

Notitie

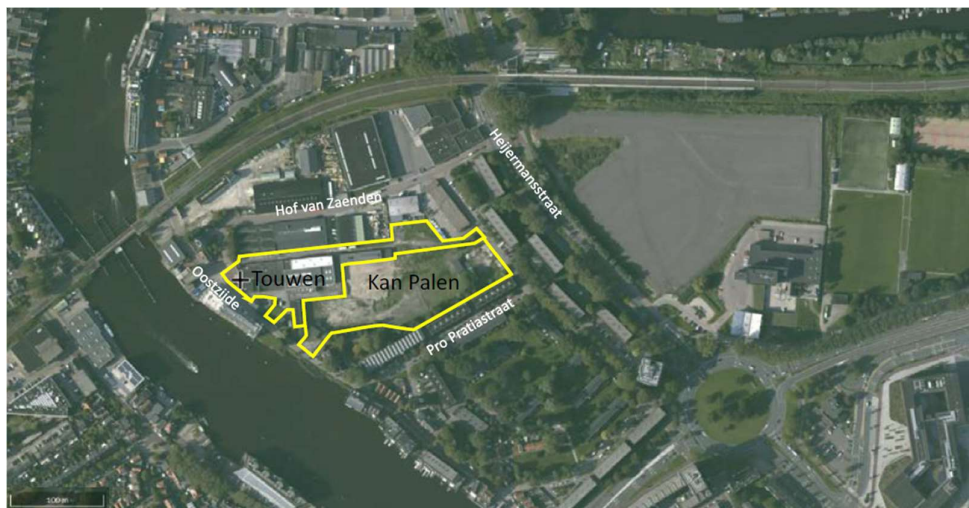
Contactpersoon	Rutger Bosmans en Barbara Berkhout
Tweede lezer	Barbara Berkhout en Bart Bruntink
Datum	28 maart 2023
Kenmerk	N004-1276274RBS-V03 concept

Geotechnisch ophoogadvies (inclusief horizontale deformatie) ten behoeve van Kan Palen te Zaandam

1 Inleiding

De Gemeente Zaanstad is voornemens het gebied ter plaatse van Oostzijde 278 en 300 te Zaandam te herontwikkelen. Dit terrein aan de Oostzijde 278 is bekend als het voormalige Kan Palen terrein en Oostzijde 300 betreft de bedrijfslocatie van Touwen. Een overzicht van de locatie is gegeven in figuur 1.1.

Als onderdeel van de herontwikkeling zal een leeflaag aangebracht worden op het huidige maaiveld. Het doel van deze notitie is om te bepalen hoeveel zetting optreedt en hoeveel voorbelasting benodigd is. Tevens is de grootte van de horizontale grondvervorming en de zetting ter plaatse van de nabij gelegen bebouwing bepaald met als doel de minimaal benodigde afstand tussen de teen van de ophoging en de bebouwing te bepalen.



Figuur 1.1 Overzicht van locatie van projectterrein

Leeswijzer

De referenties en uitgangspunten bij de berekeningen zijn als eerste beschreven. Daarna zijn de zettingen en de benodigde voorbelasting beschouwd. De horizontale grondvervorming en zetting ter plaatse van de bebouwing zijn op het einde van deze notitie berekend.

2 Referenties

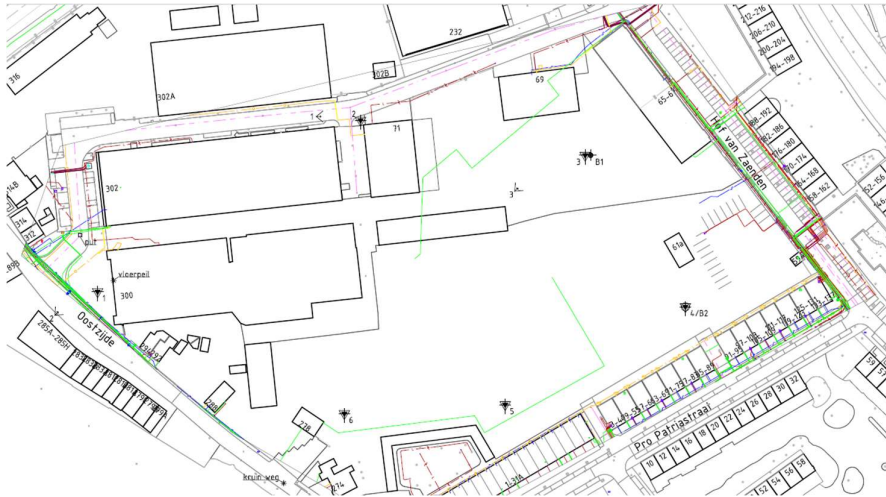
Bij het opstellen van dit geotechnisch advies is uitgegaan van navolgende documenten:

- [1] *Herinrichting terrein Touwen en Kan Palen Hof van Zaenden*, Van Dijk Geo- en Milieutechniek b.v., kenmerk: 119636 versie 1, d.d. 2 juni 2022 (bijlage 1)
- [2] *NEN9997-1:2016/C2:2017: 'Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels'*, d.d. november 2017
- [3] *CUR 162 'Construeren met grond'* d.d. 30 maart 2022
- [4] *Kan Palen Zaandam Bemalingsadvies*, TAUW, kenmerk: R002-1276274AAR-V02-csr-NL, d.d. 29 juli 2021
- [5] Rapportage '*Actualiserend bodemonderzoek Kan Palen terrein Zaandam*' van TAUW met kenmerk R003-1235070MBQ-mfv-V02-NL d.d. 17 oktober 2016
- [6] Rapportage '*Actualiserend bodemonderzoek en kostenraming Touwen-terrein Zaandam*' van TAUW met kenmerk R001-1261897BSA-V03-lhl-NL d.d. 30 november 2018
- [7] Rapportage '*Nader onderzoek naar dioxines in de bodem, Kan Palen te Zaandam*' van TAUW met kenmerk R001-1287964TMA-V01-lhl-NL d.d. 24 oktober 2022
- [8] Rapportage '*Risicoanalyse / monitoring plan met betrekking tot omgevingsbeïnvloeding ter plaatse van de grondwaterbeheersing van het terrein rondom voormalig bedrijf Kan Palen te Zaandam*' van BBCI Frijwijk met kenmerk 08-469 en 08-469A.

3 Uitgangspunten

3.1 Bodemopbouw

Voor het ophogen van het terrein is geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Van Dijk Geo- en Milieutechniek [1]. Dit grondonderzoek bestaat uit zes sonderingen en twee boringen met het bepalen van volumegewichten. Een overzicht van het uitgevoerde grondonderzoek is weergegeven in figuur 3.1. Bijlage 1 bevat de rapportage met het geotechnische grondonderzoek.



Figuur 3.1 Overzicht grondonderzoek [1]

Uit het grondonderzoek blijkt dat het huidige maaiveld (binnen de projectlocatie) varieert van NAP -0,81 m tot NAP -0,29 m. In de ondergrond varieert de dikte van de lagen en de aanwezigheid van organische klei. Echter de variatie in de bodemopbouw is beperkt. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat er, vanwege verontreiniging in de grond, alleen aan de rand van de projectlocatie gesondeerd is. Dit leidt tot meer onzekerheid in de bodemopbouw waar conservatief mee is omgegaan. Gezien de variatie in het huidige maaiveldpeil zijn voor sonderingen 3, 4 en 6 de berekeningen uitgevoerd.

In onderstaande tabellen zijn de bodemopbouwen voor elk van de drie sonderingen opgenomen.

Tabel 3.1 Bodemopbouw ter plaatse van sondering 3

Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort [-]
-0,81	Antropogeen zand
-1,7	Veen, slap
-4,2	Klei, organisch, slap
-5,3	Zand, schoon, los
-5,8	Klei, zwak zandig, slap
-6,2	Zand, schoon, los
-9,5	Klei, zwak zandig, slap
-10,3	Zand, sterk ziltig, kleiig
-12,0	Zand, schoon, los
-13,1	Klei, schoon, vast
-14,0	Zand, schoon, matig
-19,4	Zand, schoon, vast

Tabel 3.2 Bodemopbouw ter plaatse van sondering 4

Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort [-]
-0,29	Antropogeen zand
-1,8	Veen, slap
-5,2	Zand, schoon, los
-8,3	Klei, schoon, matig
-9,5	Zand, schoon, los
-12,8	Klei, schoon, matig
-14,0	Zand, schoon, matig
-19,4	Zand, schoon, vast

Tabel 3.3 Bodemopbouw ter plaatse van sondering 6

Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort [-]
-0,45	Antropogeen zand
-2,0	Veen, slap
-4,2	Klei, organisch, slap
-6,2	Zand, sterk kleiig
-7,8	Klei, schoon, vast
-8,4	Zand, sterk ziltig, kleiig
-10,3	Zand, schoon, los
-12,8	Klei, schoon, vast
-13,5	Zand, schoon, vast

De parameters behorende bij de aanwezige grondsoorten zijn bepaald aan de hand van het beschikbare grondonderzoek, tabel 2b uit de NEN9997-1 [2], CUR162 [3] en ervaringen van TAUW.

Tabel 3.4 Parameters

Grondsoort	γ_{unsat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	CR [-]	C α [-]	RR [-]	c _v [*10 ⁻⁸ m ² /s]
Antropogeen zand	18,0	20,0	0,0038	0	0,0013	Gedraineerd
Veen, slap	10,5	10,5	0,4217	0,0211	0,1405	30
Klei, organisch, slap	13,0	13,0	0,3067	0,0153	0,0511	16
Klei, zwak zandig, slap	15,0	15,0	0,2300	0,0092	0,0383	8
Zand, sterk ziltig, kleiig	18,0	20,0	0,0115	0	0,0038	Gedraineerd
Klei, schoon, matig	17,0	17,0	0,1533	0,0061	0,0511	8
Klei, schoon, vast	19,0	19,0	0,0920	0,0037	0,0307	8
Zand, schoon, los	17,0	19,0	0,0115	0	0,0038	Gedraineerd
Zand, schoon, matig	18,0	20,0	0,0038	0	0,0013	Gedraineerd
Zand, schoon, vast	19,0	21,0	0,0023	0	0,0008	Gedraineerd

Uit boring 2 blijkt dat het veen een volumegewicht van 10,5 kN/m³ heeft. Dit zit tussen 'veen, slap' en 'veen, matig' (van tabel 2b) in. De zettingsparameters zijn daarom geïnterpoleerd tussen de twee grondsoorten op basis van het volumegewicht.

De volgende OCR waarden zijn aangehouden op basis van kennis en ervaring van TAUW. Deze OCR waarden komen overeen met een equivalent age van 10.000 dagen, dat wil zeggen dat de grond er al 30 jaar in de huidige staat ligt. Dit is een veel aangehouden waarde.

- Veen: 2,0
- Klei, humeus: 1,8
- Klei: 1,4
- Zand: 1,0

3.2 Grondwaterstand

Op basis van twee peilbuismetingen aangeleverd door de gemeente Zaanstad is een grondwaterstand van NAP -1,0 m aangehouden. In het bemalingsadvies [4] is onderbouwd dat een grondwaterstand van NAP -1,4 m aangehouden moet worden bij bemaling. De bemaling staat echter vaker uit dan aan waardoor er conservatief gerekend is met een grondwaterstand van NAP -1,0 m. Uit het bemalingsadvies [4] blijkt verder dat de weerstand tussen het eerste watervoerende pakket en het freatisch pakket klein is waardoor de stijghoogte gelijk is aan de grondwaterstand.

3.3 Peilen

Als onderdeel van de herontwikkeling zal een leeflaag aangebracht worden. Het aanbrengen van een leeflaag is onderdeel van de sanering van het terrein. De leeflaag wordt aangebracht tot een hoogte van NAP +0,24 m. Hiervoor zijn 2 varianten:

- Het aanbrengen van een leeflaag van 1 m dikte waarvoor het maaiveld eerst tot NAP -0,76 m afgegraven dient te worden en vervolgens opgehoogd wordt tot NAP +0,24 m
- Het aanbrengen van een leeflaag van 1,5 m dikte waarvoor het maaiveld eerst tot NAP -1,26 m afgegraven dient te worden en vervolgens opgehoogd wordt tot NAP +0,24 m (voor het openbaar groen en de speelruimte).

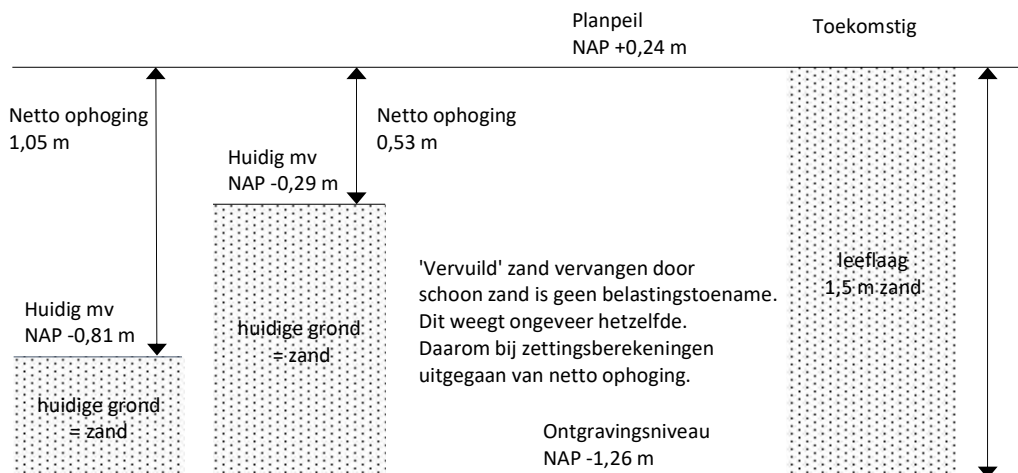
Bij het aanbrengen van de ophoging zijn in dit geval 2 opties:

- **Planpeil NAP +0,24 m aanhouden**
Het aanhouden van het planpeil NAP +0,24 m waarbij de benodigde leeflaag van 1,0 m of 1,5 m (de netto ophoging) en een zettingscompensatie wordt aangebracht. Het doel hiervan is te zorgen dat het planpeil van NAP +0,24 m bereikt wordt en behouden blijft voor 30 jaar
- **Leeflaagdikte (1,0 en 1,5 m) aanbrengen.**
Het *alleen* aanbrengen van de (netto) ophoging van 1,0 en 1,5 m (de dikte van de leeflaag). Er wordt geen zettingscompensatie aangebracht. Hiermee wordt voldaan aan de eis voor het saneren van het terrein. In de loop der tijd zal het terrein zettten (en het maaiveldpeil lager komen te liggen dan het planpeil).

3.4 Overige uitgangspunten

In alle sonderingen is er een antropogene zandlaag aanwezig tot minimaal NAP -1,26 m. Ook uit bodemonderzoeken [5], [6] en [7] volgt tevens dat overal deze zandlaag aanwezig is. Deze zandlaag heeft hetzelfde volumegewicht als de leeflaag waardoor het afgraven van de zandlaag en het vervangen door de leeflaag geen extra belasting met zich meebrengt. Alleen het ophogen van het huidige maaiveld (de netto ophoging) zorgt voor een extra belasting (en zettingen)

Voor de berekening van de zettingen zit daarom geen verschil tussen de twee varianten (een leeflaag van 1,0 of 1,5 m). De zettingen worden in dit geval veroorzaakt door de hoeveelheid zand welke aangebracht wordt op het huidige maaiveldniveau tot aan het planpeil van NAP +0,24 m. Aangezien het huidige maaiveld varieert zal de netto ophoging variëren in de berekeningen. In deze notitie is de term netto ophoging aangehouden voor de hoeveelheid zand tussen het huidige maaiveldniveau en het planpeil. Navolgend figuur geeft de situatie schematisch weer.



Figuur 3.2 Huidige en toekomstige situatie

De leeflaag bestaat uit zand met onverzadigd volumegewicht van 18 kN/m^3 en een verzadigd volumegewicht van 20 kN/m^3 .

De autonome bodemdaling is de bodemdaling (de inklinking van de ondergrond) door natuurlijke processen. De autonome bodemdaling (in 30 jaar) is, met een representatieve zettingsberekening, vastgesteld op 2 cm. De maximaal toelaatbare restzetting ten gevolge van de ophoging is in de voorliggende analyse gesteld op 0,10 m in 30 jaar. Aangezien de autonome bodemdaling gelijk is aan 2 cm is de restzettingseis aangepast naar 0,12 m in 30 jaar.

Om de 'reguliere' zettingstijd te verkorten (om aan de restzettingseis te voldoen) wordt een voorbelasting toegepast door middel van het tijdelijk aanbrengen van extra zand. Aangenomen is dat dit zand een half jaar (180 dagen) of 1 jaar (365 dagen) blijft liggen. De voorbelasting wordt aangebracht onder een talud 1:2 wat een kenmerkende waarde is voor zand.

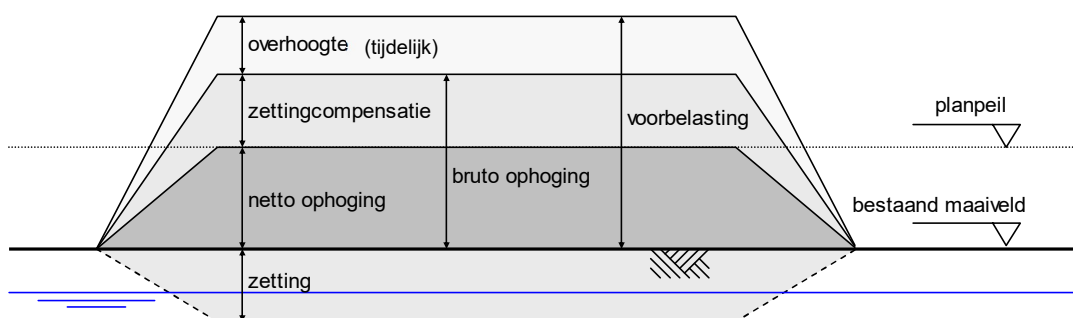
4 Zettingsberekeningen

4.1 Algemeen zettingsberekeningen

De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met het programma D-Settlement van Deltares. Gerekend is met het Bjerrum-Darcy-model. De bodemopbouw is geschematiseerd door middel van laagscheidingen met bijbehorende grondparameters. De ophoging is geschematiseerd door middel van het aanbrengen van een belasting, de netto-ophoging. In het model is gerekend met het onderwaterzakken van de ophoging en met het compenseren van de zettingen ('maintain profile').

In dit advies worden de volgende termen gehanteerd: (zie navolgend figuur)

- Netto-ophoging: ophoging van bestaand maaiveld tot planpeil (initieel)
- Zettingscompensatie: extra hoogte die in de berekeningen wordt aangebracht om de zettingen te compenseren
- Bruto-ophoging: ophoging die na het optreden van de eindzetting op planpeil ligt (= netto-ophoging + zettingscompensatie)
- Overhoogte: tijdelijk extra hoogte bovenop de bruto-ophoging (ten behoeve van het versnellen van de zettingen)
- Eindzetting: zetting op het theoretische einde van het zettingsproces (10.000 dagen)



Figuur 4.1 Schematisatie voorbelasting

4.2 Zettingen bij planpeil

Voor alle drie de sonderingen zijn de zettingen berekend waarbij de leeflaag wordt aangebracht tot een hoogte van NAP +0,24 m. Daarbij wordt uitgegaan van een planpeil waarbij de optredende zettingen gecompenseerd worden. Onderstaande tabel toont per sondering de verschillende hoogtes en de berekende zettingen.

Tabel 4.4.1 Resultaten zettingsberekeningen planpeil (zonder overhoogte)

Sondering	Huidig maaiveld [m NAP]	Planpeil [m NAP]	Netto ophoging [m]	Zetting in 30 jaar [m]	Bruto ophoging [m]	Aanlegpeil* [m NAP]
3	-0,81	+0,24	1,05	0,81	1,86	+1,05
4	-0,29	+0,24	0,53	0,32	0,85	+0,56
6	-0,45	+0,24	0,69	0,39	1,08	+0,63

* Aanlegpeil bij bruto ophoging

Onderstaande tabel toont per sondering de opgetreden zetting na 6 maanden en 12 maanden (bij het aanbrengen van de bruto ophoging). Tevens toont deze tabel de benodigde tijd vanaf het aanbrengen van de bruto ophoging totdat de restzetting (van 0,12 m in 30 jaar) bereikt is.

Tabel 4.4.2 Opgetreden zettingen

Sondering	Opgetreden zetting na 6 maanden [m]	Restzetting na 6 maanden [m]	Opgetreden zetting na 12 maanden [m]	Restzetting na 12 maanden [m]	Tijd tot 12 cm restzetting [dagen]*
3	0,60	0,21	0,67	0,14	500
4	0,19	0,13	0,21	0,11	250
6	0,22	0,17	0,26	0,13	380

* Vanaf aanbrengen bruto ophoging

Hieruit volgt dat bij sondering 3 en 6 niet binnen 6 of 12 maanden voldaan wordt aan de restzettingseis. Om hieraan te voldoen zijn zettingsversnellende maatregelen (zoals een tijdelijke overhoogte) benodigd. Bij sondering 4 zijn zettingsversnellende maatregelen benodigd indien binnen 6 maanden voldaan moet worden aan de restzettingseis. Onderstaande tabel toont de benodigde tijdelijke overhoogte per sondering om binnen 6 maanden te voldoen aan de restzettingseis.

Tabel 4.3 Resultaten zettingsberekeningen planpeil met overhoogte

Sondering	Tijdelijke overhoogte [m]	Restzetting na 6 maanden [m]	Aanlegpeil* [m NAP]
S3	0,50	0,11	+1,55
S4	0,10	0,11	+0,66
S6	0,30	0,11	+0,93

* Aanlegpeil bij bruto ophoging met tijdelijke overhoogte

4.3 Zettingen bij leeflaag

Aangezien uit de zettingsberekeningen met het planpeil volgt dat sondering 3 maatgevend is, is de berekening met het aanbrengen van enkel de leeflaag alleen uitgevoerd voor sondering 3. Hierbij wordt de dikte van de leeflaag aangebracht maar wordt geen grond aangebracht om de zettingen te compenseren. Door de aanwezige zandlaag in de ondergrond maakt het aanbrengen van 1,0 of 1,5 m leeflaag voor de zettingsberekeningen geen verschil. Het ophogen ten opzichte van het huidige maaiveld bepaalt de grootte van de zettingen. Bij sondering 3 bedraagt het huidige maaiveld NAP -0,81 m en wordt opgehoogd tot NAP +0,24 m.

Tabel 4.4.4 Resultaten zettingsberekeningen leeflaag

Sondering	Huidig maaiveld [m NAP]	Aanlegpeil [m NAP]	Netto ophoging [m]	Zetting in 30 jaar [m]	Restzetting na 6 maanden [m]	Restzetting na 12 maanden [m]
3	-0,81	+0,24	1,05	0,55	0,17	0,12

Na een voorbelastperiode van 6 maanden wordt niet voldaan aan de restzettingseis, maar na een voorbelastperiode van 12 maanden wordt wel voldaan aan de restzettingseis. Verder wordt hierbij opgemerkt dat na de voorbelastperiode van 6 of 12 maanden de maaiveldhoogte respectievelijk NAP -0,14 m en NAP -0,19 m bedraagt. Indien na deze periode een (nieuwe) ophoging wordt aangebracht worden, zullen (nieuwe) aanvullende zettingen optreden.

4.4 Resultaten zettingen sondering 3

Voor sondering 3 zijn de resultaten van de verschillende zettingsberekeningen samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 4.5 Samenvatting zettingen sondering 3

Netto ophoging [m]	Bruto ophoging [m]	Tijdelijke overhoogte [m]	Aanlegpeil [m NAP]	Zetting [m]	Restzetting na 6 mnd [m]	Restzetting na 12 mnd [m]
1,05	1,86	-	+1,05	0,81	0,21	0,14
1,05	1,86	0,50	+1,55	0,81	0,11	-
1,05	-	-	+0,24	0,55	0,17	0,12

4.5 Monitoring

De nauwkeurigheid van de zettingsberekeningen en daarmee de grootte van de zettingen worden voornamelijk bepaald door de samendrukkingsparameters en de activiteiten in het verleden (OCR). Door deze onzekerheden in de modellering van de ondergrond kunnen de optredende zettingen afwijken van de berekende zettingen. De nauwkeurigheid van zettingsberekeningen bedraagt $\pm 30\%$. Daarom adviseert TAUW om de zettingen gedurende de voorbelastperiode te monitoren middels zakbaken.

Ondanks de nauwkeurigheid van de zettingsberekeningen kunnen er in de praktijk afwijkingen van de verwachte zettingen optreden. Dit is onder andere mogelijk door de heterogeniteit in de opbouw van de ondergrond of in de lagen zelf die door de mazen van het net van het grondonderzoek niet bekend zijn. Deze afwijkingen kunnen voortijdig worden gesignaleerd en gecorrigeerd door de nodige maatregelen te nemen door het opstellen van een monitoringsplan.

Om zettingen tijdens uitvoering te beheersen dienen zakbaken volgens een nader op te stellen monitoringsplan te geplaatst te worden, waarbij zowel het origineel maaiveldniveau, bovenkant baak en de zandhoogtes ingemeten worden. De meetgegevens kunnen vergeleken worden met de berekende zettingen en de geplande zandhoogte van de ophoging. Indien de berekende en gemeten waarden niet met elkaar overeenstemmen, kan de zettingsberekening herijkt worden middels een zakbaakfit. Hiermee kan het ophoogplan bijgesteld worden om zodoende toch het gewenste maaiveldniveau te bereiken.

Voor dit plan is uitgegaan van 10 zakbaken met een hart-op-hart-afstand van circa 50 m. De exacte locatie van de zakbaken dient afgestemd te worden op het ontwerp en de rijroutes. De zakbaken moeten geplaatst worden op het huidige maaiveld voordat er opgehoogd gaat worden. De aanbevolen meetfrequentie is wekelijks gedurende de 1^e maand van de voorbelastperiode. Vervolgens iedere 2 weken en na 6 maanden bedraagt de meetfrequentie iedere maand tot het einde van de voorbelastperiode.

5 Grondvervorming ter plaatse van bebouwing

5.1 Modellerings horizontale grondvervorming

Voor alle drie sonderingen is de horizontale grondvervorming onder invloed van de ophoging en de voorbelasting bepaald met D-Settlement volgens de Leeuw methode. Deze vervorming is bepaald op een afstand in meters vanaf van de teen van de ophoging. De grootte van de ophoging die aangebracht wordt, is afhankelijk van het gekozen ontwerppeil (het aanbrengen van het planpeil met of zonder overhoogte of het aanbrengen van de leeflaag).

Om horizontale grondvervorming te kunnen modelleren dient voor iedere grondlaag bepaald te worden of deze zich stijf, elastisch of als fundering gedraagt. Voor sondering 3, 4 en 6 geldt allemaal dat direct onder maaiveld zich eerst een antropogene zandlaag bevindt, dan veen en organische klei en daarna een nieuw zandpakket. Het zandpakket onder de veen en kleilagen is gemodelleerd als fundering omdat niet te verwachten is dat hier horizontale grondvervorming op zal treden. De veen- en kleilagen zijn gemodelleerd als elastisch omdat dit de slapste lagen zijn. De antropogene zandlaag is gemodelleerd als stijf.

Voor de veen- en kleilagen zijn de standaard elasticiteitsmoduli in D-Settlement aangehouden. Deze zijn als volgt:

- De slappe veenlaag heeft een elasticiteitsmodulus van 631 kN/m^2
- De slappe organische kleilaag heeft een elasticiteitsmodulus van 1.000 kN/m^2

Er is geen eis gedefinieerd voor hoeveel horizontale grondvervorming op mag treden. Op basis van kennis en ervaring van TAUW is een horizontale grondvervorming van maximaal 3 mm aangehouden. De maximaal toelaatbare horizontale vervorming ter plaatse van de bebouwing is afhankelijk van de funderingswijze en de staat van de bebouwing. Om het ontwerp te optimaliseren dient voor elke bebouwing afzonderlijk bepaald te worden welke horizontale vervorming toelaatbaar is. De maximale vervormingseis van 3 mm vormt een goede indicatie voor de benodigde afstand tussen de teen van de ophoging en de bebouwing.

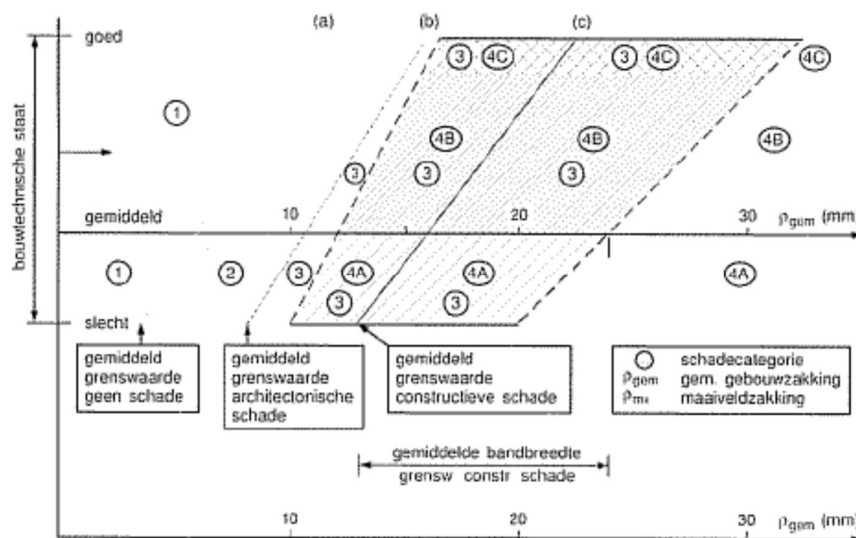
5.2 Zettingen ter plaatse van bebouwing

Door het aanbrengen van de leeflaag (en het daarmee ophogen van het terrein) treden zettingen op. Deze zettingen treden niet alleen op ter plaatse van de ophoging. Ook tot een bepaalde afstand buiten de ophoging treden nog zettingen op ten gevolge van deze ophoging. Daarbij geldt des te groter de afstand tot de ophoging des te kleiner de zettingen. Niet alleen horizontale grondvervorming maar ook (verticale) zetting kan invloed hebben op de bebouwing. Om te bepalen welke zettingen toelaatbaar zijn bij de bebouwing is uitgegaan van de richtlijn 'Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsaling op de bebouwing' van SBR d.d. juli 1998. In deze richtlijn worden ook handvatten gegeven voor het indicatief bepalen van het verband tussen zetting, zakking en schade.

Uit de rapportage [8] volgt dat de panden Oostzijde 268B, 274, 288, 292 en 294 gefundeerd zijn op (houten) palen. Verder volgt uit de rapportage dat meerdere panden een verhoogd risico hebben aangezien reeds zettingsverschillen gemeten zijn en zettingsschade zichtbaar is. In de rapportage wordt niet gesproken over de panden aan de Pro Patriastraat. Gezien het type

woningen wordt vanuit gegaan dat deze gefundeerd zijn op betonnen palen en geen verhoogd risico hebben. Derhalve richt deze beschouwing zich op de panden aan de Oostzijde.

De SBR-richtlijn geeft een verband tussen zakking en schade. Er wordt een aantal factoren genoemd dat van invloed is op schaderisico, zoals bouwkundige staat, bouwafmetingen, zettingsnelheid en diepteligging van de zettingsgevoelige laag. De schades zelf worden onderscheiden in vier categorieën, te weten “1. verwaarloosbare schade”, “2. en 3. architectonische schade”, “4. constructieve schade” en “5. zeer ernstige schade”. Het volgende diagram uit de SBR-richtlijn geeft het verband tussen gemiddelde zakking p_{gem} en schadecategorie:



Figuur 5.1 SBR Grenswaarden voor de gebouwzakking afhankelijk van bouwtechnische staat en invloedfactoren

Gezien het verhoogde risico van meerdere panden en de reeds aanwezige zettingsschade is de bouwkundige staat gesteld op 'slecht'. Bij het bepalen van de grenswaarden voor de gemiddelde gebouwzakking is uitgegaan van de gemiddelde grenswaarde architectonische schade en bedraagt deze circa 8 mm. De SBR-richtlijn geeft ook een indicatie voor de verhouding tussen de gemiddelde gebouwzakking en maaiveldzinking in procenten bij funderingen op houten palen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in bodemprofielen en kleef- of stuitpalen. Gezien de locatie en de bodemopbouw is uitgegaan van bodemprofiel 3. De bandbreedte voor dit bodemprofiel bedraagt 5 tot 40%. Met een gemiddelde gebouwzakking van 8 mm en een verhouding van 40% volgt dat de maaiveldzinking (zetting) 20 mm (of wel 0,020 m) mag bedragen ten gevolge van de ophoging. Rekening houdend met een autonome bodemdaling van 0,02 m betekent dit een toelaatbare zetting van maximaal 0,04 m.

5.3 Resultaten

Gezien de variaties (voornamelijk in het niveau van het huidige maaiveld) zijn de afstanden voor de horizontale vervormingen berekend voor alle drie de sonderingen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de situatie van het planpeil en de situatie van het aanbrengen van alleen de leeflaag. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de voorbelasting middels het toepassen van tijdelijke overhoogte geen invloed heeft op de optredende horizontale deformatie. Alleen de totale

zetting is hiervoor van belang, niet de snelheid van de zetting. Het is wel belangrijk dat de tijdelijke overhoogte op tijd weggehaald wordt nadat het gewenst effect bereikt is, als er namelijk meer zettingen optreden dan de bedoeling is, zal dit ook leiden tot meer horizontale deformatie.

Uit deze berekeningen volgt dat sondering 6 maatgevend is met betrekking tot de horizontale vervormingen. Een aandachtspunt daarbij is dat op basis van de zettingsberekeningen het aanlegpeil (zonder overhoogte) bij sondering 6 NAP +0,63 m bedraagt. Het berekende aanlegpeil (zonder overhoogte) bij sondering 3 bedraagt NAP +1,05 m. Als het terrein opgehoogd wordt tot een uniform peil dan zal ook bij sondering 6 opgehoogd worden tot NAP +1,05 m. Voor sondering 6 zijn dan ook de berekeningen voor de horizontale vervormingen uitgevoerd met een planpeil NAP +1,05 m. Navolgende tabellen tonen de resultaten van de berekeningen.

Tabel 5.1 Resultaten horizontale en verticale vervorming sondering 3

Huidig maaiveld [m NAP]	Planpeil [m NAP]	Zetting [m]	Aanlegpeil [m NAP]	Thv 3 mm horizontale vervorming	
				Benodigde afstand*	Optredende (verticale) zetting**
				[m]	[m]
-0,81	+0,24	0,81	+1,05	4	0,037
-0,81	-	-	+0,24	4	0,033

* Vanaf teen van ophoging tot bebouwing

** In 30 jaar inclusief autonome bodemdaling van 0,02 mm

Tabel 5.2 Resultaten horizontale en verticale vervorming sondering 4

Huidig maaiveld [m NAP]	Planpeil [m NAP]	Zetting [m]	Aanlegpeil [m NAP]	Thv 3 mm horizontale vervorming	
				Benodigde afstand*	Optredende (verticale) zetting**
				[m]	[m]
-0,29	+0,24	0,32	+0,56	4	0,034
-0,29	-	-	+0,24	4	0,031

* Vanaf teen van ophoging tot bebouwing

** In 30 jaar inclusief autonome bodemdaling van 0,02 mm

Tabel 5.3 Resultaten horizontale vervorming en verticale sondering 6

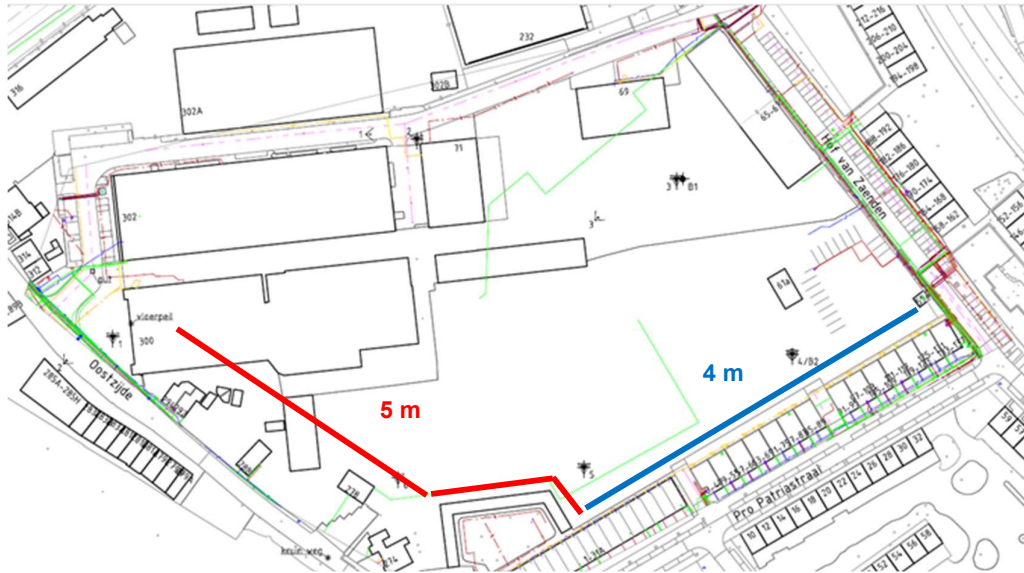
Huidig maaiveld [m NAP]	Planpeil [m NAP]	Zetting [m]	Aanlegpeil [m NAP]	Thv 3 mm horizontale vervorming	
				Benodigde afstand*	Optredende (verticale) zetting**
				[m]	[m]
-0,45	+0,24	0,39	+0,63	5	0,030
-0,45	-	-	+0,24	5	0,028
-0,45	-	-	+1,05	5	0,032

* Vanaf teen van ophoging tot bebouwing

** In 30 jaar inclusief autonome bodemdaling van 0,02 mm

Uit de berekeningen volgt dat voor de panden aan de Oostzijde een afstand vanaf de bebouwing tot aan de teen van de ophoging minimaal 5 m dient te bedragen. Aan de achterzijde van de panden aan de Pro Patriastraat bevindt zich bebouwing waarvan geen informatie bekend is. Ook hier wordt geadviseerd om minimaal 5 m afstand aan te houden. Voor de panden aan de Pro

Patriestraat dient de afstand vanaf de bebouwing tot aan de teen van de ophoging minimaal 4 m te bedragen. Onderstaand figuur geeft de afstanden schetsmatig weer.



Figuur 5.2 Minimale afstand vanaf bebouwing tot teen van de ophoging

TAUW adviseert om voorafgaand aan de werkzaamheden (bij voorkeur voor een periode van 6 maanden) meetbouten te plaatsen bij de bebouwing en deze regelmatig in te meten. Hiermee wordt voorafgaand aan de werkzaamheden inzichtelijk welke vervormingen reeds optreden. Ook tijdens het voorbelasten moeten deze meetbouten regelmatig ingemeten en geanalyseerd worden. Hiervoor dient een monitoringsplan opgesteld te worden. Ook dient voorafgaand aan de werkzaamheden een bouwkundige opname uitgevoerd worden.

6 Conclusie

De Gemeente Zaanstad is voornemens het gebied ter plaatse van Oostzijde 278 en 300 te Zaanadam te herontwikkelen. Als onderdeel van de herontwikkeling zal een leeflaag aangebracht worden op het huidige maaiveld. Het doel van deze notitie is om te bepalen hoeveel zetting optreedt en hoeveel voorbelasting eventueel benodigd is. Tevens is de grootte van de horizontale grondvervorming en de zetting ter plaatse van de nabij gelegen bebouwing bepaald met als doel de minimaal benodigde afstand tussen de teen van de ophoging en de bebouwing te bepalen.

Uit het grondonderzoek blijkt dat het huidige maaiveld (binnen de projectlocatie) varieert van NAP -0,81 m tot NAP -0,29 m. Gezien de variatie in het huidige maaiveldpeil zijn voor sonderingen 3, 4 en 6 de berekeningen uitgevoerd. Bij het aanbrengen van de ophoging zijn in dit geval 2 opties:

- **Planpeil NAP +0,24 m aanhouden**
Het aanhouden van het planpeil NAP +0,24 m waarbij de benodigde leeflaag (netto ophoging) en een zettingscompensatie wordt aangebracht. Het doel hiervan is te zorgen dat het planpeil van NAP +0,24 m bereikt wordt en behouden blijft voor 30 jaar
- **Leeflaagdikte (1,0 en 1,5 m) aanbrengen.**
Het *alleen* aanbrengen van de (netto) ophoging van 1,0 en 1,5 m (de dikte van de leeflaag). Er wordt geen zettingscompensatie aangebracht. Hiermee wordt voldaan aan de eis voor het saneren van het terrein. In de loop der tijd zal het terrein zetten (en het maaiveldpeil lager komen te liggen dan het planpeil).

Er is een antropogene zandlaag aanwezig tot minimaal NAP -1,26 m. Deze zandlaag heeft hetzelfde volumegewicht als de leeflaag waardoor het afgraven van de zandlaag en het vervangen door de leeflaag geen extra belasting met zich meebrengt. Alleen het ophogen van het huidig maaiveld (de netto ophoging) zorgt voor een extra belasting (en zettingen). De zettingen worden in dit geval veroorzaakt door de hoeveelheid zand welke aangebracht wordt op het huidige maaiveldniveau tot aan het planpeil van NAP +0,24 m. Aangezien het huidige maaiveld varieert zal de netto ophoging variëren in de berekeningen. In deze notitie is de term netto ophoging aangehouden voor de hoeveelheid zand tussen het huidig maaiveldniveau en het planpeil.

Resultaten zettingsberekeningen

Uit de zettingsberekeningen volgt dat de zettingen ter plaatse van sondering 3 maatgevend zijn. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat het huidige maaiveld bij sondering 3 het laagst gelegen is. Voor sondering 3 zijn de resultaten van de verschillende zettingsberekeningen samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 6.1 Samenvatting zettingen sondering 3

Netto ophoging [m]	Bruto ophoging [m]	Tijdelijke overhoogte [m]	Aanlegpeil [m NAP]	Zetting [m]	Restzetting na 6 mnd [m]	Restzetting na 12 mnd [m]
1,05	1,86	-	+1,05	0,81	0,21	0,14
1,05	1,86	0,50	+1,55	0,81	0,11	-
1,05	-	-	+0,24	0,55	0,17	0,12

TAUW adviseert om de zettingen gedurende de voorbelastperiode te monitoren middels zakbaken.

Grondvervormingen ter plaatse van bebouwing

De horizontale grondvervorming is bepaald op een afstand in meters vanaf van de teen van de ophoging. Op basis van kennis en ervaring van TAUW is een horizontale grondvervorming van maximaal 3 mm aangehouden. De maximaal toelaatbare horizontale vervorming ter plaatse van de bebouwing is afhankelijk van de funderingswijze en de staat van de bebouwing. Om het ontwerp te optimaliseren dient voor elke bebouwing afzonderlijk bepaald te worden welke horizontale vervorming toelaatbaar is. De maximale vervormingseis van 3 mm vormt een goede indicatie voor de benodigde afstand tussen de teen van de ophoging en de bebouwing.

Door het aanbrengen van de leeflaag (en het daarmee ophogen van het terrein) treden niet alleen horizontale grondvervormingen maar ook (verticale) zettingen op. Om te bepalen welke zettingen toelaatbaar zijn bij de bebouwing is uitgegaan van de richtlijn 'Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsaling op de bebouwing' van SBR d.d. juli 1998. Gezien het verhoogde risico van meerdere panden en de reeds aanwezige zettingsschade is de bouwkundige staat gesteld op 'slecht'. Bij het bepalen van de grenswaarden voor de gemiddelde gebouwzakking is uitgegaan van de gemiddelde grenswaarde architectonische schade en bedraagt deze circa 8 mm. Dit is vertaalt naar een maaiveldaling (zetting) van 20 mm (of wel 0,020 m) ten gevolge van de ophoging. Rekening houdend met een autonome bodemdaling van 0,02 m betekent dit een toelaatbare zetting van maximaal 0,04 m.

Uit de berekeningen volgt dat voor de panden aan de Oostzijde een afstand vanaf de bebouwing tot aan de teen van de ophoging minimaal 5 m dient te bedragen. Aan de achterzijde van de panden aan de Pro Patriastraat bevindt zich bebouwing waarvan geen informatie bekend is. Ook hier wordt geadviseerd om minimaal 5 m afstand aan te houden. Voor de panden aan de Pro Patriastraat dient de afstand vanaf de bebouwing tot aan de teen van de ophoging minimaal 4 m te bedragen.

TAUW adviseert om voorafgaand aan de werkzaamheden (bij voorkeur voor een periode van 6 maanden) meetbouten te plaatsen bij de bebouwing en deze regelmatig in te meten. Ook dient voorafgaand aan de werkzaamheden een bouwkundige opname uitgevoerd worden.

Bijlage 1

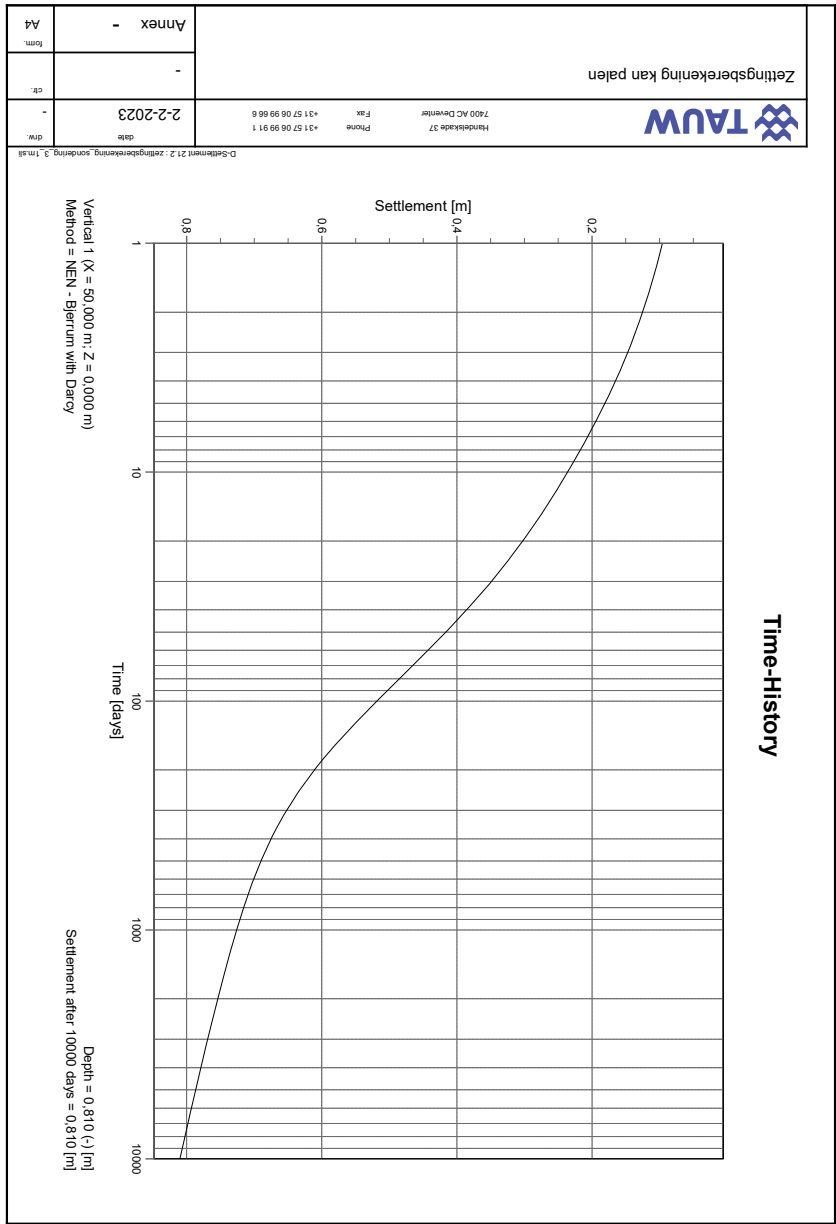
Grondonderzoek

Bijlage 2 Tijd-Zettingsdiagrammen

In deze bijlage zijn voor alle drie de sonderingen de tijd-zettingsdiagrammen voor de zettingsberekeningen met en zonder voorbelasting gepresenteerd.

Sondering 3

Zonder voorbelasting



Time-History

The graph illustrates the settlement behavior over time. The vertical axis represents Settlement in meters [m], ranging from 0 to 1.0. The horizontal axis represents Time in days, on a logarithmic scale from 1 to 10,000. The curve starts at (1, 0) and rises steeply, then levels off as it approaches 1.0 m.

Time [days]	Settlement [m]
1	0.000
10	~0.250
100	~0.650
1000	~0.800
10000	0.810 (-)

Vertical 1 (X = 50,000 m; Z = 0,000 m)
Method = NEN - Bjerrum with Darcy

Depth = 0,810 (-) [m]
Settlement after 10000 days = 0,817 [m]

D:\Settlement 21\2 : zettingsberekening_sondering_3_fm_mel_voorbelasting.slt

Zettingsberekening kan palen

Handelskade 37
 7400 AC Deventer
 Phone +31 57 06 99 91 1
 Fax +31 57 06 99 66 6

2-2-2023

date

dru.

-

dr.

-

form.

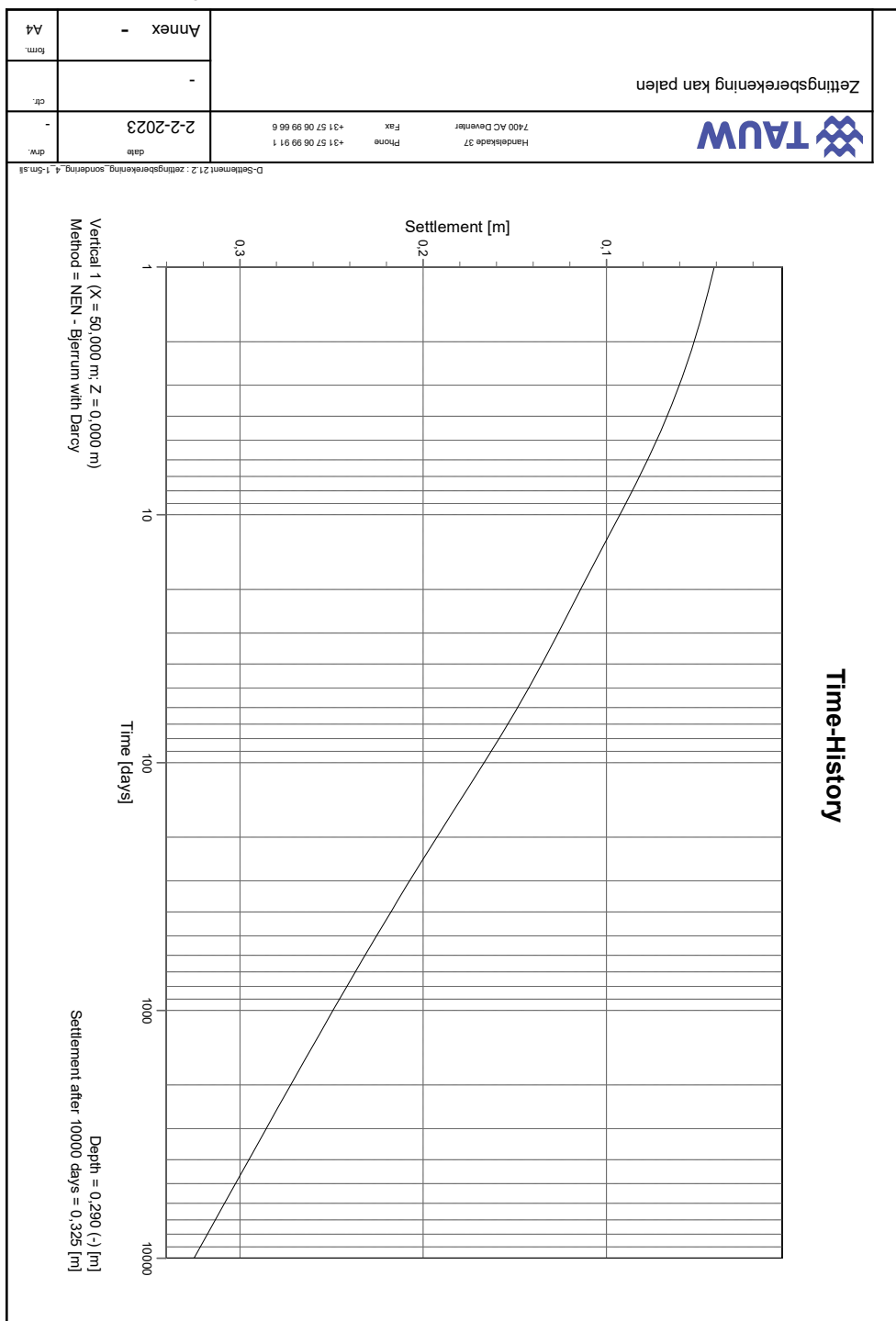
A4

Annex -

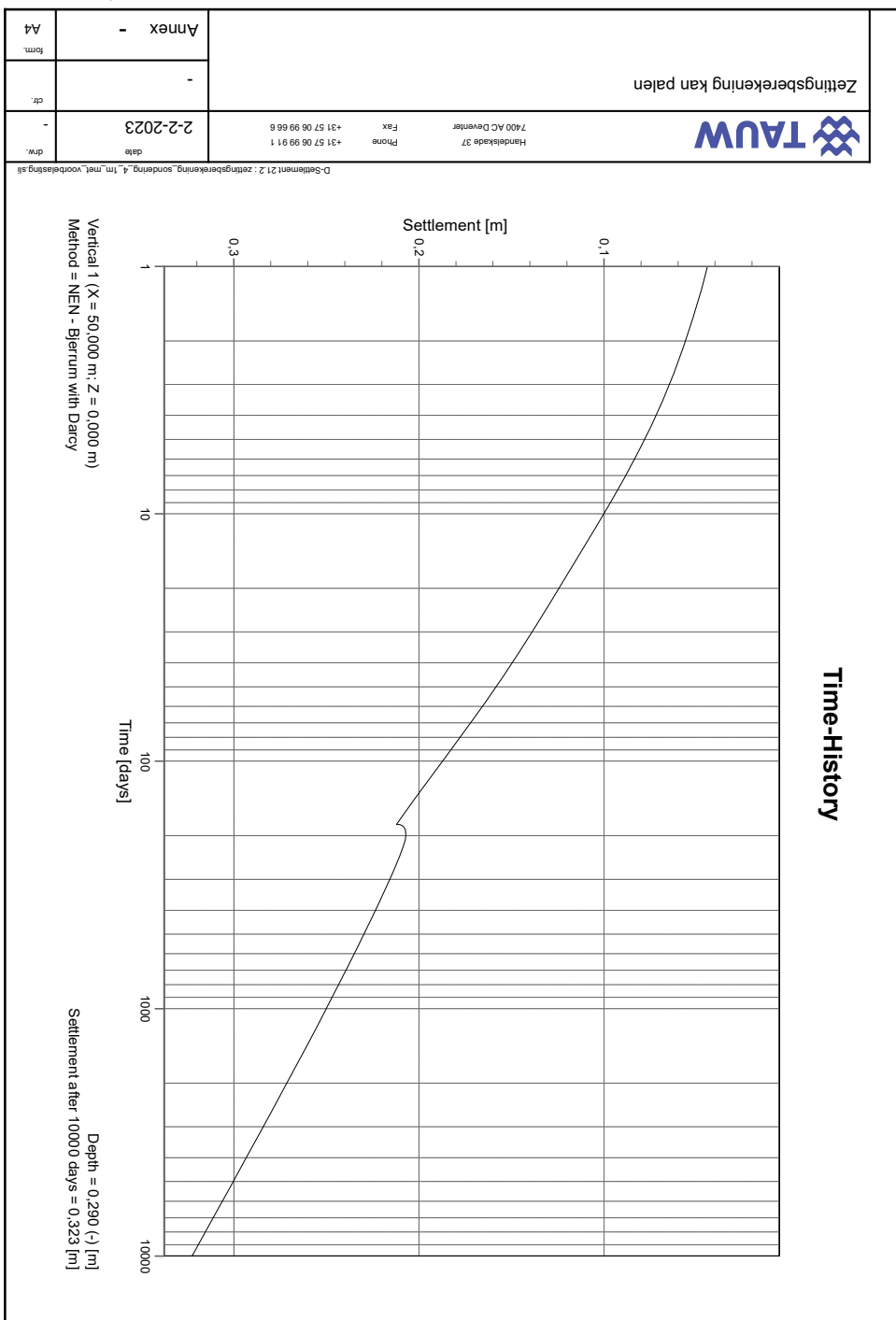
Time-History

Sondering 4

Zonder voorbelasting

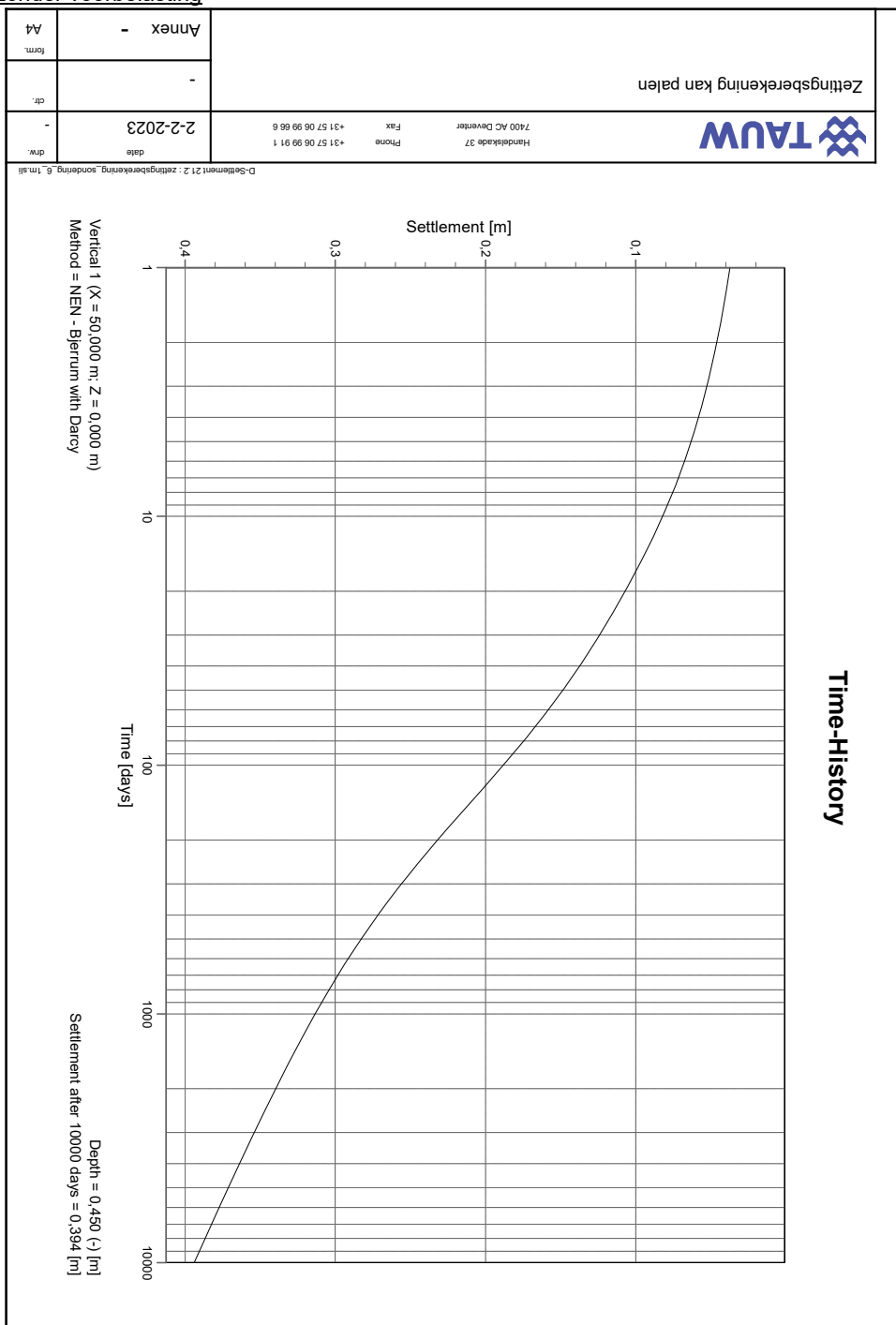


Met voorbelasting



Sondering 6

Zonder voorbelasting



Met voorbelasting

[illegible]

Sondering 3 – alleen leeflaag

