



- TITEL
HERMAN GORTERSTRAAT ZWEMBAD, AMSTERDAM
UITGANGSPUNTENRAPPORT

- DATUM
11 juli 2023

- ONS KENMERK
B1-Z-21038-20230711

- OPGESTELD DOOR
ing.

- VRIJGEGEVEN DOOR
ir.

- STATUS
Definitief



— Projectgegevens

Projectnaam	HERMAN GORTERSTRAAT ZWEMBAD, AMSTERDAM
Projectcode	21038
Onderdeel	UITGANGSPUNTENRAPPORT
Datum	11 JULI 2023
Opdrachtgever	████████████████████
Architect	HofmanDujardin
<u>Revisie beheer</u>	
11 JULI 2023	Oorspronkelijk rapport

Laatste constructieve tekeningen in bezit?

Controleer door middel van onderstaande QR-code de laatste tekeningenlijst.



In rapport is gebruik gemaakt van grafische toelichting. De illustraties zijn slechts bedoeld als toelichting op de berekeningen, of als uitgangspunt voor de berekeningen. De illustraties zijn, in verband met de doorontwikkeling van het gebouw, mogelijk niet up-to-date; berekeningsresultaten kunnen daarom afwijken van hetgeen in de illustraties staat afgebeeld. De berekeningen zijn altijd leidend.



Inhoud

1	Algemeen	4
1.1	Projectbeschrijving	4
1.2	Globale Gebouwbeschrijving	4
2	Constructief ontwerp	5
2.1	Beschrijving constructie	5
2.2	Dilataties	5
2.3	Uitbreidingsmogelijkheden	6
2.4	Waterdichte betonconstructies	6
2.5	Uitvoering en maakbaarheid	7
3	Uitgangspunten	8
3.1	Ontwerplevensduur, betrouwbaarheidsklasse en gevolgklasse	8
3.2	Ontwerpstrategie en tweede draagweg	8
3.3	Belastingcombinaties en veiligheidsfactoren	9
3.4	Toegestane Vervormingen	10
3.5	Opgelegde belastingen	11
3.6	Windbelasting	11
	3.6.1 Initiële scheefstand	11
	3.6.2 Tweede orde belasting	11
3.7	Sneeuwbelasting	11
3.8	Materialen	12
3.9	Ondergrond en fundering	13
	3.9.1 Projectlocatie	13
	3.9.2 Grondonderzoek en funderings-en bemalingsadvies	13
	3.9.3 Bouwput en bemaling	13
	3.9.4 Fundering	14
	3.9.5 Omgevingsfactoren	14
3.10	Brandwerendheid	15
4	Belastingaannames	16
5	Bijlagen	17
5.1	Bijlage 1 – Sonderingen en funderingsadvies	18
5.2	Bijlage 2 – Geohydrologisch rapport	19



— 1 Algemeen

1.1

PROJECTBESCHRIJVING

Dit rapport omvat de Aanvraag Bouwvergunning van het project Herman Gorterstraat Zwembad aan de Herman Gorterstraat te Amsterdam. Uitgangspunt voor het constructieve ontwerp is het bouwkundige ontwerp van architectenbureau HofmanDujardin.

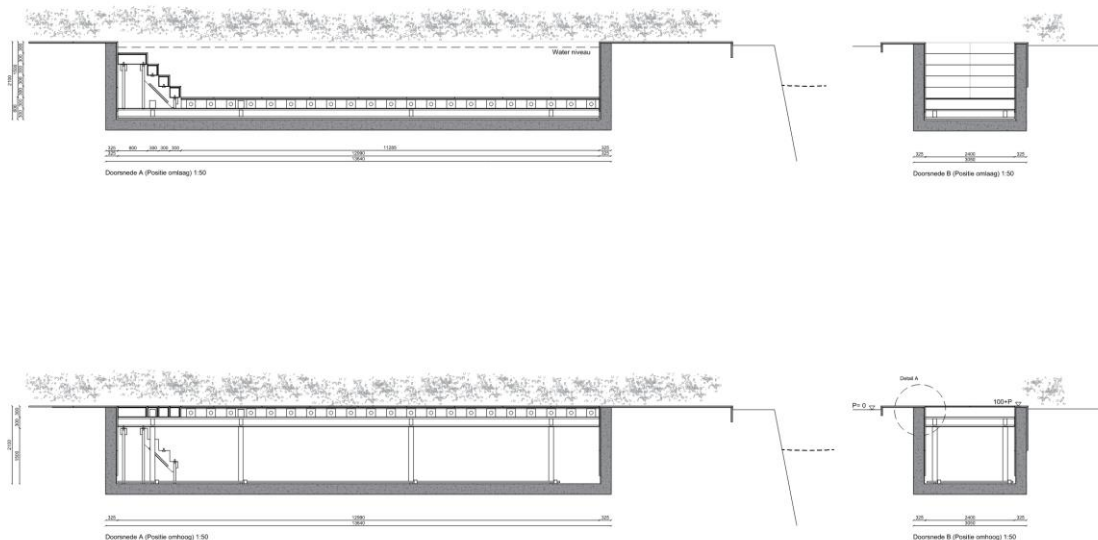
In dit rapport zijn de uitgangspunten van het constructief ontwerp vastgelegd. Hiertoe zijn de volgende onderwerpen beschouwd: belastingen, materialen, fundering en ondergrond, brandwerendheid en toegestane vervormingen.

Dit rapport is bestemd voor de Aanvraag Omgevingsvergunning en dient als uitgangspunt voor nog te maken berekeningen en door derden te maken detailberekeningen en -tekeningen.

1.2

Globale Gebouwbeschrijving

Het project betreft een verdiept buitenzwembad met een beweegbare bodem. De bodem kan op maaiveldniveau gelegd worden waardoor het zwembad de uitstraling van een terras krijgt.



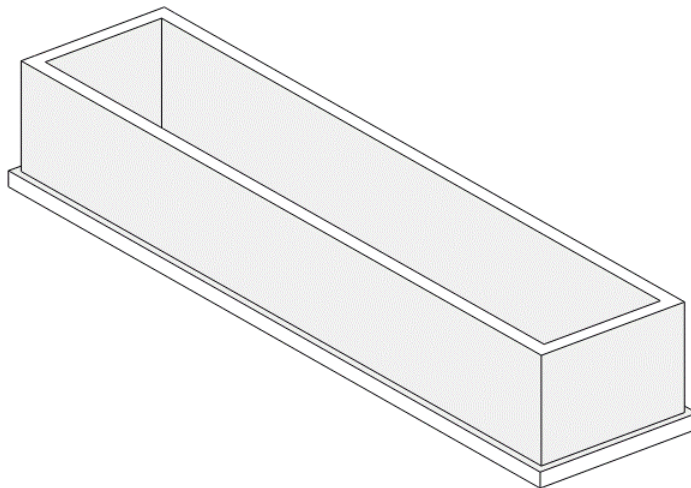
— 2 Constructief ontwerp

2.1

BESCHRIJVING CONSTRUCTIE

De constructie betreft een betonnen bak, gefundeerd op palen. De wanden worden ingeklemd op de vloer zodat de waterdruk (van binnen en van buiten) en de grondruk in combinatie met een bovenbelasting opgenomen kan worden. De constructie is zo ontworpen dat zowel een (eventueel deels prefab) afzinkkelder als een uitvoering met een bouwkuip mogelijk is. De definitieve vorm van de bak zal afhankelijk van de uitvoeringswijze nog enigszins wijzigen.

De beweegbare bodem is een bouwkundige invulling. Het terras langs het zwembad ligt in het zand en heeft geen draagconstructie.



3D - Zwembad

2.2

DILATATIES

In verband met de gebouwlengte en de verwachte lengteveranderingen door krimp en temperatuur (en in mindere mate door kruip) zijn geen dilataties toegepast.



2.3 UITBREIDINGSMOGELIJKHEDEN

Voor dit project zijn geen uitbreidingsmogelijkheden voorzien.

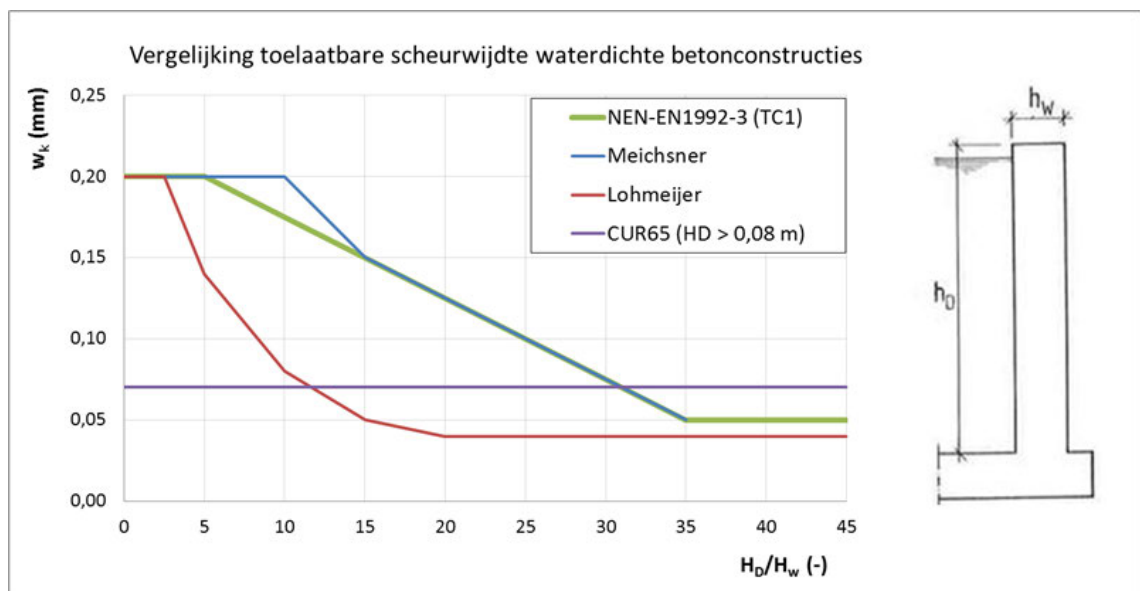
2.4 WATERDICHTHEID BETONCONSTRUCTIES

De waterdichtheid van dergelijke betonconstructies is een belangrijk aandachtspunt in het ontwerp, engineering en uitvoering. Een succesvol resultaat, een waterdichte kelder, is afhankelijk van veel factoren waaronder:

- betonsterkteklasse en -samenstelling
- nabehandeling
- wapeningspercentages
- al dan niet bouwkundig afdichten van de kelderwanden
- mate van (verhinderde) uitdrogings- en autogene krimp

Voor dit project zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd en zijn de volgende ontwerpkeuzes gemaakt:

- Dichtheidsklasse volgens NEN-EN 1992-3: Dichtheidsklasse 1 (lekkage beperkt tot kleine hoeveelheid, donkere en/of vochtige plekken zijn acceptabel)
- Maximale scheurwijdte van doorgaande scheuren cf. NB1992-3
- T.p.v. drukzone scheurwijdteberekening cf. NEN-EN 1992-1-1, art. 7.3.1.
- De vloerdikte is afgestemd op de waterdruk waardoor h_d / h_w (hoogte waterkolom / dikte betonconstructie) kleiner is dan 10.
- De betonsterkteklasse is C30/37 waardoor de hoeveelheid cement en daarmee de opwarming van het uithardende betonmengsel beperkt blijft.



De definitieve uitwerking van de uitvoeringswijze en detailengineering dient in afstemming met de uitvoerende partijen vastgesteld te worden.



2.5

UITVOERING EN MAAKBAARHEID

Gezien de beperkte ruimte is de constructie zo ontworpen dat zowel een (prefab) afzinkkelder als een uitvoering met een bouwkuip mogelijk is. Hiertoe zijn de palen binnen de wanden geplaatst zodat deze bij het afzinken niet in de weg zitten. Mocht er voor een uitvoering met een bouwkuip gekozen worden dan kunnen de palen onder de wanden geplaatst worden.



– 3 Uitgangspunten

3.1 ONTWERPLEVENSDUUR, BETROUWBAARHEIDSKLASSE EN GEVOLGKLASSE

Het project betreft een open buitenzwembad en wordt daarom ingedeeld in gevolgklasse CC1 als beschreven in NEN-EN 1990 Tabel NB.20 - B1.

De bijbehorende betrouwbaarheidsklasse is: RC1.

De bijbehorende indicatieve ontwerplevensduurklasse bedraagt 3.

De daarbij behorende ontwerplevensduur bedraagt: 50 jaar.

De bijbehorende Kfi-factor volgens tabel B3 uit NEN-EN 1990:2002 bedraagt 0,9.

3.2 ONTWERPSTRATEGIE EN TWEEDE DRAAGWEG

Conform bouwbesluit 2012 paragraaf 2.1.1 artikel 2.3 hoeven alleen gekende buitengewone belastingen in rekening gebracht te worden en is een algemene tweede draagweg niet vereist. Per project kunnen ontwerper en opdrachtgever hier afwijkende afspraken over maken.

Het gebouw is ingedeeld in gevolgklasse CC1. Conform bijlage A van NEN-EN 1991-1-7-NB zijn geen aanvullende voorzieningen aanbevolen die voorzien in een tweede draagweg voor de constructie.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de risico's en voorbeelden van gebouwen die in de klasse vallen.

Gevolgklasse	Beschrijving	Voorbeelden van toepassingen voor gebouwen en andere bouwwerken <u>geen bruggen zijnde</u>
CC1	Geringe gevolgen t.a.v. het verlies van mensenlevens, en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.	Eengezinswoningen met 1, 2, of 3 bouwlagen Landbouwbedrijfsgebouwen Tuinbouwkassen Industriegebouwen (1 of 2 bouwlagen) Bouwwerken geen gebouw zijnde

3.3

BELASTINGCOMBINATIES EN VEILIGHEIDSFACTOREN

De NEN-EN 1990-1-1 schrijft de veiligheidsfactoren en belastingcombinaties voor die aangehouden worden, Hieronder zijn de belangrijkste combinaties en veiligheidsfactoren weergegeven.

Belastingcombinaties: (NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011)

Gevolgklassen	Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende Veranderlijke belasting	Veranderlijke belasting	
		Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
CC1	6.10a	1,22 G_k			1,35 $\psi_0 Q_{k,1}$	1,35 $\psi_0 Q_{k,i}$
	6.10b	1,08 G_k		1,35 $Q_{k,1}$		1,35 $\psi_0 Q_{k,i}$
	6.10b	1,08 G_k		1,35 $Q_{k,1}$	1,35 $\psi_0 Q_{k,1}$	1,35 $\psi_0 Q_{k,i}$
	6.10b		0,9 G_k	1,35 $Q_{k,1}$		
	6.10b		0,9 G_k	1,35 $Q_{k,1}$ (wind)		

G = blijvende belasting

$Q_{k,1}$ = overheersende veranderlijke belasting

$Q_{k,i}$ = overige veranderlijke belasting

W = wind



3.4

TOEGESTANE VERVORMINGEN

Voor de vervorming van de diverse constructie-onderdelen zullen de volgende grenswaarden gehanteerd worden (NEN-EN 1990 Bijlage A1.4.3):

Type gebouw	Horizontale vervormingseis
Gebouw met 1 bouwlaag	$H_{\text{gebouw}} * 1/300$
Gebouw met 1 bouwlaag (industrie)	$H_{\text{gebouw}} * 1/150$
Gebouw met meerdere bouwlagen	$H_{\text{gebouw}} * 1/500$ $H_{\text{bouwlaag}} * 1/300$
Kunstwerken	Eisen in overleg met de opdrachtgever

H_{bouwlaag} : Is de kleinste gevelhoogte of kleinste bouwlaaghoogte.

Verticale doorbuigingseis	
Bijkomende doorbuiging van vloerconstructies	$u_{\text{bij}} \leq 0,003 l_{\text{rep}}$
Bijkomende doorbuiging voor vloeren die weinig vervormbare (bijvoorbeeld steenachtige) scheidingswanden dragen ¹	$u_{\text{bij}} \leq 0,002 l_{\text{rep}}$
Bijkomende doorbuiging van daken	$u_{\text{bij}} \leq 0,004 l_{\text{rep}}$
Einddoorbuiging van vloeren	$u_{\text{eind}} \leq 0,004 l_{\text{rep}}$
Einddoorbuiging van daken	$u_{\text{eind}} \leq 0,004 l_{\text{rep}}$

l_{rep} is de lengte van de overspanning of tweemaal de uitkraging

1. Bij scheidingswanden van metselwerk die gevoelig zijn voor scheurvorming, aanbevolen strengere eisen te hanteren (zie CUR-Aanbeveling 82, beheersing van scheurvorming in metselwerk) / Voor vloeren en liggers die scheidingswanden dragen wordt aanbevolen de bijkomende doorbuiging te beperken tot ten hoogste 15mm. Bij uitkragingen tot ten hoogste 10mm. Hetzelfde geldt voor vloeren die bijvoorbeeld een schuifpui dragen.

Indien nodig worden de einddoorbuigingen beperkt door het toepassen van een zeeg/toeg.



3.5 OPGELEGDE BELASTINGEN

Gebruiksklasse			q _k (kN/m ²)	Q _k (kN) ^{opm.1}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂	Enkele voorbeelden	Opm.
F		Verkeersfunctie tot 25kN	2,00	10,0	0,7	0,7	0,6	Parkeergarage	2
		Daken – onder maaiveld	4,00	7,00				Kelderdek onder maaiveld, geen verkeersbelasting	
Ψ ₀ : factor voor de combinatie waarde van een variabele belasting Ψ ₁ : factor voor de frequente waarde van een variabele belasting Ψ ₂ : factor voor de quasi-blijvende waarde van een variabele belasting									

- De geconcentreerde last werkt over een oppervlakte van 0,10 x 0,10 meter (klasse A t/m H).
De geconcentreerde last werkt over een oppervlakte van 0,50 x 0,50 meter (ontsluitingswegen klasse A t/m E).
- Bij voertuigen met een massa tot 25 kN rekenen met een remkracht van 10 kN.

3.6 WINDBELASTING

De windbelasting is voor dit project niet relevant.

3.6.1 INITIËLE SCHEEFSTAND

Het effect van de initiële scheefstand is verwaarloosbaar bij dit project.

3.6.2 TWEEDE ORDE BELASTING

Aangezien het een CC1 gebouw betreft hoeft er geen rekening gehouden te worden met 2^e orde belasting, de totale horizontale is gelijk aan de windbelasting.

3.7 SNEEUWBELASTING

Volgens NEN-EN-1991-1-3. 5.2.a

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

μ_i = sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt, zie fig 5.1.: plat dak: 0,8

C_e = in Nederland is 1,0

C_t = in Nederland is 1,0

s_k = zie bijlage B, figuur C.7 voor platte daken geldt: 0,7 kN/m²

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$



3.8

MATERIALEN

Beton

– In de grond gevormde betonnen palen	C30/37	milieuklasse XC2/XA2
– Ter plaatse gestort beton, vochtig, chloriden, buiten	C30/37	milieuklasse XC4/XD3/XF1
– Ter plaatse gestort beton, buiten	C30/37	milieuklasse XC4/ XF1
– Prefab beton, vochtig, chloriden, buiten	min. C35/45	milieuklasse XC4/XD3/XF1
– Prefab beton, buiten	min. C35/45	milieuklasse XC4/ XF1

Voegmortel

– Verticale voegen prefab wandelementen, vullingsgraad 90 %	K70
– Voegmortel aanbrengen door middel van gieten	
– Stekeinden, penverbindingen	K70
– Voegmortel aanbrengen door middel van gieten	

Wapeningsstaal

– Algemeen:	B 500 B
-------------	---------



3.9 ONDERGROND EN FUNDERING

3.9.1 PROJECTLOCATIE

Bouwpeil

Peil van de afgewerkte begane grondvloer t.o.v. NAP is gebaseerd op het bouwpeil van de naastgelegen villa.

Peil = 0.6 m + NAP

Maaiveldhoogte

Het huidige maaiveld ligt op ca. 0.7 m + NAP en zal dus iets verlaagd worden.

Grondwaterstand

Hoogste waterstand (= HGW) ca. 0.4 m - NAP

3.9.2 GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGS-EN BEMALINGSADVIES

Het grondonderzoek is uitgevoerd door Tjaden Grondmechanica. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in de sonderingen S1 t/m S3:

Opstellen	Tjaden
Nummer	S21597
Datum	21-12-2021 resp. 13-06-2023

Het funderingsadvies is opgesteld door Hektec:

Opstellen	Hektec
Nummer	PB H221363-1
Datum	23-06-2023

De sonderingen en het advies zijn toegevoegd in bijlage 1.

3.9.3 BOUWPUT EN BEMALING

Het aanlegniveau van het zwembad ligt onder de gemeten grondwaterstand. Ten behoeve van de aanleg van dit onderdeel wordt uitgegaan van een afzinkkelder.

Mocht er desondanks gekozen worden voor een bouwput met stalen damwanden dan moet deze worden gestempeld. De wand is dan tijdelijk en wordt na realisatie van de kelder en van de begane grondvloer verwijderd. Naast een grondkerende functie zorgt de damwand ervoor dat in den droge gewerkt kan worden. Wel dient de waterstroom uit de diepere zandlagen onderbroken te worden door middel van een bemaling. Dit om opbarsten van de bouwput ter plaatse van het diepe gedeelte te voorkomen.

De afmeting van het stempelraam en de definitieve damwandpositie met bijbehorende afmeting wordt in dat geval bepaald en aangeleverd door de aannemer / leverancier.



ONDERWERP: HERMAN GORTERSTRAAT ZWEMBAD, AMSTERDAM

Het bouwput- en bemalingsadvies dient nog uitgewerkt te worden. In dit advies wordt o.a. de afmeting van het damwandprofiel en de belasting op het stempelraam bepaald, de stabiliteit van de bouwput getoetst en de benodigde bemaling en bijbehorende debieten bepaald.

De optredende trek uit de opwaartse waterdruk wordt opgenomen door de funderingspalen.

Randvoorwaarden met betrekking tot de omgeving betreffende zettingen, grondwaterstand en trillingen staan aangegeven in paragraaf 3.9.5.

3.9.4 FUNDERING

Gezien de bodemopbouw en de aard van de constructie is gekozen voor een fundering op palen. Gezien het feit dat er gebouwd wordt in een binnenstedelijke omgeving en in verband met aanwezige belendingen is de keuze voor een geschroefd paalsysteem het meest logisch.

Er wordt uitgegaan van de toepassing van een Waal-Schroefinjectie-paal. Het paalpuntniveau wordt aangenomen op -17.0 m ten opzichte van NAP.

De vastgestelde rekenwaarden van de paalbelastingen en de aan te houden paalafmetingen kunnen in principe als volgt worden samengevat:

Paalafmeting	Rekenwaarde draagkracht $F_{r,max;d}$ [kN]	
	Druk	Trek
Ø168.3 / Ø500	1025 kN	295 kN

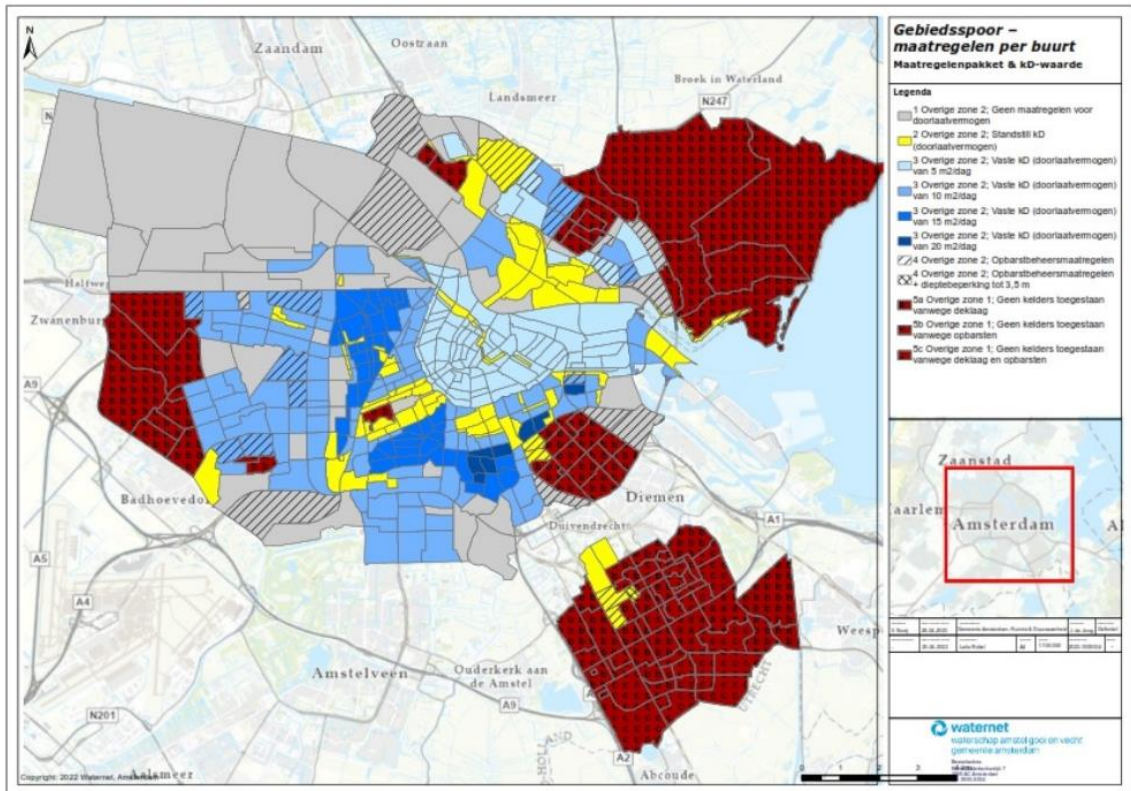
3.9.5 OMGEVINGSFACTOREN

Op de projectlocatie wordt een nieuwbouw villa gerealiseerd. Bij de uitvoering van het zwembad dient rekening gehouden te worden met beperkte ruimte. De villa wordt gefundeerd op palen, zettingen als gevolg van de aanleg van de fundering van het zwembad zijn dus niet te verwachten.

De gemeente Amsterdam hanteert sinds 2021 het paraplubestemmingsplan grondwaterneutrale kelders. Kelders van nieuwe ontwikkelingen moeten in Amsterdam grondwaterneutraal worden aangelegd. Voor kelders kleiner dan 300 m² en maximaal 4 m diep geldt conform beleidsregels 'Grondwaterneutrale kelders Amsterdam 2022 per buurt(deel) specifieke maatregelen-':



ONDERWERP: HERMAN GORTERSTRAAT ZWEMBAD, AMSTERDAM



Ten behoeve van het zwembad (en de parkeerkelder) is een geohydrologisch rapport opgesteld door Loots, d.d. 30-05-2023. Het advies is toegevoegd in bijlage 2.

Er wordt geconcludeerd dat het project grondwaterneutraal gebouwd kan worden.

Indien noodzakelijk dienen grondwaterstand, trillingen en zettingen tijdens de uitvoeren gemonitord te worden om overschrijding van de grenswaarden te voorkomen.

3.10

BRANDWERENDHEID

Voor de hoofddragconstructie geldt geen brandwerendheidseis.



— 4 Belastingaannames

Voor het zwembad worden de volgende belastingen aangehouden.

Eigengewicht betonconstructie	25 kN/m ³
Waterdruk	10 kN/m ³
Gronddruk	18 kN/m ³
Bovenbelasting naast zwembad (variabel)	10 kN/m ²
Beweegbare bodem (variabel)	2 kN/m ²
Terrasbelasting (variabel)	4 kN/m ²

In de gewichtsberekening zullen de belastingen en daarbij horende belastingcombinaties verder uitgewerkt worden.



— 5 Bijlagen



5.1

BIJLAGE 1 – SONDERINGEN EN FUNDERINGSADVIES

BIJ
LA
GE





Document: **Rapportage WSI-palen**
Projectomschrijving: Woning Herman Gorterstraat 20
Projectlocatie: Amsterdam
Berekening en tekening
Documentnummer: PB H221363-1
Datum: 23 juni 2023



Document: **Rapportage WSI-palen**
Projectomschrijving: Woning Herman Gorterstraat 20
Projectlocatie: Amsterdam
Berekening en tekening
Documentnummer: PB H221363-1
Datum: 23 juni 2023

Opdrachtgever: [REDACTED]

Opgesteld door: **Hektec B.V.**
Nekkerweg 63
Postbus 88
1462 ZH Middenbeemster
T: 0299 42 08 08

Documentbeheer					
Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Verificatie	Paraaf
-1	23-06-2023	Ing. [REDACTED]	[REDACTED]	Ing. [REDACTED]	[REDACTED]



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1
Project: Woning Herman Gorterstraat 20
Locatie: Amsterdam

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	2
2	Algemene gegevens.....	3
3	Berekeningsuitgangspunten	4
4	Grondmechanisch draagvermogen – druk –	5
4.1	Conclusie	5
5	Constructief draagvermogen.....	6
5.1	Controle schachtspanning standaard:	6
5.2	Controle kopplaat	6
5.3	Controle betonspanning onder trekking:	6
6	Conclusie	7

Bijlage(n)

- A Gegevens
- B Berekening grondmechanisch draagvermogen (uitvoer CloudPiling)
- C Controle kopplaat en schachtspanning
- D Specificaties grout
- E Paaltekening



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1

Project: Woning Herman Gorterstraat 20

Locatie: Amsterdam

1 Inleiding

Dit rapport omvat de berekening en tekening van de WSI-palen ten behoeve van het project "Woning Herman Gorterstraat 20" te Amsterdam.

Voor het project is reeds een funderingsadvies opgesteld door Tjaden, gebaseerd op HEKpalen.

Hektec BV, heeft van De Waalpaal B.V./ Gebr. van 't Hek de opdracht ontvangen om het funderingsadvies aan te passen op basis van WSI-paal (schroefinjectiepalen) en op basis van de nieuw gemaakte sonderingen.

De in het rapport gehanteerde uitgangspunten dienen door de opdrachtgever gecontroleerd te worden.



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1
Project: Woning Herman Gorterstraat 20
Locatie: Amsterdam

2 Algemene gegevens

Aangeleverde gegevens:

- [1] Funderingsadvies opgesteld door Tjaden, kenmerk S21.597-F1/JHo, d.d. 14-01-2022.
- [2] Sonderingen uitgevoerd door Tjaden, kenmerk S21.597, d.d. 14-06-2023.
- [3] Palenplan opgesteld door BREED Integrated Design, proj.nr. 21038, tek.nr. TO.2000V, versie 1, d.d. 07-10-2022.

Normen, richtlijnen en software:

De volgende normen, richtlijnen en software zijn gebruikt:

- NEN-EN 9997-1+C2 (nl), november 2017, Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels.
- NEN-EN 1993-1-1+C2 (nl), december 2011, Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
- NEN-EN 1993-1-1+C2/NB (nl), december 2011, Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-1+C2
- NEN-EN 1993-1-8+C2 (nl), december 2011, Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1993-1-8+C2/NB (nl), december 2011, Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-8+C2
- NEN-EN 12699 (en), mei 2015, Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen
- 'Theory of plates and shells' (Timoshenko e.a.)
- Deep Foundation Software, Cloud Piling



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1
Project: Woning Herman Gorterstraat 20
Locatie: Amsterdam

3 Berekeningsuitgangspunten

Type paal:

WSI-palen: Geschroefde stalen buispaal met groutinjectie, trillingsvrij-geluidsarm

Afmetingen WSI-palen:

Buisdiameter: $\text{Ø}168,3 \text{ mm}^1$
Wanddikte bovenin: 10 mm^1
Diameter groutlichaam: $\text{Ø}500 \text{ mm}^1$

Belastingen:

$F_{c;d,max}$: 1025 kN [3]
 $F_{t;d,max}$: 295 kN [3]

Materialen:

Kwaliteit, casing/ring/kopplaat: S355
Kwaliteit, grout: WP2 (\approx C30/37)



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1
Project: Woning Herman Gorterstraat 20
Locatie: Amsterdam

4 Grondmechanisch draagvermogen – druk –

Het draagvermogen wordt bepaald op basis van resultaten van grondonderzoek. Het palenplan en de sonderingen zijn te vinden in bijlage A.

I.v.m. het grondprofiel en de werkzaamheden wordt er voor alle palen ervan uitgegaan dat er **geen** negatieve kleef zal optreden maar wel een ontgravingsreductie.

Het paal draagvermogen is berekend op grond van de schacht-/punt diameter met de paalfactoren behorende bij een Waal-Schroefinjectie-Paal:

Paalpuntfactor α_p = 0,63
Paalvoet vormfactor β = 1,000
Paalschachtfactor α_s = 0,008

De rekenwaarde van het paal draagvermogen wordt berekend met de volgende factoren;

Correlatiefactor $\xi_3 = \xi_4$ = 1,30 (niet stijfbouwwerk)
Partiële weerstandsfactor $\gamma_b = \gamma_s$ = 1,20 (R3, op basis van grondonderzoek)

De berekeningen van het grondmechanisch draagvermogen zijn weergegeven in bijlage B. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Maatgevende berekeningsresultaten, Waal-Schroefinjectie-Paal Ø500 mm¹

Sondering nr.	Paalpuntniveau [m ¹ t.o.v. NAP]	R _{c;d} [kN]	R _{t;d} [kN]
1 t/m 3	-17,0	1063	340

4.1 Conclusie

Voldaan wordt aan de eis $F_{c;d} < R_{c;d}$
1025 kN < 1063 kN

Voldaan wordt aan de eis $F_{t;d} < R_{t;d}$
295 kN < 340 kN

De WSI-paal Ø500 mm¹ heeft voldoende draagvermogen op een paalpuntniveau van NAP – 17,00 m¹.



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1
Project: Woning Herman Gorterstraat 20
Locatie: Amsterdam

5 Constructief draagvermogen

De paalkopafwerking van de palen wordt uitgevoerd met een vierkante kopplaat welke rust op een aan de casing gelaste ring (zie bijlage E).

5.1 Controle schachtspanning standaard:

De stalen casing $\varnothing 168,3/10 \text{ mm}^1$ met staalkwaliteit S355 dient op sterkte gecontroleerd te worden, waarbij voor dit project de drukkracht maatgevend is.

Bij de controle van de maatgevende schachtspanning wordt uitgegaan van een initiële excentriciteit van 0,1 maal de paaldiameter met een minimum van 50 mm^1 .

De casing wordt belast op een (druk)kracht 1025 kN en een moment van 51,25 kNm t.g.v. excentriciteit. In de berekening wordt rekening gehouden met een corrosie toeslag. De controle van de schachtspanning is uitgevoerd in bijlage C.

Uit de controle volgt u.c. = $0,96 \leq 1,00$. De casing $\varnothing 168,3/10$ voldoet op sterkte.

N.B. De Waalpaal B.V. als paalleverancier beperkt zich tot het aanbrengen van de palen / casings. Vanwege de beperkte capaciteit van de funderingsmachines is stand zekerheid van de palen niet te garanderen. De uitvoering van de stutconstructie en de verzekering van sterkte, stijfheid en stabiliteit, behoren niet tot de paalleverantie.

5.2 Controle kopplaat

Voor de berekening van de maatgevende spanning in de kopplaat wordt gebruik gemaakt van de 'Theory of plates and shells' (Timoshenko e.a.), de berekening is weergegeven in bijlage C. De vierkante kopplaat is geschematiseerd tot een ronde plaat met een equivalente diameter.

De aangehouden afmeting van de vierkante kopplaat bedraagt $\#280 \times 280 \times 50 \text{ mm}^1$. De staalkwaliteit bedraagt S355.

Uit de controle volgt u.c. = $0,80 \leq 1,00$. De kopplaat voldoet op sterkte.

Controle las:

De vierkante kopplaat rust op een stalen ring welke aan de onder- en bovenzijde rondom aan de casing is gelast middels elektrisch lassen. De aangehouden lasdikte bedraagt $a_{\text{las}} = 4 \text{ mm}^1$ en zal uitgevoerd worden in $a_{\text{las}} = 6 \text{ mm}^1$. (las met spleet, NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/NB:2011, art. 4.7.3(3)). De controle is uitgevoerd in bijlage C.

Uit de controle volgt u.c. = $0,82 \leq 1,00$. De las voldoet op sterkte.

5.3 Controle betonspanning onder trekkring:

Als trekkring wordt een $\varnothing 240 \text{ mm}^1 t = 25 \text{ mm}^1$ toegepast welke vanaf de bovenzijde gelast wordt aan de casing (zie bijlage C). De aangehouden lasdikte bedraagt $a_{\text{las}} = 4 \text{ mm}^1$ en zal uitgevoerd worden in $a_{\text{las}} = 6 \text{ mm}^1$. (las met spleet, NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/NB:2011, art. 4.7.3(3)).

Uit de controle volgt u.c. = $0,86 \leq 1,0 \Rightarrow$ controle ring

Uit de controle volgt u.c. = $0,45 \leq 1,0 \Rightarrow$ controle las



RAPPORTAGE

Rapportnummer: PB H221363-1
Project: Woning Herman Gorterstraat 20
Locatie: Amsterdam

6 Conclusie

WSI-palen:

Aantal: 33 stuks
Buis: Ø168,3/10 mm¹, S355
Diameter groutlichaam: Ø500 mm¹
Paalpuntniveau: NAP – 17,00 m¹
Kopplaat: #280 mm¹×280 mm¹×50 mm¹, S355
Ring (trek): Ø240×25 mm¹, S355
Paaltekening: zie bijlage E

Specificaties grout zie bijlage D.

Op de uitvoering van de Waal-Compact-Palen is de norm NEN-EN 12699 - Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Verdringingspalen - van toepassing.

Aanvullende voorwaarde conform NEN 9997-1 betreft: de paal wordt over de laatste gang van 8x de paaldiameter tot het beoogde paalpuntniveau niet op en neer gehaald.

Deze rapportage is gebaseerd op een, door De Waalpaal B.V., maximaal te leveren draagvermogen van $F_{c;d} = 1025$ kN en $F_{t;d} = 295$ kN. Indien door wijzigingen deze waarde wordt overschreden, dient dit ter controle en goedkeuring aan De Waalpaal B.V. te worden voorgelegd. Tevens, de verantwoordelijkheid voor omvang en correctheid van het grondonderzoek ligt bij de verstrekker.



BIJLAGE

A Gegevens

Funderingsadvies betreffende:

**Herman Gorterstraat 20
te Amsterdam**

ons kenmerk S 21.597-F1/JHo
datum 14 januari 2022

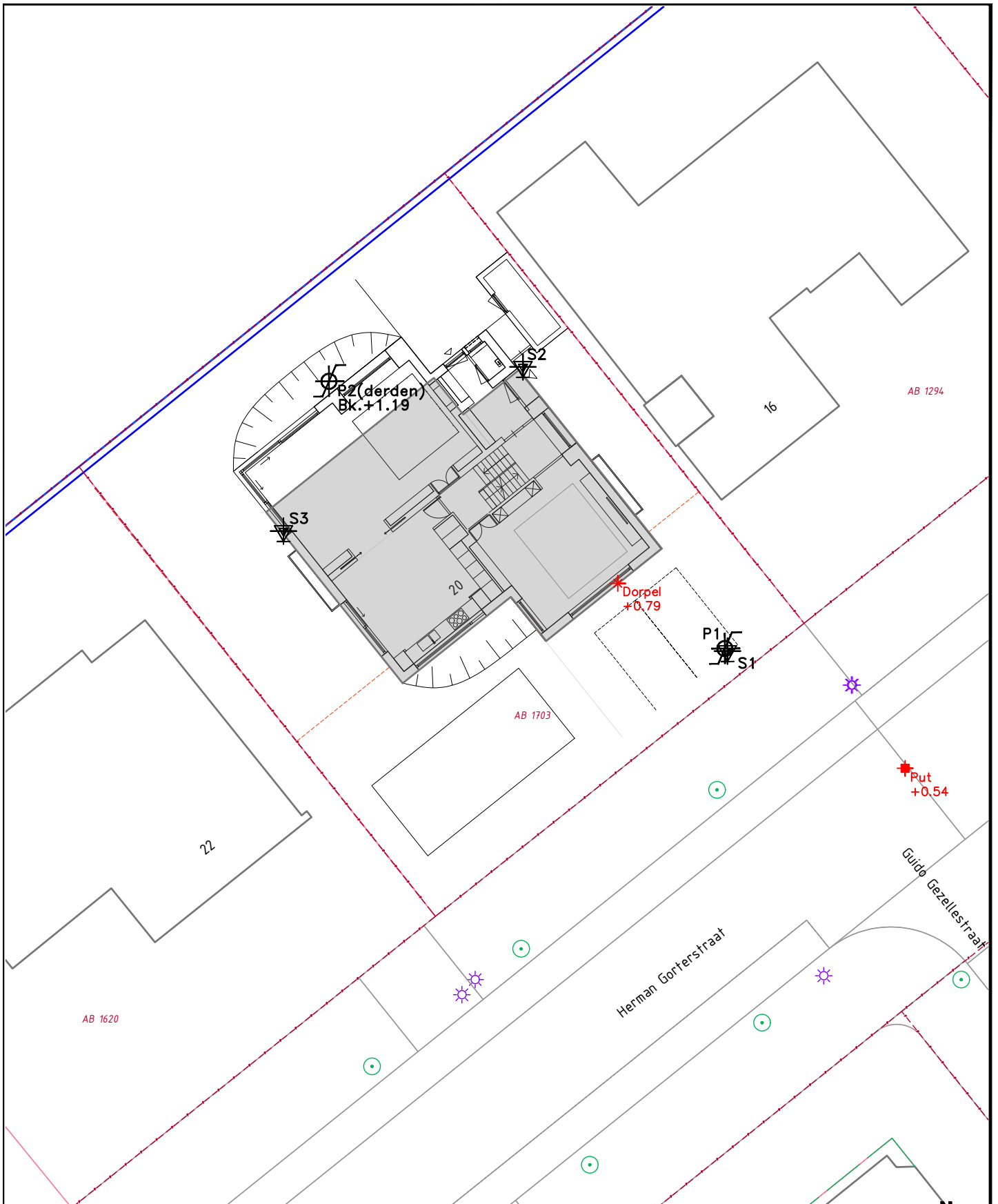
Opdrachtgever

[REDACTED]
[REDACTED]

Constructeur

[REDACTED]
[REDACTED]

Naam	Functie	Paraaf
[REDACTED]	Geotechnisch Adviseur (auteur)	[REDACTED]
[REDACTED]	Geotechnisch Adviseur (controle)	[REDACTED]



Sondring met Kleefmeting
 Boring
 Peilbuis
 Sondring nog uitvoeren

Tekening overgenomen van derden

De genoemde inmeet- en waterpasresultaten zijn alleen van toepassing op het bodemonderzoek en kunnen niet dienen als basis voor de realisatie van het bouwproject en/of andere doeleinden.



Herman Gorterstraat 20
Amsterdam

kaartblad: (A4)

schaal: 1:250

get.: 23.12.2021

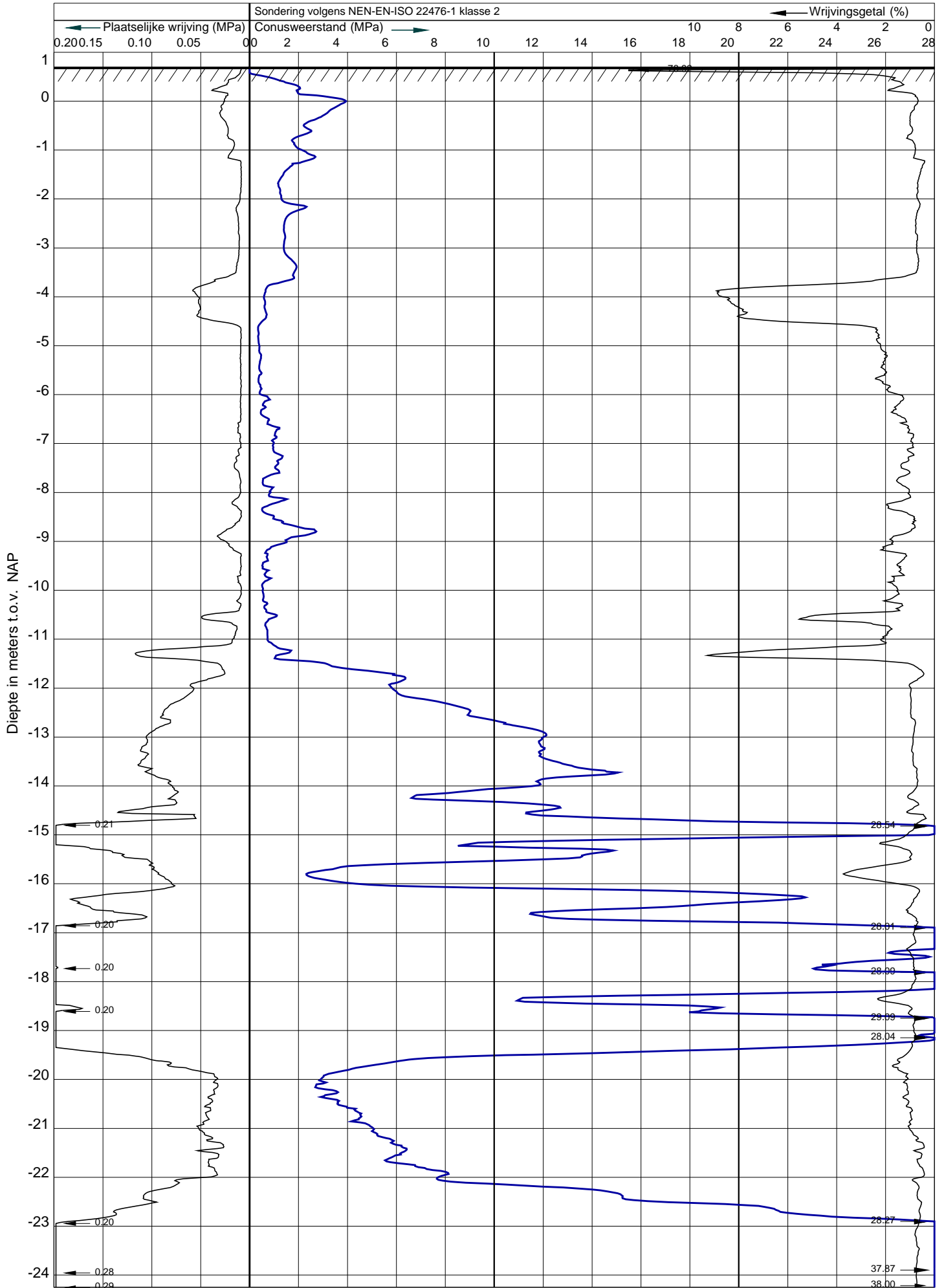
opdr. nr.: S 21.597

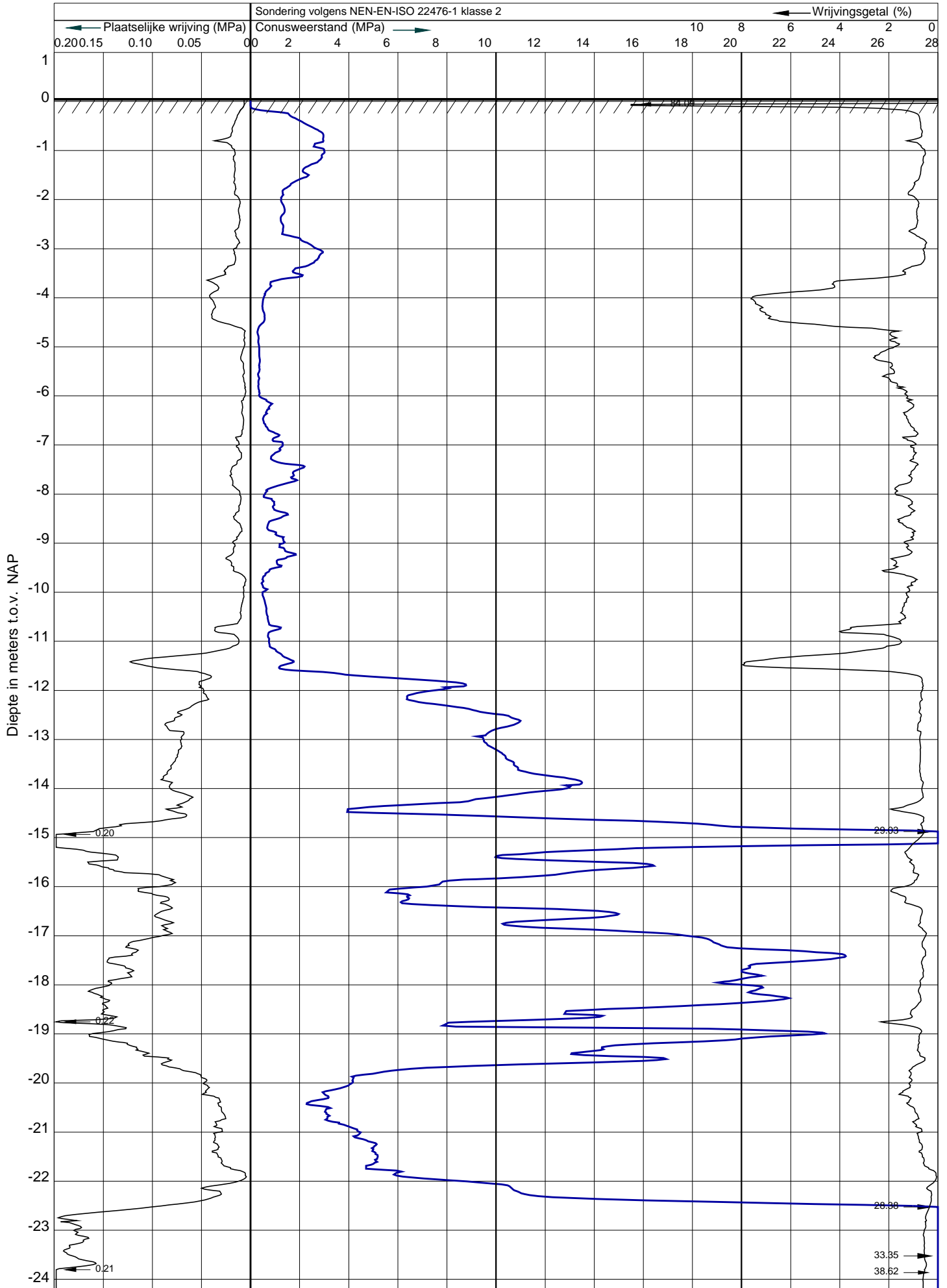
gew.: 14.06.2023

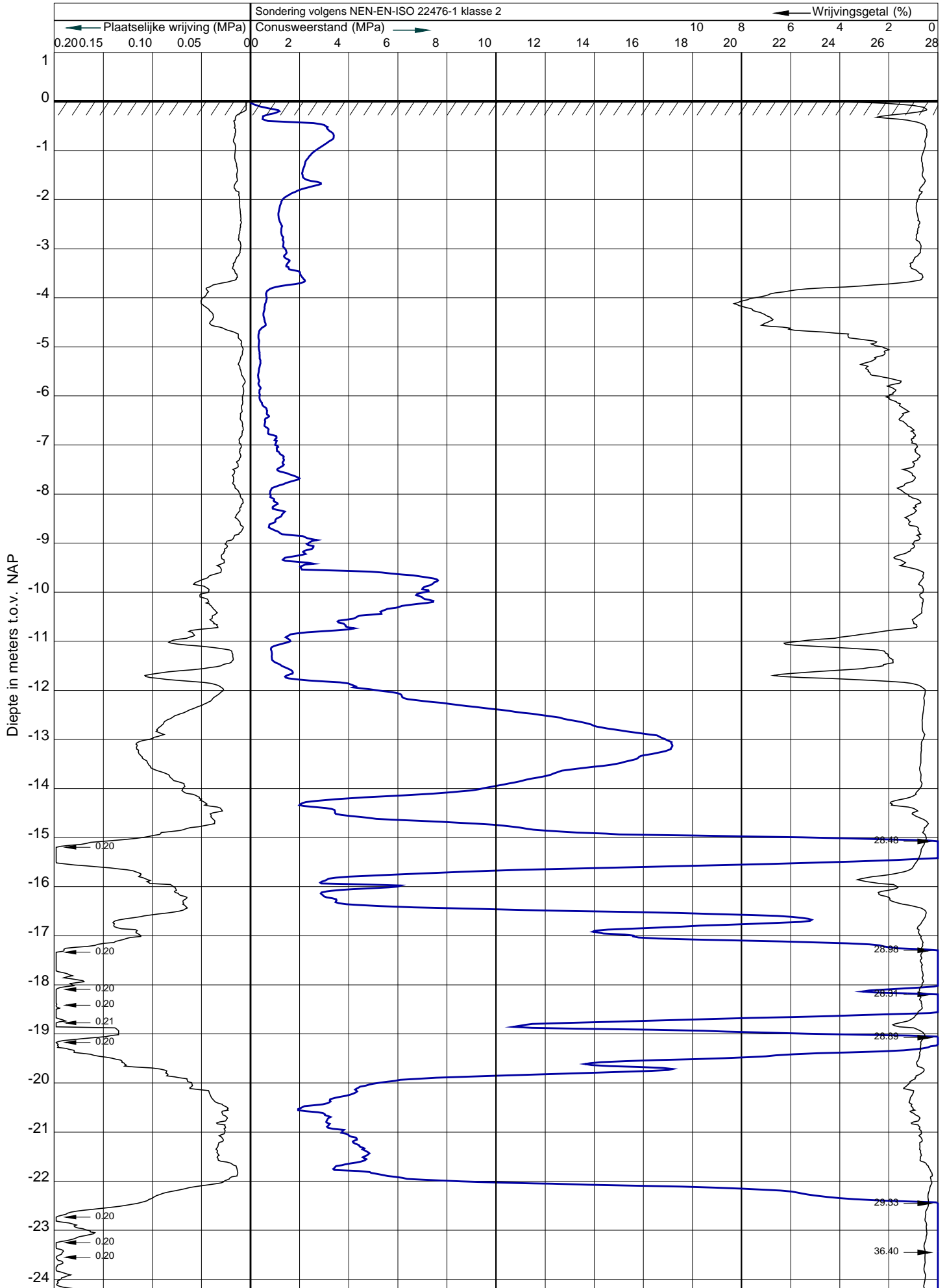
nr.:

SITUATIE

gew.:





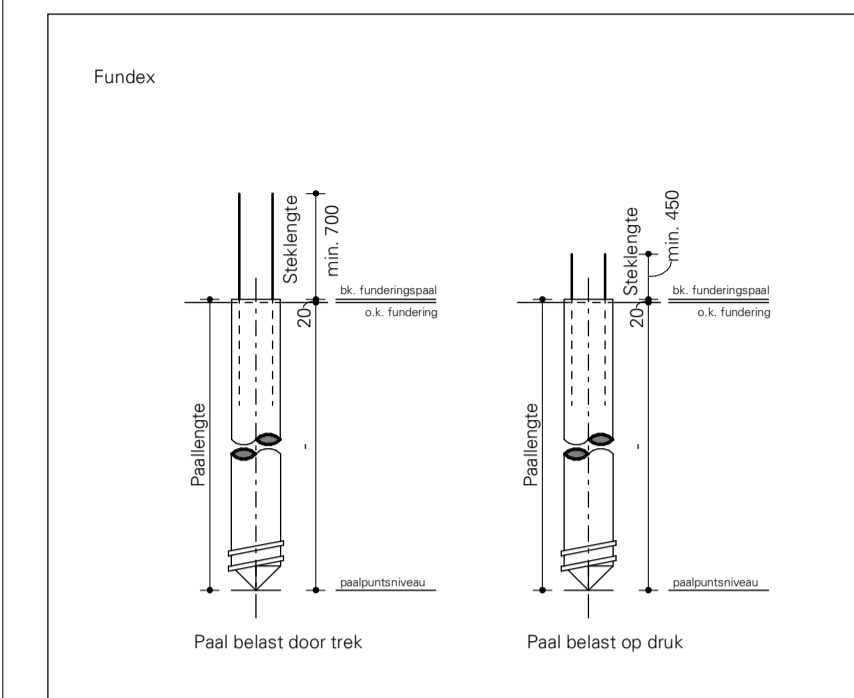


Opmerkingen

- Paal = 0 = NAP +0.6 m

Algemeen

- Palen Ø410/500 berekenen op een excentriciteit van 50mm
- werkniveau heistelling = maaiveld
- Mileuklasse palen: XC2, XS2



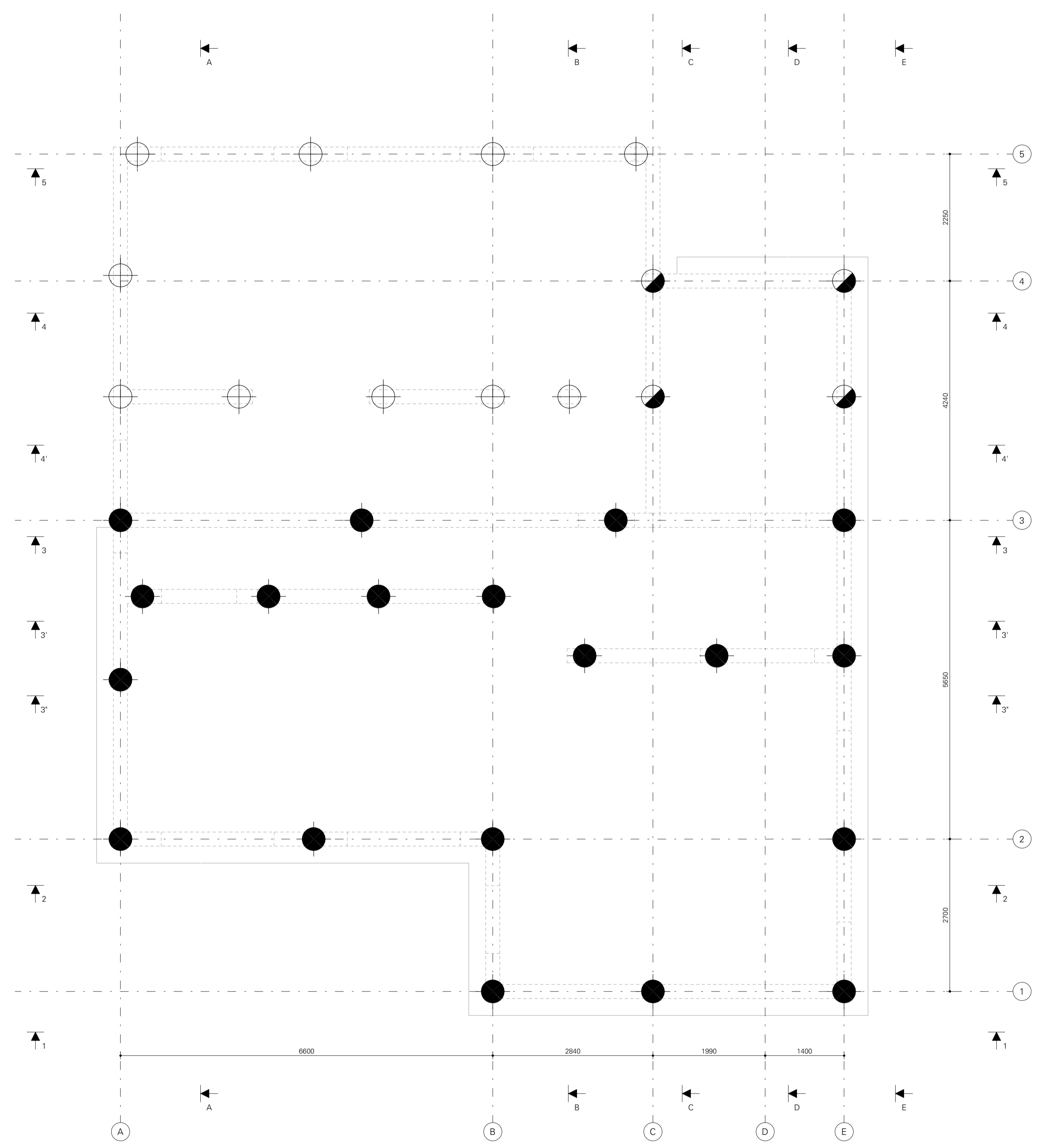
Renvoel funderingspalen

Symbol	Paal nummer	Paal Type	Afhakhoogte e (m) t.o.v. Paal	Afhakhoogte (m) t.o.v. NAP	Inheidspte (m) t.o.v. NAP	Aantal
●	01.X	Fundex of Hek-paal 410/500	-0.26	0.34	-17.00	19
⊕	02.X	Fundex of Hek-paal 410/500	-2.08	-1.48	-17.00	10
⊗	03.X	Fundex of Hek-paal 410/500	-3.44	-2.84	-17.00	4
						33

XX Behorende bij rapport van Taden
 rapportnummer: S 21.597-F1JHO
 datum: 14 JANUARI 2022

Maaiveldniveau = NAP +0.7m
 Grondwaterstand = NAP -0.4m, overeenkomstig open waterpeil

Paal draagvermogen = 1025 kN
 Paal trekvermogen = 295 kN (o.b.v. 6012 stekwapening)
 Paal draag- en trekvermogen gebaseerd op 1 sondering. Na sloop dient nog aanvullend gesondeerd te worden. De uitkomst hiervan kan invloed hebben op het paal draagvermogen en palenplan.



Deze tekening is eigendom van BREED Integrated Design.
 Zonder schriftelijke toestemming mag niets worden gekopieerd, gebruikt of de inhoud ervan ter kennis van derden worden gebracht.

Versie:	Omschrijving:	Get:	Datum:
1	TO	mil	07-10-2022

B R E E D Korte Koedijkstraat 6/8
 2511 CE The Hague, Netherlands
 info@breedid.nl T +31 (0)70 785 29 44
 www.breedid.nl

Opdrachtgever: [Redacted]
 Architect: Hofman/Dujardin
 Project:

Herman Gorterstraat

Onderwerp:
Palenplan

Fase	TO	Schaal	As indicated
Status	Definitief	Bladformaat	A1

Projectnummer: **21038**
 Tekeningnr.: **TO.2000V**
 Versie: **1**



Palenplan

1 : 50



BIJLAGE

B Berekening grondmechanisch draagvermogen (uitvoer CloudPiling)

Client:

Gebroeders Van 't Hek NV
Nekkerweg 63
1461 LD Zuidoostbeemster
The Netherlands
NL804605051B01
gebr@vanthek.nl
+31 299 31 30 20

Project:

H221363
Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20
Herman Gorterstraat 20
1077 WH Amsterdam
The Netherlands

Ø500

DRUK EN TREK

Screw injection pile

Created by:

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

Created on:

23-06-2023 08:53:48

Report:

PB H221363-1

Representing:

Hektec BV
Nekkerweg 63
1461 LD Zuidoostbeemster
The Netherlands
NL 008131225B01
info@hektec.nl
+31 299 420 808

1. Table Of Content

1. Table Of Content	2
2. References	3
3. Load Combinations	4
Load Combination - DRUK RC1	4
Load Combination - TREK RC1	4
4. Cone Penetration Tests	5
Cone Penetration Tests Tjaden 2023	5
Cone Penetration Tests	5
Excavation of the existing soil layer profile in the Cone Penetration Tests	13
5. Bearing Capacity	14
Theory	14
Bearing Capacity Graphs	16
Koppejan - Tjaden 2023 1	17
Koppejan - Tjaden 2023 2	18
Koppejan - Tjaden 2023 3	19
Appendix - Bearing Capacity	20
Appendix - Method Koppejan - Tjaden 2023 1	24
Appendix - Method Koppejan - Tjaden 2023 2	28
Appendix - Method Koppejan - Tjaden 2023 3	32

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

2. References

- NEN 9997-1+C1 (2012) Goetechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels
- NEN 9997-1+C1 (2012) paragraaf 7 Paalfunderingen
- NEN 9997-1+C1 (2012) 7.6.2.3 Uiterste draagkracht op druk gebaseerd op resultaten van grondonderzoek
- NEN 9997-1+C1 (2012) 7.6.3.3 Uiterste trekkracht gebaseerd op grondonderzoeksresultaten
- NEN 9997-1+C1 (2012) A.3.3.2 Partiële weerstandsfactoren voor paalfunderingen
- NEN 9997-1+C1 (2012) A.3.3.3 Correlatiefactoren voor paalfunderingen
- EN 1993-1-8 'Design of steel structures: Design of joints
- NEN EN 1993-5-NL (2011) Ontwerp en berekening van staalconstructies: Palen en damwanden
- NEN EN 1993-1-1 NL (2005) Ontwerp en berekening van staalconstructies: Algemene regels en regels voor gebouwen

3. Load Combinations

In this paragraph, the various load combinations are presented that were considered in the calculations. Based on the below load combinations, the **required bearing capacity in compression and tension is respectively 1025.0kN and -295.0kN**.

Load Combination - DRUK | RC1

Partial Factors according to a RC1 limit state

$\gamma_{P,unfav}$ [-]	$\gamma_{P,fav}$ [-]	$\gamma_{Q,unfav}$ [-]	$\gamma_{Q,fav}$ [-]	γ_{γ} [-]	γ_{φ} [-]	γ_c [-]	γ_{cu} [-]
1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.15	1.15	1.50

Point Loads

level [mNAP]	F_z [kN]	e_x [mm]	F_x [kN]	$M_{y/z}$ [kNm]	P/Q [-]	fav/unfav [-]
-3.44	1025.00	50.0	0.00	0.00	P	unfav

Load Combination - TREK | RC1

Partial Factors according to a RC1 limit state

$\gamma_{P,unfav}$ [-]	$\gamma_{P,fav}$ [-]	$\gamma_{Q,unfav}$ [-]	$\gamma_{Q,fav}$ [-]	γ_{γ} [-]	γ_{φ} [-]	γ_c [-]	γ_{cu} [-]
1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.15	1.15	1.50

Point Loads

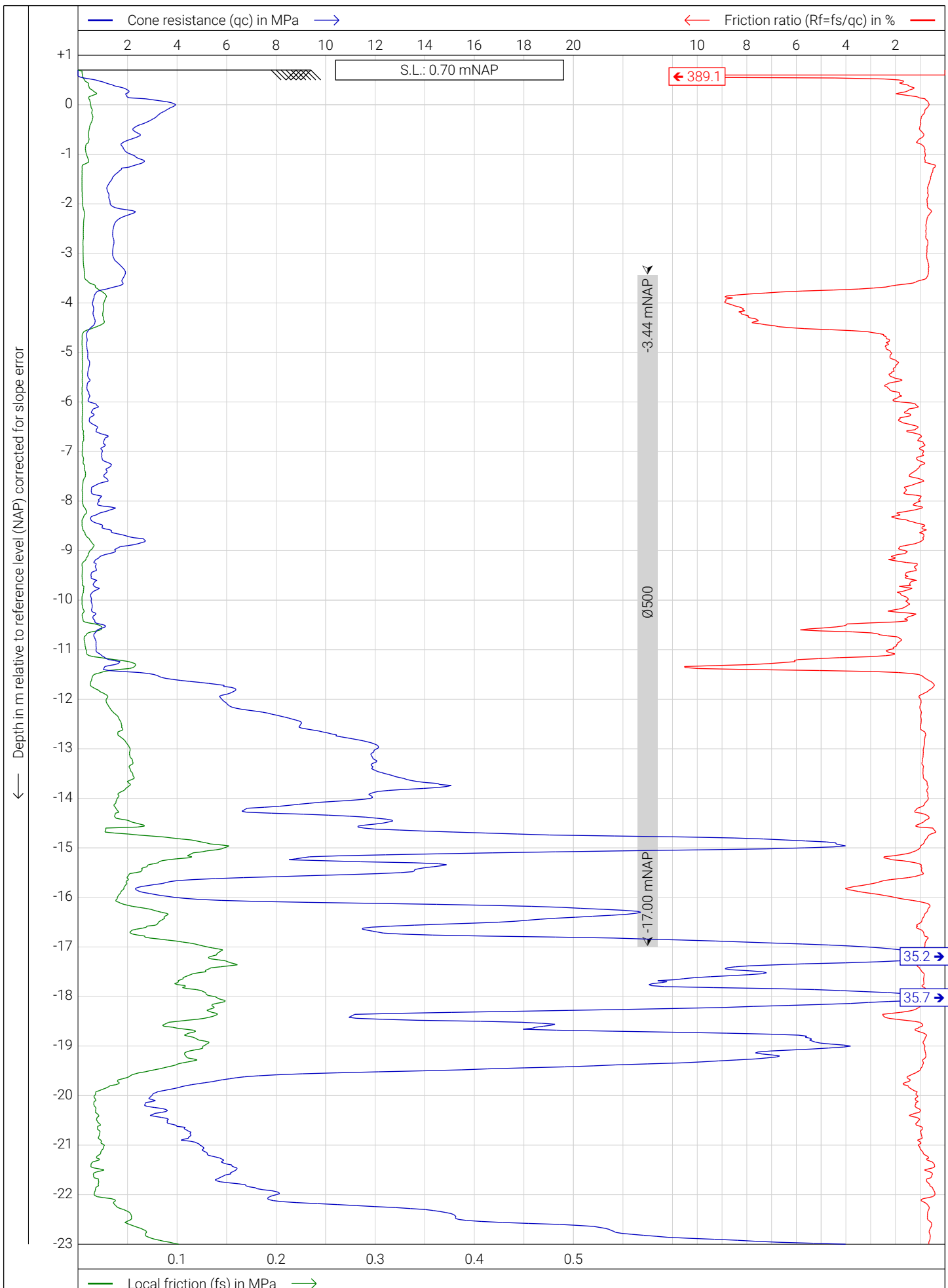
level [mNAP]	F_z [kN]	e_x [mm]	F_x [kN]	$M_{y/z}$ [kNm]	P/Q [-]	fav/unfav [-]
-3.44	-295.00	0.0	0.00	0.00	P	unfav

4. Cone Penetration Tests

Cone Penetration Tests Tjaden 2023

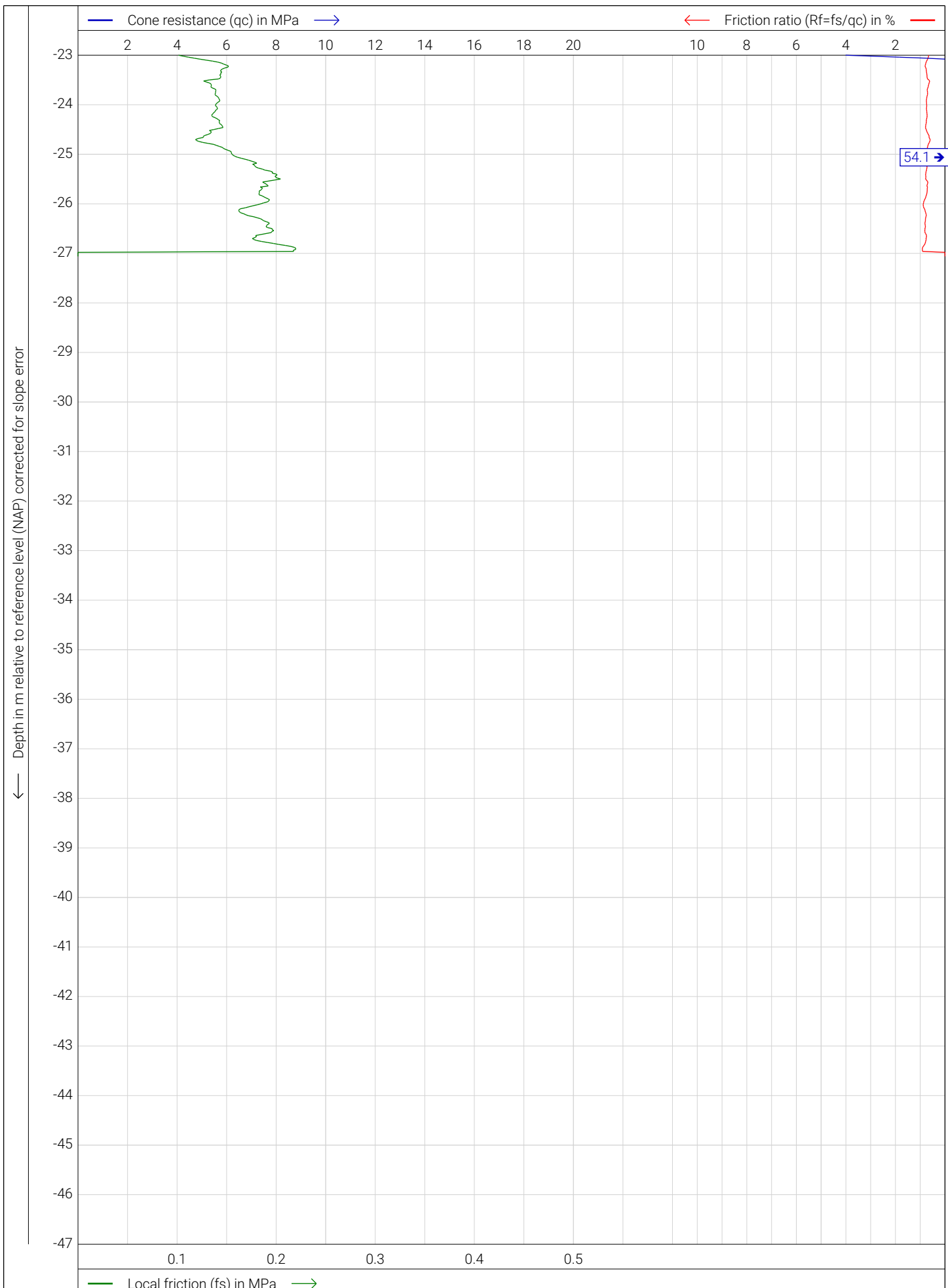
no.	coordinate system	X	Y	surface level	depth	h_{crit}	D_c	type
[-]	[-]	[-]	[-]	[mNAP]	[mNAP]	[m]	[m]	[m]
1	31000 - RD1918	1206257.0000	4844074.0000	0.70	-27.06	0.02	0.0357	E
2	31000 - RD1918	120647.0000	484421.0000	0.06	-29.94	0.02	0.0357	E
3	31000 - RD1918	120635.0000	484413.0000	0.02	-27.52	0.02	0.0357	E

Cone Penetration Tests



Hektec | info@hektec.nl | +31 299 420 808
 Project: Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20
 Location: Herman Gorterstraat 20 1077 WH Amsterdam The Netherlands

Date: 2023-06-23
 Conus no.: E
 Project no.: Tjaden 2023
 CPT no.: 1

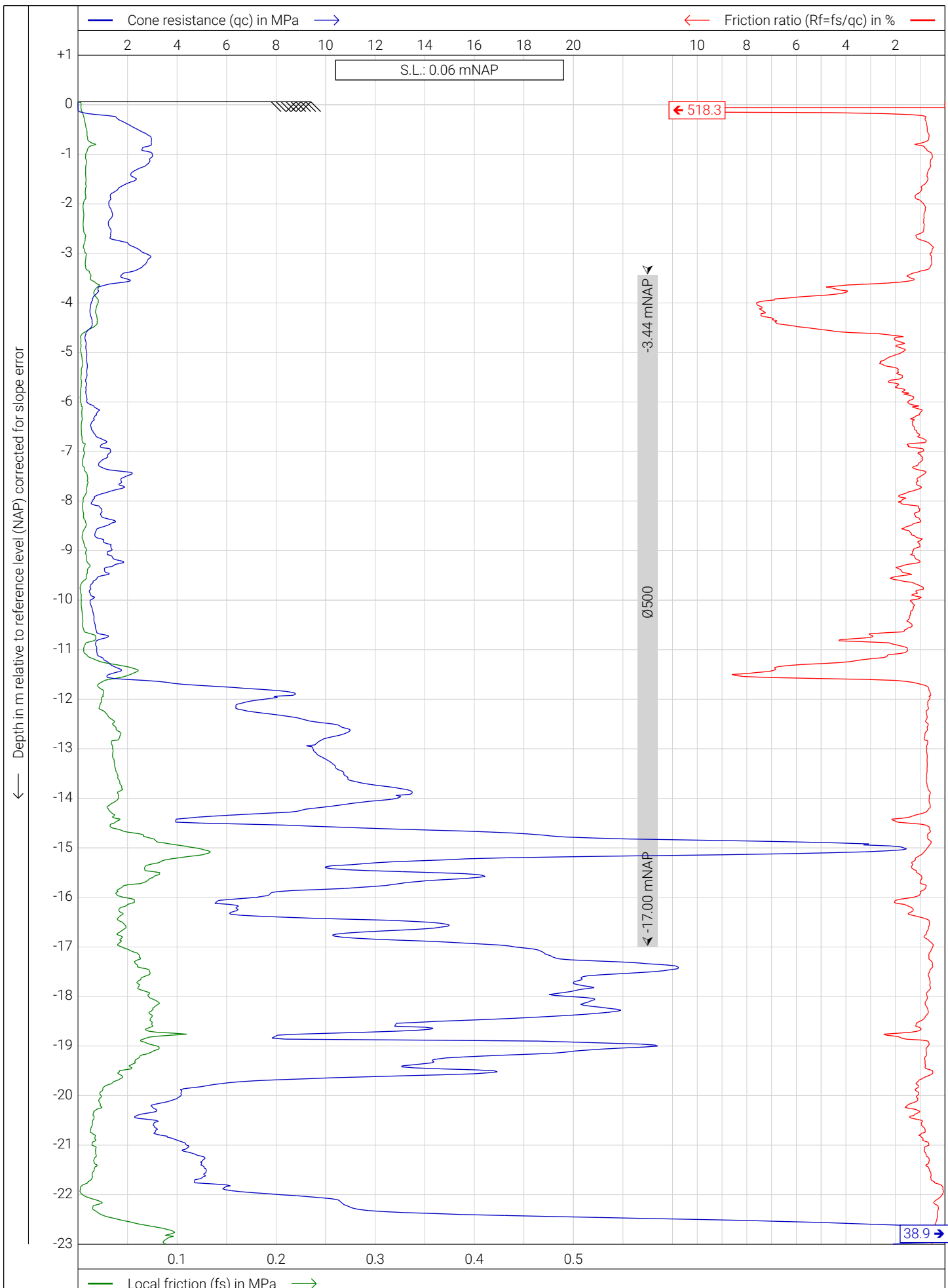


54.1 →



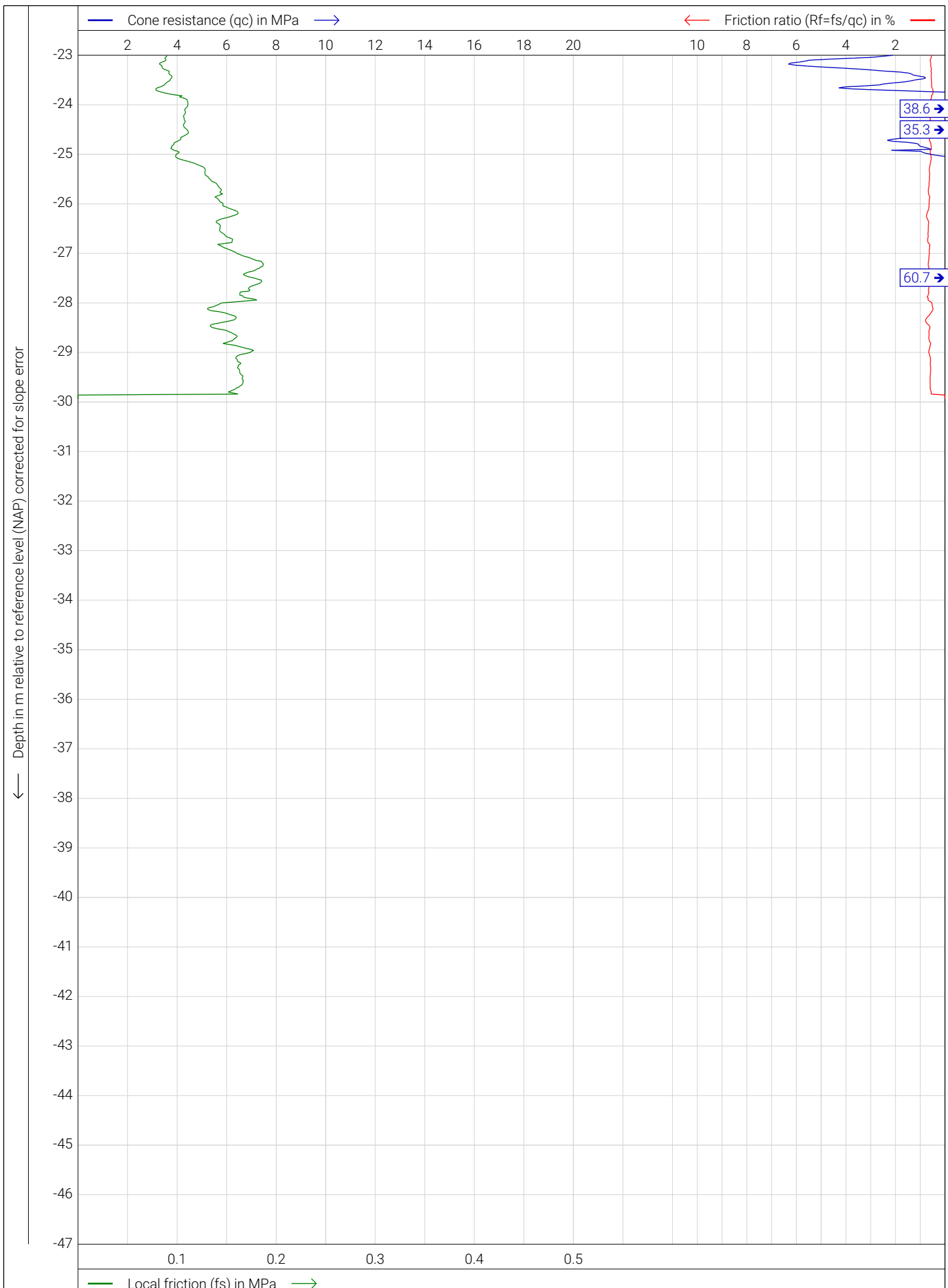
Hektec | info@hektec.nl | +31 299 420 808
 Project: Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20
 Location: Herman Gorterstraat 20 1077 WH Amsterdam The Netherlands

Date: 2023-06-23
 Conus no.: E
 Project no.: Tjaden 2023
 CPT no.: 1



Hektec | info@hektec.nl | +31 299 420 808
 Project: Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20
 Location: Herman Gorterstraat 20 1077 WH Amsterdam The Netherlands

Date: 2023-06-23
 Conus no.: E
 Project no.: Tjaden 2023
 CPT no.: 2



Hektec | info@hektec.nl | +31 299 420 808

Project: Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20

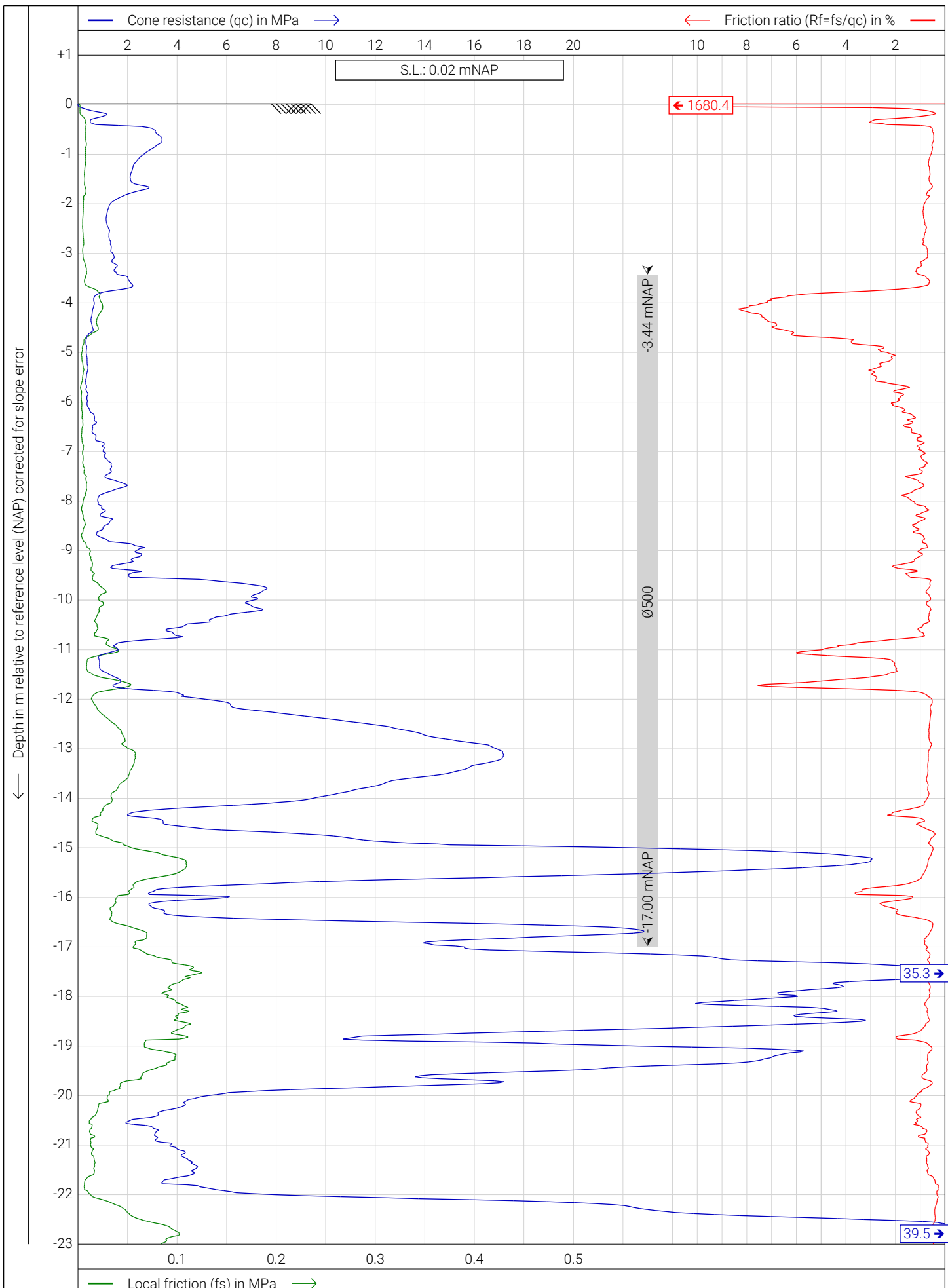
Location: Herman Gorterstraat 20 1077 WH Amsterdam The Netherlands

Date: 2023-06-23

Conus no.: E

Project no.: Tjaden 2023

CPT no.: 2



Hektec | info@hektec.nl | +31 299 420 808

Project: Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20

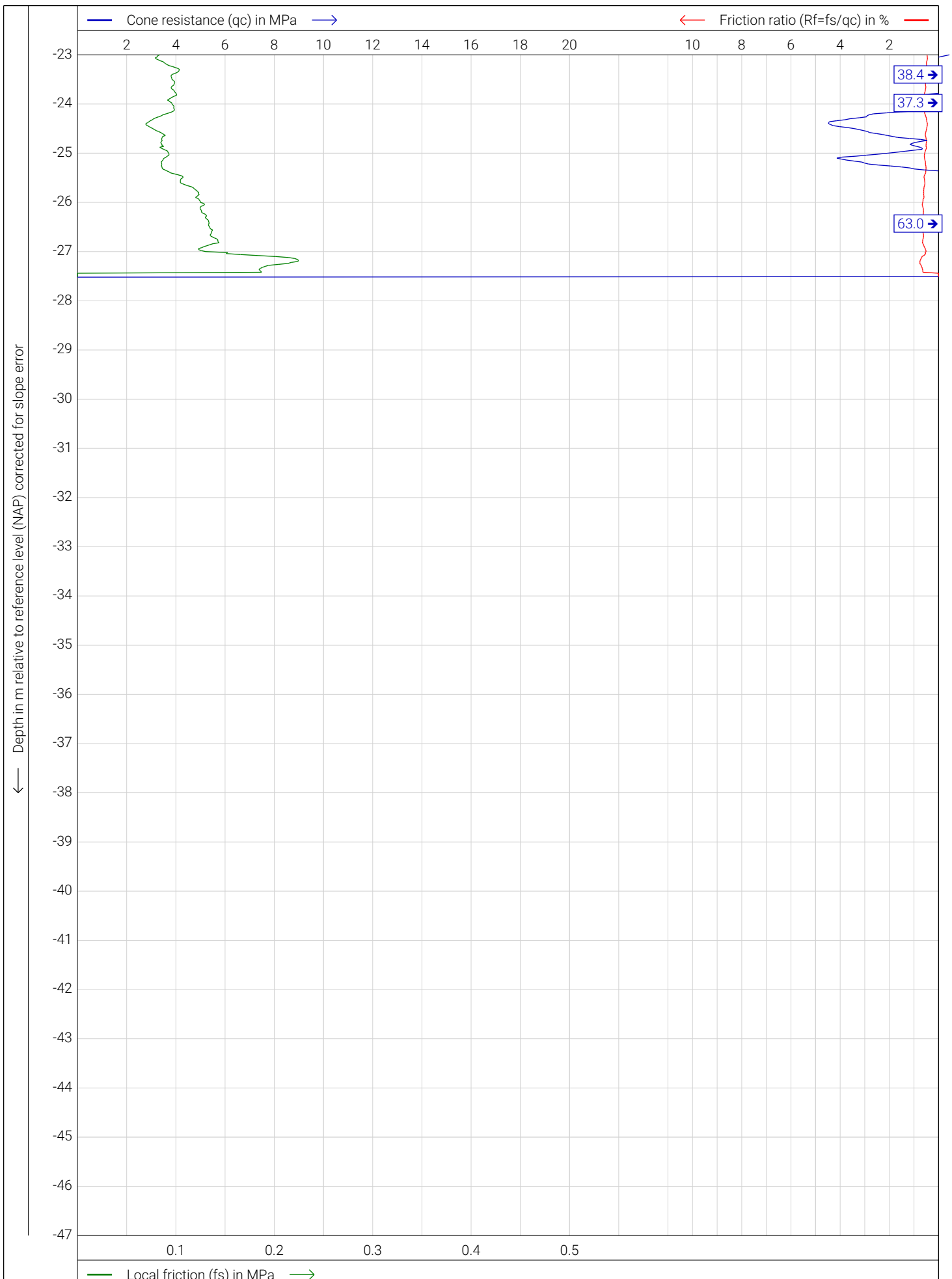
Location: Herman Gorterstraat 20 1077 WH Amsterdam The Netherlands

Date: 2023-06-23

Conus no.: E

Project no.: Tjaden 2023

CPT no.: 3



Hektec | info@hektec.nl | +31 299 420 808
 Project: Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20
 Location: Herman Gorterstraat 20 1077 WH Amsterdam The Netherlands

Date: 2023-06-23
 Conus no.: E
 Project no.: Tjaden 2023
 CPT no.: 3

Excavation of the existing soil layer profile in the Cone Penetration Tests

Preparation of the working terrain: Excavation:-3.44

5. Bearing Capacity

Theory

The bearing capacity is determined in accordance with the NEN 9997-1:2016. This standard includes NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016+NB:2016 to ensure that the calculations comply with the requirements of the Building Decree 2012. At the start of the bearing capacity calculation, the measured cone resistances are reduced according to the following rules:

Due to **excavation works after the execution of the cone penetration tests**, the measured cone resistances in sand and gravel layers are reduced according to the following formula: The cone penetration tests were excavation up to **-3.44mNAP**:

$$q_{c,z;ontg} = q_{c,z} (\sigma'_{v,z;ontg} / \sigma'_{v,z;0})^{0.5}$$

Where:

- $q_{c,z;ontg}$: the reduced cone resistance at depth z (below the bottom of the excavation)
- $q_{c,z}$: the cone resistance measured prior to excavation at depth z
- $\sigma'_{v,z;ontg}$: the effective vertical stress at depth z (below the bottom of the excavation)
- $\sigma'_{v,z;0}$: the initial effective vertical stress at depth z at moment of the cone penetration test

The measured cone resistances **in gravel layers** with a value greater than 20MPa are **limited up to 20MPa**. This reduction occurs after considering the effects of overconsolidation and excavation. We refer to the paragraphs **cone penetration tests** and **soil layer profiles** for more insides in the applied soil types for each cone penetration test.

The structure is considered as a rigid construction. The number of cone penetration tests considered in the calculation of the bearing capacity is 3. The **correlating factors $\xi_3 = 1.30$ and $\xi_4 = 1.30$** have been established based on the aforementioned conditions. The maximum bearing capacity of the pile tip has been calculated using the 4D/8D method by Koppejan. For the calculation of the point bearing capacity of a screw injection pile, a **pile class factor α_p of 0.630** is applied, and β and s are respectively equal to 1.00 and 1.00. The maximum shaft friction is determined based on a percentage of the average cone resistance. The used **pile class factor α_s is 0.008**. The partial factors γ_b and γ_s are respectively equal to 1.20 and 1.20. The pile characteristics D_{eq} , A_b and $O_{s;\Delta L;gem}$ are respectively equal to 0.500m, 0.196m² and 0.691m. The required bearing capacity results from the defined load combinations (see paragraph **load combinations**) and values **1025.0kN**.

$$R_{cd,net} = R_{c;d} - F_{nk;d}$$

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s$$

$$R_{c;k} = \min((R_{c;cal;i})_{avg} / \xi_3 ; (R_{c;cal;i})_{min} / \xi_4)$$

$$R_{b;k} = \min((R_{b;cal;i})_{avg} / \xi_3 ; (R_{b;cal;i})_{min} / \xi_4)$$

$$R_{s;k} = \min((R_{s;cal;i})_{avg} / \xi_3 ; (R_{s;cal;i})_{min} / \xi_4)$$

$$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;i} + R_{s;cal;i}$$

$$R_{b;cal;i} = A_b q_{b,max;i}$$

$$R_{s;cal;i} = \alpha_s O_{s;\Delta L;gem} \Delta L q_{c;z;a;i}$$

$$q_{b,max;i} = 1 / 2 \alpha_p \beta s ((q_{c;l;gem} + q_{c;ll;gem}) / 2 + q_{c;ll;gem})$$

Where:

- $R_{cd,net}$: the design value of the netto bearing capacity in compression
- $F_{nk;d}$: the design value of the negative skin friction force
- $R_{c;d}$: the design value of the bearing capacity of the pile in compression
- γ_b : the partial factor applied on the bearing capacity at the pile base of compression piles
- γ_s : the partial factor applied on the bearing capacity over the pile shaft of compression piles
- $R_{c;k}$: the characteristic value of the bearing capacity of the pile in compression
- $R_{b;k}$: the characteristic value of the bearing capacity over the pile shaft
- $R_{s;k}$: the characteristic value of the bearing capacity over the pile shaft
- ξ_3 : the correlation factor on the average value of the calibrated bearing capacities over the group of cone penetration tests
- ξ_4 : the correlation factor on the minimum value of the calibrated bearing capacities over the group of cone penetration tests
- $R_{c;cal;i}$: the calibrated value of the bearing capacity of the pile in compression
- $R_{s;cal;i}$: the calibrated value of the bearing capacity at the pile base
- α_s : the pile class factor for the shaft friction in compression
- $O_{s;\Delta L;gem}$: the circumference of the pile

- $q_{c,z;a,i}$: the cone resistance whereby peaks in the q_c diagram exceeding 12 MPa are truncated at 12 MPa. If the layer is thicker than 1 m, it may be truncated at the lowest q_c value measured in that layer, with a maximum of 15 MPa
- $R_{b,cal;i}$: the calibrated value of the bearing capacity at the pile base
- A_b : the pile surface at base level
- $q_{b,max;i}$: the maximum point resistance in cone penetration test i , this value cannot exceed 15 MPa
- α_p : the pile class factor for calculating the bearing capacity of the pile base
- β : the factor that takes into account the influence of the pile base shape
- s : the factor that takes into account the influence of the shape of the cross-section of the pile base
- $q_{c,I;gem}$: the average value of the cone resistances over the interval I, which runs from the pile base level to a level that is at least $0.7 \times Deq$ and at most $4 \times Deq$ deeper. The endpoint of interval I should be chosen within the given limits so that $q_{b,max}$ is minimized.
- $q_{c,II;gem}$: the average value of cone resistances over the interval II, which runs from the endpoint of interval I to the pile base level, where the value for cone resistance to be considered should never exceed the underlying value.
- $q_{c,III;gem}$: the average value of cone resistances over interval III, which is traversed from bottom to top from the pile base level to a level that is ($8 \times Deq$), where the value for cone resistance to be considered should never exceed the directly underlying value, starting with the lowest considered value of cone resistance over interval II.

The pile class factor for shaft friction under compression (as well as under tension) is further refined as follows

- In clay layers with $q_{c,avg}$ greater than 2.5MPa, the pile class factor is limited to 0.03.
- In clay layers with $q_{c,avg}$ between 2MPa and 2.5MPa, the pile class factor is equal to $0.02(q_{c,avg} - 1)$.
- In clay layers with $q_{c,avg}$ less than 2MPa, the pile class factor is limited to 0.02.
- In strongly sandy loam layers, the pile class factor is equal to the coefficient of friction with a maximum of 0.025.
- In weakly sandy loam layers, the pile class factor is equal to 0.025.
- In peat layers, the pile class factor is zero.

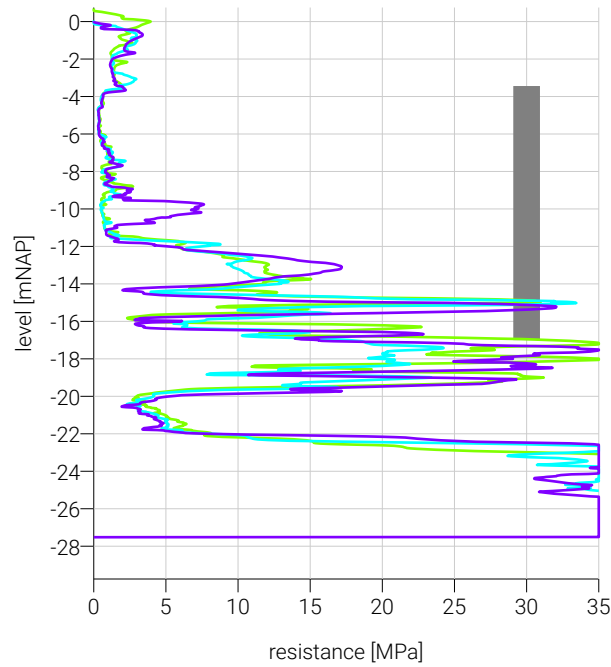
In the paragraphs **soil layer profile**, the applied soil types for each cone penetration test are presented. The aforementioned design guidelines depending on the soil type are applied based on the soil layer profile(s), see paragraph **soil layer profile** for more details.

cone penetration test [-]	$q_{c,I;gem}$ [MPa]	$q_{c,II;gem}$ [MPa]	$q_{c,III;gem}$ [MPa]	$q_{b,max;i}$ [MPa]	$R_{b,cal;i}$ [kN]	$R_{s,cal;i}$ [kN]	$R_{c,cal;i}$ [kN]	$F_{nk,rep}$ [kN]
Tjaden 2023 2	16.74	7.07	4.74	5.24	1029.3	636.2	1665.4	0.0
Tjaden 2023 1	23.18	10.38	3.86	6.50	1276.7	645.8	1922.5	0.0
Tjaden 2023 3	23.92	9.83	3.35	6.37	1250.6	628.9	1879.6	0.0

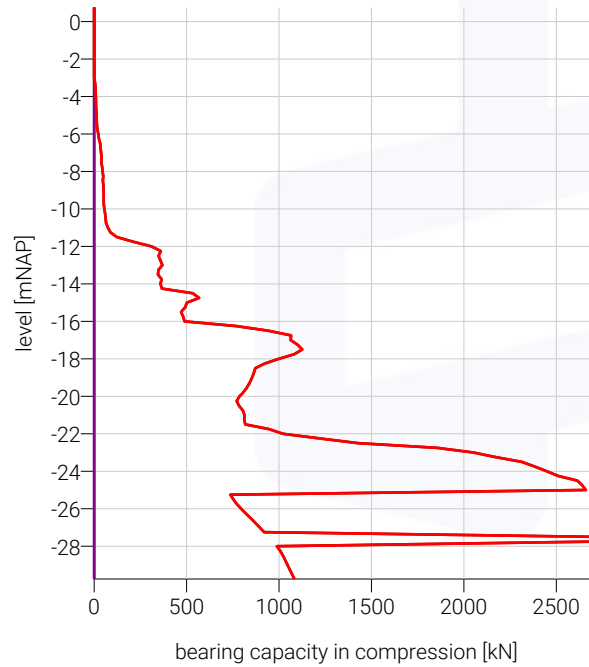
working level	-0.26	mNAP
top level	-3.44	mNAP
base level	-17.00	mNAP
α_v	0.0	°
D_{eq}	0.500	m
A_b	0.196	m ²
$O_{s;\Delta L;gem}$	0.691	m
α_p	0.630	-
α_s	0.008	-

ξ_3	1.30	-
ξ_4	1.30	-
γ_b	1.20	-
γ_s	1.20	-
R_{cd}	1062.9	kN
$F_{nk;d}$	0.0	kN
$R_{cd,net}$	1062.9	kN
R_{td}	340.3	kN

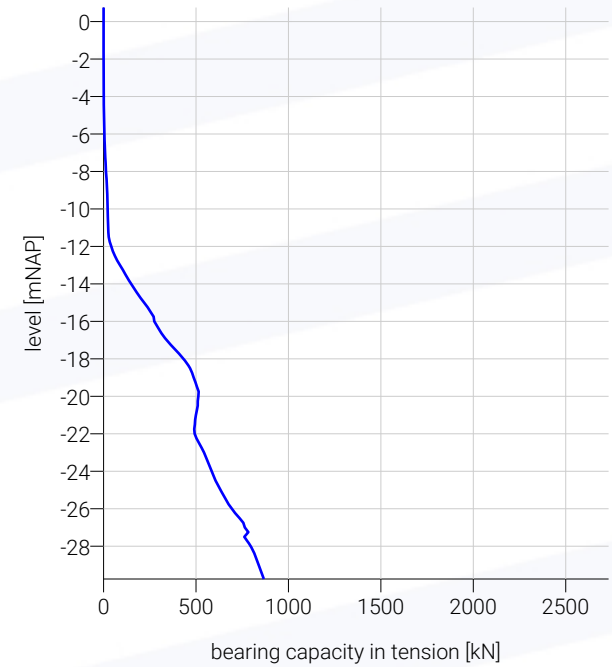
Bearing Capacity Graphs



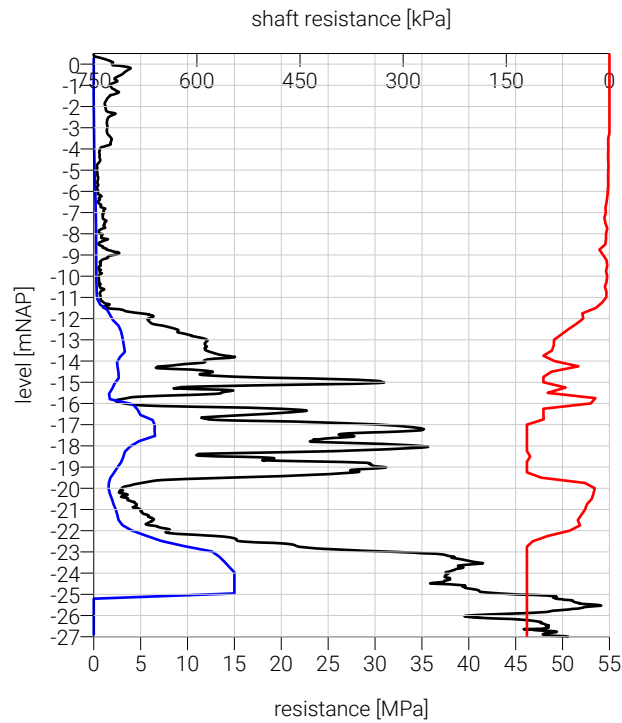
foundation pile — Tjaden 2023 2 —
 Tjaden 2023 1 — Tjaden 2023 3 —



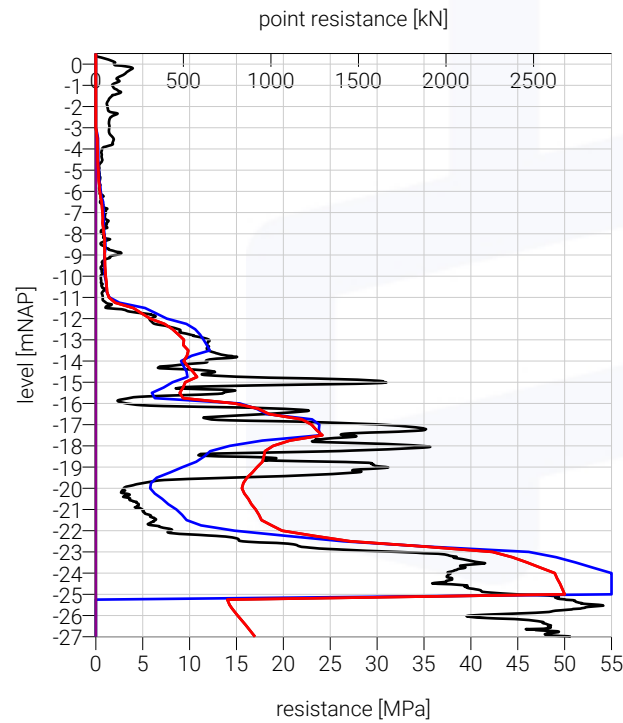
R c,d — F nk,d —
 F nk,rep — R c,d,net —



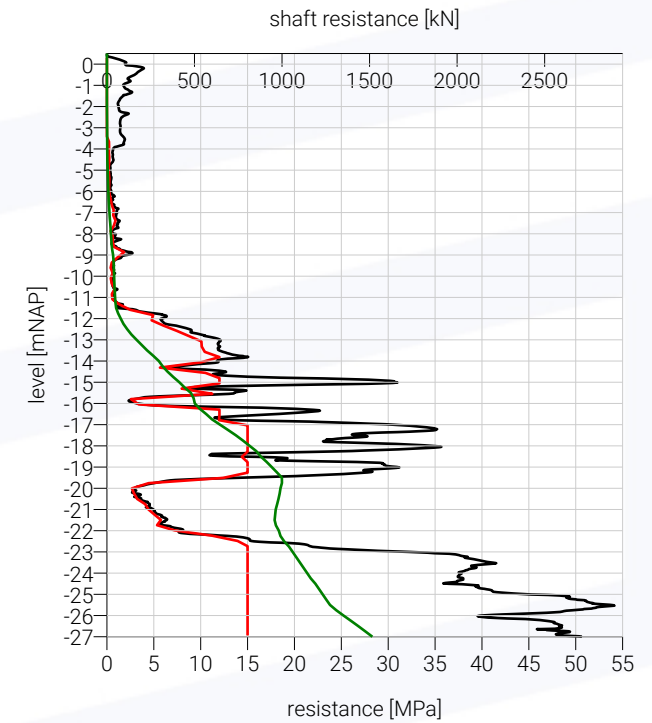
Koppejan - Tjaden 2023 1



qc —
 qb,max,i —
 qs,max,z,i —

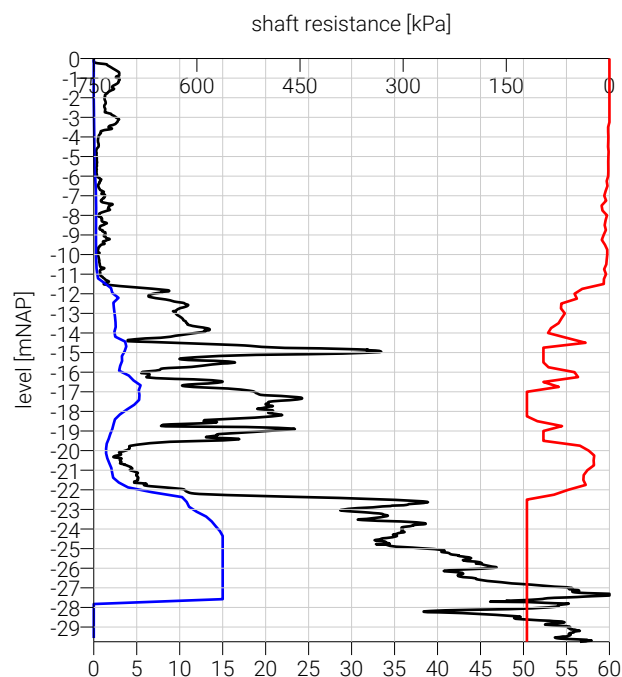


qc — Fnk,d —
 Rb,cal,i — Rc,d —
 Fnk,rep — Rc,d,net —



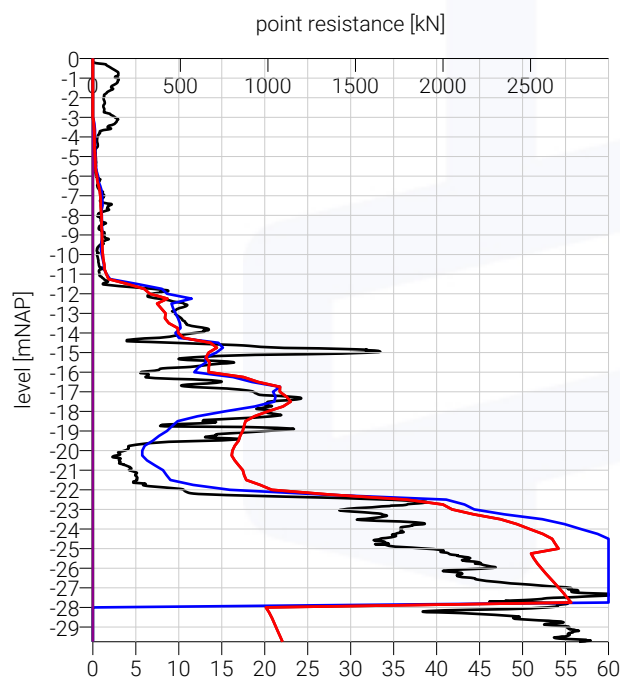
qc —
 Rs,cal,i —
 qc,z,a,i —

Koppejan - Tjaden 2023 2



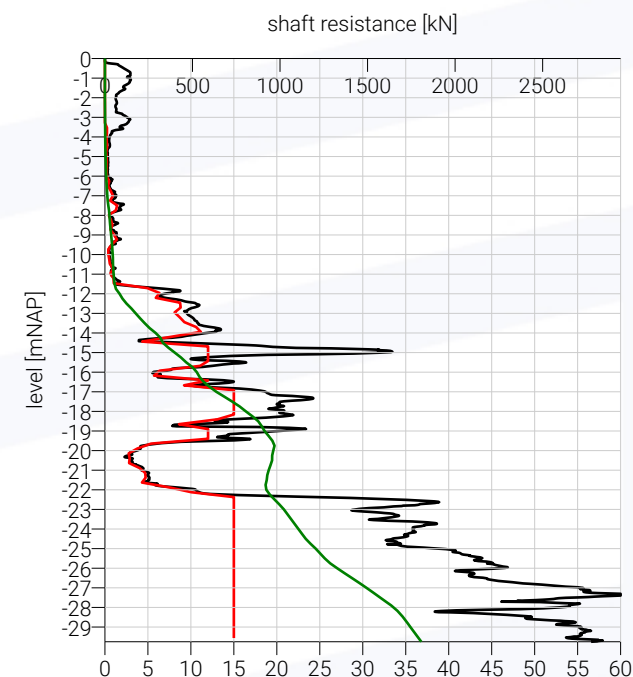
resistance [MPa]

- qc —
- qb,max,i —
- qs,max,z,i —



resistance [MPa]

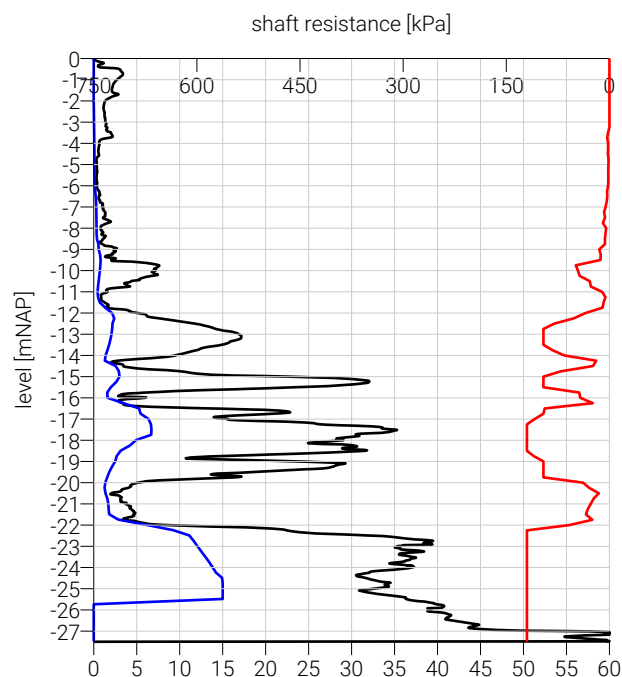
- qc —
- Rb,cal,i —
- Fnk,rep —
- Fnk,d —
- Rc,d —
- Rc,d,net —



resistance [MPa]

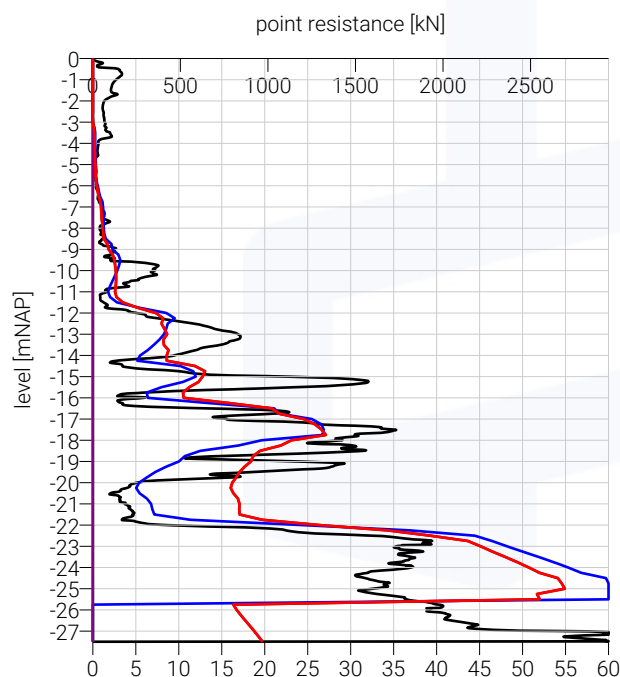
- qc —
- Rb,cal,i —
- qc,z,a,i —

Koppejan - Tjaden 2023 3



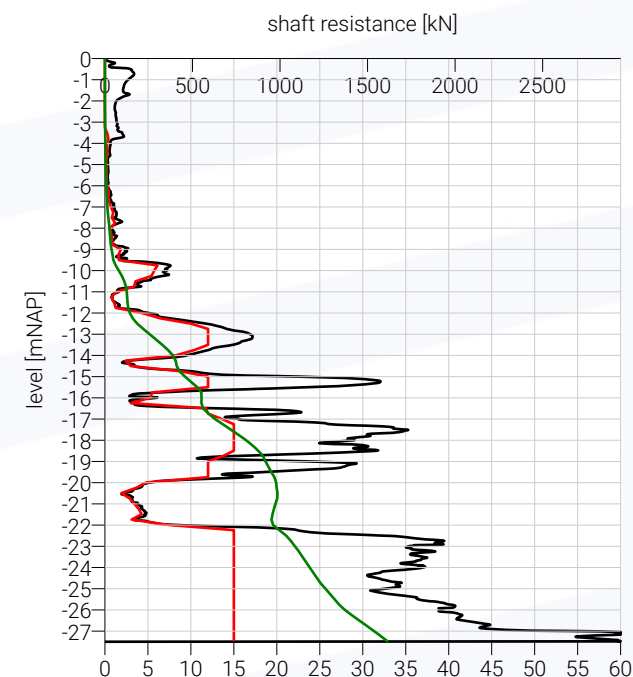
resistance [MPa]

- qc —
- q_{b,max,i} —
- q_{s,max,z,i} —



resistance [MPa]

- qc —
- R_{b,cal,i} —
- F_{nk,rep} —
- F_{nk,d} —
- R_{c,d} —
- R_{c,d,net} —



resistance [MPa]

- qc —
- R_{s,cal,i} —
- q_{c,z,a,i} —

Appendix - Bearing Capacity

level [mNAP]	R_{sk} [kN]	R_{bk} [kN]	R_{ck} [kN]	R_{tk} [kN]	R_{cd} [kN]	$F_{nk;rep}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{cd,net}$ [kN]	R_{td} [kN]
0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.25	0.0	5.2	5.2	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3	0.0
-3.50	0.1	8.8	8.9	0.1	7.4	0.0	0.0	7.4	0.1
-3.75	0.8	9.0	9.8	0.7	8.1	0.0	0.0	8.1	0.5
-4.00	1.3	9.3	10.6	1.2	8.9	0.0	0.0	8.9	0.9
-4.25	1.8	9.8	11.6	1.7	9.7	0.0	0.0	9.7	1.2
-4.50	2.4	9.6	12.0	2.4	10.0	0.0	0.0	10.0	1.8
-4.75	2.8	10.9	13.7	2.6	11.4	0.0	0.0	11.4	1.9
-5.00	3.2	12.2	15.4	3.2	12.9	0.0	0.0	12.9	2.4
-5.25	3.7	12.9	16.6	3.7	13.8	0.0	0.0	13.8	2.7
-5.50	4.3	13.4	17.6	4.2	14.7	0.0	0.0	14.7	3.1
-5.75	4.7	16.1	21.5	4.7	17.4	0.0	0.0	17.4	3.5
-6.00	5.3	21.6	27.4	5.2	22.4	0.0	0.0	22.4	3.9
-6.25	6.4	24.3	30.6	6.3	25.5	0.0	0.0	25.5	4.7
-6.50	7.3	31.5	39.4	7.3	32.4	0.0	0.0	32.4	5.4

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-6.75	8.5	33.5	42.6	8.4	35.0	0.0	0.0	35.0	6.2
-7.00	10.4	34.5	45.3	10.3	37.4	0.0	0.0	37.4	7.6
-7.25	12.2	35.4	48.0	12.2	39.7	0.0	0.0	39.7	9.0
-7.50	13.6	32.5	46.0	14.4	38.4	0.0	0.0	38.4	10.7
-7.75	16.1	35.5	51.6	16.0	43.0	0.0	0.0	43.0	11.8
-8.00	17.3	37.3	54.7	17.2	45.5	0.0	0.0	45.5	12.8
-8.25	19.2	39.8	60.0	19.1	49.1	0.0	0.0	49.1	14.1
-8.50	19.1	37.2	58.3	20.3	46.9	0.0	0.0	46.9	15.0
-8.75	21.7	38.2	60.6	23.0	49.9	0.0	0.0	49.9	17.1
-9.00	25.3	35.7	61.0	26.9	50.8	0.0	0.0	50.8	19.9
-9.25	26.9	34.9	61.8	28.6	51.5	0.0	0.0	51.5	21.2
-9.50	28.0	33.8	63.2	29.7	51.5	0.0	0.0	51.5	22.0
-9.75	28.8	33.5	64.3	28.5	51.9	0.0	0.0	51.9	21.1
-10.00	29.6	36.8	66.5	29.3	55.3	0.0	0.0	55.3	21.7
-10.25	30.3	40.8	71.7	30.0	59.3	0.0	0.0	59.3	22.2
-10.50	31.2	43.3	74.5	30.9	62.0	0.0	0.0	62.0	22.9
-10.75	32.4	44.7	77.1	32.1	64.3	0.0	0.0	64.3	23.8
-11.00	33.5	56.0	89.5	33.2	74.6	0.0	0.0	74.6	24.6
-11.25	35.1	70.3	107.5	34.9	87.9	0.0	0.0	87.9	25.8
-11.50	40.5	106.4	205.6	37.6	122.4	0.0	0.0	122.4	27.8
-11.75	48.4	204.4	306.5	44.8	210.6	0.0	0.0	210.6	33.2
-12.00	60.7	311.6	372.4	56.2	310.3	0.0	0.0	310.3	41.6
-12.25	72.7	360.0	470.6	67.2	360.6	0.0	0.0	360.6	49.8
-12.50	89.1	328.9	440.2	82.3	348.3	0.0	0.0	348.3	60.9
-12.75	107.6	322.2	469.1	99.2	358.2	0.0	0.0	358.2	73.5
-13.00	130.3	312.6	498.4	119.7	369.0	0.0	0.0	369.0	88.7
-13.25	143.5	274.0	483.8	140.6	347.9	0.0	0.0	347.9	104.2
-13.50	163.2	250.8	486.6	159.6	345.0	0.0	0.0	345.0	118.2
-13.75	196.2	241.4	518.9	179.0	364.6	0.0	0.0	364.6	132.6
-14.00	222.7	207.8	506.5	202.7	358.7	0.0	0.0	358.7	150.2
-14.25	244.2	195.5	506.4	221.8	366.4	0.0	0.0	366.4	164.3
-14.50	254.5	384.9	664.9	247.0	532.9	0.0	0.0	532.9	183.0
-14.75	278.8	402.6	693.7	270.0	567.8	0.0	0.0	567.8	200.0
-15.00	286.7	315.3	612.7	296.1	501.7	0.0	0.0	501.7	219.3

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-15.25	312.4	278.4	597.8	321.8	492.3	0.0	0.0	492.3	238.4
-15.50	334.0	230.2	575.0	343.5	470.2	0.0	0.0	470.2	254.4
-15.75	356.1	221.8	598.2	365.4	481.6	0.0	0.0	481.6	270.7
-16.00	361.1	225.5	622.4	370.4	488.8	0.0	0.0	488.8	274.4
-16.25	407.8	513.6	937.6	390.6	767.9	0.0	0.0	767.9	289.4
-16.50	431.4	699.0	1133.3	411.2	942.0	0.0	0.0	942.0	304.6
-16.75	456.0	822.1	1278.1	433.9	1065.1	0.0	0.0	1065.1	321.4
-17.00	483.8	791.7	1281.1	459.4	1062.9	0.0	0.0	1062.9	340.3
-17.25	518.5	802.5	1327.1	491.1	1100.9	0.0	0.0	1100.9	363.7
-17.50	553.7	797.3	1356.4	523.0	1125.8	0.0	0.0	1125.8	387.4
-17.75	588.1	711.3	1303.3	554.2	1082.9	0.0	0.0	1082.9	410.5
-18.00	619.1	579.6	1198.8	583.1	999.0	0.0	0.0	999.0	431.9
-18.25	647.8	459.6	1107.4	609.1	922.8	0.0	0.0	922.8	451.2
-18.50	673.4	372.6	1046.0	631.3	871.7	0.0	0.0	871.7	467.7
-18.75	688.5	347.9	1036.4	646.5	863.6	0.0	0.0	863.6	478.9
-19.00	701.3	325.6	1026.9	658.0	855.7	0.0	0.0	855.7	487.4
-19.25	718.3	290.7	1009.7	670.8	840.9	0.0	0.0	840.9	496.9
-19.50	731.1	263.0	998.7	682.1	828.4	0.0	0.0	828.4	505.3
-19.75	745.0	227.9	973.0	694.4	810.7	0.0	0.0	810.7	514.3
-20.00	739.6	203.4	955.6	692.1	785.8	0.0	0.0	785.8	512.7
-20.25	734.8	190.3	944.9	687.9	770.9	0.0	0.0	770.9	509.5
-20.50	734.4	205.5	963.6	687.5	783.2	0.0	0.0	783.2	509.2
-20.75	727.2	237.5	994.2	681.1	803.9	0.0	0.0	803.9	504.5
-21.00	719.5	255.8	1005.0	674.2	812.7	0.0	0.0	812.7	499.4
-21.25	713.4	261.3	1003.4	668.8	812.2	0.0	0.0	812.2	495.4
-21.50	710.9	270.1	1006.2	666.5	817.5	0.0	0.0	817.5	493.7
-21.75	705.9	429.1	1146.4	662.1	945.9	0.0	0.0	945.9	490.4
-22.00	663.3	562.8	1226.1	665.0	1021.7	0.0	0.0	1021.7	492.6
-22.25	677.8	788.4	1501.5	678.9	1221.8	0.0	0.0	1221.8	502.9
-22.50	697.3	1016.4	1744.5	697.4	1428.1	0.0	0.0	1428.1	516.6
-22.75	766.6	1459.1	2258.9	716.1	1854.8	0.0	0.0	1854.8	530.5
-23.00	786.2	1675.6	2461.8	733.5	2051.5	0.0	0.0	2051.5	543.3
-23.25	802.1	1807.1	2609.3	747.6	2174.4	0.0	0.0	2174.4	553.7
-23.50	818.1	1958.0	2792.9	761.6	2313.4	0.0	0.0	2313.4	564.1

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-23.75	834.0	2025.8	2906.3	775.6	2383.2	0.0	0.0	2383.2	574.5
-24.00	850.0	2088.1	2988.1	789.6	2448.4	0.0	0.0	2448.4	584.9
-24.25	865.9	2145.7	3061.7	803.5	2509.7	0.0	0.0	2509.7	595.2
-24.50	882.2	2254.5	3147.8	817.7	2613.9	0.0	0.0	2613.9	605.7
-24.75	903.1	2265.6	3168.6	835.9	2640.5	0.0	0.0	2640.5	619.2
-25.00	925.9	2265.6	3191.4	855.7	2659.5	0.0	0.0	2659.5	633.8
-25.25	884.6	0.0	901.3	873.0	737.2	0.0	0.0	737.2	646.7
-25.50	903.4	0.0	916.6	890.3	752.8	0.0	0.0	752.8	659.5
-25.75	925.5	0.0	942.3	910.7	771.3	0.0	0.0	771.3	674.6
-26.00	954.2	0.0	972.0	937.2	795.2	0.0	0.0	795.2	694.2
-26.25	984.1	0.0	1002.7	964.6	820.1	0.0	0.0	820.1	714.5
-26.50	1014.8	0.0	1032.7	992.7	845.7	0.0	0.0	845.7	735.4
-26.75	1045.1	0.0	1062.0	1020.5	870.9	0.0	0.0	870.9	755.9
-27.00	1074.6	0.0	1106.0	1031.5	895.5	0.0	0.0	895.5	764.1
-27.25	1103.2	0.0	1135.1	1057.1	919.3	0.0	0.0	919.3	783.1
-27.50	1131.2	2118.9	3250.1	1027.8	2708.4	0.0	0.0	2708.4	761.3
-27.75	1159.3	2118.9	3278.2	1051.7	2731.9	0.0	0.0	2731.9	779.0
-28.00	1185.9	0.0	1185.9	1074.2	988.3	0.0	0.0	988.3	795.7
-28.25	1207.8	0.0	1207.8	1092.7	1006.5	0.0	0.0	1006.5	809.4
-28.50	1225.3	0.0	1225.3	1107.5	1021.1	0.0	0.0	1021.1	820.3
-28.75	1240.2	0.0	1240.2	1120.0	1033.5	0.0	0.0	1033.5	829.7
-29.00	1255.1	0.0	1255.1	1132.6	1045.9	0.0	0.0	1045.9	839.0
-29.25	1270.0	0.0	1270.0	1145.2	1058.4	0.0	0.0	1058.4	848.3
-29.50	1284.9	0.0	1284.9	1157.7	1070.8	0.0	0.0	1070.8	857.5
-29.75	1299.9	0.0	1299.9	1170.2	1083.2	0.0	0.0	1083.2	866.8

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

Appendix - Method Koppejan - Tjaden 2023 1

level [mNAP]	$q_{b,max;i}$ [MPa]	$q_{s,max;z,i}$ [kPa]	$R_{s,cal;i}$ [kN]	$R_{b,cal;i}$ [kN]	$R_{c,cal;i}$ [kN]	$R_{t,cal;i}$ [kN]	$F_{nk,rep}$ [kN]	$F_{nk,d}$ [kN]	R_{cd} [kN]	$R_{cd,net}$ [kN]
0.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.25	0.04	0.0	0.0	7.2	7.2	0.0	0.0	0.0	4.3	4.3
-3.50	0.06	1.7	0.1	12.5	12.6	0.1	0.0	0.0	8.1	8.1
-3.75	0.06	1.9	1.1	12.6	13.7	1.1	0.0	0.0	8.8	8.8
-4.00	0.07	1.6	1.8	13.3	15.1	1.7	0.0	0.0	9.7	9.7
-4.25	0.07	2.0	2.5	13.9	16.4	2.5	0.0	0.0	10.5	10.5
-4.50	0.07	1.9	3.4	13.5	16.8	3.3	0.0	0.0	10.8	10.8
-4.75	0.08	1.5	3.9	15.1	19.1	3.9	0.0	0.0	12.2	12.2
-5.00	0.09	1.7	4.5	17.8	22.3	4.5	0.0	0.0	14.3	14.3
-5.25	0.10	2.0	5.2	18.7	23.9	5.2	0.0	0.0	15.3	15.3
-5.50	0.10	1.9	5.9	20.2	26.1	5.9	0.0	0.0	16.7	16.7
-5.75	0.13	1.8	6.7	25.2	31.9	6.7	0.0	0.0	20.5	20.5
-6.00	0.14	2.3	7.5	28.0	35.6	7.5	0.0	0.0	22.8	22.8
-6.25	0.17	3.3	8.8	32.8	41.6	8.8	0.0	0.0	26.6	26.6
-6.50	0.21	4.1	10.0	41.8	51.8	9.9	0.0	0.0	33.2	33.2
-6.75	0.22	5.7	11.9	43.5	55.4	11.8	0.0	0.0	35.5	35.5

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-7.00	0.23	5.4	14.1	44.8	58.9	14.0	0.0	0.0	37.7	37.7
-7.25	0.23	7.3	16.3	46.1	62.4	16.2	0.0	0.0	40.0	40.0
-7.50	0.23	5.8	18.9	45.1	64.0	18.8	0.0	0.0	38.4	38.4
-7.75	0.24	3.1	20.9	46.2	67.1	20.7	0.0	0.0	43.0	43.0
-8.00	0.25	5.0	22.5	48.5	71.1	22.4	0.0	0.0	45.5	45.5
-8.25	0.27	5.0	25.0	53.0	78.0	24.8	0.0	0.0	50.0	50.0
-8.50	0.28	5.9	26.5	54.5	81.1	26.4	0.0	0.0	48.6	48.6
-8.75	0.28	14.7	30.2	54.0	84.2	30.0	0.0	0.0	50.5	50.5
-9.00	0.25	9.2	35.2	49.6	84.7	34.9	0.0	0.0	50.8	50.8
-9.25	0.25	4.2	37.5	48.5	85.9	37.2	0.0	0.0	51.5	51.5
-9.50	0.25	3.2	39.0	48.9	87.9	38.7	0.0	0.0	52.7	52.7
-9.75	0.25	4.9	40.0	49.5	89.5	39.7	0.0	0.0	53.6	53.6
-10.00	0.26	3.3	41.1	51.3	92.4	40.8	0.0	0.0	55.4	55.4
-10.25	0.29	4.1	42.1	57.6	99.7	41.7	0.0	0.0	59.8	59.8
-10.50	0.31	6.6	43.3	60.2	103.5	43.0	0.0	0.0	62.0	62.0
-10.75	0.32	4.2	45.0	62.2	107.2	44.7	0.0	0.0	64.3	64.3
-11.00	0.40	4.7	46.5	77.8	124.4	46.1	0.0	0.0	74.6	74.6
-11.25	0.69	10.9	48.8	134.8	183.6	48.4	0.0	0.0	110.1	110.1
-11.50	1.43	19.9	52.7	281.1	333.8	52.2	0.0	0.0	213.9	213.9
-11.75	1.75	39.4	63.9	343.9	407.7	63.3	0.0	0.0	261.4	261.4
-12.00	2.06	38.2	79.0	405.1	484.1	78.1	0.0	0.0	310.3	310.3
-12.25	2.63	48.2	94.5	517.2	611.8	93.5	0.0	0.0	392.2	392.2
-12.50	2.89	59.6	115.9	567.2	683.1	114.3	0.0	0.0	437.9	437.9
-12.75	3.03	70.0	139.9	595.0	734.9	137.8	0.0	0.0	471.1	471.1
-13.00	3.14	80.6	169.4	615.6	785.0	166.4	0.0	0.0	503.2	503.2
-13.25	3.23	80.9	199.4	634.1	833.6	195.5	0.0	0.0	499.8	499.8
-13.50	3.32	83.4	229.7	651.1	880.8	224.6	0.0	0.0	528.0	528.0
-13.75	2.79	96.0	264.2	547.9	812.1	257.7	0.0	0.0	520.6	520.6
-14.00	2.48	80.1	296.5	487.0	783.4	288.4	0.0	0.0	502.2	502.2
-14.25	2.55	45.3	318.3	501.4	819.7	309.2	0.0	0.0	525.5	525.5
-14.50	2.64	84.0	346.2	518.1	864.3	335.6	0.0	0.0	554.0	554.0
-14.75	2.67	96.0	378.5	523.3	901.8	366.1	0.0	0.0	578.1	578.1
-15.00	2.23	96.0	413.4	438.3	851.7	398.9	0.0	0.0	510.6	510.6
-15.25	1.97	63.8	444.0	387.0	830.9	427.5	0.0	0.0	498.2	498.2

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-15.50	1.63	89.9	479.2	320.0	799.3	460.4	0.0	0.0	479.2	479.2
-15.75	1.71	20.5	495.0	336.5	831.5	475.1	0.0	0.0	498.5	498.5
-16.00	4.19	27.1	501.9	822.2	1324.1	481.5	0.0	0.0	793.8	793.8
-16.25	4.67	96.0	530.2	917.9	1448.1	507.8	0.0	0.0	928.3	928.3
-16.50	4.97	96.0	566.9	976.5	1543.4	541.8	0.0	0.0	989.4	989.4
-16.75	6.29	95.6	600.2	1235.0	1835.1	572.6	0.0	0.0	1176.4	1176.4
-17.00	6.50	120.0	645.8	1276.7	1922.5	614.6	0.0	0.0	1232.4	1232.4
-17.25	6.49	120.0	691.4	1273.5	1964.9	656.3	0.0	0.0	1259.6	1259.6
-17.50	6.53	120.0	736.1	1282.3	2018.4	697.1	0.0	0.0	1293.9	1293.9
-17.75	4.84	120.0	776.8	951.2	1728.0	734.0	0.0	0.0	1107.7	1107.7
-18.00	3.90	120.0	815.2	764.8	1580.0	768.8	0.0	0.0	1012.8	1012.8
-18.25	3.33	120.0	853.2	653.3	1506.5	803.0	0.0	0.0	965.7	965.7
-18.50	3.15	115.2	878.3	618.7	1497.0	825.5	0.0	0.0	959.6	959.6
-18.75	2.92	120.0	911.3	573.3	1484.6	855.1	0.0	0.0	951.7	951.7
-19.00	2.53	120.0	941.3	495.9	1437.2	881.8	0.0	0.0	921.3	921.3
-19.25	2.16	120.0	970.8	424.8	1395.7	908.1	0.0	0.0	894.7	894.7
-19.50	1.77	99.2	999.2	347.8	1347.0	933.3	0.0	0.0	863.5	863.5
-19.75	1.61	35.6	999.6	315.2	1314.8	933.5	0.0	0.0	842.8	842.8
-20.00	1.58	21.3	991.3	310.4	1301.7	926.2	0.0	0.0	834.4	834.4
-20.25	1.72	23.2	986.5	336.9	1323.4	922.0	0.0	0.0	848.3	848.3
-20.50	1.93	25.8	979.8	379.3	1359.1	916.1	0.0	0.0	871.2	871.2
-20.75	2.11	32.6	972.2	413.6	1385.8	909.3	0.0	0.0	888.3	888.3
-21.00	2.34	35.4	964.0	460.2	1424.2	902.0	0.0	0.0	912.9	912.9
-21.25	2.51	40.7	960.8	492.4	1453.2	899.2	0.0	0.0	931.5	931.5
-21.50	2.64	46.0	957.8	518.3	1476.0	896.5	0.0	0.0	946.2	946.2
-21.75	3.06	42.8	965.2	601.1	1566.3	903.1	0.0	0.0	1004.0	1004.0
-22.00	4.04	57.9	981.8	792.5	1774.3	917.8	0.0	0.0	1063.7	1063.7
-22.25	5.58	89.8	991.3	1095.9	2087.1	926.2	0.0	0.0	1251.3	1251.3
-22.50	7.20	111.5	1012.1	1412.8	2424.9	944.7	0.0	0.0	1453.8	1453.8
-22.75	9.66	120.0	1039.7	1896.8	2936.5	969.1	0.0	0.0	1882.4	1882.4
-23.00	12.59	120.0	1060.7	2472.5	3533.2	987.6	0.0	0.0	2264.9	2264.9
-23.25	13.39	120.0	1081.4	2628.9	3710.4	1005.9	0.0	0.0	2378.4	2378.4
-23.50	13.96	120.0	1102.2	2741.0	3843.1	1024.1	0.0	0.0	2463.6	2463.6
-23.75	14.47	120.0	1122.9	2841.7	3964.6	1042.2	0.0	0.0	2541.4	2541.4

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-24.00	15.00	120.0	1143.6	2945.2	4088.9	1060.3	0.0	0.0	2621.1	2621.1
-24.25	15.00	120.0	1164.4	2945.2	4109.6	1078.4	0.0	0.0	2634.4	2634.4
-24.50	15.00	120.0	1190.5	2945.2	4135.8	1101.1	0.0	0.0	2651.1	2651.1
-24.75	15.00	120.0	1211.3	2945.2	4156.5	1119.1	0.0	0.0	2664.4	2664.4
-25.00	15.00	120.0	1232.0	2945.2	4177.3	1137.0	0.0	0.0	2677.7	2677.7
-25.25	0.00	120.0	1252.7	0.0	1252.7	1154.9	0.0	0.0	751.0	751.0
-25.50	0.00	120.0	1274.1	0.0	1274.1	1173.3	0.0	0.0	763.8	763.8
-25.75	0.00	120.0	1309.8	0.0	1309.8	1204.0	0.0	0.0	785.3	785.3
-26.00	0.00	120.0	1351.1	0.0	1351.1	1239.5	0.0	0.0	810.0	810.0
-26.25	0.00	120.0	1393.7	0.0	1393.7	1275.9	0.0	0.0	835.6	835.6
-26.50	0.00	120.0	1435.5	0.0	1435.5	1311.6	0.0	0.0	860.6	860.6
-26.75	0.00	120.0	1476.2	0.0	1476.2	1346.3	0.0	0.0	885.0	885.0
-27.00	0.00	120.0	1516.1	0.0	1516.1	1380.2	0.0	0.0	908.9	908.9

Appendix - Method Koppejan - Tjaden 2023 2

level [mNAP]	$q_{b,max;i}$ [MPa]	$q_{s,max;z;i}$ [kPa]	$R_{s,cal;i}$ [kN]	$R_{b,cal;i}$ [kN]	$R_{c,cal;i}$ [kN]	$R_{t,cal;i}$ [kN]	$F_{nk,rep}$ [kN]	$F_{nk,d}$ [kN]	R_{cd} [kN]	$R_{cd,net}$ [kN]
0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.25	0.04	0.0	0.0	7.5	7.5	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5
-3.50	0.06	1.9	0.1	11.5	11.6	0.1	0.0	0.0	7.5	7.5
-3.75	0.06	1.9	1.0	11.7	12.7	1.0	0.0	0.0	8.1	8.1
-4.00	0.06	1.6	1.7	12.1	13.8	1.7	0.0	0.0	8.9	8.9
-4.25	0.06	1.8	2.3	12.7	15.1	2.3	0.0	0.0	9.7	9.7
-4.50	0.06	2.0	3.1	12.5	15.6	3.1	0.0	0.0	10.0	10.0
-4.75	0.07	1.2	3.7	14.1	17.8	3.6	0.0	0.0	11.4	11.4
-5.00	0.08	1.5	4.2	15.9	20.1	4.2	0.0	0.0	12.9	12.9
-5.25	0.09	1.8	4.8	16.7	21.6	4.8	0.0	0.0	13.8	13.8
-5.50	0.09	1.7	5.5	17.4	22.9	5.5	0.0	0.0	14.7	14.7
-5.75	0.11	1.6	6.2	21.8	27.9	6.1	0.0	0.0	17.9	17.9
-6.00	0.15	1.8	6.9	30.0	36.8	6.8	0.0	0.0	23.6	23.6
-6.25	0.16	4.0	8.3	31.6	39.8	8.2	0.0	0.0	25.5	25.5
-6.50	0.22	2.9	9.5	42.3	51.9	9.5	0.0	0.0	33.3	33.3
-6.75	0.26	5.4	11.0	50.5	61.6	11.0	0.0	0.0	39.5	39.5
-7.00	0.27	7.5	13.5	52.6	66.1	13.4	0.0	0.0	42.4	42.4
-7.25	0.28	4.8	15.9	54.7	70.6	15.8	0.0	0.0	45.2	45.2

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-7.50	0.28	11.4	19.4	55.4	74.8	19.3	0.0	0.0	44.9	44.9
-7.75	0.25	10.2	23.4	49.5	72.9	23.3	0.0	0.0	46.8	46.8
-8.00	0.26	3.5	25.6	51.2	76.7	25.4	0.0	0.0	49.2	49.2
-8.25	0.26	5.6	27.5	51.7	79.2	27.3	0.0	0.0	50.8	50.8
-8.50	0.26	6.9	30.4	51.7	82.1	30.2	0.0	0.0	49.2	49.2
-8.75	0.27	5.2	32.2	53.1	85.3	32.0	0.0	0.0	51.1	51.1
-9.00	0.27	8.4	35.2	52.9	88.1	35.0	0.0	0.0	52.8	52.8
-9.25	0.26	11.1	38.8	50.8	89.5	38.5	0.0	0.0	53.7	53.7
-9.50	0.24	6.5	41.7	47.0	88.7	41.4	0.0	0.0	53.2	53.2
-9.75	0.24	3.2	42.8	46.5	89.3	42.5	0.0	0.0	53.6	53.6
-10.00	0.26	3.2	43.8	51.1	94.9	43.4	0.0	0.0	56.9	56.9
-10.25	0.29	3.9	44.8	56.8	101.6	44.4	0.0	0.0	60.9	60.9
-10.50	0.32	4.6	46.0	62.7	108.7	45.7	0.0	0.0	65.2	65.2
-10.75	0.32	7.7	48.0	63.7	111.7	47.6	0.0	0.0	67.0	67.0
-11.00	0.40	5.0	49.7	79.1	128.8	49.2	0.0	0.0	77.2	77.2
-11.25	0.50	8.0	51.7	97.7	149.4	51.2	0.0	0.0	89.6	89.6
-11.50	1.28	8.2	55.2	252.1	307.3	54.7	0.0	0.0	197.0	197.0
-11.75	2.01	39.6	62.9	394.5	457.4	62.3	0.0	0.0	293.2	293.2
-12.00	2.16	50.7	83.6	423.9	507.5	82.7	0.0	0.0	325.3	325.3
-12.25	2.88	47.4	100.4	564.9	665.2	99.2	0.0	0.0	426.4	426.4
-12.50	2.29	70.0	123.2	449.0	572.2	121.5	0.0	0.0	366.8	366.8
-12.75	2.34	70.5	151.0	458.9	609.9	148.6	0.0	0.0	391.0	391.0
-13.00	2.41	64.9	175.6	472.3	647.9	172.4	0.0	0.0	415.4	415.4
-13.25	2.48	69.6	200.6	486.5	687.0	196.6	0.0	0.0	411.9	411.9
-13.50	2.53	73.9	226.9	497.1	724.0	221.9	0.0	0.0	434.1	434.1
-13.75	2.55	84.9	255.0	501.0	756.1	248.9	0.0	0.0	484.7	484.7
-14.00	2.40	89.3	289.5	471.6	761.1	281.8	0.0	0.0	487.9	487.9
-14.25	2.50	62.2	317.4	491.3	808.7	308.3	0.0	0.0	518.4	518.4
-14.50	3.65	34.8	330.9	716.6	1047.5	321.1	0.0	0.0	671.5	671.5
-14.75	3.78	96.0	362.4	742.8	1105.3	350.9	0.0	0.0	708.5	708.5
-15.00	3.59	96.0	398.5	705.3	1103.8	384.9	0.0	0.0	661.7	661.7
-15.25	3.27	96.0	434.2	642.8	1077.0	418.4	0.0	0.0	645.7	645.7
-15.50	3.30	96.0	464.3	647.2	1111.5	446.5	0.0	0.0	666.4	666.4
-15.75	3.07	88.6	500.6	603.8	1104.3	480.3	0.0	0.0	662.1	662.1

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-16.00	2.95	50.8	524.8	579.5	1104.2	502.8	0.0	0.0	662.0	662.0
-16.25	4.08	45.7	541.0	800.9	1342.0	517.8	0.0	0.0	860.2	860.2
-16.50	4.63	96.0	564.6	908.7	1473.3	539.7	0.0	0.0	944.5	944.5
-16.75	5.45	73.7	598.6	1069.2	1667.7	571.1	0.0	0.0	1069.1	1069.1
-17.00	5.24	120.0	636.2	1029.3	1665.4	605.7	0.0	0.0	1067.6	1067.6
-17.25	5.31	120.0	682.0	1043.3	1725.3	647.7	0.0	0.0	1106.0	1106.0
-17.50	5.28	120.0	726.9	1036.5	1763.4	688.7	0.0	0.0	1130.4	1130.4
-17.75	4.71	120.0	769.5	924.7	1694.2	727.5	0.0	0.0	1086.1	1086.1
-18.00	3.84	120.0	804.9	753.5	1558.4	759.4	0.0	0.0	999.0	999.0
-18.25	3.04	120.0	842.1	597.4	1439.6	793.1	0.0	0.0	922.8	922.8
-18.50	2.47	104.8	875.4	484.4	1359.8	822.9	0.0	0.0	871.7	871.7
-18.75	2.30	69.0	895.0	452.3	1347.3	840.5	0.0	0.0	863.6	863.6
-19.00	2.16	96.0	911.7	423.2	1334.9	855.4	0.0	0.0	855.7	855.7
-19.25	1.92	96.0	934.6	377.9	1312.6	875.9	0.0	0.0	841.4	841.4
-19.50	1.74	96.0	956.4	341.9	1298.3	895.3	0.0	0.0	832.3	832.3
-19.75	1.51	42.9	968.6	296.3	1264.9	906.1	0.0	0.0	810.8	810.8
-20.00	1.44	30.3	961.5	282.4	1243.9	899.8	0.0	0.0	797.4	797.4
-20.25	1.44	22.1	955.2	282.1	1237.3	894.2	0.0	0.0	793.1	793.1
-20.50	1.58	23.0	954.7	309.4	1264.1	893.7	0.0	0.0	810.3	810.3
-20.75	1.80	22.5	945.4	354.1	1299.4	885.4	0.0	0.0	833.0	833.0
-21.00	2.04	32.1	935.4	401.0	1336.3	876.5	0.0	0.0	856.6	856.6
-21.25	2.14	37.4	927.4	420.7	1348.1	869.4	0.0	0.0	864.2	864.2
-21.50	2.26	37.9	924.1	443.2	1367.3	866.5	0.0	0.0	876.5	876.5
-21.75	2.92	34.5	917.6	572.6	1490.3	860.7	0.0	0.0	955.3	955.3
-22.00	3.98	59.8	921.9	782.3	1704.3	864.5	0.0	0.0	1021.7	1021.7
-22.25	6.79	80.7	942.1	1333.5	2275.7	882.5	0.0	0.0	1364.3	1364.3
-22.50	10.28	120.0	969.2	2018.4	2987.6	906.6	0.0	0.0	1791.1	1791.1
-22.75	10.81	120.0	996.6	2123.0	3119.6	931.0	0.0	0.0	1999.7	1999.7
-23.00	11.09	120.0	1022.0	2178.3	3200.3	953.5	0.0	0.0	2051.5	2051.5
-23.25	11.96	120.0	1042.8	2349.3	3392.1	971.8	0.0	0.0	2174.4	2174.4
-23.50	13.07	120.0	1063.5	2567.2	3630.7	990.1	0.0	0.0	2327.4	2327.4
-23.75	13.72	120.0	1084.2	2694.0	3778.2	1008.3	0.0	0.0	2421.9	2421.9
-24.00	14.19	120.0	1105.0	2786.2	3891.2	1026.5	0.0	0.0	2494.3	2494.3
-24.25	14.68	120.0	1125.7	2882.9	4008.6	1044.6	0.0	0.0	2569.6	2569.6

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-24.50	15.00	120.0	1146.8	2945.2	4092.1	1063.0	0.0	0.0	2623.1	2623.1
-24.75	15.00	120.0	1174.0	2945.2	4119.2	1086.6	0.0	0.0	2640.5	2640.5
-25.00	15.00	120.0	1203.6	2945.2	4148.9	1112.4	0.0	0.0	2659.5	2659.5
-25.25	15.00	120.0	1229.6	2945.2	4174.9	1134.9	0.0	0.0	2502.9	2502.9
-25.50	15.00	120.0	1255.7	2945.2	4200.9	1157.4	0.0	0.0	2518.6	2518.6
-25.75	15.00	120.0	1286.5	2945.2	4231.7	1184.0	0.0	0.0	2537.0	2537.0
-26.00	15.00	120.0	1326.4	2945.2	4271.6	1218.3	0.0	0.0	2560.9	2560.9
-26.25	15.00	120.0	1367.9	2945.2	4313.2	1254.0	0.0	0.0	2585.8	2585.8
-26.50	15.00	120.0	1410.6	2945.2	4355.9	1290.6	0.0	0.0	2611.4	2611.4
-26.75	15.00	120.0	1452.7	2945.2	4398.0	1326.6	0.0	0.0	2636.7	2636.7
-27.00	15.00	120.0	1493.7	2945.2	4438.9	1361.5	0.0	0.0	2661.2	2661.2
-27.25	15.00	120.0	1533.4	2945.2	4478.7	1395.4	0.0	0.0	2685.0	2685.0
-27.50	15.00	120.0	1572.4	2945.2	4517.6	1428.6	0.0	0.0	2708.4	2708.4
-27.75	15.00	120.0	1611.5	2945.2	4556.7	1461.8	0.0	0.0	2731.9	2731.9
-28.00	0.00	120.0	1648.4	0.0	1648.4	1493.1	0.0	0.0	988.3	988.3
-28.25	0.00	120.0	1678.9	0.0	1678.9	1518.9	0.0	0.0	1006.5	1006.5
-28.50	0.00	120.0	1703.1	0.0	1703.1	1539.4	0.0	0.0	1021.1	1021.1
-28.75	0.00	120.0	1723.9	0.0	1723.9	1556.9	0.0	0.0	1033.5	1033.5
-29.00	0.00	120.0	1744.6	0.0	1744.6	1574.3	0.0	0.0	1045.9	1045.9
-29.25	0.00	120.0	1765.3	0.0	1765.3	1591.8	0.0	0.0	1058.4	1058.4
-29.50	0.00	120.0	1786.1	0.0	1786.1	1609.2	0.0	0.0	1070.8	1070.8
-29.75	0.00	120.0	1806.8	0.0	1806.8	1626.5	0.0	0.0	1083.2	1083.2

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

Appendix - Method Koppejan - Tjaden 2023 3

level [mNAP]	$q_{b,max;i}$ [MPa]	$q_{s,max;z,i}$ [kPa]	$R_{s,cal;i}$ [kN]	$R_{b,cal;i}$ [kN]	$R_{c,cal;i}$ [kN]	$R_{t,cal;i}$ [kN]	$F_{nk,rep}$ [kN]	$F_{nk,d}$ [kN]	R_{cd} [kN]	$R_{cd,net}$ [kN]
0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.25	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.50	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-3.25	0.05	0.0	0.0	9.0	9.0	0.0	0.0	0.0	5.4	5.4
-3.50	0.07	2.1	0.2	13.6	13.8	0.2	0.0	0.0	8.8	8.8
-3.75	0.07	3.2	1.6	13.3	14.9	1.6	0.0	0.0	9.5	9.5
-4.00	0.07	2.0	2.3	13.7	16.1	2.3	0.0	0.0	10.3	10.3
-4.25	0.07	2.0	3.1	14.2	17.3	3.1	0.0	0.0	11.1	11.1
-4.50	0.07	2.3	3.9	14.5	18.4	3.9	0.0	0.0	11.8	11.8
-4.75	0.08	1.4	4.6	14.8	19.4	4.6	0.0	0.0	12.4	12.4
-5.00	0.08	1.5	5.2	16.4	21.6	5.2	0.0	0.0	13.9	13.9
-5.25	0.09	1.8	5.9	17.3	23.2	5.8	0.0	0.0	14.8	14.8
-5.50	0.09	1.7	6.6	18.5	25.1	6.5	0.0	0.0	16.1	16.1
-5.75	0.11	1.6	7.2	20.9	28.1	7.1	0.0	0.0	18.0	18.0
-6.00	0.14	1.9	7.9	28.2	36.1	7.9	0.0	0.0	23.2	23.2
-6.25	0.17	3.4	8.9	33.8	42.7	8.8	0.0	0.0	27.4	27.4
-6.50	0.21	3.2	10.3	41.0	51.3	10.2	0.0	0.0	32.9	32.9
-6.75	0.28	4.0	11.7	54.8	66.5	11.6	0.0	0.0	42.7	42.7
-7.00	0.30	5.7	13.9	58.3	72.2	13.8	0.0	0.0	46.3	46.3
-7.25	0.31	7.8	16.5	60.7	77.2	16.4	0.0	0.0	49.5	49.5

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-7.50	0.32	6.4	19.5	62.4	81.8	19.3	0.0	0.0	49.1	49.1
-7.75	0.31	9.6	23.3	61.4	84.7	23.1	0.0	0.0	54.3	54.3
-8.00	0.32	4.8	25.6	62.7	88.3	25.4	0.0	0.0	56.6	56.6
-8.25	0.33	5.7	27.9	65.2	93.1	27.7	0.0	0.0	59.7	59.7
-8.50	0.37	6.6	30.7	73.6	104.3	30.5	0.0	0.0	62.5	62.5
-8.75	0.54	6.5	32.9	106.5	139.4	32.6	0.0	0.0	83.6	83.6
-9.00	0.57	14.8	37.8	112.2	150.0	37.5	0.0	0.0	89.9	89.9
-9.25	0.74	12.6	43.5	145.9	189.4	43.1	0.0	0.0	113.5	113.5
-9.50	0.80	13.1	48.1	157.1	205.1	47.6	0.0	0.0	123.0	123.0
-9.75	0.76	48.9	61.2	150.2	211.4	60.6	0.0	0.0	126.7	126.7
-10.00	0.71	45.9	79.2	139.4	218.7	78.3	0.0	0.0	131.1	131.1
-10.25	0.64	43.4	96.7	125.7	222.4	95.4	0.0	0.0	133.3	133.3
-10.50	0.57	28.5	110.1	111.6	221.8	108.4	0.0	0.0	133.0	133.0
-10.75	0.49	27.1	119.8	97.1	216.9	117.8	0.0	0.0	130.0	130.0
-11.00	0.44	10.8	124.6	86.9	211.5	122.5	0.0	0.0	126.8	126.8
-11.25	0.50	5.8	126.9	98.6	225.5	124.7	0.0	0.0	135.2	135.2
-11.50	0.70	8.4	129.0	138.3	267.3	126.8	0.0	0.0	171.4	171.4
-11.75	1.35	10.0	132.8	265.7	398.5	130.5	0.0	0.0	255.4	255.4
-12.00	2.14	34.7	142.3	419.8	562.1	139.7	0.0	0.0	360.3	360.3
-12.25	2.38	51.8	158.7	468.0	626.6	155.6	0.0	0.0	401.7	401.7
-12.50	2.18	80.1	184.3	427.5	611.8	180.4	0.0	0.0	392.2	392.2
-12.75	2.13	96.0	218.9	418.9	637.8	213.7	0.0	0.0	408.9	408.9
-13.00	2.07	96.0	255.4	406.3	661.7	248.6	0.0	0.0	424.2	424.2
-13.25	1.94	96.0	291.6	380.8	672.5	283.1	0.0	0.0	403.2	403.2
-13.50	1.78	96.0	327.7	348.6	676.3	317.2	0.0	0.0	405.5	405.5
-13.75	1.60	83.0	360.7	313.8	674.5	348.3	0.0	0.0	432.4	432.4
-14.00	1.38	65.8	388.4	270.1	658.5	374.3	0.0	0.0	422.1	422.1
-14.25	1.29	19.2	404.2	254.1	658.3	389.1	0.0	0.0	422.0	422.0
-14.50	2.55	24.0	410.2	500.4	910.6	394.7	0.0	0.0	583.7	583.7
-14.75	2.92	70.7	426.2	573.8	1000.0	409.7	0.0	0.0	641.1	641.1
-15.00	2.99	96.0	457.8	587.5	1045.3	439.2	0.0	0.0	626.7	626.7
-15.25	2.62	96.0	492.3	514.8	1007.1	471.3	0.0	0.0	603.7	603.7
-15.50	1.99	96.0	527.4	391.0	918.3	503.8	0.0	0.0	550.6	550.6
-15.75	1.57	43.9	550.8	308.3	859.1	525.4	0.0	0.0	515.0	515.0

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-16.00	1.60	42.4	551.6	313.5	865.1	526.1	0.0	0.0	518.6	518.6
-16.25	3.40	24.2	551.3	667.7	1218.9	525.8	0.0	0.0	781.4	781.4
-16.50	5.27	94.1	560.8	1035.7	1596.5	534.6	0.0	0.0	1023.4	1023.4
-16.75	5.44	96.0	592.8	1068.7	1661.5	564.1	0.0	0.0	1065.1	1065.1
-17.00	6.37	108.8	628.9	1250.6	1879.6	597.2	0.0	0.0	1204.9	1204.9
-17.25	6.65	120.0	674.1	1305.6	1979.6	638.4	0.0	0.0	1269.0	1269.0
-17.50	6.72	120.0	719.8	1318.6	2038.3	679.9	0.0	0.0	1306.6	1306.6
-17.75	6.68	120.0	764.6	1311.6	2076.2	720.5	0.0	0.0	1330.9	1330.9
-18.00	4.91	120.0	806.2	964.3	1770.5	758.0	0.0	0.0	1134.9	1134.9
-18.25	4.23	120.0	843.8	829.8	1673.6	791.8	0.0	0.0	1072.8	1072.8
-18.50	3.12	120.0	876.2	613.4	1489.5	820.7	0.0	0.0	954.8	954.8
-18.75	2.67	109.9	903.0	525.1	1428.1	844.7	0.0	0.0	915.5	915.5
-19.00	2.50	96.0	917.3	491.5	1408.8	857.4	0.0	0.0	903.1	903.1
-19.25	2.13	96.0	933.9	417.9	1351.7	872.1	0.0	0.0	866.5	866.5
-19.50	1.81	96.0	950.4	356.1	1306.5	886.8	0.0	0.0	837.5	837.5
-19.75	1.57	96.0	968.5	308.9	1277.3	902.7	0.0	0.0	818.8	818.8
-20.00	1.35	38.3	977.9	264.4	1242.3	911.0	0.0	0.0	796.4	796.4
-20.25	1.26	29.2	981.0	247.4	1228.4	913.7	0.0	0.0	787.4	787.4
-20.50	1.36	15.4	985.5	267.2	1252.7	917.7	0.0	0.0	803.0	803.0
-20.75	1.57	22.9	983.7	308.8	1292.5	916.1	0.0	0.0	828.5	828.5
-21.00	1.69	27.3	974.0	332.5	1306.5	907.5	0.0	0.0	837.5	837.5
-21.25	1.73	31.5	964.7	339.7	1304.4	899.3	0.0	0.0	836.2	836.2
-21.50	1.79	34.1	957.0	351.1	1308.1	892.4	0.0	0.0	838.5	838.5
-21.75	2.84	24.9	951.3	557.9	1509.2	887.4	0.0	0.0	967.4	967.4
-22.00	6.11	58.4	961.0	1199.2	2160.1	896.0	0.0	0.0	1295.0	1295.0
-22.25	9.23	120.0	998.0	1812.0	2810.1	928.8	0.0	0.0	1684.7	1684.7
-22.50	11.11	120.0	1035.5	2181.7	3217.2	961.9	0.0	0.0	1928.8	1928.8
-22.75	11.61	120.0	1061.5	2280.0	3341.5	984.8	0.0	0.0	2142.0	2142.0
-23.00	12.06	120.0	1086.8	2368.4	3455.1	1007.0	0.0	0.0	2214.8	2214.8
-23.25	12.49	120.0	1107.8	2452.6	3560.4	1025.5	0.0	0.0	2282.3	2282.3
-23.50	12.96	120.0	1128.5	2545.4	3673.9	1043.6	0.0	0.0	2355.1	2355.1
-23.75	13.41	120.0	1149.3	2633.6	3782.9	1061.7	0.0	0.0	2424.9	2424.9
-24.00	13.82	120.0	1170.0	2714.5	3884.5	1079.7	0.0	0.0	2490.1	2490.1
-24.25	14.21	120.0	1190.7	2789.4	3980.2	1097.7	0.0	0.0	2551.4	2551.4

This document is the property of Hektec BV. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval.

CALCULATION NOTE

-24.50	14.93	120.0	1211.5	2930.8	4142.3	1115.7	0.0	0.0	2655.3	2655.3
-24.75	15.00	120.0	1232.4	2945.2	4177.7	1133.8	0.0	0.0	2678.0	2678.0
-25.00	15.00	120.0	1259.7	2945.2	4205.0	1157.4	0.0	0.0	2695.5	2695.5
-25.25	15.00	120.0	1285.8	2945.2	4231.0	1179.7	0.0	0.0	2536.6	2536.6
-25.50	15.00	120.0	1311.8	2945.2	4257.0	1202.1	0.0	0.0	2552.2	2552.2
-25.75	0.00	120.0	1337.8	0.0	1337.8	1224.3	0.0	0.0	802.0	802.0
-26.00	0.00	120.0	1370.5	0.0	1370.5	1252.3	0.0	0.0	821.7	821.7
-26.25	0.00	120.0	1410.6	0.0	1410.6	1286.5	0.0	0.0	845.7	845.7
-26.50	0.00	120.0	1452.8	0.0	1452.8	1322.5	0.0	0.0	871.0	871.0
-26.75	0.00	120.0	1495.5	0.0	1495.5	1358.8	0.0	0.0	896.6	896.6
-27.00	0.00	120.0	1537.3	0.0	1537.3	1394.3	0.0	0.0	921.7	921.7
-27.25	0.00	120.0	1577.8	0.0	1577.8	1428.5	0.0	0.0	945.9	945.9
-27.50	0.00	120.0	1617.4	0.0	1617.4	1462.1	0.0	0.0	969.7	969.7



BIJLAGE

C Controle kopplaat en schachtspanning



Controleberekening schachtspanning

Werk:	Herman Gorterstraat 20
Plaats:	Amsterdam
Werknr.:	H221363
Datum:	23-06-223

buisprofiel klasse 1	
$\gamma_{M0} =$	1,0
Staal S	355
$f_y =$	355 N/mm ²
$E_s =$	210.000 N/mm ²
$\phi_{casing} =$	168,3 mm
t =	10 mm
$t_{corr} =$	1,75 mm
$N_{ed} =$	1.025 kN
$V_{ed} =$	0 kN
exc. =	50 mm
$M_{ed} =$	51,25 kNm

$V_{pl,Rd} = A_v \times (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$ $A_v = 2 \times A / \pi$ $q = 1,03 \times \sqrt{1 - (V_{ed} / V_{pl,Rd})^2}$ $M_{V,Rd} = q \times M_{pl,Rd} / \gamma_{M0}$ $N_{V,Rd} = q \times N_{pl,Rd} / \gamma_{M0}$ toets: $M_{ed} / [1,04 \times M_{V,Rd}] + (N_{ed} / N_{V,Rd})^{1,7}$	uit $N_{Ed} = N_{ed;s} + N_{ed;b} \quad \delta_s = \delta_b$ $V_{Ed} = V_{ed;s} + V_{ed;b} \quad \delta_s = \delta_b$ $M_{Ed} = M_{ed;s} + M_{ed;b} \quad \kappa_s = \kappa_b$ volgt $N'_b = N'_{ed} / [1 + (E_s A_s / E_b A_b)]$ $V'_b = V'_{ed} / [1 + (E_s A_s / E_b A_b)]$ $M'_b = M'_{ed} / [1 + (E_s I_s / E_b I_b)]$
--	--

$\phi_{casing,corr} =$	164,8 mm	$N'_b =$	295,7 kN
$\phi_{inw} =$	148,3 mm	$N'_s =$	729,3 kN

$A_s =$	4.057,5 mm ²	$A_b =$	17.273,2 mm ²
$I_s =$	12.464.575,3 mm ⁴	$I_b =$	23.742.940,4 mm ⁴
$W_s =$	151.269,1 mm ³	$W_b =$	320.201,5 mm ³
$W_{pl} =$	202.377,4 mm ³		
$E_s =$	210.000 N/mm ²	$E_{b,\infty} =$	20.000 N/mm ²
$E_s \times I_s =$	2,618E+12 Nmm ²	$E_b \times I_b =$	4,749E+11 Nmm ²
$E_s \times A_s =$	8,521E+08 N	$E_b \times A_b =$	3,455E+08 N

$N_{pl,Rd} =$	1.440,4 kN	$N_{pl,Rd} =$	$A_s \times f_y$
$V_{pl,Rd} =$	529,4 kN	$V_{pl,Rd} =$	$A_v \times (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$ met $A_v = 2 \times A_s / \pi$
$M_{pl,Rd} =$	71,8 kNm	$M_{pl,Rd} =$	$W_{pl} \times f_y$

q =	1,03	-	
$M_{ed} / [1,04 \times M_{V,Rd}] =$	0,67	-	$M_{ed} / M_{V,Rd} =$ 0,71 < 1 voldoet
$(N_s / N_{V,Rd})^{1,7} =$	0,30	-	
	0,96	< 1	$\sigma_b =$ 17,12 N/mm ²
		voldoet	



Berekening spanning in kopplaat

Werk: Herman Gorterstraat 20
 Plaats: Amsterdam
 Werknr.: H221363
 Datum: 23-06-223

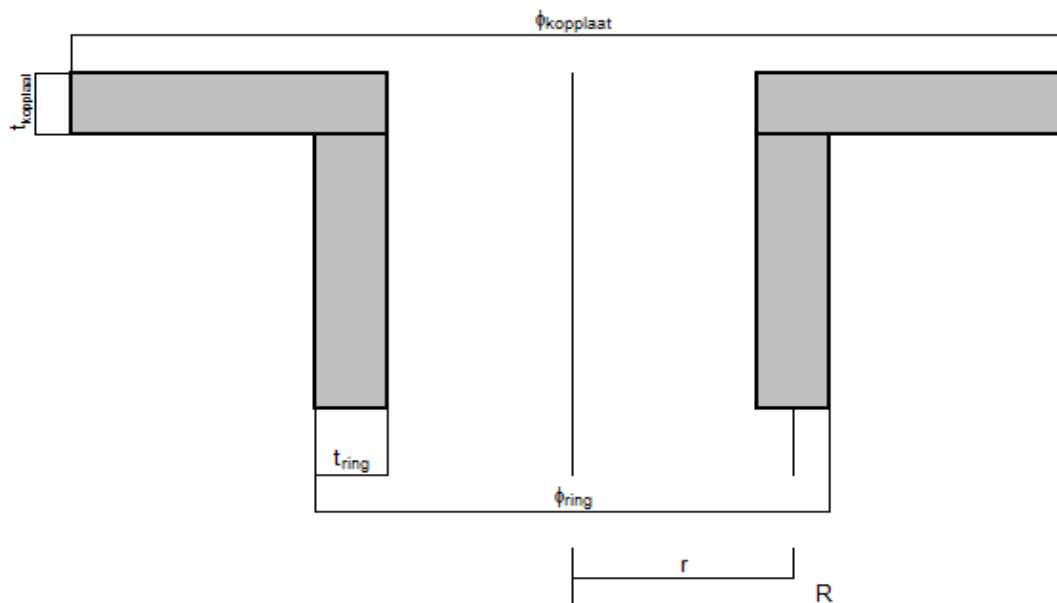
Berekening gebaseerd op Timoshenko e.a. - Theory of plates and shells.

$$\sigma = k \times q \times R^2 / t_{\text{kopplaat}}^2$$

$$k = f(a/b) = f(R/r) \quad \text{tabel 3 pag. 62}$$

kopplaat vierkant #

$l_a = l_b =$	280	mm
$t_{\text{kopplaat}} =$	50	mm
$\phi_{\text{casing}} =$	168,3	mm
$\phi_{\text{ring}} =$	210	mm
Paalbelasting $F_{c;d} =$	1.025,0	kN
Staalkwaliteit	S355	-



Afgeleide grootheden:

Kopplaat $\phi_{\text{equi}} =$	$\sqrt{4 \times l_a^2 / \pi} =$	315,9	mm
$R =$	$1/2 \times \phi_{\text{equi}} =$	158,0	mm
$r =$	$1/4 \times (\phi_{\text{casing}} + \phi_{\text{ring}}) =$	94,6	mm
$A_{\text{kopplaat\#}} =$	$l_a \times l_b - 1/4 \times \pi \times \phi_{\text{casing}}^2 =$	56.153,7	mm ²
$q =$	$F_{c;d} / A_{\text{kopplaat\#}} =$	18,25	N/mm ²

Buigend moment.

Tabel 3, case: 2
 $a/b = R/r = 1,67$
 $k = 1,48$

$\sigma = k \times q \times R^2 / t_{\text{kopplaat}}^2 =$	269,6	N/mm ²	\leq	f_y	\leq	335	N/mm ²	voldoet	u.c. =	0,80	\leq	1,00	voldoet
--	-------	-------------------	--------	-------	--------	-----	-------------------	---------	--------	------	--------	------	----------------

Lasberekening

$f_u =$	470	N/mm ²	$\gamma_{M2} =$	1,25	-
$a_{\text{las;min}} =$	4,0	mm	$\beta_w =$	0,9	-

$\sigma_1 = \tau_1 = F_{s;d} \times \sqrt{2} / (4 \times a_{\text{las}} \times l_{\text{eff}})$	171,4	N/mm ²	\leq	$0,9 \times f_u / \gamma_{M2} =$	338,4	N/mm ²	voldoet	u.c. =	0,51	\leq	1,00	voldoet
---	-------	-------------------	--------	----------------------------------	-------	-------------------	---------	--------	------	--------	------	----------------

$\sigma_{w;s;d} = \sqrt{[\sigma_1^2 + 3 \times \tau_1^2]} =$	342,7	N/mm ²	\leq	$f_u / (\beta_w \times \gamma_M) =$	417,8	N/mm ²	voldoet	u.c. =	0,82	\leq	1,00	voldoet
--	-------	-------------------	--------	-------------------------------------	-------	-------------------	---------	--------	------	--------	------	----------------



Berekening sterkte trekking

Werk: Herman Gorterstraat 20
 Plaats: Amsterdam
 Werknr.: H221363
 Datum: 23-06-223

Berekening gebaseerd op Timoshenko e.a. - Theory of plates and shells.

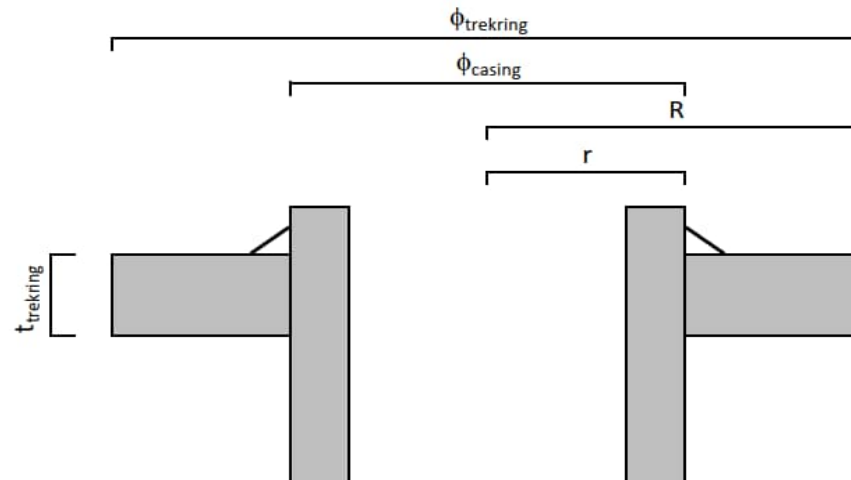
$$\sigma = k \times q \times R^2 / t_{\text{kopplaat}}^2$$

$$k = f(a/b) = f(R/r) \quad \text{tabel 3 pag. 62}$$

ϕ_{trekring}	240	mm
t_{trekring}	25	mm
ϕ_{casing}	168,3	mm
Paalbelasting $F_{t,d}$	295,0	kN
Betonkwaliteit	C30/37	-
Staalkwaliteit	S355	-

Afgeleide grootheden:

Kopplaat	$R = \frac{1}{2} \times \phi_{\text{trekring}} =$	120,0	mm
	$r = \frac{1}{2} \times \phi_{\text{casing}} =$	84,2	mm
	$A_{\text{trekring}} = \frac{1}{4} \times \pi \times (\phi_{\text{trekring}}^2 - \phi_{\text{ring}}^2) =$	22.992,6	mm ²
	$\sigma_c = q = F_{t,d} / A_{\text{trekring}} =$	12,83	N/mm ²



Buigend moment.

Tabel 3, case:	2				
$a/b = R/r =$	1,43				
$k =$	1,03				
$\sigma = k \times q \times R^2 / t_{\text{kopplaat}}^2 =$	305,4	N/mm ²	$\leq f_y$		
				≤ 355	N/mm ² voldoet
			uc 0,86		voldoet

Controle betonspanning onder ring

Spanning onder ring	$\sigma_c =$	12,83	N/mm ²
Toetsing conform NEN-EN-1-1+C2:23011/NB:2011			
art. 10.9.4.3 (7): oplegdruk $\leq 0,7 \cdot f_{cd}$			
	$f_{cd} =$	20,00	N/mm ²
	$0,7 \cdot f_{cd} =$	14,00	N/mm ²
	$UC = \sigma_c / 0,7 \cdot f_{cd} =$	0,9	$\leq 1,0$
			voldoet

Lasberekening

$f_u =$	490	N/mm ²			
$a_{\text{las,min}} =$	4,0	mm	$\gamma_{M2} =$	1,25	-
$\sigma_1 = \tau_1 = F_{t,d} \times \sqrt{2} / (\frac{1}{2} \times 4 \times a_{\text{las}} \times l_{\text{eff}})$			$\beta_w =$	0,9	-
$\sigma_1 = \tau_1 =$	98,6	N/mm ²	$\leq 0,9 \times f_u / \gamma_{M2} =$	352,8	N/mm ² voldoet
$\sigma_{w,s;d} = \sqrt{[\sigma_1^2 + 3 \times \tau_1^2]} =$			uc 0,45		voldoet
$\sigma_{w,s;d} =$	197,3	N/mm ²	$\leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_M) =$	435,6	N/mm ² voldoet



BIJLAGE

D Specificaties grout

Bruil Groutmortel WP2

Bruil Groutmortel WP 2 is een fabrieksmatig vervaardigde cementgebonden droge mortel, geleverd op samenstelling.

Toepassing

Bruil Groutmortel WP 2 is geschikt voor het vullen van gROUTANKERS en funderingspalen

Producteigenschappen

Bindmiddel	Cement	(NEN-EN 197-1)
Vulstof	Kalksteenmeel	(NEN-EN 13139)
Toevoegingen	Hulpstoffen	(NEN-EN 934-3)
Maximale korrel	< 200 µm	
Waterbehoefte	49 %	
Volumieke massa (bij wb: 49%)	1790 ± 15 kg/m ³	
Verwerkingstijd	2 uur	
Buig-treksterkte (bij wb: 49%)	≥ 5,0 N/mm ²	
Druksterkte (bij wb: 49%)	≥ 35 N/mm ²	

Gebruiksaanwijzing

Zakgoed:

Doseer ca. 12 liter schoon leidingwater per zak van 25kg in een schone kuip of speciemolen. Voeg hier de benodigde hoeveelheid Bruil Groutmortel WP 2 aan toe. Meng machinaal tot een homogene plastische groutspecie ontstaat.

Silo:

Maak gebruik van schoon leidingwater en stel de waterbehoefte op de doorstroommenger zodanig in tot de gewenste verwerkbaarheid is verkregen.

Verwerk de groutspecie binnen 2 uur bij een omgevingstemperatuur van 5 tot 30 °C. Machines en gereedschap direct na gebruik reinigen met water.

Nabehandeling

Bescherm de aangebrachte groutspecie indien nodig tegen ongunstige weersinvloeden (regen, tocht, vorst en zon) en in het bijzonder bevriezing. Bijvoorbeeld door bovenkant te isoleren.

Verbruik

Het verbruik is sterk afhankelijk van de toepassing van het product.

Eén zak Bruil Groutmortel WP 2 mortel van 25kg levert ca. 20 liter groutspecie op.

De uitlevering in bulk per ton is afhankelijk van de waterdosering (zie tabel 1)

indicatief mengselvolume en volumieke massa specie bij verschillende waterbehoeftes

1 ton drogemortel (liter)	toevoeging water per ton mortel (liter)	lucht 1 % (liter)	totaal mengsel (liters)	wcf	Volumieke massa (kg/m ³)
345	300	6	651	0,38	1996
345	350	7	702	0,44	1923
345	400	7	752	0,50	1861
345	450	8	803	0,56	1806
345	500	8	853	0,63	1758
345	550	9	904	0,69	1715
345	600	9	954	0,75	1676

Ecologie/ toxicologie

Bij normaal gebruik levert het product geen gevaar op voor mens en milieu. De verpakking helemaal leegmaken, productresten laten drogen en/of verharden en als normaal bouwafval afvoeren.

Veiligheidsvoorschriften

Van alle Bruil beton & mix producten is een separaat veiligheidsinformatieblad beschikbaar. Neem deze informatie altijd van tevoren door. Niet in combinatie met andere middelen gebruiken tenzij nadrukkelijk vermeld in deze documentatie.

Leveringsvorm

Bruil Groutmortel WP 2 wordt geleverd in de volgende verpakkingseenheden:

Verpakking	Gewicht	Equipment
Zakgoed	25 kg	Nvt
Big bag	1000 kg	Nvt
Silo	Ca. 22.000 kg	D100b, SMP, D150 (nat) Schuine worm (droog)

Opslag en houdbaarheid

Bruil Groutmortel WP 2 droog en vorstvrij opslaan. In ongeopende verpakking minimaal 1 jaar na productiedatum houdbaar. (zie zijkant verpakking of afleverbon)

Overige informatie

De informatie berust op onze huidige kennis en ervaring en is van toepassing op het product zoals door ons geleverd. Bruil beton & mix verstrekt deze informatie zonder waarborg en aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade welke zou kunnen ontstaan uit het gebruik van deze informatie. Dit product is speciaal bedoeld voor de professionele verwerker

Keurmerken

Bruil Groutmortel WP 2 wordt geleverd onder het KOMO certificaat conform BRL 1904 en is gecertificeerd conform Besluit Bodem Kwaliteit.



734-ji-f



734-ji-BBK
vormgegeven bouwstof

Vragen en advies

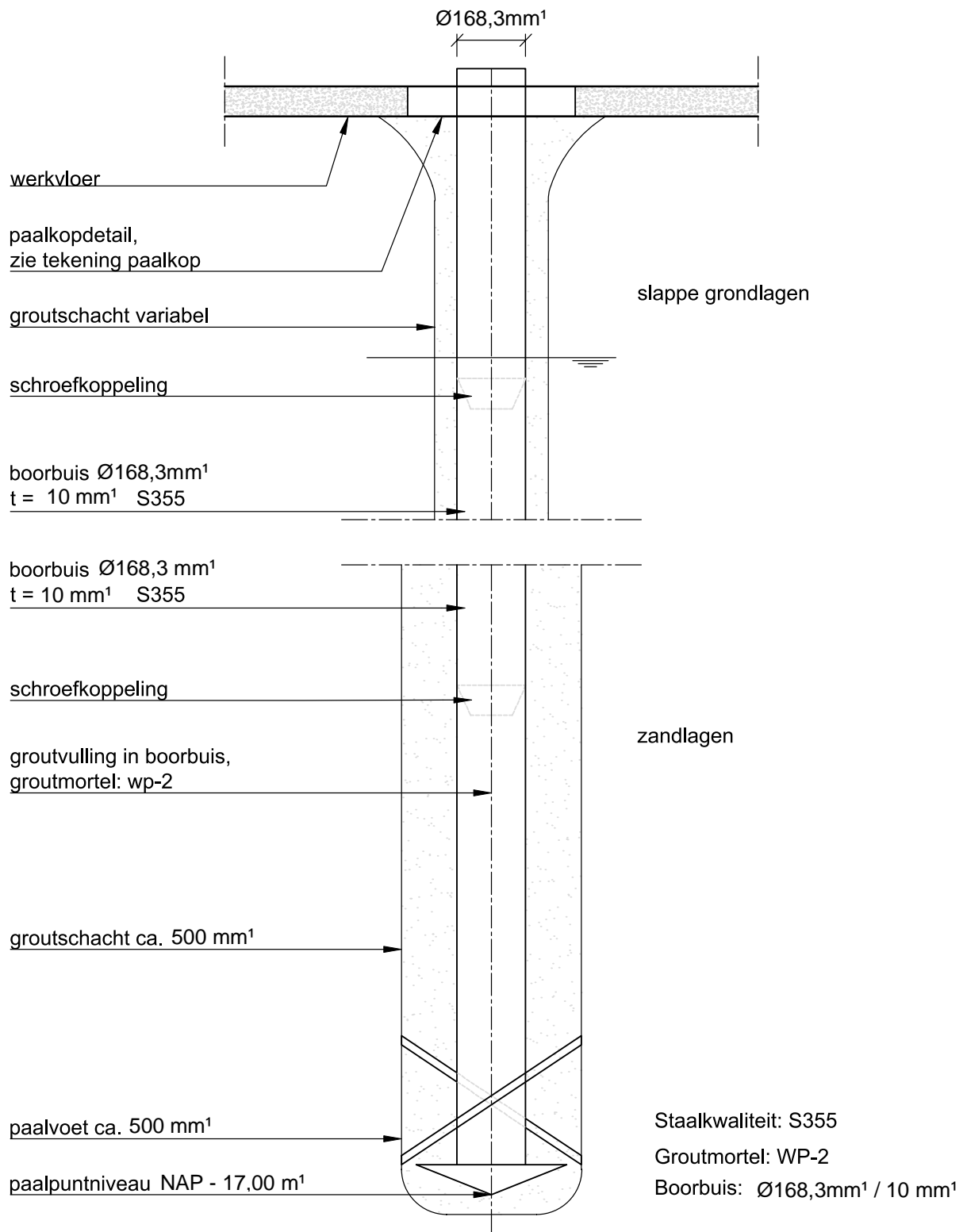
Voor vragen of deskundig advies met betrekking tot de verwerking van Bruil Groutmortel WP 2 kunt u contact opnemen met onze technisch adviseurs. Voor overige informatie verwijzen wij u graag naar onze website.

Bruil beton & mix
Galvanistraat 8
Postbus 19
NL-6710 BA Ede
www.bruil.nl



BIJLAGE

E Paaltekening



Datum: 23-06-2023

Opdrachtgever: RSW Bouw

Hektec BV
Postbus 88
1462 ZH Middenbeemster



tel 0299 420808
fax 0299 313025
e-mail: info@hektec.nl

Project: **Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20**

PAALTEKENING

Waal-Compact-Paal Ø168,3mm¹ / 10 mm¹

Schaal:

-

Formaat:

A4

Projectnr.:

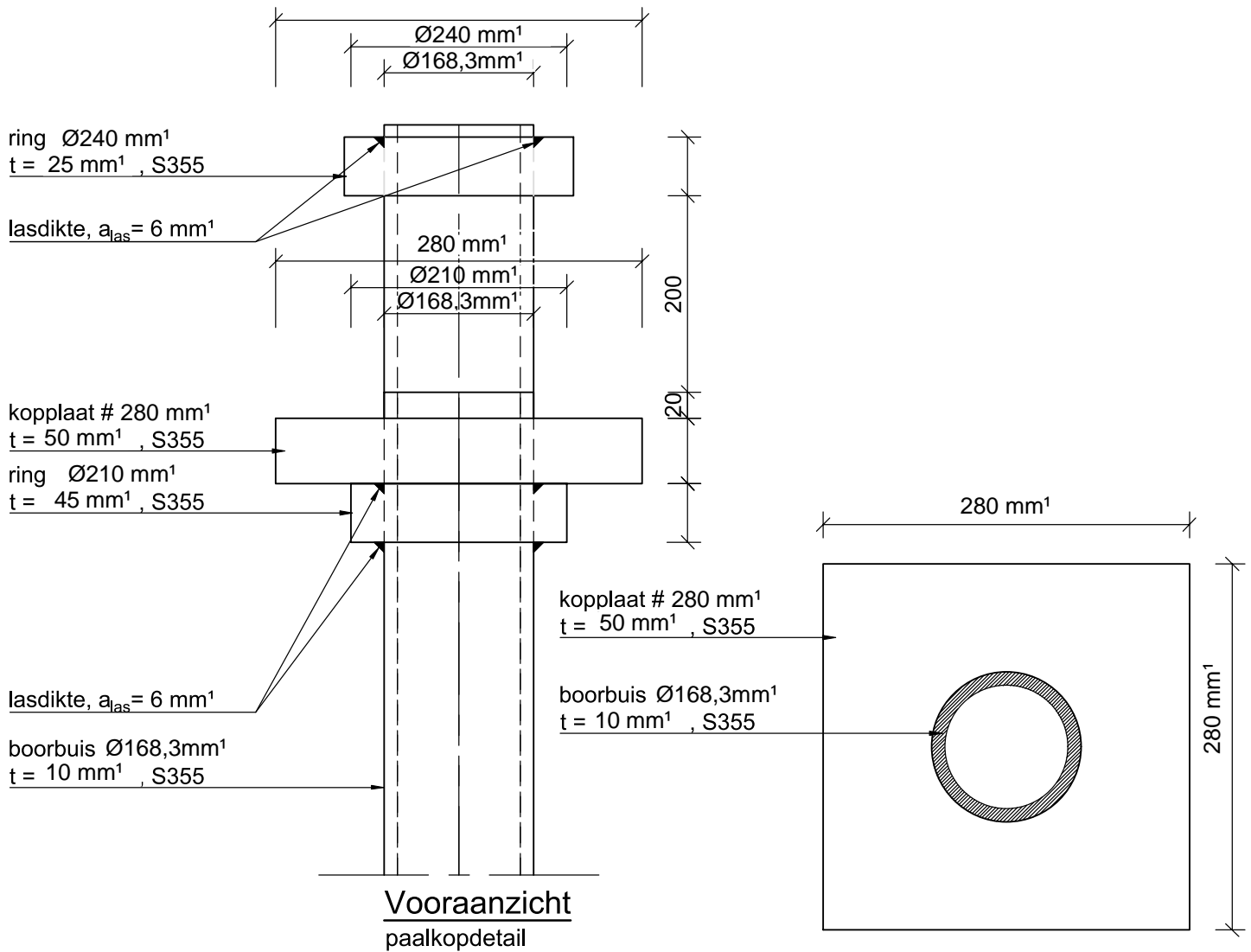
H22.1263

Getekend:

Vericcate:

Volgnr.:

1.1



Vooraanzicht
paalkopdetail

Bovenaanzicht

Plaat # 280 mm¹
t = 50 mm¹ , S355

Datum: 23-06-2023

Opdrachtgever: RSW Bouw

Hektec BV
Postbus 88
1462 ZH Middenbeemster



tel 0299 420808
fax 0299 313025
e-mail: info@hektec.nl

Project: **Amsterdam - Woning Herman Gorterstraat 20**

KOPDETAIL

Waal-Compact-Paal $\varnothing 168,3\text{mm}^1 / 10\text{mm}^1$

Schaal:

-

Formaat:

A4

Projectnr.:

H22.1263

Getekend:

Verificatie:

Volgnr.:

1.2

5.2

BIJLAGE 2 – GEOHYDROLOGISCH RAPPORT

BIJ
LAGE
GE



datum

30 mei

2023

geohydrologisch onderzoek

zwembad en parkeerkelder Herman
Gorterstraat 20 te Amsterdam

status : definitief

versie : 2

opdrachtgever

Adviseur

Loots Grondwatertechniek

ing. [REDACTED]

kenmerk

10770321B.2



Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Bronvermelding.....	4
3	Uitgangspunten.....	5
3.1	Ondergrondse object(en) bestaand versus nieuw	5
3.2	Klimaat, regen en verdamping	6
3.3	Bodemopbouw, grondwaterstand en grondwaterstroming regionaal.....	7
3.4	Opbarstberekening bouwfase.....	9
4	Berekeningsresultaten en oplossingsrichtingen	10
4.1	[Oplossing 1] Grondverbetering traditioneel.....	10
4.2	[Oplossing 2] Grondverbetering met gaten	11
4.3	[Oplossing 3] Bypass.....	13
4.4	[Oplossing 4] Grondverbetering naast de barrière	14
4.5	Locatie maatregelen (bovenaanzicht)	15
5	Conclusie en aanbevelingen	16
5.1	Grondwaterneutrale bouw	16
5.2	Afwatering perceel	16
5.3	Risico's.....	18
5.4	Monitoring.....	18
5.5	Vervolgstappen.....	19
	Bijlage 1 – Gegevens voor specialisten.....	21
	Bijlage 1.1 – Bodemeigenschappen en berekening kD-waarde.....	22
	Bijlage 1.2 – Grondwateraanvulling op perceel	23
	Bijlage 1.3 – Details berekening grondverbetering met gaten	24
	Bijlage 1.4 – Details berekening Bypass.....	28
	Bijlage 1.5 – Wh 2050 berekening	29
	Bijlage 2 – Tekeningen	37
	Bijlage 3 – Grondonderzoeken	38
	Bijlage 4 – Opbarstberekening.....	39

1 Inleiding

De opdrachtgever wenst een zwembad en ondergrondse parkeergarage aan te leggen naast (de reeds vergunde kelder onder het woonhuis). De opdrachtgever wenst duidelijkheid op het gebied van grondwater. De opdrachtgever wil weten hoe de kelder aangelegd kan worden zonder negatieve effecten (grondwaterneutraal ontwerp). De opdrachtgever wil weten welke maatregelen geschikt zijn en welke overheidsnormen van toepassing zijn.

Helderheid op deze punten is van belang. De opdrachtgever wenst een verantwoorde beslissing te nemen over de aanleg van een zwembad en ondergrondse parkeergarage.

De maatregelen voor de kelder onder het woonhuis zijn beschouwd in geohydrologisch onderzoek 10770321B.1 (11-7-2022).

In het kort: Wat is een geohydrologisch onderzoek?

Wanneer we bouwen beneden de grondwaterstand heeft dat impact. Grondwater staat namelijk nooit langdurig stil; een waterdicht bouwwerk is daardoor een belemmering voor grondwater. Grondwater moet dus om (of zelfs over) de belemmering stromen. In extreme situaties kan hierdoor wateroverlast en/of -schade ontstaan. Dat is niet gewenst.

Het geohydrologisch onderzoek berekent welke aanvullende maatregelen ervoor zorgen dat een bouwwerk geen belemmering oplevert. Een grondwaterneutraal ontwerp is het doel. Dat betekent dat het nieuwe bouwwerk geen verandering veroorzaakt ten opzichte van de bestaande situatie op het gebied van geohydrologie (grondwaterstanden en/of -stroming).

Doel geohydrologisch onderzoek

1. [hoofddoel] Geohydrologische maatregelen bepalen → hoofdstuk 4 en 5.1
2. Maatregelen afwatering regenwater → hoofdstuk 5.2
3. Verschil geohydrologisch nieuw en bestaand → hoofdstuk 3.1
4. Rekening houden met klimaat(sverandering) → hoofdstuk 3.2
5. Risico's en beheersmaatregelen in beeld brengen → H5.3
6. Monitoring voor risicobeheersing in beeld brengen → hoofdstuk 5.4
7. Vervolgstappen voor een optimaal vervolg → hoofdstuk 5.5
8. Project, bodem en grondwater in beeld brengen → hoofdstuk 3 (bijlage 1)
9. Inzicht geven welke parameters/onderzoeken beschikbaar zijn → bijlagen 1 en 3
10. Inzicht geven welke berekeningen zijn uitgevoerd → bijlage 1 en hoofdstuk 4

Navigatie geohydrologisch onderzoek

Het is mogelijk snel door dit rapport te navigeren door op de blauwe tekst te klikken (soms is klikken in combinatie met CTRL-knop noodzakelijk). Bijvoorbeeld:

- Door op de tekst in de inhoudsopgave te klikken gaat u direct naar het desbetreffende hoofdstuk.
- Door op de koptekst te klikken gaat u direct naar het desbetreffende onderwerp.

Leeswijzer geohydrologisch onderzoek

Volgens Loots bereikt het geohydrologisch onderzoek het beste zijn doel als de opdrachtgever de maatregelen (nut en doel) zo goed mogelijk begrijpt. We kiezen bewust ervoor zoveel

mogelijk jargon en details in de hoofdtekst te vermijden. In hoofdstuk 5 staan de conclusies en aanbevelingen. We bevelen u ten zeerste aan dit hoofdstuk goed te lezen.

Essentiële specialistische informatie en berekeningen staan in bijlage 1.

Versiebeheer **Opmerking**

definitief 1

definitief 2 Aanvulling oplossing 1 en 4

Algemene voorwaarden

Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de [DNR 2011](#) van toepassing. Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, aangepast en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Loots Grondwatertechniek, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

2 Bronvermelding

1. **SBR.** 190.03 *Bemaling van bouwputten*. Rotterdam : SBR, 2003.
 2. —. 273.98 *Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsval op de bebouwing*. Rotterdam : SBR, 1998.
 3. **Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Milieu.** Bodemloket. [Online] 2013. <http://www.bodemloket.nl>.
 4. **Nederlands Normalisatie-instituut.** *NEN 9997-1+C1-2012*. Normcommissie 351 006 "Geotechniek". Delft : NEN, 2012. ICS 91.080.01; 93.020.
 5. **Dinoloket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond.** *Ondergrondgegevens*.
 6. **Kadaster.** *Basisregistraties Adressen en Gebouwen*.
 7. **Lootsgwt.** 10770321B.1 *geohydrologisch onderzoek*. 11-7-2022.
 8. **HofmanDujardin.** 2036 *tekeningen*. 24-47-2023.
- ! Loots Grondwatertechniek staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

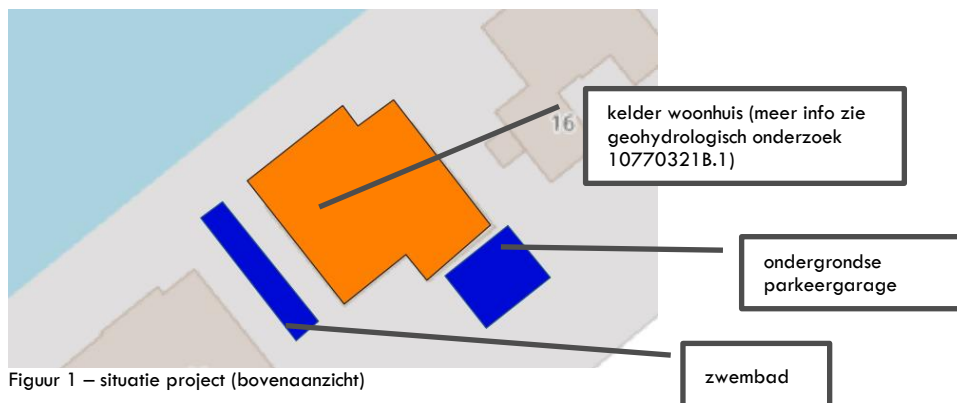
3 Uitgangspunten

De uitgangspunten van dit project staan in dit hoofdstuk. Uitgangspunten zijn de basis van elk project. Bij foutieve uitgangspunten is het resultaat onnauwkeurig. Controle is wenselijk, omdat uitgangspunten wijzigen in een normaal ontwerpproces.

De (adviseur van) opdrachtgever wordt geadviseerd om tenminste de uitgangspunten in H3.1 (afmetingen nieuwe situatie) te (laten) controleren, zeker na wijzigingen.

3.1 Ondergrondse object(en) bestaand versus nieuw

In figuur 1 zijn de langsdoorsnedes van de bestaande en nieuwe situatie naast elkaar geprojecteerd. Geconcludeerd wordt dat er sprake is van een verandering in de bodem ten opzichte van de bestaande situatie.

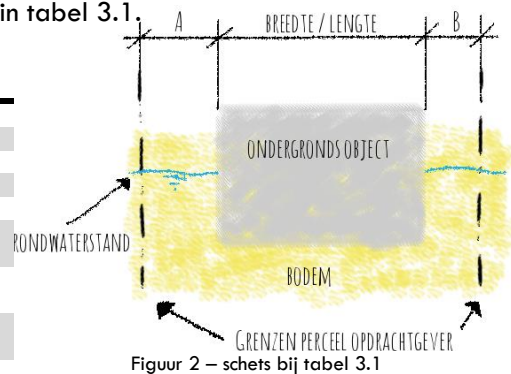


Figuur 1 – situatie project (bovenaanzicht)

In tabel 3.1 staan de maatgevende rekenwaarde voor de bestaande en nieuwe situatie naast elkaar. De schets in figuur 2 visualiseert de termen in tabel 3.1.

Tabel 3.1

vergelijking	bestaand	nieuw
omschrijving	kelder ^I	zwembad+garage
lengte barrière [m]	15,6	13,7 + 5,7
ruimte lengte (A+B) [m]	11,4	7,6
breedte barrière [m]	13,6	3,1+7
ruimte breedte (A+B) [m]	8,9	12,4
onderkant barrière [m+NAP]	-4,5	-1,7 (zwembad) + -3 (garage)
onderkant damwanden ^{II} [m+NAP]	-8	geen
belemmering ^{III} [%]	0%	35% (zwembad) 73% (garage)
kD-waarde ^{IV} [m ² /dag]	15	9,67 (zwembad) 3,98 (garage)
Bouwooppervlakte [m ²]	190	275
Tuinoppervlakte m ²	431	346



Figuur 2 – schets bij tabel 3.1

Het project valt in een vaste kD 15m²/dag-gebied van de gemeente. De gemeente heeft bepaald dat een kD-waarde van 15 m²/dag in deze wijk het beste zou passen. Loots controleert (met lokale gegevens) of het verstandig is om deze kD-waarde over te nemen (in de bijlage 1 de beschouwing).

^I Kelder = grondwaterneutraal, dus telt niet als barrière en is reeds geheel gecompenseerd met lokale maatregelen

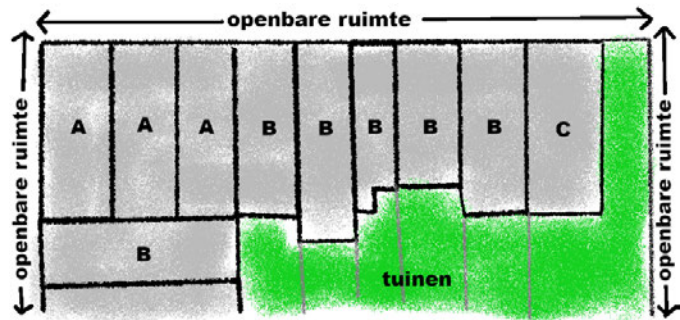
^{II} geen = geen damwanden. Bij wel waterremmende grondkering rondom staat hier de diepte van damwanden (in dit stadium is dat een conservatieve inschatting). Tussen dit stadium (voorontwerp) en de uitvoering zal gecontroleerd worden of damwanden van deze omvang (geotechnisch) noodzakelijk zijn. een getal is waterremmende grondkering tot en met de aangegeven diepte.

^{III} Percentage van het watervoerend pakket welke geblokkeerd wordt door de constructie in de stromingsrichting.

^{IV} De kD-waarde in de stromingsrichting onder de barrière, bepaald met behulp van lokaal grondonderzoek en regionale ervaring. In bijlage 1.3 is deze rekenwaarde nader toegelicht

3.2 Klimaat, regen en verdamping

De projectlocatie heeft een tuin welke grenst aan openbare ruimte (situatie C in figuur 3). Achtergrondstroming, regenwater in de tuin en verdamping in de tuin (van buiten het perceel) hebben invloed op de projectlocatie. Door de oppervlakte van de tuin te vermenigvuldigen met de hoeveelheid regen minus verdamping wordt het debiet grondwateraanvulling berekend.



Figuur 3 – situatie project

De hoeveelheid regen en verdamping per maand is bepaald aan de hand van 'verdeling neerslag in Nederland', bron: KNMI, uit grondwaterzakboekje 2016. Waarbij gerekend wordt dat 50% van het regenwater op de projectlocatie in de nieuwe en bestaande situatie direct naar openbare ruimte afstroomt (dus geen conflict met barrière).

Tabel 3.2

maand	debiet lokaal bestaand [m ³ /dag]	debiet lokaal nieuw [m ³ /dag]
januari	0,494	0,467
februari	0,396	0,378
maart	0,403	0,355
april	0,115	0,104
mei	0,16	0,145
juni	0,165	0,053
juli	0,254	0,114
augustus	0,257	0,126
september	0,406	0,351
oktober	0,525	0,453
november	0,578	0,499
december	0,563	0,531
maximum	0,578	0,531

Uit tabel 3.2 wordt afgeleid dat het maximale debiet grondwateraanvulling gelijk is aan maximaal 0,578 m³/dag op de projectlocatie. In de toekomst is er in de nieuwe situatie 8% minder debiet.

In bijlage 1.2 staan berekeningsdetails voor specialisten.

Klimaatscenario Wh 2050

Loots heeft ruim 50 modelberekeningen uitgevoerd ter bepaling van het geohydrologisch effect in de stad bij klimaatscenario Wh 2050 (KNMI). Deze modelstudie met behulp van de input van het KNMI resulteert in:

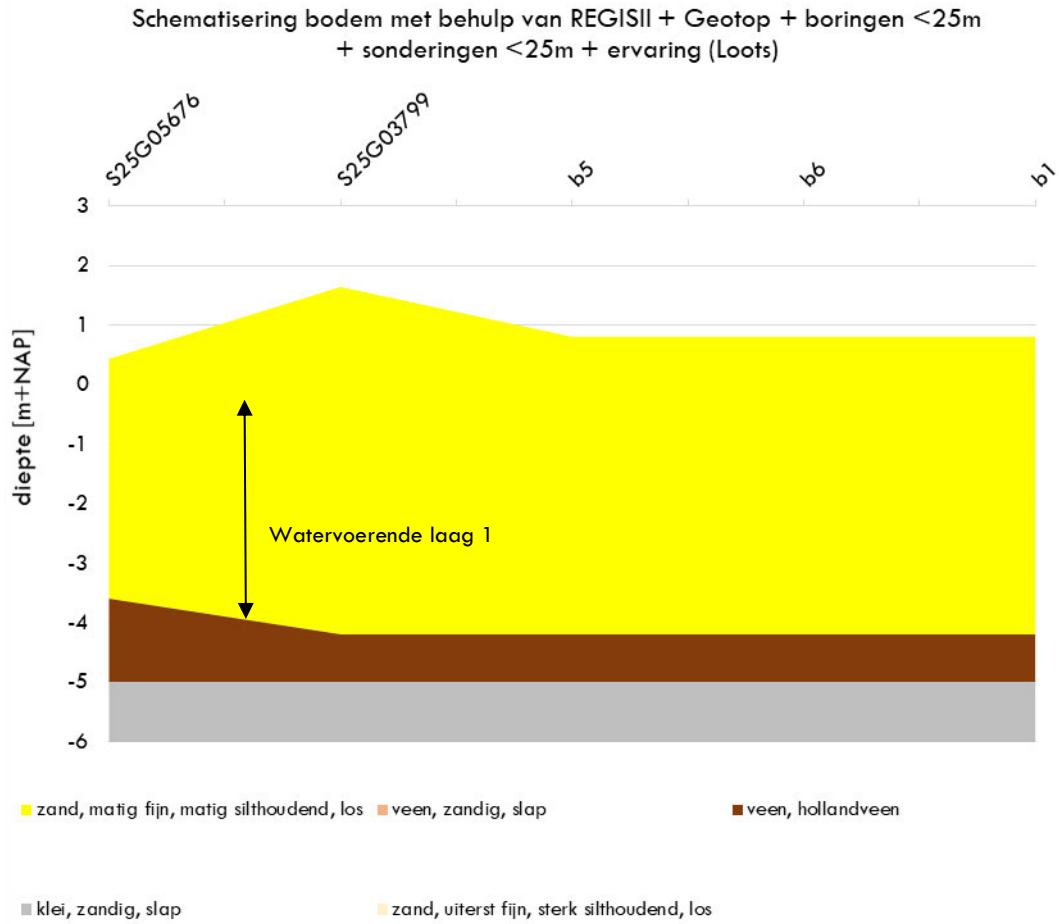
- een stijging van de gemiddeld hoge grondwaterstand tussen 0,05 en 0,12 m (afhankelijk van inrichting projectlocatie, bovengrens wordt veiligheidshalve aangehouden); EN
- een daling van de gemiddeld lage grondwaterstand tussen 0,05 en 0,25 m (afhankelijk van inrichting projectlocatie).

De resultaten uit de modelstudie worden gebruikt om de grondwatermeetreeksen (peilbuizen H3.3) aan te passen naar de situatie bij klimaatscenario Wh 2050.

In bijlage 1.5 staan berekeningsdetails voor specialisten omtrent Wh 2050 en het klimaat.

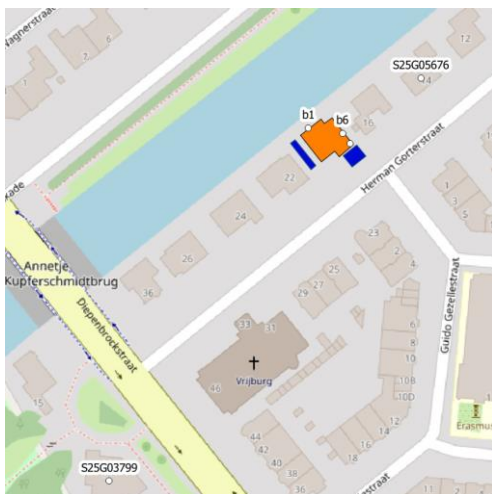
3.3 Bodemopbouw, grondwaterstand en grondwaterstroming regionaal

In figuur 4 staat een schematisering van de bodem.



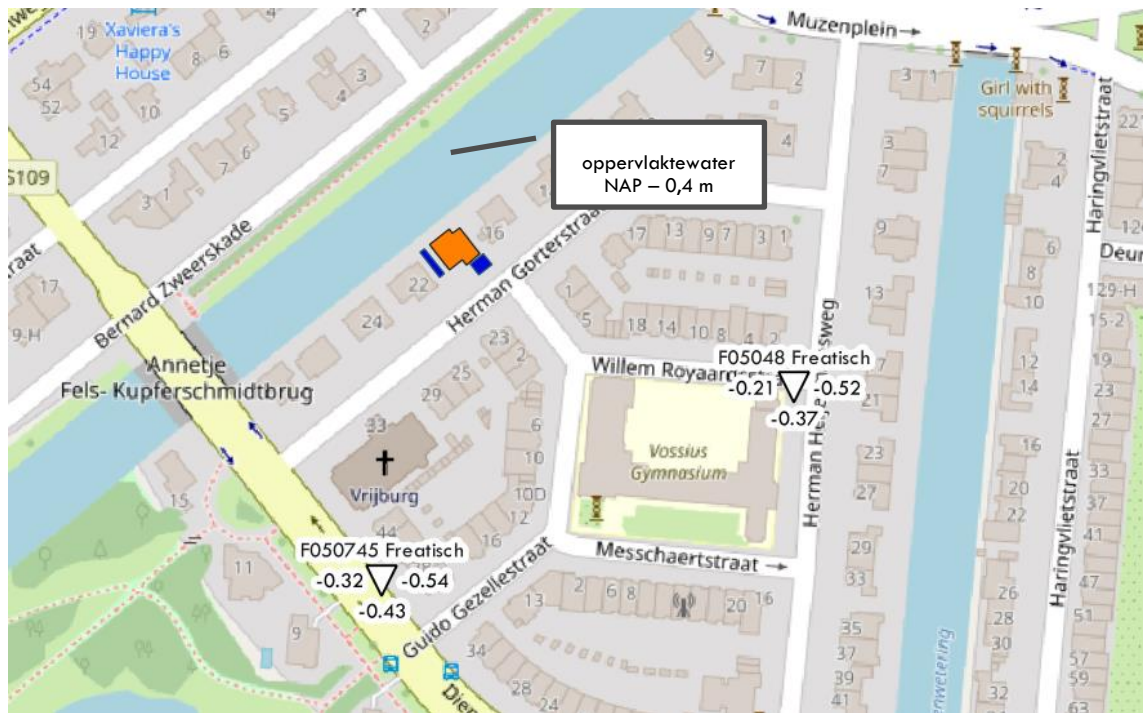
Figuur 4 – schematisering bodem

In figuur 5 staat de locatie van de bodemonderzoeken ten opzichte van de projectlocatie.



Figuur 5 – locatie grondonderzoek

In figuur 6 staat het resultaat van de grondwaterstandanalyse in de omgeving in watervoerende laag 1. Op basis van langdurige grondwaterstandmetingen is de gemiddelde grondwaterstand en grondwaterstandfluctuatie weergegeven. De details van de grondwaterstandanalyse staan in bijlage 3.



Figuur 6 – grondwaterstanden ten opzichte van NAP [m] (boven driehoek=peilbuis naam, onder driehoek=gemiddelde grondwaterstand, links driehoek=maatgevend hoge grondwaterstand, rechts driehoek=maatgevende lage grondwaterstand)

In tabel 3.3-A staat welke maatgevend hoge, gemiddelde en lage grondwaterstand berekend is op de projectlocatie.

Tabel 3.3-A

Rekenwaarde project	stroming van F05048 Freatisch	stroming naar oppervlaktewater	midden projectlocatie
inrichting (effect Wh 2050)	stad veel bomen	geen	
maatgevend hoge grondwaterstand [m+NAP]	-0,21 (-0,09*)	-0,4 (-0,4*)	-0,31 (-0,25*)
gemiddelde grondwaterstand [m+NAP]	-0,37 (-0,44*)	-0,4 (-0,4*)	-0,39 (-0,42*)
maatgevend lage grondwaterstand [m+NAP]	-0,52 (-0,77*)	-0,4 (-0,4*)	-0,46 (-0,59*)

*de grondwaterstand bij klimaatscenario Wh 2050

In tabel 3.3-B staat welke regionale grondwaterstroming van toepassing is. Met peilbuismeetreeksen is per maand een verhang bepaald tussen beide meetpunten. De stromingsrichting regionaal is richting het noorden.

Tabel 3.3-B

maand	stroming van F05048 Freatisch	stroming naar oppervlaktewater	verhang	debiet regionaal bij kD 15m ² /dag
januari	-0,33	-0,4	0,001	0,236
februari	-0,34	-0,4	0,001	0,203
maart	-0,36	-0,4	0,000	0,135
april	-0,37	-0,4	0,000	0,101
mei	-0,4	-0,4	0,000	0,000
juni	-0,39	-0,4	0,000	0,034
juli	-0,37	-0,4	0,000	0,101
augustus	-0,4	-0,4	0,000	0,000
september	-0,39	-0,4	0,000	0,034
oktober	-0,38	-0,4	0,000	0,068
november	-0,36	-0,4	0,000	0,135
december	-0,34	-0,4	0,001	0,203

maand	stroming van F05048 Freatisch	stroming naar oppervlaktewater	verhang	debiet regionaal bij kD 15m ² /dag
maximum			0,001	0,236

- ! Er is voldoende grondonderzoek bij de projectlocatie voor de bepaling van doorlatendheid.
- ! In bijlage 1.1 staan (voor specialisten) de bodemeigenschappen en -onderzoek per onderdeel.
- ! In bijlage 1.2 staan (voor specialisten) de grondwaterstandeigenschappen per onderdeel.

3.4 Opbarstberekening bouwfase

Bij een (grotere) barrière is het verplicht het opbarstrisico te beschouwen. De diepste fase (aanbrengen grondverbetering) is beschouwd (rekenblad in bijlage 4). Bij een maatgevend hoge stijghoogte van NAP -2,84m (peilbuis F05195 II) is de veiligheidsfactor (exclusief partiële materiaalfactor) gelijk aan 1,96 voor het watervoerend pakket. Daarnaast is een tussenzandlaag aanwezig, hier is de veiligheidsfactor (exclusief partiële materiaalfactor) gelijk aan 1,19. De bruto veiligheidsfactor is groter dan 1,1, dat betekent dat er verder geen maatregelen ten aanzien van opbarsten noodzakelijk zijn. In bijlage 4 zijn de details van de opbarstberekening bijgevoegd.

4 Berekeningsresultaten en oplossingsrichtingen

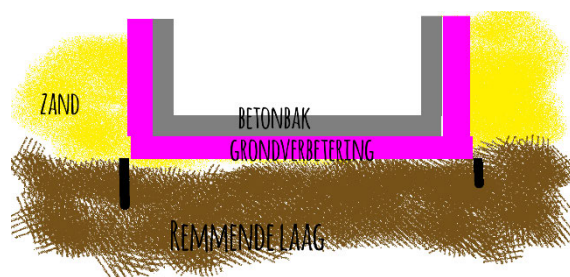
Met de uitgangspunten heeft Loots berekeningen uitgevoerd om tot de conclusie (hoofdstuk 5) te komen. In dit hoofdstuk staan de berekeningsresultaten per maatregel uitgewerkt. Voor een grondwaterneutraal ontwerp moet een van de maatregelen overgenomen worden in het ontwerp en uitvoering. Details (voor specialisten) staan zoveel mogelijk in bijlage 1.

4.1 [Oplossing 1] Grondverbetering traditioneel

Keiharde voorwaarde: Damwanden zijn niet gebruikt en/of niet aanwezig na de bouw.

Wanneer kan oplossing 1 worden toegepast in de praktijk:

1. Ontgraving zonder damwanden, dit kan alleen bij kleine ontgravingsdiepte of wanneer bebouwing op grotere afstand staat van het project;
2. Bouwput met damwanden, waarbij damwanden (vanaf niveau onderkant bouwwerk of lager) getrokken kunnen worden EN cannelures damwanden open blijven (geen werkvloer). Dat kan soms bij nieuwbouw, vaak is het niet mogelijk bij bouw onder of direct tegen bestaande bebouwing;
3. Ontgravingsniveau van dit project is hoger dan aanlegniveau houten palen burens (houten palen vallen niet droog in bouwfase).



Figuur 7 – principe (paars is maatregel), verticale zwarte strepen is een voorbeeld waarbij restant damwand (beneden onderkant barrière) niet verwijderd wordt

Voordeel: Deze maatregel is eenvoudig uit te rekenen (en te controleren), het makkelijkste toe te passen en onderhoudsvrij. De uitvoerbaarheid is bewezen (100+ jaar).

Specificaties:

De grondverbetering start vanaf de gemiddelde grondwaterstand NAP -0,39 m bij de voorgevel en loopt (zonder onderbreking onder de barrière over de gehele breedte) naar de achtergevel tot NAP -0,39 m. Als een grondverbetering bestaat uit grof zand tot grind of dunner is dan 0,3 m, dan moet de grondverbetering aangelegd worden op een grondscheidend doek. Ook moet bij grof zand tot grind tussen het betonwerk en de grondverbetering een scheidend doek worden aangebracht om te voorkomen dat beton in de grondverbetering zakt.

In tabel 4.1 staat de relatie tussen dikte grondverbetering en materiaalspecificatie grondverbetering, dit is simpel te berekenen¹. Het grondverbetering materiaal is afhankelijk van de dikte van de grondverbetering.

Tabel 4.1A - zwembad

Dikte grondverbetering onder en bij gevels ^{II} barrière [m]	Benodigde aanvullende doorlatendheid bij kD-verlies 5,33 m ² /dag	Materiaalspecificatie grondverbetering (gemiddelde korreldiameter en Nederlandse omschrijving) bij kD-verlies 5,33 m ² /dag
0,3	23*	schoon zeer grof zand (390µm)

* grondverbetering van 0,3 m wordt in freatisch pakket aangebracht. De constructie heeft een kD-verlies van 5,33 m²/dag. De grondverbetering heeft een kD-verlies van 0,3 m x 5 m/dag = 1,5 m²/dag. Totaal kD-verlies welke door grondverbetering gecompenseerd moet worden is 6,83 m²/dag. Bij een dikte van 0,3 m moet de grondverbetering een doorlatendheid hebben van (afgerond) 23 m/dag

Tabel 4.1B - garage

Dikte grondverbetering onder en bij gevels ^{III} barrière [m]	Benodigde aanvullende doorlatendheid bij kD-verlies 11,02 m ² /dag	Materiaalspecificatie grondverbetering (gemiddelde korreldiameter en Nederlandse omschrijving) bij kD-verlies 11,02 m ² /dag
0,3	42*	schoon uiterst grof zand (600µm)

* grondverbetering van 0,3 m wordt in freatisch pakket aangebracht. De constructie heeft een kD-verlies van 5,33 m²/dag. De grondverbetering heeft een kD-verlies van 0,3 m x 5 m/dag = 1,5 m²/dag. Totaal kD-verlies welke door grondverbetering gecompenseerd moet worden is 12,52 m²/dag. Bij een dikte van 0,3 m moet de grondverbetering een doorlatendheid hebben van (afgerond) 42 m/dag

¹ de formule $kD = k$ (doorlatendheid) x D (dikte). De doorlatendheid wordt berekend door $k = kD / D$. De doorlatendheid en dikte zijn omgekeerd evenredig. Wanneer er een watervoerende laag aanwezig onder de nieuwe barrière moet deze doorlatendheid gecompenseerd worden. Bijvoorbeeld in de nieuwe situatie is er 0,5 m²/dag verlies, het zand onder de kelder heeft een k-waarde van 5 m/dag. Bij een grondverbetering van 0,25 m is de benodigde kD-waarde $5 \text{ m}^2/\text{dag} + 0,5 \text{ m}^2/\text{dag}/0,25 = 7 \text{ m}^2/\text{dag}$

^{II} alleen noodzakelijk bij gevels (zie gele gevels H5.1) voor en achter de barrière

^{III} alleen noodzakelijk bij gevels (zie gele gevels H5.1) voor en achter de barrière

4.2 [Oplossing 2] Grondverbetering met gaten

Keiharde voorwaarde: Het effect van de vernauwing (convergeren en divergeren van grondwaterstroming) in de gaten moet bepaald worden. Dit kan alleen met grondwatermodellering. Deze grondwatermodellering is voor dit project uitgevoerd (details in bijlage 1.3).

Wanneer kan oplossing 2 worden toegepast in de praktijk: Altijd toepasbaar.

Voordeel: Deze maatregel is altijd toepasbaar en onderhoudsvrij. De uitvoerbaarheid is bewezen, al is de methode relatief nieuw (<10 jaar).

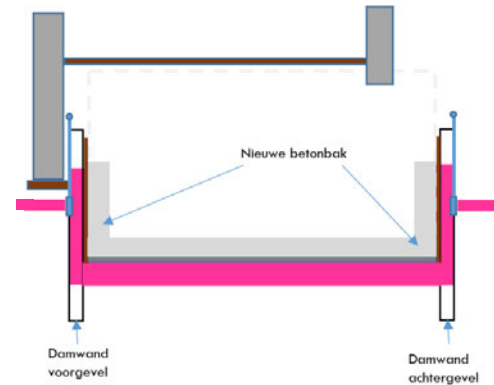
Specificaties:

De onderkant van de grondverbetering moet aangelegd worden op een grondscheidend doek. Tussen het betonwerk en de bovenkant van de grondverbetering moet er ook een scheidend doek aangebracht worden. Verder moet de grondverbetering van voor naar achter ononderbroken doorlopen. Dat betekent onder andere dat de werkvloer ter plaatse van (damwand)cannelures open moet zijn en gevuld met grondverbetering.

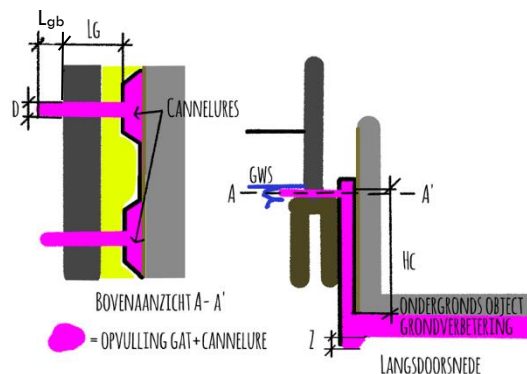
De grondverbetering conform de berekening van de grondwatermodellering moet een doorlatendheid hebben van 1250 m/dag; dit is bijvoorbeeld schoon grind (8,5mm).

In tabel 4.2 staan de details voor een grondwaterneutraal ontwerp. Afwijken van de parameters (doorlatendheid of waarden in tabel 4.2) heeft gevolgen. Sommige afwijkingen (meer gaten, grotere diameter bijvoorbeeld) betekent dat grondwatermodellering opnieuw uitgevoerd moet worden.

rekenparameters gaten in damwand per onderdeel (zwembad en/of garage)	eenheid	specificatie
diameter gat (D)	[m]	0,14
lengte gat (Lg)	[m]	0,4
lengte gat buiten (Lgb)	[m]	0,1
aanleghoogte gat (centrum)	[m+NAP]	-0,81
doorstroomhoogte cannelure (Hc)	[m]	2,29
damwandprofiel	[-]	PAL3030
oppervlakte cannelure	[m ²]	0,032307
aantal gaten openbare ruimte	[-]	4
aantal gaten bij achtergevel	[-]	4
dikte grondverbetering	[m]	0,2
dikte vuilopvang (l)	[m]	0,1



Figuur 8 – principe (paars is maatregel)



Figuur 9 – details (paars is maatregel)

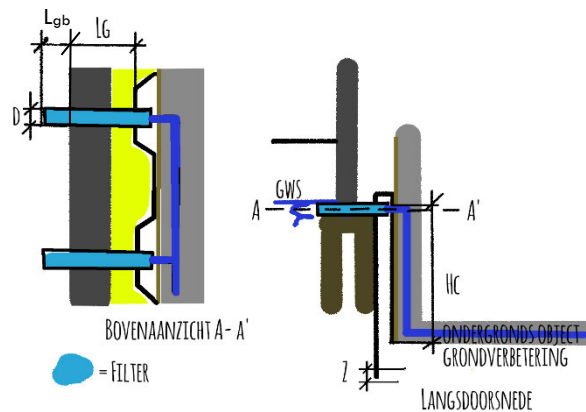
- ! **Wanneer buiten de damwand ter plaatse van de gaten geen watervoerende zandlaag zit (geen toestroming grondwater):** dan zal een additionele maatregel getroffen moeten worden om verbinding te maken met het freatisch pakket. Dit kan worden afgestemd met de geohydroloog. Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld een verticaal gat (buiten damwand) boren en vullen met grind tot en met de grondwaterspiegel.
- ! **Wanneer gaten geboord moeten worden terwijl daar een (kelder)muur van een buurman zit:** in dit geval zal (op eigen perceel) direct achter de damwand een verticaal gaten geboord tot beneden de kespen (indien aanwezig). Gaten vullen met fijn grind. In de damwand een gat boren naar verticale grindkolom. Details (vulling cannelure, etc.) zijn verder gelijk.
- ! **In bijlage 1.3** Staan de berekeningsresultaten en de details over de modellering voor specialisten.

4.3 [Oplossing 3] Bypass

Keiharde voorwaarde: Onderhoud moet mogelijk zijn. Leidingweerstandberekening is noodzakelijk. Opnamecapaciteit filters moet afgestemd worden op gewenste kD-waarde.

Toepassing in de praktijk: Altijd toepasbaar

Voordeel: Deze maatregel is altijd toepasbaar. De uitvoerbaarheid is bewezen, al is de methode relatief nieuw (<10 jaar).



Figuur 10 - principe (blauw is maatregel)

Specificaties:

Er moeten minimaal twee leidingen van voor naar achteren worden aangelegd onder het ondergronds object door. Bij elk filter zal een aansluiting voor schoonzuigen-/spoelen aangebracht moeten worden.

Onderhoud:

Op elk filter zit een opening (tijdens gebruik gesloten). Deze opening is geschikt voor het volgende:

- Een waterslang op aan te sluiten (simpel onderhoud), vervolgens andere filters open zetten en daarmee vuile delen uit het systeem spoelen (fijne delen in leidingen met name);
- Een knikkerpuls invoeren in de slang, daarmee is een ernstige verstopping (bijvoorbeeld leiding geheel gevuld met fijne delen) wel te halen. Dit door met de knikkerpuls een gat te pulsen door de verstopping;
- Een zuigpomp aan te sluiten op één filter, vervolgens de filters van de bypass regenereren door met een afsluiter het systeem te jutteren (werkwijze waarbij de onttrekking in korte frequentie gestopt en gestart wordt, hierdoor komen verstoppende delen in de filters los en wordt dit opgepompt door de zuigpomp);
- Mocht na jutteren het filter niet regenereren (schoon worden), dan is het mogelijk het filter te vervangen.

In tabel 4.3 staan de details voor een grondwaterneutraal ontwerp met de bypass.

Tabel 4.3

rekenparameters gaten in damwand per onderdeel (zwembad en/of garage)	eenheid	specificatie
diameter filter	[m]	0,18
lengte filter (Lgb)	[m]	1,34
aanleghoogte filter (centrum)	[m+NAP]	-0,83
aantal filters openbare ruimte	[-]	4
aantal filters tuin (achter)	[-]	4
Minimale diameter leiding voor-achter	[mm]	60

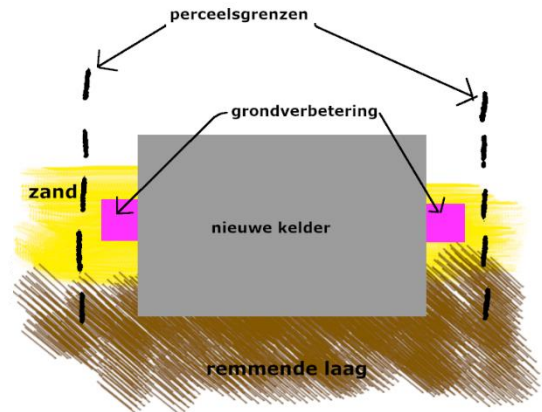
! Wanneer buiten de damwand ter plaatse van de gaten geen watervoerende zandlaag zit (geen toestroming grondwater): dan zal een additionele maatregel getroffen moeten worden om verbinding te maken met het freatisch pakket. Dit kan worden afgestemd met de geohydroloog. Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld een verticaal gat (buiten damwand) boren en vullen met grind tot en met de grondwaterspiegel.

4.4 [Oplossing 4] Grondverbetering naast de barrière

Keiharde voorwaarde: Er moet naast het bouwwerk (tussen de erfgrans en het bouwwerk) ruimte zijn beneden de grondwaterstand om een grondverbetering aan te leggen van voor naar achteren. Dat lijkt in dit geval van toepassing.

Toepassing in de praktijk:

1. Vrijstaande gebouw; Hoekgebouw met onbebouwd deel ernaast, waarbij vaak aan een enkele zijde grondverbetering zit, bij paarse stippellijn in figuur 11 wordt dan geen grondverbetering toegepast;
2. Wanneer er tussen de bestaande muur (in pandig bouw) en de damwandconstructie beneden de grondwaterstand een holle ruimte is waar grondverbetering aangebracht kan worden.



Figuur 11 – principe (paars is maatregel)

Voordeel: Deze maatregel is het makkelijkste toe te passen en onderhoudsvrij. De uitvoerbaarheid is bewezen (100+ jaar).

Specificaties:

In tabel 4.4 staan de afmetingen. Overweeg deze oplossing alleen als bij het uitvoeringsontwerp blijkt dat er buiten het ondergrondse bouwwerk genoeg ruimte zit. Ook moet de grondverbetering beneden de grondwaterstand worden aangebracht zonder (permanente) damwandconstructie.

De berekening van de k-waarde van deze oplossing is relatief simpel door de gewenste kD-waarde (H3.1) te vermenigvuldigen met de breedte van het project en vervolgens te delen door de doorstroomoppervlakte van de grondverbetering ernaast.

Belangrijk detail wanneer een damwand en/of bestaande muur buiten de nieuwbouw aanwezig blijft → in dit geval moeten er gaten geboord worden door deze constructie buiten de grondverbetering. De gaten (aantal, diameter, opvulling van de gaten is verder vergelijkbaar met oplossing 2).

Tabel 4.4

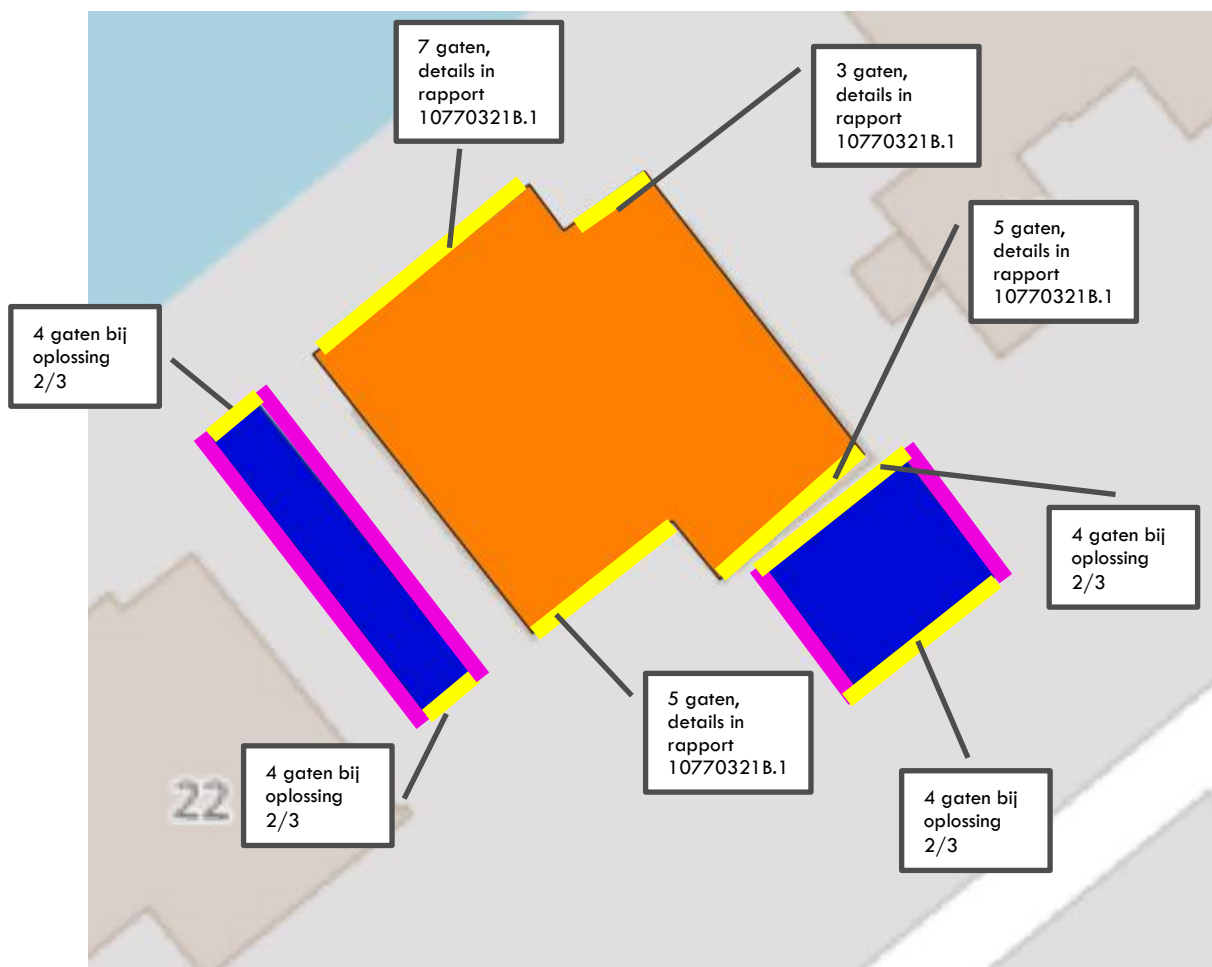
rekenparameters grondverbetering ernaast	eenheid	specificatie
grondverbetering voor en achter	[-]	ja
grondverbetering links en rechts	[-]	ja
bovenkant grondverbetering	[m+NAP]	-0,8
onderkant grondverbetering	[m+NAP]	-1,27
minimale breedte grondverbetering	[m]	0,5
Benodigde aanvullende doorlatendheid bij kD-verlies 11,02 m ² /dag	[m ² /dag]	500*
materiaal grondverbetering ¹		schoon fijn grind (3,6mm)

*De nieuwe constructie is 7 m breed en watervoerende laag 1 (verzadigd) is gemiddeld 3,69 m dik. Bij toepassen achterblijvende damwanden zal dit oppervlakte ($7 \times 3,69 = 25,83 \text{ m}^2$) de grondwaterstroming blokkeren. De grindkoffer naast de constructie heeft een doorstroomoppervlakte van 2 stuks (links en rechts) $\times 0,47 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,47 \text{ m}^2$. Het nieuwe doorstroomoppervlak is $25,83 \text{ m}^2 / 0,47 \text{ m}^2 = 55$ x kleiner. De bestaande stroomweg is 5,6 m lang, met barrière is de stroomweg (2x helft breedte) maximaal 7 m langer, de stroomweg wordt een factor 2,25 groter. De k-waarde rekenwaarde bestaand is $15 \text{ m}^2/\text{dag}$ (eis afwegingskader) / $3,69 \text{ m}$ (dikte) = $4,06 \text{ m}/\text{dag}$. De benodigde doorlatendheid van de grindkoffer = $4,06 \text{ m}/\text{dag}$ (bestaand) $\times 55$ (compensatie kleiner doorstroomoppervlakte) $\times 2,25$ (compensatie langere stroomweg) = $500 \text{ m}/\text{dag}$

¹ Een drainerend geocomposiet (zoals Enkadrain) heeft als nadeel dat de kD-waarde van de maatregel sterk verhoogd. Dat betekent dat de grondwaterstand zal wijzigen. Dit materiaal is hier geen uitgangspunt.

4.5 Locatie maatregelen (bovenaanzicht)

Bij de gele lijnen in figuur 12 is het noodzakelijk langs de gevels de maatregelen te treffen bij alle oplosrichtingen (1 tot en met 4). Bij de paarse lijn in figuur 12 is het noodzakelijk langs de gevels de maatregelen te treffen bij oplosrichting 4.



Figuur 12 – kelder is grondwaterneutraal bij toepassen maatregelen langs gevels welke geel zijn (voor alle oplosrichtingen). Bij paarse gevels zijn maatregelen oplossing 4 alleen noodzakelijk.

5 Conclusie en aanbevelingen

Loots concludeert dat voldaan kan worden aan een grondwaterneutraal ontwerp. In paragraaf 5.1 staat welke geohydrologische (grondwater) maatregelen geschikt zijn. In paragraaf 5.2 staat welke afwatering gewenst is. In paragraaf 5.3 staan de risico's (en beheersmaatregelen) bij dit project. In paragraaf 5.4 staat de monitoring voor dit project. In paragraaf 5.5 staan de aanbevolen vervolgstappen voor de opdrachtgever.

5.1 Grondwaterneutrale bouw

De conclusie is positief. Het project kan grondwaterneutraal worden uitgevoerd. Bij het zwembad is gekozen voor oplossing:

- Oplossing 1: Grondverbetering traditioneel (conform specificatie H4.1);

Bij de parkeergarage is gekozen voor oplossing:

- Oplossing 4: Grondverbetering naast de barrière (conform specificatie H4.4).

De overige oplossingen voldoen ook aan grondwaterneutrale bouw; echter bepaalde details (wel of niet toepassen damwanden) zorgen ervoor dat het niet mogelijk is deze oplosrichting toe te passen.

5.2 Afwatering perceel

Afwatering, ofwel hoe regenwater stroomt op het perceel van het project. Dit gaat niet om het deel van regenwater dat in de bodem zakt (en grondwater wordt). Dat lossen we op met de maatregelen van hoofdstuk 4. Hier gaat het ten eerste om regenwater dat op het verhard (dak)oppervlakte valt en direct in het riool van de gemeente stroomt. Ten tweede gaat dit over regenwater dat in de tuin valt en zolang het niet in de bodem is gezakt niet overlast/schade mag veroorzaken.

Regenwater afwatering naar riool

In Amsterdam moet de oppervlakte van een nieuwe bouwlaag en/of nieuwe uit-/aanbouw gecompenseerd worden in de vorm van een vertraagde afvoer (waterbuffer). Dat betreft in dit geval een oppervlakte van 85 m². Omgerekend moet de opdrachtgever een waterberging van 5,1 m³ realiseren. In tabel 5.2 staat een aantal voorbeelden. Opdrachtgever kan ook kiezen voor combinatie van oplossingen (zolang het totaal 5,1 m³ wordt).

Uit hemelwaterverordening Amsterdam artikel 3 (schuingedrukte tekst hieronder) blijkt dat bij onvoldoende mogelijkheden op het dak de waterberging en in de tuin de waterberging kleiner mag worden. De opdrachtgever zal dus een waterberging van 5,1 m³ moeten realiseren, wanneer kleiner dient de opdrachtgever te onderbouwen waarom dit de maximale haalbare waterberging is of waarom er geen waterberging mogelijk is.

In het tweede lid is geregeld dat de verplichting niet geldt voor bestaande gebouwen waar een bouwlaag aan wordt toegevoegd, maar waarvan uit berekeningen blijkt dat de constructie de extra belasting van een hemelwaterberging op het bestaande gebouw niet kan dragen. Daarnaast moeten er rond het gebouw evenmin mogelijkheden zijn om in een hemelwaterberging te voorzien. Dit laatste is vooral bedoeld voor die situatie waarin niet over een tuin of andere grond rond het gebouw wordt beschikt en dus alleen constructief in een waterberging kan worden voorzien. De verplichting uit het eerste lid brengt in die gevallen met zich mee dat het niet mogelijk is een extra bouwlaag toe te voegen en dat zou een ongewenst effect van de verordening zijn.

Tabel 5.2

Oplosrichting	Waterbergende capaciteit	Hoeveelheid benodigd
Sedumdak	0,015 m ³ per m ²	340 m ²
Natuurdak	0,08 m ³ per m ²	64 m ²

Oplosrichting	Waterbergende capaciteit	Hoeveelheid benodigd
Waterdak	0,1 m ³ per m ²	51 m ²
Waterton 250 liter	0,25 m ³ per stuk	20 stuks
Waterkelder-/tank 1000 liter	1 m ³ per stuk	5 stuks

Regenwater in tuin

Als er hoogteverschillen zitten tussen percelen van particuliere eigenaren krijgt de laagste tuin extra wateroverlast bij forse regenval. Dat is vervelend voor de desbetreffende eigenaar en niet de bedoeling. Een simpel opstaande rand (0,1 m boven maaiveld hogere tuin) voorkomt afstroming. Deze opstaande rand kan waterdicht kunststof wandje zijn dat minimaal 0,2 m de grond in gaat. Leg daarnaast de tuin 0,1 m (of meer) onder de drempelhoogte van het huis en zorg dat maximaal 50% van de tuin is verhard. Bij een te hoge tuin kan bij forse neerslag regenwater over de drempel het huis inlopen (met waterschade als gevolg).

5.3 Risico's

Het doel van risicomangement is duidelijkheid voor de opdrachtgever. In tabel 5.3 A staan de risico's en beheersmaatregelen (van matig risico naar laag risico).

Tabel 5.3-A

omschrijving risico	risico	beheersmaatregel
buren ervaren wateroverlast bij hevige neerslag	matig	Regenwater dat op het dak valt van het bouwwerk niet in de tuin lozen. Bij tuin ophogen of extra verharderen ook deze wijziging in overleg met geohydroloog met passende maatregelen uitvoeren.
bypass maatregel verstopt op termijn	matig	Verhogen tuin kan de locatie van wateroverlast-/schade verplaatsen, dat niet gewenst. Wateroverlast-/schade zoveel mogelijk of geheel oplossen wordt pas bereikt met goed overleg en samenwerking vanaf beide zijden van perceelsgrenzen. Bij zowel filters voor- als achterzijde een aansluiting maken waar het vuil uit het systeem gezogen kan worden.
grondwaterneutrale maatregelen worden niet juist uitgevoerd (relatief nieuwe techniek, niet bekend bij alle aannemers)	matig	De hoeveelheid silt of andere fijne delen welke de bypass kunnen instromen beperken, dit door toepassen fijnmazig materiaal op grensvlak met bodem buiten.
fijne delen verstopt de grondverbetering	laag	Als de aannemer niet beschikt over referenties zal de opdrachtgever moeten investeren in toezicht. Een ervaren partij (bijvoorbeeld Loots) kan de opdrachtgever en aannemer van voorzien van toezicht en instructies. Een overcapaciteit ter plaatse van het diepste onderdeel (grondverbetering onderkant barrière) realiseren. Bij dit deel is de stromingssnelheid het laagste en door een forse overcapaciteit te realiseren (>1 m ³ ruimte voor fijne delen) wordt verstopping voorkomen.
grondwater zakt in bouwfase waardoor houten palen burens droogvallen doordat er grondwater in de gaten stroomt (lekke bouwput)	laag	De gaten dichtzetten (met tijdelijke maatregelen zoals schuifafsluiter bijvoorbeeld) tot vlak voor laatste stort beton keldermuren. De gaten worden daarnaast aangebracht net onder de natuurlijk lage grondwaterstand (boven funderingshout burens), hierdoor kunnen gaten geen forse en langdurige grondwaterstandsverlaging veroorzaken.
geohydrologisch onderzoek en maatregelen blijken niet uitvoerbaar	laag	Bij twijfel altijd uitgaan van maatregelen die altijd toepasbaar zijn: de grondverbetering met gaten of de bypass
buren gaan grondwateroverlast ervaren in de nieuwe situatie	laag	Conclusie geohydrologisch onderzoek (dit rapport) overnemen in het ontwerp (tekeningen en contractstukken aannemer).

5.4 Monitoring

Voor dit project geldt de monitoring in tabel 5.4 A. Dit zijn monitoringmaatregelen die bepaald zijn naar aanleiding van de beoordeling van risico's (paragraaf 5.2). Bij het bereiken van de grenswaarden (signaal-/interventiewaarde) zijn actie(s) gewenst.

Tabel 5.4-A

monitoring project	waar	wanneer	H ^I	L ^{II}	eenheid	grenswaarde 1	actie 1	grenswaarde 2	actie 2
Peilbuis NAP -1,59 m	Voor projectlocatie(s)	1 x/dag, starten 1 maand voor bouw	x		[m+NAP]	-0,36	1,2	-0,26	3,4
Peilbuis NAP -1,59 m	Achter projectlocatie(s)	1 x/dag, starten 1 maand voor bouw	x		[m+NAP]	-0,36	1,2	-0,26	3,4
Vooropnamen interieur+ exterieur	Direct aangrenzende burens	Voor start bouw							

^I Hoger dan: als de meting hoger is dan de grenswaarde, dan moet er actie ondernomen worden. Als hier g1 staat dan geldt hoger dan alleen voor grenswaarde 1;

^{II} Lager dan: als de meting lager is dan de grenswaarde, dan moet er actie ondernomen worden. Als hier g2 staat dan geldt lager dan alleen voor grenswaarde 2;

De acties (bij tabellen):

1. Controleren dat het meetresultaat/-instrument juist is;
2. Controleren of de maatregelen toegepast zijn/worden;
3. Overleg met betrokken partijen, melden bij handhaving;
4. Uitvoeren uitgebreide geohydrologische analyse.

5.5 Vervolgstappen

Loots beveelt aan om de volgende vervolgstappen op te volgen

- Geohydrologische oplossing op bouwtekeningen bouwvergunning zetten;
- Toetsing van dit geohydrologisch onderzoek door bevoegd gezag;
- Uitvoeringsontwerp (na bouwvergunning) toetsen of geohydrologisch onderzoek en maatregelen aangepast moeten worden;
- Monitoring starten;
- Start uitvoering;
- Start ontgraving, bij afwijkingen ten opzichte van bodemopbouw H3.3 contact opnemen met Loots;
- Bij overschrijdingen monitoring contact opnemen met Loots;
- Voordat gaten opengezet worden contact opnemen met Loots en grondwaterstandmetingen doornemen;
- Bij wijziging inrichting tuin de randvoorwaarden (waterhuishoudkundig) vanuit geohydroloog opvragen ter voorkoming van onacceptabel risico op wateroverlast en/of -schade.

Neem contact XXXXXXXXXX voor meer informatie.

Opgesteld door:

ing. XXXXXXXXXX)

Loots Grondwatertechniek

30 mei 2023

BIJLAGEN

Bijlage 1 – Gegevens voor specialisten

Werkwijze en gebruikte software geohydrologisch onderzoek

De opdrachtgever levert de uitgangspunten (stukken opdrachtgever). Bij specialistische uitgangspunten (bijvoorbeeld eigenschappen bodem) bepalen we een bandbreedte (boven en ondergrens), zodat de kans op afwijkingen klein wordt. We bepalen de bandbreedte op basis van ervaring en (regionale) modellen.

De berekeningen bestaan uit analytische- en modelberekeningen (software: MicroFEM v4.10, Qgis v3.8, Strater v5, MLU v2.25, Excel en/of Surfer v16). Door de berekeningen meerdere malen te herhalen bij verschillende uitgangspunten vinden we een robuust ontwerp. Door deze werkwijze neemt de kans op (negatieve) afwijkingen af.

Bijlage 1.1 – Bodemeigenschappen en berekening kD-waarde

Uitgangspunten

Kh of kv is de doorlatendheid horizontaal en verticaal (hogere waarde is meer doorlatend). P is de porositeit van de grondlaag. De top (tweede kolom) geeft aan welke gemiddelde hoogte de bovenzijde van deze laag heeft.

Het getal tussen haakjes in de tabel is de standaarddeviatie. Dit geeft de bandbreedte van de desbetreffende parameter aan, waarbij gerekend wordt met een bandbreedte van 2x de standaarddeviatie.

De doorlatendheid is bepaald aan de hand van het grondwaterzakboekje, regionale modellen en praktijkervaring.

Onderzoekresultaten

In tabel b1.1-A staan de rekenparameters welke bepaald zijn met het beschikbare grondonderzoek (bijlage 3 en visualisatie hoofdstuk 3.3)

tabel b1.1-A

geohydrologische omschrijving Amsterdam	top gemiddeld (σ) [m+NAP]	kh (σ) [m/d]	kv (σ) [m/d]	P [-]
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	0,89 (0,45)	5 (1)	3,125 (0,625)	0,3 (0,03)
veen, zandig, slap	-4,08 (0,27)	0,25 (0,05)	0,0063 (0,0013)	0,3 (0,03)
veen, hollandveen	-4,08 (0,27)	0,1 (0,02)	0,002 (0,0004)	0,6 (0,06)
klei, zandig, slap	-5 (0)	0,01 (0,002)	0,01 (0,002)	0,33 (0,03)
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-7,4 (0,89)	0,5 (0,1)	0,125 (0,025)	0,12 (0,01)
klei, hydrobia	-8,74 (0,98)	0,005 (0,001)	0,001 (0,0002)	0,33 (0,03)
veen, basisveen	-11,56 (0,13)	0,0005 (0,0001)	0,0001 (0)	0,1 (0,01)
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-11,76 (0,13)	1 (0,2)	0,2 (0,04)	0,12 (0,01)
zand, kleiig	-15,8 (0,45)	0,1 (0,02)	0,02 (0,004)	0,1 (0,01)
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	-16,8 (0,45)	20 (4)	7,5 (1,5)	0,3 (0,03)

Grondeigenschappen zijn variabel, dat is een feit. Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen:

- 1) De dikte (D) van grondlagen varieert in enige mate bij de grondonderzoeken
- 2) De doorlatendheid (k)

De maatgevende kD-waarde in de bestaande situatie moet rekening houden met deze variatie. Voor wat betreft laagdikten worden eerst drie modellen (tabel b1.1-B) gemaakt, waarbij een ondergrens (dunne watervoerende lagen), gemiddelde en bovengrens (dikke watervoerende lagen) met 2x standaarddeviatie zijn berekend. Daarbij is de natuurlijk hoge grondwaterstand als maximale hoogte aangehouden.

tabel b1.1-B

bandbreedte bodemopbouw top [m+NAP]	bovengrens	gemiddelde	ondergrens
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	-0,39	-0,39	-0,39
veen, zandig, slap	-4,28	-4,08	-3,88
veen, hollandveen	-4,69	-4,09	-3,89
klei, zandig, slap	-4,73	-5	-5,27
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-7,27	-7,4	-7,53
klei, hydrobia	-8,92	-8,74	-8,56
veen, basisveen	-11,65	-11,56	-11,47
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-11,66	-11,76	-11,94
zand, kleiig	-17,77	-15,8	-13,83
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	-17,78	-16,8	-20,38

in tabel B1.1-D wordt het effect van de aanlegdiepte en omvang barrière (bestaand en nieuw) pas doorberekend

Hetzelfde wordt gedaan voor de doorlatendheid in tabel B1.1-C. Een bovengrens, gemiddelde en ondergrens model is gemaakt voor alle bodemlagen.

tabel B1.1-C

bandbreedte k-waarde [m/dag]	bovengrens	gemiddelde	ondergrens
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	7	5	3
veen, zandig, slap	0,35	0,25	0,15
veen, hollandveen	0,14	0,1	0,06
klei, zandig, slap	0,014	0,01	0,006
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	0,7	0,5	0,3
klei, hydrobia	0,007	0,005	0,003
veen, basisveen	0,0007	0,0005	0,0003
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	1,4	1	0,6
zand, kleilig	0,14	0,1	0,06
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	28	20	12

De bestaande situatie is maatgevend voor het ontwerp voor wat betreft de kD-waarde. Het berekenen van de bandbreedte kD wordt uitgevoerd door het berekenen van bovengrens k x bovengrens D tot en met ondergrens k x ondergrens D. De kans dat laagdikte afwijkt van 2x standaarddeviatie is 2,3% (statistisch). Hetzelfde geldt voor de doorlatendheid. Wanneer we beide vermenigvuldigen is de kans op afwijken van boven-/ondergrens ($2,3\% \times 2,3\% =$) 0,05% statistisch verwaarloosbaar.

In tabel B1.1-D kan de berekende kD-waarde gevonden worden in de bestaande situatie onder het project. Daarbij is rekening gehouden met een bestaande aanlegdiepte van NAP-0,2 m. In de bestaande situatie is er 8,9 m zonder (ondergrondse) bebouwing naast het object. Er is ook rekening met een aanlegdiepte van NAP - 3,1 m in de nieuwe situatie. In de nieuwe situatie is er 15,5 m zonder ondergrondse bebouwing naast de barrière.

tabel B1.1-D kD-waarde project [m ² /dag]	bestaand projectlocatie			nieuw projectlocatie			effect [%]
	bovengrens	gemiddelde	ondergrens	bovengrens	gemiddelde	ondergrens	
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	27,230	18,450	10,470	8,260	4,900	2,340	-73%
veen, zandig, slap	0,144	0,002	0,001	0,144	0,002	0,001	0%
veen, hollandveen	0,006	0,091	0,083	0,006	0,091	0,083	0%
klei, zandig, slap	0,036	0,024	0,014	0,036	0,024	0,014	0%
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	1,155	0,670	0,309	1,155	0,670	0,309	0%
klei, hydrobia	0,019	0,014	0,009	0,019	0,014	0,009	0%
veen, basisveen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0%
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	8,554	4,040	1,134	8,554	4,040	1,134	0%
zand, kleilig	0,001	0,100	0,393	0,001	0,100	0,393	0%
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	342,160	264,000	115,440	342,160	264,000	115,440	0%

De bestaande kD-waarde zit tussen 10,47 m²/dag en 27,37 m²/dag. Het gemeentelijk beleid vraagt op de projectlocatie 15 m²/dag. Dat valt binnen de berekende bandbreedte.

Bij een kD-waarde in de nieuwe situatie die gelijk is aan de ondergrens, daalt de grondwaterstand ten noorden verwaarloosbaar. De grondwaterstand ten zuiden stijgt verwaarloosbaar.

De openbare ruimte ligt op NAP+0,55m. Dat betekent dat er voldoende ontwateringsdiepte is. De achterzijde (tuin) ligt op NAP+0,55m. Dat betekent dat er voldoende ontwateringsdiepte is. Omdat grondwater regionaal naar de achterzijde (tuin) stroomt is het gewenst een (richting) ondergrens kD-waarde voor de projectlocatie te selecteren.

Voor dit project wordt is het best passend uitgangspunt verplicht, dat is in dit geval een kD-waarde van 15 m²/dag. Dit wordt beschouwd als best passende kD-waarde voor de bestaande als de toekomstige situatie.

Bijlage 1.2 – Grondwateraanvulling op perceel

Uitgangspunten

Uit het grondwaterzakboekje 2016 (en KNMI-statistieken) is de hoeveelheid neerslag en verdamping per maand overgenomen. De verdamping geldt alleen bij groen (planten). Bij de verdamping tuin houden we er rekening mee dat een deel van de tuin verhard is. Het deel zonder groen heeft dus geen verdamping.

In de bestaande situatie is de tuin 431 m² groot. In de nieuwe situatie is dit 346 m². Er is sprake van een kleinere tuin in de nieuwe situatie.

Voor dit project wordt gerekend met klimaatscenario Wh 2050 (meer informatie in bijlage 1.5), waarbij voor deze vergelijking (nu versus Wh2050) gerekend wordt met 50% verharding. De verdamping in onderstaande figuur treedt alleen op bij onverhard oppervlakte buiten de bebouwing. De helft van neerslag stroomt naar openbare ruimte (hwa), dit komt doordat het perceel buiten de bebouwing grenst aan openbare ruimte).

Onderzoeksresultaten

In tabel b1.2-A staan de rekenparameters en in de laatste kolom de grondwateraanvulling op de projectlocatie.

tabel b1.2-A

maand	regen [mm/maand]	verdamping [mm/maand]	wh2050 regen	wh2050 verdamping	gwa* [mm/maand]	wh2050 gwa [mm/maand]	verschil wh2050 vs nu
Januari	75	8	87,8	8,2	71	83,7	118%
Februari	59	15	69	15,5	51,5	61,25	119%
Maart	74	32	80,7	34,2	58	63,6	110%
April	45	58	49,1	62,1	16	18,05	113%
Mei	65	84	70,9	89,9	23	25,95	113%
Juni	68	90	59,2	99,9	23	9,25	40%
Juli	84	95	73,1	105,5	36,5	20,35	56%
Augustus	77	80	67	88,8	37	22,6	61%
September	81	49	87,1	52,4	56,5	60,9	108%
Oktober	89	27	95,7	28,9	75,5	81,25	108%
November	86	11	92,5	11,8	80,5	86,6	108%
December	84	6	98,3	6,2	81	95,2	118%

*gwa=grondwateraanvulling

Door het oppervlakte buiten de bebouwing (bestaand en nieuw) te vermenigvuldigen met de grondwateraanvulling is het debiet grondwater dat er op perceelsniveau maandelijks bijkomt te berekenen.

tabel b1.1-B

bandbreedte bodemopbouw top [m+NAP]	debiet lokaal	
	bestaand [m ³ /dag]	nieuw [m ³ /dag]
Januari	0,494	0,467
Februari	0,396	0,378
Maart	0,403	0,355
April	0,115	0,104
Mei	0,16	0,145
Juni	0,165	0,053
Juli	0,254	0,114
Augustus	0,257	0,126
September	0,406	0,351
Oktober	0,525	0,453
November	0,578	0,499
December	0,563	0,531

Conclusie

Uit de bovenstaande tabel leiden we af dat het maximale debiet grondwateraanvulling (regen - verdamping) gelijk is aan maximaal 0,563 m³/dag op de projectlocatie. In de toekomst is er in de nieuwe situatie 8% minder debiet.

Bijlage 1.3 – Details berekening grondverbetering met gaten

Algemeen

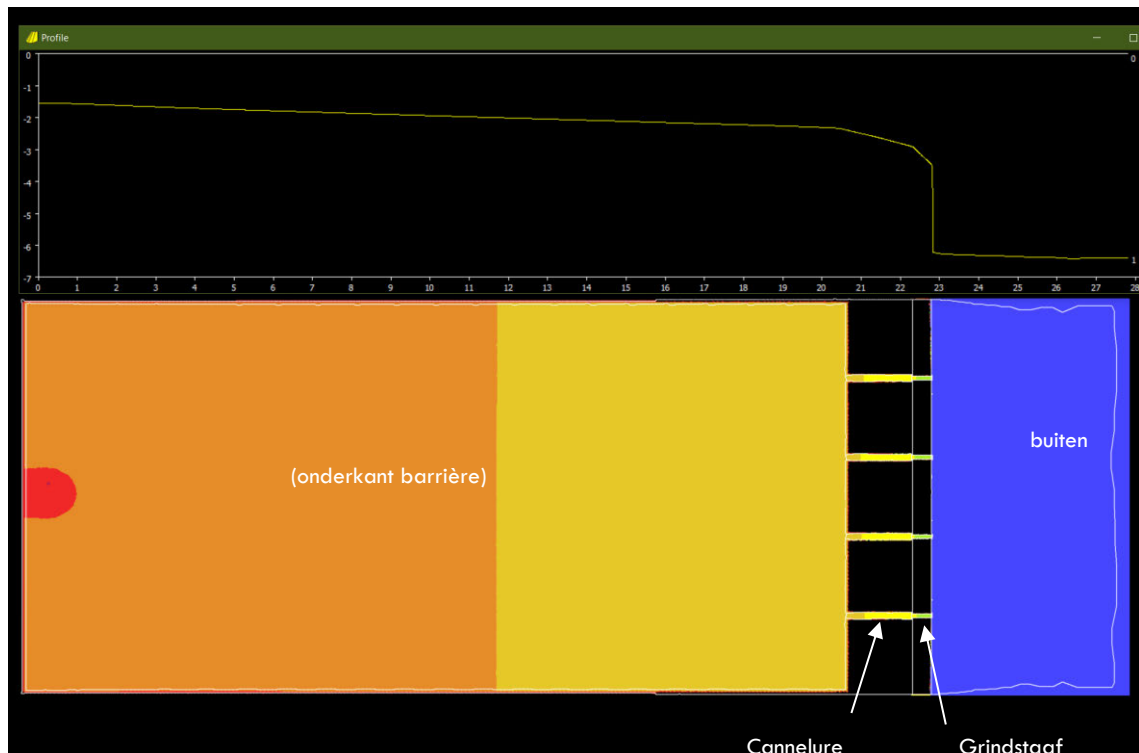
Met grondwatermodellering hebben we de parameters (diameter gaten, aantal gaten, doorlatendheid grondverbetering, etc.) bepaald.

Grondwatermodellering is noodzakelijk wegens onder andere:

- Wanneer de stroombaan bekeken wordt van grondwater bij deze oplosrichting is er sprake van vernauwingen (bij gaten) en daarna de verbredingen (na gaten). Ofwel convergerende/divergerende stroming. Met een simpele analytische benadering (bijvoorbeeld de berekening bij oplossing 1, hoofdstuk 4.1) is het effect van vernauwingen en verbredingen niet te benaderen, hetgeen niet voldoet aan eisen van een grondwaterneutraal ontwerp;
- De reikwijdte van de watervoerende laag is groter dan de afstand tussen de gaten, ofwel stroming in en uit één gat beïnvloedt ook andere gaten. Bij een groter aantal gaten wordt dit effect sterker. Met een simpele analytische benadering (bijvoorbeeld de berekening bij oplossing 1, hoofdstuk 4.1) is gebleken dat dit effect niet overeenkomt met de werkelijkheid.

Detailmodel

Loots voert twee modellen uit. In het eerste model modelleren we de gaten (enkele zijde). Het doel is het bepalen van de verhouding potentiaalverschil (of weerstand) tussen “onderzijde barrière” en “de overige onderdelen (gaten en cannelures)”. Doordat Loots gebruik maakt van MicroFEM modelleren we in dit eerste detailmodel alle onderdelen horizontaal achter elkaar. Figuur 12 is puur ter visualisatie opgenomen, het betreft een bovenaanzicht van een ouder project waarbij de waterdruk tevens boven is gezet ter illustratie.



Figuur 13 - bovenaanzicht model (onderzijde) + grafiek met verloop waterdruk waarbij horizontale as = horizontale afstand in model en verticale as = waterdruk in model.

Input detailmodel voor dit project:

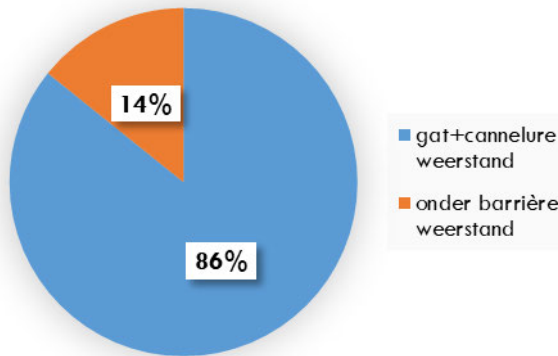
detailmodel	eenheid	input
lengte onderkant barrière	[m]	5,6
breedte onderkant barrière	[m]	7
hoogte onderkant barrière	[m]	0,2
aantal gaten + cannelures	[-]	4
lengte cannelure	[m]	2,29
breedte cannelure (per stuk)	[m]	0,363
hoogte cannelures	[m]	0,089
lengte gaten opgesloten (geen uitstroom naar watervoerende lagen buiten mogelijk in model)	[m]	0,4
lengte gaten buiten (in verbinding met bestaande watervoerende lagen voor en achter)	[m]	0,1
lengte gaten	[m]	0,5
breedte gaten (per stuk)	[m]	0,088
hoogte gaten	[m]	0,088
kD-waarde buiten	[m ² /dag]	15,00
debiet ^I erin (links)	[m ³ /dag]	10
debiet eruit (rechts)	[m ³ /dag]	10
buitenzijde gat skinfactor ^{II} dikte laag	[m]	0,01
reductiefactor k-waarde wegens skinfactor	[-]	10
doorlatendheid grondverbetering ^{III}	[m/dag]	100

^I Voldoende hoog ingezet, zodat de modelnauwkeurigheid geen invloed heeft op resultaat.

^{II} Over de lengte gat buiten (Lgb) kan grondwater in- en uitstromen van/naar de bodem buiten. Het grondwater welke in of uit het gat moet stromen (van of naar bodem) moet door een remmende laag (skinfactor) heen. De skinfactor is een fenomeen welke altijd optreedt en welke afhankelijk is van het verschil tussen korrelgrootte en poriën tussen bodem buiten en de grondverbetering. De skinfactor in dit geval is bepaald door de laagste doorlatendheid (bodem buiten) te reduceren met een factor 1,5, vervolgens rondom het gat een laagje van 0,01 m met deze verlaagde doorlatendheid modelleren. Deze benadering van de skinfactor is aan de veilige kant, dit doordat in de praktijk de doorlatendheid buiten de gaten verwaarloosbaar zal reduceren doordat fijne delen (welke in bodem buiten door stroming getransporteerd kunnen worden) niet kunnen blijven hangen op het contactoppervlakte van de gaten wegens grotere afmeting poriën ten opzichte van oorspronkelijke bodem. Bij de gaten waar grondwater uitstroomt worden geen fijne delen verwacht doordat het uitgangspunt is de fijne delen onder de kelder op te slaan (fijne delen bezinken door de aanzienlijk lagere stroomsnelheid onder de kelder). Het aantal fijne delen welke gedurende de hele levensduur van de kelder toestromen is beperkt, dit doordat de stromingsnelheid in bodem buiten gaten snel afneemt naar extreem lage waarden (waarbij fijne delen niet meer bewegen), alleen de fijne delen welke in de bestaande bodem zitten binnen circa 0,1 à 0,5 m afstand van de gaten kan het systeem binnenstromen. De verwachting is dat de eerste weken en wellicht in de eerste extreem natte periode van het systeem 99% van de fijne delen gaan toestromen.

^{III} Dit is een dummie-waarde. Dit model is enkel ter bepaling in welke verhouding weerstand ontstaat in cannelure + gat versus onder de barrière.

Het potentiaalverschil onder de barrière is groter dan het potentiaalverschil van start cannelure tot en met buiten. De volgende verdeling van potentiaalverschil (of weerstand) is bepaald met het detailmodel:

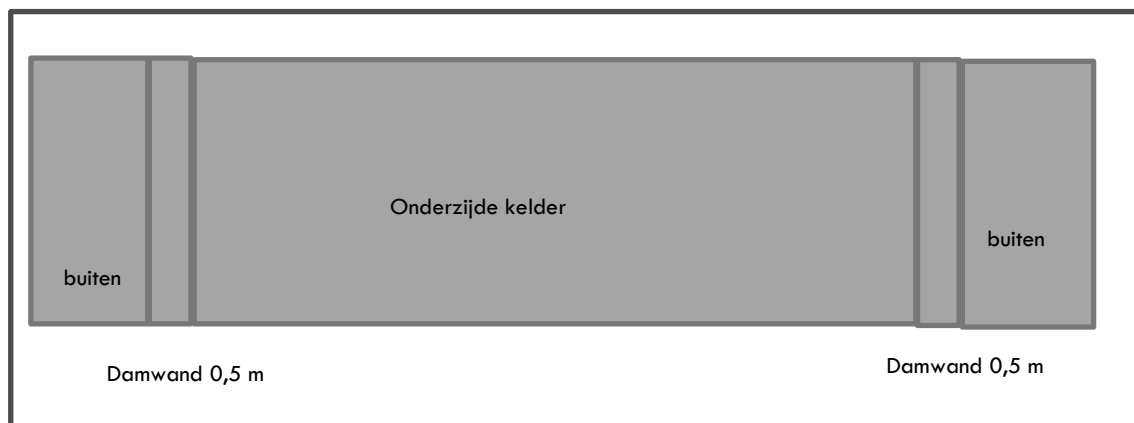


Totaalmodel

Nadat het detailmodel uitgevoerd is kunnen de gaten en cannelures met alle weerstand eenvoudig gemodelleerd worden als een wand met remming (strook 0,5 m breed voor en achter project).

In de gaten en cannelures is er een factor 29,35 (85,8% / 14,2%) meer weerstand. Daarnaast is de damwand 0,5 m. De lengte van barrière is 5,6 m. De transmissiviteit (kD-waarde) ter plaatse van de damwand moet een factor 329 ($29,35 \times 5,6/0,5$) hoger zijn om tot een kloppend model te komen. Nu de verhoudingen (weerstand gaten, cannelures, skinfactor) juist gemodelleerd zijn wordt het mogelijk de benodigde doorlatendheid van de maatregelen te berekenen door links 10 m³/dag toe te voegen en rechts 10 m³/dag uit het model te halen.

In de bestaande situatie bij kD 15 m²/dag is er bij 10 m³/dag (hogere waarde voor modelnauwkeurigheid) een potentiaalverschil van 0,53 m tussen links en rechts in het model. In de nieuwe situatie wordt een gelijk potentiaalverschil berekend als de grondverbetering een doorlatendheid heeft van 1250m/dag. Bij deze doorlatendheid van grondverbetering wordt dus de gewenste kD-waarde in de nieuwe situatie gerealiseerd waardoor een grondwaterneutraal ontwerp van toepassing is.



Figuur 14 - opzet totaalmodel

Bijlage 1.4 – Details berekening Bypass

De bypass komt grotendeels overeen met oplossing 2 (berekening bijlage 1.3). Met als verschil dat er intern (in leidingen en bochten) nauwelijks weerstand is door ontbreken poreus materiaal. De resultaten bij oplossing 2 worden hergebruikt voor de bypass, waarbij weerstand intern afneemt (leidingen kunnen niet met MicroFEM worden gedimensioneerd) en de introdeweerstand (van bodem buiten op gat/filter) toeneemt door fijnmaziger materiaal bij filters van de bypass.

Minder weerstand intern

Met het maximale debiet 0,531 m³/dag (uit hoofdstuk 3) wordt een leidingweerstand (inclusief bochten) berekend van 0,0009 mm. Dat is verwaarloosbaar vergeleken met de weerstand die bij oplossing 2 van toepassing is onder barrière en in cannellures en gaten. Ten opzichte van oplossing 2 (bijlage 1.3) valt ongeveer 51% van de weerstand (grondverbetering weerstand onder barrière, in cannellure en in gat) weg.

Meer weerstand filteroppervlakte (t.o.v. gaten bij oplossing 2)

Bij de bypass fijn¹ filtermateriaal (kleinere maaswijdte) gebruikt worden ter plaatse van contactoppervlakte met de grond buiten. Het fijnere filter betekent dat de opnamecapaciteit (op lange termijn) per m² filter van de bypass lager ligt ten opzichte van oplossing 2. Loots rekent met een skinfactor (dagen weerstand) welke overeenkomt met de inverse van de doorlatendheid (ondergrens) van de bodem (deze relatie is in 1967 met praktijkproeven bepaald door Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding over een brede bandbreedte wat betreft doorlatendheid).

Conclusie

Om het ontwerp van de bypass kloppend te maken moet het contactoppervlakte van de (buitenzijde) filters 1196% worden vermenigvuldigd ten opzichte van contactoppervlakte (buitenzijde) gaten in oplossing 2. Dit kan door de diameter van het filter (t.o.v. gat), aantal filters (ten opzichte van gaten) of lengte filter (ten opzichte van gaten) aan te passen. Door deze percentuele wijziging (verwerkt in tabel hoofdstuk 4.3) is er bij de bypass ook sprake van een grondwaterneutraal ontwerp. Minder weerstand in de leiding + optimalisatie filteroppervlakte betekent dat de skinfactor (potentiaalverschil over buitenzijde filter) bypass ten opzichte gaten oplossing 2 groter is, een passende waarde gezien de randvoorwaarden en de informatie bij proefopstelling van de firma Building Support Volendam.

¹ Bij oplossing 2 is er een enorme capaciteit voor fijne onopgeloste delen (zoals silt) welke het systeem instromen onder de vloer, een zeer fijnmazig materiaal (lagere filtersnelheid) is hierdoor niet noodzakelijk. Bij de Bypass is er weer zeer weinig ruimte voor fijne onopgeloste delen (zoals silt), een zeer fijnmazig materiaal (lagere filtersnelheid) is hierdoor wel noodzakelijk.

Bijlage 1.5 – Wh 2050 berekening

Met het Wh 2050 scenario van het KNMI is het effect op neerslag en verdamping per maand berekend in tabel 1, dit is het gemiddelde (voor heel Nederland).

Tabel 1

effect klimaat Wh 2050	neerslag huidig [mm]	effect Wh 2050	neerslag Wh 2050	verdamping huidig [mm]	effect Wh 2050	verdamping Wh 2050 [mm]	grondwater- aanvulling huidig [mm]	grondwater- aanvulling wh2050 [mm]
januari	75	17%	87,8	8	3%	8,2	67	79,5
februari	59	17%	69,0	15	3%	15,5	44	53,6
maart	74	9%	80,7	32	7%	34,2	42	46,4
april	45	9%	49,1	58	7%	62,1	-13	-13,0
mei	65	9%	70,9	84	7%	89,9	-19	-19,0
juni	68	-13%	59,2	90	11%	99,9	-22	-40,7
juli	84	-13%	73,1	95	11%	105,5	-11	-32,4
augustus	77	-13%	67,0	80	11%	88,8	-3	-21,8
september	81	7,5%	87,1	49	7%	52,4	32	34,6
oktober	89	7,5%	95,7	27	7%	28,9	62	66,8
november	86	7,5%	92,5	11	7%	11,8	75	80,7
december	84	17,0%	98,3	6	3%	6,2	78	92,1
som	887		930,05	555		603,29	332	326,76

Volgens dit scenario neemt grondwateraanvulling (per jaar) gemiddeld in kleine mate (1,6%) af.

Wh 2050 in de stad bij bomen en gras

Bij bomen en gras is er sprake van gewasfactoren welke de effecten Wh2050 beïnvloeden. In tabel 2 is dit samengevat. Bij gras is er 1,1% afname (kleiner dan gemiddelde) van grondwateraanvulling, terwijl bij bomen de grondwateraanvulling met 16,3% afneemt (sterke reductie).

Tabel 2

bomen en gras	gewas- factor gras %	gewas- factor bomen %	grondwater- aanvulling gras	grondwater- aanvulling gras Wh2050	grondwater- aanvulling bomen	grondwater- aanvulling bomen Wh2050	debiet ¹ gras [m ³ /dag/ m ²]	debiet bomen [m ³ /dag /m ²]
januari	90%	100%	67,8	80,3	67,0	79,5	0,00042	0,00042
februari	90%	100%	45,5	55,1	44,0	53,6	0,00032	0,00032
maart	90%	100%	45,2	49,8	42,0	46,4	0,00015	0,00015
april	100%	100%	-13,0	-13,0	-13,0	-13,0	0,00000	0,00000
mei	100%	135%	-19,0	-19,0	-48,4	-50,5	0,00000	-0,00007
juni	100%	150%	-22,0	-40,7	-67,0	-90,7	-0,00062	-0,00079
juli	100%	160%	-11,0	-32,4	-68,0	-95,6	-0,00071	-0,00092
augustus	95%	135%	1,0	-17,4	-31,0	-52,9	-0,00061	-0,00073
september	90%	125%	36,9	39,9	19,8	21,5	0,00010	0,00006
oktober	90%	100%	64,7	69,7	62,0	66,8	0,00017	0,00016
november	90%	100%	76,1	81,9	75,0	80,7	0,00019	0,00019
december	90%	100%	78,6	92,7	78,0	92,1	0,00047	0,00047
som			350,8	346,9	160,4	137,9		

¹ Debiet in tabel 2 is uitgerekend door verschil = grondwateraanvulling Wh2050 – grondwater aanvulling huidig. Vervolgens verschil (mm/ maand/m³) / 30000 = verschil [m³/dag/m²]

Dakoppervlakte, gesloten bestrating (asfalt/beton) en elementenverharding in de stad Wh 2050

Bij een gesloten oppervlakte (vloeiëtdicht asfalt of gebouw met waterdicht dak) is er geen infiltratie van regenwater of verdamping van grondwater. Dat betekent dat geohydrologisch de input op dit oppervlakte (neerslag of verdamping) niet zal wijzigen.

Een bijzonder afwijkend onderdeel is de elementenverharding. Een maaiveldafwerking die sterk domineert in het stedelijk gebied. De elementenverharding (stoeptegels, straatbakstenen) laten regenwater infiltreren door de voegen, de elementenverharding laten grondwater verwaarloosbaar verdampen.

In Wh 2050 komen er per jaar totaal minder regenbuien voor. Het aantal regenbuien waarbij meer regenwater valt dan kan infiltreren door de elementenverharding neemt toe. Het aantal regenbuien waarbij al het regenwater welke valt kan infiltreren door de elementenverharding neemt af, wel wordt bij deze regenbuien circa over het hele jaar 5% meer geïnfiltreerd. Bij elementenverharding is er sprake van:

1. Grondwateraanvulling neemt sterk af bij 20 tot 40% van de regenbuien, dit door meer forse regenbuien (hoger debiet, mm/uur, kortere duur buien) waarbij een groter deel van het hemelwater over het oppervlakte naar het riool stroomt;
2. Grondwateraanvulling bij de overige buien (80 tot 60%) neemt gering toe, doordat algemeen de hoeveelheid 5% neerslag toeneemt in scenario Wh2050.
3. Som 30% van buien is er 10% minder grondwateraanvulling (meer run-off), 70% van de buien is er 5% meer grondwateraanvulling (klimaatverandering) → gemiddeld 0,5% meer grondwateraanvulling bij elementenverharding (zeer klein verwaarloosbaar effect bij elementenverharding welke door bomen snel teniet wordt gedaan, is het oppervlakte (kruin) van de bomen (circa 0,5%/16% =) 1/32 van de elementenverharding dan zal er over het hele jaar nagenoeg geen effect zijn).

Details omtrent berekening grondwateraanvulling door elementenverharding

Tegels en bestrating van gebakken klinkers komen veel voor in de stad (meest voorkomende bestrating). Hemelwater kan door de voegen naar beneden zakken tot de grenswaarde. De grenswaarde is het moment dat de hoeveelheid neerslag (mm/uur) groter wordt dan de maximale infiltratiesnelheid (mm/uur) door de bestrating.

In tabel 3 is voor de meest voorkomende wegverharding en bestrating de infiltratiesnelheid weergegeven, dat ligt bij schoon water en voegen tussen 0,13 en 0,42 mm/uur.

Tabel 3

maximale neerslag welke infiltreert [mm/uur]	zand voor zandbed ¹	drainagezand ¹
stoeptegel ^{II} 30 x 30	0,13	0,17
baksteen ^{III} 20 x 5	0,31	0,42

Bij straatbakstenen is er 1 mm berging tussen de voegen (uitgaande van goed doorlatend poreus materiaal), bij stoeptegels is er 0,3 mm berging tussen de voegen. In tabel 4 is de

¹ Volgens het grondwaterzakboekje (Bram Bot, 2016) hoofdstuk 22.6 ontwerpcapaciteit van bodemfiltratie is de infiltratiesnelheid voor schoon helder water in drainagezand is 0,2 m/dag (8,33 mm/uur). De infiltratiesnelheid voor schoon helder water in zand voor zandbed is 0,15 m/dag (6,25 mm/uur). Infiltratiesnelheid van de bestrating wordt bepaald door infiltratieoppervlakte x doorlatendheid wegfundering. De wegfundering onder de straten is overwegend zand voor zandbed (doorlatendheid 1 m/dag) en soms drainagezand (doorlatendheid 5 m/dag).

^{II} Het infiltratieoppervlakte bij 30 x 30 cm stoeptegels is (6 [aantal voegen bij vlak van 0,9 x 0,9 m] x 0,9 m [lengte voeg] x 0,003 m [breedte voeg]) / (0,9 m x 0,9 m [oppervlakte totaal]) = 0,02 m / m² = 2%. Netto infiltratiesnelheid is dus 2% van infiltratiesnelheid wegfundering. Tussen de stoeptegels zit 0,045 m (dikte stenen) x 2% x 1 m² x 0,3 (porositeit) = 0,3 mm berging.

^{III} Het infiltratieoppervlakte bij 20 x 5 cm straatbakstenen is (25 [aantal voegen bij vlak van 1 x 1 m] x 1 m [lengte voeg] x 0,002 m [breedte voeg]) / (1 m x 1 m [oppervlakte totaal]) = 0,05 m / m² = 5%. Netto infiltratiesnelheid is dus 5% van infiltratiesnelheid wegfundering. Tussen de straatbakstenen zit 0,07 m (dikte stenen) x 5% x 1 m² x 0,3 (porositeit) = 1 mm berging.

maximale infiltratie[in mm] weergegeven (inclusief de berging) voor een regenbui van 1 tot 24 uur.

Tabel 4

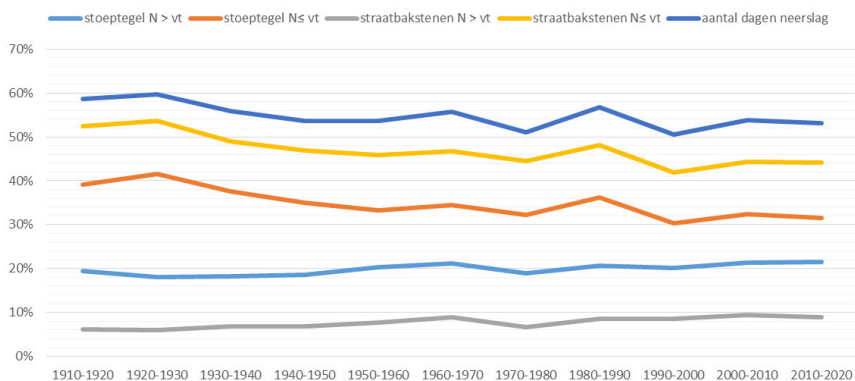
maximale infiltratie [mm]	stoeptegels 30 x 30		baksteen 20 x 5	
	zand voor zandbed	drainagezand	zand voor zandbed	drainagezand
tijd [uren]				
1	0,43	0,47	0,61	0,72
2	0,55	0,63	0,93	1,13
3	0,68	0,80	1,24	1,55
4	0,80	0,97	1,55	1,97
5	0,93	1,13	1,86	2,38
6	1,05	1,30	2,18	2,80
7	1,18	1,47	2,49	3,22
8	1,30	1,63	2,80	3,63
9	1,43	1,80	3,11	4,05
10	1,55	1,97	3,43	4,47
12	1,80	2,30	4,05	5,30
24	3,30	4,30	7,80	10,30

Bij stoeptegels (gemiddeld 3,8 mm/24 uur) en baksteen (gemiddeld 9,05 mm/24 uur) is per decade met meetstation (KNMI Amsterdam) bepaald hoe vaak de regenbui groter is (dan de maximale infiltratie door elementenverharding) en kleiner is (dan de maximale infiltratie door elementenverharding). In tabel 5 en grafiek 1 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 5

aantal dagen neerslag [N] versus maximale infiltratie door elementen [vt]	stoeptegels N > vt	stoeptegels N ≤ vt	bakstenen N > vt	bakstenen N ≤ vt	aantal dagen met neerslag
1910-1920	20%	39%	6%	52%	59%
1920-1930	18%	41%	6%	54%	60%
1930-1940	18%	38%	7%	49%	56%
1940-1950	19%	35%	7%	47%	54%
1950-1960	20%	33%	8%	46%	54%
1960-1970	21%	34%	9%	47%	56%
1970-1980	19%	32%	7%	44%	51%
1980-1990	21%	36%	9%	48%	57%
1990-2000	20%	30%	9%	42%	51%
2000-2010	21%	32%	9%	44%	54%
2010-2020	21%	32%	9%	44%	53%

Grafiek 1

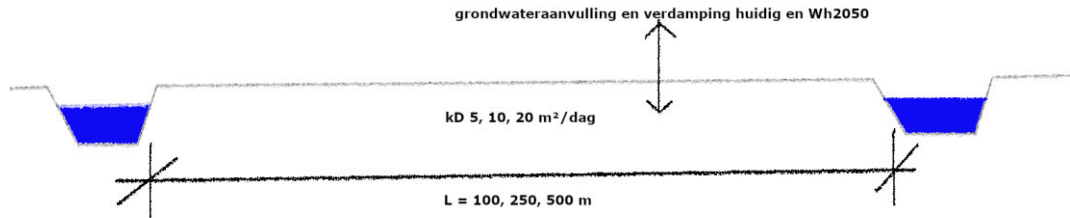


Uit de statistieken (meetreeks KNMI Amsterdam 2000-2014) blijkt dat maximaal 70% van neerslag kan infiltreren door elementenverharding, bij de rest sprake van run-off. Daarnaast is er ook verdamping bij elementenverharding al is deze vrij gering (30% van waarde in tabel 1). Een ander veelvoorkomende situatie zijn bomen met kleine boomspiegel in een elementenverharding opgesloten, door opname van water door de boomwortels is hier geen reductie van verdamping (ten opzichte van tabel 1). Er is in de zomer zelfs sprake van toename verdamping (ten opzichte van de waarde in tabel 1). In tabel 6 is de maatgevende grondwateraanvulling samengevat.

Tabel 6

grondwateraanvulling [mm/jaar]	Elementenverharding	Elementenverharding Wh2050	Elementenverharding met bomen	Elementenverharding met bomen Wh2050
januari	50,10	58,95	44,50	53,19
februari	36,80	43,69	26,30	32,87
maart	42,20	46,19	19,80	22,22
april	14,10	15,72	-26,50	-27,73
mei	20,30	22,63	-67,90	-71,74
juni	20,60	11,44	-87,40	-108,44
juli	30,30	19,52	-93,20	-117,56
augustus	29,90	20,25	-54,10	-72,99
september	42,00	45,22	-4,55	-4,58
oktober	54,20	58,31	35,30	38,08
november	56,90	61,18	49,20	52,95
december	57,00	66,94	52,80	62,62

Berekening effect Wh2050 in de stad modelleren



Het effect in klimaatscenario Wh2050 is uitgevoerd in een 2D grondwatermodel berekening waarbij er 3 verschillende afstanden tussen oppervlaktewater, 3 verschillende kD-waarden en 3 verschillende inrichtingen getoetst zijn wat betreft grondwateraanvulling en verdamping:

1. **Park:** Gras 50% + bomen 50%;
2. **Veel bomen in stad:** Bebouwing 25% + elementenverharding met bomen 40% + 25% elementenverharding + 5% bomen + 5% gras;
3. **Weinig bomen in stad:** Bebouwing 30% + elementenverharding met bomen 5% + 60% elementenverharding + 5% gras;

Totaal zijn er $3 \times 3 \times 3 = 27$ modelruns uitgevoerd voor de bestaande situatie en de situatie in klimaatscenario Wh2050 (90 modelruns totaal). Elke modelrun wordt het klimaat gesimuleerd in stappen van 1 maand, elke maand wordt de grondwateraanvulling/verdamping aangepast conform de bijpassende rekenwaarde.

De uitkomst bestaand en klimaatscenario Wh2050 worden vergeleken. Wijzigingen door klimaatscenario Wh2050 zijn gerapporteerd ten aanzien van de maatgevend hoge grondwaterstand (hoger of lager) en de maatgevend lage grondwaterstand (hoger of lager). In de onderstaande tabellen staan de resultaten. Voorbeeld input grondwateraanvulling in model park bij bestaand versus nieuw in tabel 6.

Tabel 6

Grondwateraanvulling modelinput [mm/maand]	model park bestaand	model park Wh 2050	model veel bomen bestaand	model veel bomen Wh 2050	model weinig bomen bestaand	model weinig bomen Wh 2050
januari	67,4	79,9	37,1	44,0	35,7	42,0
februari	44,8	54,4	24,2	29,5	25,7	30,6
maart	43,6	48,1	22,8	25,2	28,6	31,3
april	-13,0	-13,0	-8,4	-8,5	6,5	7,4
mei	-33,7	-34,8	-25,5	-26,5	7,8	9,0
juni	-44,5	-65,7	-34,3	-47,1	6,9	-0,6
juli	-39,5	-64,0	-33,7	-48,5	13,0	4,2
augustus	-15,0	-35,1	-15,7	-27,6	15,3	7,6
september	28,3	30,7	11,5	12,5	26,8	28,9
oktober	63,4	68,2	34,0	36,6	37,5	40,4
november	75,6	81,3	41,5	44,6	40,4	43,5
december	78,3	92,4	43,2	51,0	40,8	47,9

Hoe is dit bepaald? → het 50% van waarde kolom 5 + 50% van waarde kolom 7 (gras en bomen in Wh 2050), regel januari, in tabel 2 is 79,9 mm/maand.

Effect bij park

De effecten bij parken in de stad zijn met name dalend (18 modelstudies samengevat in tabellen 9 en 10). De GLG zakt tot 0,32 m in het midden van de drainagemiddelen, conclusie → in dit geval gaten 0,35 m extra dieper aanleggen (beneden GLG ter voorkoming van oxidatie geohydrologische maatregelen).

De GHG stijgt tot 0,07 m in het midden van de drainagemiddelen (afhankelijk van de kD-waarde en afstand tussen drainagemiddelen) conclusie → rekening houden dat de GHG 0,1 m kan stijgen.

Tabel 7

Stijging ghg [m]	L=100	L=250	L=500
kD 5 m²/dag	0.06	0.04	-0.1*
kD 10 m²/dag	0.04	0.07	-0.02*
kD 20 m²/dag	0.025	0.06	0.05

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Tabel 8

Stijging glg [m]	L=100	L=250	L=500
kD 5 m²/dag	-0.11	-0.19	-0.32*
kD 10 m²/dag	-0.075	-0.175	-0.23*
kD 20 m²/dag	-0.045	-0.14	-0.19

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Effect bij veel bomen in stad

De effecten bij veel bomen in de stad zijn met name dalend (18 modelstudies samengevat in tabellen 9 en 10). De GLG zakt tot 0,3 m in het midden van de drainagemiddelen, conclusie → in dit geval gaten 0,3 m extra dieper aanleggen (beneden GLG ter voorkoming van oxidatie geohydrologische maatregelen).

De GHG stijgt tot 0,03 m (en zakt waarschijnlijk) in het midden van de drainagemiddelen (afhankelijk van de kD-waarde en afstand tussen drainagemiddelen) conclusie → rekening houden dat de GHG 0,05 m kan stijgen.

Tabel 9

Stijging ghg [m]	L=100	L=250	L=500
kD 5 m²/dag	0.03	0.005	-0.15*
kD 10 m²/dag	0.02	0.03	-0.05
kD 20 m²/dag	0.015	0.036	0.01

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Tabel 10

Stijging glg[m]	L=100	L=250	L=500
kD 5 m²/dag	-0.07	-0.125	-0.28*
kD 10 m²/dag	-0.045	-0.1	-0.17
kD 20 m²/dag	-0.027	-0.085	-0.12

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Effect bij weinig bomen in stad

De effecten bij weinig bomen in de stad zijn relatief gering (18 modelstudies samengevat in tabellen 11 en 12). De GLG verandert maximaal 0,05 m (modelnauwkeurigheid) in het midden van de drainagemiddelen, conclusie → in dit geval gaten 0,05 m extra dieper aanleggen (beneden GLG ter voorkoming van oxidatie geohydrologische maatregelen).

De GHG stijgt 0,01 tot 0,14 m in het midden van de drainagemiddelen (afhankelijk van de kD-waarde en afstand tussen drainagemiddelen) conclusie → rekening houden dat de GHG 0,15 m kan stijgen.

Tabel 11

Stijging ghg [m]	L=100	L=250	L=500
kD 5 m²/dag	0.035	0.065	0.14*
kD 10 m²/dag	0.025	0.045	0.09*
kD 20 m²/dag	0.012	0.04	0.04

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Tabel 12

Stijging glg [m]	L=100	L=250	L=500
kD 5 m²/dag	-0.035	-0.02	0.06*
kD 10 m²/dag	-0.017	-0.046	0.01*
kD 20 m²/dag	-0.013	-0.038	-0.04

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

SAMENVATTING

De modelstudie geeft als resultaat dat de grondwaterstanden bij klimaatscenario beperkt wijzigen. Uit de berekeningen volgen grotere afwijkingen pas op bij grote opbolling (ten opzichte van polderpeil), uit peilbuizen in de stad blijkt dat dergelijke opbolling niet optreedt (doordat er naast grachten in de stad ook niet zichtbaar drainerende elementen aanwezig zijn in de bodem).

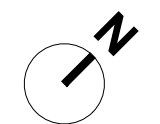
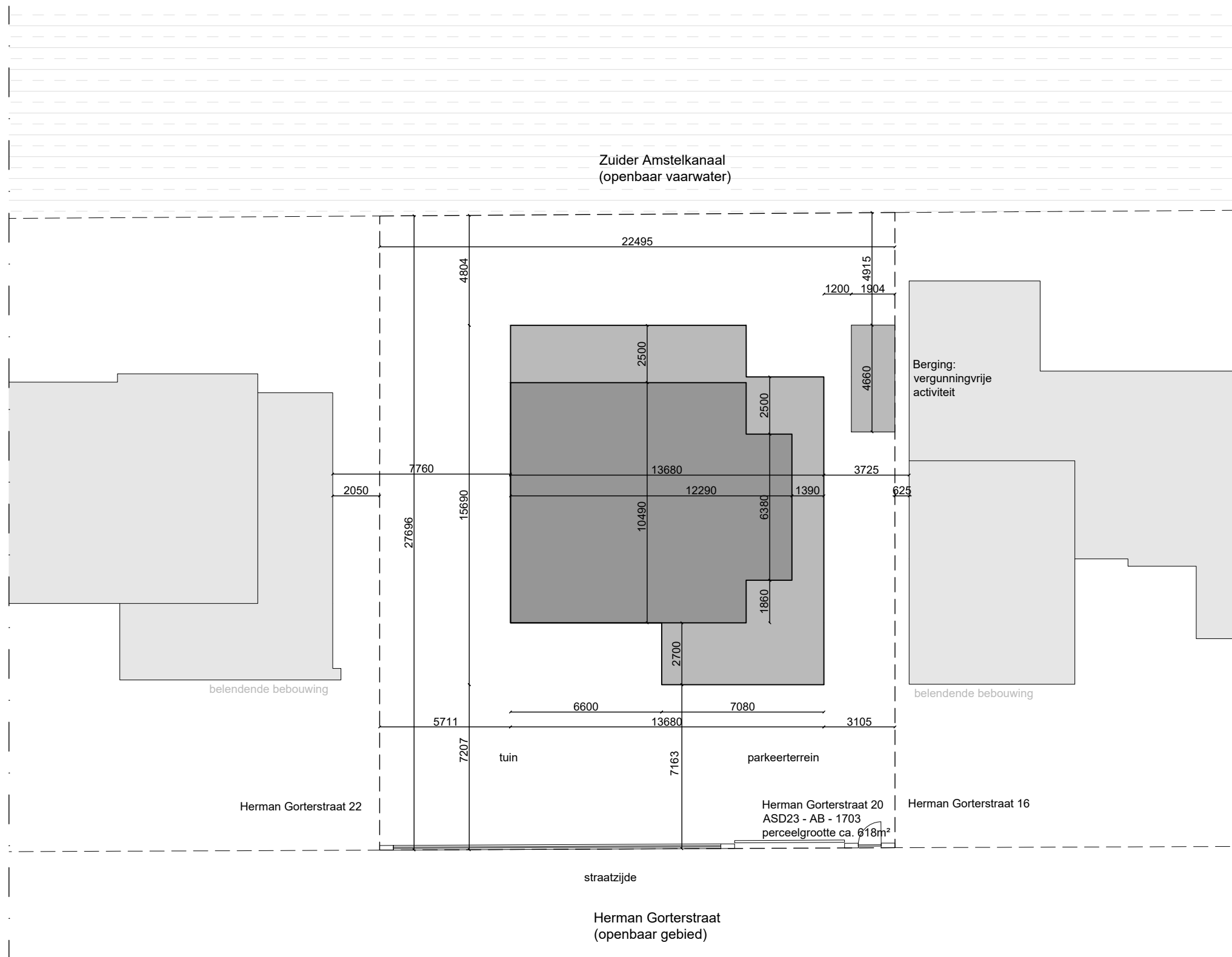
De wijziging van grondwaterstand in tabel 13 wordt meegenomen in het ontwerp, dit door de maatgevende meetreeksen (peilbuizen historisch) te corrigeren (ghg verhogen en glg verlagen) voor het Wh2050 scenario.

Tabel 13

inrichting	GHG	GLG	Aanvullende maatregel Wh 2050 bij oplossing 2 en 3
Park	≤+0,12 ¹ m	≥-0,25 m	gaten/bypass 0,25 m dieper
Stad met veel bomen	≤+0,12 ¹ m	≥-0,25 m	gaten/bypass 0,25 m dieper
Stad met weinig bomen	≤+0,12 ¹ m	≥-0,05 m	gaten/bypass 0,05m dieper

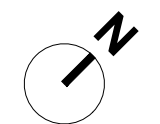
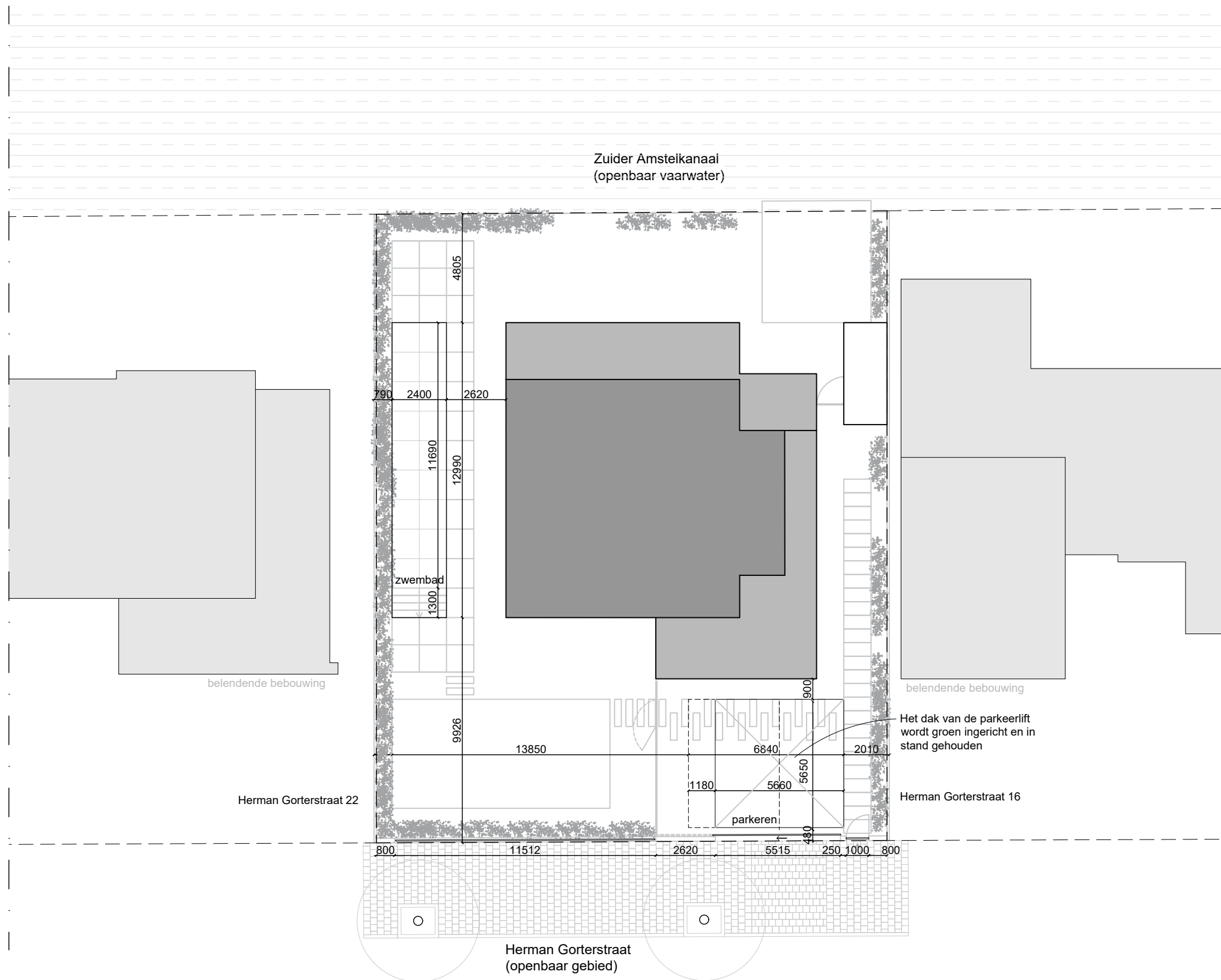
¹ Bovengrens stijging volgens grondwatermodel Amsterdam aangehouden, deze ligt hoger dan benadering Loots, door rekening te houden met deze hogere waarden is het ontwerp conservatief

Bijlage 2 – Tekeningen



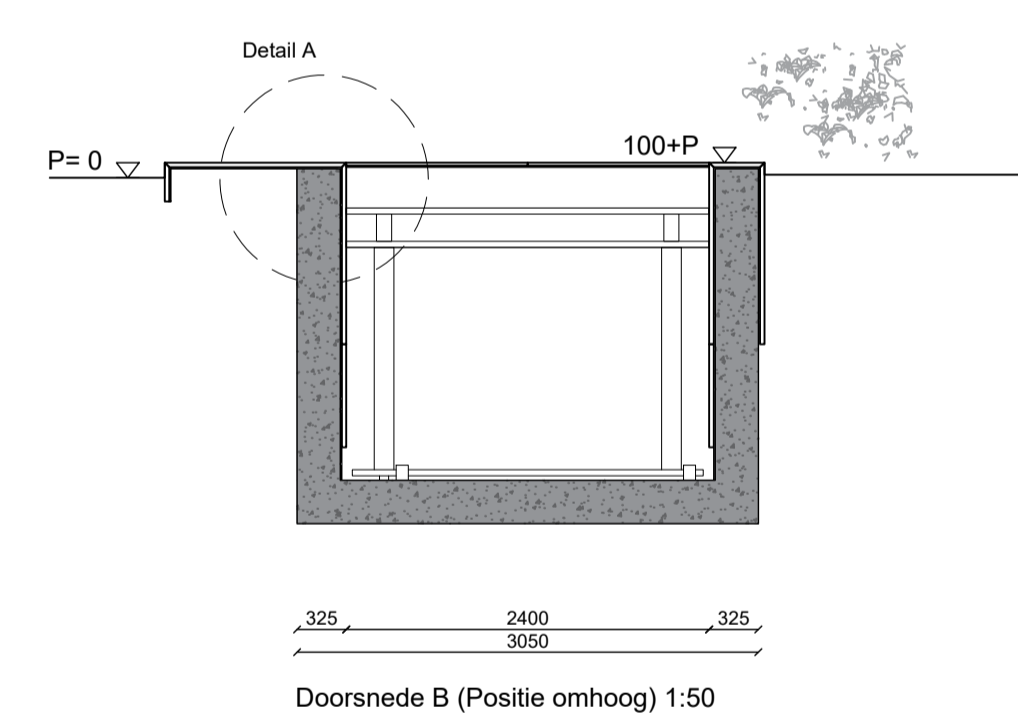
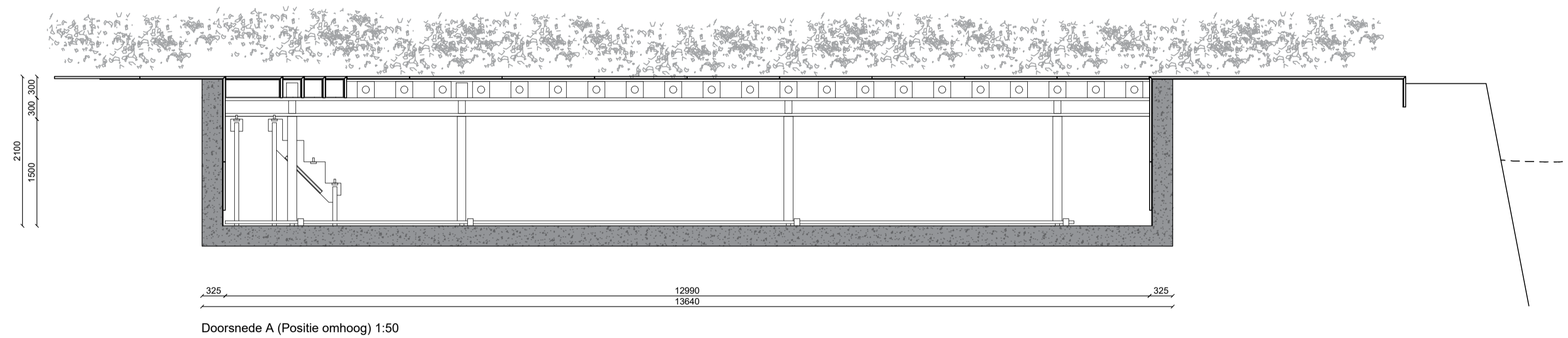
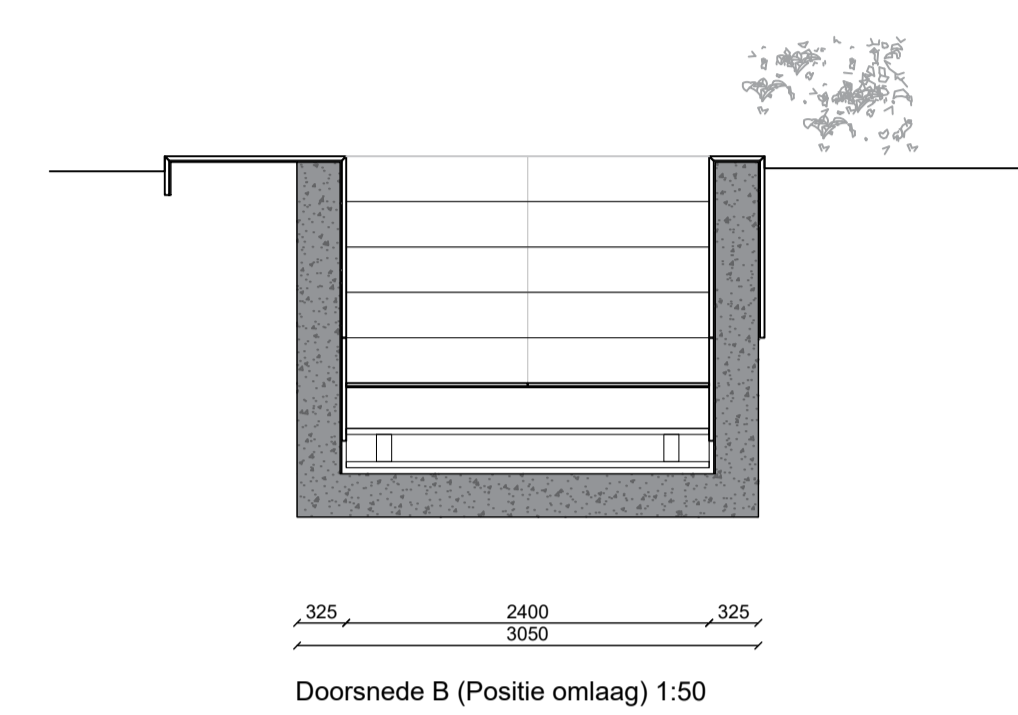
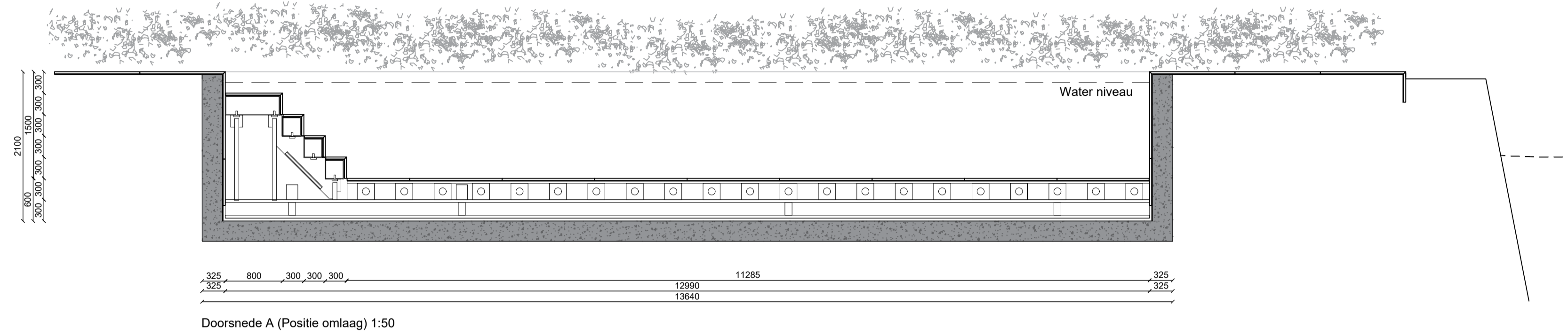
HofmanDujardin

project	Herman Gorterstraat 20	project 2036 fase OV tekeningnummer SI 01B
opdrachtgever	██████████	
projectfase	Omgevingsvergunning	
onderwerp	Situatie bestaand (Vergunde situatie)	
datum	24-04-2023	
schaal	1:200	
formaat	A3	

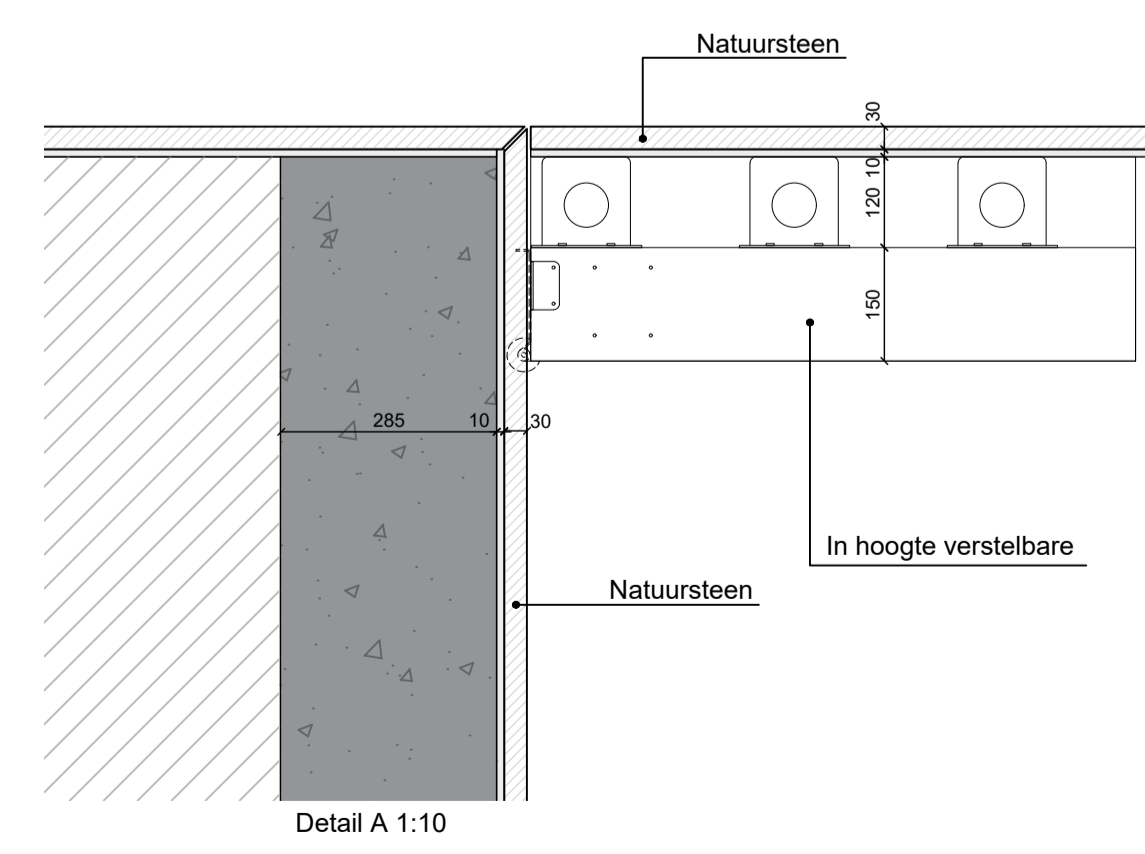
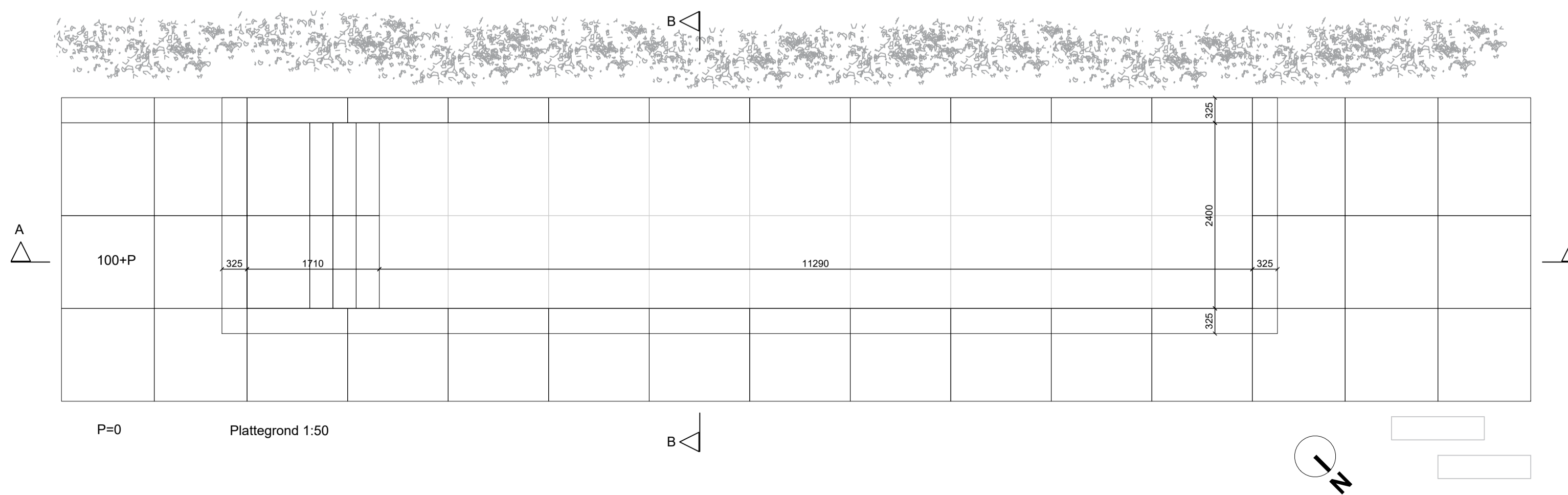


HofmanDujardin

project	Herman Gorterstraat 20	project 2036 fase BV tekeningnummer SI 01
opdrachtgever	██████████	
projectfase	Bouwvoorbereiding	
onderwerp	Situatie nieuw	
datum	24-04-2023 A: 22-05-2023	
schaal	1:200	
formaat	A3	

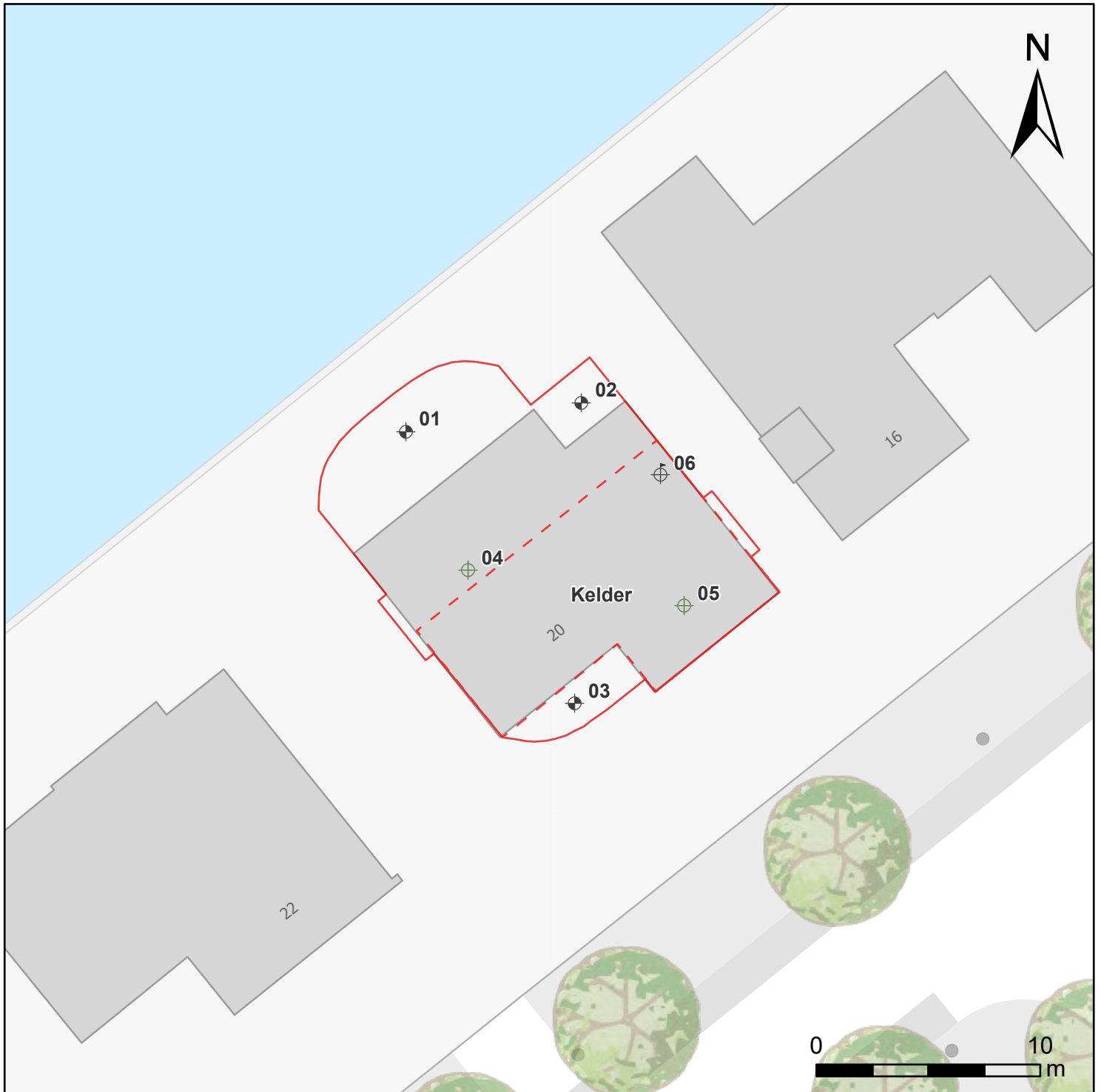


Beton
P=0 / +0,6 NAP



HofmanDujardin		project	Herman Gorterstraat 20	project	2036
		opdrachtgever	[REDACTED]	fase	OV
projectfase	Omgevingsvergunning	tekeringnummer		L(--)-01	
onderwerp	Zwembad				
datum	24-04-2023				
schaal	1:50 / 1:10				
formaat	A1				
<small>Venijn Stuurweg 34 1112 AX Diemen The Netherlands tel: +31 (0)20 528 64 20 office@hofmandujardin.nl</small>					


Bijlage 3 – Grondonderzoeken




Legenda

 Onderzoekslocatie

 Kelder

 Boring tot circa 1,00 m-mv

 Boring tot circa 2,50 m-mv

 Peilbuis

Locatie

Titel

Opdrachtgever

Projectnummer

Tekeningnummer

Schaal

Datum

Herman Gorterstraat 20 te Amsterdam

Verkennd bodemonderzoek

HofmanDujardin

21226

21126-TEK-01

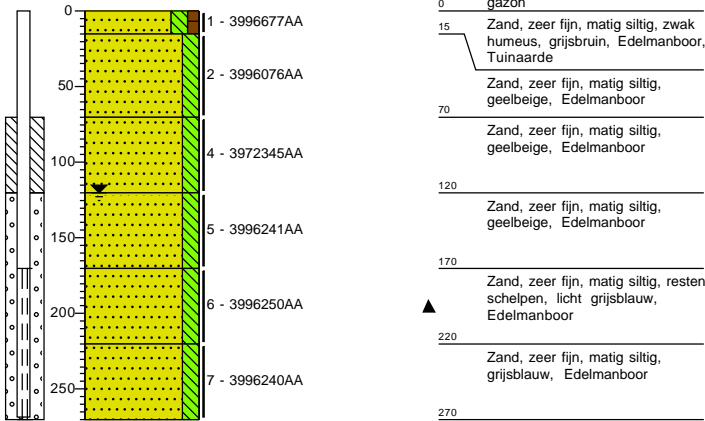
1:250

december 2021



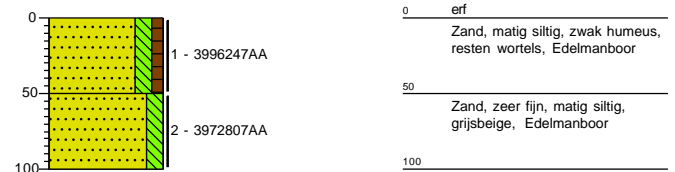
Boring: 01

Datum: 7-12-2021
 Boormeester: Peter de Ruijter
 GWS: 120



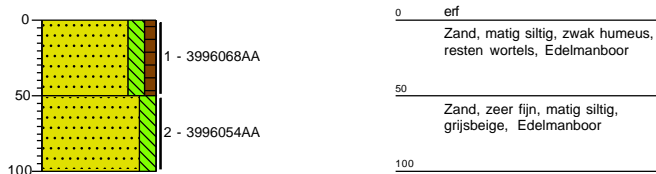
Boring: 02

Datum: 7-12-2021
 Boormeester: Peter de Ruijter



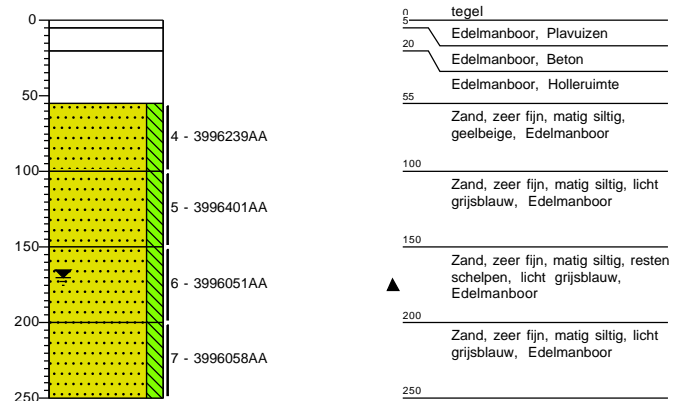
Boring: 03

Datum: 7-12-2021
 Boormeester: Peter de Ruijter



Boring: 04

Datum: 7-12-2021
 Boormeester: Peter de Ruijter
 GWS: 170



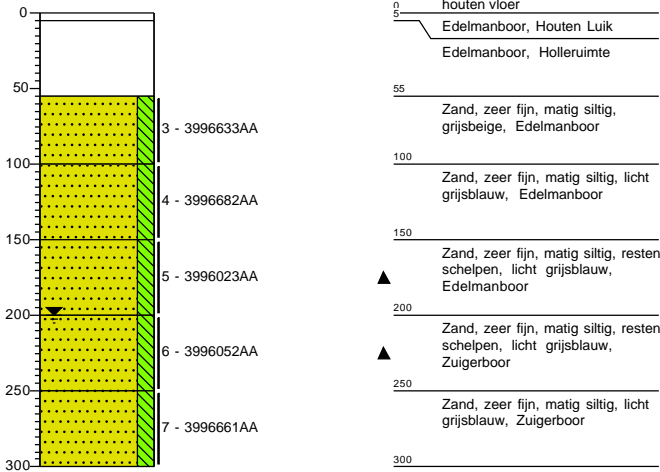
Projectnaam: Herman Gorterstraat

Projectcode: 21226



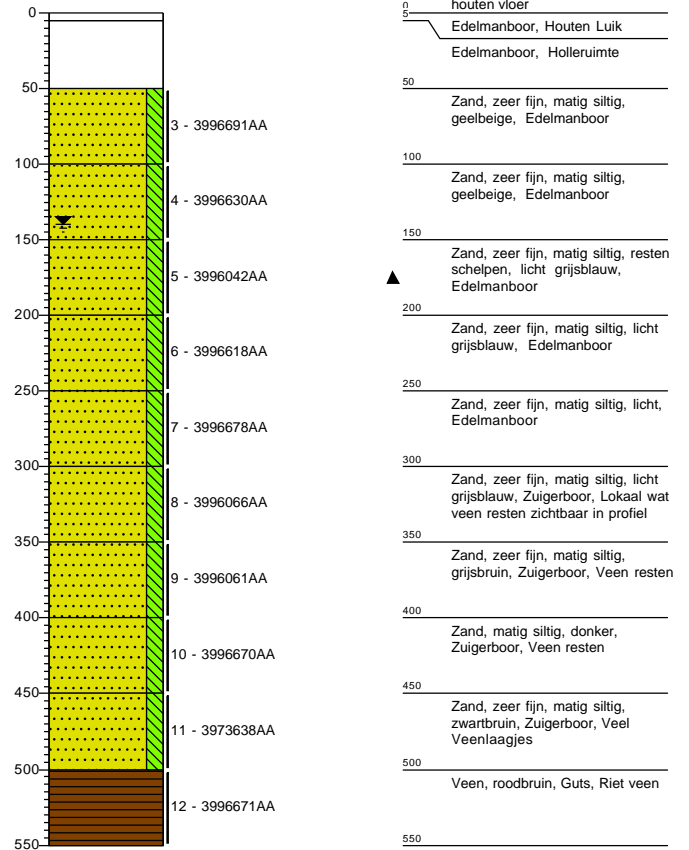
Boring: 05

Datum: 7-12-2021
 Boormeester: Peter de Ruijter
 GWS: 200



Boring: 06

Datum: 7-12-2021
 Boormeester: Peter de Ruijter
 GWS: 140



Projectnaam: Herman Gorterstraat

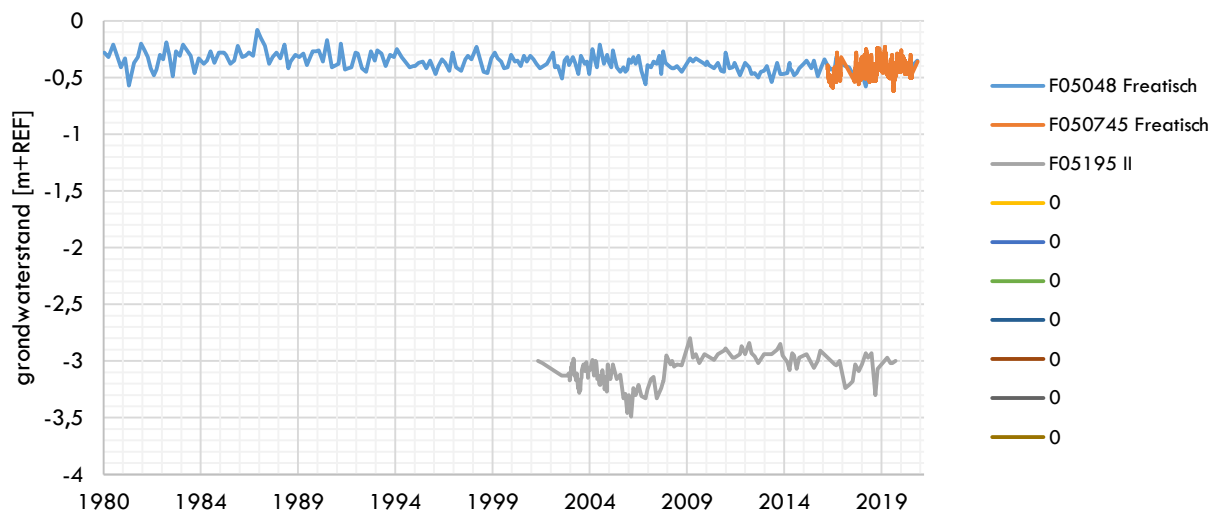
Projectcode: 21226

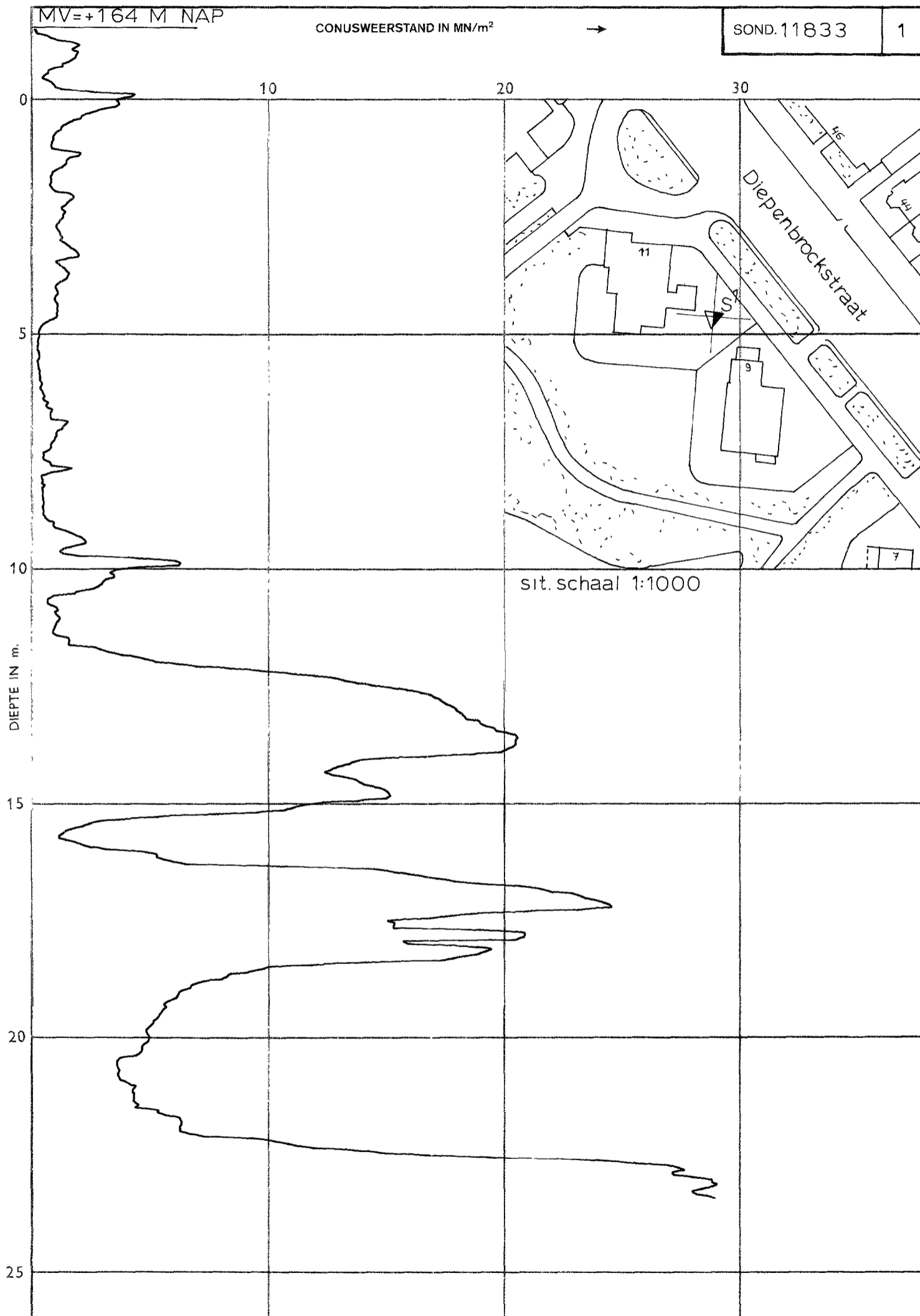


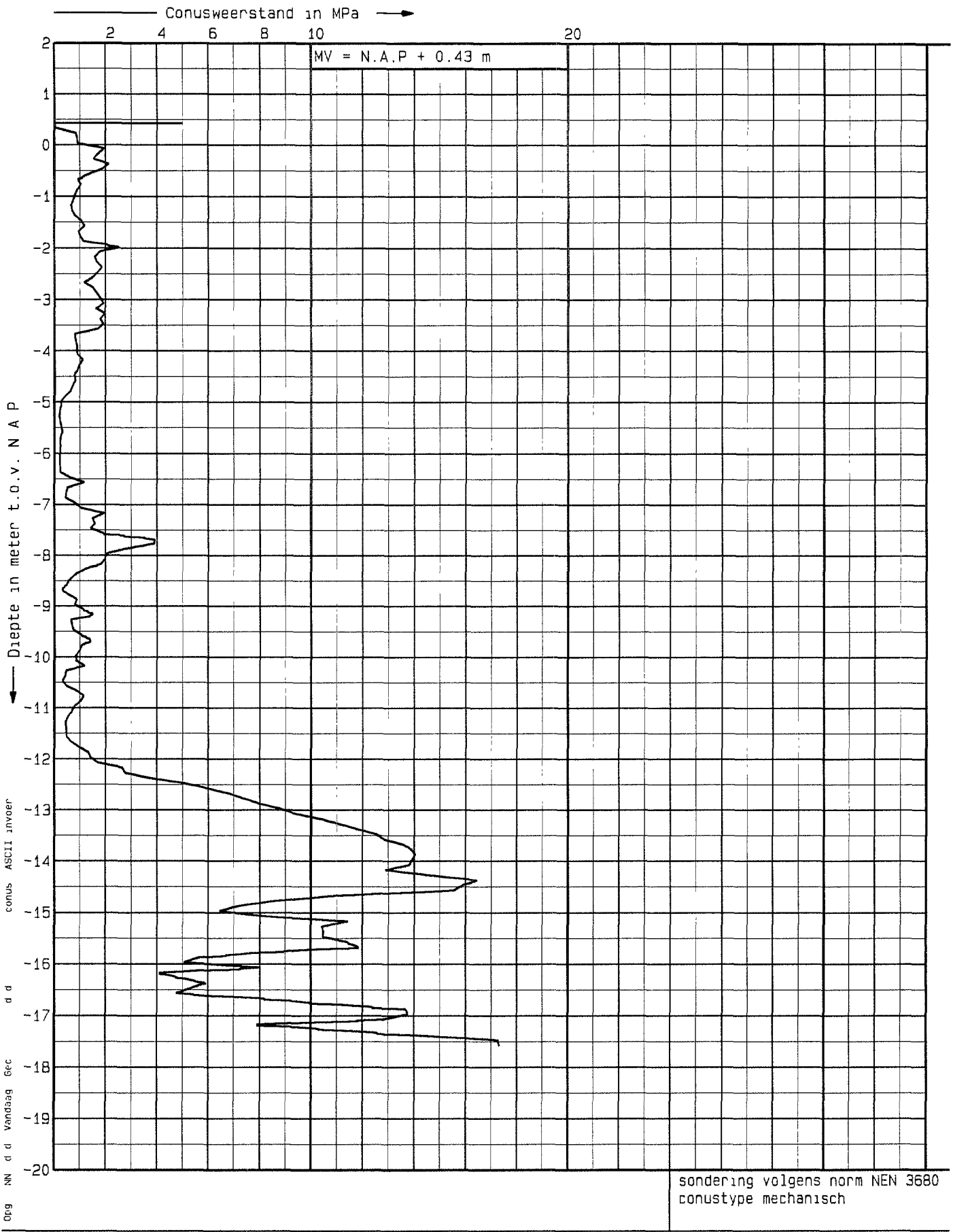
groene cirkel=hoge grondwaterstand, gele driekhoek=gemiddelde grondwaterstand en rode ruit=lage grondwaterstand

REF=NAP

	F05048 Freat	F050745 Frec	F05195 II
naam			
X-coördinaat	120779	120614	120839
Y-coördinaat	484359	484282	484129
maaiveld [m+REF]	0,5	0,63	0,37
bovenkant filter [m+REF]	-2,06	-2	-11,84
onderkant filter [m+REF]	-3,06	-3	-12,84
laatste meetjaar	2021	2021	2020
laatste meting	-0,28	-0,39	-3
totale meetperiode	41	4	18
aantal metingen	239	7433	159
hoogste [hele reeks]	-0,08	-0,23	-2,80
ghg [laatste 8 jaren]	-0,31	-0,23	-2,86
hoog σ [hele reeks]	-0,21	-0,32	-2,84
gemiddelde [hele reeks]	-0,37	-0,43	-3,08
gemiddelde [laatste 8 jaren]	-0,42	-0,43	-3,01
laag σ [hele reeks]	-0,52	-0,54	-3,32
glg [laatste 8 jaren]	-0,55	-0,62	-3,25
laagste [hele reeks]	-0,58	-0,62	-3,49
σ [hele reeks]	0,08	0,05	0,12
januari	● -0,33	● -0,41	◆ -3,10
februari	● -0,34	● -0,40	▲ -3,07
maart	▲ -0,36	▲ -0,42	● -3,06
april	▲ -0,37	▲ -0,45	● -3,04
mei	◆ -0,40	▲ -0,43	◆ -3,11
juni	◆ -0,39	▲ -0,43	◆ -3,10
juli	▲ -0,37	◆ -0,47	◆ -3,11
augustus	◆ -0,40	◆ -0,49	▲ -3,08
september	◆ -0,39	▲ -0,44	◆ -3,12
oktober	◆ -0,38	● -0,40	▲ -3,08
november	▲ -0,36	● -0,41	◆ -3,10
december	● -0,34	● -0,38	● -3,06
2013	-0,46		-2,94
2018	-0,45	-0,45	-3,13







Bijlage 4 – Opbarstberekening

onderdeel: grondverbetering

REF=NAP

grondonderzoek: b5

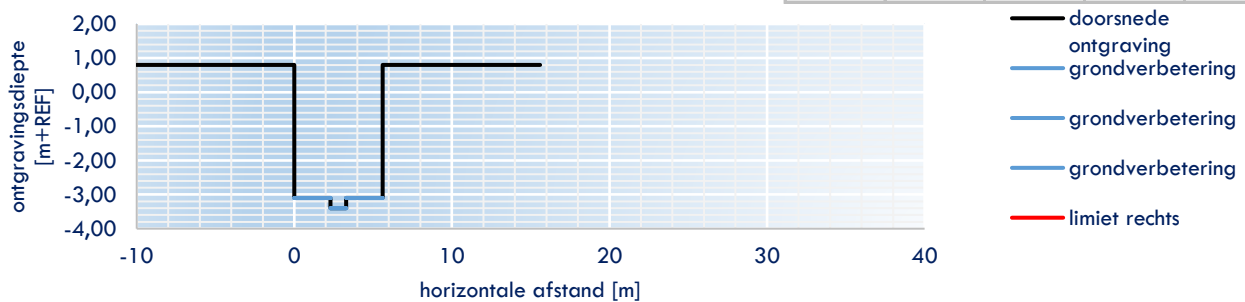
start maaiveld: 0,80	diepte: -3,1	diepte: -3,4
Atl: 0,00	Abl: 0,00	vierkant top: nee
Atr: 0,00	Abr: 0,00	vierkant beneden: nee
Ctl: 50,00	Cbl: 52,30	Ygvb: 17,0
Ctr: 50,00	Cbr: 52,30	Dtgvb: 0,0
Bt: 2,80	Bb: 0,50	Dbgvb: 0,0

	WVL1	WVL2	WVL3	WVL4	WVL5
d _{2,t} :		3,6	8,3		
ft:	0	0,271	0,598		
d _{2,b} :		3,6	8,3		
fb:	0	0,825	0,922		

berekening conform Eurocode NEN9997-1+c1:2012

gvb=grondverbetering

grondbeschrijving	y (σ) [kN/m³]	top [m+REF]	type	ft [m]	fb [m]	d _{2,b} [m]	gvb [m]	gronddruk op watervoerende laag [kN/m²]					
								WVL1	WVL2	WVL3	WVL4	WVL5	
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	17 (0,43)	0,80	WVL1	3,9	0,3	0,8	0	0,00	35,74	57,98			
veen, zandig, slap	11 (0,28)	-4,20	WVL1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00			
veen, hollandveen	10,5 (0,26)	-4,20		0	0	0,8	0	0,00	8,40	8,40			
klei, zandig, slap	16,5 (0,41)	-5,00		0	0	2	0	0,00	33,00	33,00			
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	18 (0,45)	-7,00	WVL2	0	0	1,3	0	0,00	0,00	23,40			
klei, hydrobia	15,2 (0,38)	-8,30		0	0	3,2	0	0,00	0,00	48,64			
veen, basisveen	11,5 (0,29)	-11,50		0	0	0,2	0	0,00	0,00	2,30			
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	19 (0,48)	-11,70	WVL3	0	0	4,3	0	0,00	0,00	0,00			
zand, kleiig	20 (0,5)	-16,00	WVL3	0	0	1	0	0,00	0,00	0,00			
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	21 (0,53)	-17,00	WVL3	0	0	13	0	0,00	0,00	0,00			
klei, zwak siltig, vast	19 (0,48)	-30,00						0,00	0,00	0,00			
paalwerking [kN/m²]								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Uz;d som y x d								0,00	77,14	173,72	0,00	0,00	
Uz;d som yσ x d								0,00	1,93	4,34	0,00	0,00	
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 50%, veiligheidsfactor 1,0									0,87	6,01			
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 16%, veiligheidsfactor 1,025									0,67	5,57			
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 5%, veiligheidsfactor 1,05									0,47	5,13			
Eurocode kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 0,5%, veiligheidsfactor 1,1									0,08	4,24			
hoge grondwaterstand [m+REF] per watervoerende laag								-0,31	-0,50	-2,84			
opwaartse waterdruk [kN/m²]								0,00	64,95	88,57			
bruto veiligheidsfactor bij maatgevend hoge grondwaterstand									1,19	1,96			



	f _{rechts}	f _{links}	f _{limiet-rechts}	f _{limiet-links}	f _t
WVL1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
WVL2	0,27	0,27	0,00	0,00	0,271
WVL3	0,60	0,60	0,00	0,00	0,598
WVL4					
WVL5					

	f _{rechts}	f _{links}	f _{limiet-rechts}	f _{limiet-links}	f _b
WVL1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
WVL2	0,83	0,83	0,00	0,00	0,825
WVL3	0,92	0,92	0,00	0,00	0,922
WVL4					
WVL5					

$$f \text{ (Boussinesq)} = (f_{\text{rechts}} + f_{\text{links}})/2 - (f_{\text{limiet-rechts}} + f_{\text{limiet-links}})/2$$