

Geotechnisch advies

Vlaarding

In opdracht van
Buro Hoogstraat

Verantwoording

Titel : Funderingsadvies te Vlaardingen

Datum : 22 januari 2025

Status : Definitief

Versie : 1.0

Projectnummer : B0013

Opdrachtgever : Buro Hoogstraat

Projectnummer opdrachtgever : P05267

Referentie : VWB/B0013/25/ALG/2066

Opsteller
R. Schipper

A blue ink signature of R. Schipper, consisting of a stylized 'R' followed by a horizontal line.

Gecontroleerd
N. van der Zouw

A blue ink signature of N. van der Zouw, featuring a stylized 'N' and 'Z'.

VWB Bodem B.V.
Van der Landeweg 9
7418 HG Deventer

Tel. : 085-0701300

E-Mail : geotechniek@vwb.nl

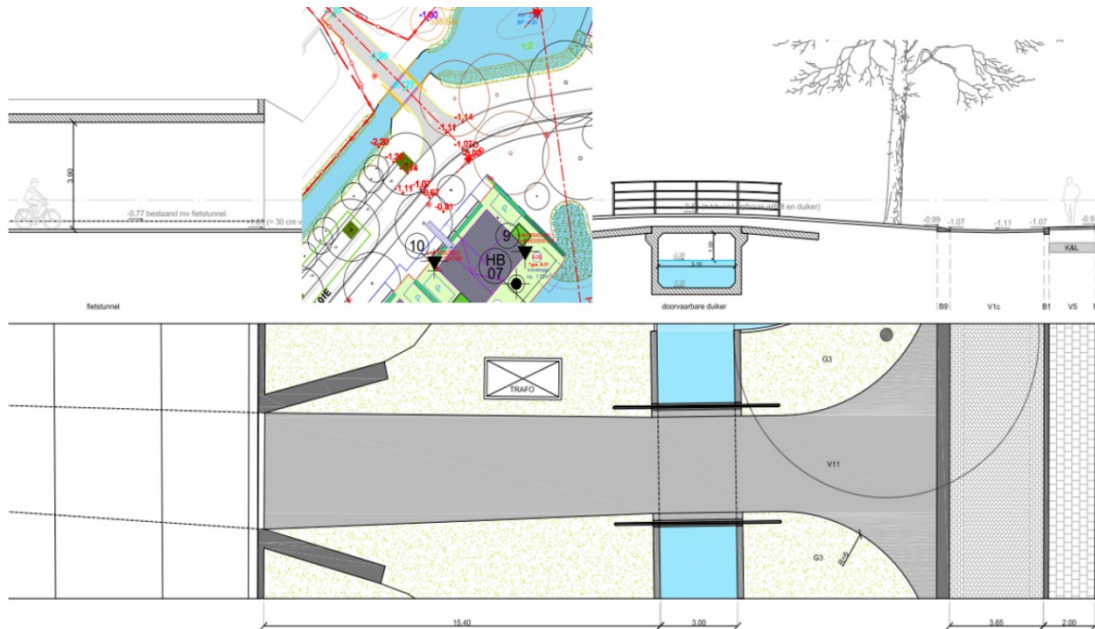
Internet : www.vwb.nl

Inhoudsopgave

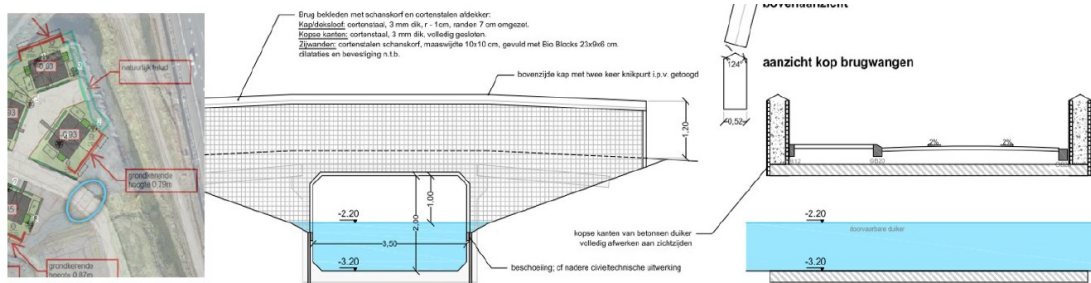
1	Inleiding	2
2	Basisinformatie	3
2.1	Normen en richtlijnen	3
3	Grondonderzoek en bodemopbouw	4
3.1	Algemeen.....	4
3.2	Bodemopbouw en grondwaterstand	5
3.2.1	Grondwaterstand.....	5
4	Funderingsadvies	6
4.1	Belastingen	6
4.2	Uitgangspunten paalfundering	7
4.3	Paalpuntniveau en draagkracht	7
4.4	Paalkopzakking en veerstijfheid palen	8
4.4.1	Drukbelasting.....	8
5	Conclusies en aanbevelingen	10
Bijlage 1	Resultaten grondonderzoek	11
Bijlage 2	Berekeningsresultaten drukbelasting.....	16
Bijlage 3	Uitdraaien geadviseerde paalpuntniveaus	18

1 Inleiding

Ter plaatse van de nieuwbouwwijk Vijfsluizen te Vlaardingen worden twee nieuwe duikerbruggen beoogd. Hierbij is een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd in het verleden door Fugro, Inpijn-Blokpoel en Geonius. De locaties van beide duikerbruggen zijn onderstaand opgenomen.



Figuur 1: Locatie duikerbrug D8



Figuur 2: Locatie duikerbrug D29

In het voorliggend document wordt in opdracht van Buro Hoogstraat de fundering van de duikerbruggen uitgewerkt op basis van de beschikbare informatie.

2 Basisinformatie

Dit hoofdstuk bevat de opsomming van de gebruikte documenten en online gegevens.

2.1 Normen en richtlijnen

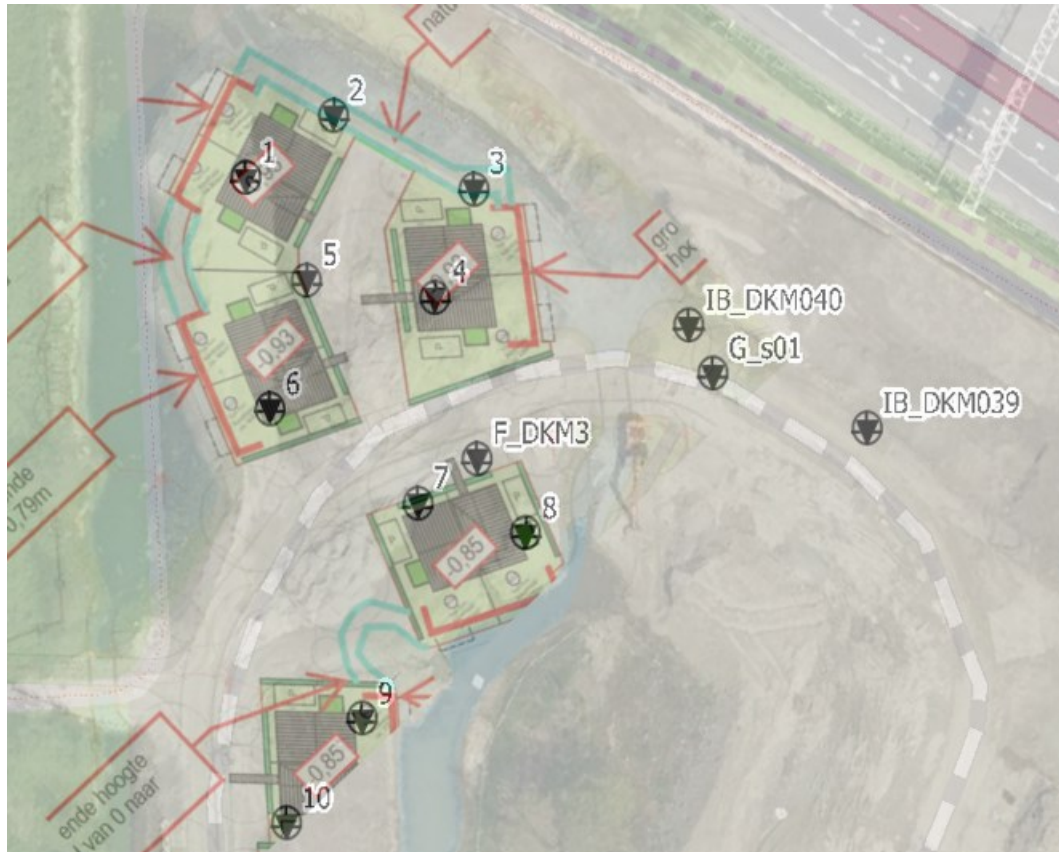
In de uitwerking van dit advies is gebruik gemaakt van Normeringen, leidraden, online gegevens en documenten die de opdrachtgever heeft verstrekt. De volgende bronnen zijn gebruikt:

- [01] NEN 9997-1:2017: Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels.
- [02] CUR 162: Handboek Construeren met grond.
- [03] Ingemeten maaiveldhoogtes, bestand “2210_V7-BS_Situ - M00002307-2210.pdf”..
- [04] Geotechnische zettingsberekeningen bouwrijp maken door GeoRisQ, bestand “191210 1324 Vijfsluizen GR0058-MEM-002 v1.0 (ondertekend).pdf”.
- [05] Geïnstalleerde verticale drainage overzicht, bestand “NL.953 Heijmans Infra Vlaardingen Vijfsluizen , tekening diepte verticale Key-plan.pdf”.
- [06] Detail duikerbrug D29, bestand “NL.Vla.01_Details DOIP_D29_duikerbrug.pdf”.
- [07] Detail duikerbrug D 8, bestand “NL.Vla.01_Profielen VOIP_8.pdf”.
- [08] Uitwerking en berekening oeverbescherming Heijmans, bestand “VIJFSLUIZEN-MEM-001_2-0.pdf”.
- [09] Grondonderzoek door Fugro, bestand “BIJ 07 9017-0533-000_21_KR01_20170412-GEO.pdf”.
- [10] Grondonderzoek door Geonius, bestand “GA211769.R01.V1.0.pdf”.
- [11] Voorbelastingstekening door Arcadis, bestand “VSN-ARC-SI-00-M2-CE-TO-2240-VB_Boven - M00002301-2243.pdf”.
- [12] Voorbelasting dwarsprofielen door Arcadis, bestand “VSN-ARC-SI-00-M2-CE-TO-2250-Profielen - M00002313-2250.pdf”.
- [13] Zettingsprognose door Arcadis, bestand “Zettingsprognose Vijfsluizen - D10056504.pdf”.
- [14] Actuele luchtfoto's: <https://www.pdok.nl>.
- [15] Actueel Hoogtebestand Nederland: ahn.nl

3 Grondonderzoek en bodemopbouw

3.1 Algemeen

Het beschikbare grondonderzoek is afkomstig uit documenten [08], [09] en [10]. Onderstaand zijn de relevante sondeerlocaties inzichtelijk gemaakt.



Figuur 3: Sondeerlocaties van Inpijn Blokpoel (IB), Fugro (F), Geonius (G) en IJB geotechniek

Hieruit volgt dat de afstand tussen sondeerlocaties en te realiseren fiets duikerbrug D8 te ver verwijderd is. Voor een fundatieberekening is strikt genomen een aanvullende sondering nodig. Daarnaast is ook de uitgevoerde diepte van de sondering onvoldoende om hierop een paalfundatieberekening te baseren. Derhalve wordt geadviseerd om ter plaatse van duikerbrug D8 een aanvullende sondering uit te voeren.

Voor de verkeers-duikerbrug D29 zijn de sonderingen van Inpijn blokpoel [08] en Geonius [10] representatief. De afstand tot de duiker is maximaal 10 meter voor sonderingen IB_DKM40 en G_s01. De grondopbouw uit de sonderingen is vergelijkbaar, de sondering van Inpijn-Blokpoel (IB_DKM40) is aangehouden in de uitwerking.

3.2 Bodemopbouw en grondwaterstand

Uit het uitgevoerde grondonderzoek blijkt een bodemopbouw die bestaat uit grondverbetering of antropogene pakketten vanaf het maaiveld van NAP +0,1 m à NAP -0,4 m tot een diepte van circa NAP -2,6 m à NAP -3,0 m. Onderliggend hieraan worden kleiige pakketten aangetroffen tot een diepte van circa NAP -6,3 m. Op deze diepte wordt een pakket veen aangetroffen met een dikte van circa 1,5 m à 2 m tot een diepte van NAP -7,8 m à NAP -8,8 m. Onderliggend hieraan wordt tot een diepte van circa NAP -16,0 m à NAP -17,5 m klei aangetroffen met in een enkele sondering op een diepte van NAP -13,0 m een pakket veen met een dikte van grofweg 0,5 m. Vanaf NAP -16,0 m à NAP -17,5 m worden zandige pakketten aangetroffen die variërend zijn in pakkingsdichtheid en lokaal zeer siltig of kleihoudend lijken te zijn.

De sonderingen die in het verleden zijn uitgevoerd zijn niet middels .GEF bestanden gedeeld. Vandaar dat de sondeerprofielen gedigitaliseerd zijn uit de sondeergrafieken van de onderzoeksrapportages. Opgemerkt dient te worden dat door het digitaliseren van de sonderingen verschillen kunnen ontstaan ten opzichte van de werkelijk uitgevoerde sonderingen.

3.2.1 Grondwaterstand

De grondwaterstand is in de verschillende onderzoeksrapportages gerapporteerd op een diepte van NAP -0,9 m à NAP -2,7 m.

De grondwaterstand wordt gehanteerd op het open waterpeil, NAP -2,2 m.

4 Funderingsadvies

Gezien de bodemgesteldheid ter plaatse van de duikerbruggen wordt een fundatie op prefab geheide palen uitgewerkt. Het funderingsadvies wordt uitgewerkt op basis van de gedigitaliseerde sonderingen uit de grondonderzoeken waarbij sondering IB_DKM40 is aangehouden voor duikerbrug D29.

De dieptes van de sonderingen S10 ter plaatse van duikerbrug D8 en G_S01 ter plaatse van duikerbrug D29 zijn onvoldoende om hiervoor een paalberekening op te stellen. Vandaar dat in de huidige rapportage het profiel van sondering IB_DKM40 wordt gehanteerd. De bodemopbouw tussen de profielen vertoont slechts kleine verschillen, waardoor dit een redelijke aanname is. Ter plaatse van duikerbrug D8 dient een aanvullende sondering uitgevoerd te worden ter controle.

4.1 Belastingen

Door de opdrachtgever is geen uitwerking voorzien van de geldende belastingen. Voor het opstellen van deze rapportage is derhalve een aanname gemaakt in de belastingen. Deze aanname dient gecontroleerd te worden alvorens de conclusies van deze rapportage worden gehanteerd.

De weg betreft een ontsluitingsweg in 2 rijrichtingen met een voetpad. Er kunnen 2 auto's gelijktijdig op de brug aanwezig zijn. De brug wordt langs de taluds met schanskorven bekleed, daarnaast lijkt uit het dwarsprofiel sprake te zijn van een betonnen wand. Voor de afleiding van de belastingen wordt een aanname gemaakt in gewicht van de betonnen vleugelwanden, het gewicht van het kokerprofiel, de belasting vanuit de schanskorven en de verkeersbelastingen. Voor de verkeersbelastingen wordt uitgegaan van de maximaal toegestane aslast voor vrachtverkeer met een eigen gewicht van 50 ton.

De belastingen zijn onderstaand indicatief uitgewerkt.

Tabel 1: Afleiding belastingen

Belasting vanuit duikerconstructie											
Verticale wanden			Horizontale wanden			Leuning			Schanskorven		
Hoogte	2	m	Hoogte	4,1	m	Hoogte	4,1	m	Hoogte	2	m
Breedte	7,5	m	Breedte	7,5	m	Breedte	2,1	m	Breedte	3,5	m
Wanddikte	0,3	m	Wanddikte	0,3	m	Wanddikte	0,52	m	Wanddikte	0,52	m
Aantal	2	-	Aantal	2	-	Aantal	2	-	Aantal	2	-
Gewicht	221	kN	Gewicht	452	kN	Gewicht	220	kN	Gewicht	107	kN
Bestrating											
Dikte	0,1	m									
Lengte	3	m									
Breedte	3,5	m									
Gewicht	25	kN									
Totaal										1025	kN

Belasting vanuit verkeerslast		
Gewicht	50	ton
Belasting	490,5	kN
Totaal	490,5	kN

Totale belastingen		
Fv;kar	1515	kN
Fv;d	2120	kN

Op basis van de bovenstaande aannames en uitwerking wordt een rekenwaarde van de verticale belasting van totaal 2120 kN per duikerprofiel afgeleid. Voor het uitwerken van het funderingsadvies wordt uitgegaan van de toepassing van 4 palen per constructie, resulterend in een rekenwaarde van de paalbelasting van circa 530 kN. De paalbelasting is op basis van gelijk verdeelde belastingen aangehouden, hierin is geen rekening gehouden met eventuele dynamische effecten. Derhalve zijn deze belastingen een inschatting. De werkelijke belastingen dienen door de opdrachtgever nader beschouwd en aangeleverd te worden.

4.2 Uitgangspunten paalfundering

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van grenstoestand 1B volgens Eurocode 7 deel 1 (NEN 9997-1+C2:2017) zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De draagkracht van verticaal centrisch op druk belaste funderingspalen is bepaald. Momenten en horizontale belastingen zijn niet beschouwd.
- Het project/bouwwerk is ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).
- De maximale draagkracht van de drukpalen is berekend conform NEN 9997-1+C2:2017 hoofdstuk 7 'Paalfunderingen'.
- Er is uitgegaan van prefab geheide betonnen palen met een diameter vierkant 250 mm, 290 mm en 320 mm.
- De factoren $\xi_{3:N}$ en $\xi_{4:N}$ volgens tabel A.10a (NEN 9997-1+C2:2017/bijlage A) zijn gehanteerd op 1,39.
- De partiële materiaalfactor γ_b & γ_s (bepaald uit sonderingen) is volgens tabel A.8 (NEN 9997-1+C2:2017/bijlage A) vastgesteld op 1,20 voor drukbelasting.
- De te verwachten maaiveldzakking na installatie van de palen is vermoedelijk groter dan 11 centimeter met als gevolg dat negatieve kleeft in rekening gebracht wordt.
- Het positieve kleeftniveau is vanaf de zandige lagen van NAP -17,7 m gehanteerd.
- De paalvoetfactor "s" conform art. 7.6.2.3 (h) = 1,0 (r = 1).
- Voor de paal worden de volgende materiaal-, paal- en draagkrachtfactoren conform NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3 (tabellen 7.c, 7.d en figuur 7.i) gehanteerd:
 - $\alpha_p = 0,7$;
 - $\beta = 1,0$;
 - α_s (zand) = 0,01, α_s (klei/silt) = 0,020;
- Een paalkophoogte is aangehouden op NAP -3,0 m.
- Dimensionering van de wapening valt buiten het kader van dit rapport.
- Milieukundige en technische aspecten, met name de consequenties van eventueel te verplaatsen of af te voeren grond of rotten van de paalkoppen, zijn buiten beschouwing gelaten in dit rapport.
- Er wordt uitgegaan van een alleenstaande paal waarbij geen sprake is van groepswerking.

4.3 Paalpuntniveau en draagkracht

De bepaling van de maximale waarde van de draagkracht van de paalfundering is gebaseerd op de draagkrachtbepaling conform de normen geotechniek NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2. De toetsing volgens grenstoestand 1B houdt in dat voldaan moet worden aan; $F_{c;d} + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$. Hiermee is tevens voldaan aan grenstoestand 1A.

Hierin is:

$F_{s;d}$ = rekenwaarde van de paalbelasting
 $F_{nk;d}$ = rekenwaarde van de negatieve kleeft op de paal
 $R_{c;d}$ = rekenwaarde van de paal draagkracht

De vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

Voor het funderingsadvies is voor diverse schachtafmetingen op geadviseerde paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald.

Per sondering is voor grenstoestand 1A en 1B het netto paal draagvermogen berekend op verschillende dieptes voor de beschikbare sonderingen. De resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2. In de onderstaande tabel zijn voor beide diameters de geadviseerde paalpuntniveaus opgenomen inclusief de rekenwaarde van de draagkracht.

Tabel 2 Paalpuntniveaus en rekenwaarde van de netto paal draagkracht

Sondering nr.	Duikerbrug	Geadviseerde paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{C,netto;d} in [kN] Prefab geheide palen		
			250 x 250 mm	290 x 290 mm	320 x 320 mm
IB_DKM40	D29	-25,0	550	N.V.T.	N.V.T.
		-24,0	N.V.T.	580	675

Opmerking:

R_{C,netto;d} Rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met
 = negatieve kleef (R_{C;d} - F_{Nk;d}).
 De kleurweergave is voor gelijke paalpuntniveau's.

De in Tabel 2 gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht betreffen grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn.

4.4 Paalkopzakking en veerstijfheid palen

Voor de uiterste grenstoestand type 1B (UGT) en bruikbaarheidsgrenstoestand 2 (BGT) zijn in de norm (NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9) eisen gesteld aan de maximaal toegestane vervormingen. In de regel zal de bruikbaarheidsgrenstoestand 2 bepalend zijn.

Voor een alleenstaande paal is ter indicatie in de uiterste grenstoestand (UGT) en in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT), de te verwachten paalkopzakking berekend volgens NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.4.2, zie ook Bijlage 2 en **Error! Reference source not found..** De resultaten van de bruikbaarheidsgrenstoestand zijn in tabel 3 weergegeven. In de berekening is uitgegaan van een elasticiteitsmodulus van het toe te passen beton van 20.000 N/mm².

4.4.1 Drukbelasting

In de onderstaande tabel zijn de paalkopzakkingen en veerstijfheden berekend voor de verschillende paaldiameters. Hierbij is uitgegaan van een rekenwaarde van de belastingen van de palen van 530kN en een BGT belasting van 400kN.

Tabel 3 - Paalkopzakkingen en statische veerstijfheid palen - drukbelasting (BGT - SLS)

Sondering	Paalafmeting [mm]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	BGT belasting inclusief negatieve kleef F _{S,rep} in [kN]	Paalkopzakking S1+S2 [mm]	Veerstijfheid K _{v,d} [kN/m ¹]
IBM_DKM40	250 x 250	-25,0	615	15	41 000
IBM_DKM40	290 x 290	-24,0	650	13	50 000
IBM_DKM40	320 x 320	-24,0	675	11	60 000

N.B. conform NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.4.2 (k) is sprake van een vrijstaande paal wanneer de hart op hart afstand meer dan tienmaal de paalvoetafmeting bedraagt; indien de palen dicht bij elkaar staan, dient de paalkopzakking vermeerderd te worden met de zakking s₂ welke de samendrukking van de bodemlagen onder de paalvoet in rekening brengt; de veerstijfheden worden navenant kleiner. Bij een min of meer uniforme zakking s₂ ten gevolge van de samendrukking van de grond onder het niveau van de paalpunten van een groep of groepen palen, zal deze over het algemeen niet of nauwelijks van belang zijn bij de toetsing van de grenstoestanden.

Naar aanleiding van NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9 wordt gesteld dat de uiterste grenstoestand type 1B en de bruikbaarheidsgrenstoestand type 2 (BGT) feitelijk niet door de geotechnisch ontwerper getoetst kunnen worden. Dit wordt daarom aan de constructeur over gelaten.

Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie (β) tussen twee afzonderlijke fundamente van een bouwwerk van maximaal 1:100 aangehouden. Voor bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) geldt in het algemeen voor woonfuncties en woongebouwen een maximale toelaatbare scheefstand en/of relatieve rotatie van 1:300.

5 Conclusies en aanbevelingen

De voorliggende rapportage geeft een beschouwing van de fundatie van de duikerbruggen in de wijk Vijfsluizen te Vlaardingen. Hierbij is gebruik gemaakt van het onderzoek dat in het verleden is uitgevoerd. De sonderingen die in het verleden zijn uitgevoerd zijn niet middels .GEF bestanden gedeeld. Vandaar dat de sondeerprofielen gedigitaliseerd zijn uit de sondeergrafieken van de onderzoeksrapportages. Opgemerkt dient te worden dat door het digitaliseren van de sonderingen verschillen kunnen ontstaan ten opzichte van de werkelijk uitgevoerde sonderingen. Dit paalfundatieadvies moet gezien worden als indicatief. De in rekening gebrachte belastingen betreffen een inschatting op basis van gegeven tekeningen. De werkelijke belastingen dienen door de opdrachtgever nader beschouwd en aangeleverd te worden. Ook dient een aanvullende sondering ter plaatse ter plaatse van duikerbrug D8 uitgevoerd te worden alvorens een definitief paalfundatieadvies gerealiseerd kan worden

Duikerbrug D8

Uit de onderzoeksrapportages blijkt dat ter plaatse van duikerbrug D8 één sondering is uitgevoerd die onvoldoende diepte heeft bereikt om hierop het advies te baseren. Aanbevolen wordt om ter plaatse van duikerbrug D8 een aanvullende sondering uit te voeren en hierop een fundatie advies te baseren.

Wegens overeenkomstig grondprofiel is vooralsnog het berekende paal draagvermogen van duikerbrug D29 aan te houden.

Bij duikerbrug D8 is mogelijk aanvullend ook een kleine ophoging in het maaiveld van toepassing, gezien het opbollende lengteprofiel. Omdat de huidige situatie onbekend is wordt er in deze fase geen rekening mee gehouden.

Duikerbrug D29

Ter plaatse van duikerbrug D29 is gebruik gemaakt van het geotechnisch onderzoek dat in het verleden is uitgevoerd door Inpijn Blokpoel, sondering IB_DKM40. Deze sondering toont een gelijksoortig profiel als de sondering die is uitgevoerd door Geonius onder G_S01. Gezien de te geringe diepte van de sondering G_S01 is het fundatie advies derhalve uitgewerkt voor de sondering IB_DKM40. Opgemerkt wordt dat deze sondering zich op een afstand van tenminste 10 m van de duikerbrug bevindt. Derhalve bestaat de mogelijkheid dat de lokale grondslag afwijkt van het sondeerprofiel. Indien het risico op afwijkende grondsoorten geminimaliseerd dient te worden, wordt geadviseerd om ook hier een aanvullende sondering uit te voeren.

Op basis van een inschatting van de eigen gewichten en de geldende verkeersbelastingen is hierin een afleiding gemaakt van de te verwachten rekenwaardes van de paalbelastingen. Geadviseerd wordt om alvorens de conclusies van deze rapportage toe te passen de geldende belastingen door een constructeur te laten bepalen. Op basis van de inschatting wordt een globale verticale belasting van 2.120 kN. Wanneer deze belasting wordt gespreid over 4 palen wordt een rekenwaarde van de paalbelasting van 530kN afgeleid.

Uitgaande van de toepassing van prefab geheide betonpalen zijn voor deze paalbelasting voor een drietal paaldiameters de benodigde paalpuntniveaus afgeleid. Dit resulteert in een paalpuntniveau van -25,0 voor vierkant 250 mm en -24,0 voor vierkant 290 mm of 320 mm.

Gezien de benodigde lengte van de palen wordt geadviseerd om te kiezen voor de toepassing van een prefab geheide betonpaal van tenminste vierkant 290 mm. Hierbij wordt geadviseerd om ook de fabrikant en installateur van de palen te raadplegen, aangezien er praktisch gezien een limiet zit aan de maximale lengte van prefab betonnen palen en de benodigde lengte dusdanig is dat deze voor de slankste paal wellicht benaderd wordt.

Bijlage 1 Resultaten grondonderzoek

Locaties uitgevoerd grondonderzoek

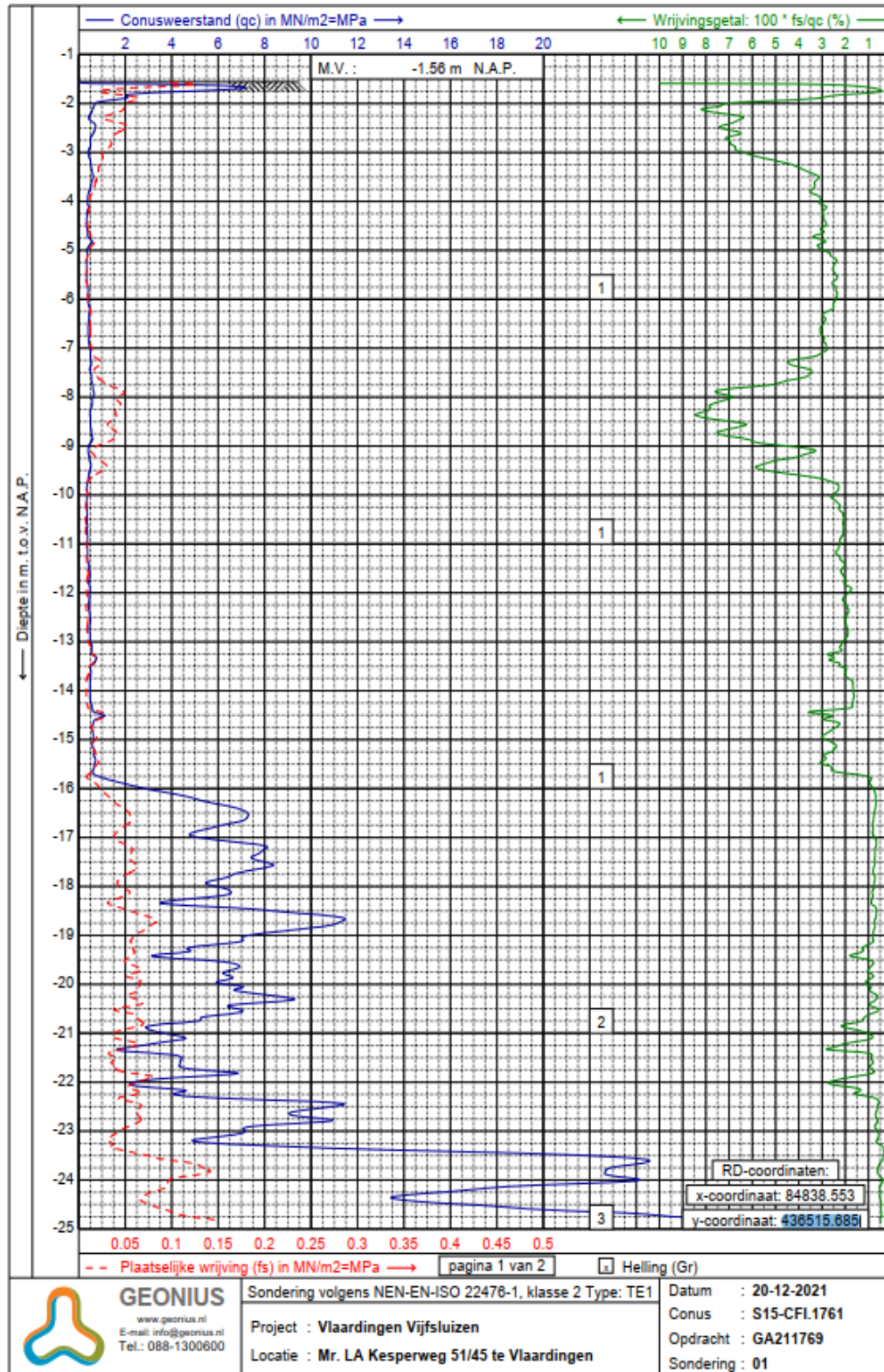


Toelichting coderingen :

- Inpijn Blokpoel (IB),
- Fugro (F),
- Geonius (G),
- IJB geotechniek.

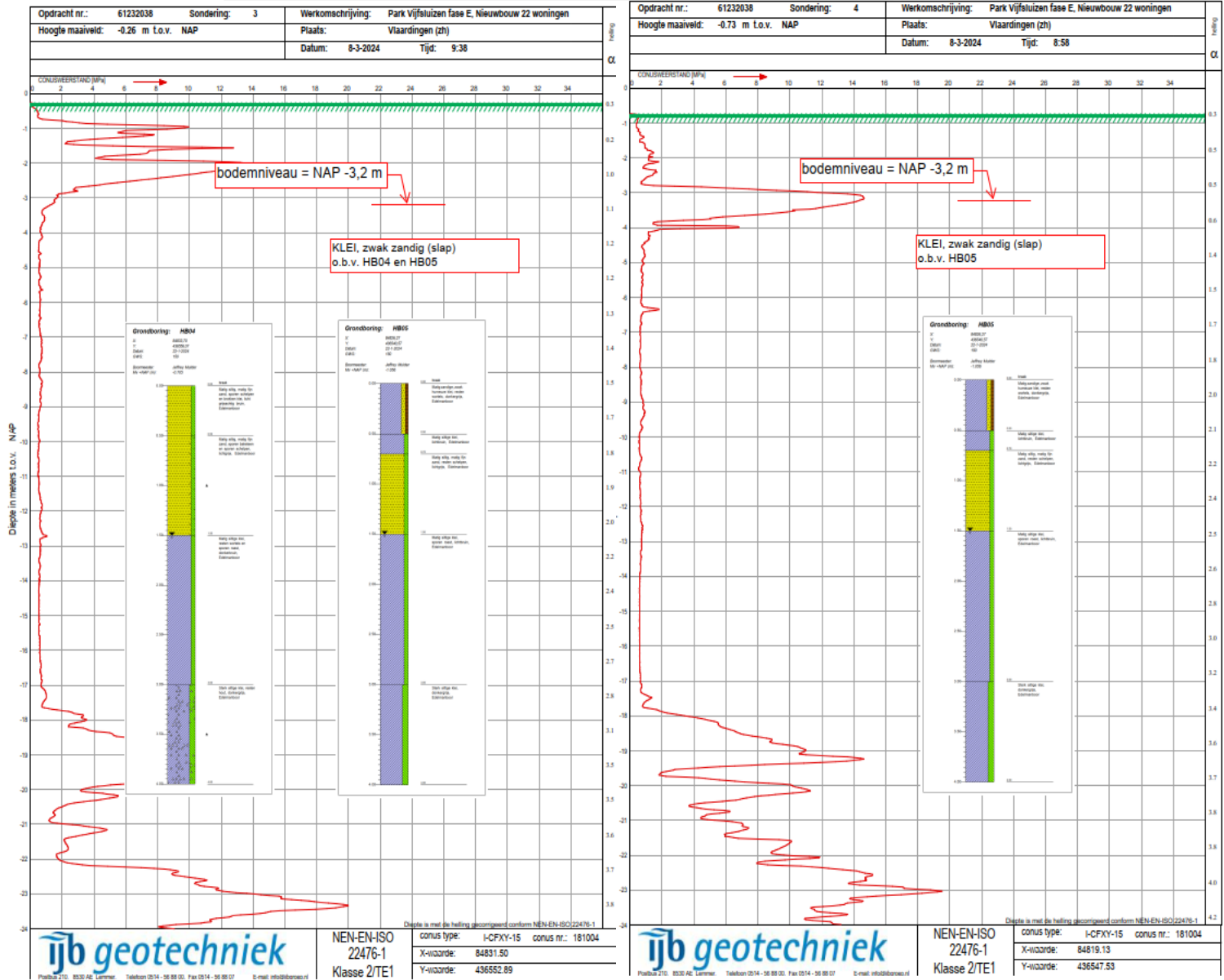
G_s01

GA211769.R01.V1.0.pdf

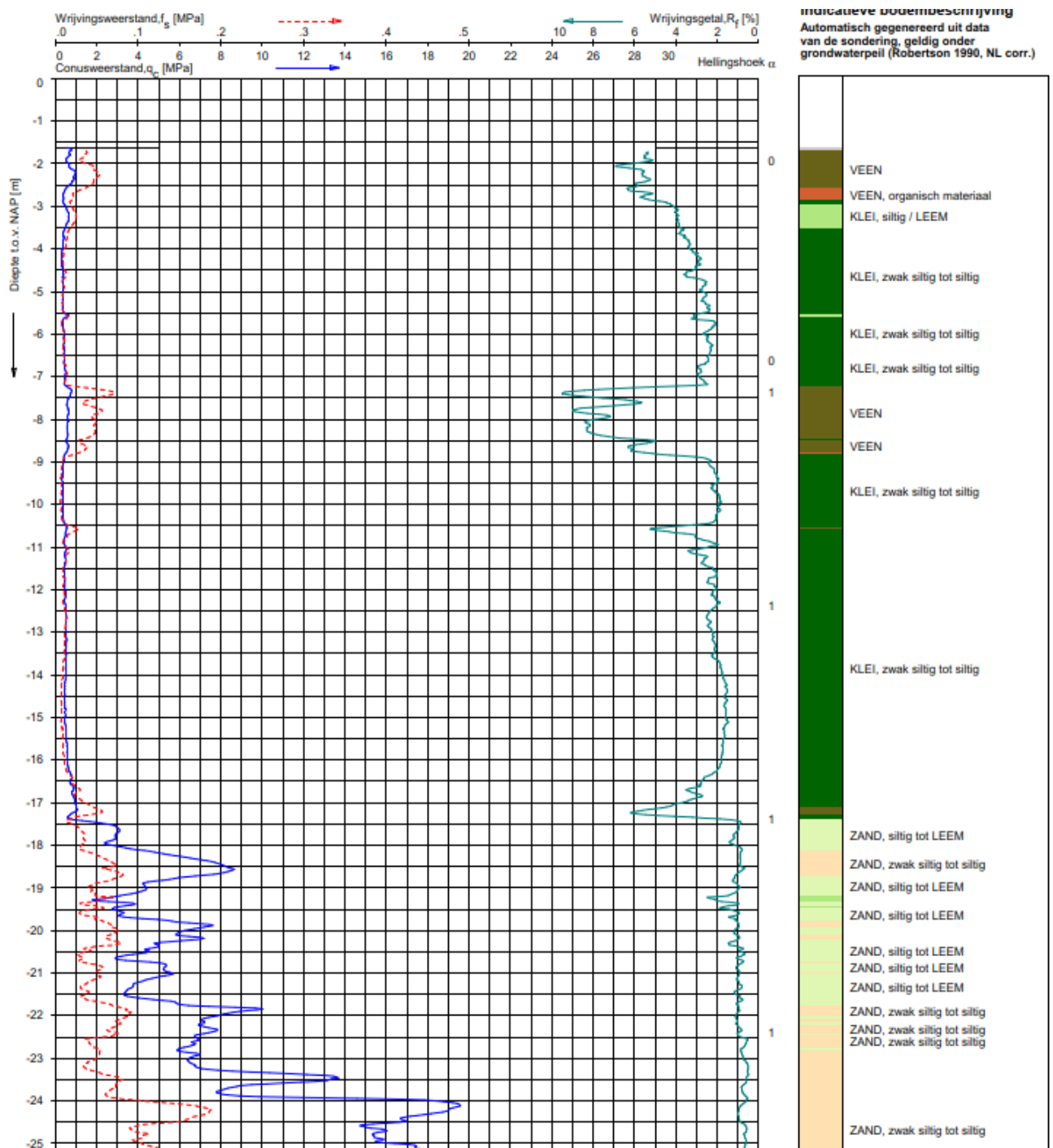


Sondering 3 (links) en 4 (rechts)

IJB geotechniek

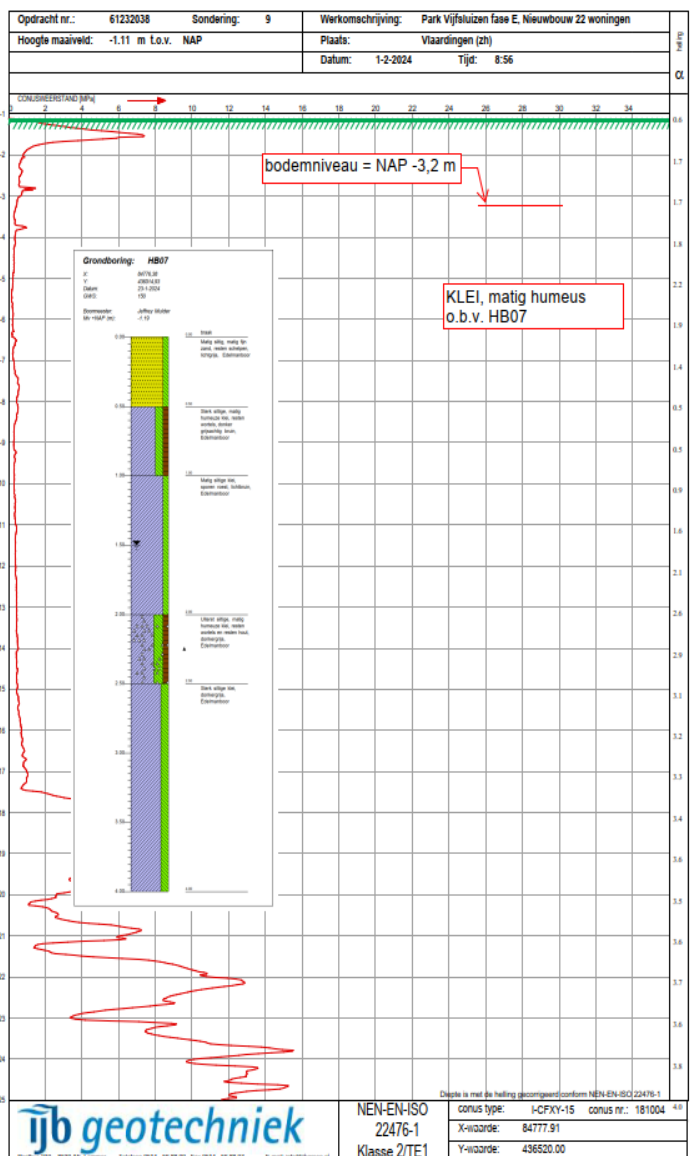
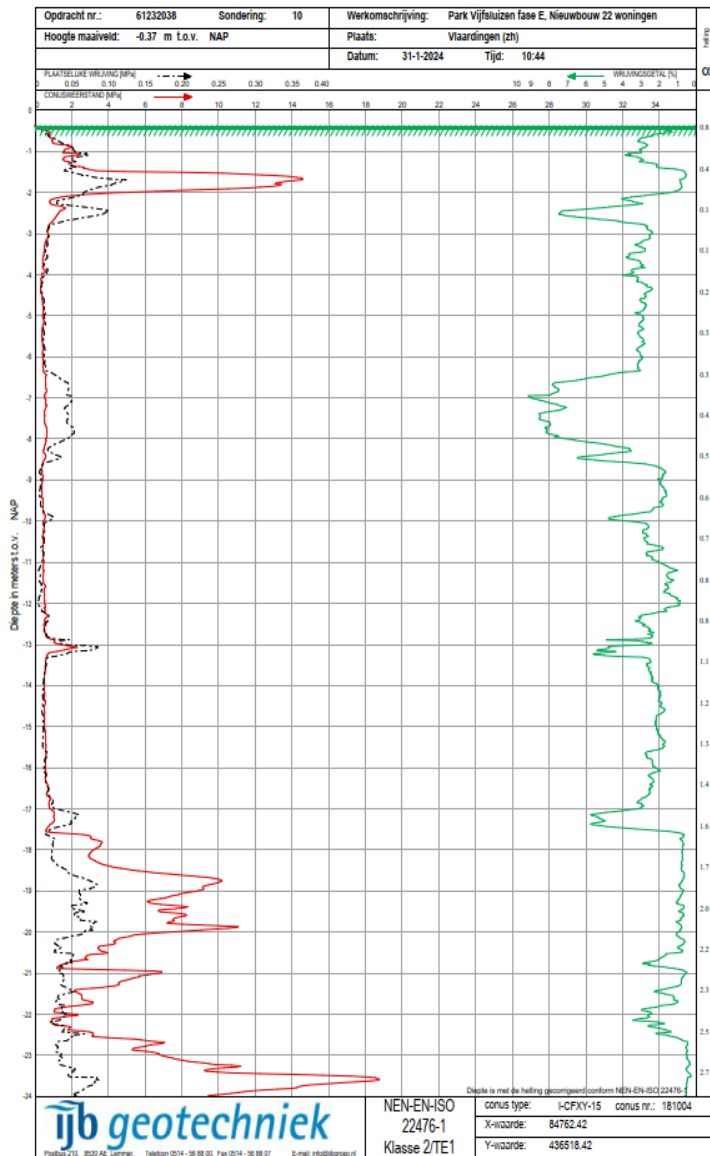


BIJ 07 9017-0533-000_21_KR01_20170412-GEO.pdf



Sondering 10 (links) en 9 (rechts)

IJB geotechniek



Bijlage 2 Berekeningsresultaten drukbelasting

Uitwerking conform NEN 9997-1:2017

Paaltype en diameter: **Prefab 250 x 250 mm**

Sondering	Maaiveldniveau	Paalpuntniveau		Paal draagkracht	
		Berekening	Advies	$R_{c;net;d}$ [kN]	Opmerking
IB_DKM40	-0,83	-23.00	-25,00	200	Niet geadviseerd
		-23.25		220	
		-23.50		235	
		-23.75		265	
		-24.00		450	
		-24.25		490	
		-24.50		535	
		-24.75		520	
		-25.00		550	
		-25.25		565	
		-25.50		585	
		-25.75		600	
		-26.00		670	
		-26.25		690	
		-26.50		705	
		-26.75		710	
		-27.00		735	

Uitwerking conform NEN 9997-1:2017

Paaltype en diameter: **Prefab 290 x 290 mm**

Sondering	Maaiveldniveau	Paalpuntniveau		Paal draagkracht	
		Berekening	Advies	$R_{c;net;d}$ [kN]	Opmerking
IB_DKM40	-0,83	-23.00	-24,00	270	Niet geadviseerd
		-23.25		290	
		-23.50		305	
		-23.75		350	
		-24.00		580	
		-24.25		620	
		-24.50		635	
		-24.75		650	
		-25.00		690	
		-25.25		710	
		-25.50		745	
		-25.75		755	
		-26.00		845	
		-26.25		865	
		-26.50		895	
		-26.75		895	
		-27.00		925	

Uitwerking conform NEN 9997-1:2017
 Paaltype en diameter: **Prefab 320 x 320 mm**

Sondering	Maaiveldniveau	Paalpuntniveau		Paaldraagkracht	
		Berekening	Advies	$R_{c,net;d}$ [kN]	Opmerking
IB_DKM40	-0,83	-23.00	-24,00	330	Niet geadviseerd
		-23.25		345	
		-23.50		365	
		-23.75		425	
		-24.00		675	
		-24.25		730	
		-24.50		710	
		-24.75		755	
		-25.00		805	
		-25.25		825	
		-25.50		865	
		-25.75		890	
		-26.00		985	
		-26.25		1010	
		-26.50		1040	
		-26.75		1045	
		-27.00		1085	

Bijlage 3 Uitdraaien geadviseerde paalpuntniveaus

Report for D-Foundations 23.1

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

Date of report: 1/21/2025
Time of report: 11:34:16 AM
Report with version: 23.1.1.40340

Date of calculation: 1/21/2025
Time of calculation: 11:33:59 AM
Calculated with version: 23.1.1.40340

File name: 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

Project identification: 240010
Vlaardingen Vijfsluizen Brugduikers D8 en D29
D-Foundations 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile IB_DKM40	4
2.7 Pile Types	5
2.7.1 Pile type : Rect 250x250	5
2.7.2 Pile type : Rect 290x290	6
2.7.3 Pile type : Rect 320x320	6
2.8 Foundation Plan	6
2.8.1 View of Foundation Plan	7
2.9 Excavation Data	7
2.10 Totalized Loads (design values)	8
2.11 Requirements	8
2.12 Overruled Parameters	8
2.13 Model Options	8
2.14 Model Options	9
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Complete Verification	10
3.1 Errors and Warnings	10
3.2 Remarks	10
3.3 Calculation Parameters	10
3.3.1 Pile Factors	10
3.3.2 Pile type : Rect 250x250	10
3.4 Verification of Limit State EQU	11
3.5 Verification of Limit State STR/GEO	11
3.6 Verification of Serviceability Limit State	11
3.7 Additional Information	11
3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state STR/GEO	12
3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State	12

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : 240010

Title 2 : Vlaardingen Vijfsluizen Brugduikers D8 en D29

Title 3 : D-Foundations 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

Number of project :

Location of project :

2.3 Application Area Model Bearing Piles

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

2.4 Superstructure

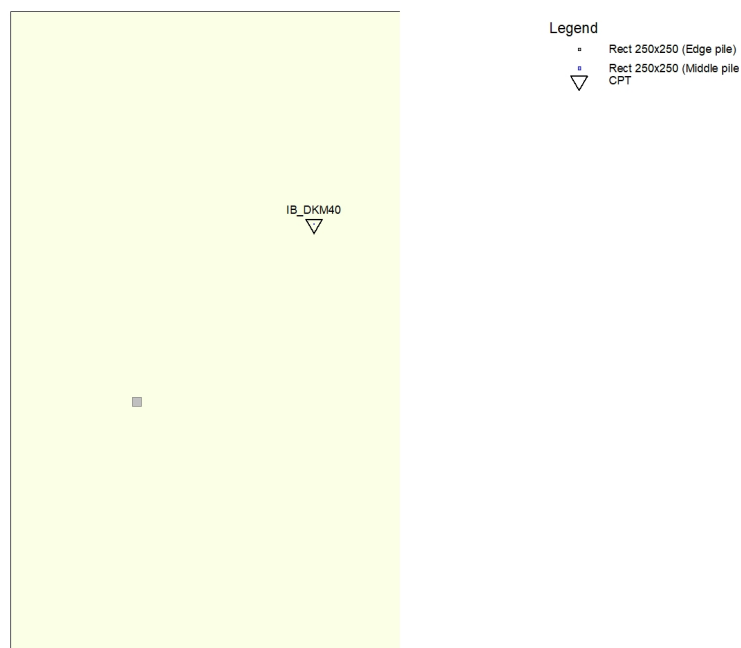
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 1

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



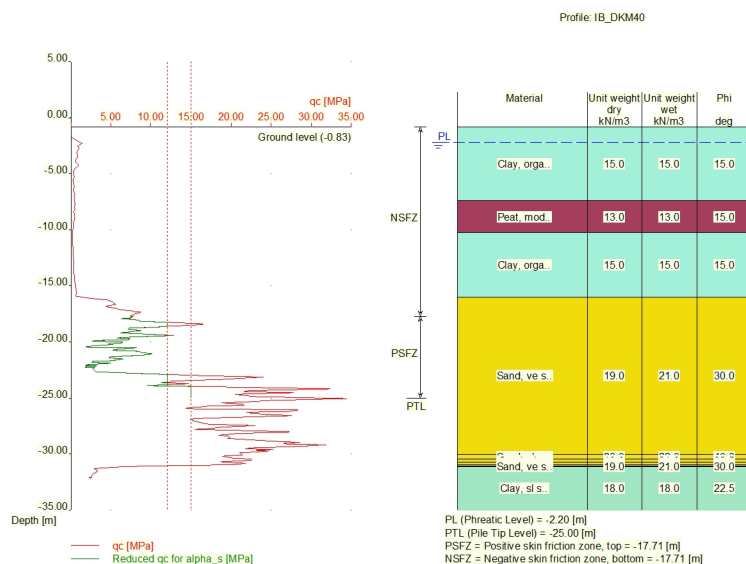
Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
IB_DKM40	-25.00	-17.71	-17.71	0.00	0.00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 1

2.6.1 Soil Profile IB_DKM40

Belonging to CPT	IB_DKM40
Surface level in [m. reference level] :	-0.83
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.20
Pile tip level in [m. reference level] :	-25.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-17.71
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-17.71
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma,sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-0.830	15.00	15.00	15.00	Clay	--
2	-7.400	13.00	13.00	15.00	Peat	--
3	-10.270	15.00	15.00	15.00	Clay	--
4	-16.000	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200
5	-30.070	20.00	22.00	40.00	Sand	0.200
6	-30.470	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200
7	-30.770	20.00	22.00	40.00	Sand	0.200
8	-30.970	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200
9	-31.070	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200
10	-31.170	18.00	18.00	22.50	Clay	--

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Rect 250x250

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] :	0.250
Largest side pile tip [m] :	0.250

2.7.2 Pile type : Rect 290x290

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] : 0.290

Largest side pile tip [m] : 0.290

2.7.3 Pile type : Rect 320x320

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] : 0.320

Largest side pile tip [m] : 0.320

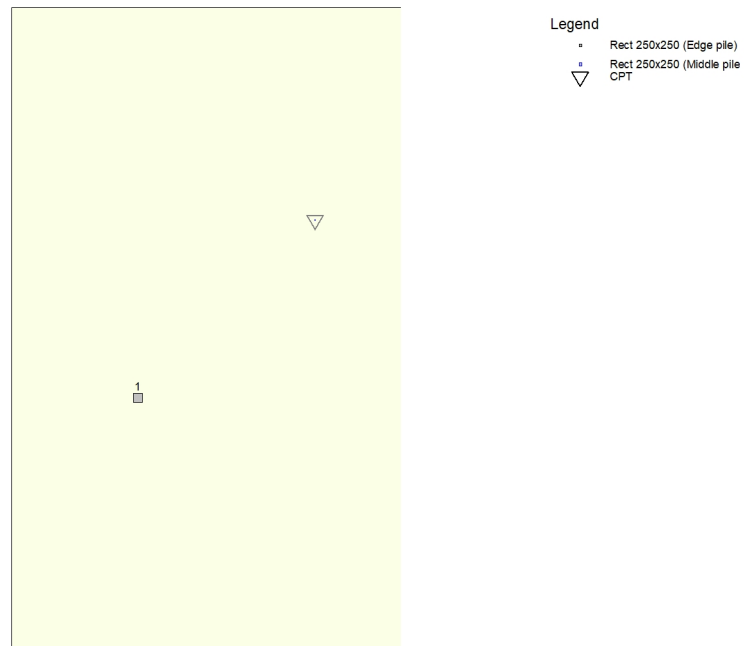
2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1

Number of collaborating piles* : 1

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

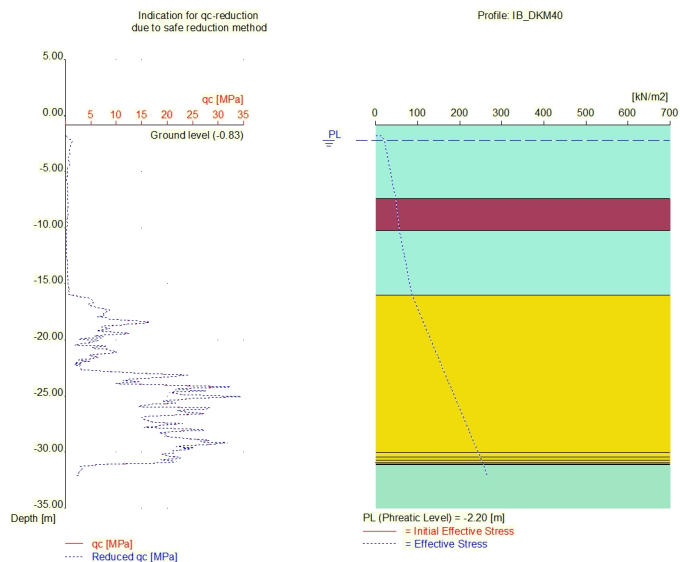
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]	Fc;d (EQU/STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	-5.00	-5.00	530.00	400.00	0.00	-3.00

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -0.37
 Reduction model : Safe (NEN)



2.10 Totalized Loads (design values)

Total load on all piles	
For limit state EQU/STR/GEO in [kN] :	530.00
For Serviceability limit state in [kN] :	400.00

2.11 Requirements

Limit state STR/GEO	
Maximum allowed settlement in [m] :	0.150
Maximum allowed (relative) rotation :	1 / 0
Serviceability Limit State	
Maximum allowed settlement in [m] :	0.150
Maximum allowed (relative) rotation :	1 / 0

2.12 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] :	1.39
User defined Factor xi4 [-] :	1.39

2.13 Model Options

- Suppress pile group (for negative skin friction)
- Do not create intermediate results file
- Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
- Use the influence of excavations (standard).

2.14 Model Options

Selected pile types :
-Rect 250x250

Selected profiles :
-IB_DKM40

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Complete Verification

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor ξ_3 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor ξ_4 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

The CPT's do not meet the requirements set by NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3 because :

- minimal two CPT's are required.

Soil profile IB_DKM40

Warning : The lowest pile head level lies below the surface level. The maximum value for the top of the friction zones is therefor reset to -3.00 m relative to reference level.

3.2 Remarks

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

Performing the check on NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3, the average distance between the different CPT's used for this check is 25 m.

The requirements set by NEN 9997-1+C2:2017 art. A.3.3.3 are met. The variation (0.00%) is ok ($\leq 12\%$).

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

γ_{b} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1.20
γ_{b} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
γ_{s} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1.20
γ_{s} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
ξ_3 (user defined) :	1.39
ξ_4 (user defined) :	1.39
Xi 3 has been used.	

3.3.2 Pile type : Rect 250x250

Pile type :	Prefabricated concrete pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Rectangular pile
beta (Shape factor: figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g) : Pile tip) :	1.00
s (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crossection of the pile base) :	1.00
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.250

Largest side pile tip [m] : 0.250

Number/Name CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1:IB_DKM40	0.0100	--	0.7000

3.4 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

Non rigid superstructure, verify load per pile with bearing capacity per pile.

$F_{c;d} = 530.000$ [kN]

$R_{c;d} = 767.209$ [kN]

The requirements of limit state EQU are met, limit state EQU is ok.

Note: Negative skin friction plays NO part in Limit State EQU. Its influence is incorporated in the tests for Limit State STR/GEO and the Serviceability limit state. The intermediate results provide a full overview of all values that are calculated for the negative skin friction.

Purely indicative, the values for the negative skin friction vary from 215 [kN] to 215 [kN] per pile.

3.5 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

$S_d = 0.035$ [m]

$S_{req} = 0.150$ [m]

The settlement requirements of limit state STR/GEO are met, this is ok.

With only 1 pile, rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.6 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_d = 0.014$ [m]

$S_{req} = 0.150$ [m]

The settlement requirements of the Serviceability Limit State are met, this is ok.

With only 1 pile, rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.7 Additional Information

The design values of the maximum shaft tensions (calculated at the transition of positive to negative skin friction) are

At Limit state EQU/STR/GEO: $\sigma = 11.92$ [N/mm²]

At Serviceability Limit State: $\sigma = 9.84$ [N/mm²]

The maximum settlement was found at:

Limit state STR/GEO

Number/Name IB_DKM40

Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg = 0.000 [m]
 sb = 0.023 [m]
 sel;d = 0.012 [m]
 s2 = 0.000 [m]

Serviceability Limit State

Number/Name IB_DKM40
 Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg = 0.000 [m]
 sb = 0.005 [m]
 sel;d = 0.010 [m]
 s2 = 0.000 [m]

sneg stands for the settlement due to negative skin friction when the expected ground level settlement (egls) is within the next boundaries : $0.02 < \text{egls} \leq 0.10$ meter.

For expected ground level settlement beyond the boundaries, sneg = 0.

3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state STR/GEO

The next table shows the values of the bearing capacities per CPT and these are purely informative. The presented design values are determined using the maximum value of ksi3 and ksi4.

Number/Name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
1:IB_DKM40	375.999	391.210	767.209

3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State

The next table shows the values of the bearing capacities per CPT and these are purely informative. The presented design values are determined using the maximum value of ksi3 and ksi4.

Number/Name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
1:IB_DKM40	451.199	469.452	920.651

End of Report

Report for D-Foundations 23.1

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

Date of report: 1/21/2025
Time of report: 11:37:39 AM
Report with version: 23.1.1.40340

Date of calculation: 1/21/2025
Time of calculation: 11:37:20 AM
Calculated with version: 23.1.1.40340

File name: 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

Project identification: 240010
Vlaardingen Vijfsluizen Brugduikers D8 en D29
D-Foundations 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile IB_DKM40	4
2.7 Pile Types	5
2.7.1 Pile type : Rect 250x250	5
2.7.2 Pile type : Rect 290x290	6
2.7.3 Pile type : Rect 320x320	6
2.8 Foundation Plan	6
2.8.1 View of Foundation Plan	7
2.9 Excavation Data	7
2.10 Totalized Loads (design values)	8
2.11 Requirements	8
2.12 Overruled Parameters	8
2.13 Model Options	8
2.14 Model Options	9
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Complete Verification	10
3.1 Errors and Warnings	10
3.2 Remarks	10
3.3 Calculation Parameters	10
3.3.1 Pile Factors	10
3.3.2 Pile type : Rect 290x290	10
3.4 Verification of Limit State EQU	11
3.5 Verification of Limit State STR/GEO	11
3.6 Verification of Serviceability Limit State	11
3.7 Additional Information	11
3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state STR/GEO	12
3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State	12

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : 240010

Title 2 : Vlaardingen Vijfsluizen Brugduikers D8 en D29

Title 3 : D-Foundations 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

Number of project :

Location of project :

2.3 Application Area Model Bearing Piles

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

2.4 Superstructure

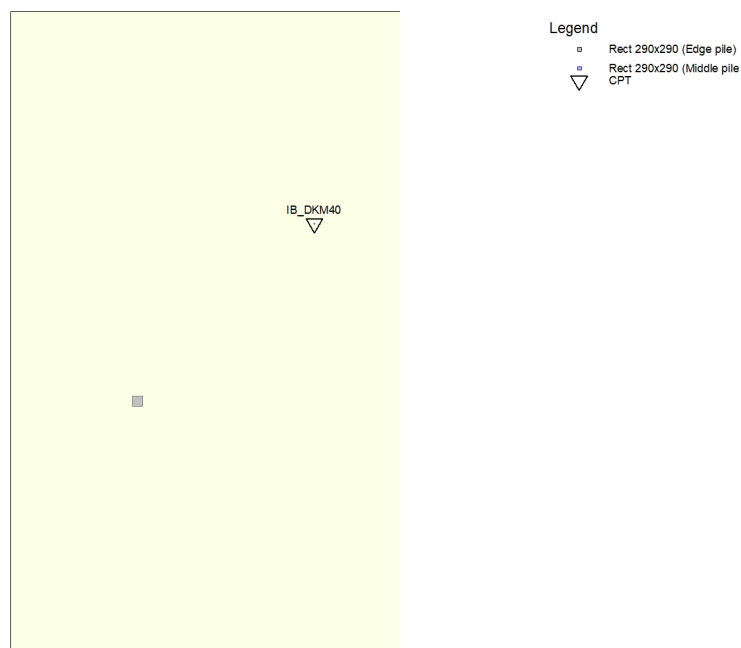
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 1

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



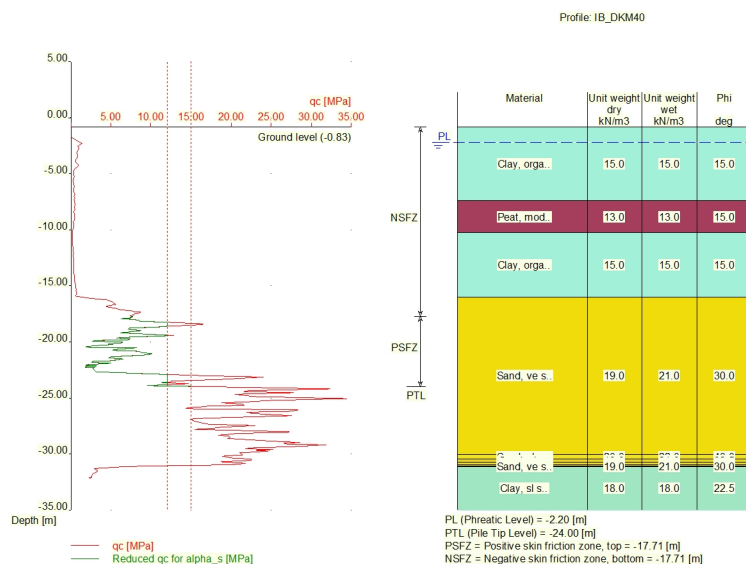
Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
IB_DKM40	-24.00	-17.71	-17.71	0.00	0.00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 1

2.6.1 Soil Profile IB_DKM40

Belonging to CPT	IB_DKM40
Surface level in [m. reference level] :	-0.83
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.20
Pile tip level in [m. reference level] :	-24.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-17.71
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-17.71
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma,sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-0.830	15.00	15.00	15.00	Clay	--
2	-7.400	13.00	13.00	15.00	Peat	--
3	-10.270	15.00	15.00	15.00	Clay	--
4	-16.000	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200
5	-30.070	20.00	22.00	40.00	Sand	0.200
6	-30.470	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200
7	-30.770	20.00	22.00	40.00	Sand	0.200
8	-30.970	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200
9	-31.070	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200
10	-31.170	18.00	18.00	22.50	Clay	--

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Rect 250x250

Pile type : Prefabricated concrete pile

Material type for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] :	0.250
Largest side pile tip [m] :	0.250

2.7.2 Pile type : Rect 290x290

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] : 0.290

Largest side pile tip [m] : 0.290

2.7.3 Pile type : Rect 320x320

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] : 0.320

Largest side pile tip [m] : 0.320

2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1

Number of collaborating piles* : 1

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

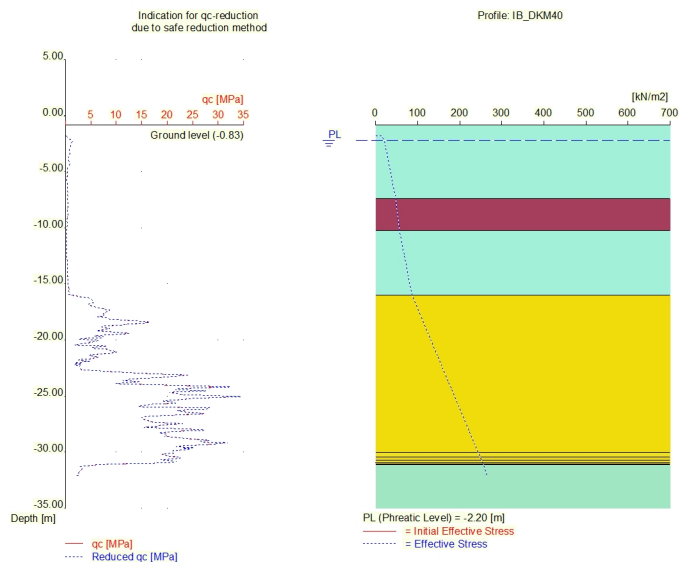
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	F _{c;d} (EQU/STR/GEO) [kN]	F _{c;d} (SLS) [kN]	P0 [kN/m ²]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	-5.00	-5.00	530.00	400.00	0.00	-3.00

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -0.37
 Reduction model : Safe (NEN)



2.10 Totalized Loads (design values)

Total load on all piles	
For limit state EQU/STR/GEO in [kN] :	530.00
For Serviceability limit state in [kN] :	400.00

2.11 Requirements

Limit state STR/GEO	
Maximum allowed settlement in [m] :	0.150
Maximum allowed (relative) rotation :	1 / 0
Serviceability Limit State	
Maximum allowed settlement in [m] :	0.150
Maximum allowed (relative) rotation :	1 / 0

2.12 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] :	1.39
User defined Factor xi4 [-] :	1.39

2.13 Model Options

- Suppress pile group (for negative skin friction)
- Do not create intermediate results file
- Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
- Use the influence of excavations (standard).

2.14 Model Options

Selected pile types :
-Rect 290x290

Selected profiles :
-IB_DKM40

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Complete Verification

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor ξ_3 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor ξ_4 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

The CPT's do not meet the requirements set by NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3 because :

- minimal two CPT's are required.

Soil profile IB_DKM40

Warning : The lowest pile head level lies below the surface level. The maximum value for the top of the friction zones is therefor reset to -3.00 m relative to reference level.

3.2 Remarks

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

Performing the check on NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3, the average distance between the different CPT's used for this check is 25 m.

The requirements set by NEN 9997-1+C2:2017 art. A.3.3.3 are met. The variation (0.00%) is ok ($\leq 12\%$).

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

γ_{b} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1.20
γ_{b} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
γ_{s} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1.20
γ_{s} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
ξ_3 (user defined) :	1.39
ξ_4 (user defined) :	1.39
Xi 3 has been used.	

3.3.2 Pile type : Rect 290x290

Pile type :	Prefabricated concrete pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Rectangular pile
beta (Shape factor: figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g) : Pile tip) :	1.00
s (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crossection of the pile base) :	1.00
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.290

Largest side pile tip [m] : 0.290

Number/Name CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1:IB_DKM40	0.0100	--	0.7000

3.4 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

Non rigid superstructure, verify load per pile with bearing capacity per pile.

$F_{c;d} = 530.000$ [kN]

$R_{c;d} = 829.950$ [kN]

The requirements of limit state EQU are met, limit state EQU is ok.

Note: Negative skin friction plays NO part in Limit State EQU. Its influence is incorporated in the tests for Limit State STR/GEO and the Serviceability limit state. The intermediate results provide a full overview of all values that are calculated for the negative skin friction.

Purely indicative, the values for the negative skin friction vary from 249 [kN] to 249 [kN] per pile.

3.5 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

$S_d = 0.031$ [m]

$S_{req} = 0.150$ [m]

The settlement requirements of limit state STR/GEO are met, this is ok.

With only 1 pile, rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.6 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_d = 0.013$ [m]

$S_{req} = 0.150$ [m]

The settlement requirements of the Serviceability Limit State are met, this is ok.

With only 1 pile, rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.7 Additional Information

The design values of the maximum shaft tensions (calculated at the transition of positive to negative skin friction) are

At Limit state EQU/STR/GEO: $\sigma = 9.27$ [N/mm²]

At Serviceability Limit State: $\sigma = 7.72$ [N/mm²]

The maximum settlement was found at:

Limit state STR/GEO

Number/Name IB_DKM40

Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg = 0.000 [m]
 sb = 0.022 [m]
 sel;d = 0.009 [m]
 s2 = 0.000 [m]

Serviceability Limit State

Number/Name IB_DKM40
 Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg = 0.000 [m]
 sb = 0.005 [m]
 sel;d = 0.007 [m]
 s2 = 0.000 [m]

sneg stands for the settlement due to negative skin friction when the expected ground level settlement (egls) is within the next boundaries : $0.02 < \text{egls} \leq 0.10$ meter.

For expected ground level settlement beyond the boundaries, sneg = 0.

3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state STR/GEO

The next table shows the values of the bearing capacities per CPT and these are purely informative. The presented design values are determined using the maximum value of ksi3 and ksi4.

Number/Name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
1:IB_DKM40	331.842	498.107	829.949

3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State

The next table shows the values of the bearing capacities per CPT and these are purely informative. The presented design values are determined using the maximum value of ksi3 and ksi4.

Number/Name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
1:IB_DKM40	398.211	597.729	995.940

End of Report

Report for D-Foundations 23.1

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

Date of report: 1/21/2025
Time of report: 11:38:12 AM
Report with version: 23.1.1.40340

Date of calculation: 1/21/2025
Time of calculation: 11:37:44 AM
Calculated with version: 23.1.1.40340

File name: 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

Project identification: 240010
Vlaardingen Vijfsluizen Brugduikers D8 en D29
D-Foundations 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile IB_DKM40	4
2.7 Pile Types	5
2.7.1 Pile type : Rect 250x250	5
2.7.2 Pile type : Rect 290x290	6
2.7.3 Pile type : Rect 320x320	6
2.8 Foundation Plan	6
2.8.1 View of Foundation Plan	7
2.9 Excavation Data	7
2.10 Totalized Loads (design values)	8
2.11 Requirements	8
2.12 Overruled Parameters	8
2.13 Model Options	8
2.14 Model Options	9
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Complete Verification	10
3.1 Errors and Warnings	10
3.2 Remarks	10
3.3 Calculation Parameters	10
3.3.1 Pile Factors	10
3.3.2 Pile type : Rect 320x320	10
3.4 Verification of Limit State EQU	11
3.5 Verification of Limit State STR/GEO	11
3.6 Verification of Serviceability Limit State	11
3.7 Additional Information	11
3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state STR/GEO	12
3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State	12

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : 240010

Title 2 : Vlaardingen Vijfsluizen Brugduikers D8 en D29

Title 3 : D-Foundations 240010_B0013_Vlaardingen_Duikerbruggen

Number of project :

Location of project :

2.3 Application Area Model Bearing Piles

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

2.4 Superstructure

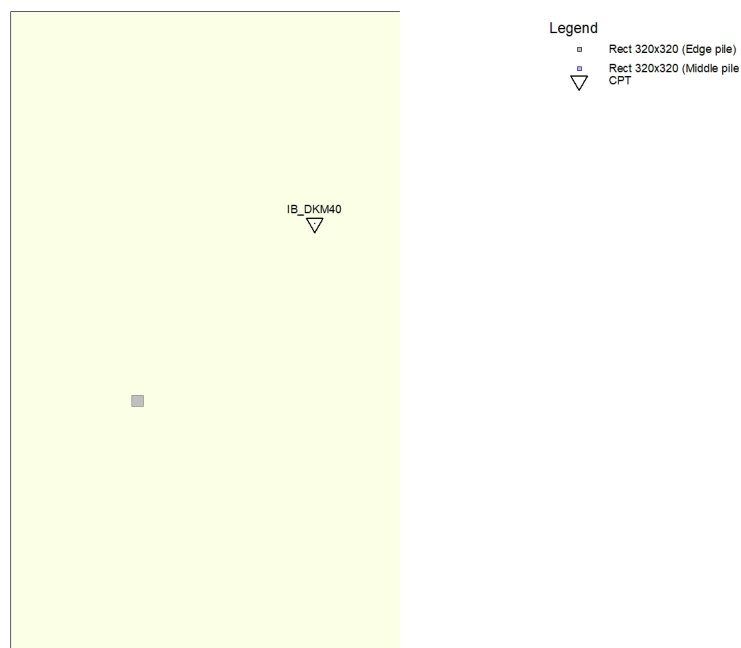
Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 1

Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



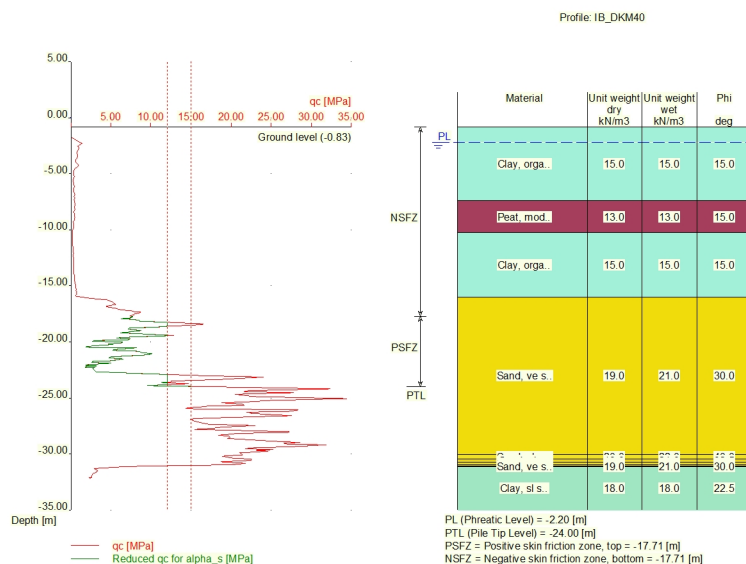
Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
IB_DKM40	-24.00	-17.71	-17.71	0.00	0.00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 1

2.6.1 Soil Profile IB_DKM40

Belonging to CPT	IB_DKM40
Surface level in [m. reference level] :	-0.83
Phreatic level in [m. reference level] :	-2.20
Pile tip level in [m. reference level] :	-24.00
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-17.71
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-17.71
OCR-value foundation layer :	1.00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0.11
Number of layers in profile :	10



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma,sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	-0.830	15.00	15.00	15.00	Clay	--
2	-7.400	13.00	13.00	15.00	Peat	--
3	-10.270	15.00	15.00	15.00	Clay	--
4	-16.000	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200
5	-30.070	20.00	22.00	40.00	Sand	0.200
6	-30.470	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200
7	-30.770	20.00	22.00	40.00	Sand	0.200
8	-30.970	19.00	21.00	32.50	Sand	0.200
9	-31.070	19.00	21.00	30.00	Sand	0.200
10	-31.170	18.00	18.00	22.50	Clay	--

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Rect 250x250

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] :	0.250
Largest side pile tip [m] :	0.250

2.7.2 Pile type : Rect 290x290

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] : 0.290

Largest side pile tip [m] : 0.290

2.7.3 Pile type : Rect 320x320

Pile type : Prefabricated concrete pile

Materialtype for pile : Concrete

Slip layer : None

Pile shape : Rectangular pile

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017.

s (factor for influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1+C2:2017.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] : 0.320

Largest side pile tip [m] : 0.320

2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1

Number of collaborating piles* : 1

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

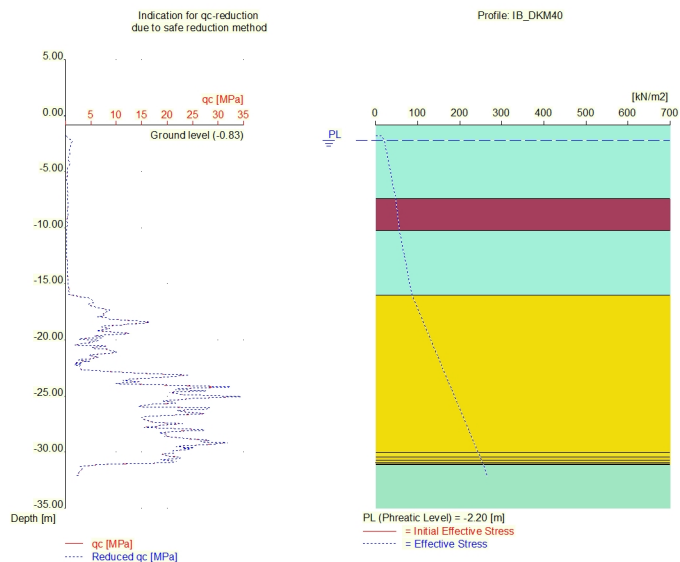
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	F _{c;d} (EQU/STR/GEO) [kN]	F _{c;d} (SLS) [kN]	P0 [kN/m ²]	Pile head level [m R.L.]
1: 1	-5.00	-5.00	530.00	400.00	0.00	-3.00

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -0.37
Reduction model : Safe (NEN)



2.10 Totalized Loads (design values)

Total load on all piles	
For limit state EQU/STR/GEO in [kN] :	530.00
For Serviceability limit state in [kN] :	400.00

2.11 Requirements

Limit state STR/GEO	
Maximum allowed settlement in [m] :	0.150
Maximum allowed (relative) rotation :	1 / 0
Serviceability Limit State	
Maximum allowed settlement in [m] :	0.150
Maximum allowed (relative) rotation :	1 / 0

2.12 Overruled Parameters

User defined Factor xi3 [-] :	1.39
User defined Factor xi4 [-] :	1.39

2.13 Model Options

- Suppress pile group (for negative skin friction)
- Do not create intermediate results file
- Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
- Use the influence of excavations (standard).

2.14 Model Options

Selected pile types :
-Rect 320x320

Selected profiles :
-IB_DKM40

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Complete Verification

3.1 Errors and Warnings

Warning : The factor ξ_3 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

Warning : The factor ξ_4 (NEN 9997-1+C2:2017) is user defined. Evidence to support this from the NEN deviating value has to be provided.

The CPT's do not meet the requirements set by NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3 because :

- minimal two CPT's are required.

Soil profile IB_DKM40

Warning : The lowest pile head level lies below the surface level. The maximum value for the top of the friction zones is therefor reset to -3.00 m relative to reference level.

3.2 Remarks

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

Performing the check on NEN 9997-1+C2:2017 art. 3.2.3, the average distance between the different CPT's used for this check is 25 m.

The requirements set by NEN 9997-1+C2:2017 art. A.3.3.3 are met. The variation (0.00%) is ok ($\leq 12\%$).

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

γ_{b} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1.20
γ_{b} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
γ_{s} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1.20
γ_{s} (NEN 9997-1+C2:2017, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1.00
ξ_3 (user defined) :	1.39
ξ_4 (user defined) :	1.39
Xi 3 has been used.	

3.3.2 Pile type : Rect 320x320

Pile type :	Prefabricated concrete pile
Materialtype for pile :	Concrete
Slip layer :	None
Pile shape :	Rectangular pile
beta (Shape factor: figure 7.i, NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(g) : Pile tip) :	1.00
s (NEN 9997-1+C2:2017 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crossection of the pile base) :	1.00
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0.320

Largest side pile tip [m] : 0.320

Number/Name CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1:IB_DKM40	0.0100	--	0.7000

3.4 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

Non rigid superstructure, verify load per pile with bearing capacity per pile.

$F_{c;d} = 530.000$ [kN]

$R_{c;d} = 954.238$ [kN]

The requirements of limit state EQU are met, limit state EQU is ok.

Note: Negative skin friction plays NO part in Limit State EQU. Its influence is incorporated in the tests for Limit State STR/GEO and the Serviceability limit state. The intermediate results provide a full overview of all values that are calculated for the negative skin friction.

Purely indicative, the values for the negative skin friction vary from 275 [kN] to 275 [kN] per pile.

3.5 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

$S_d = 0.021$ [m]

$S_{req} = 0.150$ [m]

The settlement requirements of limit state STR/GEO are met, this is ok.

With only 1 pile, rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.6 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_d = 0.011$ [m]

$S_{req} = 0.150$ [m]

The settlement requirements of the Serviceability Limit State are met, this is ok.

With only 1 pile, rotation as defined in the NEN is not an issue.

3.7 Additional Information

The design values of the maximum shaft tensions (calculated at the transition of positive to negative skin friction) are

At Limit state EQU/STR/GEO: $\sigma = 7.86$ [N/mm²]

At Serviceability Limit State: $\sigma = 6.59$ [N/mm²]

The maximum settlement was found at:

Limit state STR/GEO

Number/Name IB_DKM40

Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg = 0.000 [m]
 sb = 0.013 [m]
 sel;d = 0.008 [m]
 s2 = 0.000 [m]

Serviceability Limit State

Number/Name IB_DKM40
 Pile name: 1

Components of the maximum settlement are :

sneg = 0.000 [m]
 sb = 0.004 [m]
 sel;d = 0.006 [m]
 s2 = 0.000 [m]

sneg stands for the settlement due to negative skin friction when the expected ground level settlement (egls) is within the next boundaries : $0.02 < \text{egls} \leq 0.10$ meter.

For expected ground level settlement beyond the boundaries, sneg = 0.

3.7.1 The bearing capacity of shaft and point at Limit state STR/GEO

The next table shows the values of the bearing capacities per CPT and these are purely informative. The presented design values are determined using the maximum value of ksi3 and ksi4.

Number/Name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
1:IB_DKM40	366.171	588.067	954.238

3.7.2 The bearing capacity of shaft and point at the Serviceability Limit State

The next table shows the values of the bearing capacities per CPT and these are purely informative. The presented design values are determined using the maximum value of ksi3 and ksi4.

Number/Name CPT	Bearing Cap. Shaft [kN] Rs;d	Bearing Cap. Point [kN] Rb;d	Bearing Cap. Total [kN]
1:IB_DKM40	439.405	705.681	1145.086

End of Report