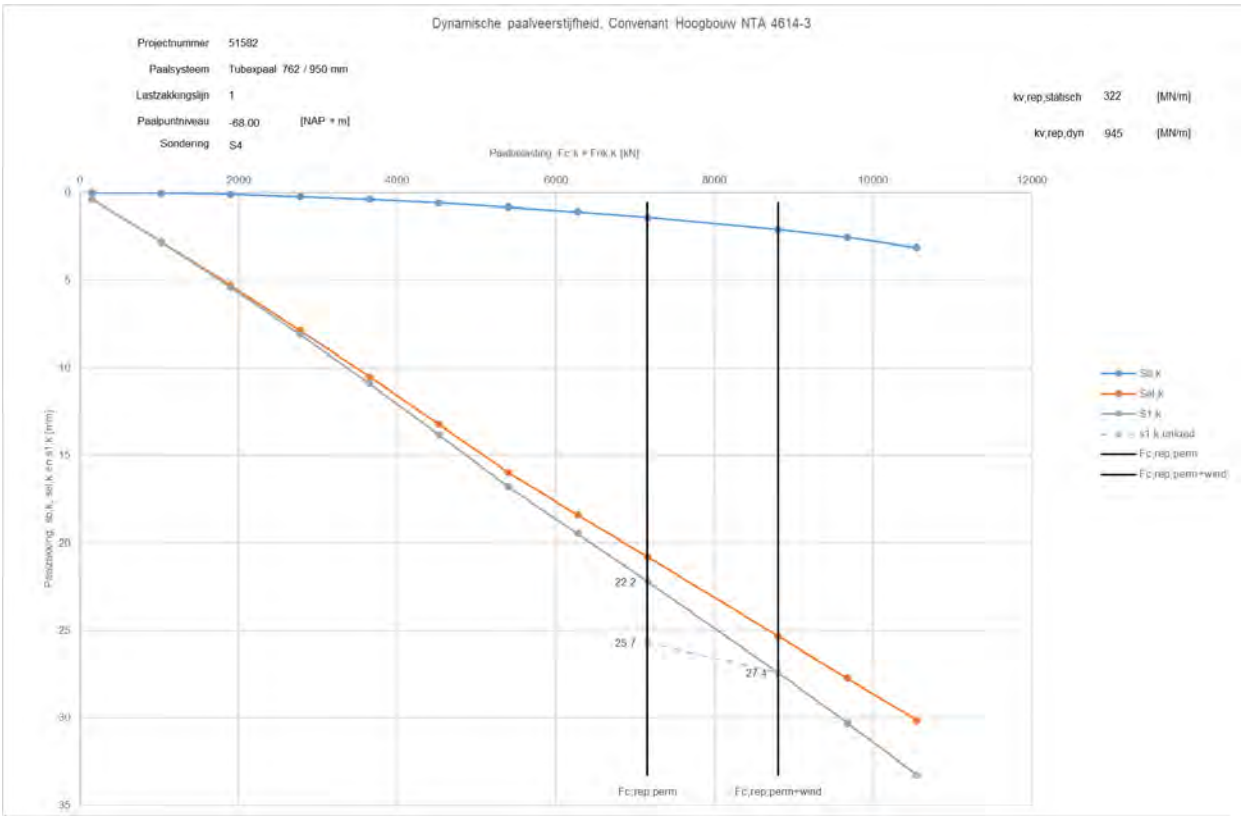
Zodra dit bevestigd was is een groter berekeningsmodel gemaakt, waarin alle constructieonderdelen volgens opgave zijn geschematiseerd. Deze berekening is uitgevoerd met medeneming van het effect van kruip. Kruip is een tijd- en spanningsafhankelijke vervorming. Het tijdsafhankelijke deel van de kruip treedt ook op zonder spanningsverhoging en wordt door de volledige omgeving in gelijke mate ondergaan.

Tenslotte is een berekening gemaakt van uitsluitend de kruipvervorming (met palen, maar zonder belastingen) om de tijdsafhankelijke kruip te kunnen scheiden van de spanningsafhankelijke kruip. Dit wordt gedaan omdat kruip een dempend effect heeft op de rotaties die door de spanningsverhoging in de omgeving ontstaan. Op deze wijze kunnen de berekende rotaties conservatief worden getoetst.

# 4 BEPALING LAST-ZAKKINGSGEDRAG VOLGENS NEN 9997-1;2017

## 4.1 Tubex palen Lumière toren

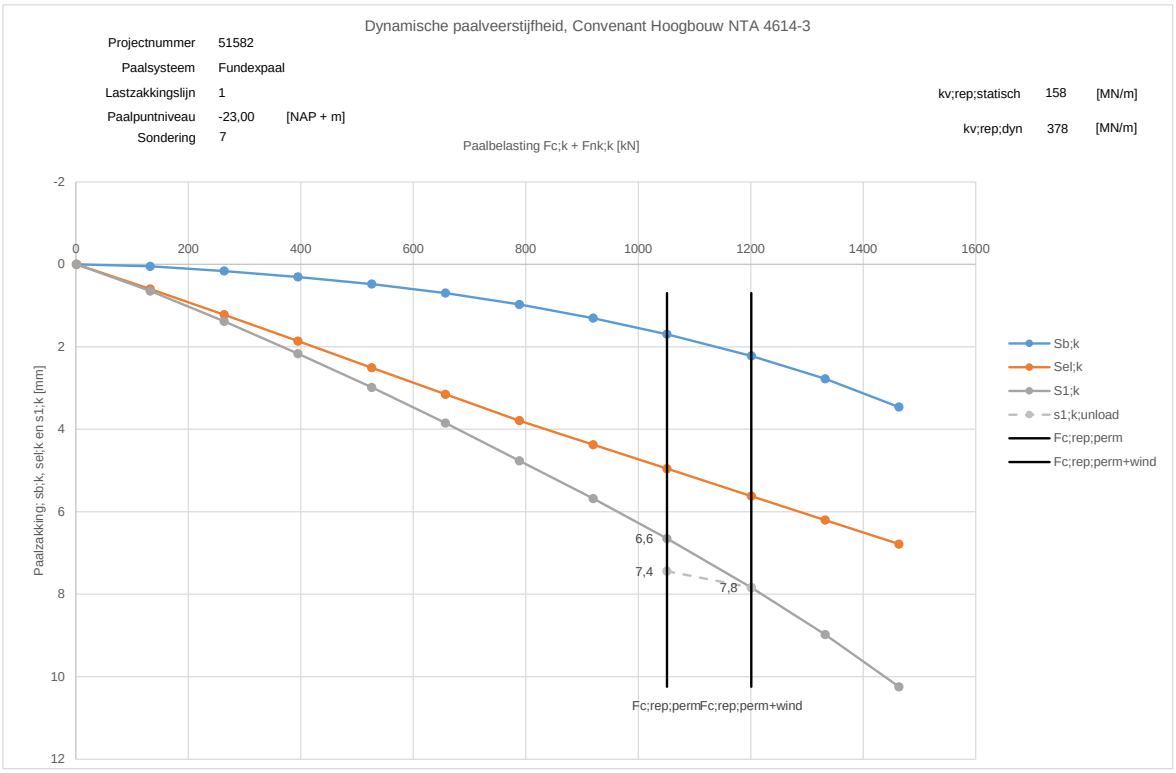
In Figuur 4.1 is de berekening van het last-zakkingsgedrag van Tubex palen 762/950 mm onder de hoogbouw van Lumière op basis van de maatgevend gestelde sondering (nr. 4) opgenomen. De berekende paalkopzakking onder representatieve belasting bedraagt ca. 22 mm.




**Figuur 4.1: Veerstijfheid Tubex paal Lumière toren volgens NEN 9997-1;2017**

## 4.2 Fundex palen plint en laagbouw

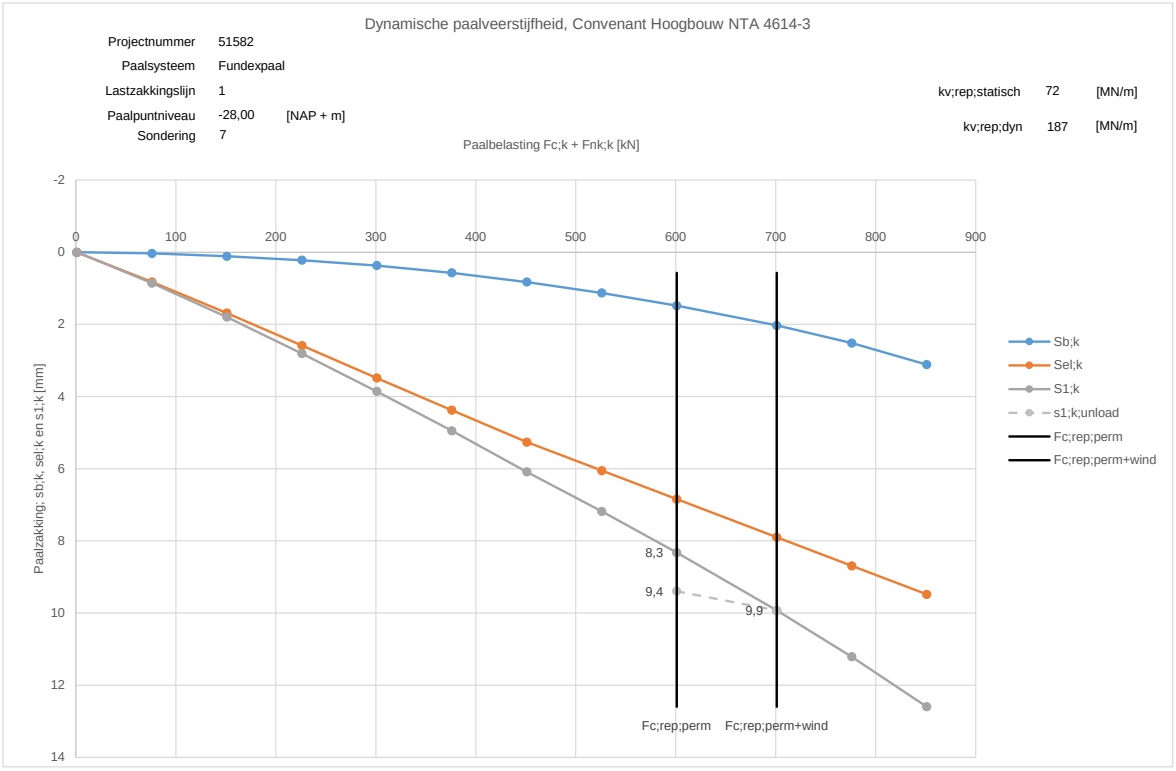
De meest recente door Pieters Bouwtechniek aangeleverde representatieve paalbelastingen onder zowel de plintbebouwing als de laagbouw zijn vooralsnog wat lager dan op basis van de berekende draagkracht voor de Fundex palen mogelijk zou zijn. Daarom is een paal van het type Fundex geschematiseerd, uitgaande van een belasting van 1.050 kN. In de berekening is een de waarde voor $\xi$ van 1,00 gehanteerd. In Figuur 4.2 is de berekening van het last-zakkingsgedrag van Fundex palen onder de laagbouw op basis van de maatgevend gestelde sondering (nr. 3) opgenomen. De berekende paalkopzakking bedraagt ca. 6 mm.




**Figuur 4.2: Veerstijfheid Fundex paal plint/laagbouw volgens NEN 9997-1;2017**

## 4.3 WCP palen laagbouw

In Figuur 4.3 is de berekening van het last-zakkingsgedrag van WCP palen onder de laagbouw op basis van de maatgevend gestelde sondering (nr. 7) opgenomen. De paalkopzakking bedraagt ca. 9 mm.




**Figuur 4.3: Veerstijfheid WCP paal volgens NEN 9997-1;2017**

# 5 PAALGROEPSWERKING EN CONSOLIDATIEZETTING HOOGBOUW

## 5.1 Algemeen

Vanwege de gecompliceerde krachtsafdracht in de palen en ter bepaling van de invloed hiervan op het zettingsgedrag van de fundering van de hoogbouw, alsmede de te verwachten gronddeformaties in de eerste zandlaag ter plaatse van de nieuw te realiseren en belendende gebouwen zijn Plaxis 3D berekeningen uitgevoerd. De berekeningen zijn nadrukkelijk niet bedoeld om het exacte paaldraagvermogen of de correcte grond-paal-interactie inclusief installatie-effecten te berekenen.

De berekeningen hebben voornamelijk tot doel om een goede inschatting te kunnen maken van de extra paalzakking die moet worden verwacht uit het feit dat de individuele palen onderdeel uitmaken van een grote groep palen in een dicht stramien. Daarnaast heeft de berekening tot doel om de effecten van consolidatie van de formatie van Waalre op de krachtsverdeling in de palen te beoordelen en welke invloed dit heeft op deformatie van de eerste zandlaag in de omgeving van de projectlocatie.

## 5.2 Gehanteerde Plaxis parameters

Voor de bepaling van de Plaxis HS parameters is gebruik gemaakt van het beschikbare grondonderzoek en ervaring met projecten in de directe omgeving. De bodemopbouw is gebaseerd op sonderingen 2A en 4. De meest relevante parameters zijn weergegeven in Tabel 5.1 t/m Tabel 5.3. Een compleet overzicht van alle in de berekening gehanteerde parameters is opgenomen in Bijlage 2.

**Tabel 5.1: Geschematiseerde bodemopbouw en parameters (Hardening Soil parameters) sondering 2A en 4**

| Laag | b.k. laag | o.k. laag | $\gamma_{dry}/\gamma_{sat}$ | $\varphi$' | c' | $E_{50;ref}$ | $E_{oed;ref}$ | $E_{ur;ref}$ | m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [-] | [m NAP] | [m NAP] | [kN/m$^3$] | [°] | [kPa] | [MN/m$^2$] | [MN/m$^2$] | [MN/m$^2$] | [-] |
| Topzandlaag | -0.75 | -3.50 | 18,0/19,0 | 30,0 | 0,0 | 15 | 15 | 60 | 0,5 |
| Klei, zwak humeus | -3.50 | -6.00 | 18,0/19,0 | 25,0 | 2,0 | 5 | 5 | 20 | 0,6 |
| Veen | -6.00 | -9.00 | 12,0/12,0 | 17,5 | 5,0 | 3 | 3 | 12 | 0,7 |
| Klei, silthoudend | -9.00 | -15.00 | 16,0/16,0 | 27,5 | 3,0 | 4 | 4 | 16 | 0,6 |
| Klei, humeus | -15.00 | -17.00 | 16,0/16,0 | 25,0 | 3,0 | 3 | 3 | 12 | 0,8 |
| Zand, matig vast | -17.00 | -20.00 | 18,0/20,0 | 32,5 | 0,0 | 50 | 50 | 200 | 0,5 |
| Zand, matig vast tot vast | -20.00 | -30.50 | 18,0/20,0 | 33,0 | 0,0 | 60 | 60 | 240 | 0,5 |
| Waalre 1 | -30.50 | -31.50 | 18,0/19,0 | 25,0 | 10,0 | Soft Soil Creep | | | |
| Zand, zeer vast | -31.50 | -37.00 | 19,0/20,0 | 35,0 | 0,0 | 80 | 80 | 320 | 0,5 |
| Zand, sterk siltig | -37.00 | -40.00 | 19,0/20,0 | 32,5 | 0,0 | 40 | 40 | 160 | 0,5 |
| Oerveen | -40.00 | -41.00 | 19,0/20,0 | 27,5 | 10,0 | Soft Soil Creep | | | |
| Waalre 2 | -41.00 | -45.00 | 19,0/20,0 | 25,0 | 10,0 | Soft Soil Creep | | | |
| Zand, matig vast | -45.00 | -46.00 | 19,0/20,0 | 32,5 | 0,0 | 40 | 40 | 160 | 0,5 |
| Waalre 2 | -46.00 | -52.00 | 19,0/20,0 | 25,0 | 10,0 | Soft Soil Creep | | | |
| Zand, matig vast | -52.00 | -58.00 | 19,0/20,0 | 32,5 | 0,0 | 45 | 45 | 180 | 0,5 |
| Zand, sterk siltig | -58.00 | -63.00 | 19,0/20,0 | 30,0 | 0,0 | 25 | 25 | 100 | 0,5 |
| Zand, vast | -63.00 | -70.00 | 19,0/20,0 | 35,0 | 0,0 | 60 | 60 | 240 | 0,5 |
| Zand, sterk siltig | -70.00 | -77.00 | 19,0/20,0 | 32,5 | 0,0 | 50 | 50 | 200 | 0,5 |
| Zand, vast | -77.00 | -100.00 | 19,0/20,0 | 35,0 | 0,0 | 60 | 60 | 240 | 0,5 |

**Legenda**

$\gamma_{dry}$ = volumegewicht bij natuurlijk vochtgehalte
$\gamma_{sat}$ = verzadigd volumegewicht
$\varphi$' = effectieve hoek van inwendige wrijving
c' = effectieve cohesie
$E_{50;ref}$ = referentiestijfheid (secant) bij 50% van de gemobiliseerde schuifspanning
$E_{oed;ref}$ = referentiestijfheid (tangent) voor initiële oedometer belasting
$E_{ur;ref}$ = referentie herbelastingsstijfheid bij 50% van de gemobiliseerde schuifspanning
m = power m, parameter om spanningsafhankelijke samendrukking te regelen

Voor de kleilagen in de formatie van Waalre is gebruik gemaakt van Soft Soil Creep parameters. Deze parameters zijn gebaseerd op laboratoriumonderzoek en ervaringen van eerdere projecten, waaronder de Maastoren, Post Office, de Sax en de Zalmhaven. Voor twee van deze projecten zijn meerdere samendrukkingsproeven op de diepe kleilagen uitgevoerd. De zettingsprognose voor deze projecten is in de praktijk voldoende accuraat gebleken.

**Tabel 5.2: Geschematiseerde bodemopbouw en parameters (Soft Soil Creep parameters)**

| laag | b.k. laag | o.k. laag | $\gamma_d/\gamma_n$ | $\varphi'$ | c' | $\lambda^*$ | $\kappa^*$ | $\mu^*$ | POP | $K_{x;y}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [-] | [m NAP] | [m NAP] | [kN/m$^3$] | [°] | [kPa] | [-] | [-] | [-] | [kPa] | [m/d] |
| Waalre klei 1 | -30,5 | -31,5 | 18,0 / 19,0 | 25,0 | 10 | 0,0371 | 0,0228 | 0,0008 | 100 | $8,5^E$-6 |
| Oerveen | -40,0 | -41,0 | 19,0 / 20,0 | 27,5 | 10 | 0,0369 | 0,0191 | 0,0007 | 100 | $8,5^E$-6 |
| Waalre klei 2 | -41,0 | -45,0 | 19,0 / 20,0 | 25,0 | 10 | 0,0353 | 0,0217 | 0,0007 | 100 | $8,5^E$-6 |
| Waalre klei 2 | -46,0 | -52,0 | 19,0 / 20,0 | 25,0 | 10 | 0,0353 | 0,0217 | 0,0007 | 100 | $8,5^E$-6 |

**Legenda**

$\lambda_*$ = gemodificeerde index voor samendrukking
$\kappa^*$ = gemodificeerde index voor zwel
$\mu'$ = gemodificeerde index voor kruip
$k_{x;y}$ = horizontale en verticale doorlatendheid
POP = Pre Overburden Pressure (voorbelasting)

**Tabel 5.3: Parameters geschematiseerde vloer (Lineair Elastisch) en palen (Embedded beam)**

| Laag | b.k. laag | o.k. laag | $\gamma_d/\gamma_n$ | Diameter | E | $\upsilon$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [-] | [m NAP] | [m NAP] | [kN/m$^3$] | [m] | [GPa] | [-] |
| Betonvloer Lumière toren | -4,6 | -7,1 | 24,0 / 10,0 | - | 20,0 | 0,2 |
| Betonvloer plintbebouwing | -3,0 | -3,5 | 24,0 / 10,0 | - | 20,0 | 0,2 |
| Betonvloer laagbouw | -4,9 | -5,3 | 24,0 / 10,0 | - | 20,0 | 0,2 |
| Tubex | -7,1 | -68,0 | 25,1 / 25,1 | 0,81 | 26,0 | 0,2 |
| Fundex plint | -5,9 | -23,0 | 24,0 / 24,0 | 0,56 | 20,0 | 0,2 |
| Fundex laagbouw | -5,3 | -23,0 | 24,0 / 24,0 | 0,56 | 20,0 | 0,2 |
| Waalcompactpaal | -3,9 | -28,0 | 24,0 / 24,0 | 0,20 | 20,0 | 0,2 |

Een compleet overzicht van alle in de berekening gehanteerde parameters is opgenomen in Bijlage 2.

## 5.3 Beschouwing last zakkingsgedrag individuele paal

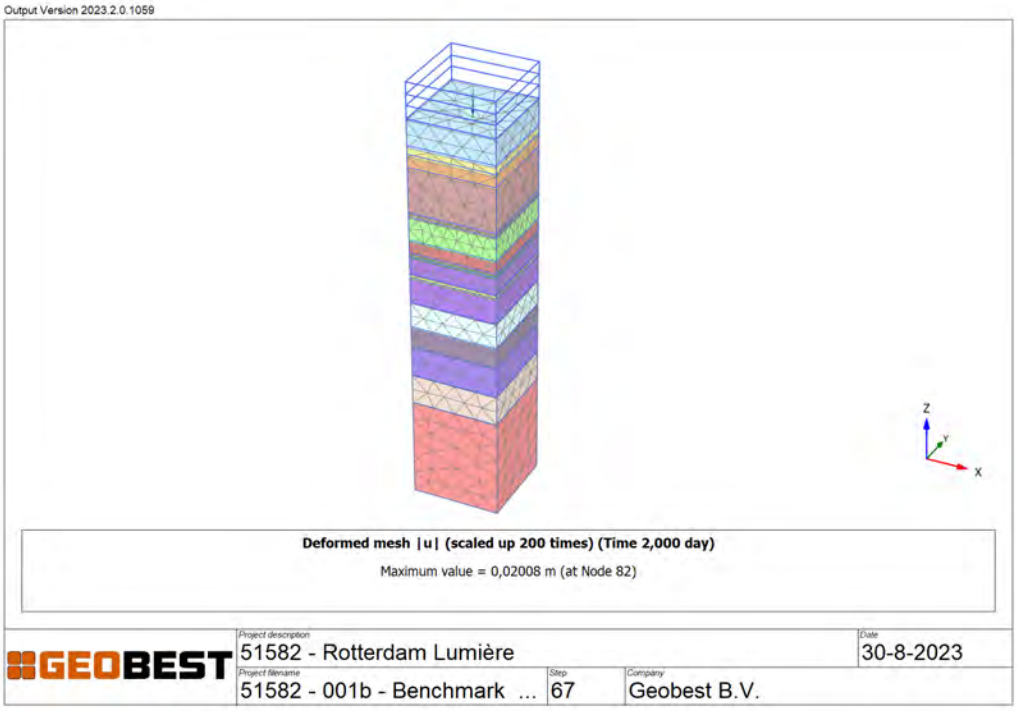
Begonnen is met het modelleren van een enkele paal in een 3D model (met afmetingen van 20 x 20 m) om te verifiëren of de initiële paalkopzakking onder de representatieve belasting bij benadering overeen komt met de berekende initiële paalkopzakking volgens NEN 9997-1+C2;2017 zoals beschreven in hoofdstuk 4.1. De bodemopbouw is gemodelleerd tot een maximale diepte van NAP -100,0 m.

Men dient zich te realiseren dat volgens NEN 9997-1+C2;2017 de paalkopzakking dient te worden berekend op basis van de karakteristieke paaldrukweerstand, waarin de $\xi_3$ factor (van 1,17) is verdisconteerd. Tevens is in de berekening van de draagkracht de gemeten conusweerstand volgens NEN 9997-1+C2;2017 afgesnoten op maximaal 15 MPa, waardoor geringe verschillen kunnen ontstaan.

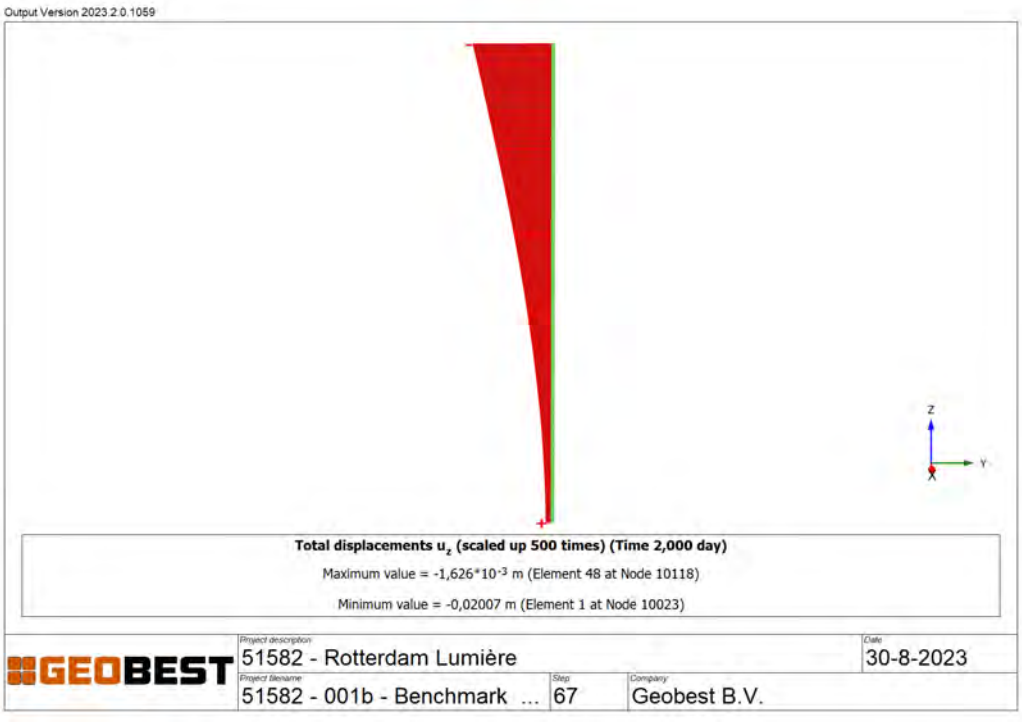
Om de uitkomsten goed met elkaar te vergelijken dient de paalkopzakking volgens NEN 9997-1+C2;2017 met $\xi_3$ factor van 1,00 te worden uitgevoerd om de resultaten goed te kunnen vergelijken met de benchmark berekeningen in Plaxis 3D.

In Plaxis worden de palen in het model geschematiseerd als embedded piles. Dit houdt in dat op basis van de aanwezige effectieve horizontale en verticale spanningen in de grond een verdeling van de schachtwrijving over de hoogte van de paal en de (resterende) belasting op de paalpunt worden berekend.

In een eerste model is voor de Lumière toren een enkele Tubex paal 762/950 mm gemodelleerd met daarop een statische representatieve belasting van 7.000 kN om te bepalen welke initiële paalkopzakking ontstaat direct ná het belasten. Negatieve kleef speelt in deze berekening nog geen rol. De palen zijn met de kop gemodelleerd tot NAP -6,6 m en met de punt op NAP -68,0 m. In Figuur 5.6 is een afbeelding van het berekeningsmodel weergegeven. In Figuur 5.7 is de verticale zakking van een enkele paal na het activeren van de belasting van 7.000 kN weergegeven. Uit de berekening volgt een paalkopzakking van 20,0 mm.

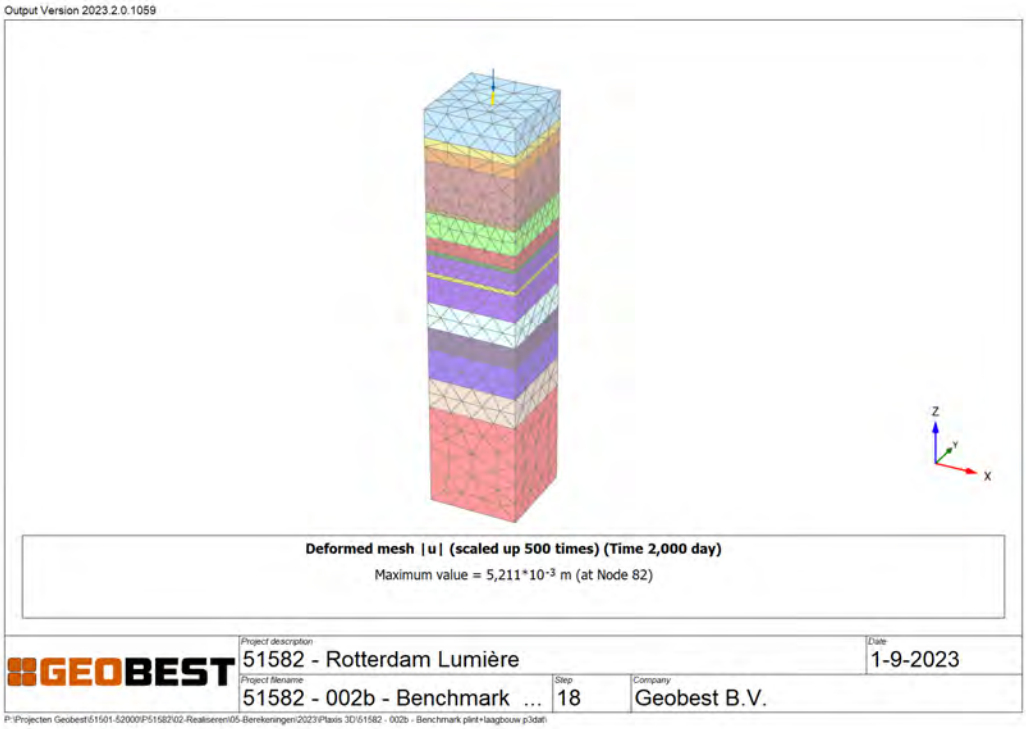



**Figuur 5.4: Plaxis 3D model met enkele paal Lumière toren**

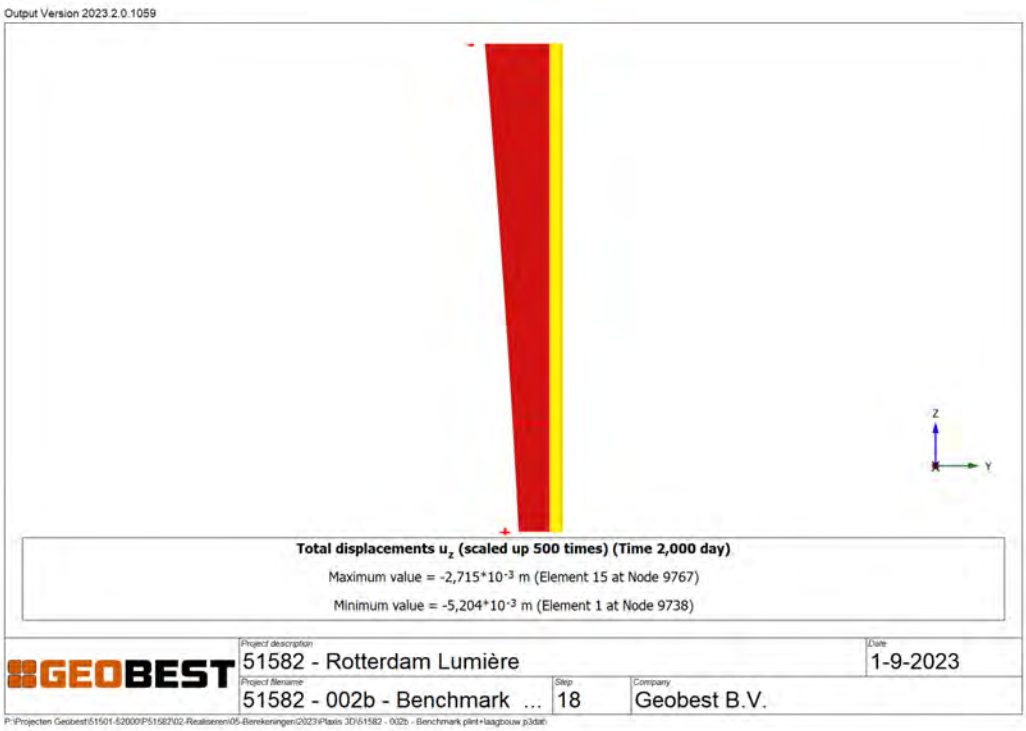



**Figuur 5.5: Berekende verticale zakking over paalhoogte Lumière toren**

In een tweede model is voor de plintbebouwing/laagbouw een enkele Fundex paal 460/560 mm gemodelleerd met daarop een statische representatieve belasting van 800 kN om te bepalen welke initiële paalkopzakking ontstaat direct ná het belasten. Negatieve kleef speelt in deze berekening nog geen rol. De palen zijn met de kop gemodelleerd tot NAP -5,1 m en met de punt op NAP -23,0 m. In Figuur 5.8 is een afbeelding van het berekeningsmodel weergegeven. In Figuur 5.9 is de verticale zakking van een enkele paal na het activeren van de belasting van 1.050 kN weergegeven. Uit de berekening volgt een paalkopzakking van circa 5 mm.

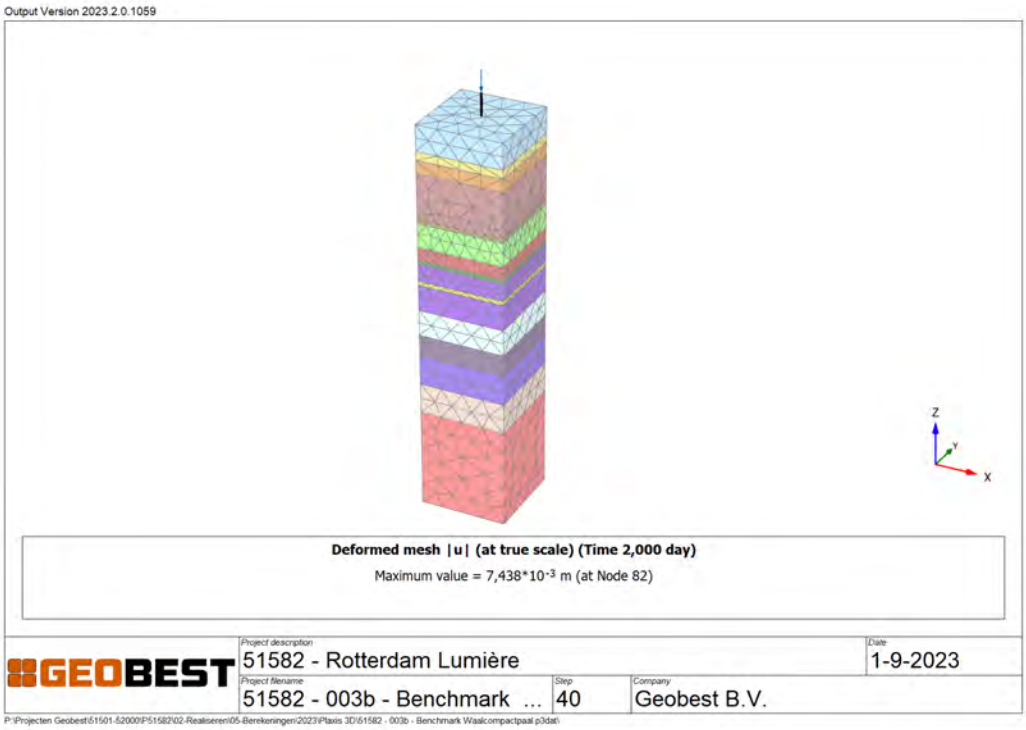



**Figuur 5.6: Plaxis 3D model met enkele paal plintbebouwing/laagbouw**

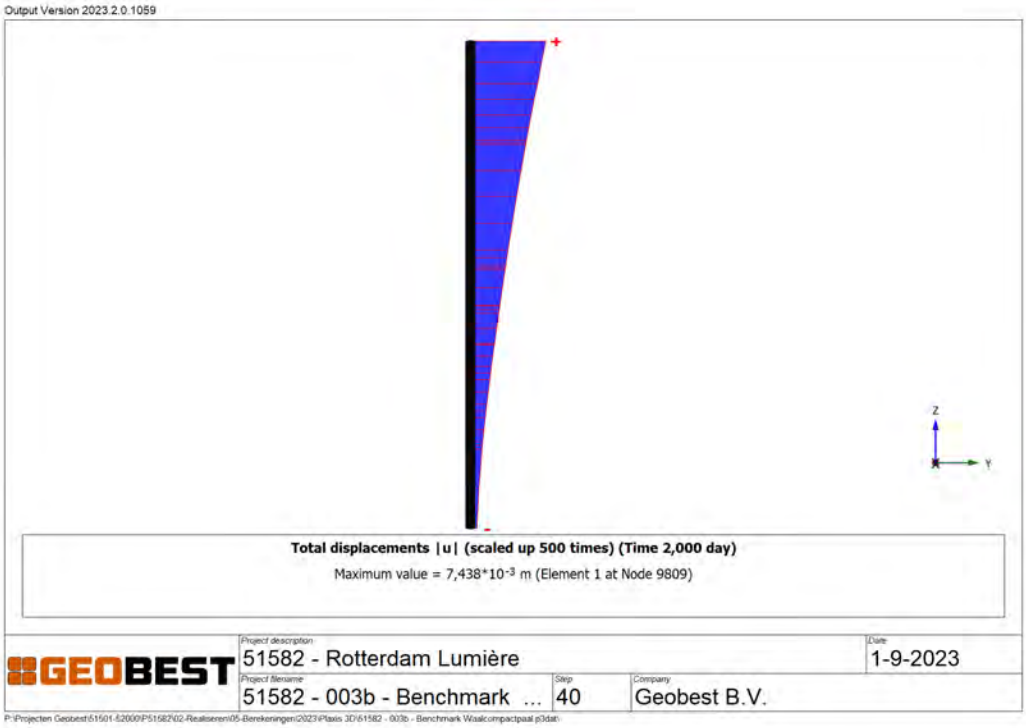



**Figuur 5.7: Berekende verticale zakking over paalhoogte plintbebouwing/laagbouw**

In een derde model is voor de laagbouw een enkele WCP paal 114,3/300 mm gemodelleerd met daarop een statische representatieve belasting van 600 kN om te bepalen welke initiële paalkopzakking ontstaat direct ná het belasten. Negatieve kleef speelt in deze berekening nog geen rol. De palen zijn met de kop gemodelleerd tot NAP -3,0 m en met de punt op NAP -28,0 m. In Figuur 5.8 is een afbeelding van het berekeningsmodel weergegeven. In Figuur 5.9 is de verticale zakking van een enkele paal na het activeren van de belasting van 600 kN weergegeven. Uit de berekening volgt een paalkopzakking van 7 mm.




**Figuur 5.8: Plaxis 3D model met enkele WCP paal**




**Figuur 5.9: Berekende verticale zakking over paalhoogte WCP paal 114,3/300 mm laagbouw**

Uit de Plaxis berekening voor een Tubex paal onder de Lumière toren volgt een initiële paalkopzakking van ca. 20 mm. Uit de berekening conform NEN 9997-1+C2;2017 met ξ = 1,00 zonder negatieve kleef volgt een kopzakking van ca. 22 mm.

Uit de Plaxis berekening voor een Fundex paal onder de plintbebouwing en laagbouw volgt een initiële paalkopzakking van ca. 6,6 mm. Uit de berekening conform NEN 9997-1 met ξ = 1,00 zonder negatieve kleef volgt een kopzakking van ca. 5,4 mm.

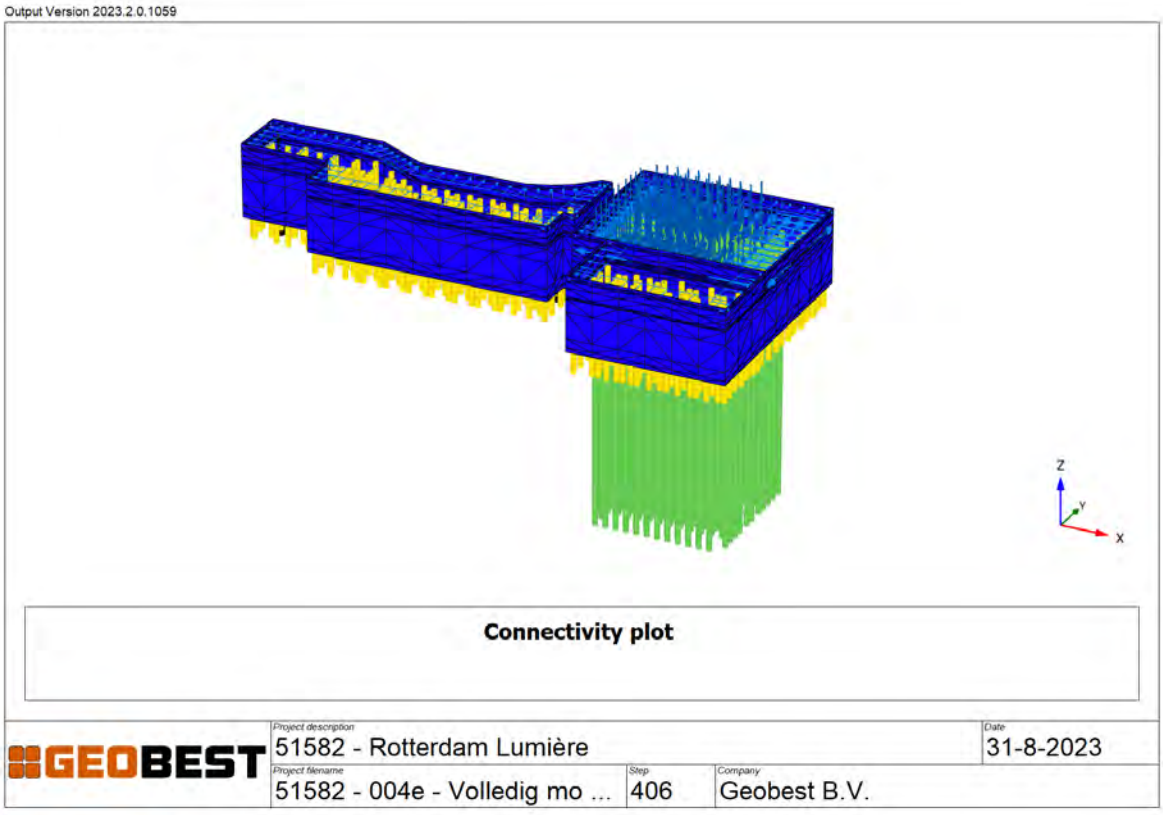
Uit de Plaxis berekening voor een WCP paal ter plaatse van de laagbouw volgt een initiële paalkopzakking van ca. 7,4 mm. Uit de berekening conform NEN 9997-1 met ξ = 1,00 zonder negatieve kleef volgt een kopzakking van ca. 8,3 mm.

Het gevonden verschil ligt in een zodanige ordegrootte dat wordt vastgesteld dat het zakkingsgedrag van de individuele palen om de paaldrukweerstand in het model te mobiliseren voldoende nauwkeurig is om in een uitgebreider model het effect van paalgroepswerking en consolidatiezetting in de formatie van Waalre te bepalen, zonder dat het last-zakkingsgedrag van de individuele palen de uitkomst significant beïnvloedt.

## 5.4 Beschouwing paalgroepswerking en consolidatiezetting

Voor de analyse van de paalgroepswerking en consolidatiezetting is een 3D model opgesteld op basis van het voorlopige palenplan en de bouwput. Er is een compleet model gemaakt, waarin het werkelijke aantal palen en de complete fasering van de bouwput is gemodelleerd.

Het definitieve model heeft een grootte van 200 m x 125 m en bevat alle palen, de betonvloeren en de damwanden van de drie verschillende bouwdelen. Een afbeelding van de gemodelleerde onderdelen is weergegeven in Figuur 5.10.




**Figuur 5.10: Compleet model met damwanden, vloeren en palenplan in Plaxis 3D**

De palen van de Lumière toren en de palen van de plintbebouwing die binnen de diepe bouwput vallen, zijn met de kop gemodelleerd op NAP -6,60 m, overeenkomend met 0,50 m in de betonvloer. De bovenkant van de keldervloer is gemodelleerd op NAP -4,60 m. De vloer is 2,50 m dik gemodelleerd. De palen van de plintbebouwing aan de zijde van de Kruiskade zijn met de kop gemodelleerd tot NAP -5,70 m. De bovenkant van de funderingsplaat is gemodelleerd op NAP -5,50 m. De plaat is 0,40 m dik.

Iedere individuele paal is op basis van informatie van de constructeur op de juiste locatie ingevoerd. Op iedere paal is daarna een representatieve puntlast ingevoerd (die eveneens zijn opgegeven door de constructeur). Een grafische weergave hiervan is opgenomen in Bijlage 3. De aangehouden belastingen zijn de representatieve paalbelastingen op basis van het eigen gewicht van het gebouw en de veranderlijke belasting met een momentaan factor van 0,4.

Gestart is met de installatie van de palen en de complete fasering van de bouwput. Eenmaal op diepte zijn de vloeren geactiveerd en de puntlasten aangebracht. De fase waarin de belasting wordt geactiveerd is als ongedraineerde berekening uitgevoerd (met een tijdstap van 1 dag), zodat ten gevolge van het aanbrengen van de belasting wateroverspanning ontstaat in de cohesieve lagen. Het initiële effect van extra zakking door het groepseffect ten opzichte van het gedrag van een enkele paal kan hierdoor goed worden afgeleid.

Tenslotte is een consolidatieberekening uitgevoerd, waarbij de ontstane wateroverspanningen afvloeien en de zettingsgevoelige lagen gedurende 20.000 dagen verder consolideren en kruipen. Vanwege de overconsolidatie in de kleilagen in de formatie van Waalre is een langere consolidatie tijd aangenomen dan de standaard 10.000 dagen voor een ‘normale’ consolidatieberekening. Uit deze berekening volgt het uiteindelijke gecombineerde effect van groepswerking én consolidatie van de formatie van Waalre op de paalkopzakking en krachtsverdeling in de palen.

Door de verdeling van de schachtwrijving in de palen voor en na 20.000 dagen consolidatie met elkaar te vergelijken kan de aanname worden geverifieerd dat een afname van schachtwrijving in de eerste zandlaag leidt tot een toename van de schachtwrijving in de dieper gelegen grondlagen en dat deze verschuiving van spanningen leidt tot extra vervorming van de palen en de grondlagen waarin deze zich bevinden. De eigenschappen van de holocene slappe lagen zijn voor de beschouwing van de benoemde doelen minder relevant en zijn gemodelleerd met Hardening Soil parameters. Alle zandlagen in de berekening vertonen gedraineerd gedrag en zijn dus eveneens met Hardening Soil parameters gemodelleerd.

Om een goede consolidatieberekening te kunnen maken zijn de relevante cohesieve lagen (dit zijn alle cohesieve lagen onder de eerste zandlaag) gemodelleerd met Soft Soil Creep parameters. Dit heeft als voordeel dat de consolidatie ten gevolge van de spanningstoename in de grond door de krachtsafdracht vanuit de palen en de afname van wateroverspanningen correct wordt berekend. Als nadeel geldt dat kruip op lange termijn numeriek voor dergelijk diep gelegen, over geconsolideerde, cohesieve lagen moeilijk te verifiëren is, omdat informatie hierover ontbreekt. Kruip treedt niet lokaal op, maar in het complete model. Men dient zich te realiseren dat kruipvervormingen in het hele model altijd zullen optreden, dus ook zonder de spanningsverhogingen vanuit de te realiseren constructies.

Om de berekeningsresultaten beter te kunnen duiden is een eenvoudige extra berekening uitgevoerd, waarin 20.000 dagen consolidatie is berekend, waarin de palen wel zijn geactiveerd, maar zonder belasting. Uit deze berekening volgt de tijdsafhankelijke kruip van de cohesieve lagen van de formatie van Waalre zonder dat er spanningsverhogingen, maar met het dempend effect van de aanwezige diepe paalfunderingen.

Op basis van de resultaten van deze tweede berekening kan indirect worden bepaald welk deel van de uiteindelijk berekende vervormingen in het complete berekeningsmodel met constructies feitelijk door de afdracht van belasting vanuit de bouw van de hoogbouw worden veroorzaakt. De vervorming die rekenkundig ontstaat ten gevolge van kruip van de cohesieve lagen in de formatie van Waalre is in feite niet relevant voor de optredende zettingsverschillen en hoekverdraaiingen van belendingen, aangezien deze integraal over de projectlocatie en in de omgeving optreedt.

## 5.5 Fasering

Voor de berekening in Plaxis 3D is uitgegaan van de volgende fasering:

1: k0 procedure voor bepaling van initiële spanningen in het model.
2: Aanbrengen damwanden
3: Aanbrengen palen
4: Ontgraven Lumière toren tot NAP -2,0 m
5: Stempeling op NAP -1,5 m
6: Bemalen bouwkuip tot NAP -5,5 m
7: Ontgraven Lumière toren tot NAP -5,0 m
8: Stempeling op NAP -4,5 m
9: Bemalen bouwkuip tot NAP -7,6 m + spanningsbemaling eerste zandlaag
10: Ontgraven Lumière toren tot NAP -7,1 m en storten betonvloer
11: Ontgraven plint tot NAP -2,0 m
12: Stempeling op NAP -1,5 m
13: Bemalen bouwkuip plint tot NAP -7,6 m
14: Ontgraven plint tot NAP -5,9 m en storten betonvloer
15: Ontgraven laagbouw tot NAP -2,0 m
16: Stempeling op NAP -1,5 m
17: Bemalen bouwkuip laagbouw tot NAP -5,8 m
18: Ontgraven laagbouw tot NAP -5,3 m en storten betonvloer
19: Stopzetten bemaling
20: Activeren gebouwbelastingen (1 dag)
21: Consolidatie tot 20.000 dagen

# 6 PRESENTATIE VAN DE BEREKENINGSRESULTATEN

## 6.1 Berekening met enkele paal

Naast een beoordeling van het initiële last-zakkingsgedrag van een enkele paal ter plaatse van de Lumière toren met een paalpuntniveau van NAP -68 m (zie hoofdstuk 5.3) is ook gekeken naar het krachtsverloop in de alleenstaande paal vóór en ná 20.000 dagen consolidatie.



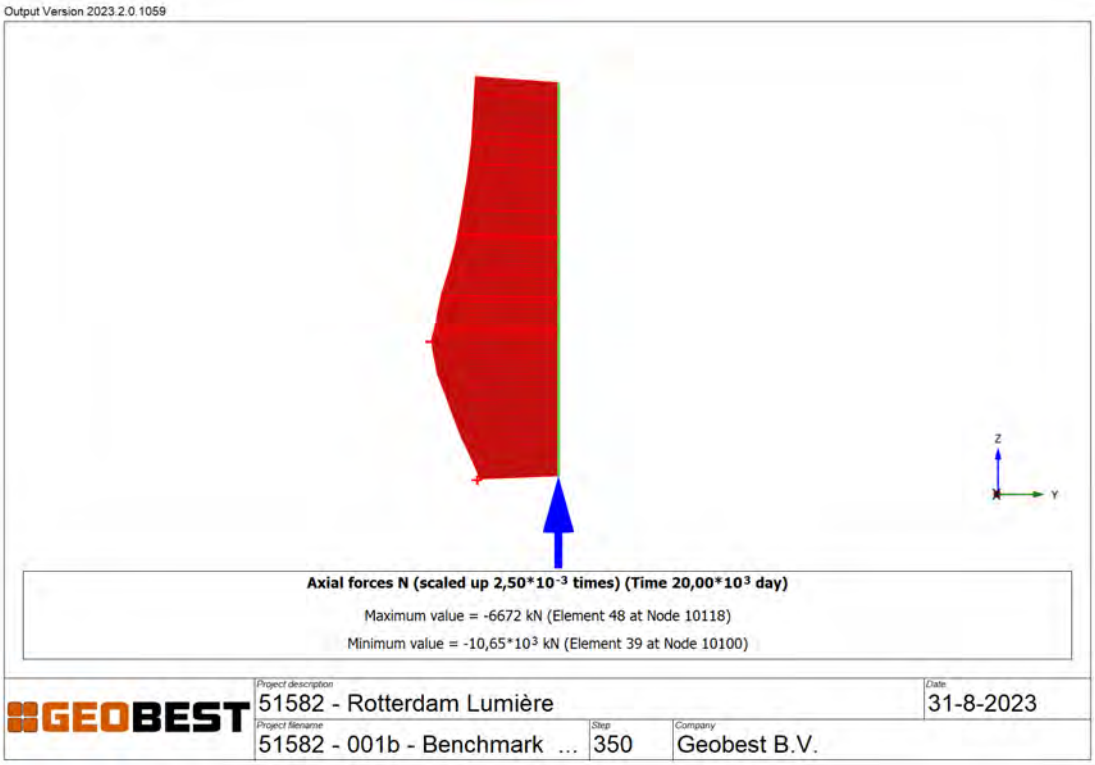

**Figuur 6.1: Normaalkracht in enkele paal Lumière toren (PPN NAP -68,0 m) direct na activeren belasting**

In Figuur 6.1 is te zien dat de normaalkracht in de paal (6.068 kN) in eerste instantie redelijk overeen komt met de ingevoerde belasting in de berekening (7.002 kN). Er is nog geen sprake van negatieve kleef in het holocene pakket, omdat er nog geen consolidatie is opgetreden.

Over de hoogte van de paal in het Holoceen blijft de normaalspanning vrijwel constant totdat het einde van het holocene pakket wordt bereikt. Hieronder neemt de normaalspanning geleidelijk af, zoals te verwachten is door de afdracht van de belasting naar de ondergrond in de verschillende grondlagen. Aan de paalpunt resteert een geringe belasting van ca. 270 kN. De paal draagt op dat moment dus vrijwel alle belasting door schachtwrijving.

In Figuur 6.2 is te zien dat na 20.000 dagen consolidatie van de cohesieve lagen de normaalkracht in de paal aan de kop nog overeen komt met de aanwezige belasting van ca. 7.000 kN, maar dat door zetting vanuit de diepere ondergrond de normaalkracht in de eerste zandlaag toeneemt tot een waarde van ca. 11.000 kN. Over deze zone verplaatst de grond in neerwaartse richting meer dan de paal, zodat een extra neerwaarts gerichte belasting op de paal ontstaat (vergelijkbaar met negatieve kleef).

Op een diepte van ca. NAP –47,0 m ligt een omslagpunt en verplaatst de paal meer dan de grond, waardoor de paal juist weerstand aan de ondergrond ontleend. De normaalkracht neemt vanaf dit niveau vervolgens richting de paalpunt verder af totdat uiteindelijke aan de punt een belasting van ca. 6.700 kN resteert.




**Figuur 6.2: Normaalkracht in enkele paal na 20.000 dagen consolidatie**

Na 20.000 dagen consolidatie is tevens gekeken hoeveel paalkopzakking is opgetreden. Uit de berekening blijkt dat de paalkopzakking door consolidatie en kruip is toegenomen van ca. 20 mm naar ca. 49 mm. De berekende toename in paalkopzakking voor een alleenstaande paal door consolidatie van de cohesieve lagen in de formatie van Waalre bedraagt derhalve ca. 29 mm.

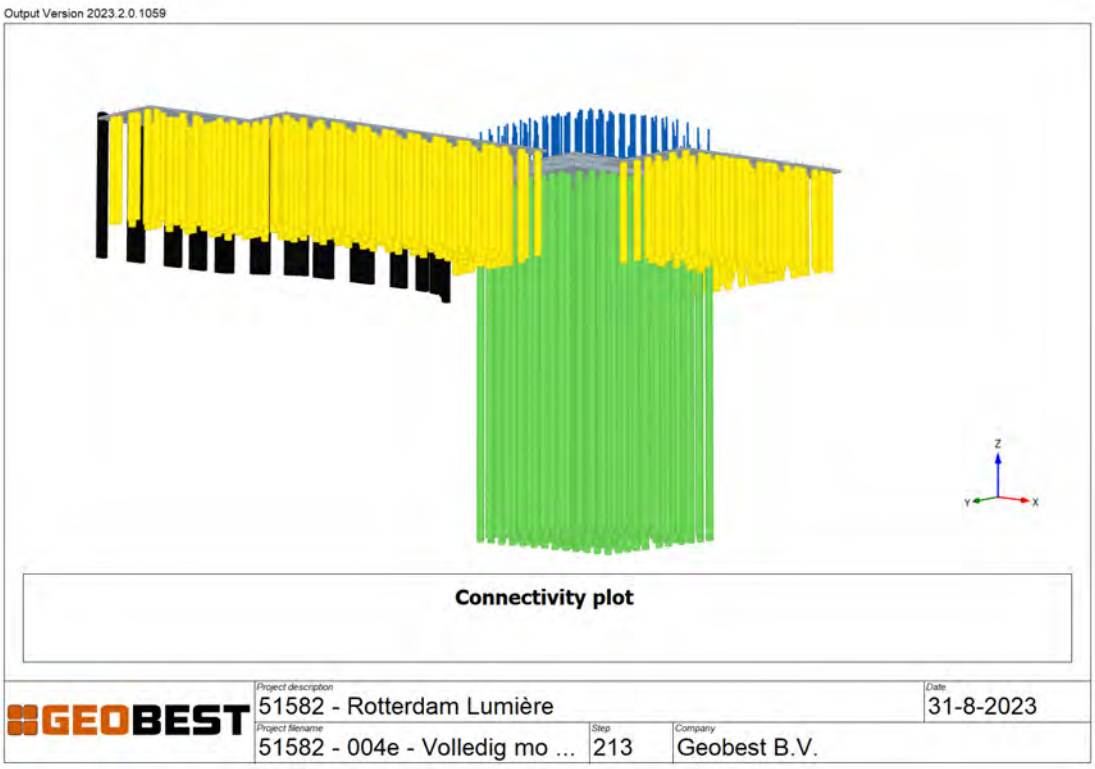
Deze resultaten worden in voldoende mate plausibel geacht om te kunnen concluderen dat het last-zakkingsgedrag van de paal zelf ten behoeve van het mobiliseren van de paaldrukweerstand in de berekening voldoende nauwkeurig is om het resultaat van de uitgebreidere berekening voor de bepaling van het groepseffect en de extra paalkopzakking door consolidatie en kruip van de formatie van Waalre niet significant te beïnvloeden.

Opgemerkt wordt dat door de consolidatie en kruip de maximale normaalkracht in de paal toeneemt van de oorspronkelijke belasting van circa 7.000 kN naar ca. 10.650 kN. Dit wordt veroorzaakt doordat de volledige eerste zandlaag een neerwaartse belasting (vergelijkbaar met negatieve kleef) op de palen uitoefent.

Bij de toetsing van de constructieve sterkte van de paaldoorsnede dient dan ook rekening te worden gehouden met de extra representatieve normaalkracht door dit effect. De getalswaarden volgen uit de volledige berekening van de paalgroep in hoofdstuk 6.2.

## 6.2 Berekening met compleet model

Uit de berekening met het complete model kan de invloed van de groepswerking van de paalfundering worden bepaald. In Figuur 6.3 is een afbeelding van de gemodelleerde palen en de vloeren weergegeven. Aan de linkerzijde bevindt zich het laagbouwgedeelte met (in geel) Fundex palen (tot NAP -23,0 m) onder een 0,4 m dikke vloer. Daarachter bevinden zich (in zwart) de Waalcompact palen (tot NAP -28,0 m). Centraal bevindt zich de Lumière toren, waaronder Tubex palen (tot NAP -68,0 m) zitten met een vloer van 2,5 m dik. Rechts bevindt zich de plintbebouwing met  Fundex palen (tot NAP -23,0 m) onder een 0,4 m dikke keldervloer. In het model is het laagbouwdeel constructief niet verbonden met de hoogbouw en plintbebouwing. De Lumière toren en de plintbebouwing zijn constructief middels de keldervloeren en tussenliggende damwand met elkaar verbonden.

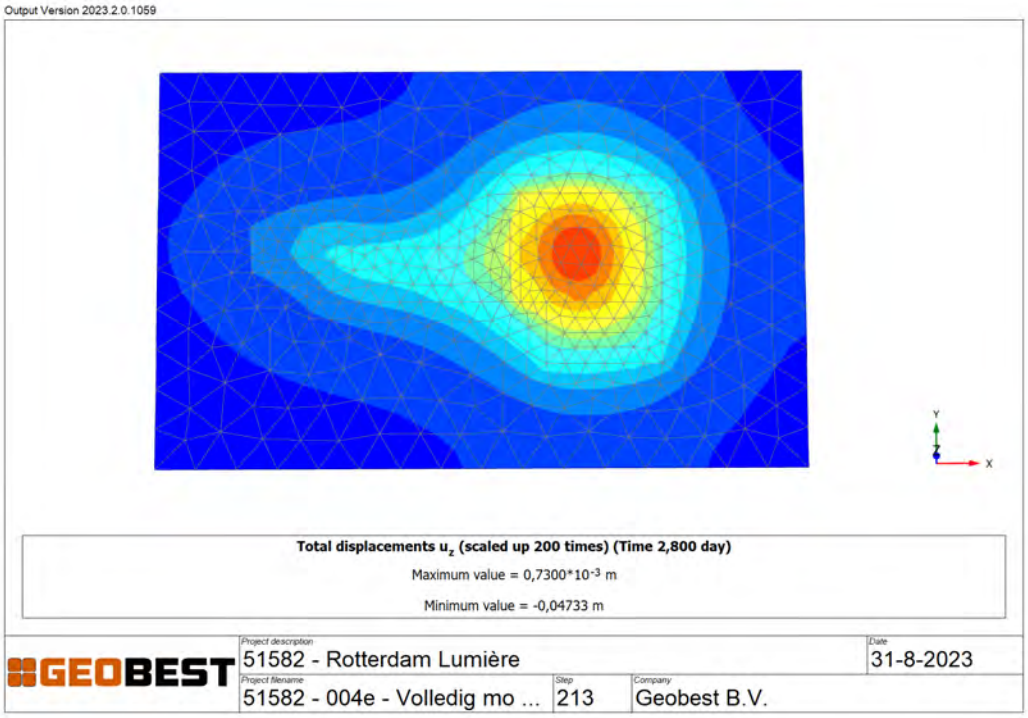



**Figuur 6.3: 3D afbeelding gemodelleerde onderdelen v.l.n.r. laagbouw, Lumière toren en de plintbebouwing.**

In Figuur 6.4 is een contourplot van de verticale grondverplaatsing van de bovenkant van de funderingszandlaag tussen NAP -17,0 m en NAP -30,5 m direct na het activeren van de belasting weergegeven.

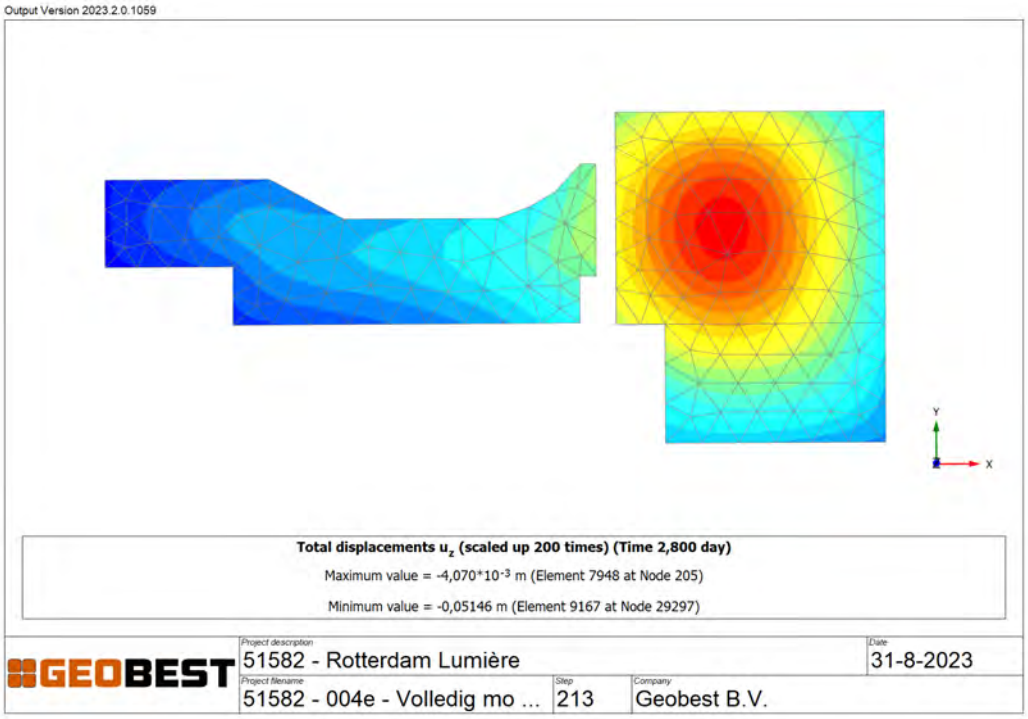
Ter plaatse van de Lumière toren wordt op niveau bovenkant funderingszandlaag (NAP –17,0 m) een maximale neerwaartse grondverplaatsing van circa 47 mm gevonden. De zakking is door het groepseffect uiteraard midden onder de Lumière toren het grootst. Aan de randen van het gebouw wordt een zakking gevonden van circa 30 mm tot 35 mm.

Verder is te zien dat de grotere gebouwbelastingen van de Lumière toren invloed hebben op de verticale grondverplaatsing ter plaatse van de plintbebouwing en laagbouw grenzend aan de Lumière toren. Verder weg van de hoogbouw bedragen de vervormingen ter plaatse van de laagbouw ca. 12 à 16 mm en zijn de vervormingen meer gelijkmatig verdeeld.




**Figuur 6.4: Verticale grondverplaatsing bovenkant funderingszandlaag (NAP -17,0 m) direct na belasten.**

In Figuur 6.5 is de verticale verplaatsing van de keldervloeren van de Lumière toren, de plintbebouwing en het laagbouwdeel weergegeven.

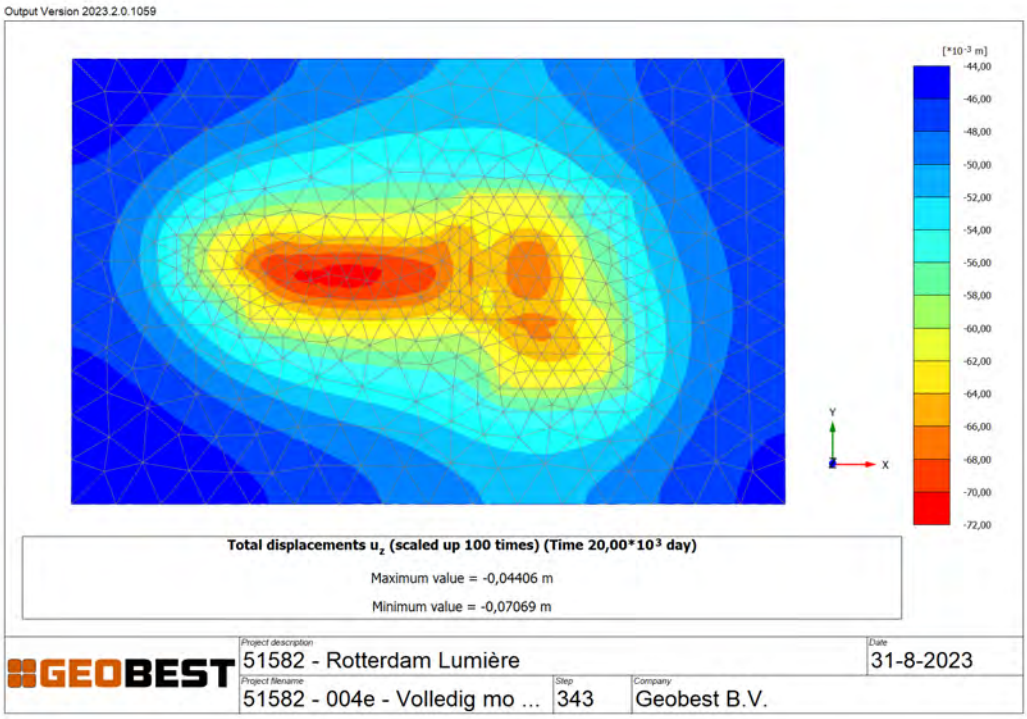



**Figuur 6.5: Verticale verplaatsing keldervloeren direct na belasten**

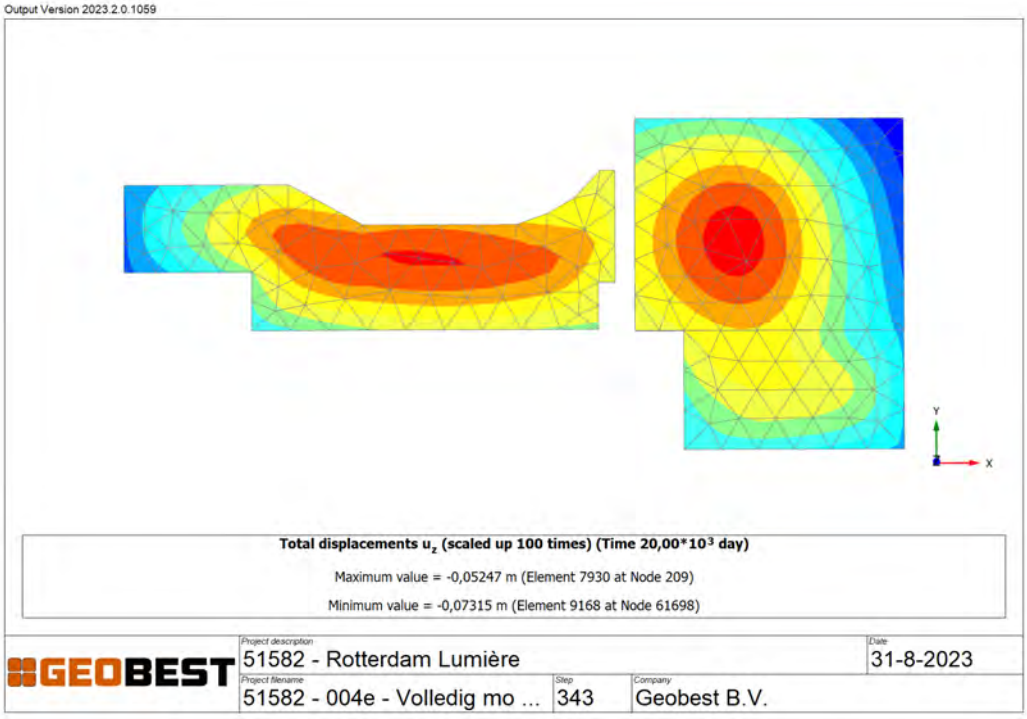
De zakking van de keldervloer onder de Lumière toren bedraagt na het activeren van de belasting ca. 51 mm in het midden van de plaat en ca. 30 mm à 35 mm aan de rand. Ter plaatse van de plintbebouwing variëren de verplaatsingen van circa 15 tot 35 mm.

De zakking van de keldervloer van de laagbouw bedraagt na het activeren van de belasting gemiddeld circa 20 mm. Zichtbaar is dat de verplaatsing van de laagbouw niet symmetrisch is, maar dat de funderingsplaat iets scheef zakt richting de Lumière toren.

In Figuur 6.6 en Figuur 6.7 zijn dezelfde figuren getoond voor de situatie na 20.000 dagen consolidatie.




**Figuur 6.6: Verticale grondverplaatsing bovenkant funderingszandlaag (NAP -17,0 m) na 20.000 dagen.**

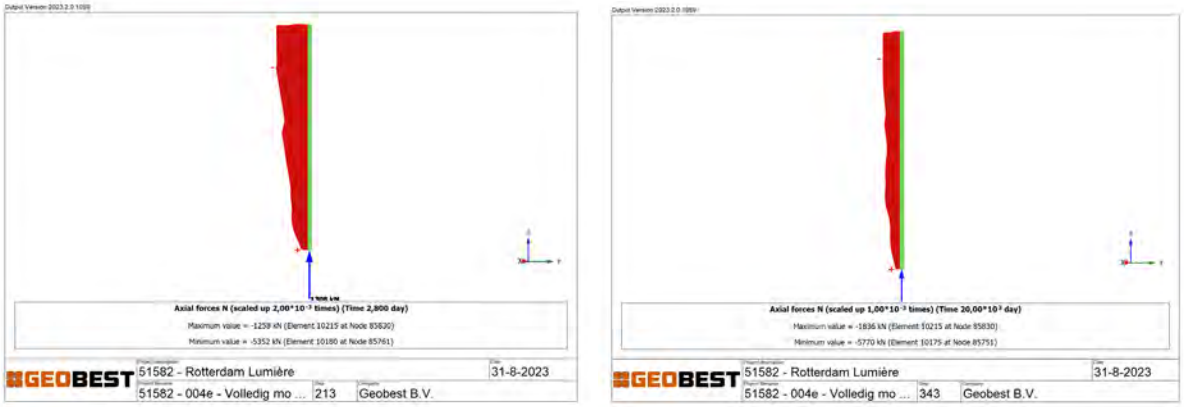



**Figuur 6.7: Verticale verplaatsing funderingsplaat na 20.000 dagen**

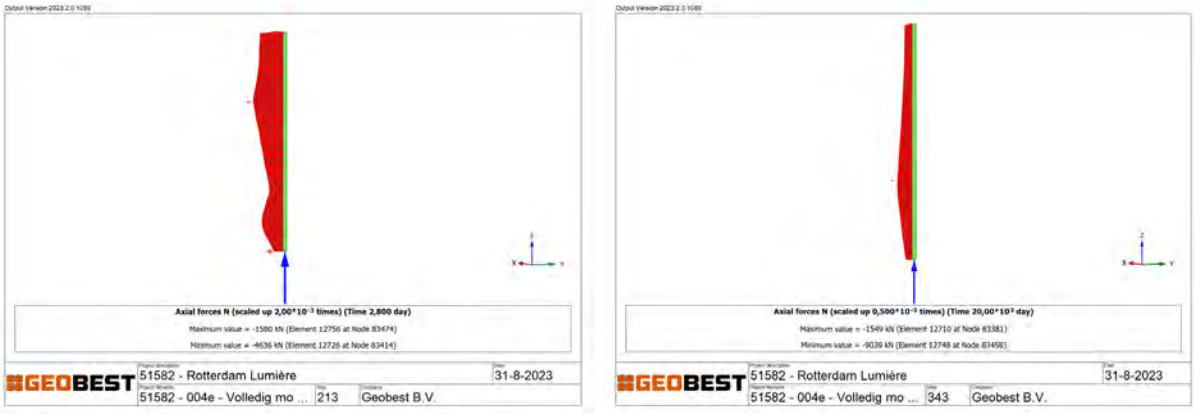
De zakking van de funderingsplaat onder de Lumière toren bedraagt na 20.000 dagen consolidatie en kruip ca. 73 mm in het midden van de plaat en ca. 50 mm a 65 mm aan de rand. Ter plaatse van de plintbebouwing aan de Kruiskade bedraagt de zakking 60 à 65 mm.

De zakking van de keldervloer van de laagbouw bedraagt na 20.000 dagen consolidatie en kruip eveneens circa 73 mm in het midden. Langs de randen bedraagt de zakking circa 55 a 65 mm. Goed zichtbaar is opnieuw dat de verplaatsing van de laagbouw niet symmetrisch is, maar dat de funderingsplaat iets scheef zakt richting de Lumière toren.

Figuur 6.8 toont de normaalkracht vóór en ná consolidatie voor een paal die midden onder het gebouw staat. In Figuur 6.9 hetzelfde voor een paal die op de hoek van het gebouw staat.




**Figuur 6.8: Normaalkracht in paal midden onder het gebouw na belasten (L) en na 20.000 dagen consolidatie (R)**




**Figuur 6.9: Normaalkracht in paal onder hoek van het gebouw na belasten (L) en na 20.000 dagen consolidatie (R)**

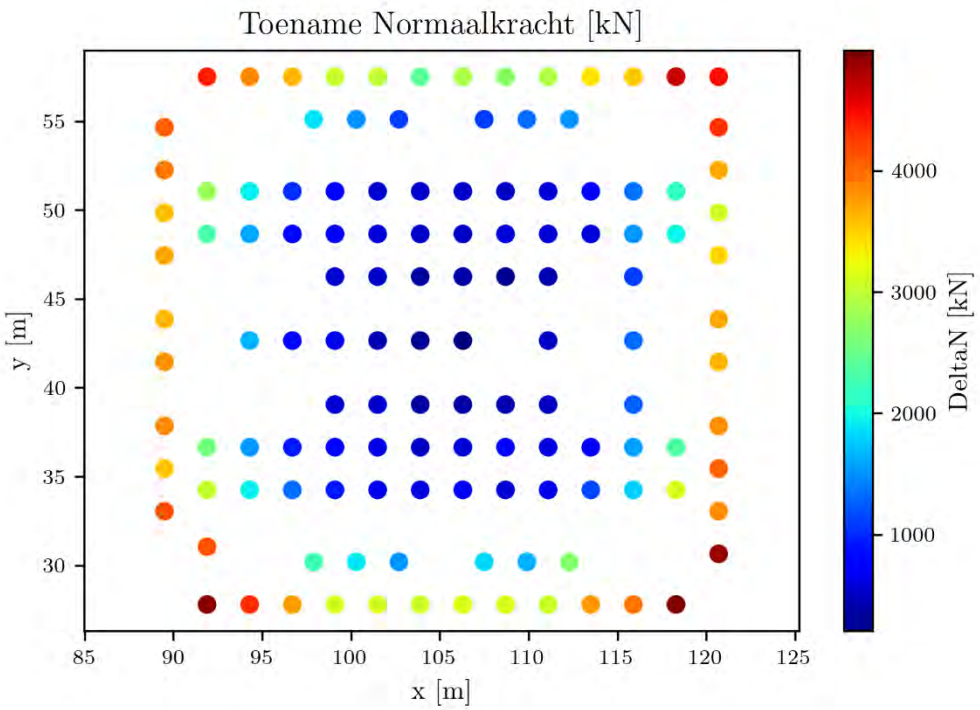
Te zien is dat het gedrag van de palen in een groep het gedrag volgt dat ook voor een alleenstaande paal werd gevonden. In eerste instantie is op paalkopniveau een normaalkracht aanwezig die ongeveer overeen komt met de uitgeoefende belasting op de paal en dat deze in de diepte geleidelijk afneemt. Te zien is wel dat de initiële normaalkracht in de individuele palen in de diepte bij palen in een groep minder snel afneemt dan bij een alleenstaande paal.

De resulterende belasting aan de punt direct na het activeren van de belasting is groter dan bij een alleenstaande paal. Dit is verklaarbaar doordat een paalgroep een grotere verticale verplaatsing ondergaat dan een individuele paal, zodat de paalpunt automatisch meer weerstand levert.

Na 20.000 dagen consolidatie is te zien dat de normaalkracht onder de eerste zandlaag in de paal ook toeneemt tot boven de oorspronkelijke normaalkracht vanuit de gebouwbelasting, zoals dat ook bij de alleenstaande paal het geval was. De toename in normaalkracht bij een midden paal is lager dan bij een hoekpaal.

Dit is logisch, omdat de omringende grond die een neerwaartse belasting op de midden palen uitoefent ruimtelijk beperkt is door de aanwezigheid van naburige palen en dit bij palen onder de hoek en langs de randen minder het geval is.

In Figuur 6.10 is de berekende toename van de normaalkracht na 20.000 dagen per paal in het model weergegeven.




**Figuur 6.10: Toename normaalkrachten na 20.000 dagen consolidatie**

Bij de toetsing van de constructieve sterkte van de paaldoorsnede dient rekening te worden gehouden met de extra representatieve normaalkracht door consolidatie en kruip. De maximale toename aan normaalkracht wordt gevonden in de hoekpalen en bedraagt ca. 4.500 kN.

De paaldoorsnede moet constructief worden getoetst op een normaalkracht gelijk aan de rekenwaarde van de belasting in de UGT ($F_{c;d}$ = 11.500 kN), verhoogd met de berekende maximale toename. De paaldoorsnede moet dus constructief in principe worden getoetst op een rekenkundige normaalkracht van 16.000 kN. Opgemerkt wordt wel dat de UGT belasting op de palen met de grootste verhoging mogelijk lager is dan 11.500 kN. In een later stadium wordt per individuele paal de berekende verhoging van de normaalkracht opgeteld bij de door de constructeur opgegeven UGT paalbelastingen, zodat hier mogelijk nog een wat lagere toets waarde voor de constructieve berekening van de paaldoorsnede uit volgt.

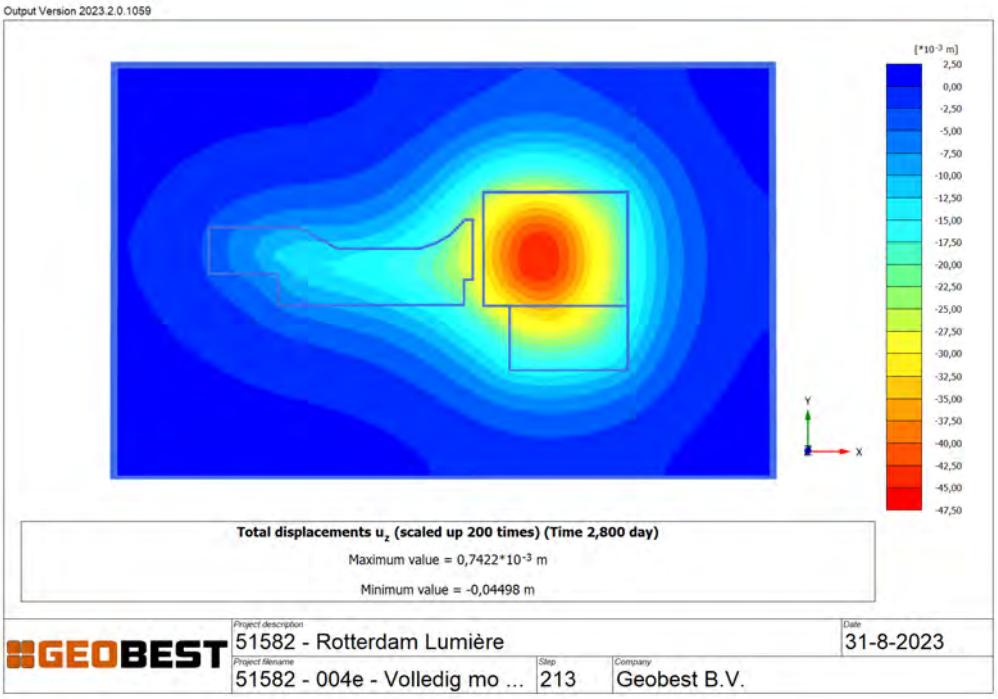
Om te verifiëren of de volledige karakteristieke gebouwbelasting uiteindelijk in de diepe zandlaag onder de samendrukbare lagen van de formatie van Waalre kan worden opgenomen is een extra DFoundation berekening gemaakt. De meer samendrukbare Waalre klei wordt aangetroffen tot een diepte van circa NAP -50 m. In de extra berekening is de representatieve draagkracht van het paaldeel onder NAP –50 m bepaald. De resultaten zijn samengevat in Tabel 6-1. De berekening zelf is opgenomen in Bijlage 4.

**Tabel 6-1: Representatieve draagkracht Tubexpaal 762/950 vanaf NAP –50,0 m**

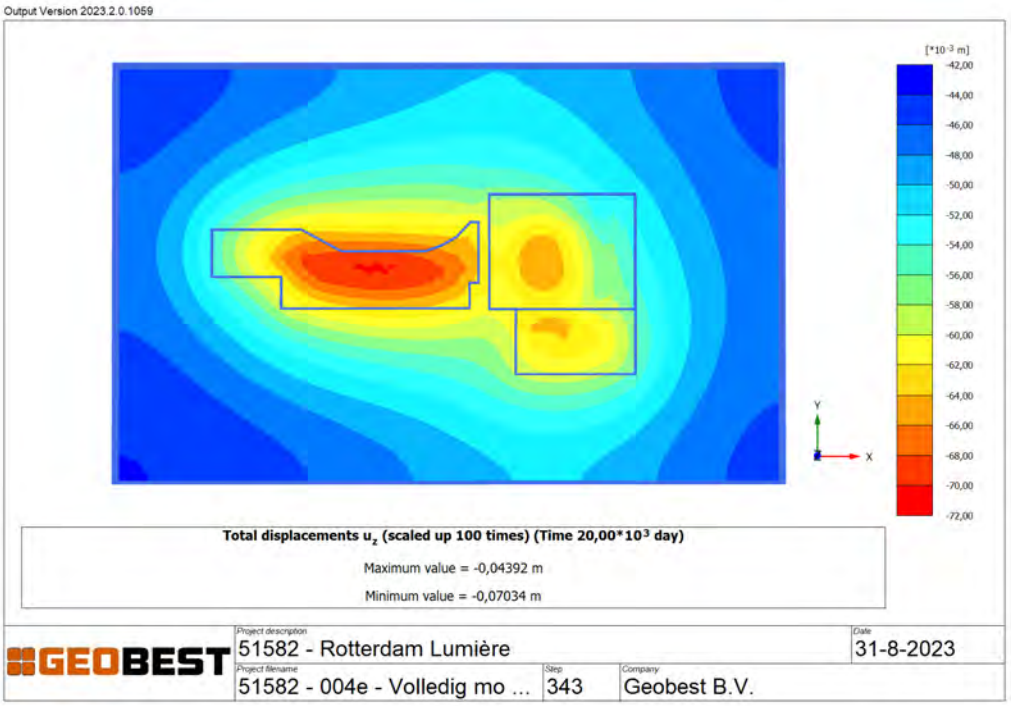
| CPT | PPN | Rb;cal;max | Rs;cal;max | Rc;cal;max |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| [-] | [NAP] | [kN] | [kN] | [kN] |
| | | | | |
| 04 | -68,0 | 5408 | 5793 | 11200 |
| 02A | -68,0 | 4512 | 6553 | 11065 |
| | | | | |
| Gemiddeld | | | | 11133 |

De in Plaxis 3D maximaal berekende normaalkracht na 20.000 dagen consolidatie en kruip in de palen bedraagt ca. 9.100 kN. De draagkracht onder NAP –50 m is dus voor alle sonderingen voldoende.

In Figuur 6.11 is de verticale grondvervorming weergegeven direct na het activeren van de belasting op een niveau van NAP -23 m. Dit is een aannemelijk funderingsniveau voor de belendende gebouwen. Details van de fundering van het monumentale City House zijn niet beschikbaar. In Figuur 6.12 is hetzelfde weergegeven na 20.000 dagen consolidatie.




**Figuur 6.11 Verticale grondverplaatsing na activeren belasting op NAP –23,0 m.**

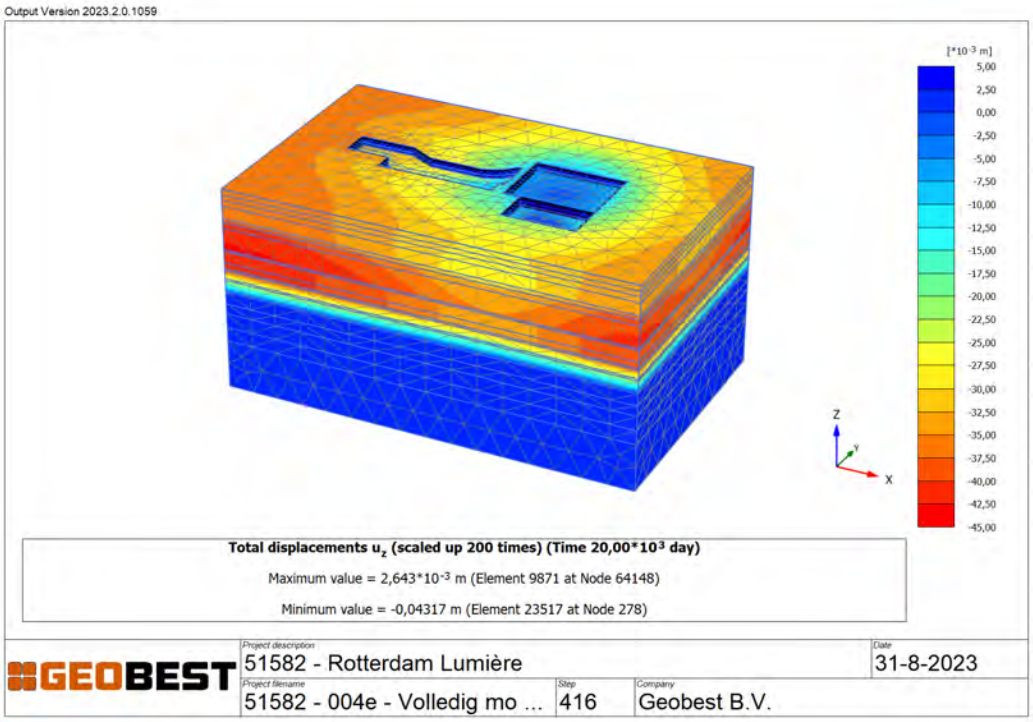



**Figuur 6.12: Verticale grondverplaatsing na 20.000 dagen op NAP –23,0 m.**

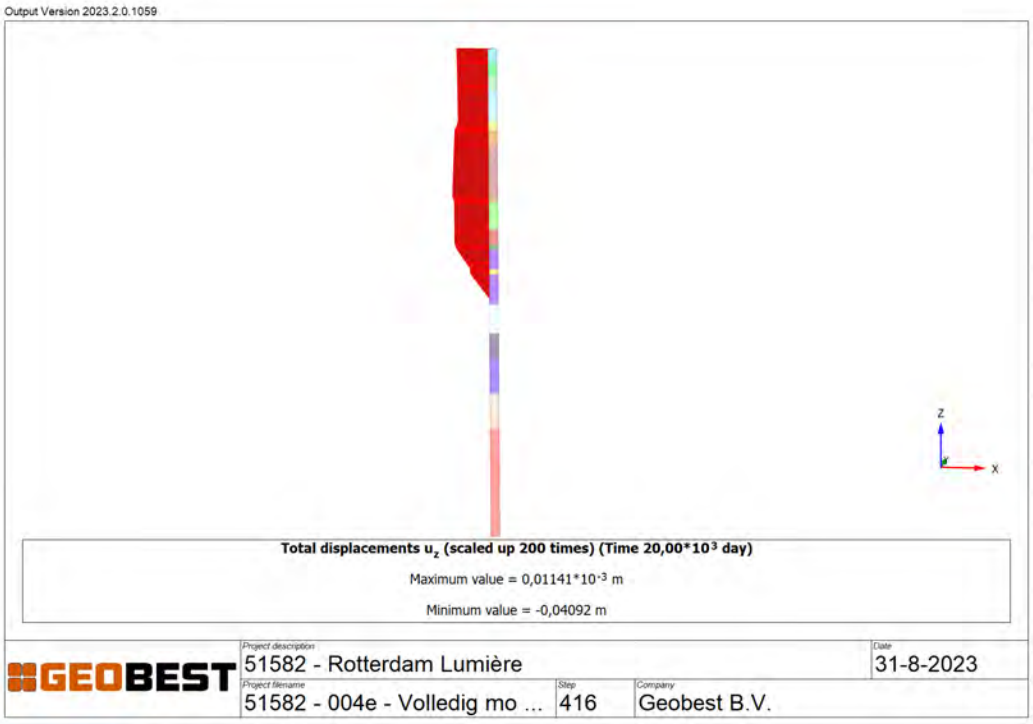
In hoofdstuk 6.4 zijn op verschillende posities zettingslijnen gemaakt. Hieruit wordt een goed beeld verkregen van de zettingsverschillen ter plaatse van de nieuwbouw en ter plaatse van de aanwezige belendingen.

## 6.3 Berekening met uitsluitend kruip (palen geactiveerd, geen belasting)

In Figuur 6.13 en Figuur 6.14 zijn de berekende verticale grondverplaatsingen weergegeven van het 3D model waarin buiten de (onbelaste) palen geen constructieve elementen en dus geen spannings-verhogingen aanwezig zijn. Uit de berekening volgt een maximale kruip van circa 43 mm. Te zien is dat de kruip ter plaatse van de lange palen onder de toren voor een deel wordt verhinderd.



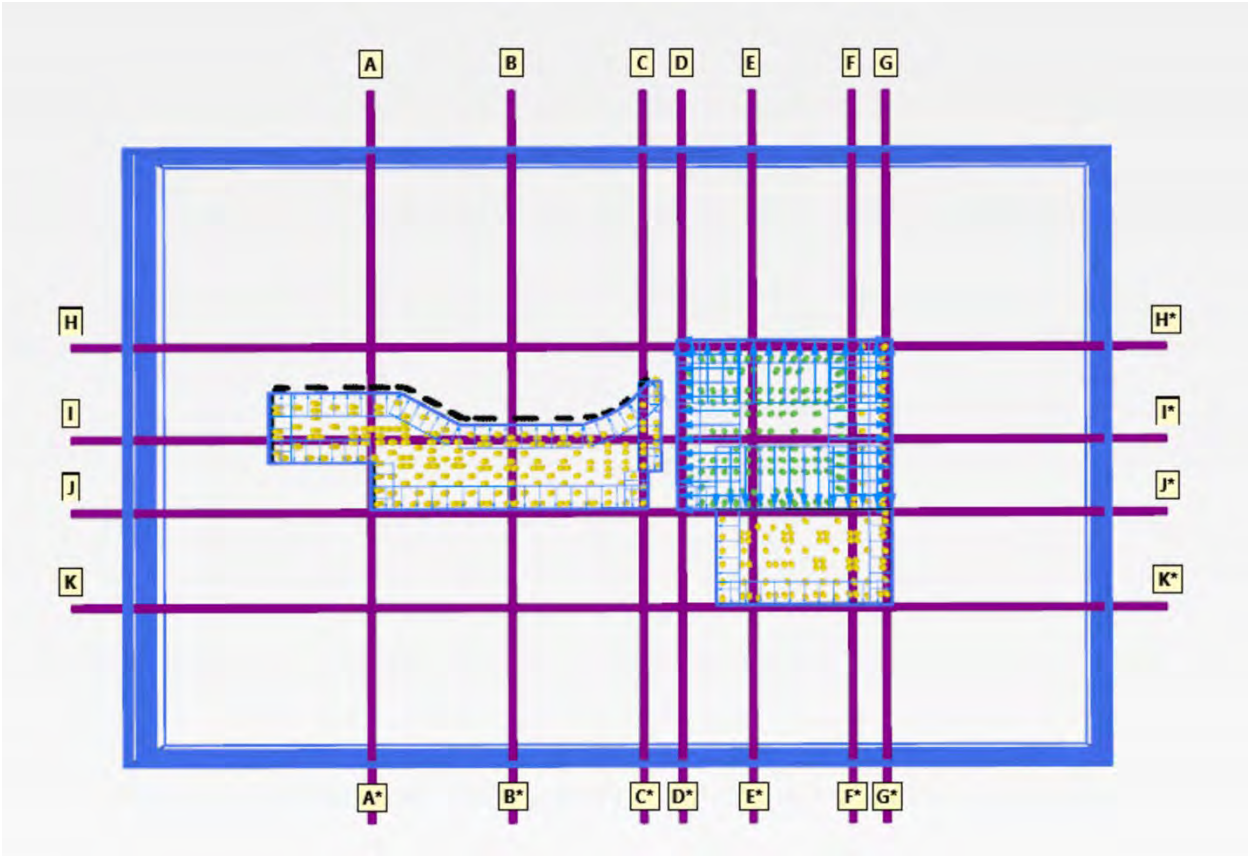

**Figuur 6.13: Verticale verplaatsing model zonder gebouwbelasting na 20.000 dagen consolidatie**




**Figuur 6.14: Verloop verticale verplaatsing in de diepte na 20.000 dagen consolidatie**

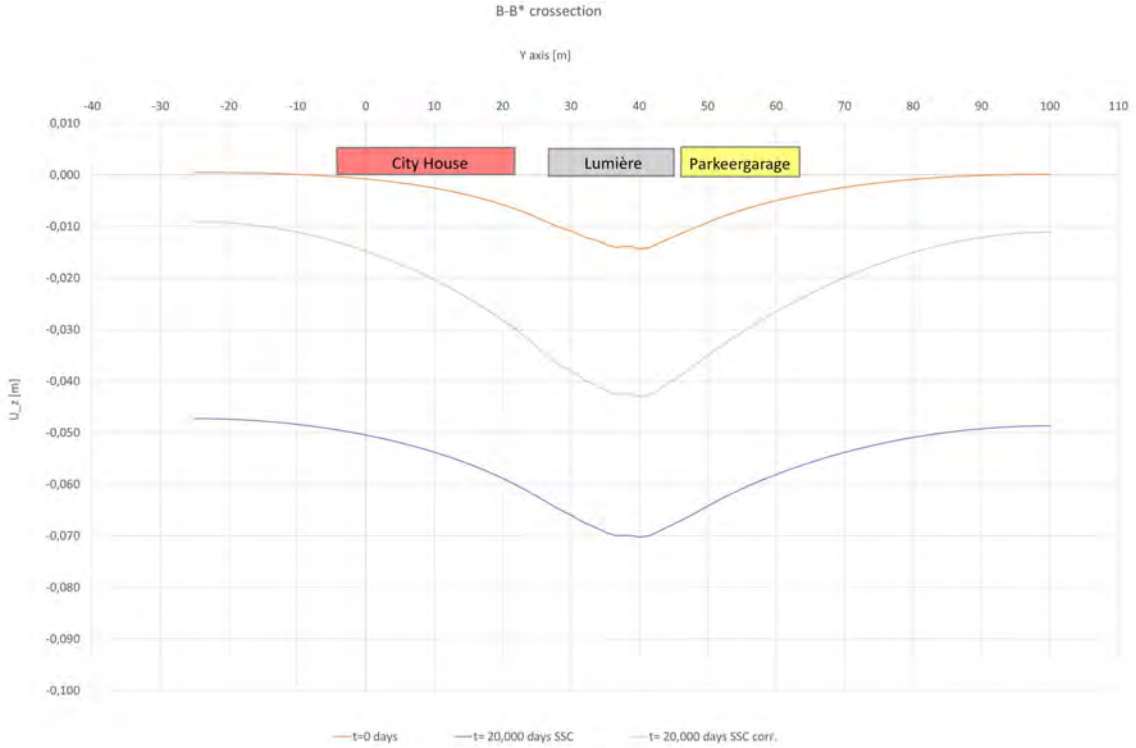
## 6.4 Presentatie van zettingslijnen

De positie van de beschouwde zettingslijnen zijn weergegeven in Figuur 6.15. In Figuur 6.16 tot en met Figuur 6.19 zijn de zettingslijnen B, D, E en I op een diepte van NAP –23,0 m (aangenomen funderingsniveau van de belendingen) weergegeven. Afdrukken van de overige zettingslijnen zijn opgenomen in Bijlage 5.

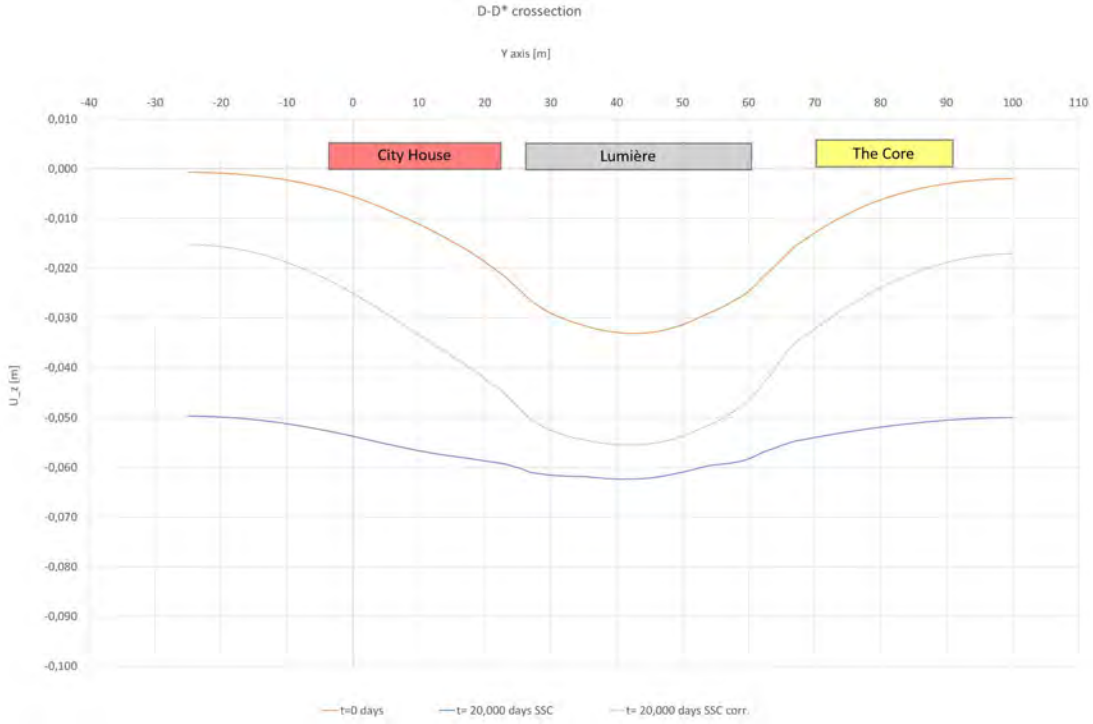



**Figuur 6.15: Beschouwde doorsneden (ten behoeve van zettingslijnen) op NAP –23,0 m.**

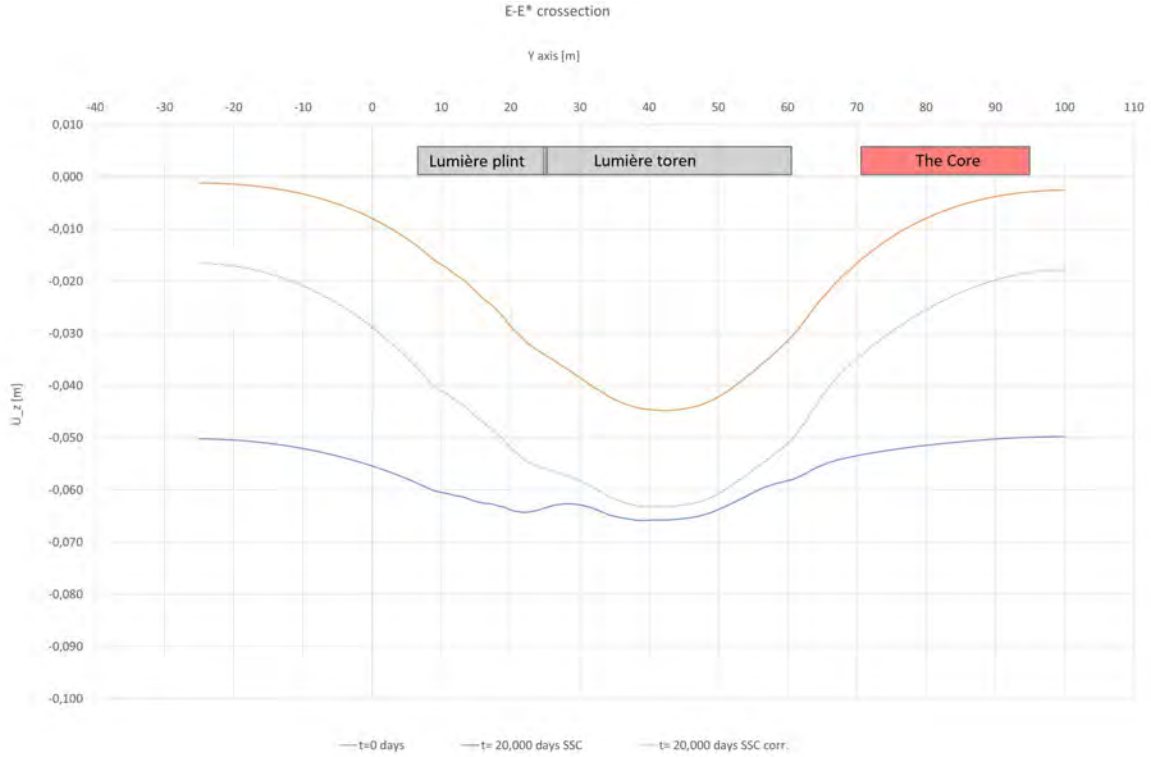
Op basis van deze zettingslijnen kan ook de maximale rotatie ter plaatse van de voornamelijk de bestaande parkeergarage en The Core aan de noordzijde, het City House ten zuiden van de laagbouw en ten westen van de plintbouwing goed worden ingeschat, alsook de zettingsverschillen tussen de Lumière toren en de naastgelegen laagbouw en plintbebouwing.




**Figuur 6.16: Doorsnede B*-B zettingslijnen op NAP –23,0 m**




**Figuur 6.17: Doorsnede D*-D zettingslijnen op NAP –23,0 m**




**Figuur 6.18: Doorsnede E*-E zettingslijnen op NAP –23,0 m**




**Figuur 6.19: Doorsnede I-I* zettingslijnen op NAP –23,0 m**

In de zettingslijnen is te zien is dat de zetting na 20.000 dagen getalsmatig logischerwijs groter is. Ter plaatse van de laagbouw en de plintbebouwing - in de eerste zandlaag gefundeerd - nemen de rotaties onder invloed van de zettingen in de loop van de tijd verder toe. Ter plaatse van de Lumière toren - die in de tweede zand-laag gefundeerd staat - nemen de rotaties in de tijd juist af.

Om het effect van kruip in de berekening beter te kunnen duiden is een extra berekening uitgevoerd met uitsluitend de palen geactiveerd zonder overige constructies en belasting (zie hoofdstuk 6.3). Het resultaat van deze berekeningen is ook weergegeven in Figuur 6.16 t/m Figuur 6.19 (grijze stippellijn). Kruipvervorming heeft een dempend effect op de berekende rotaties. Kruip is in het Soft Soil Creep model deels afhankelijk van de tijd en deels van spanningsverhoging. Door de totale berekende vervorming te corrigeren voor de tijdsafhankelijke kruip worden de grootste rotaties gevonden.

Toetsing van de maximale hoekverdraaiingen dient plaats te vinden op basis van de zetting direct na de bouw op t=0 (oranje lijn) en na 20.000 dagen consolidatie en de spanningsafhankelijke kruip (grijze stippellijn). Voor het constructief ontwerp dient uit te worden gegaan van de volledige berekende zetting inclusief kruip (de blauwe zettingslijn).

Opgemerkt wordt dat in de berekening de aanwezige belasting en de stijfheid van de belendende gebouwen zelf niet zijn gemodelleerd. De berekende vervormingen zijn daardoor groter, omdat de stijfheid van het aanwezige gebouw de vervorming zal beperken en deze reeds een zetting hebben ondergaan.

Daarnaast is in deze berekening alle belasting ineens geactiveerd. In werkelijkheid neemt de belasting geleidelijk toe, naarmate de bouw vordert. Een deel van het zetting treedt daardoor eerder op in de tijd, waardoor het verschil tussen de zetting bij oplevering en de eindzetting na 20.000 dagen kleiner zal zijn. Dit geldt uiteraard ook voor de hoekverdraaiingen van bestaande gebouwen.

Het berekeningsmodel is groot genoeg om het punt van volledige uitdemping (geen invloed meer) te kunnen bepalen. De hoekverdraaiingen op de rand van het model zijn zeer gering.

In een later stadium zal tevens een gefaseerde opbouw van de belastingen per bouwdeel worden doorgevoerd op basis van de werkelijke bouwplanning. In dit model wordt verder de horizontale krachtswerking op de fundering ten gevolge van de windbelasting nader onderzocht. Tenslotte zal een gevoeligheidsanalyse op de gehanteerde Plaxis 3D parameters worden doorgevoerd.

## 7 CONCLUSIES

Op basis van de door Geobest b.v. uitgevoerde beschouwingen worden de volgende conclusies getrokken:

- De fundering van de hoogbouw van Lumière wordt gerealiseerd met behulp van Tubex groutinjectiepalen 762/950 mm met een installatieniveau van NAP –68,0 m. Uit de Plaxis 3D berekeningen blijkt dat ten gevolge van de bouw van de toren initieel paalkopzakkingen ontstaan die variëren van circa 30 mm aan de rand tot 50 mm midden onder het gebouw. Na 20.000 dagen wordt een deformatie berekend van maximaal ca. 53 mm aan de rand tot 74 mm midden onder het gebouw.

- De fundering van de laagbouwplint wordt gerealiseerd met behulp van Fundex groutinjectiepalen 450/560 mm met een installatieniveau van NAP –23,0 m. Uit de Plaxis 3D berekeningen blijkt dat ten gevolge van de bouw initieel paalkopzakkingen ontstaan die variëren van 15 mm aan de rand tot 35 mm midden onder het gebouw. De bouw van de toren leidt tot een asymmetrische deformatiecontour. Na 20.000 dagen wordt een deformatie berekend van maximaal ca. 60 mm aan de rand tot 75 mm midden onder het gebouw.

- Uit de Plaxis 3D berekening met Soft Soil Creep parameters volgt dat er door zetting van de diep gelegen cohesieve lagen in de Waalre formatie sprake is van een afname van schacht-wrijving in de Pleistocene zandlaag en een toename van schachtwrijving in de diepere zand-lagen in en onder de formatie van Waalre. Dit gaat gepaard met een extra paalkopzakking en paalpuntzakking. Dit maakt het legitiem om de bijdrage van schachtwrijving uit de Pleistocene zandlaag in de draagkrachtberekening volgens NEN 9997-1+C2;2017 niet verder te reduceren.

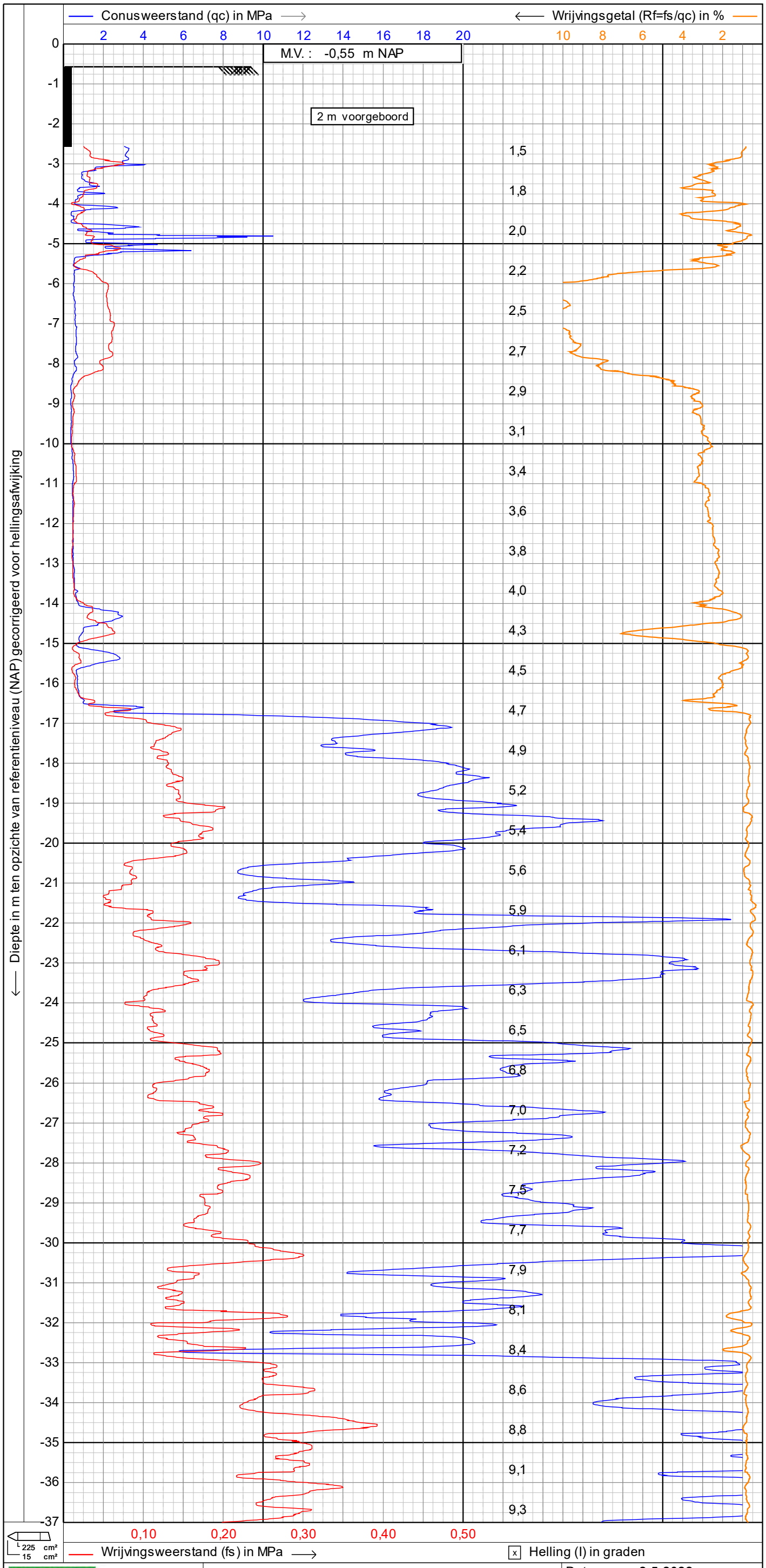
- Uit de Plaxis 3D berekening blijkt dat de (representatieve) normaalkracht in de palen door consolidatie en kruip van de samendrukbare lagen uit de formatie van Waalre toeneemt met maximaal ca. 4.000 kN ter plaatse van de hoekpalen.

- De paaldoorsnede moet constructief worden getoetst op een normaalkracht gelijk aan de rekenwaarde van de belasting in de UGT ($F_{c;d}$ = 11.500 kN), verhoogd met de berekende maximale toename van 4.500 kN door consolidatie en kruip. De paaldoorsnede moet dus constructief worden getoetst op een rekenkundige normaalkracht van 16.000 kN.

- De maximale normaalkracht in de doorsnede dient te kunnen worden opgenomen in het paaldeel onder de diepste samendrukbare laag (NAP –50 m). De in Plaxis 3D maximaal berekende normaalkracht na 20.000 dagen consolidatie en kruip in de palen bedraagt ca. 9.100 kN. De berekende representatieve draagkracht bedraagt gemiddeld ca. 11.000 kN. De draagkracht onder NAP –50 m is dus voor alle sonderingen voldoende.

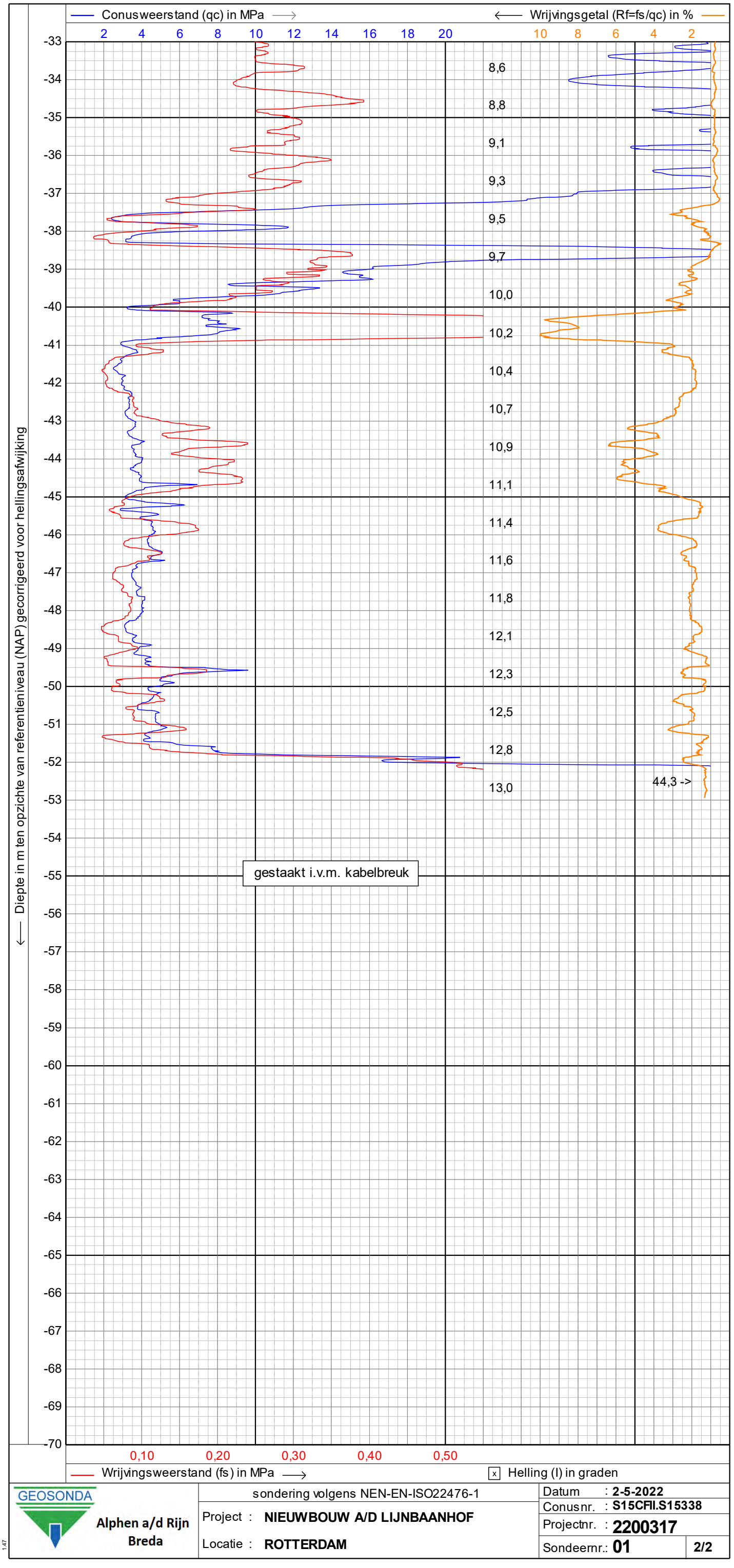
- De met Plaxis 3D berekende zettingen inclusief kruip dienen als conservatieve bovengrens van de vervorming te worden gehanteerd voor het constructief ontwerp.

Bijlage 1 Grondonderzoek




| | | | |
|---|---|---|---|
| GEOSONDA Alphen a/d Rijn Breda | sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1 | Datum : **2-5-2022** | |
| | Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF** | Conusnr. : **S15CFII.S15338** | |
| | Locatie : **ROTTERDAM** | Projectnr. : **2200317** | |
| | | Sondeernr.: **01** | **1/2** |

1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

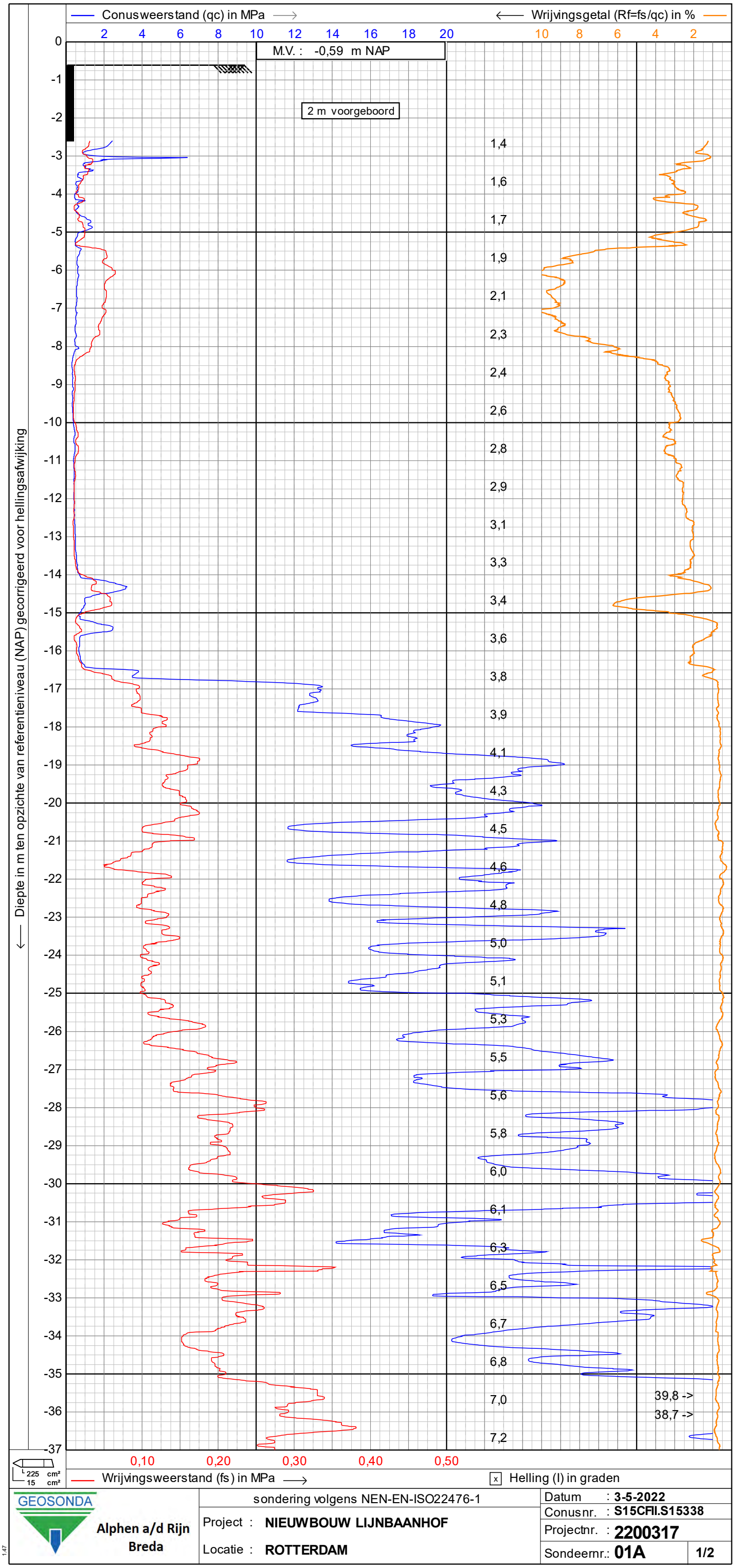
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

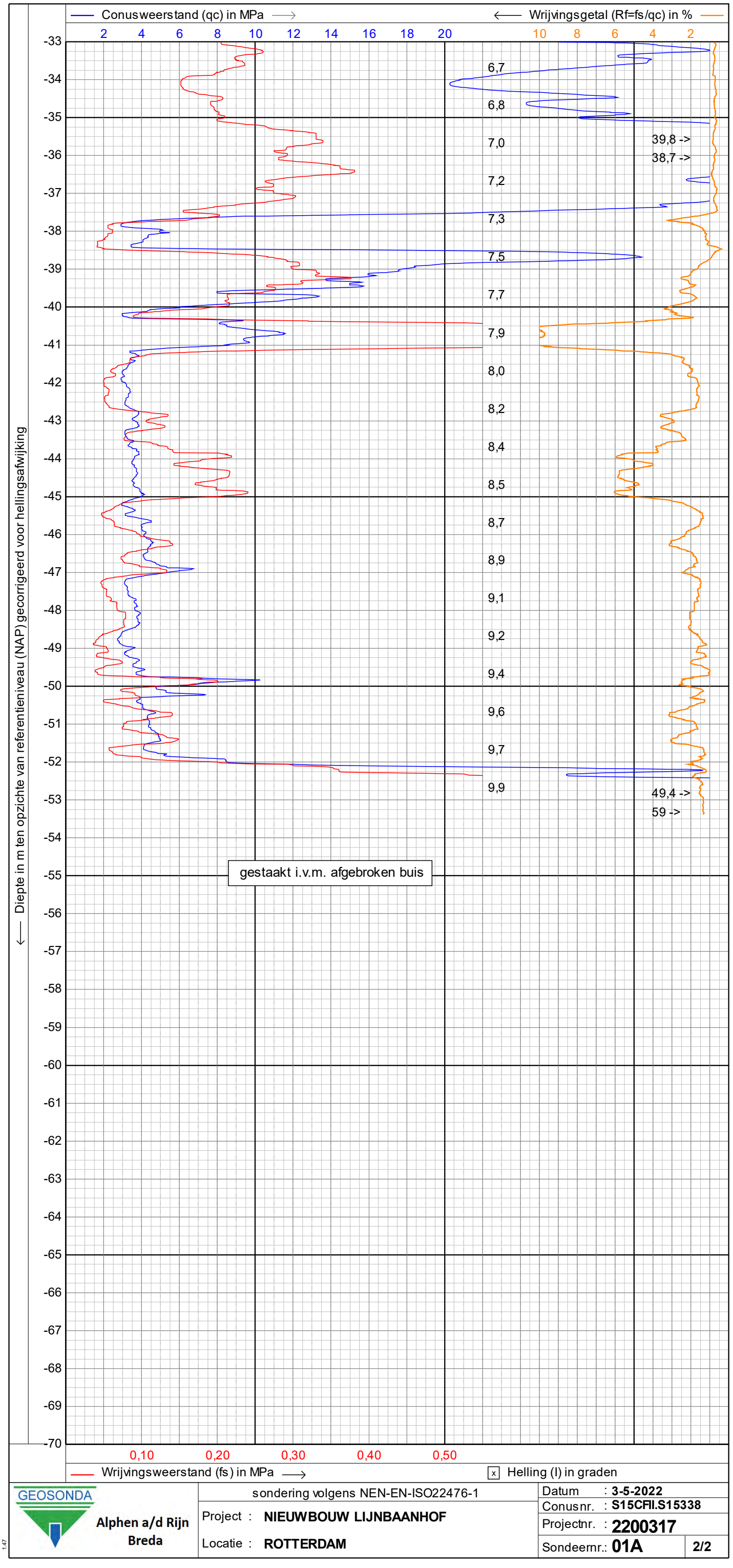
| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S15338** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **01** **2/2** |

1.47




| | | |
|---|---|---|
| GEOSONDA Alphen a/d Rijn Breda | sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1 | Datum : **3-5-2022** |
| | Project : **NIEUWBOUW LIJNBAANHOF** | Conusnr. : **S15CFII.S15338** |
| | Locatie : **ROTTERDAM** | Projectnr. : **2200317** |
| | | Sondeernr.: **01A** 1/2 |

1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

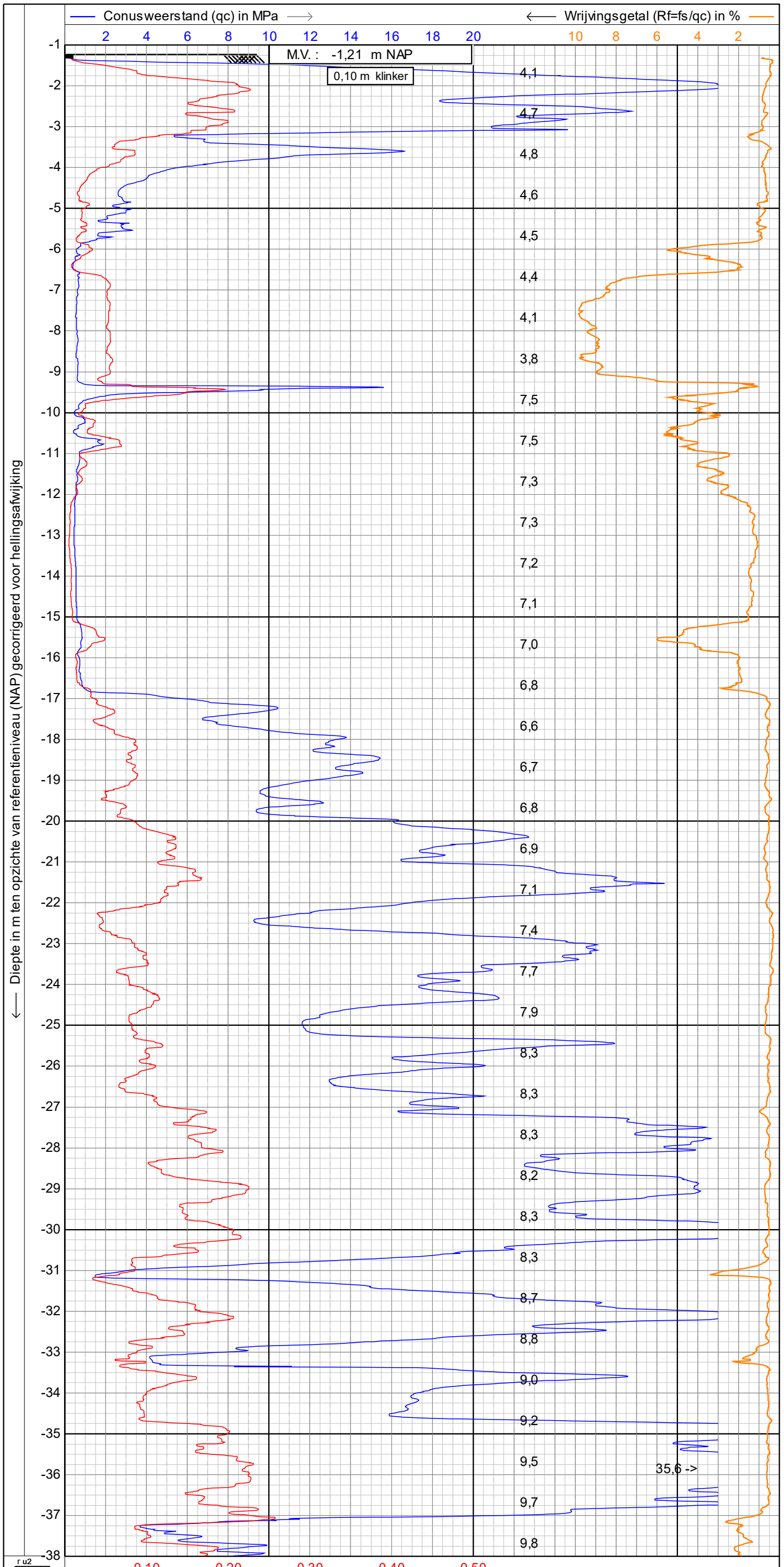
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **3-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S15338** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **01A** **2/2** |

1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

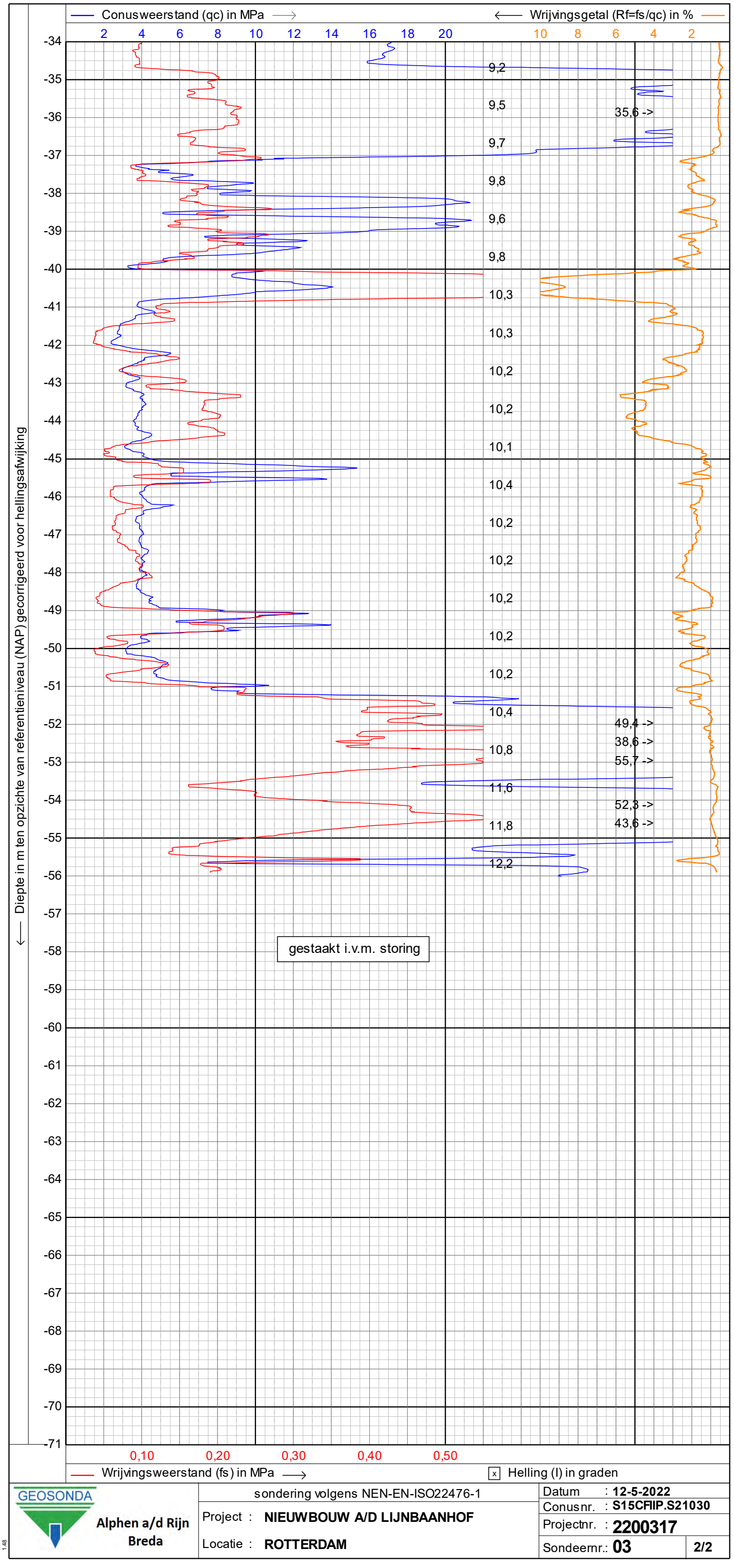
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **12-5-2022**
Conusnr. : **S15CFIIP.S21030**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **03**



1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

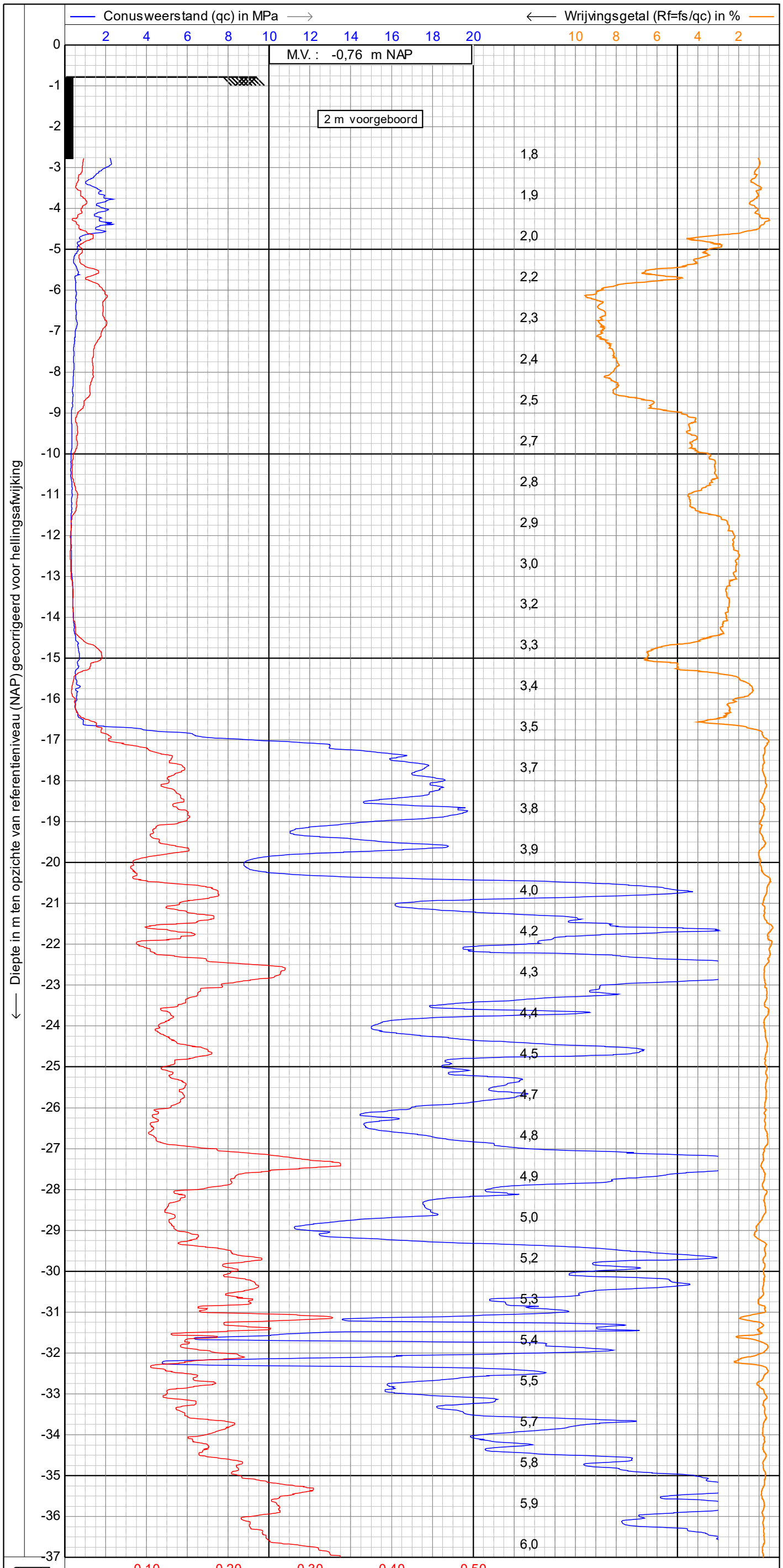
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **12-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFIIP.S21030** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **03** **2/2** |

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

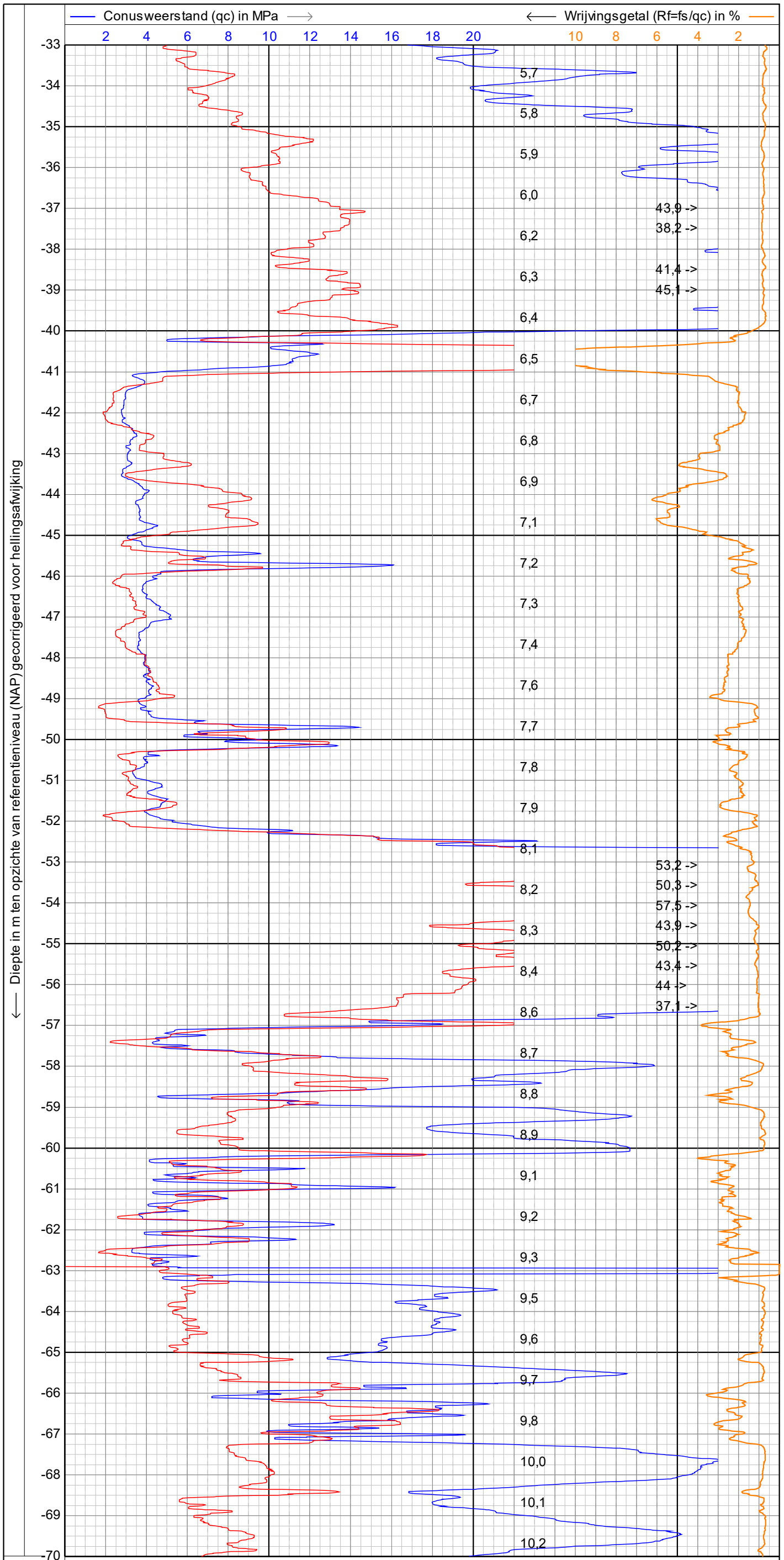
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**
Conusnr. : **S15CFII.S15338**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **04**



1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**

Conusnr. : **S15CFII.S15338**

Projectnr. : **2200317**

Sondeernr.: **04**



1.48

Conusweerstand (qc) in MPa →

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

← Wrijvingsgetal (Rf=fs/qc) in %

10 8 6 4 2

← Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP) gecorrigeerd voor hellingsafwijking

-70 -71 -72 -73 -74 -75 -76 -77 -78 -79 -80 -81 -82 -83 -84 -85 -86 -87 -88 -89 -90 -91 -92 -93 -94 -95 -96 -97 -98 -99 -100 -101 -102 -103 -104 -105 -106 -107

10,3 10,5 10,6 10,7 10,9 11,0 11,1 11,2 11,4 11,5 11,6

0,10 0,20 0,30 0,40 0,50

Wrijvingsweerstand (fs) in MPa →

x Helling (I) in graden

GEOSONDA

Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

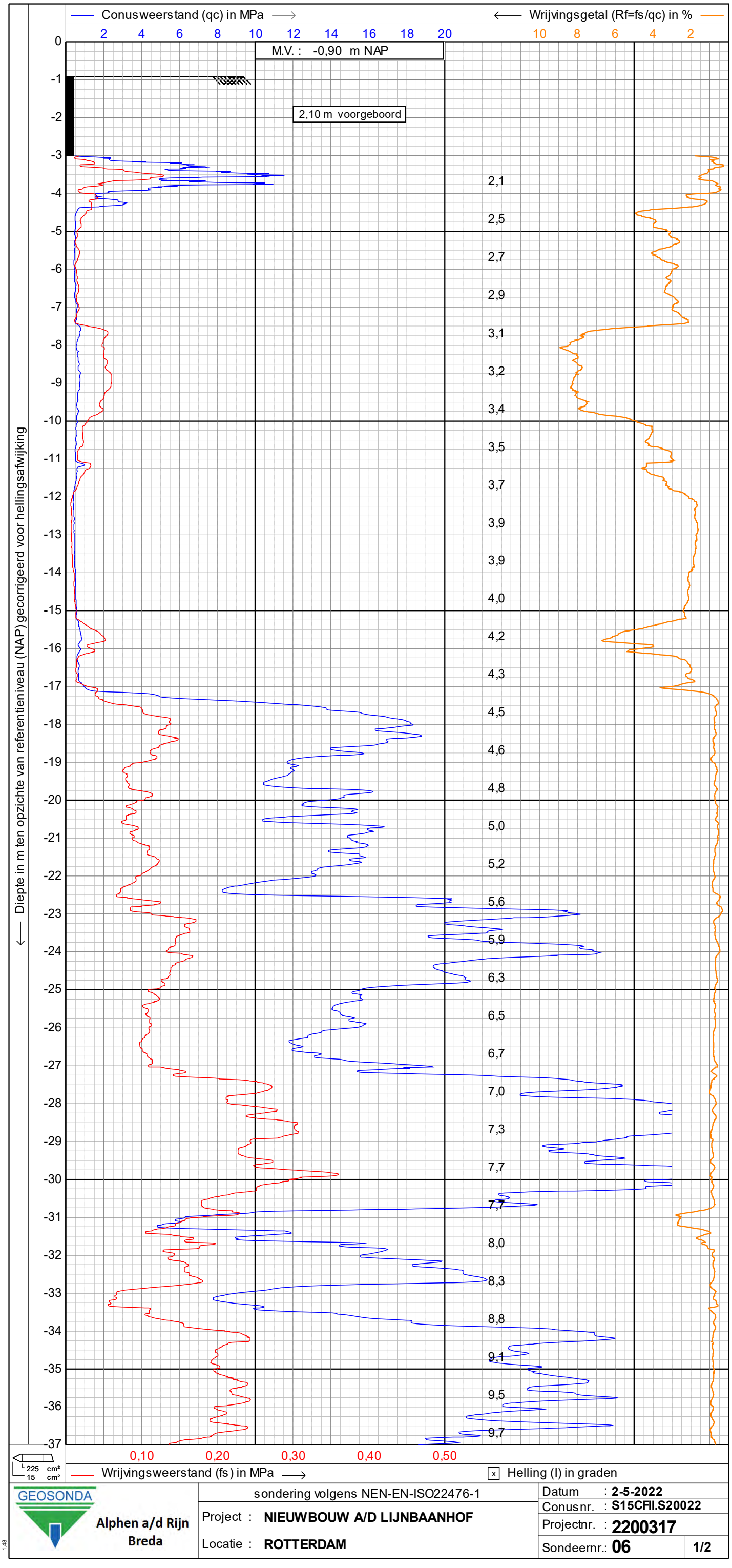
Datum : **2-5-2022**

Conusnr. : **S15CFII.S15338**

Projectnr. : **2200317**

Sondeernr.: **04** **3/3**

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

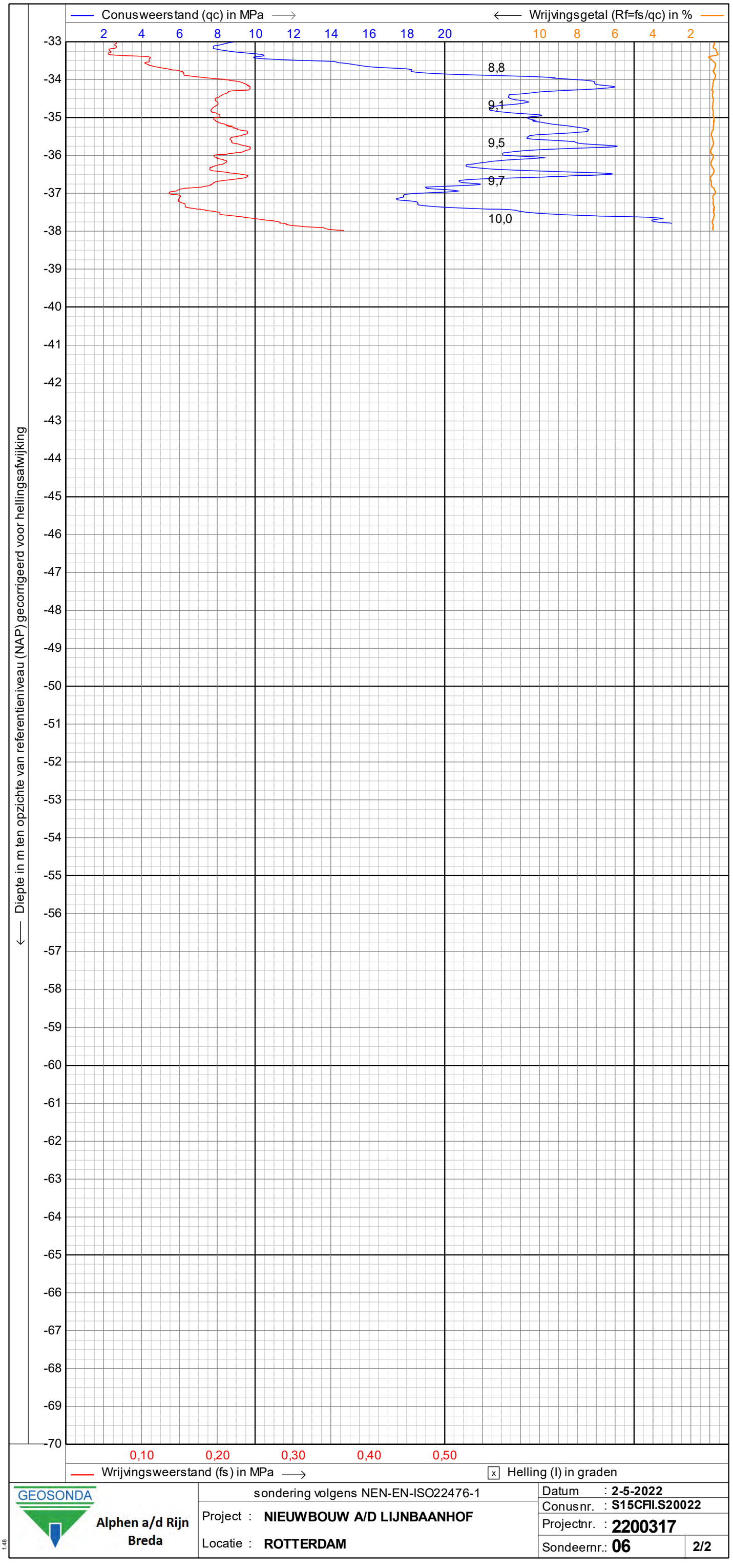
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**
Conusnr. : **S15CFII.S20022**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **06**



1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

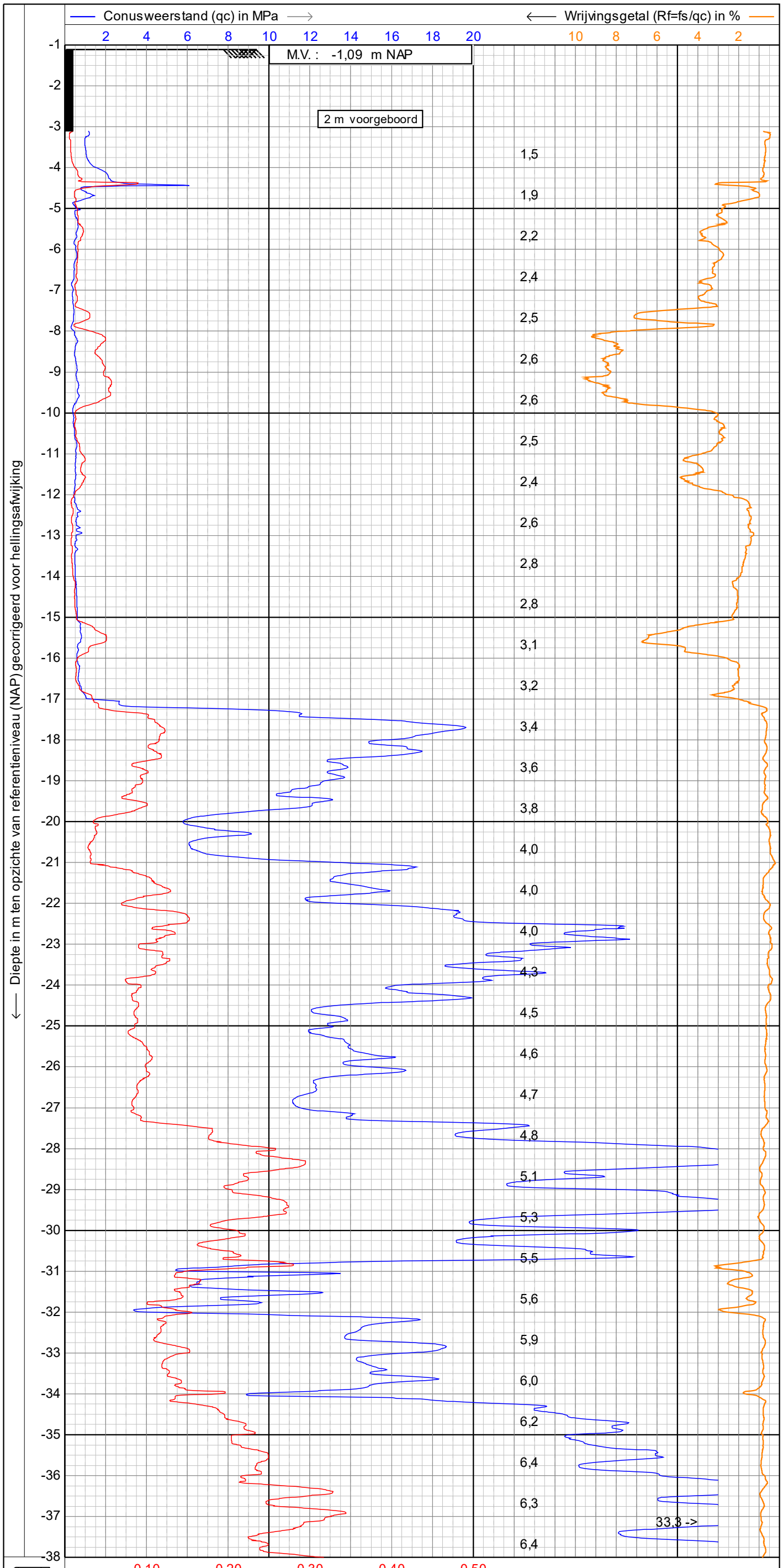
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

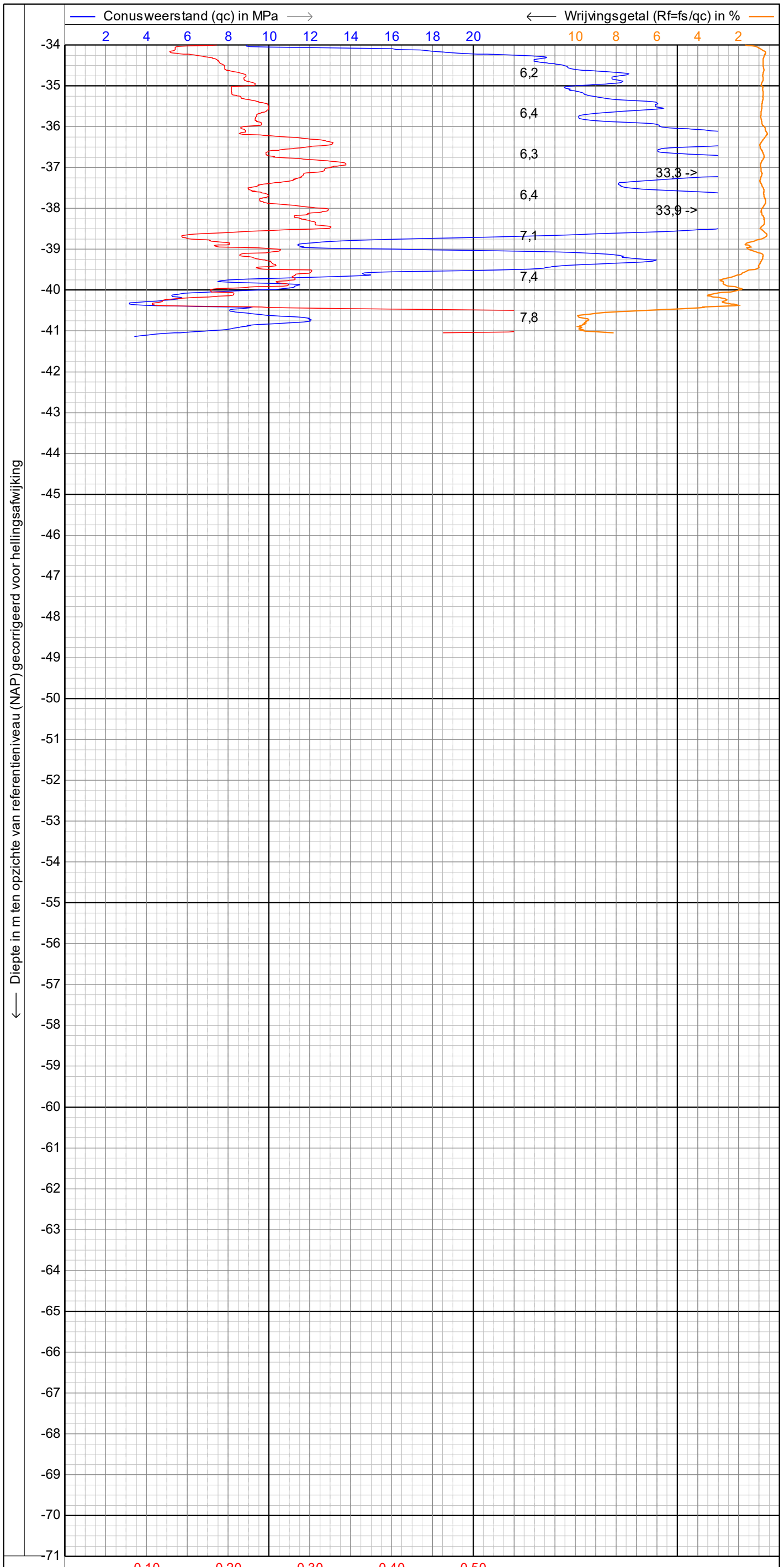
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **06** **2/2** |

1.48


Conusweerstand (qc) in MPa
Wrijvingsgetal (Rf=fs/qc) in %
M.V. : -1,09 m NAP
2 m voorgeboord
Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP) gecorrigeerd voor hellingsafwijking
Wrijvingsweerstand (fs) in MPa
Helling (I) in graden
225 cm²
15 cm²
33,3 ->
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1
Project : NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF
Locatie : ROTTERDAM
Datum : 2-5-2022
Conusnr. : S15CFII.S20022
Projectnr. : 2200317
Sondeernr.: 07
1/2
GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

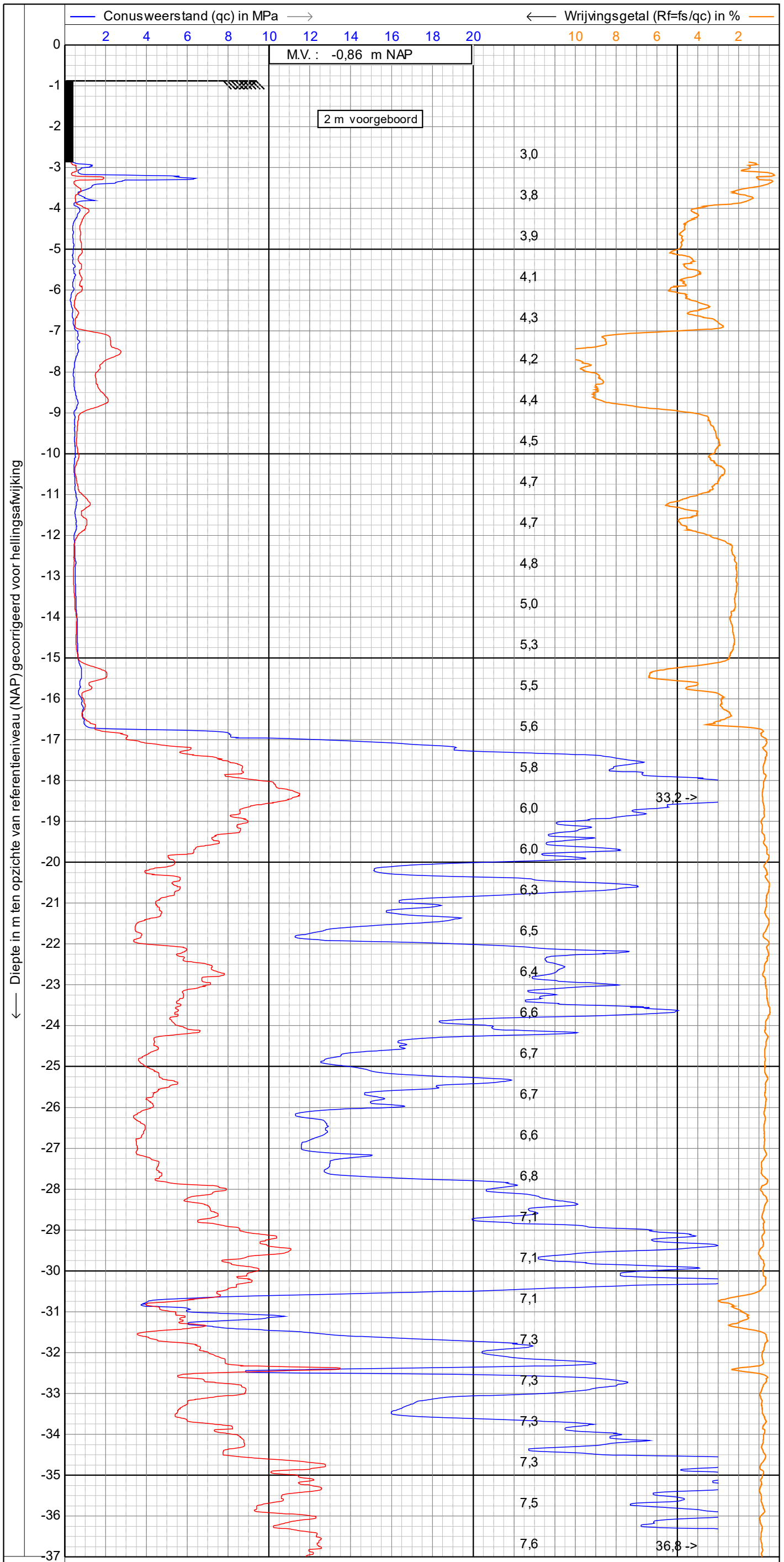
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **07** 2/2 |

1.48




GEOSONDA

Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**

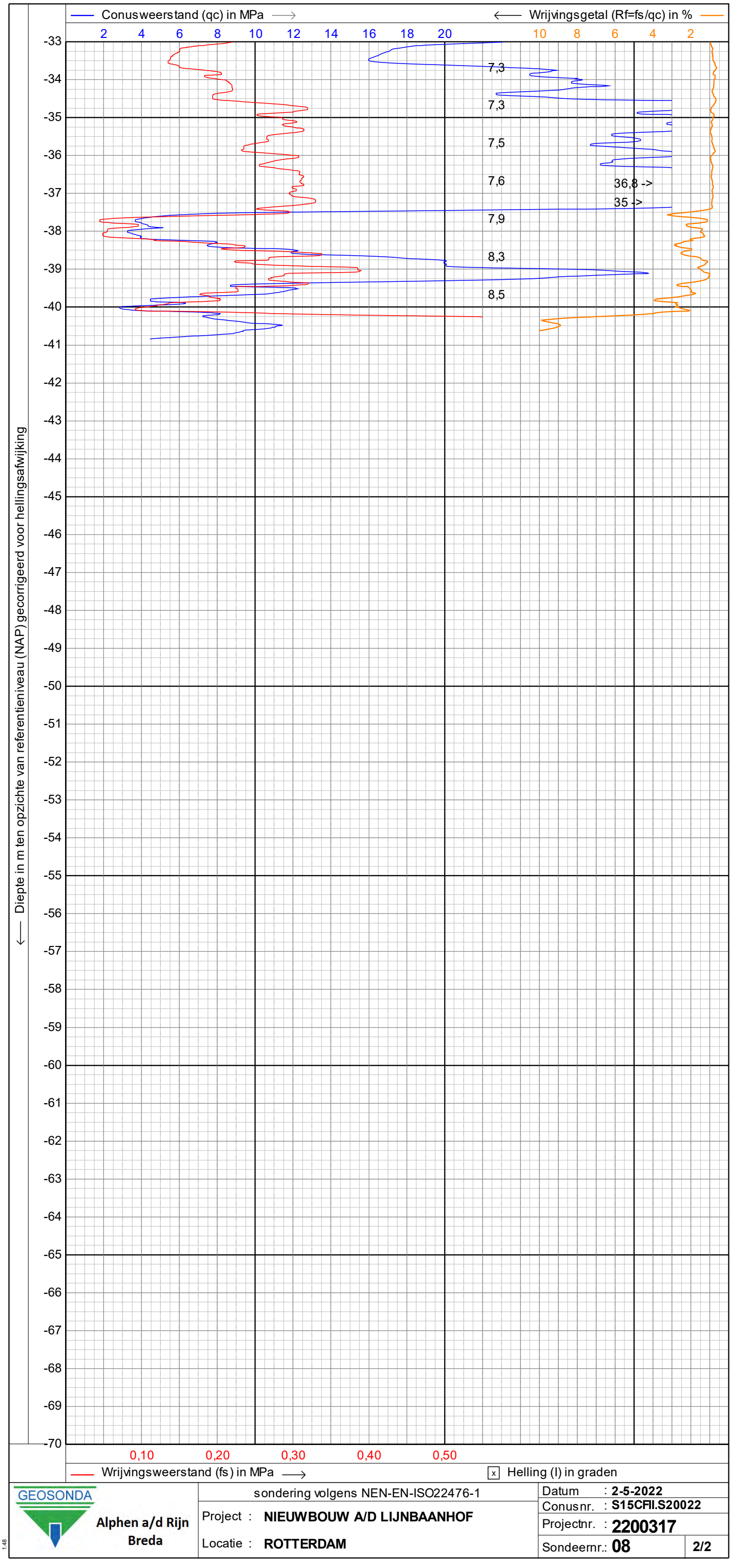
Conusnr. : **S15CFII.S20022**

Projectnr. : **2200317**

Sondeernr.: **08**



1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

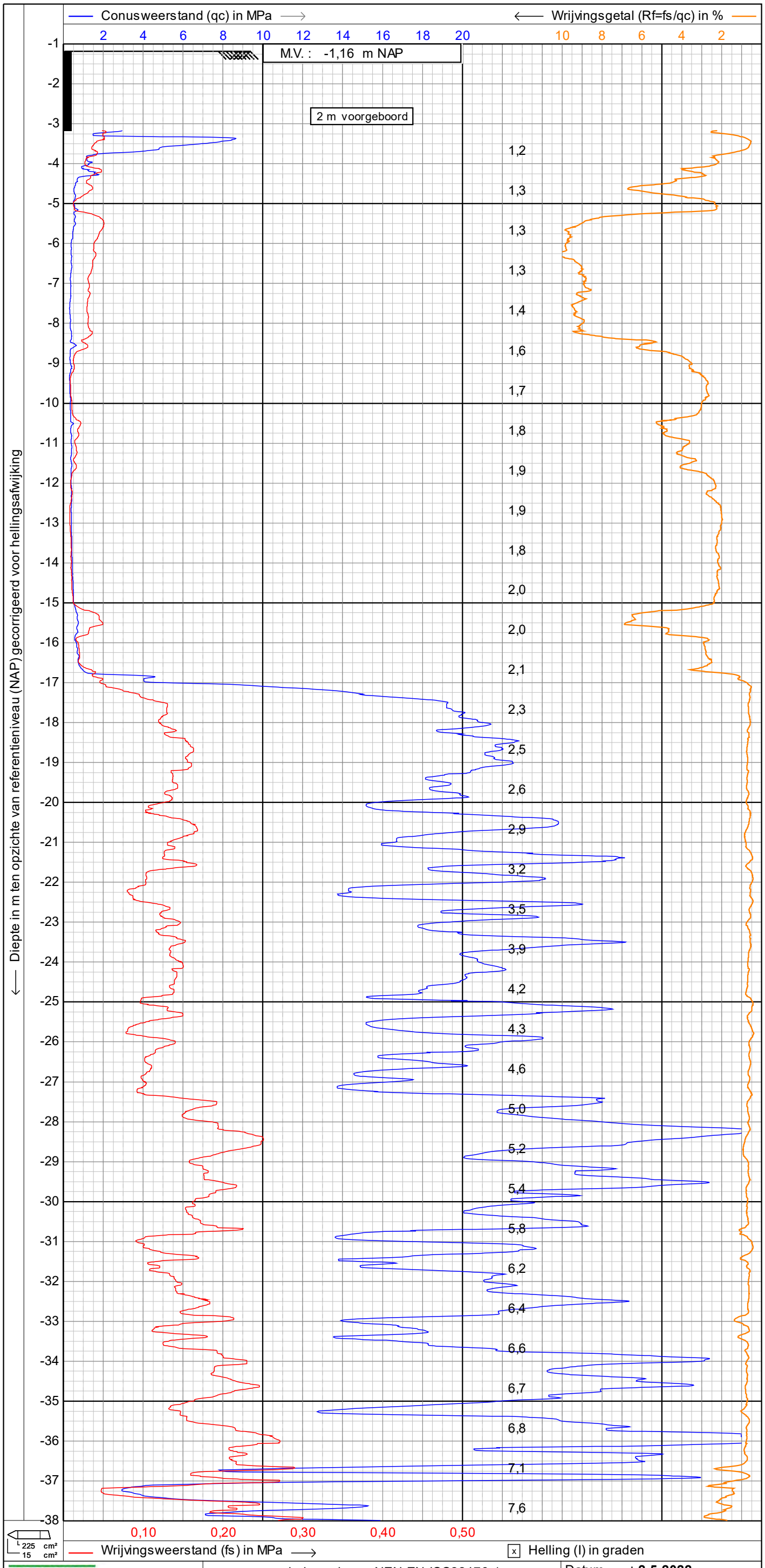
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

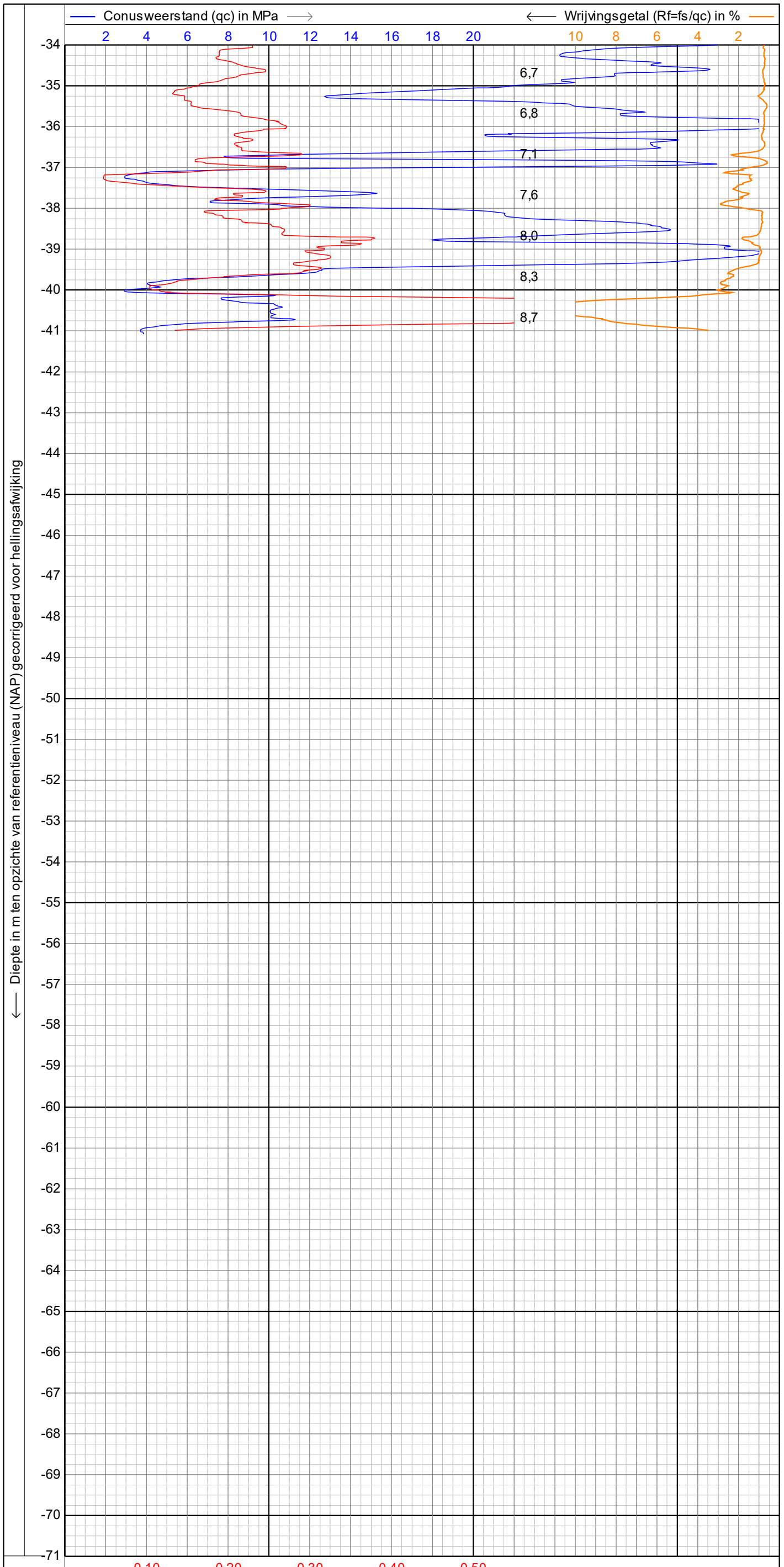
| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **08** **2/2** |

1.48




| | | | |
|---|---|---|---|
| GEOSONDA Alphen a/d Rijn Breda | sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1 | Datum : **2-5-2022** | |
| | Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF** | Conusnr. : **S15CFII.S20022** | |
| | Locatie : **ROTTERDAM** | Projectnr. : **2200317** | |
| | | Sondeernr.: **09** | **1/2** |

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

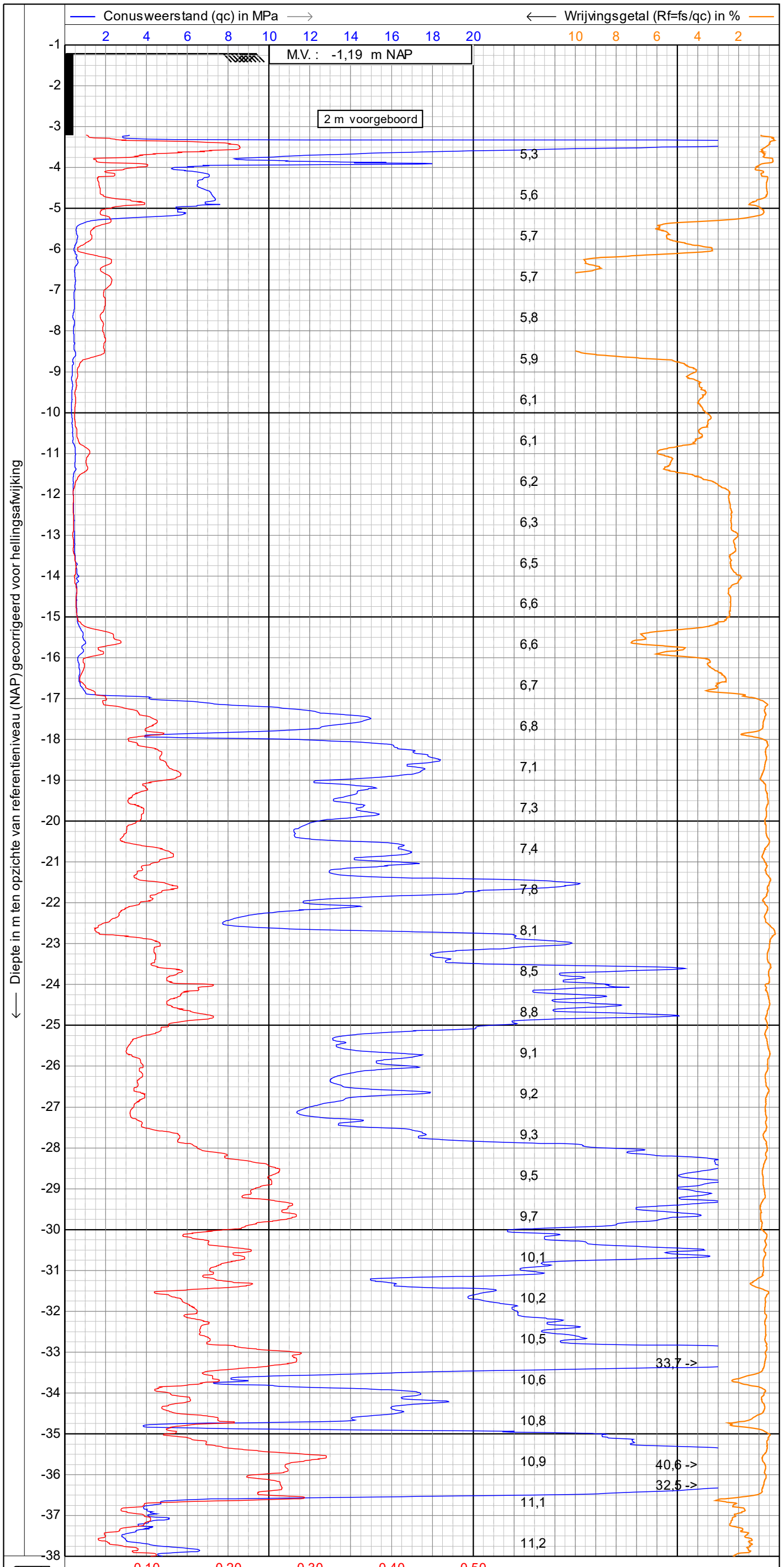
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **09** **2/2** |

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

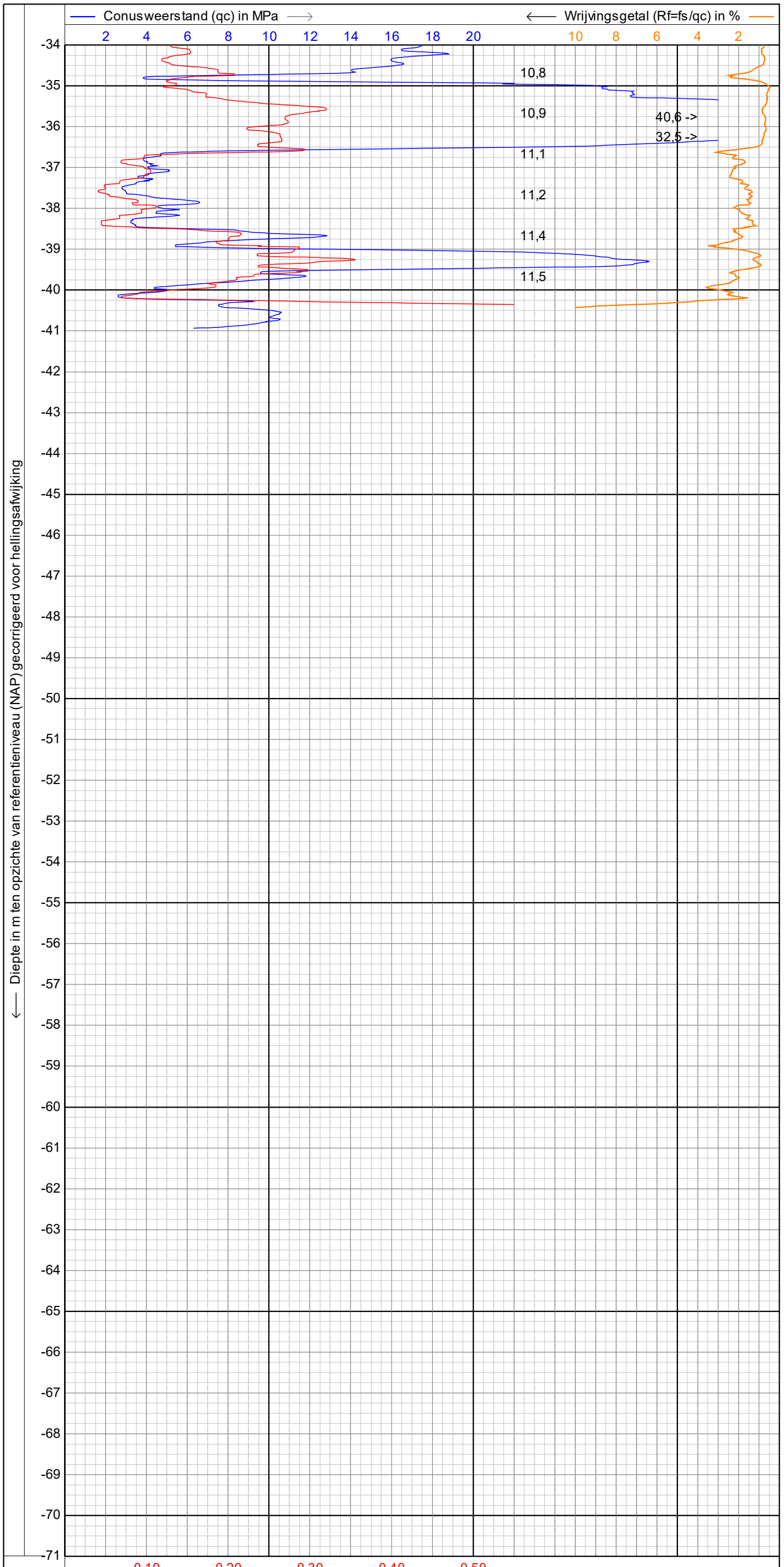
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **11** |



1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

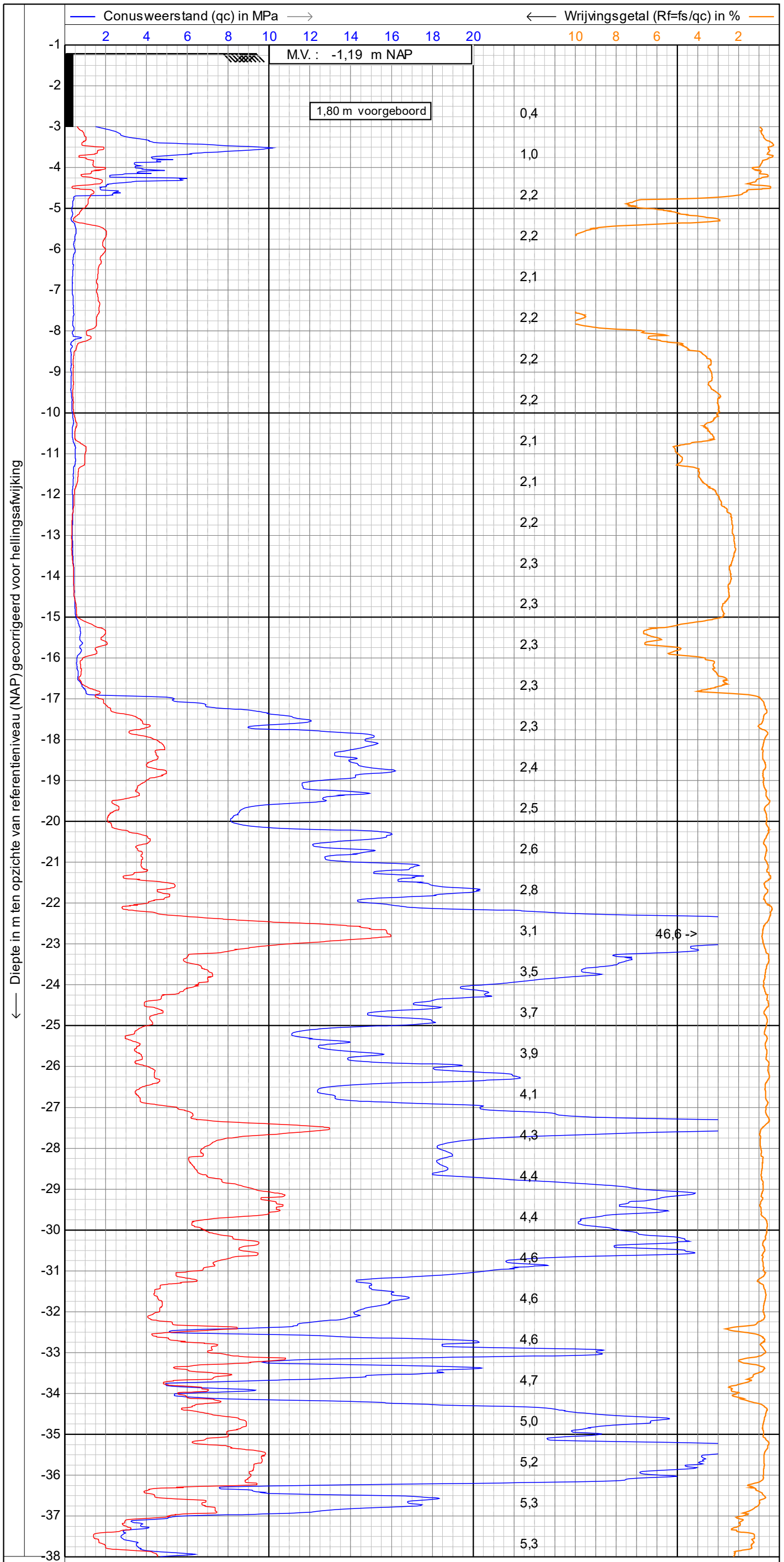
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **11** **2/2** |

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**

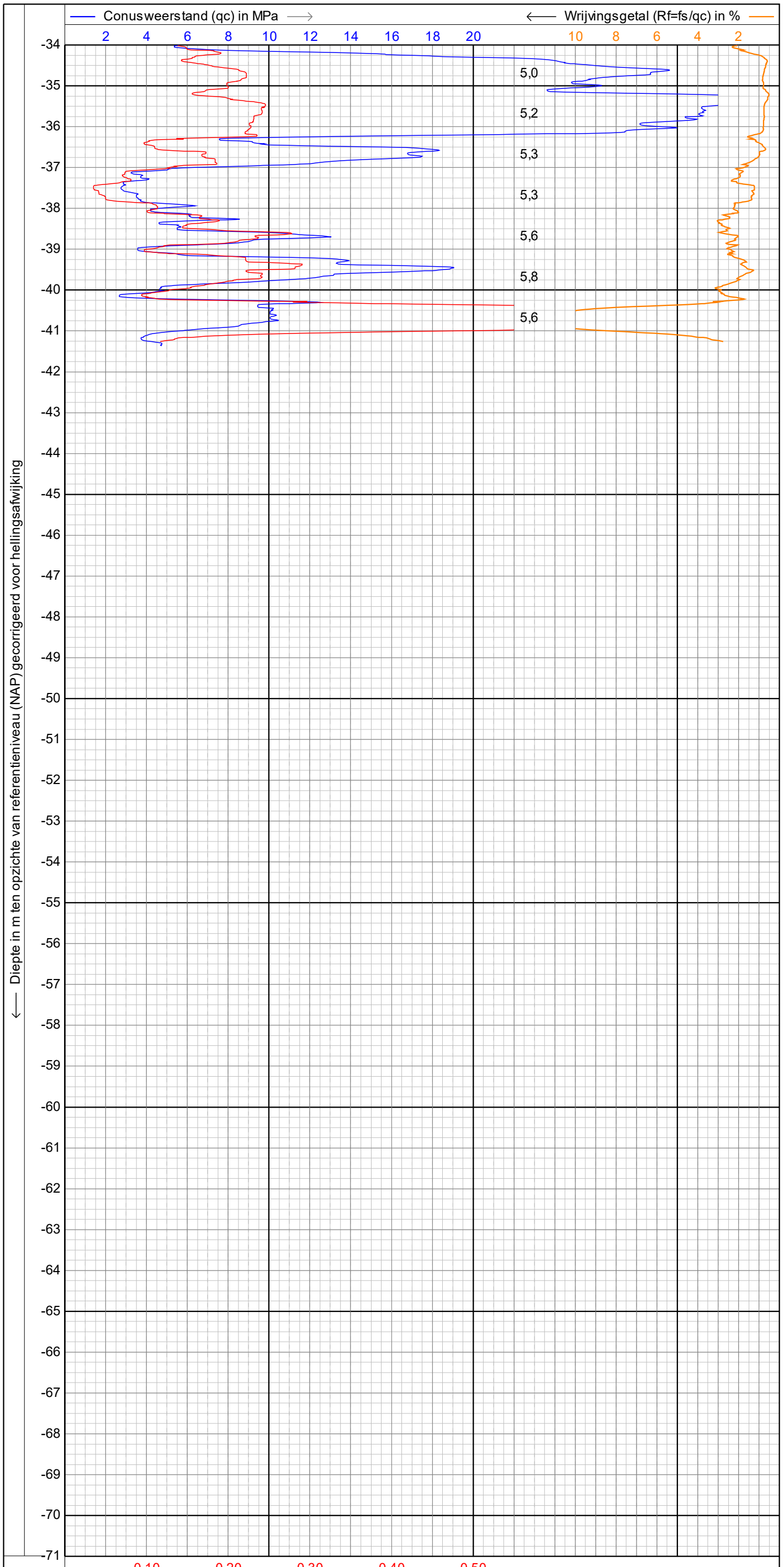
Conusnr. : **S15CFII.S20022**

Projectnr. : **2200317**

Sondeernr.: **13**



1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

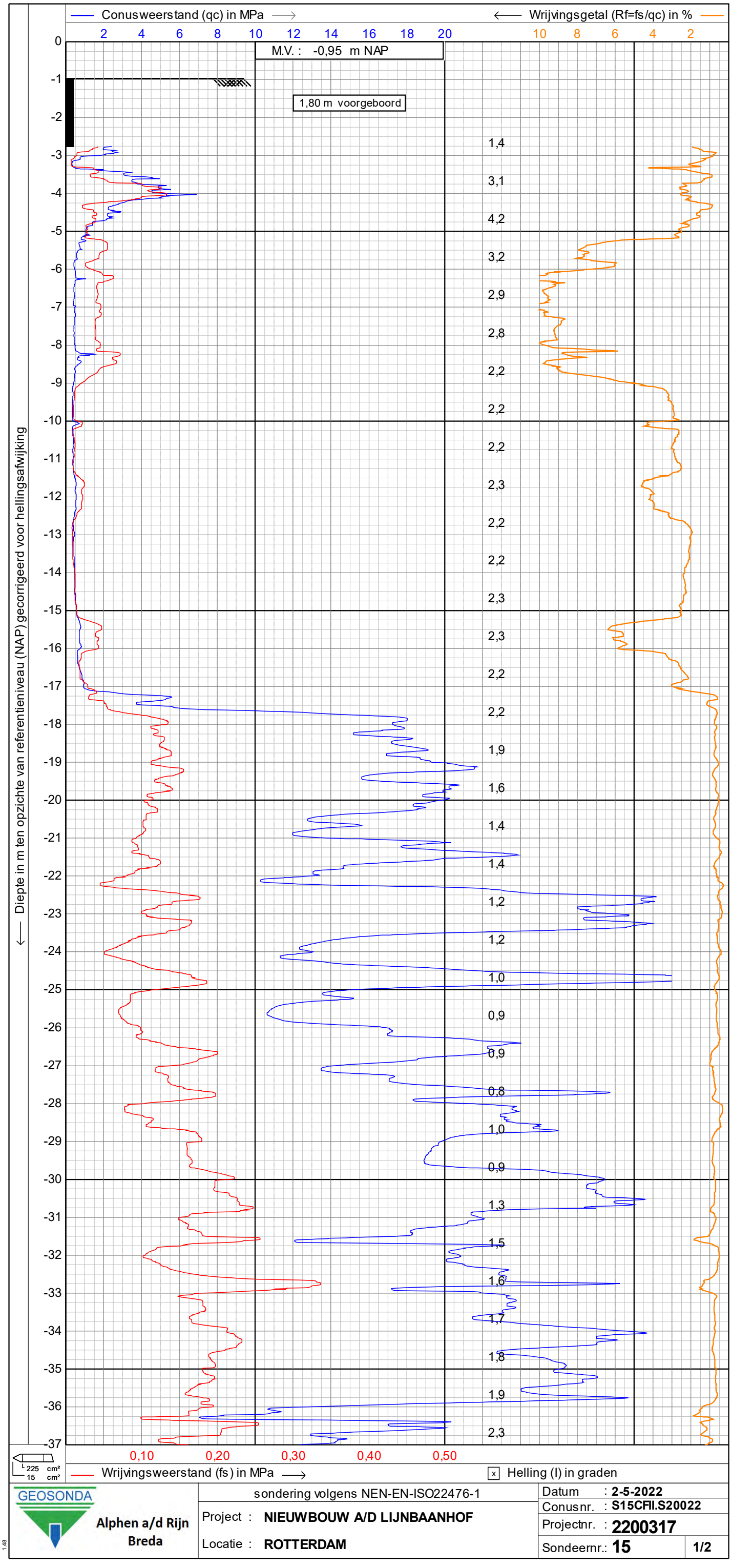
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **13** **2/2** |

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

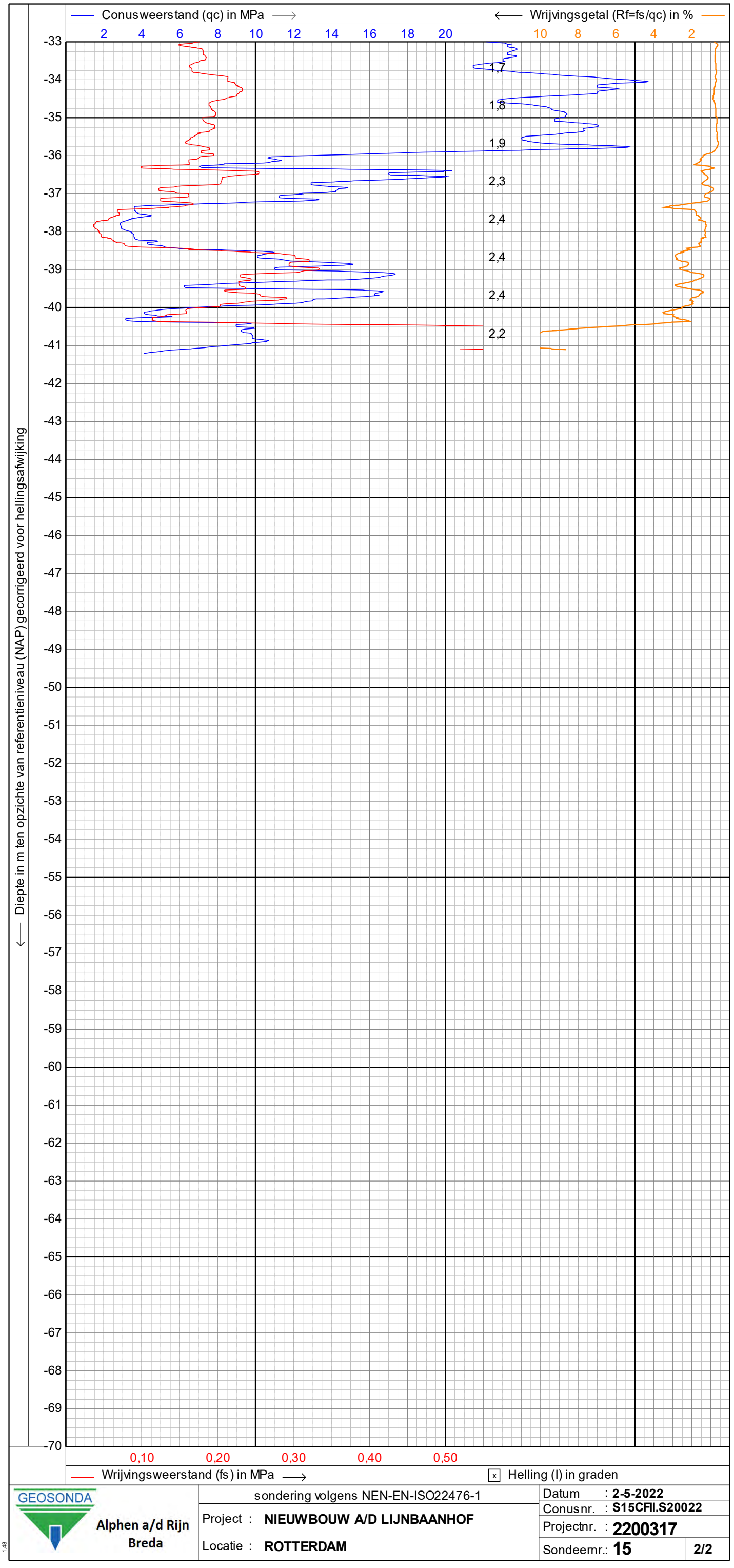
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**
Conusnr. : **S15CFII.S20022**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **15** **1/2**

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

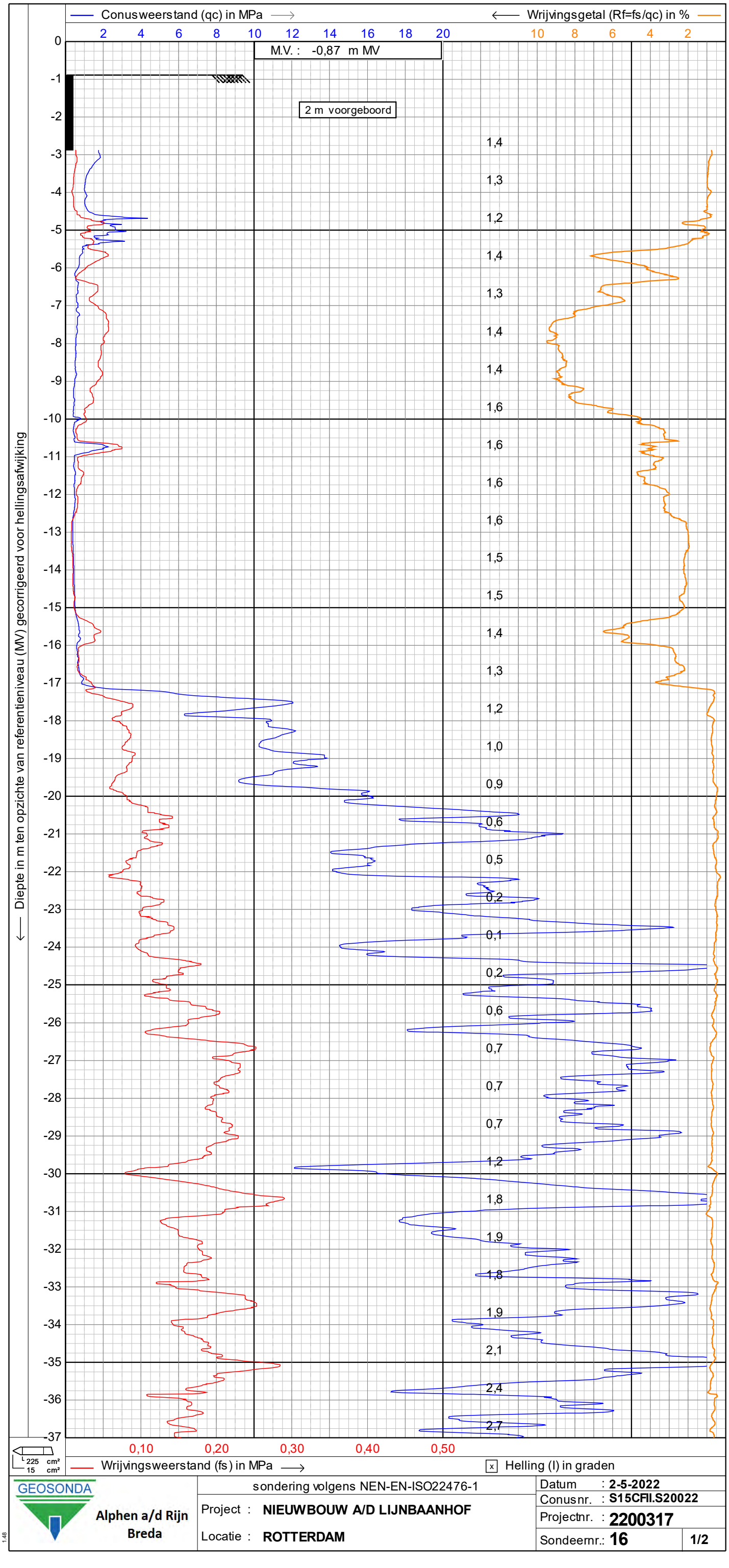
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **15** **2/2** |

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

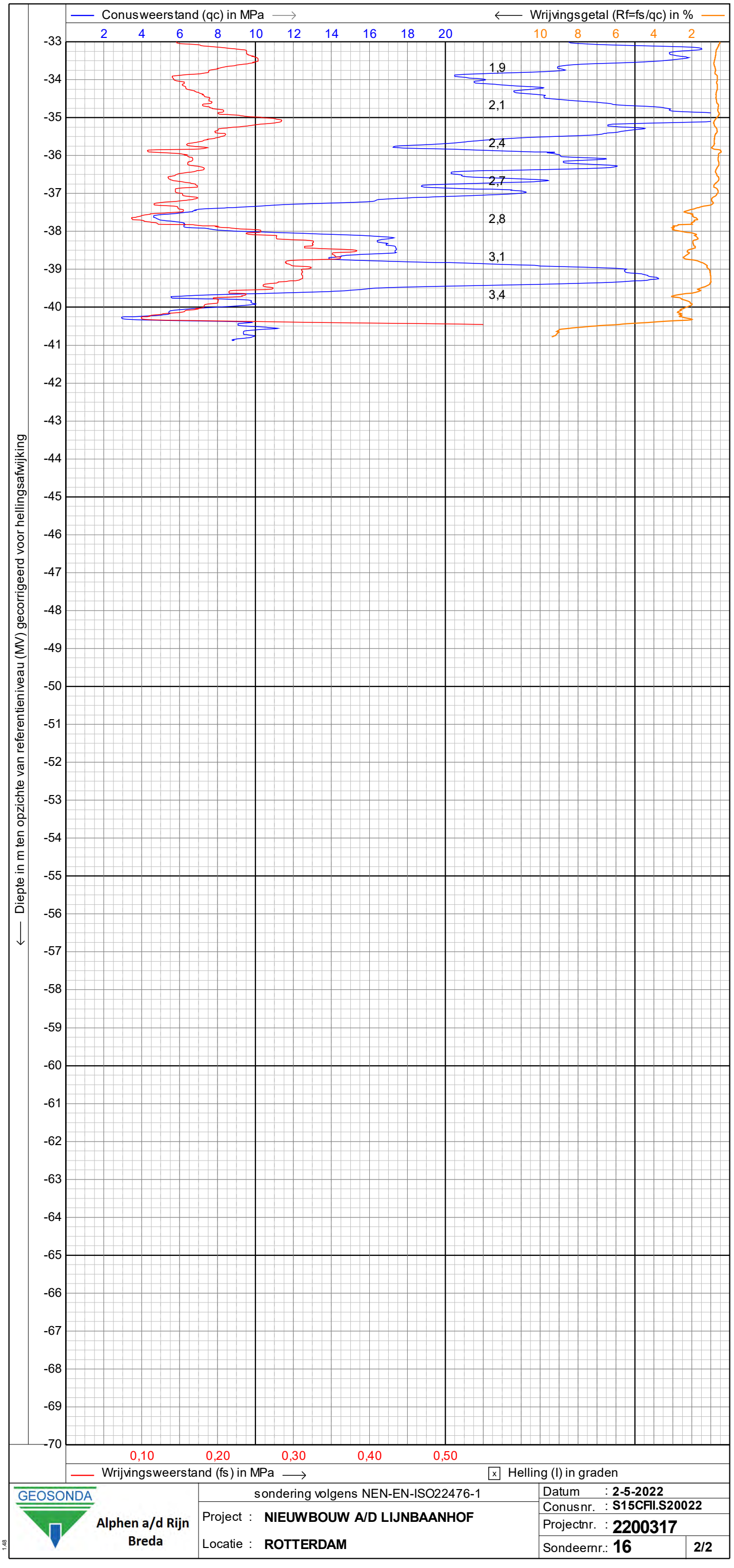
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **2-5-2022**
Conusnr. : **S15CFII.S20022**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **16** **1/2**

1.48




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

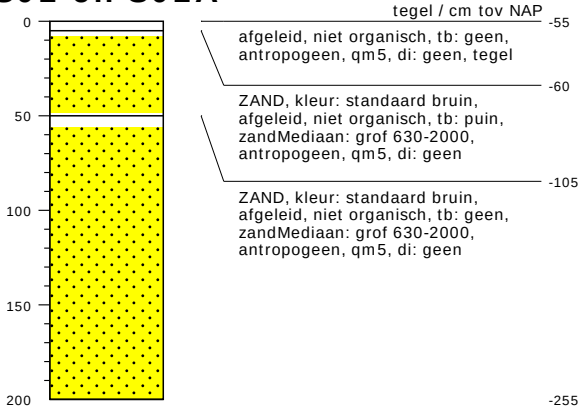
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **2-5-2022** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S20022** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **16** **2/2** |

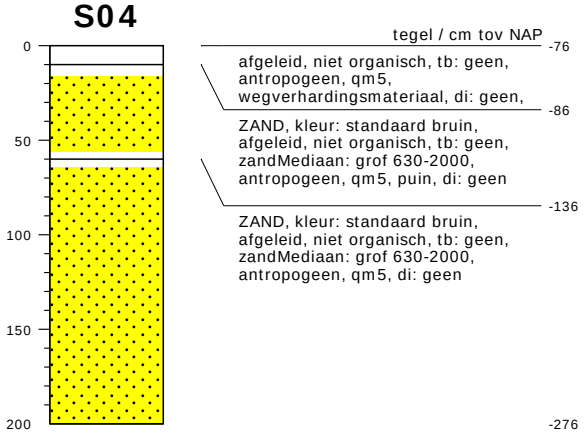
1.48

## S01 en S01A




| | |
|---|---|
| type | **grondboring** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **geen bodemgebruik** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S04

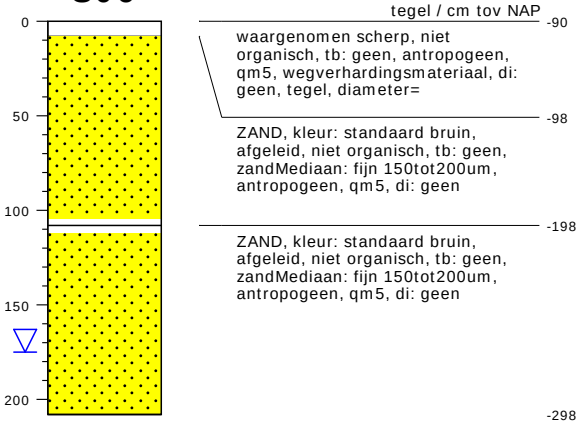



| | |
|---|---|
| type | **grondboring** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **geen bodemgebruik** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

# bodemprofielen

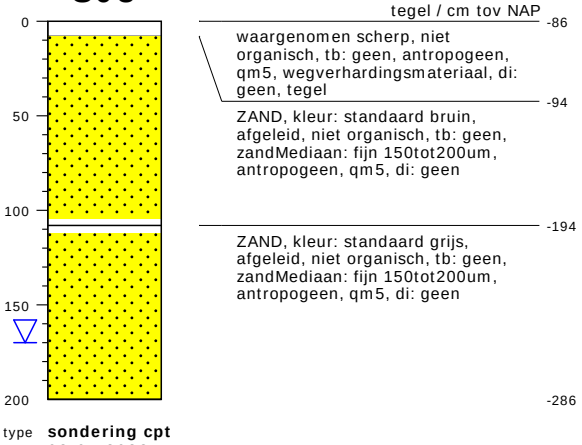
| | |
|---|---|
| onderzoek | **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF TE ROTTERDAM** |
| projectcode | **2200317** |
| getekend conform | **NEN-EN-ISO 14688** |
| vakgebied | **geotechniek** |
| kader aanlevering | **publieke taak** |
| kader inwinning | **controle onderzoek** |
| kaderstellende procedure | **en1997d2v2007** |

## S06



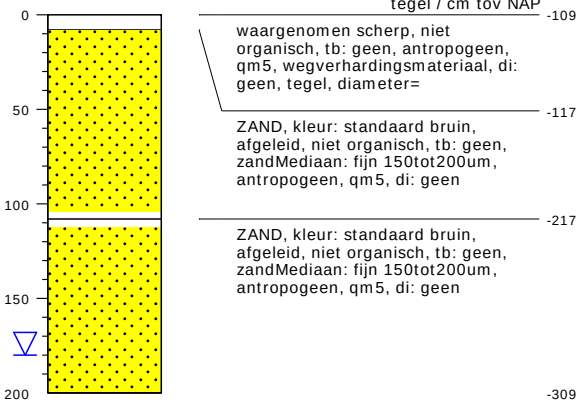

| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S08



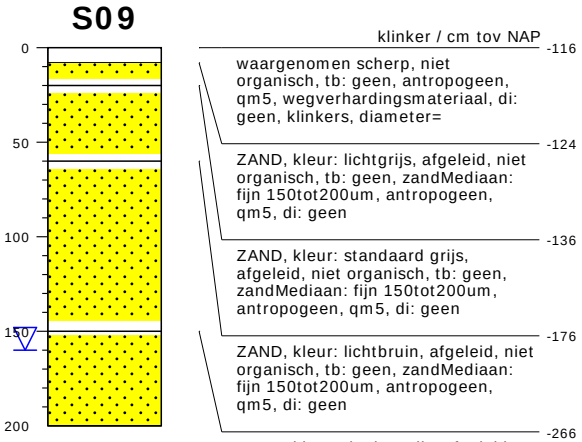

| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S07




| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S09




| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

# bodemprofielen

| | |
|---|---|
| onderzoek | **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF TE ROTTERDAM** |
| projectcode | **2200317 TE ROTTERDAM** |
| getekend conform | **NEN-EN-ISO 14688** |
| vakgebied | **geotechniek** |
| kader aanlevering | **publieke taak** |
| kader inwinning | **controle onderzoek** |
| kaderstellende procedure | **en1997d2v2007** |

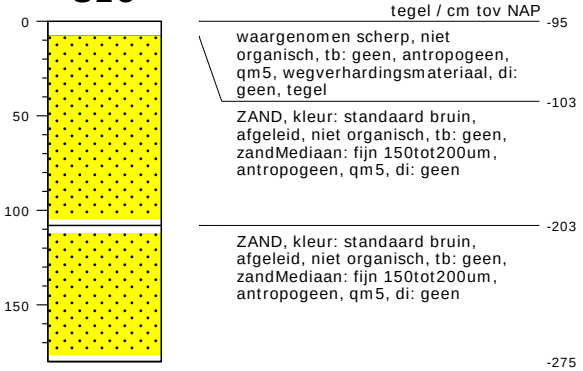
GEOSONDA

## S11



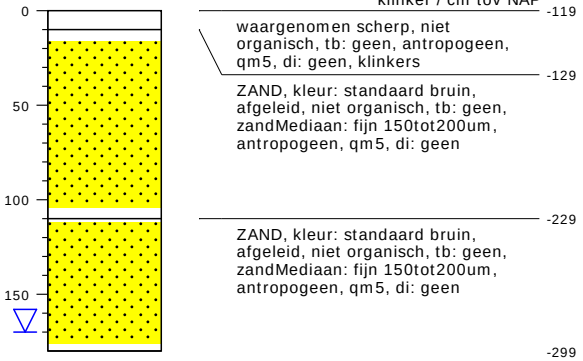

| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S15



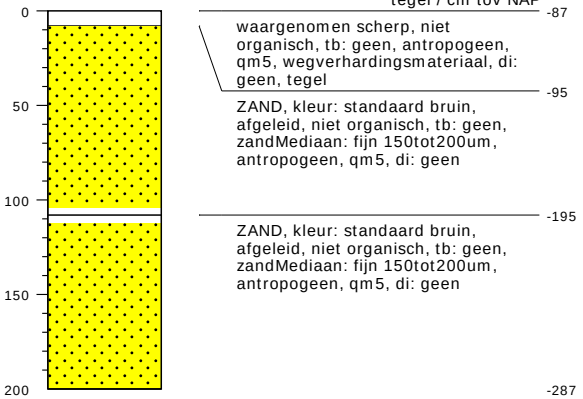

| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S13




| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

## S16




| | |
|---|---|
| type | **sondering cpt** |
| datum | **02-05-2022** |
| boormeester | **rups19** |
| beschrijflocatie | **veld** |
| beschrijfprocedure | **iso14688d1v2019c2020** |
| beschrijfkwaliteit | **klasse2geroerd** |
| boorprocedure | **sikb2001vanaf v6.0** |
| type maaiveld | **grasland** |
| bemonsteringsprocedure | **iso22475d1v2006** |
| tijdelijke verbuizing | **nee** |

# bodemprofielen

| | |
|---|---|
| onderzoek | **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF TE ROTTERDAM** |
| projectcode | **2200317 TE ROTTERDAM** |
| getekend conform | **NEN-EN-ISO 14688** |
| vakgebied | **geotechniek** |
| kader aanlevering | **publieke taak** |
| kader inwinning | **controle onderzoek** |
| kaderstellende procedure | **en1997d2v2007** |

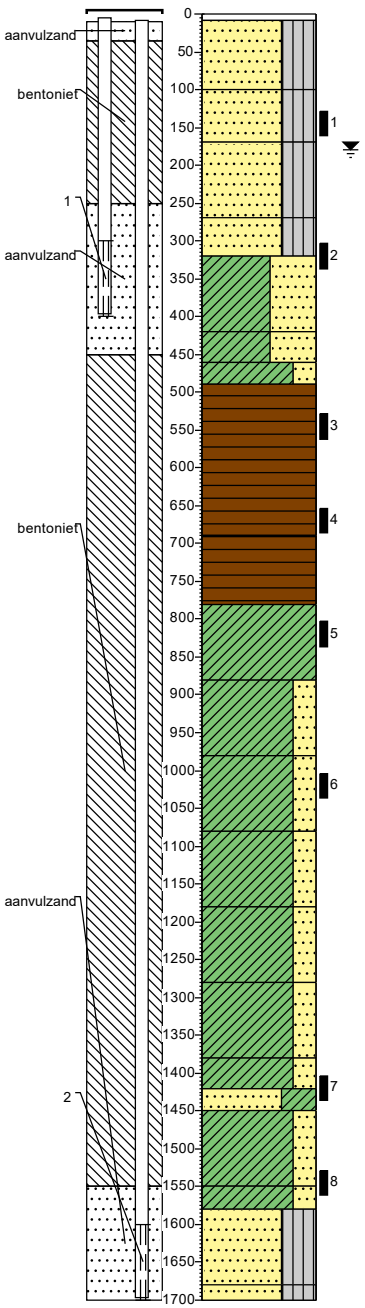
GEOSONDA

# Projectnaam: Rotterdam 2200317

## Boring: MB01

Datum: 18-5-2022
GWS: 180
Referentievlak: N.A.P.

Maaiveldhoogte: -0,75



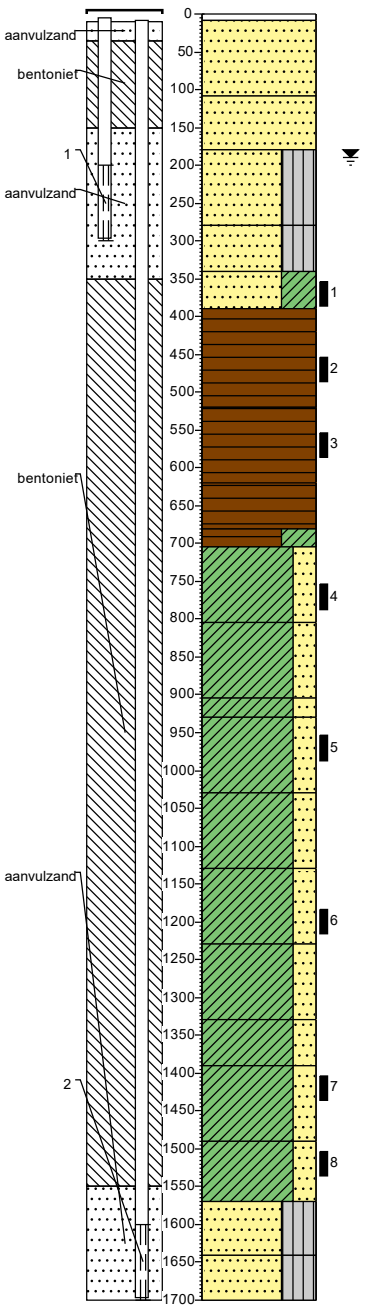

-75 tegel
-83 Antropogeen, veel klinkers, lichtgrijs, Edelmanboor
Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, lichtgrijs, Edelmanboor
-175
Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, lichtgrijs, Edelmanboor
-245
Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, antropogeen, veel puin, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-345
Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, antropogeen, veel puin, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-395
Klei, sterk zandig, matig plastisch, antropogeen, weinig puin, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-495
Klei, sterk zandig, matig plastisch, niet antropogeen, weinig puin, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-535
-565 Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
Veen, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-665
Veen, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-765
Veen, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-855
Klei, sterk organisch, matig plastisch, niet antropogeen, veel plantenresten niet-houtig, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-955
Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, weinig plantenresten houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1055
Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, weinig plantenresten houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1155
Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, weinig plantenresten houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1255
Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, weinig plantenresten houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1355
Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, weinig plantenresten houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1455
Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, weinig plantenresten houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1495
-1525 Zand, middelgrof 200-300, kleïg, sterk organisch, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, weinig plantenresten, standaardzwart, Pulsinstallatie machinaal
Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1625
-1655 Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1755
-1775 Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal

# Projectnaam: Rotterdam 2200317

## Boring: MB02

Datum: 18-5-2022
GWS: 190
Referentievlak: N.A.P.

Maaiveldhoogte: -1,19




-110 klinker
-127 Antropogeen, volledig klinkers, lichtgrijs, Pulsinstallatie machinaal, Klinker

Zand, fijn 150-200, subrond, bolvormig, antropogeen, weinig puin, lichtbruin, Pulsinstallatie machinaal
-227

Zand, fijn 150-200, subrond, bolvormig, antropogeen, weinig puin, lichtbruin, Pulsinstallatie machinaal
-299

Zand, fijn 105-150, siltig, subrond, bolvormig, antropogeen, veel puin, donkergrijs, Pulsinstallatie machinaal
-399

Zand, fijn 105-150, siltig, subrond, bolvormig, antropogeen, veel puin, donkergrijs, Pulsinstallatie machinaal
-459

Zand, fijn 150-200, kleïg, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, weinig puin, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-509

-539 Veen, niet antropogeen, weinig puin, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal

Veen, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-639

Veen, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-739

Veen, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal
-799

-824 Veen, kleïg, niet antropogeen, standaardbruin, Pulsinstallatie machinaal

Klei, zwak zandig, sterk organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten houtig, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-924

Klei, zwak zandig, sterk organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten houtig, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1024

-1049 Klei, zwak zandig, sterk organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten houtig, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal

Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1149

Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1249

Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1349

Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1449

Klei, zwak zandig, zwak organisch, weinig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1509

Klei, zwak zandig, matig plastisch, niet antropogeen, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1609

Klei, zwak zandig, zwak organisch, matig plastisch, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1689

Zand, fijn 150-200, siltig, zwak organisch, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, weinig plantenresten niet-houtig, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1759

Zand, fijn 150-200, siltig, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, standaardgrijs, Pulsinstallatie machinaal
-1819

# Legenda (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

## KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

## GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

## ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

## SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

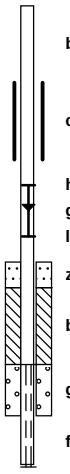
## KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

## VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

## peilbuis



- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

## geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

## olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

## p.i.d.-waarde

- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

## monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

## overig

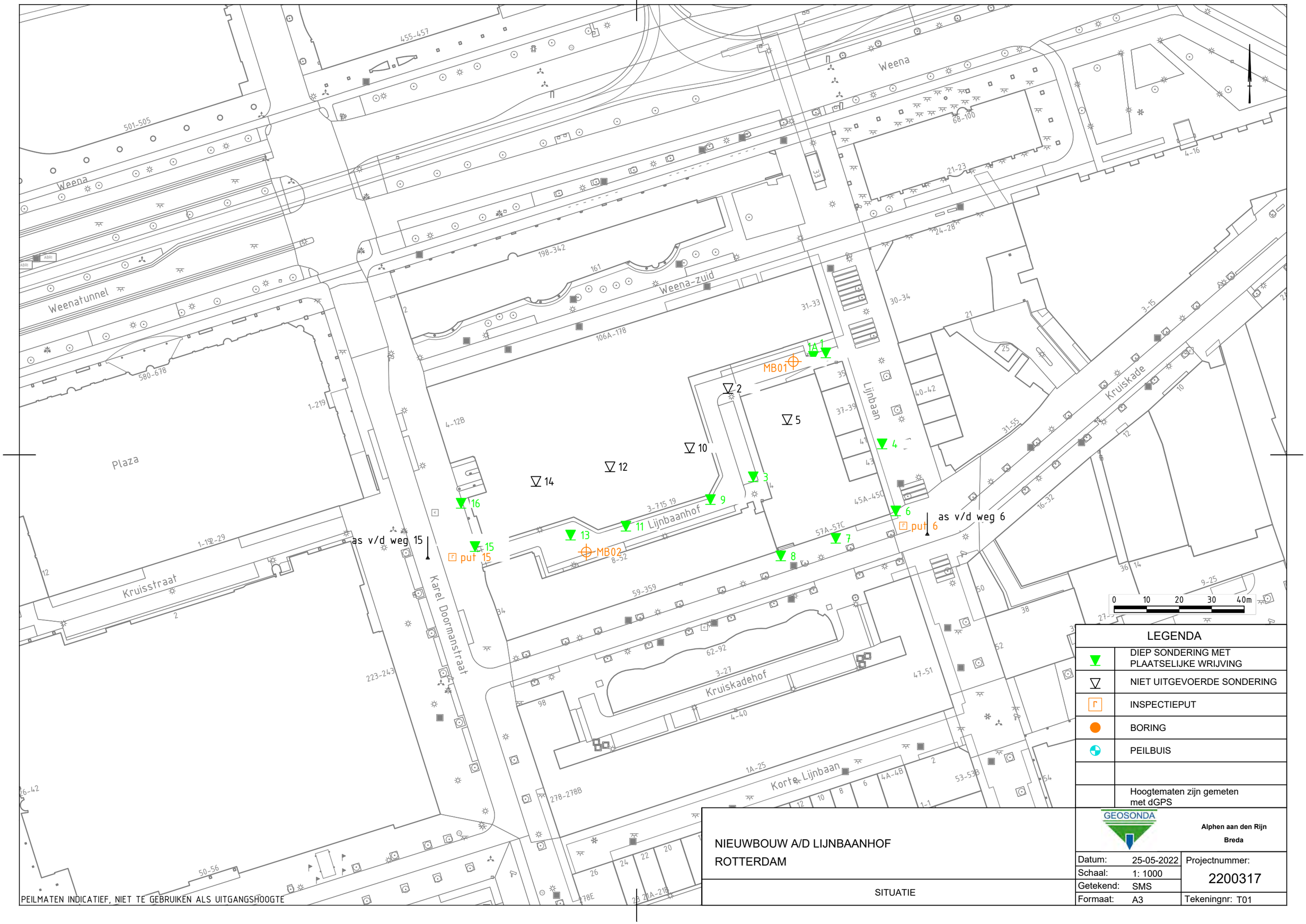
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

Project : NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF
Locatie : ROTTERDAM
Projectnr. : 2200317

## COÖRDINATEN TABEL

| Nummer | X-RD | Y-RD | Z-NAP |
|---|---|---|---|
| put 6 | 92306,22 | 437518,36 | -1,08 |
| put 15 | 92167,48 | 437508,72 | -1,12 |
| as v/d weg 6 | 92313,64 | 437515,47 | -1,01 |
| as v/d weg 15 | 92159,91 | 437508,13 | -1,22 |
| 1* | 92282,40 | 437571,55 | -0,55 |
| 1A* | 92278,58 | 437570,49 | -0,59 |
| 2 | | niet uitgevoerd | |
| 3 | 92260,06 | 437533,42 | -1,21 |
| 4 | 92299,71 | 437543,54 | -0,76 |
| 5 | | niet uitgevoerd | |
| 6 | 92303,93 | 437522,94 | -0,90 |
| 7 | 92285,46 | 437514,51 | -1,09 |
| 8 | 92268,55 | 437509,11 | -0,86 |
| 9 | 92246,89 | 437526,43 | -1,16 |
| 10 | | niet uitgevoerd | |
| 11 | 92220,89 | 437518,24 | -1,19 |
| 12 | | niet uitgevoerd | |
| 13 | 92203,86 | 437515,50 | -1,19 |
| 14 | | niet uitgevoerd | |
| 15 | 92174,44 | 437511,99 | -0,95 |
| 16 | 92170,17 | 437525,28 | -0,87 |
| MB01 | 92272,40 | 437568,84 | -0,75 |
| MB02 | 92208,70 | 437510,28 | -1,19 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| * sondering gestaakt | | | |




PEILMATEN INDICATIEF, NIET TE GEBRUIKEN ALS UITGANGSHOOGTE

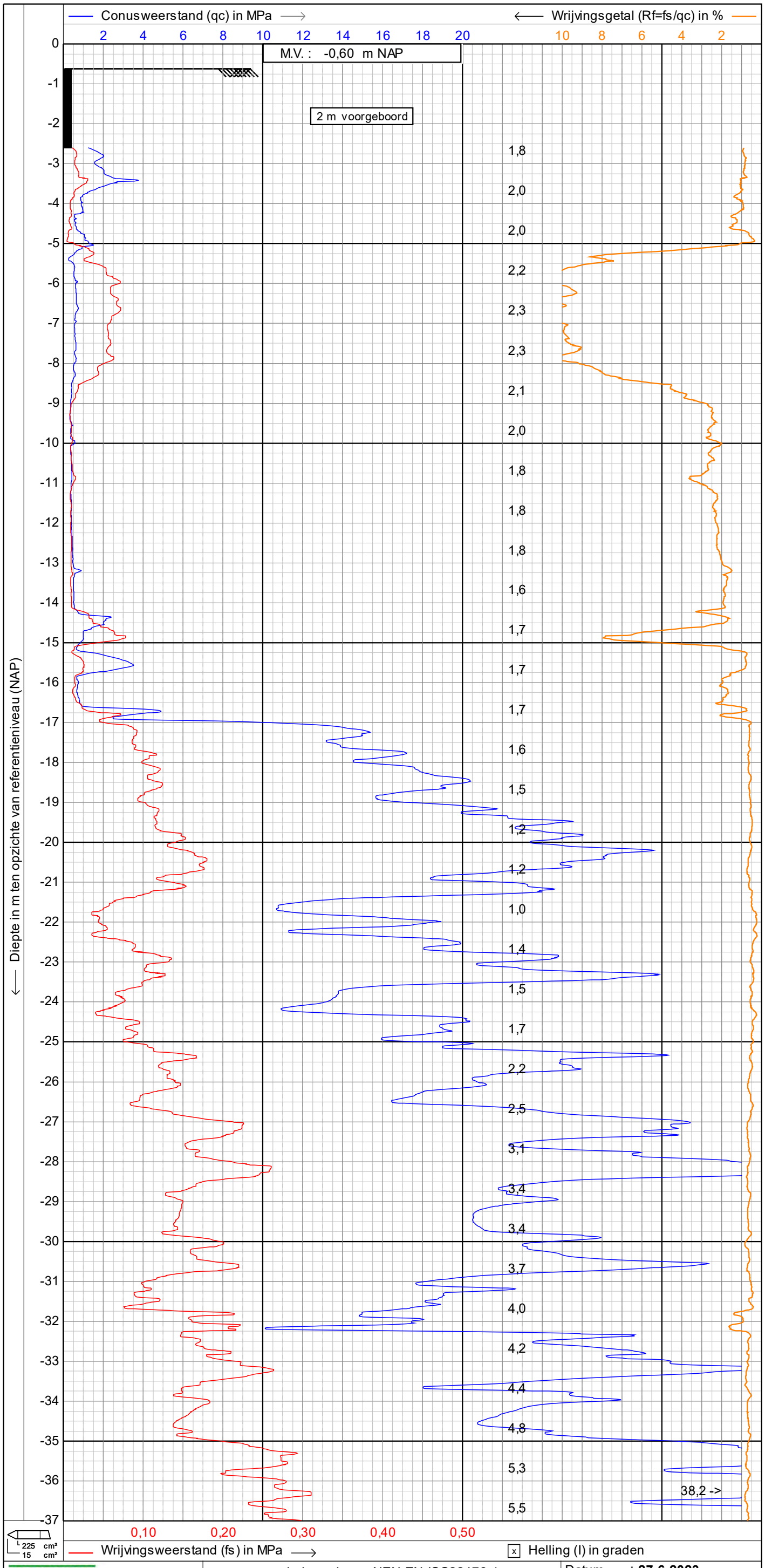
| LEGENDA | |
|---|---|
| ▼ | DIEP SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVING |
| ▽ | NIET UITGEVOERDE SONDERING |
| ┌ | INSPECTIEPUT |
| ● | BORING |
| ◐ | PEILBUIS |
| | |
| | Hoogtematen zijn gemeten met dGPS |

NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF
ROTTERDAM

SITUATIE

GEOSONDA
Alphen aan den Rijn
Breda

| | | | |
|---|---|---|---|
| Datum: | 25-05-2022 | Projectnummer: | 2200317 |
| Schaal: | 1: 1000 | | |
| Getekend: | SMS | | |
| Formaat: | A3 | Tekeningnr: | T01 |




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

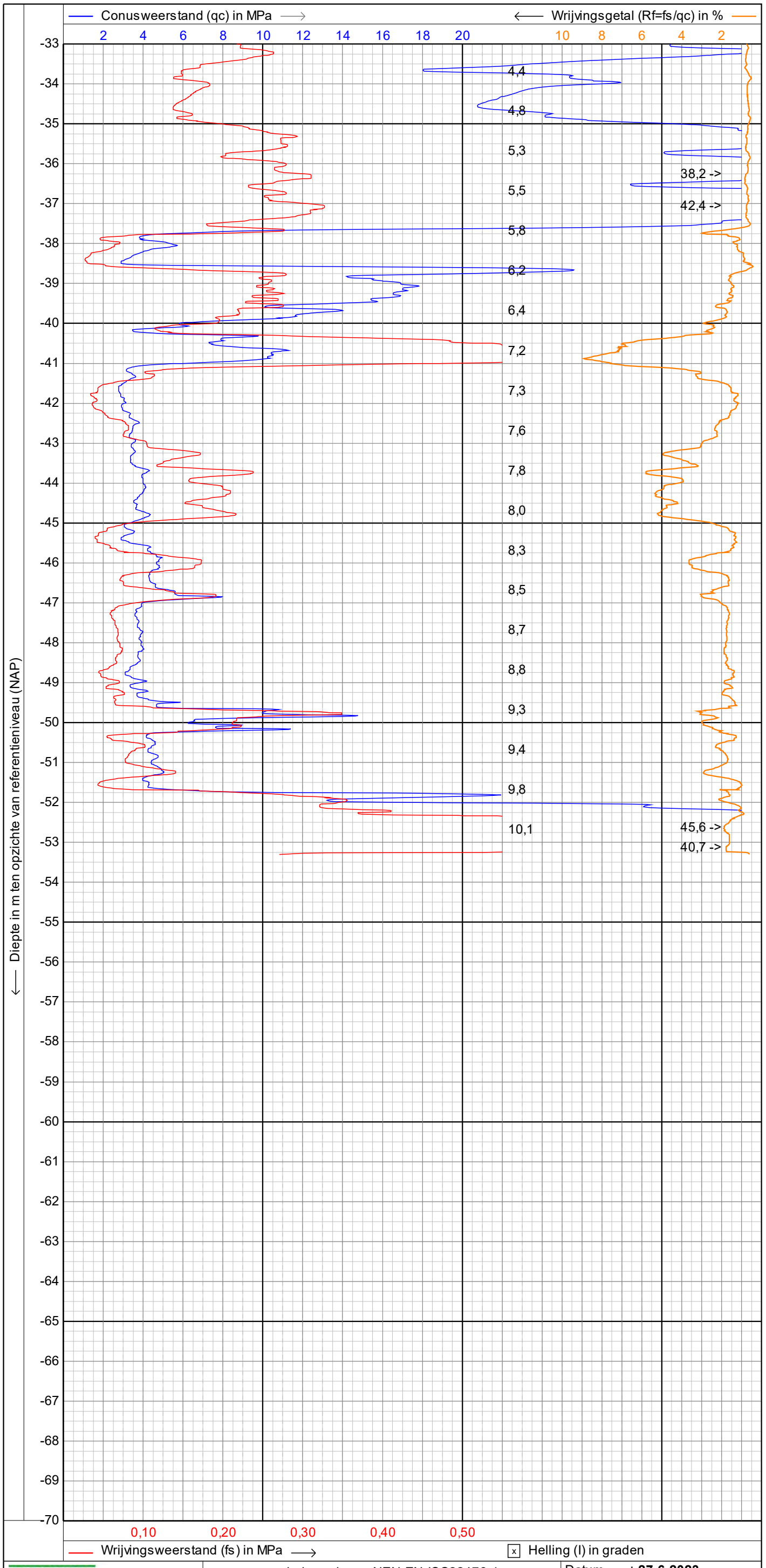
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **27-6-2023** |
| Conusnr. | : **S15CFII.S18921** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **01D** |



1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

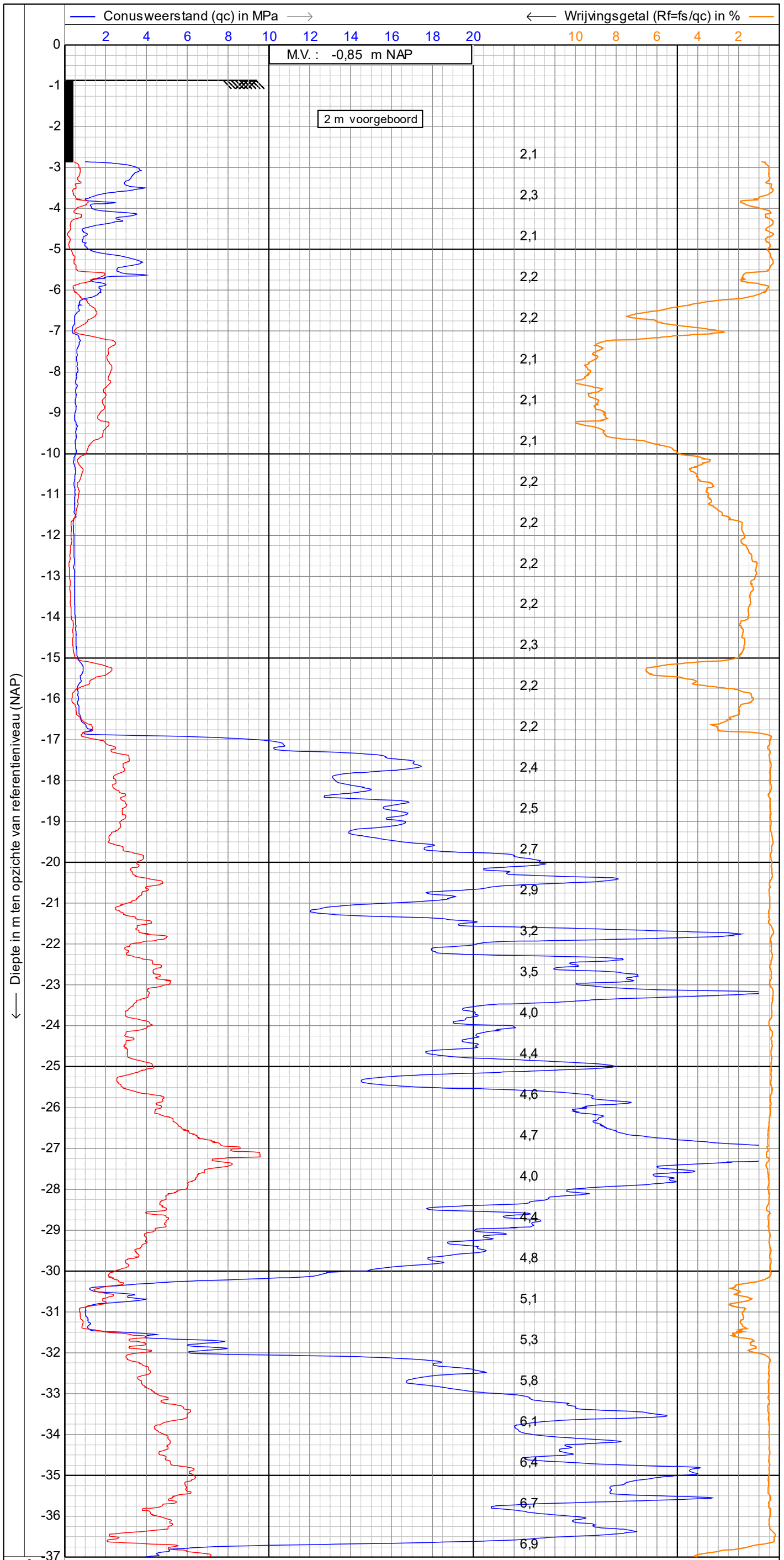
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **27-6-2023**
Conusnr. : **S15CFII.S18921**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **01D** **2/2**

1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

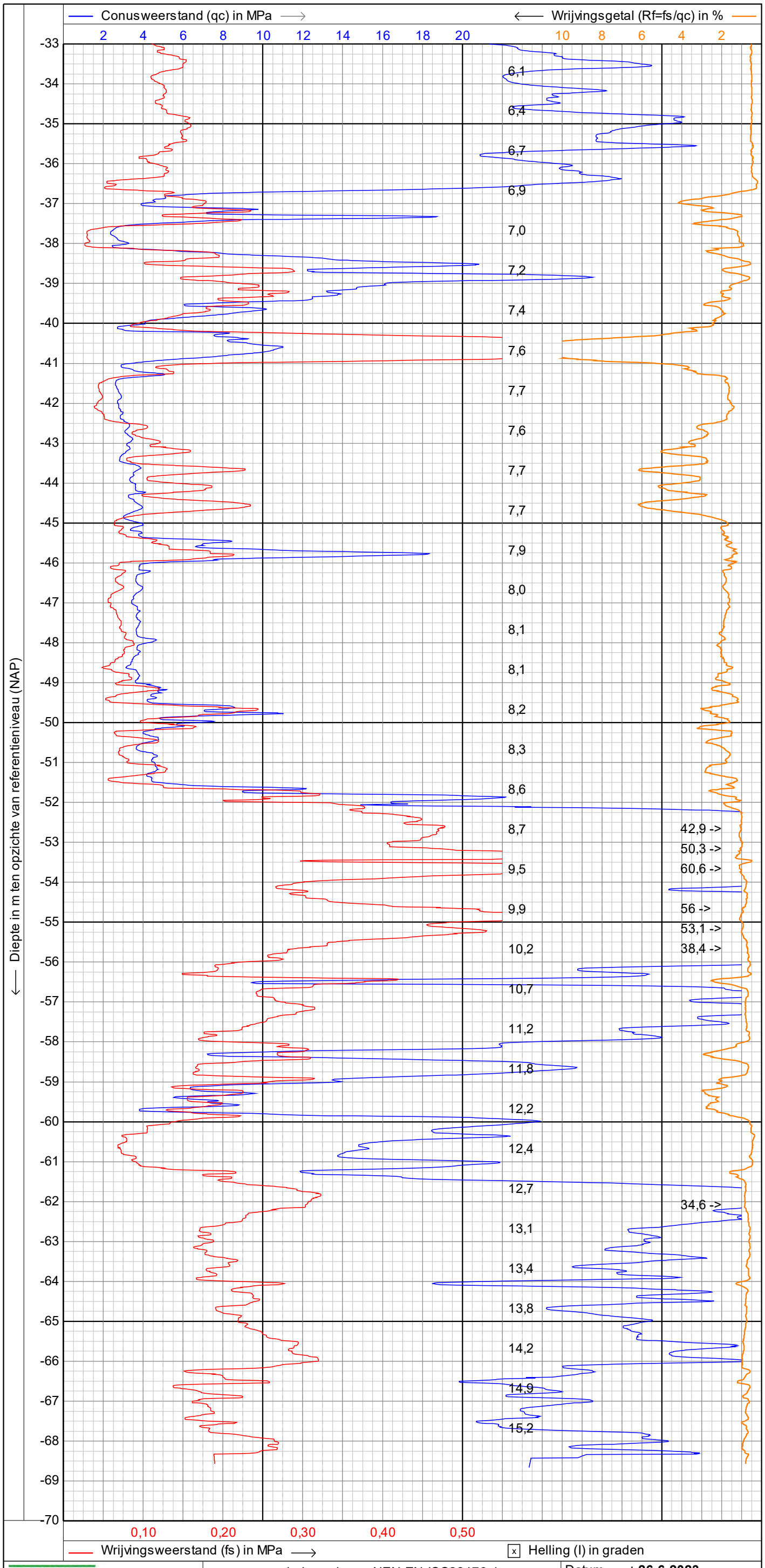
Datum : **26-6-2023**

Conusnr. : **S15CFIIP.S22456**

Projectnr. : **2200317**

Sondeernr.: **02A** 1/4

1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

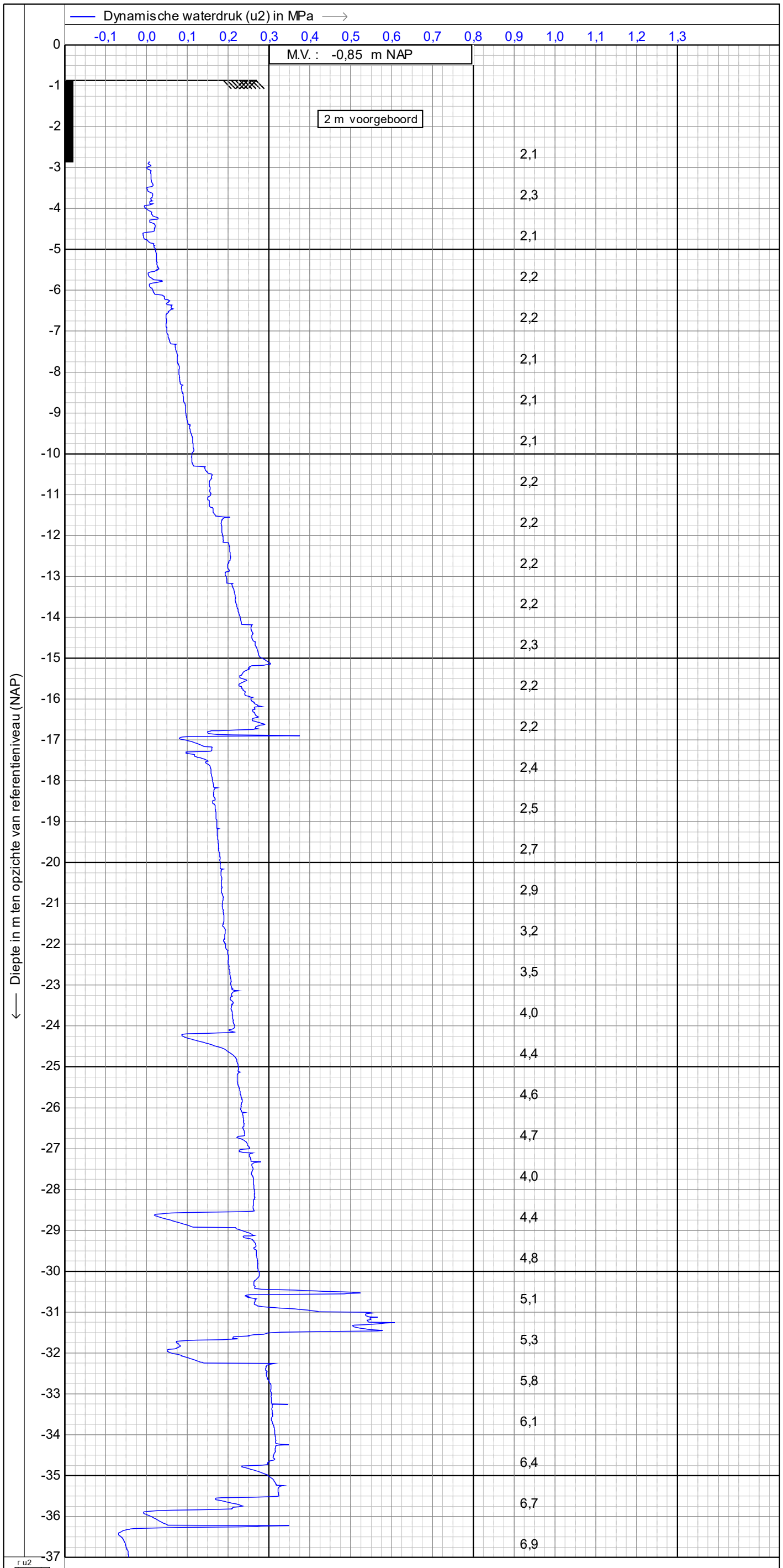
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **26-6-2023**
Conusnr. : **S15CFIIP.S22456**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **02A**



1.47




GEOSONDA

Alphen a/d Rijn
Breda

sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

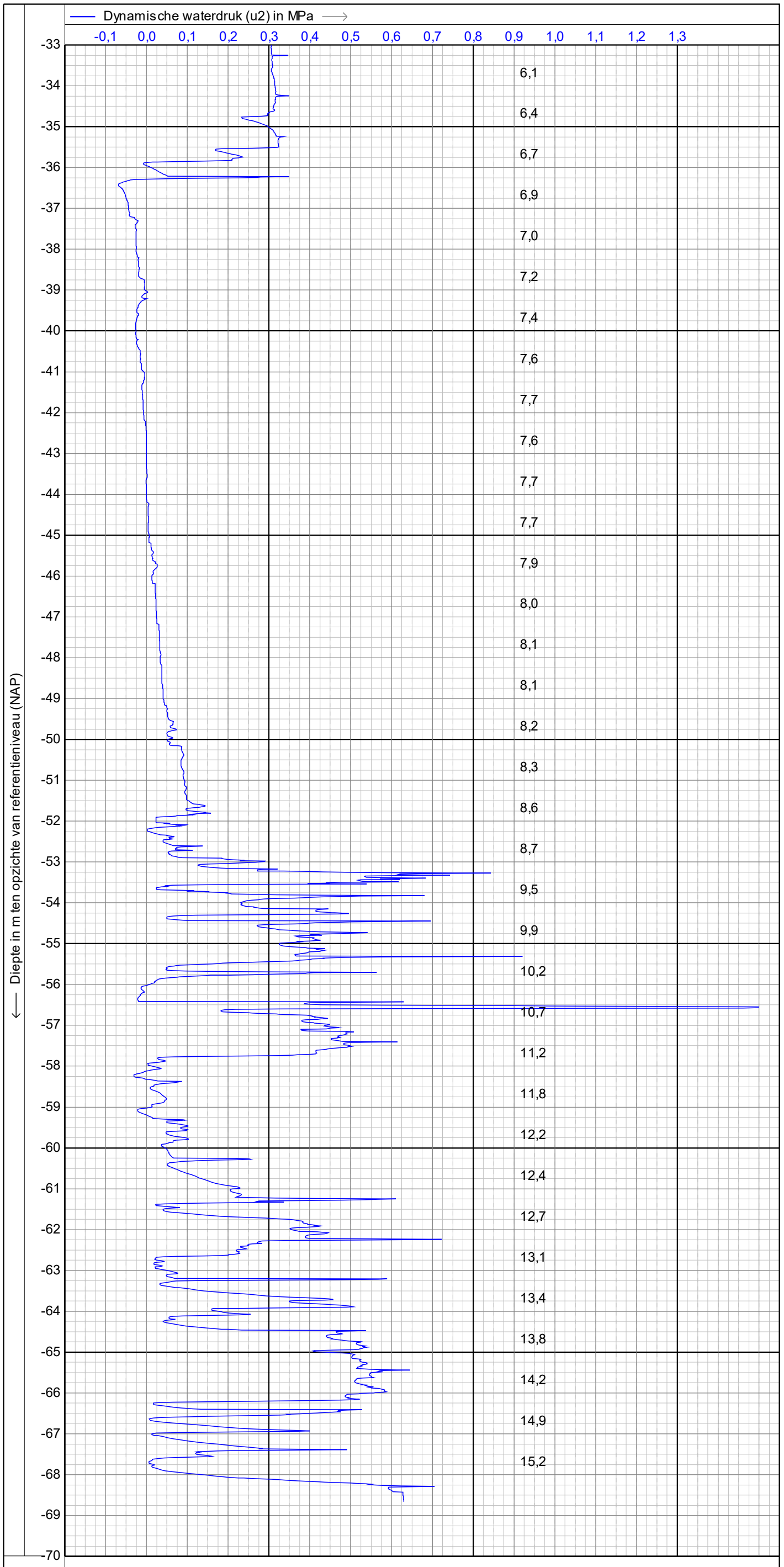
Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

| | |
|---|---|
| Datum | : **26-6-2023** |
| Conusnr. | : **S15CFIIP.S22456** |
| Projectnr. | : **2200317** |
| Sondeernr.: | **02A** |



1.47




GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

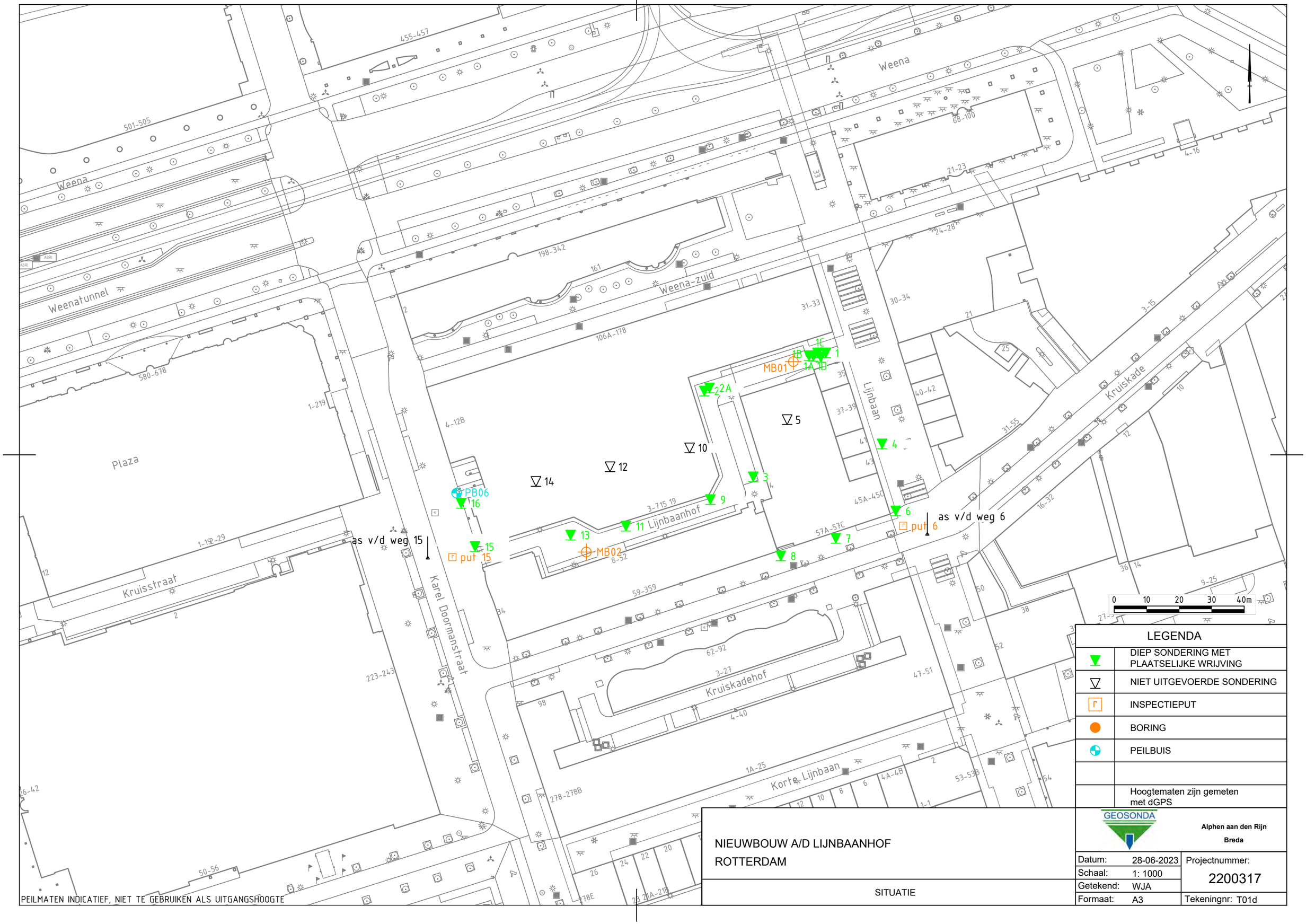
sondering volgens NEN-EN-ISO22476-1

Project : **NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF**

Locatie : **ROTTERDAM**

Datum : **26-6-2023**
Conusnr. : **S15CFIIP.S22456**
Projectnr. : **2200317**
Sondeernr.: **02A** **4/4**

1.47




PEILMATEN INDICATIEF, NIET TE GEBRUIKEN ALS UITGANGSHOOGTE

## LEGENDA

| | |
|---|---|
| ▼ | DIEP SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVING |
| ▽ | NIET UITGEVOERDE SONDERING |
| ⌐ | INSPECTIEPUT |
| ● | BORING |
| ⊕ | PEILBUIS |
| | |
| | Hoogtematen zijn gemeten met dGPS |

NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF
ROTTERDAM

SITUATIE

GEOSONDA
Alphen aan den Rijn
Breda

| | | | |
|---|---|---|---|
| Datum: | 28-06-2023 | Projectnummer: | 2200317 |
| Schaal: | 1: 1000 | | |
| Getekend: | WJA | | |
| Formaat: | A3 | Tekeningnr: | T01d |

GEOSONDA
Alphen a/d Rijn
Breda

Project : NIEUWBOUW A/D LIJNBAANHOF
Locatie : ROTTERDAM
Projectnr. : 2200317

## COÖRDINATEN TABEL

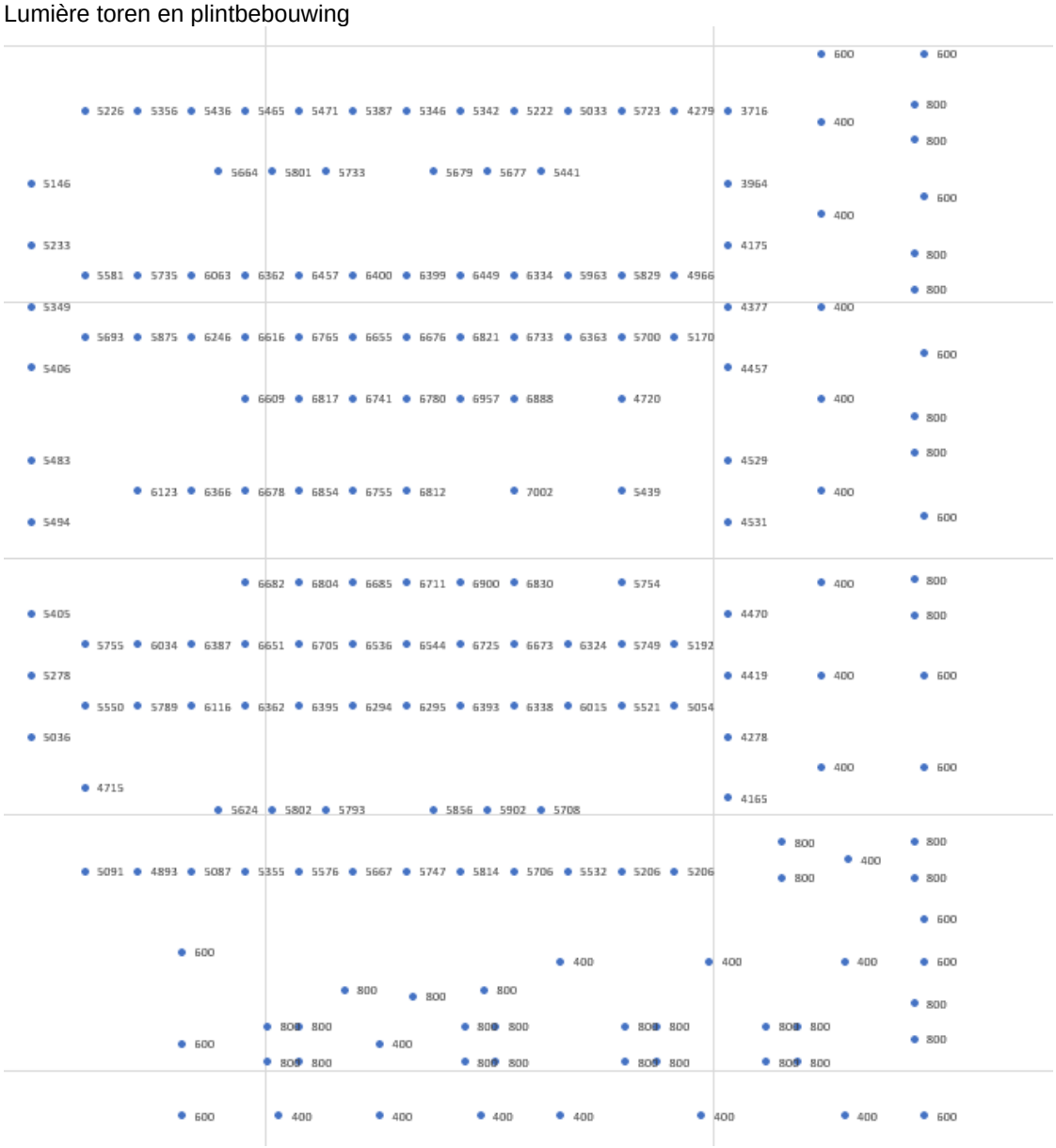
| Nummer | X-RD | Y-RD | Z-NAP |
|---|---|---|---|
| put 6 | 92306,22 | 437518,36 | -1,08 |
| put 15 | 92167,48 | 437508,72 | -1,12 |
| as v/d weg 6 | 92313,64 | 437515,47 | -1,01 |
| as v/d weg 15 | 92159,91 | 437508,13 | -1,22 |
| 1* | 92282,40 | 437571,55 | -0,55 |
| 1A* | 92278,58 | 437570,49 | -0,59 |
| 1B | 92278,58 | 437570,49 | -0,59 |
| 1C | 92278,58 | 437570,49 | -0,60 |
| 1D | 92278,58 | 437570,49 | -0,60 |
| 2 | 92245,02 | 437559,80 | -0,83 |
| 2A | 92246,60 | 437560,77 | -0,85 |
| 3 | 92260,06 | 437533,42 | -1,21 |
| 4 | 92299,71 | 437543,54 | -0,76 |
| 5 | | niet uitgevoerd | |
| 6 | 92303,93 | 437522,94 | -0,90 |
| 7 | 92285,46 | 437514,51 | -1,09 |
| 8 | 92268,55 | 437509,11 | -0,86 |
| 9 | 92246,89 | 437526,43 | -1,16 |
| 10 | | niet uitgevoerd | |
| 11 | 92220,89 | 437518,24 | -1,19 |
| 12 | | niet uitgevoerd | |
| 13 | 92203,86 | 437515,50 | -1,19 |
| 14 | | niet uitgevoerd | |
| 15 | 92174,44 | 437511,99 | -0,95 |
| 16 | 92170,17 | 437525,28 | -0,87 |
| MB01 | 92272,40 | 437568,84 | -0,75 |
| MB02 | 92208,70 | 437510,28 | -1,19 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| * sondering gestaakt | | | |
| | | | |

Bijlage 2 Overzicht Plaxis parameters

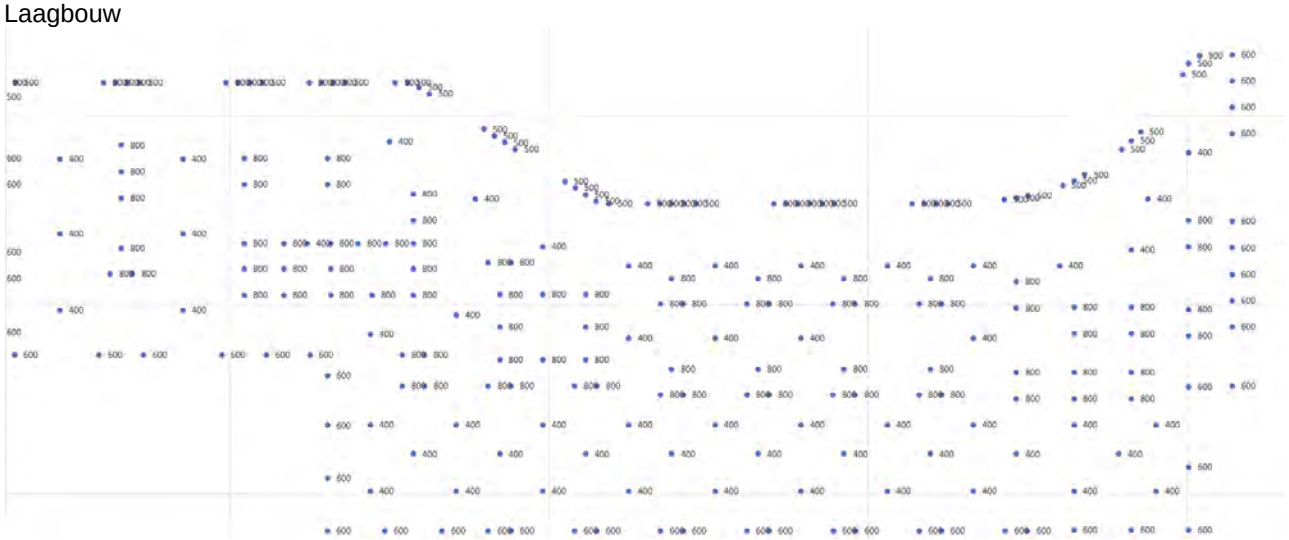
| ID | laag | b.k. laag | o.k. laag | $\gamma_{dry}$ | $\gamma_{sat}$ | $\varphi'$ | c' | $E_{50;ref}$ | $E_{oed;ref}$ | $E_{ur;ref}$ | m | $\lambda^*$ | $\kappa^*$ | $\mu^*$ | POP | R_inter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [-] | [m NAP] | [m NAP] | [kN/m$^3$] | [kN/m$^3$] | [°] | [kN/m$^2$] | [MN/m$^2$] | [MN/m$^2$] | [MN/m$^2$] | [-] | | | | [kN/m$^2$] | [-] |
| 1 | Topzandlaag | -0,75 | -3,50 | 18 | 20 | 30,0 | 0,0 | 15 | 15 | 60 | 0,5 | | | | 0 | 0,70 |
| 2 | Klei, zwak humeus | -3,50 | -6,00 | 18 | 19 | 25,0 | 2,0 | 5 | 5 | 20 | 0,5 | | | | 0 | 0,50 |
| 3 | Veen | -6,00 | -9,00 | 12 | 12 | 17,5 | 5,0 | 3 | 3 | 12 | 0,5 | | | | 0 | 0,50 |
| 4 | Klei, silthoudend | -9,00 | -15,00 | 16 | 16 | 27,5 | 3,0 | 4 | 4 | 16 | 0,5 | | | | 0 | 0,50 |
| 5 | Klei, humeus | -15,00 | -17,00 | 16 | 16 | 25,0 | 3,0 | 3 | 3 | 12 | 0,5 | | | | 0 | 0,50 |
| 6 | Zand, matig vast | -17,00 | -20,00 | 19 | 20 | 32,5 | 0,0 | 50 | 50 | 200 | 0,5 | | | | 0 | 0,70 |
| 7 | Zand, matig vast tot vast | -20,00 | -30,50 | 18 | 20 | 33,0 | 0,0 | 60 | 60 | 240 | 0,5 | | | | 0 | 0,70 |
| 8 | Waalre 1 | -30,50 | -31,50 | 18 | 19 | 25,0 | 10,0 | | | | | 0,0371 | 0,0228 | 0,0008 | 100 | 0,50 |
| 9 | Zand, zeer vast | -31,50 | -37,00 | 19 | 20 | 35,0 | 0,0 | 80 | 80 | 320 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |
| 10 | Zand, sterk siltig | -37,00 | -40,00 | 19 | 20 | 32,5 | 0,0 | 40 | 40 | 160 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |
| 11 | Oerveen | -40,00 | -41,00 | 19 | 20 | 27,5 | 10,0 | | | | | 0,0369 | 0,0191 | 0,0007 | 100 | 0,50 |
| 12 | Waalre 2 | -41,00 | -45,00 | 19 | 20 | 25,0 | 10,0 | | | | | 0,0352 | 0,0217 | 0,0007 | 100 | 0,50 |
| 13 | Zand, matig vast | -45,00 | -46,00 | 19 | 20 | 32,5 | 0,0 | 40 | 40 | 160 | 0,5 | | | | 100 | 0,50 |
| 14 | Waalre 2 | -46,00 | -52,00 | 19 | 20 | 25,0 | 10,0 | | | | | 0,0352 | 0,0217 | 0,0007 | 100 | 0,50 |
| 15 | Zand, matig vast | -52,00 | -58,00 | 19 | 20 | 32,5 | 0,0 | 45 | 45 | 180 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |
| 16 | Zand, sterk siltig | -58,00 | -63,00 | 19 | 20 | 30,0 | 0,0 | 25 | 25 | 100 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |
| 17 | Zand, vast | -63,00 | -70,00 | 19 | 20 | 35,0 | 0,0 | 60 | 60 | 240 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |
| 18 | Zand, sterk siltig | -70,00 | -77,00 | 19 | 20 | 32,5 | 0,0 | 50 | 50 | 200 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |
| 19 | Zand, vast | -77,00 | -100,00 | 19 | 20 | 35,0 | 0,0 | 60 | 60 | 240 | 0,5 | | | | 100 | 0,70 |

Bijlage 3 Overzicht palenplan en opgegeven paalbelastingen (BGT)

Lumière toren en plintbebouwing



Laagbouw



Bijlage 4 DFoundation berekening draagkracht onder NAP –50 m

# Report for D-Foundations 23.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

| | |
|---|---|
| Company: | Geobest b.v. |
| Date of report: | 4-9-2023 |
| Time of report: | 11:41:43 |
| Report with version: | 23.1.1.40340 |
| Date of calculation: | 4-9-2023 |
| Time of calculation: | 10:17:32 |
| Calculated with version: | 23.1.1.40340 |
| File name: | 51582-002c |
| Project identification: | Lumière Rotterdam<br>Hoogbouw<br>D-Foundations 51582-002c |



## 1 Table of Contents


1 Table of Contents 2
2 Input Data 3
2.1 General Input Data 3
2.2 General Report Data 3
2.3 Application Area Model Bearing Piles 3
2.4 Superstructure 3
2.5 General CPT Data 3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan 3
2.6 Soil Data 4
2.6.1 Soil Profile 04 4
2.6.2 Soil Profile 02A 5
2.7 Pile Types 7
2.7.1 Pile type : Tubex 762/950 7
2.8 Foundation Plan 7
2.8.1 View of Foundation Plan 8
2.9 Excavation Data 8
2.10 Overruled Parameters 9
2.11 Model Options 9
2.12 Model Options 9
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Bearing capacity at fixed pile tip levels 10
3.1 Errors and Warnings 10
3.2 Remarks 10
3.3 Calculation Parameters 10
3.3.1 Pile Factors 10
3.3.2 Pile type : Tubex 762/950 10
3.4 Results for pile type : Tubex 762/950 11
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN 11

# 2 Input Data

## 2.1 General Input Data

| | |
|---|---|
| Model | Bearing Piles (EC7-NL) |

## 2.2 General Report Data

| | |
|---|---|
| Geotechnical consultant : | Geobest B.V. |
| Design engineer superstructure : | Pieters Bouwtechniek |
| Principal : | |
| Title 1 : | Lumière Rotterdam |
| Title 2 : | Hoogbouw |
| Title 3 : | D-Foundations 51582-002c |
| Number of project : | 51582 |
| Location of project : | Rotterdam |

## 2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

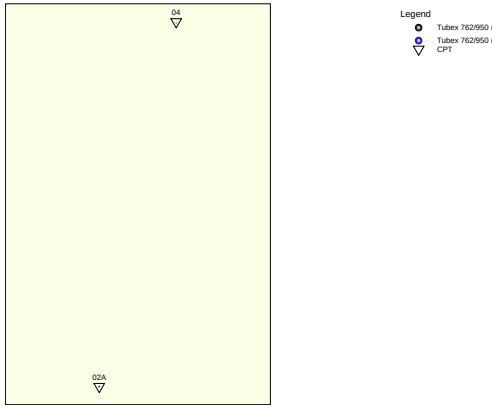
## 2.4 Superstructure

| | |
|---|---|
| Rigidity of the superstructure : | Rigid |

## 2.5 General CPT Data

| | |
|---|---|
| Number of CPT's : | 2 |
| Timing of CPT's : | CPT - Install - Excavation |

### 2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan







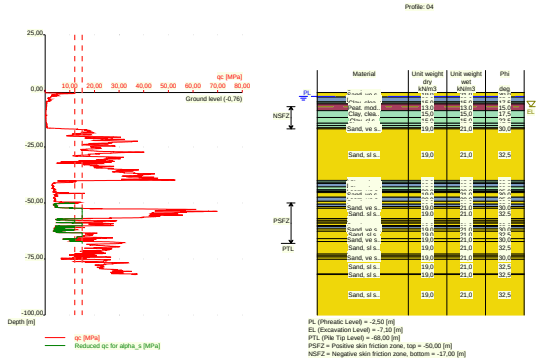

| Name CPT | Pile tip level [m R.L.] | Top of pos. friction zone [m R.L.] | Bottom of neg. friction zone [m R.L.] | X-coor-dinate [m] | Y-coor-dinate [m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 04 | -68,00 | -50,00 | -17,00 | 92299,71 | 437543,54 |
| 02A | -68,00 | -50,00 | -17,00 | 0,00 | 0,00 |

## 2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 2

### 2.6.1 Soil Profile 04

| | |
|---|---|
| Belonging to CPT | 04 |
| Surface level in [m. reference level] : | -0,76 |
| Phreatic level in [m. reference level] : | -2,50 |
| Pile tip level in [m. reference level] : | -68,00 |
| Top of positive skin friction zone in [m. reference level] : | -50,00 |
| Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] : | -17,00 |
| OCR-value foundation layer : | 1,00 |
| Expected groundlevel settlement in [m] : | 0,11 |
| Number of layers in profile : | 43 |




| Number layer | Top layer [m R.L.] | Gamma [kN/m3] | Gamma;sat [kN/m3] | Phi [deg] | Soil Type | Median (Sand/Gravel) [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -0,760 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 2 | -0,770 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 3 | -2,788 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 4 | -4,806 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 5 | -5,056 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 6 | -5,815 | 13,00 | 13,00 | 15,00 | Peat | -- |
| 7 | -8,851 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 8 | -11,905 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 9 | -14,450 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 10 | -15,468 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 11 | -16,495 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |

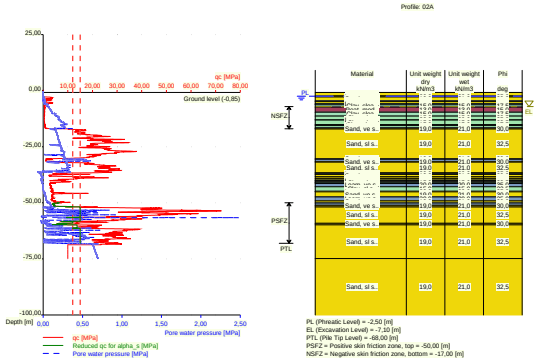
| Number layer | Top layer [m R.L.] | Gamma [kN/m3] | Gamma;sat [kN/m3] | Phi [deg] | Soil Type | Median (Sand/Gravel) [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | -16,754 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 13 | -17,013 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 14 | -39,991 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 15 | -40,249 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 16 | -41,023 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 17 | -41,280 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 18 | -42,826 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 19 | -44,114 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 20 | -44,629 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 21 | -44,886 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 22 | -45,401 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 23 | -47,459 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 24 | -49,259 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 25 | -50,544 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 26 | -51,571 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 27 | -52,342 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 28 | -56,958 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 29 | -57,727 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 30 | -58,495 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 31 | -59,007 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 32 | -60,031 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 33 | -60,543 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 34 | -61,566 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 35 | -62,589 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 36 | -65,909 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 37 | -67,185 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 38 | -72,788 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 39 | -73,551 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 40 | -74,059 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 41 | -75,076 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 42 | -81,668 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 43 | -81,921 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |

### 2.6.2 Soil Profile 02A

| | |
|---|---|
| Belonging to CPT | 02A |
| Surface level in [m. reference level] : | -0,85 |
| Phreatic level in [m. reference level] : | -2,50 |
| Pile tip level in [m. reference level] : | -68,00 |
| Top of positive skin friction zone in [m. reference level] : | -50,00 |
| Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] : | -17,00 |
| OCR-value foundation layer : | 1,00 |
| Expected groundlevel settlement in [m] : | 0,11 |
| Number of layers in profile : | 45 |








| Number layer | Top layer [m R.L.] | Gamma [kN/m3] | Gamma;sat [kN/m3] | Phi [deg] | Soil Type | Median (Sand/Gravel) [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -0,850 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 2 | -2,350 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 3 | -2,600 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 4 | -2,850 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 5 | -4,600 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 6 | -4,850 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 7 | -5,850 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 8 | -6,100 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 9 | -6,350 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 10 | -7,350 | 13,00 | 13,00 | 15,00 | Peat | -- |
| 11 | -9,600 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 12 | -11,350 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 13 | -12,850 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 14 | -13,100 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 15 | -15,100 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 16 | -15,600 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 17 | -16,600 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 18 | -16,850 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 19 | -17,100 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 20 | -30,350 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 21 | -30,600 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 22 | -31,600 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 23 | -31,850 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 24 | -36,600 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 25 | -37,100 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 26 | -37,350 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 27 | -38,350 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 28 | -39,100 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 29 | -39,850 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 30 | -40,100 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 31 | -40,600 | 13,00 | 13,00 | 15,00 | Peat | -- |
| 32 | -40,850 | 15,00 | 15,00 | 17,50 | Clay | -- |
| 33 | -41,100 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |

| Number layer | Top layer [m R.L.] | Gamma [kN/m3] | Gamma;sat [kN/m3] | Phi [deg] | Soil Type | Median (Sand/Gravel) [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | -41,350 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 35 | -42,850 | 15,00 | 15,00 | 22,50 | Clay | -- |
| 36 | -44,850 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 37 | -45,100 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 38 | -47,350 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 39 | -49,100 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 40 | -50,100 | 20,00 | 20,00 | 35,00 | Loam | -- |
| 41 | -51,100 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 42 | -51,850 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 43 | -59,100 | 19,00 | 21,00 | 30,00 | Sand | 0,200 |
| 44 | -59,850 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |
| 45 | -74,850 | 19,00 | 21,00 | 32,50 | Sand | 0,200 |

## 2.7 Pile Types

### 2.7.1 Pile type : Tubex 762/950

Pile type : User defined (low vibrating)
Note: This user defined pile type is considered not to be of a in place formed type.
Hence the characteristic value of the friction angle at the pile shaft (delta) will be taken as 0.75 * phi.

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
User defined
alpha_s clay/loam/peat : 0,0220
Evidence to support chosen alpha_s should be provided.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for use in load/settlement curves : 1
Materialtype for pile : Concrete
Slip layer : None
Pile shape : Round pile with lost tip
beta (user defined : Pile tip, shape factor) : 1,00
s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :
Diameter at tip [m] : 0,950
Diameter shaft [m] : 0,949
Effective heigth enlarged base [m] : 0,000

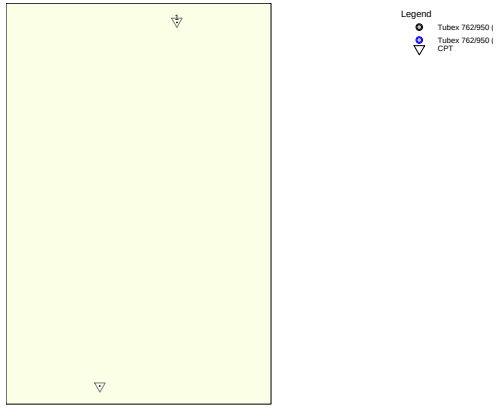
## 2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1
Number of collaborating piles* : 1
* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure





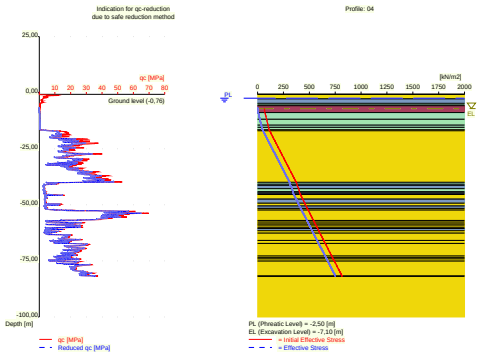
### 2.8.1 View of Foundation Plan




| Pile nr/name | X-coor-dinate [m] | Y-coor-dinate [m] | Fc;d (EQU/STR/GEO) [kN] | Fc;d (SLS) [kN] | P0 [kN/m2] | Pile head level [m R.L.] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1: 1 | 92621,72 | 436104,44 | 10000,00 | 6500,00 | 0,00 | -7,00 |

## 2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -7,10
Reduction model : Safe (NEN)




## 2.10 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] : 1,20
User defined Factor xi4 [-] : 0,96

## 2.11 Model Options

Suppress pile group (for negative skin friction)
Create intermediate results file
Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
Use the influence of excavations (standard).

## 2.12 Model Options

Selected pile types :
-Tubex 762/950

Selected profiles :
-04
-02A





# 3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Bearing capacity at fixed pile tip lev

## 3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor xi3 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Warning : The factor xi4 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
Pile Type Tubex 762/950: Warning : The factor Beta (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g)) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.
The warning just below concerns at least one of the used soil profiles.
Warning : The positive skin friction zone contains compressible layers. The demands set by article 7.6.1.1 b are not met. A calculation of interaction is required to show that given schematization is valid.
The calculated pile settlement as mentioned in the report should be adapted based on that calculation.

## 3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3 section (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state EQU/STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

## 3.3 Calculation Parameters

### 3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) : 1,20
gamma;b (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) : 1,00
gamma;s (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) : 1,20
gamma;s (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) : 1,00
xi3 (user defined) : 1,20
xi4 (user defined) : 0,96

### 3.3.2 Pile type : Tubex 762/950

Pile type : User defined (low vibrating)
Note: This user defined pile type is considered not to be of a in place formed type.
Hence the characteristic value of the friction angle at the pile shaft (delta) will be taken as 0.75 * phi.

Pile type for determination of execution factor alpha_s in sand/gravel:
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for determination of exectution factor alpha_s in clay/loam/peat:
User defined
alpha_s clay/loam/peat : 0,0220
Evidence to support chosen alpha_s should be provided.

Pile type for determination of pile class factor alpha_p :
Screw pile, cast in place, with grout

Pile type for use in load/settlement curves : 1

| | |
|---|---|
| Materialtype for pile : | Concrete |
| Slip layer : | None |
| Pile shape : | Round pile with lost tip |
| beta (user defined : Pile tip, shape factor) : | 1,00 |
| s (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) : | 1,00 |

Pile dimensions :

| | |
|---|---|
| Diameter at tip [m] : | 0,950 |
| Diameter shaft [m] : | 0,949 |
| Effective heigth enlarged base [m] : | 0,000 |

| Number/Name CPT | Alpha_s Sand/ Gravel | Alpha_s Clay/Loam Peat | Alpha_p |
|---|---|---|---|
| 1:04 | 0,0090 | 0,0220 | 0,6300 |
| 2:02A | 0,0090 | 0,0220 | 0,6300 |

### 3.4 Results for pile type : Tubex 762/950

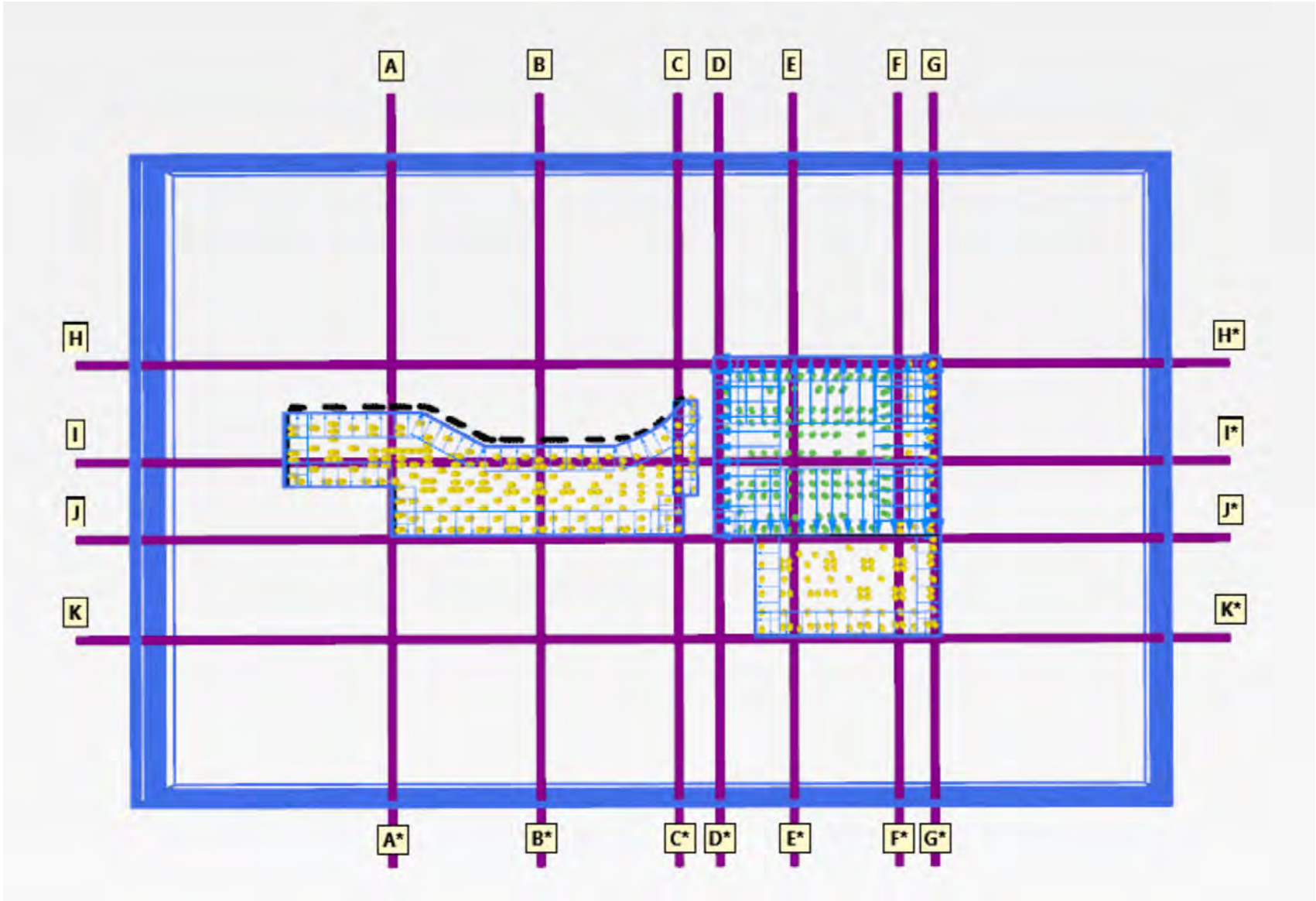
| Number/Name CPT | Level [m R.L.] | Groundlevel [m R.L.] | Rb;cal;max [kN] | Rs;cal;max [kN] | Rc;cal;max [kN] | Rc;d [kN] | F;nsf;k [kN] | Fnsf;d [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1:04 | -68.00 | -0,76 | 5408 | 5793 | 11200 | 7778 | 160 | 160 |
| 2:02A | -68.00 | -0,85 | 4512 | 6553 | 11065 | 7684 | 158 | 158 |

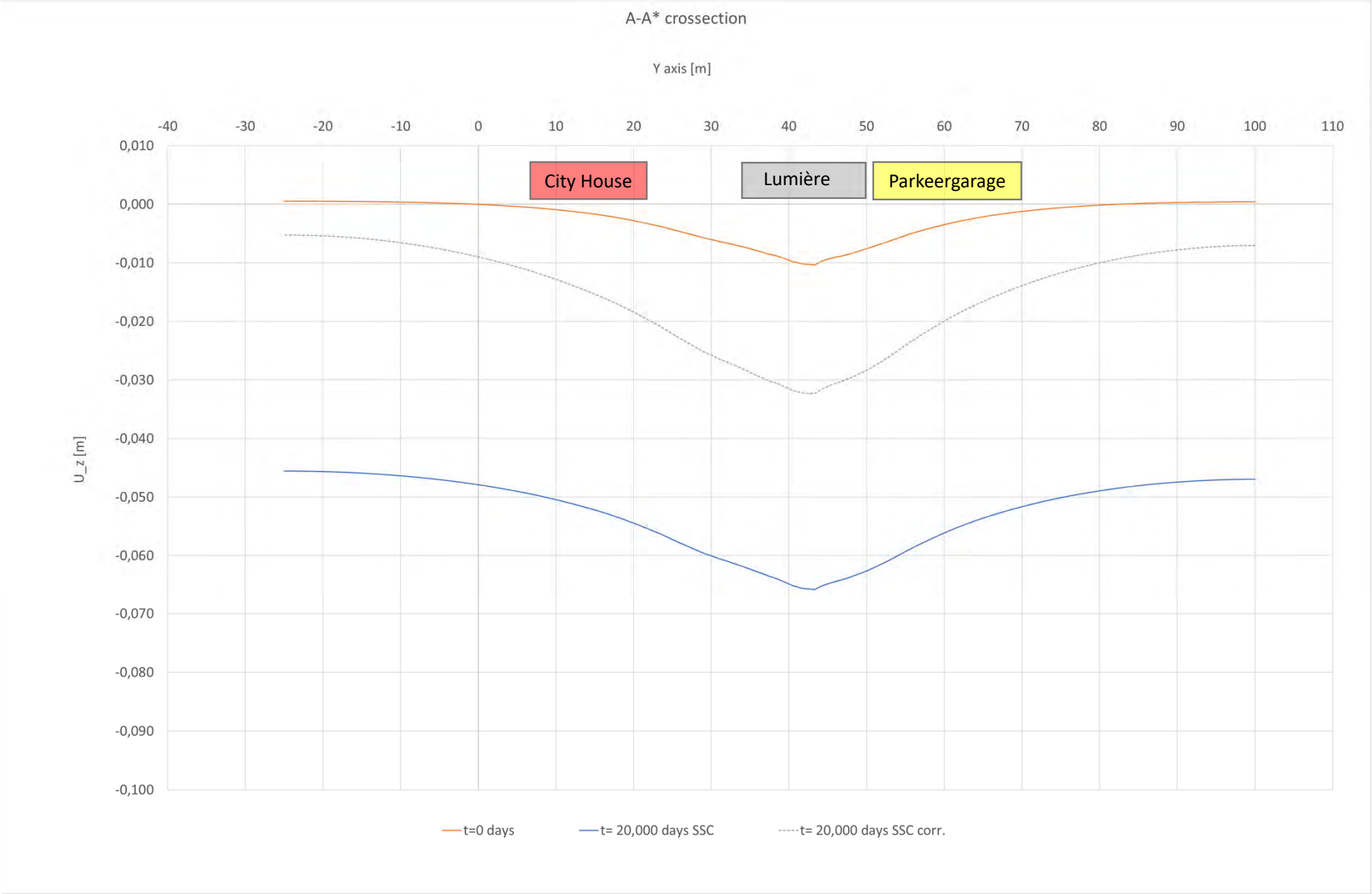
### 3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

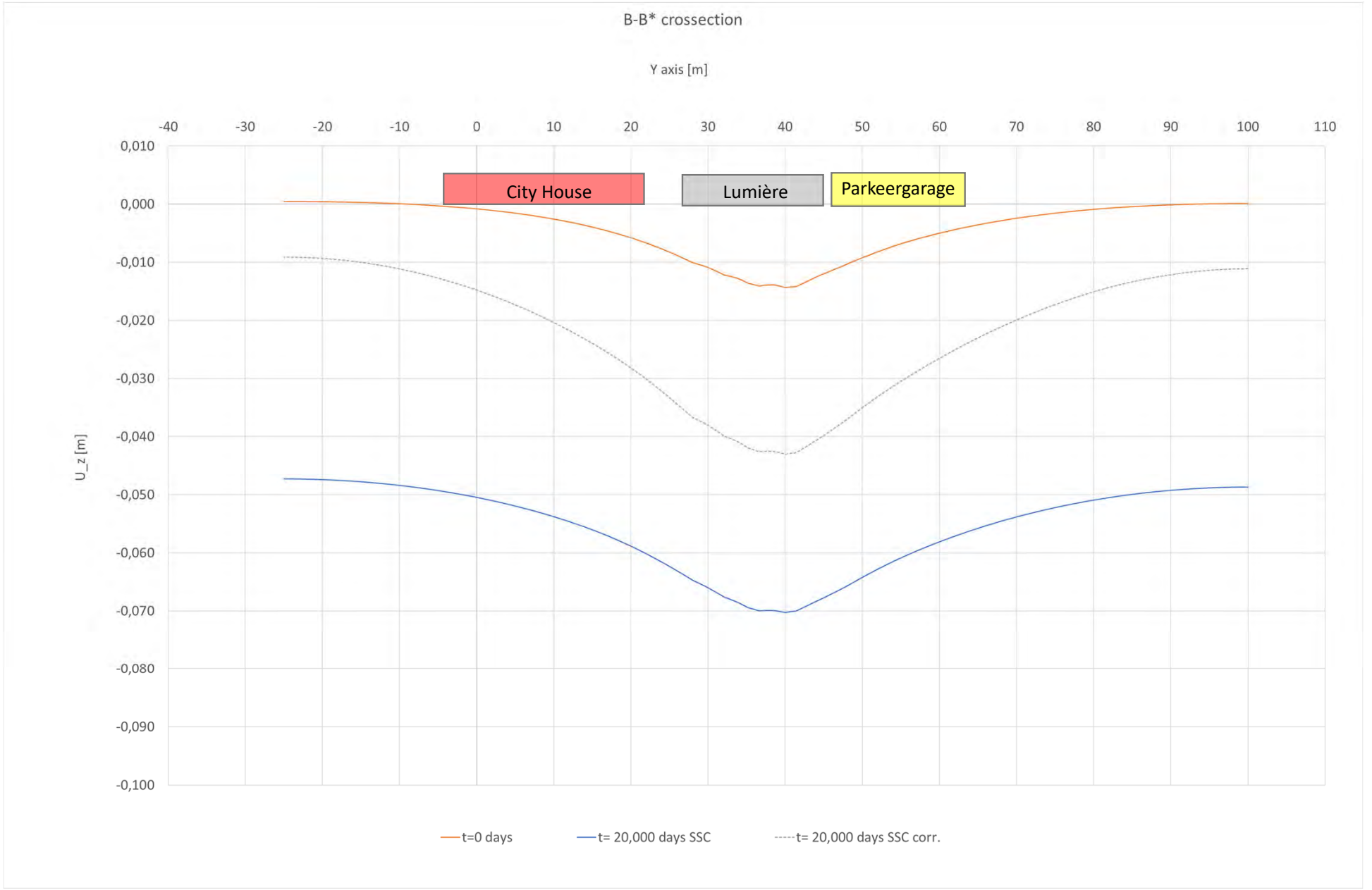
| Number/Name CPT | Groundlevel [m R.L.] | Level [m R.L.] | Tubex 762/950 Rc;net;d [kN] |
|---|---|---|---|
| 1:04 | -0,76 | -68,00 | 7618,00 |
| 2:02A | -0,85 | -68,00 | 7526,00 |

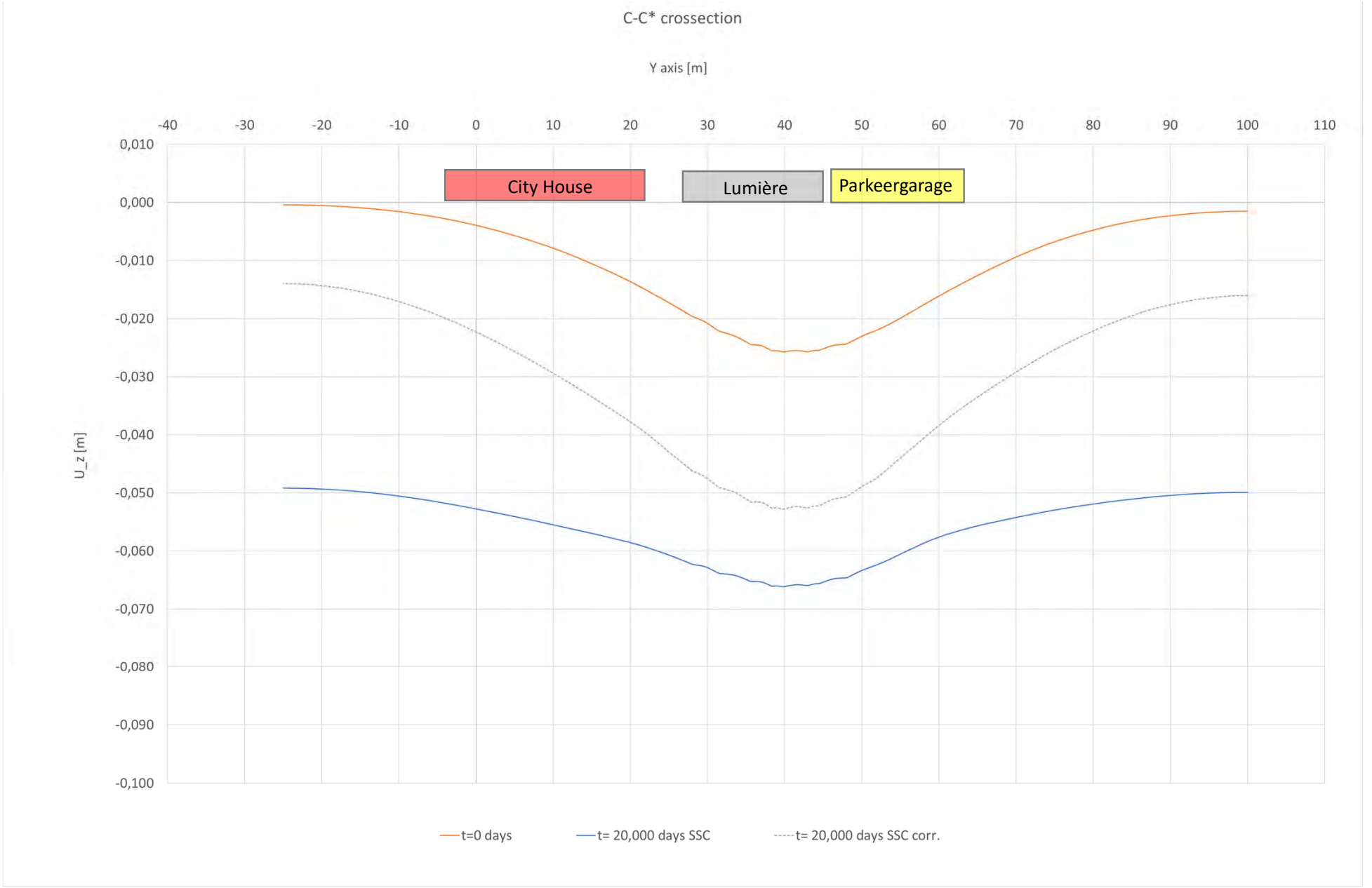
## End of Report

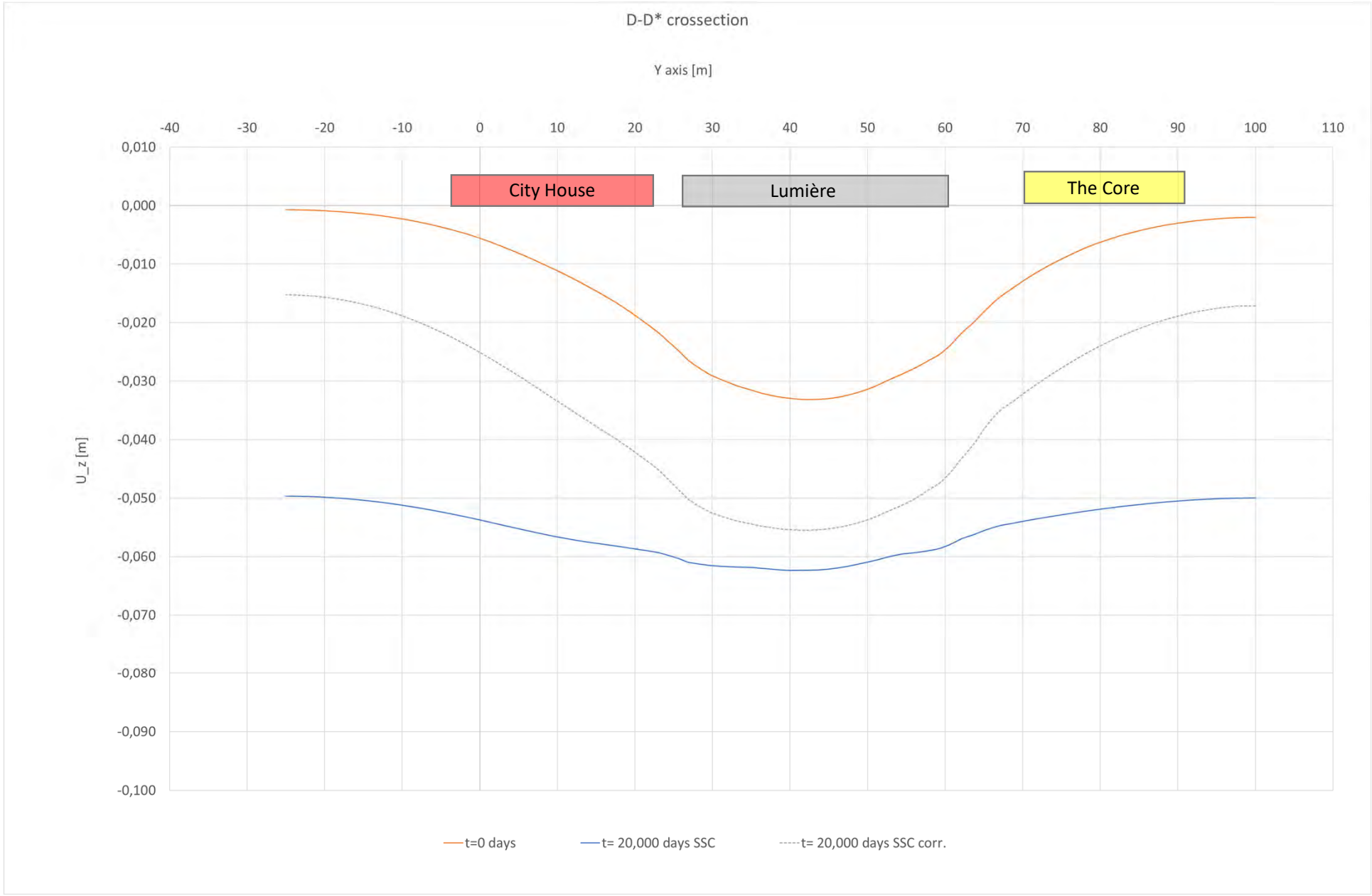
Bijlage 5 Zettingslijnen Plaxis 3D berekeningen

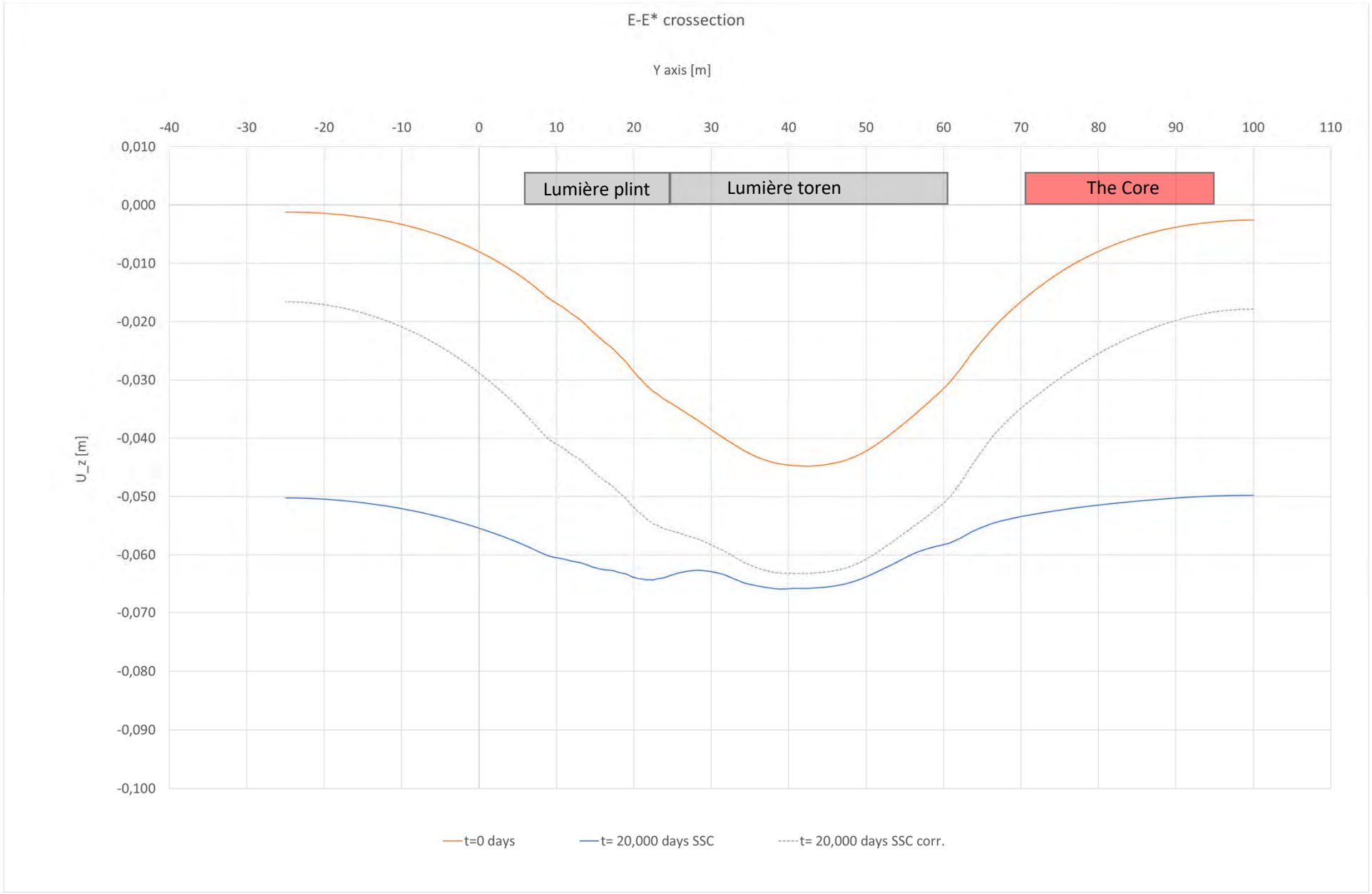

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
H*
I*
J*
K*
A*
B*
C*
D*
E*
F*
G*

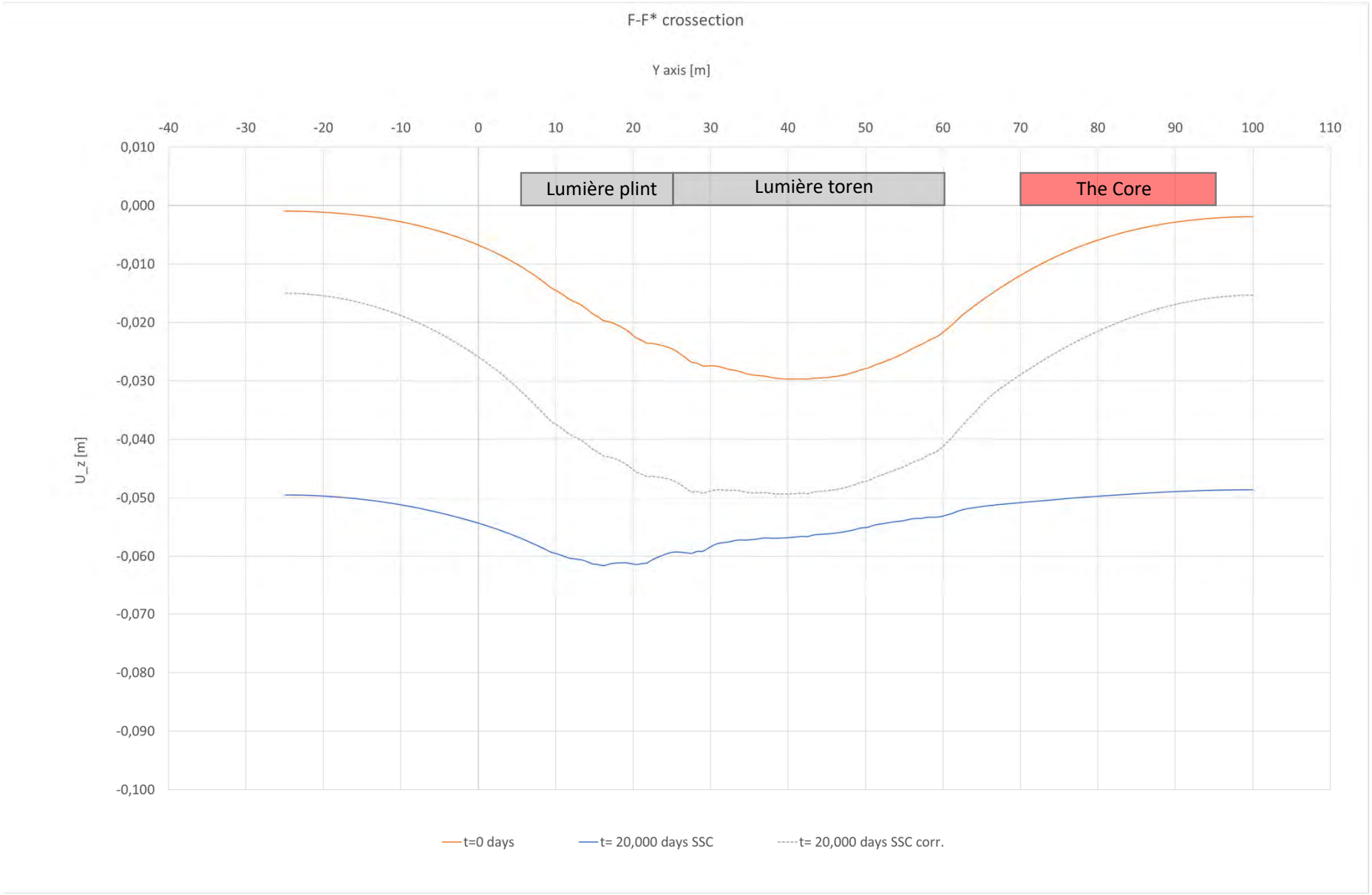

A-A* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
City House
Lumière
Parkeergarage
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.

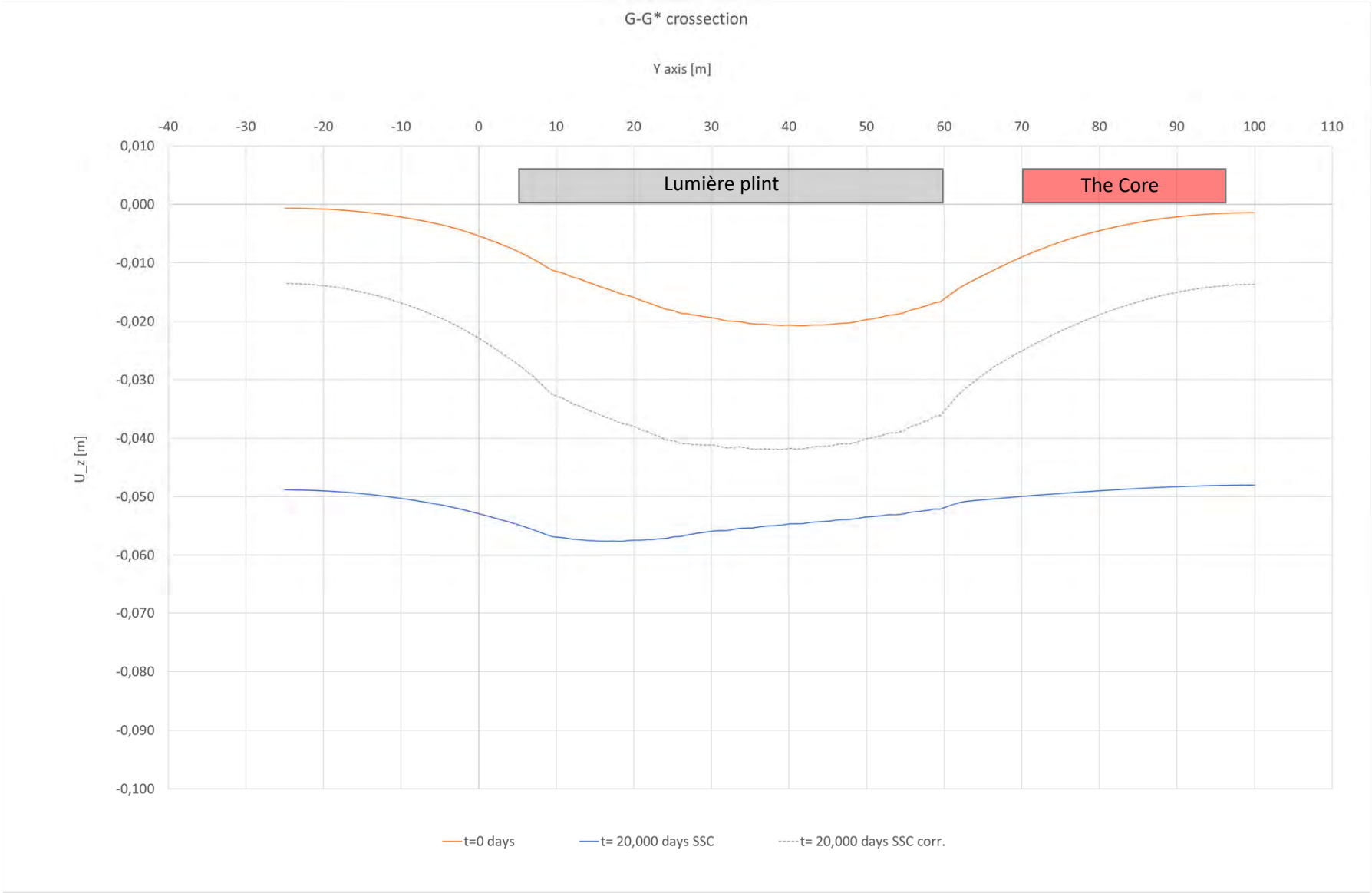

B-B* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
City House
Lumière
Parkeergarage
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.

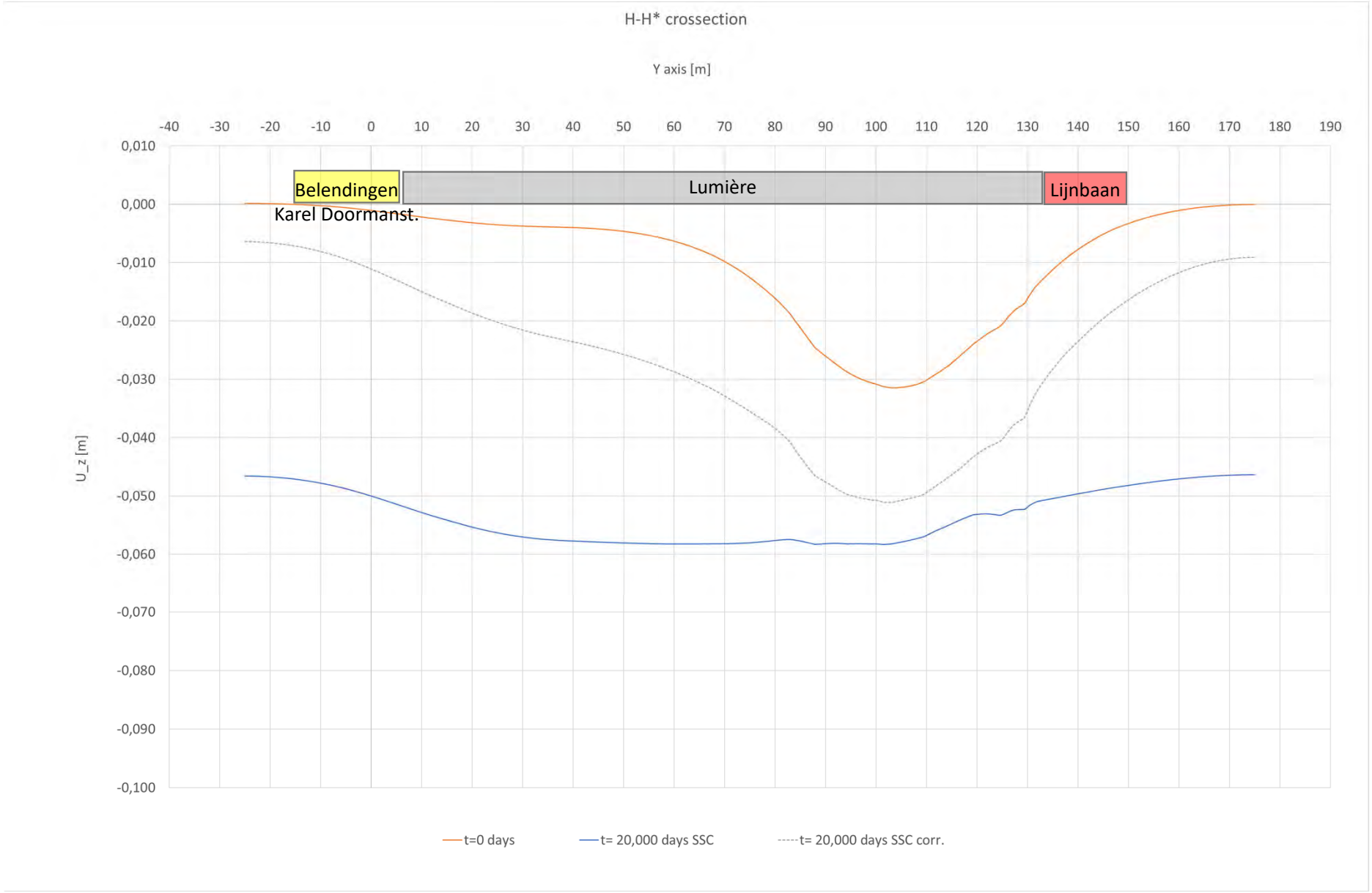

C-C* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
City House
Lumière
Parkeergarage
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.

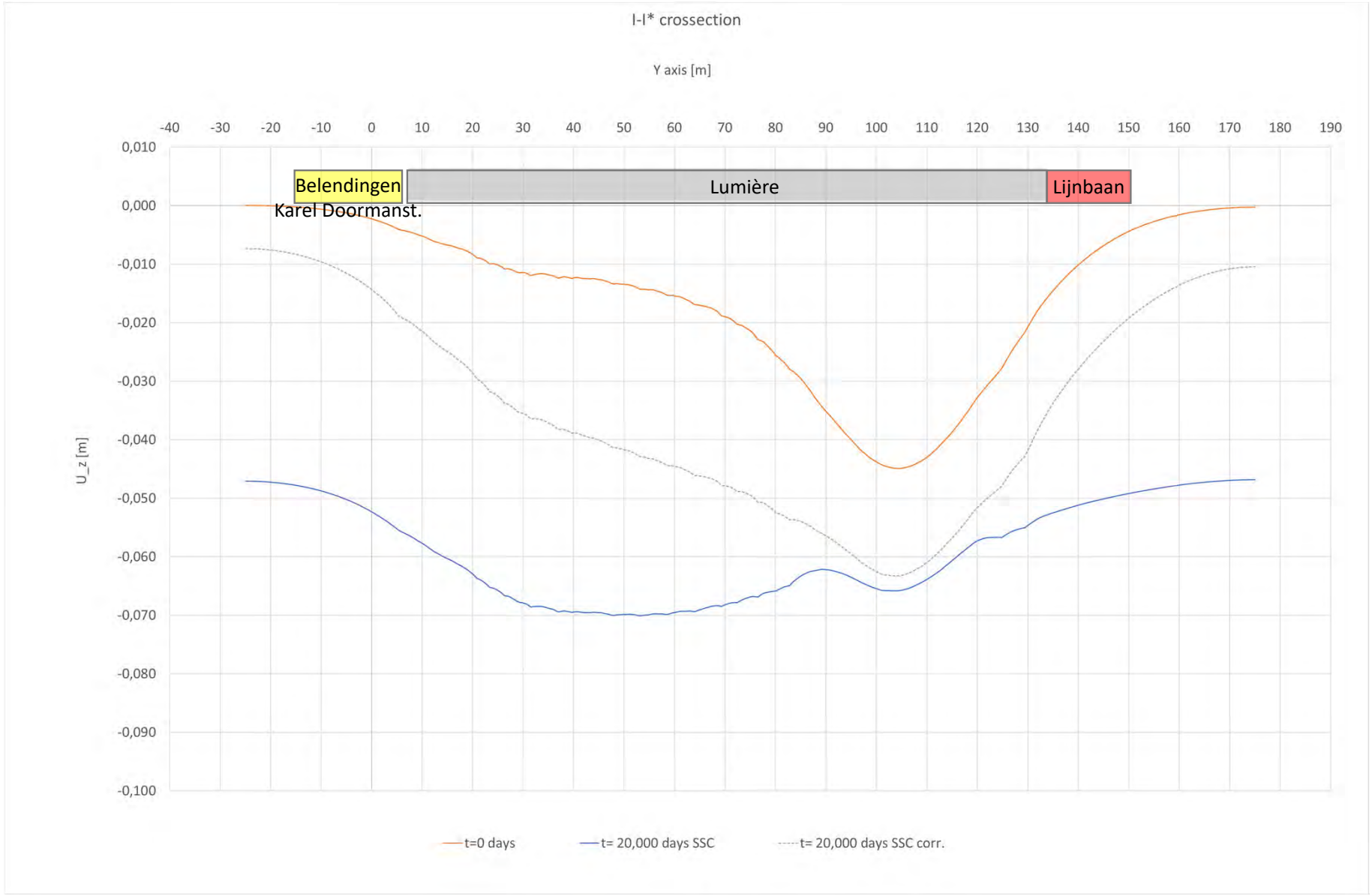

D-D* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
City House
Lumière
The Core
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.

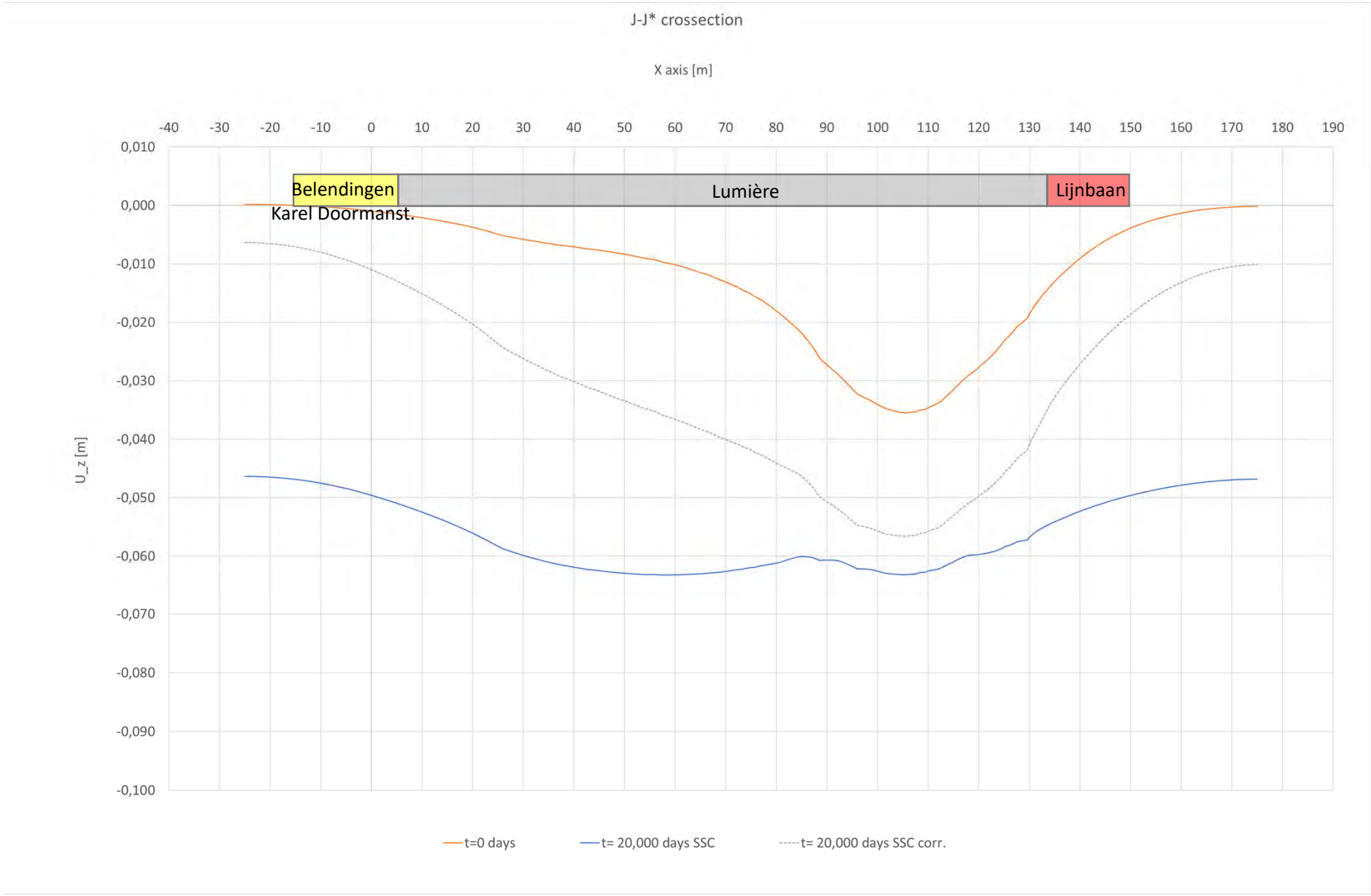

E-E* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Lumière plint
Lumière toren
The Core
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.

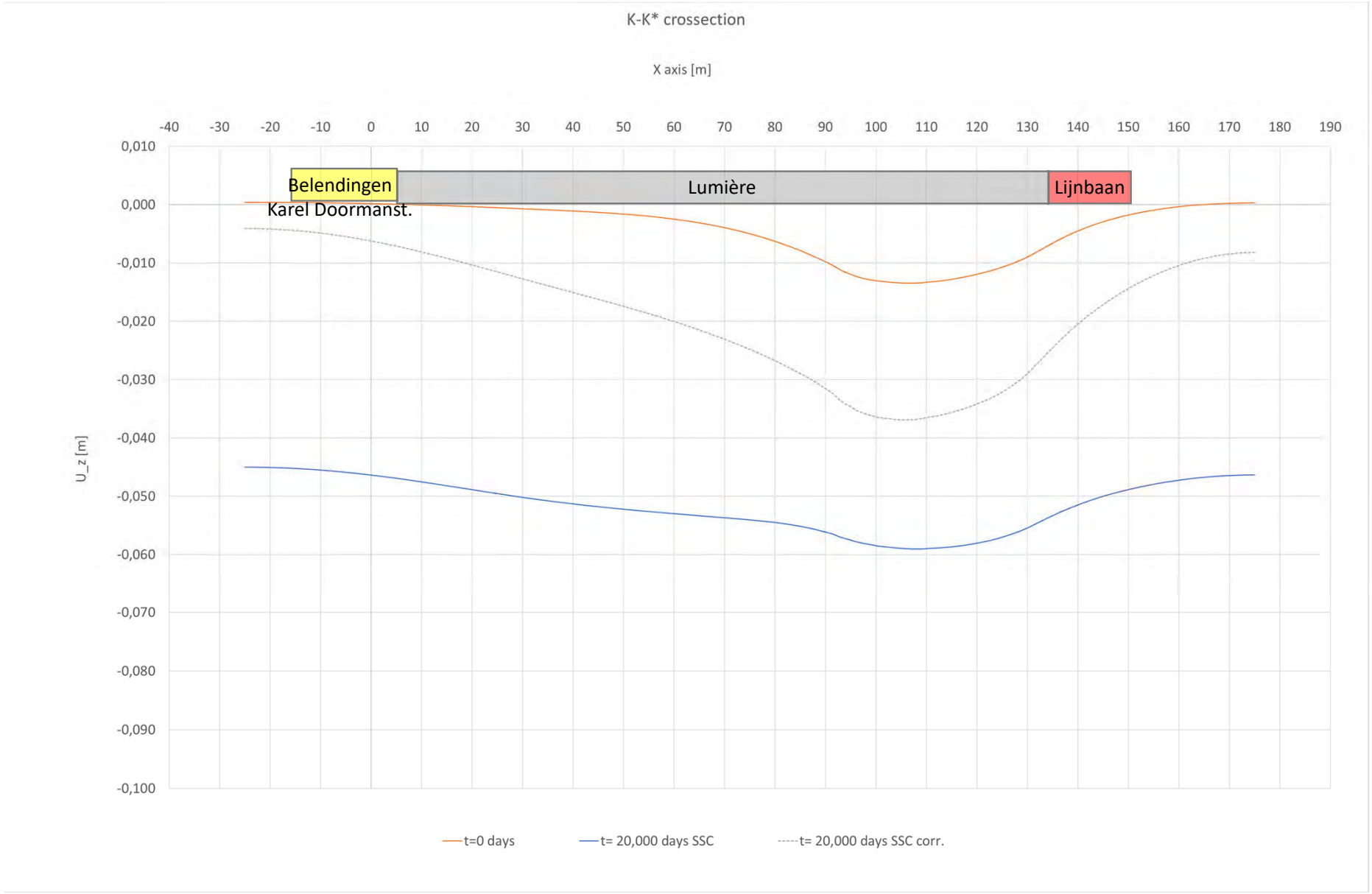

F-F* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Lumière plint
Lumière toren
The Core
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.


G-G* crossection
Y axis [m]
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Lumière plint
The Core
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.


H-H* crossection
Y axis [m]
-40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Belendingen
Lumière
Lijnbaan
Karel Doormanst.
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.


I-I* crossection
Y axis [m]
-40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Belendingen
Lumière
Lijnbaan
Karel Doormanst.
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.


J-J* crossection
X axis [m]
-40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Belendingen
Lumière
Lijnbaan
Karel Doormanst.
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.


K-K* crossection
X axis [m]
-40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190
0,010
0,000
-0,010
-0,020
-0,030
-0,040
-0,050
-0,060
-0,070
-0,080
-0,090
-0,100
U_z [m]
Belendingen
Karel Doormanst.
Lumière
Lijnbaan
t=0 days
t= 20,000 days SSC
t= 20,000 days SSC corr.