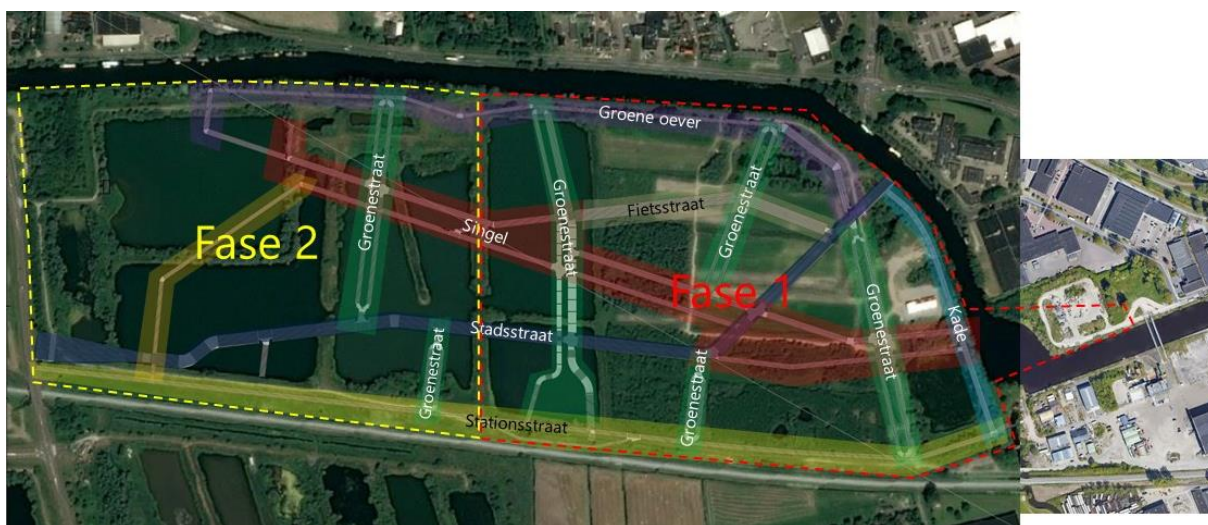


Suikerzijde Groningen

Aan: Gemeente Groningen
Van: Robbert Drieman
Gecontroleerd door: Henk van der Velden
Datum: 31 maart 2022
Ref no.: 1320-182887.M09
Versie: 2.0
Onderwerp: Zettingsanalyse wegen fase 1

1. Inleiding

De werkzaamheden voor het projectgebied 'Suikerzijde' deelgebied Noord zijn onderverdeeld in 2 fasen, zie Figuur 1-1. Deze memo betreft de zettingsberekeningen van de wegen, welke in oostelijke deelgebied 'Fase 1' worden aangelegd. In Figuur 1-1 zijn de voorlopige straatnamen van de verschillende nieuwe wegen weergegeven.



Figuur 1-1: Onderverdeling van het projectgebied in fase 1 en fase 2.

Door de opdrachtgever zijn de volgende documenten aangeleverd, welke relevant zijn voor de zettingsberekeningen van de wegen:

- [1] Situatietekening, '20200221_01_Overzicht_Nieuwe_Situatie&Luchtfoto', tekening nr. 01, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.
- [2] Technische tekening Singel Overzicht + dwarsprofielen, '20200221_02_Singel_Overzicht&Dwarsprofielen', tekening nr. 02, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.

- [3] Technische tekening Stadstraat Overzicht + dwarsprofielen, '202000221_03_Stadstraat_Overzicht&Dwarsprofielen', tekening nr. 03, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.
- [4] Technische tekening Stationsstraat Overzicht + dwarsprofielen, '202000221_04_Stationsstraat_Overzicht&Dwarsprofielen', tekening nr. 04, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.
- [5] Technische tekening Groene Oever Overzicht + dwarsprofielen, '202000221_05_Groene_Oever_Overzicht&Dwarsprofielen', tekening nr. 05, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.
- [6] Technische tekening Groenstraat Overzicht, '202000221_06_Groenestraat_Overzicht', tekening nr. 06, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.
- [7] Technische tekening Groenstraat Dwarsprofielen, '202000221_07_Groenestraat_Dwarsprofielen', tekening nr. 07, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.
- [8] Technische tekening Park, Kade & Fietsstraat Overzicht + dwarsprofielen, '202000221_08_Park_kade&Fietsstraat_OverzichtDwarsprofielen', tekening nr. 08, Gemeente Groningen, d.d. 21-02-2020.

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens. De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Fugro neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties. De gerapporteerde resultaten van het geotechnisch onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

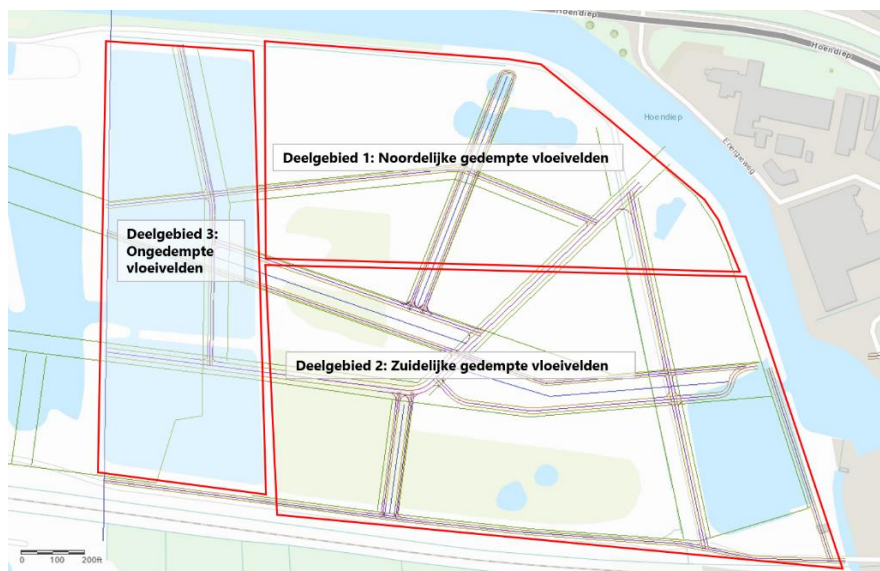
2. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor de analyse gegeven.

2.1 Geometrie

Op basis van de door de opdrachtgever aangeleverde dwarsprofielen, de resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek en gegevens van het Actuele Hoogtebestand Nederland (bron: www.ahn.nl) is voor de zettingsanalyse het gebied 'Fase 1' globaal in drie deelgebieden onderverdeeld (Figuur 2-1):

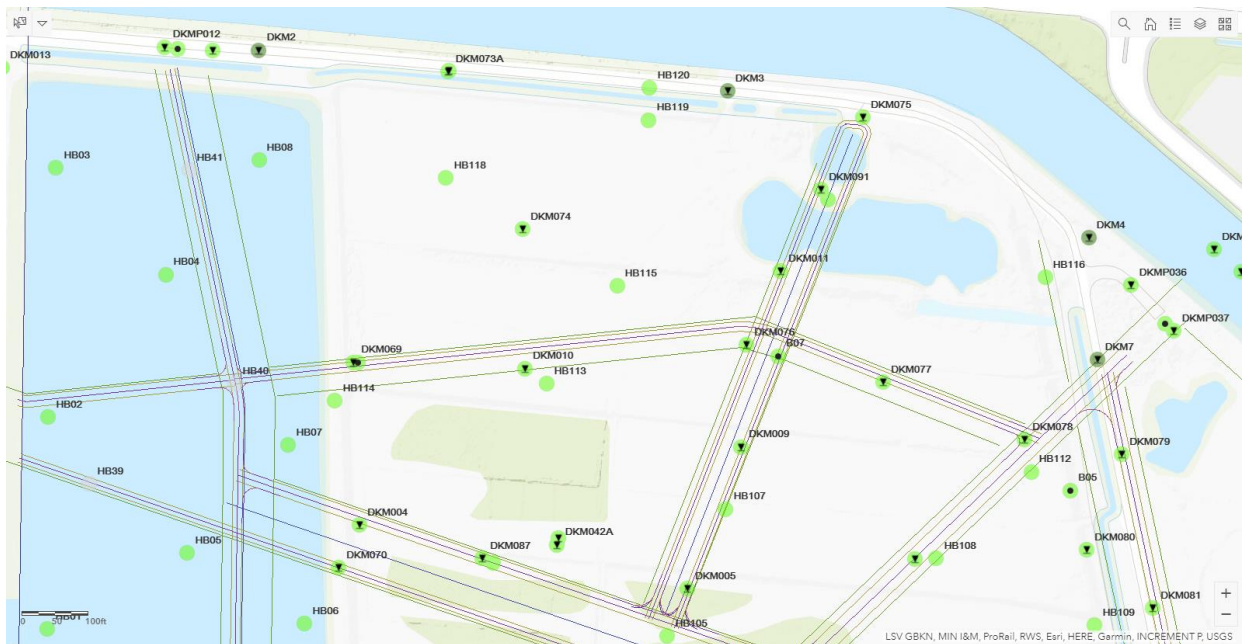
- Deelgebied 1: Noordelijke gedempte vloeivelden
Hier ligt het huidig maaiveld hoger dan het toekomstige maaiveld (toekomstig niveau bovenzijde weg) van NAP +0,35 m en moet dus worden ontgraven;
- Deelgebied 2: Zuidelijke gedempte vloeivelden
Hier ligt het huidig maaiveld lager dan het toekomstig maaiveld van NAP +0,35 m en dient dus te worden opgehoogd;
- Deelgebied 3: De ongedempte vloeivelden
Hier ligt het huidig maaiveld (= bodem vloeiveld) op ca. NAP -2,0 m en dient te worden opgehoogd tot het toekomstig maaiveld van NAP +0,35 m.



Figuur 2-1 Aangehouden onderverdeling deelgebieden voor de zettingsberekening (bron ondergrond: Gaia.Live portaal Suikerzijde).

2.2 Grondonderzoek

Het beschikbare grondonderzoek ter plaatse van de wegen is weergegeven in Figuur 2-2 en Figuur 2-3. Tevens staan hierin ook de locaties van de toekomstige wegen weergegeven.



Figuur 2-2 Beschikbaar grondonderzoek, noordzijde (bron: Gaia.Live portaal Suikerzijde).



Figuur 2-3 Beschikbaar grondonderzoek, zuidzijde (bron: Gaia.Live portaal Suikerzijde).

2.3 Bodemgesteldheid

Voor een uitgebreide beschrijving van de bodemgesteldheid en de terreingeschiedenis wordt verwezen naar Rapportage advies fase 1 met documentnaam '1021-187246-31-R01-v0.1-20210527'.

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek is per deelgebied voor de zettingsberekening een bodemopbouw geschematiseerd, hetgeen dekkend is voor merendeel van het deelgebied. Deze zijn gegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 2-1 Schematische bodemopbouw noordelijke gedempte vloeivelden.

Bovenkant laag [m NAP]			Bodembeschrijving
+1,50	à	+0,35	KLEI, uitgedroogd
-2,2			KLEI, boven NAP -3,0 m*, <i>lokaal zand aanwezig</i>
-3,0			KLEI, onder NAP -3,0 m*
-4,4	à	-5,4	basisVEEN
-5,1	à	-6,0	Pleistoceen ZAND
-10,0			Maximaal verkende diepte
* volgens resultaten labonderzoek; voor toelichting zie par. 2.5			

Tabel 2-2 Schematische bodemopbouw zuidelijke gedempte vloeivelden.

Bovenkant laag [m NAP]			Bodembeschrijving
+0,0	à	- 0,65	KLEI, uitgedroogd
-2,2			KLEI, boven NAP -3,0 m*, <i>lokaal zand aanwezig</i>
-3,0			KLEI, onder NAP -3,0 m*
-4,5	à	-5,5	basisVEEN
-5,5	à	-6,0	Pleistoceen ZAND
-10,0			Maximaal verkende diepte
* volgens resultaten labonderzoek; voor toelichting zie par. 2.5			

Tabel 2-3 Schematische bodemopbouw ongedempte vloeivelden fase 1

Bovenkant laag [m NAP]			Bodembeschrijving
-2,0			KLEI (geconsolideerd slib), <i>onder bodem vloeivelden</i>
-4,0	à	-5,5	basisVEEN, <i>lokaal ontbrekend aan zuidwest kant van vloeiveld</i>
-4,7	à	-6,0	Pleistoceen ZAND
-10,0			Maximaal verkende diepte

2.4 Grondwaterstand en stijghoogte

Voor een uiteenzetting van ontwerpwaterstanden en -stijghoogten en een beschrijving van de polderpeilen in het projectgebied, wordt verwezen naar de memo met documentnummer 1320-182887.M07.

Opgemerkt wordt dat de grondwaterstand in de tijd kan fluctueren onder invloed van o.a. de weersgesteldheid en de seizoenen. Tevens wordt de toekomstige grondwaterstand binnen

het gebied mede bepaald door de doorlatendheid van de grond waarmee de vloeivelden worden aangevuld en de toekomstige indeling van het gebied (o.a. diepteligging van drainage).

In de berekeningen is uitgegaan van de ontwerp grondwaterstand van NAP -0,65 m. Voor de het Pleistocene zand is een stijghoogte van NAP -1,0 m aangehouden. Beide genoemde waarden betreffen gemiddelde waarden.

2.5 Grondparameters

2.5.1 Laboratoriumonderzoek

Tijdens het laboratoriumonderzoek zijn op in totaal 38 monsters samendrukkingsproeven uitgevoerd; het betreft hier 33 monsters uit de gedempte vloeivelden (diepte variërend van ca. NAP -0,5 m tot NAP -5,5 m) en 5 monsters uit de ongedempte vloeivelden (diepte variërend van ca. NAP -1,5 tot NAP -2,0 m). Voor de gedempte vloeivelden zijn de testen uitgevoerd op klei- en veenmonsters. De geteste monsters uit de ongedempte vloeivelden betreffen monsters uit de laag bestaande uit geconsolideerd slib. De monsters zijn genomen van (hand)boringen met spreiding over het gehele oostelijke gebied ter locatie van de toekomstige wegen. Voor elk monster zijn de voor de zettingsberekeningen relevante parameters bepaald, namelijk het volumiek gewicht, watergehalte, ongedraineerde schuifsterkte en de zettingsparameters.

Op basis van de gerapporteerde waarden zijn verschillende correlaties onderzocht om zo een differentiatie van verschillende soorten aanwezige klei te bepalen (zie Bijlage A.2). Uit de resultaten is echter een grote spreiding gebleken, waardoor in de meeste analyses geen correlatie is geconstateerd. Uit de analyse is wel een correlatie gevonden tussen stijfheidsparameters en diepte (zie bijlage A.2). Op basis hiervan is gekozen om de kleilaag te splitsen in twee groepen, 'kleilaag boven NAP -3,0 m' en 'kleilaag onder NAP -3,0 m'. Daarnaast is voor het gedeelte boven de grondwaterstand een laag van uitgedroogde klei aangehouden.

Voor de monsters afkomstig van de vloeivelden is geconstateerd dat het slib al dermate is geconsolideerd dat er sprake is van klei. De resultaten hebben tot een aparte klei groep geleid met een relatief hoog volumiek gewicht en met bijbehorende stijfheidsparameters.

2.5.2 Afleiding parameters zettingsberekeningen

De afleiding van de grondparameters welke zijn gebruikt in de zettingsberekeningen is gerapporteerd in de memo met de resultaten van de proefterpen (documentnummer 1021-187246.M18).

Opgemerkt wordt dat dezelfde principes van optimalisatie van de zettingsparameters zijn toegepast op de grondsoort 'KLEI (geconsolideerd slib)'.

In Tabel 2-4 zijn de gehanteerde stijfheidsparameters voor de zettingsberekeningen weergegeven.

Tabel 2-4 Gemiddelde waarden stijfheidsparameters.

Grondlaag	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	POP [kPa]	C_p [-]	C_s [-]	C_p' [-]	C_s' [-]	c_v [m ² /s]
KLEI, uitgedroogd	17,0 / 17,0	5	200	800	50	200	$1,2 \times 10^{-6}$
KLEI, boven NAP -3,0 m	15,8 / 15,8	5	141	1034	25	159	$1,2 \times 10^{-6}$
KLEI, onder NAP -3,0 m	15,5 / 15,5	5	89	732	14	81	$6,9 \times 10^{-7}$
KLEI (geconsolideerd slib)	16,5 / 16,5	5	225	789	48	312	$1,4 \times 10^{-7}$
basisVEEN, matig voorbelast	10,3 / 10,3	5	57	521	6	36	$7,6 \times 10^{-7}$
ZAND, Pleistoceen	18,0 / 20,0	5	2400	∞	600	∞	-
γ_{sat} : gemiddelde waarde volumiek gewicht van met water verzadigde grond; γ : gemiddelde waarde van het volumiek gewicht van grond boven de grondwaterstand; pop : verschil tussen de grensspanning en de terreinspanning (pre-overburden pressure); C_p : primaire samendrukkingscoëfficiënt onder de grensspanning (= in-situ korrelspanning + pop); C_s : secundaire samendrukkingscoëfficiënt onder de grensspanning; C_p' : primaire samendrukkingscoëfficiënt boven de grensspanning; C_s' : secundaire samendrukkingscoëfficiënt boven de grensspanning; c_v : verticale consolidatiecoëfficiënt.							

3. Zettingsanalyse

Om het effect van de aanleg van de ophoging en wegconstructie op de ondergrond te bepalen zijn zettingsberekeningen uitgevoerd middels DSettlement. Zettingen kunnen optreden als gevolg van spanningsverhogingen in samendrukbare lagen in de ondergrond, bijvoorbeeld door het (ontgraven en) ophogen van het maaiveld met zand. In de navolgende paragrafen zijn de uitgangspunten en resultaten nader beschreven. Tevens is in de zettingsanalyse het effect van zettingsversnellende maatregelen opgenomen. Voor de zettingsanalyse geldt een onzekerheidsmarge van +/- 35%.

3.1 Uitgangspunten

- Rekenmodel: Koppejan;
- Consolidatie model: Darcy;
- Ontwerpniveau toekomstig maaiveld: NAP +0,35 m;
- Gehanteerde grondwaterstand: NAP -0,65 m;
- Stijghoogte pleistocene zand: NAP -1,0 m;
- Volumiek gewicht aanvulzand: 18 / 20 kN/m³;
- Duur voorbelastingsperiode: 120 dagen (t=0 dagen is op hoogte komen voorbelasting);
- Restzetting berekend vanaf t=180 dagen (t=0 dagen is op hoogte komen voorbelasting);
- Gewichtscompensatie toekomstige weg: 0,15 m (aannname) extra ophoging aanvulzand (18 / 20 kN/m³). Dit is in de zettingsanalyse opgenomen om het hogere gewicht van de na de voorbelastingsperiode aan te leggen wegconstructie (asfalt, menggranulaat) te verdisconteren.
- In de berekeningen is zettingscompensatie toegepast;
- Restzettingseis = 0,05 m in 30 jaar (= 10.000 dagen).

3.2 Berekeningsresultaten

In deze paragraaf zijn de resultaten van de zettingsberekeningen gegeven.

3.2.1 Resultaten Deelgebied 1: Noordelijke gedempte vloeivelden

In het gebied van de noordelijke gedempte vloeivelden waar eerst dient te worden ontgraven alvorens de wegconstructie kan worden aangelegd varieert het huidige maaiveld van NAP +0,35 m tot NAP +1,5 m (m.u.v. aanwezig poeltjes en sloten). Voor de zettingsanalyse is daarom uitgegaan van een laag maatgevend oorspronkelijk maaiveldniveau van NAP +0,35 m. De resultaten staan weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Resultaten zettingsberekeningen gedempte vloeivelden, noordelijk gedeelte waar wordt ontgraven t.o.v. huidig maaiveld.

	Maaiveld = NAP +0,35 m (alleen gewichtscompensatie wegconstructie) Bestand: 1021-187246 - MV=NAP+0,35 - geen ontgr.sli		Maaiveld = NAP +0,35 m (gewichtscompensatie wegconstructie en ontgraven tot NAP -0,35 m) Bestand: 1021-187246 - MV=NAP+0,35 - ontgr. tot NAP -0,65 m.sli	
	Eindzetting	Restzetting	Eindzetting	Restzetting
	[m]	[m]	[m]	[m]
Zonder maatregelen	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01

Uit de zettingsanalyse blijkt dat er in de maatgevende situatie, zonder zettingsversnellende maatregelen, aan de restzettingseis wordt voldaan.

3.2.2 Resultaten Deelgebied 2: Zuidelijke gedempte vloeivelden

In het zuidelijke gedeelte van de gedempte vloeivelden blijkt uit gegevens van het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN3) dat het huidige maaiveld ter locatie van de toekomstige wegen varieert van NAP +0,0 m tot NAP -1,0 m (m.u.v. aanwezige poeltjes, sloten en open water). Om de eventueel benodigde zettingsversnellende maatregelen gebiedsdekkend te kunnen uitrollen, is er voor gekozen om op vier verschillende maaiveldniveaus de restzetting te berekenen, namelijk: NAP +0,0 m, NAP -0,30 m, NAP -0,65 m en NAP -1,0 m.

De resultaten zijn gepresenteerd in Tabel 3-2.

Tabel 3-2: Resultaten zettingsberekeningen gedempte vloeivelden, zuidelijk gedeelte waar wordt opgehoogd t.o.v. huidig maaiveld.

t.o.v. huidige maaiveld:												
Maaiveld = NAP +0,0 m				Maaiveld = NAP -0,3 m			Maaiveld = NAP -0,65 m			Maaiveld = NAP -1,0 m		
	Eind- zetting	Rest- zetting	Ophoog- niveau*	Eind- zetting	Rest- zetting	Ophoog- niveau*	Eind- zetting	Rest- zetting	Ophoog- niveau*	Eind- zetting	Rest- zetting	Ophoog- niveau*
	[m]	[m]	[t.o.v. m NAP]	[m]	[m]	[t.o.v. m NAP]	[m]	[m]	[t.o.v. m NAP]	[m]	[m]	[t.o.v. m NAP]
Zonder maatregelen	0,11	0,02	+0,6	0,23	0,05	+0,7	0,34	0,08	+0,9	0,39	0,09	+0,8
	Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP +0,0m.sli			Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 0,30m.sli			Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 0,65m.sli			Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP -1,0m.sli		
Tijdelijke extra overhoogte 1,5 m	-	-	-	-	-	-	0,41	0,05	+2,0	0,45	0,06	+2,0
							Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 0,65m+v.b.=1,5m.sli			Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 1,0m+v.b.=1,5m.sli		
Tijdelijke extra overhoogte 2,5 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	0,05	+3,0
										Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 1,0m+v.b.=2,5m.sli		
Verticale drainage	-	-	-	-	-	-	0,28	0,05	+0,8	-	-	-
							Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 0,65m+vert.d.sli					
Verticale drainage + tijdelijke extra overhoogte 1,0 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,41	0,05	+1,5
										Bestand: Bestand: 1021-187246 DWP10 (LA) - MV=NAP - 1,0m+vert.d.+v.b.=1,0m.sli		
* Te hanteren ophoogniveau ten tijde van voorbereidingsperiode (6 maanden), bestaande uit ophoging tot NAP +0,35 m, gewichtscompensatie wegconstructie (0,15 m) en eventuele tijdelijke extra overhoogte. Voor de scenario's zonder tijdelijke extra overhoogte is hierbij ook de zettingscompensatie opgeteld.												

Uit bovenstaande resultaten blijkt dat er in geval van maaiveldhoogten tussen NAP +0,0 m en NAP -0,3 m geen zetting versnellende maatregelen benodigd zijn.

In geval van maaiveldhoogten tussen NAP -0,3 m en NAP -1,0 m kan gekozen worden voor het toepassen van verticale drainage, met indien benodigd in combinatie met tijdelijke extra overhoogte, om aan de restzettingseis te voldoen. Er kan ook gekozen worden voor een hogere tijdelijke extra overhoogte zonder verticale drainage.

In de berekeningen is als uitgangspunt een driehoeksstramien verticale drainage aangehouden, h.o.h. 1,0 m tot een diepte van NAP -4,5 m. De onderzijde van de verticale drainage moet minimaal 1 m boven bovenzijde pleistoceen zand eindigen i.v.m. kortsluiting met het watervoerende pakket. Er wordt geadviseerd om op de plekken waar daadwerkelijk verticale drainage toegepast zal gaan worden, op basis van het ter plaatse beschikbare grondonderzoek, deze waarde te verifiëren.

3.2.3 Resultaten Deelgebied 3: De ongedempte vloeivelden (fase 1)

Voor de zettingsanalyse van de ongedempte vloeivelden is conform aangeleverde tekeningen uitgegaan van een huidig maaiveld van NAP -2,0 m (bodemniveau). De resultaten van de berekeningen staan weergegeven in Tabel 3-3.

Tabel 3-3: Resultaten zettingsberekeningen ongedempte vloeivelden

	Maaiveld = NAP -2,0 m		
	Eindzetting [m]	Restzetting [m]	Ophoogniveau* [t.o.v. m NAP]
Zonder maatregelen Bestand: 1021-187246 Vloeivelden - MV=NAP -2,0m.sli	0,29	0,09	+0,7
Tijdelijke extra overhoogte 2,5 m Bestand: 1021-187246 Vloeivelden - MV=NAP -2,0m - vb=2,5m.sli	0,34	0,07	+3,0
Tijdelijke extra overhoogte 3,5 m Bestand: 1021-187246 Vloeivelden - MV=NAP -2,0m - vb=3,5m.sli	0,36	0,06	+4,0
Tijdelijke extra overhoogte 4,5 m Bestand: 1021-187246 Vloeivelden - MV=NAP -2,0m - vb=4,5m.sli	0,38	0,05	+5,0
Verticale drainage Bestand: 1021-187246 Vloeivelden - MV=NAP -2,0m - vert. drainage.sli	0,29	0,05	+0,8
* Te hanteren ophoogniveau ten tijde van voorbereidingsperiode (6 maanden), bestaande uit ophoging tot NAP+0,35 m, gewichtscompensatie wegconstructie (0,15 m) en eventuele tijdelijke extra overhoogte. Voor de scenario's zonder tijdelijke extra overhoogte is hierbij ook de zettingscompensatie opgeteld.			

Uit bovenstaande resultaten blijkt dat er óf verticale drainage óf een tijdelijke extra overhoogte van 4,5 m benodigd is om aan de restzettingseis te voldoen.

In de berekeningen is als uitgangspunt een driehoeksstramien verticale drainage aangehouden, h.o.h. 1,0 m tot een diepte van NAP -4,9 m. De onderzijde van de verticale drainage moet minimaal 1 m boven bovenzijde pleistoceen zand eindigen in verband met kortsluiting met het watervoerende pakket. Er wordt geadviseerd om op de plekken waar

daadwerkelijk verticale drainage toegepast zal gaan worden, op basis van het ter plaatse beschikbare grondonderzoek, deze waarde te verifiëren.

Uit het door Fugro uitgevoerde grondonderzoek blijkt het bodemniveau gemiddeld op NAP -1,5 m te liggen (in tegenstelling tot hetgeen opgenomen in de aangeleverde dwarsprofielen van de wegen). Uit een aanvullende berekening op basis van dit gemiddelde bodemniveau blijkt dat dezelfde maatregelen nodig zijn als hierboven gepresenteerd om aan de restzettingseis te voldoen.

4. Conclusie en aanbevelingen

4.1 Conclusie

In voorliggende memo is een zettingsanalyse uitgevoerd voor de nieuw aan te leggen wegen voor Suikerzijde 'Deelgebied Noord', subgebied 'Fase 1'. Voor diverse scenario's zijn zettingsberekeningen uitgevoerd. Deze scenario's hebben geleid tot een onderverdeling van het gebied in verschillende maaiveld-ranges. De verschillende aangehouden ranges zijn te vinden in Tabel 4-1. Uit de berekeningen zijn de benodigde maatregelen per maaiveld-range afgeleid. Voor de reeds gedempte vloeivelden is sprake van maaiveld-ranges, voor de nog te dempen vloeivelden is sprake van één aangehouden maaiveldniveau (is bodemniveau). De maatregelen zijn samengevat in Tabel 4-1.

Tabel 4-1: Maatregelen per maaiveld-range fase 1.

Deelgebied	Huidig maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Maatregel	Ophoogniveau* [m t.o.v. NAP]
Gedempte vloeivelden	> +0,35	Geen maatregelen benodigd	+0,5
	+0,35 tot +0,0	Geen maatregelen benodigd	+0,6
	+0,00 tot -0,30	Geen maatregelen benodigd	+0,7
	-0,30 tot -0,65	Tijdelijke extra overhoogte 1,5 m	+2,0
		Verticale drainage	+0,8
	-0,65 tot -1,0	Tijdelijke extra overhoogte 2,5 m	+3,0
		Verticale drainage + tijdelijke extra overhoogte 1,0 m	+1,5
Nog te dempen vloeivelden	-2,0	Tijdelijke extra overhoogte 4,5 m	+5,0
		Verticale drainage	+0,8

** Te hanteren ophoogniveau ten tijde van voorbereidingsperiode (6 maanden), bestaande uit ophoging tot NAP +0,35 m, gewichtscompensatie wegconstructie (0,15 m) en eventuele tijdelijke extra overhoogte. Voor de scenario's zonder tijdelijke extra overhoogte is hierbij ook de zettingscompensatie opgeteld.*

In Figuur 4-1 is een bovenaanzicht van Fase 1 weergegeven, met hierop de locaties van de verschillende toe te passen maatregelen weergegeven. Op basis van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN3), is het projectgebied opgedeeld in deelgebieden, gebaseerd op de genoemde maaiveld-ranges. In de figuur is een legenda opgenomen, welke overeenkomt met de maatregelen welke genoemd zijn in Tabel 4-1. De aangegeven grenzen in de figuur zijn indicatief. Er wordt aanbevolen dat de opdrachtgever op basis van zijn eigen 3D-gegevens van het projectgebied, de deelgebieden nader specificeert.

Ter plaatse van de bestaande dijkjes zijn geen maatregelen benodigd, omdat het maaiveld ter plaatse van die dijkjes hoger ligt dan NAP +0,35 m.

In Figuur 4-1 zijn de gebieden waar in de huidige situatie zich een sloot bevindt, aangegeven met een rode arcering. Dit zijn gebieden die extra aandacht vragen. Er wordt hier geadviseerd lokaal 0,5 m meer tijdelijke extra overhoogte aan te brengen.

In de zettingsanalyses is aangehouden dat uniform wordt opgehoogd tot niveau van NAP +0,35 m. De locaties waar het maaiveld hoger komt te liggen (bijvoorbeeld toeritten bruggen en het stationsgebied) zijn niet meegenomen in de zettingsanalyse. Geadviseerd wordt om dat eveneens tijdig te beschouwen en indien mogelijk alvast de ophoging c.q. voorbelasting tijdens het grondverzet van de voorbereidende werkzaamheden aan te brengen. Indien de voorbelasting pas later wordt aangebracht (na aanbrengen van leidingen en ander zettingsgevoelige objecten) kan dat namelijk leiden tot extra maatregelen (lees extra kosten en/of vertraging) die dienen te worden getroffen om de invloed op zettingsgevoelige objecten te beperken en/of aan de restzettingseis te voldoen.



Figuur 4-1: Bovenaanzicht maatregelen per maaiveld-range (bron ondergrond: <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>).

Bestand: Overzicht maatregelen v2.pptx

4.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan, met betrekking tot de uitvoering:

- De aangegeven grenzen in de figuur zijn indicatief. Er wordt aanbevolen dat de opdrachtgever op basis van zijn eigen 3D-gegevens van het projectgebied, de deelgebieden nader specificeert.
- Ter plaatse van de bestaande sloten wordt aanbevolen om lokaal 0,5 m meer tijdelijke extra overhoogte aan te brengen. Deze gebieden zijn in Figuur 4-1 aangegeven met een rode arcering.
- Er wordt aanbevolen de sloten tot aan bestaand maaiveld aan te vullen met gebiedseigen grond. De sloten dienen voor aanvullen te worden opgeschoond.
- Geadviseerd wordt zakkaken h.o.h. 50 m te plaatsen en daarnaast op huidige en voormalige dijkjes en andere locaties waar afwijkende zettingen worden verwacht en/of nabij bestaande infrastructuur. Als indicatie voor de monitoringsfrequentie kan uitgegaan worden van 1 maal per week. Voorgesteld wordt in een latere fase een monitoringsplan op te stellen.

Appendix A

Statistische analyse resultaten
samendrukkingsproeven

A.1 Statische analyse resultaten samendrukkingsproeven

A.1.1 Klei boven NAP -3,0 m

Taylor																				
Boring	Monster nr. [⁻]	Maaiveld t.o.v. NAP	Begin diepte [m]	Eind diepte [m]	Begin diepte t.o.v. NAP	Eind diepte t.o.v. NAP	Gemiddelde diepte	Diepte t.o.v. NAP	Grondsoort [⁻]	Density, bulk [Mg/m ³]	Density, dry [Mg/m ³]	Vol. gewicht, bulk [kN/m ³]	Vol. gewicht, dry [kN/m ³]	Cp [⁻]	Cs [⁻]	Cp [⁻]	C's [⁻]	Cp/C'p [⁻]	Cs/C's [⁻]	Cv, trap 3 [m ² /s]
B2	ST4	-0,52	1,2	1,6	-1,72	-2,12	-1,92	-1,92	Klei, grijs, niet organisch, stevig kalkloos	1,66	1,08	16,3	10,6	109,7	601,3	18,3	124,6	6,0	4,8	2,10E-07
B2	ST6		2	2,4	-2,52	-2,92	-2,72	-2,72	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,63	1,02	16,0	10,0	181,2	1410,0	40,7	214,3	4,5	6,6	3,20E-06
B3	ST2	-0,47	0,4	0,8	-0,87	-1,27	-1,07	-0,96	Klei, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,79	1,29	17,6	12,7	242,5	1829,0	36,8	288,5	6,6	6,3	1,20E-07
B3	ST6		2	2,4	-2,47	-2,87	-2,67	-2,62	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, slap kalkloos	1,65	1,07	16,2	10,5	120,4	737,8	21,6	115,3	5,6	6,4	1,70E-06
B4	ST8	0,45	2,8	3,2	-2,35	-2,75	-2,55	-2,4	Klei, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,58	0,98	15,5	9,6	24,9	130,4	14,8	130,6	1,7	1,0	4,30E-08
B5	ST3	0,51	2,8	3,2	-2,29	-2,69	-2,49	-2,49	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, kalkloos			16,7	11,5	222,7	1946	35,2	166,7	6,3	11,7	1,30E-06
B6	ST5	1,76	3,6	4	-1,84	-2,24	-2,04	-2,04	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,7	1,16	16,7	11,4	151,8	1170	19,2	117,8	7,9	9,9	4,80E-07
B7	ST4	0,41	1,2	1,6	-0,79	-1,19	-0,99	-1,09	Klei, grijs/bruin, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,7	1,1	16,7	10,8	146,1	774,8	31,4	222,3	4,7	3,5	2,70E-07
B7	ST7		2,4	2,8	-1,99	-2,39	-2,19	-2,19	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,53	0,95	15,0	9,3	117,1	955,6	15,3	89,1	7,7	10,7	1,10E-06
B8	ST4	0,65	1,2	1,6	-0,55	-0,95	-0,75	-0,78	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,76	1,3	17,3	12,8	81,5	426,2	24,7	192,7	3,3	2,2	3,70E-07
B8	ST8		2,80	3,2	-2,15	-2,55	-2,35	-2,35	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, kalkloos	1,68	1,15	16,5	11,3	247,2	1413	33,7	157,5	7,3	9,0	4,70E-06
B9	ST4	1,08	3,20	3,6	-2,12	-2,52	-2,32	-2,32	Klei, zwak zandig, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,6	1,03	15,7	10,1	98,2	816,4	14,7	101,7	6,7	8,0	1,80E-06
HB101	ST3	-0,28	1,8	2,2	-2,08	-2,48	-2,28	-2,21	Klei, zwak zandig, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,53	0,93	15,0	9,1	102,6	614,8	20	146,3	5,1	4,2	3,50E-07
Gemiddelde										1,7	1,1	16,2	10,7			25,1	159,0	5,6	6,5	1,20E-06
Gebaseerd op verhoudingsgetallen Cp/Cp en Cs/C's																				

A.1.2 Klei onder NAP -3,0 m

																			Taylor	
Boring	Monster nr.	Maaiveld t.o.v. NAP	Begin diepte [m]	Eind diepte [m]	Begin diepte t.o.v. NAP	Eind diepte t.o.v. NAP	Diepte t.o.v. NAP	Grondsoort [-]	Density, bulk [Mg/m3]	Density, dry [Mg/m3]	Vol. gewicht, bulk [kN/m3]	Vol. gewicht, dry [kN/m3]	Cp [-]	Cs [-]	C'p [-]	C's [-]	Cp/C'p [-]	Cs/C's [-]	Cv, trap 3 [m2/s]	
B2	ST9	-0,52	3,2	3,6	-3,72	-4,12	-3,92	Klei, grijs, niet organisch, slap, kalkloos	1,49	0,8	14,6	7,8	54,2	311,7	8,5	42,9	6,4	7,3	1,80E-07	
B3	ST9	-0,47	3,2	3,6	-3,67	-4,07	-3,92	Klei, sterk zandig, grijs, niet organisch, slap, kalkloos	1,86	1,37	18,2	13,4	152,3	1022,0	32,5	178,6	4,7	5,7	2,10E-06	
B4	ST10	0,45	3,6	4	-3,15	-3,55	-3,35	Klei, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,6	1	15,7	9,8	35,0	231,9	12,5	89,3	2,8	2,6	2,20E-08	
B4	ST12	0,45	4,4	4,8	-3,95	-4,35	-4,2	Klei, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,5	0,86	14,7	8,4	24,7	119,6	11,4	73,4	2,2	1,6	2,20E-08	
B5	ST7	0,51	4,4	4,8	-3,89	-4,29	-4,04	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,71	0,99	16,8	9,7	205,9	1602	10,4	46,2	19,8	34,7	2,90E-06	
B6	ST10	1,76	5,6	6	-3,84	-4,24	-3,94	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,77	1,23	17,4	12,1	46	319,8	21,2	153,3	2,2	2,1	1,30E-06	
B6	ST12	1,76	6,4	6,8	-4,64	-5,04	-4,84	Klei, grijs, niet organisch, kalkloos	1,59	0,93	15,6	9,1	60,3	533,4	9,2	41,5	6,6	12,9	1,50E-07	
B6	ST13	1,76	6,8	7,2	-5,04	-5,44	-5,19	Klei, grijs, niet organisch, kalkloos	1,58	0,96	15,5	9,4	37,3	211,2	12,3	72,7	3,0	2,9	8,00E-08	
B7	ST10	0,41	3,6	4	-3,19	-3,59	-3,39	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,63	1,04	16,0	10,2	57,4	343,4	12,2	68,8	4,7	5,0	4,30E-07	
B8	ST12	0,65	4,40	4,8	-3,75	-4,15	-3,96	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, kalkloos	1,69	1,14	16,6	11,2	99,7	769,5	14,4	75,2	6,9	10,2	7,00E-07	
B9	ST9	1,08	5,20	5,6	-4,12	-4,52	-4,25	Klei, zwak zandig, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,58	0,94	15,5	9,2	22,9	125,4	12,4	81,9	1,8	1,5	7,50E-08	
HB101	ST6	-0,28	3	3,4	-3,28	-3,68	-3,38	Klei, zwak zandig, grijs, zwak organisch, stevig, kalkloos	1,54	0,94	15,1	9,2	155	1111	9,9	52,5	15,7	21,2	3,10E-07	
									Gemiddelde	1,6	1,0	16,0	10,0			13,9	81,4	6,4	9,0	6,89E-07
Gebaseerd op verhoudingsgetallen Cp/C'p en Cs/C's																				

A.1.3 Veen

Taylor																			
Boring	Monster nr.	Maaiveld t.o.v. NAP	Begin diepte [m]	Eind diepte [m]	Begin diepte t.o.v. NAP	Eind diepte t.o.v. NAP	Diepte t.o.v. NAP	Grondsoort [-]	Density, bulk [Mg/m3]	Density, dry [Mg/m3]	Vol. gewicht, bulk [kN/m3]	Vol. gewicht, dry [kN/m3]	Cp [-]	Cs [-]	C'p [-]	C's [-]	Cp/C'p [-]	Cs/C's [-]	Cv, trap 3 [m2/s]
B2	ST12	-0.52	4,4	4,8	-4.92	-5.32	-5.17	Veen, bosveen, donkerbruin, amorf, matig stevig	1.01	0.16	9,9	1,6	49,4	406,5	4,7	28,4	10,5	14,3	7.00E-07
B4	ST15	0.45	5,6	6	-5.15	-5.55	-5.35	Veen, bosveen, amorf, donkerbruin, stevig	1.05	0.19	10,3	1,9	53,9	382,0	5,7	35,8	9,5	10,7	3.40E-07
B5	ST11	0.51	6	6,4	-5.49	-5.89	-5.69	Veen, bosveen, amorf, donkerbruin, matig stevig	1	0.17	9,8	1,7	34	850,8	4,6	59,6	7,4	14,3	7.40E-07
B8	ST16	0.65	6,00	6,4	-5.35	-5.75	-5.55	Veen, bosveen, donkerbruin, vezelig, stevig	1.09	0.27	10,7	2,6	79,6	514,3	9,4	31,5	8,5	16,3	2.30E-07
B9	ST12	1.08	6,40	6,8	-5.32	-5.72	-5.52	Veen, bosveen, vezelig, donkerbruin, stevig	1.13	0.18	11,1	1,8	34,3	260,2	4,9	30,9	7,0	8,4	4.00E-07
HB101	ST10	-0.28	4,6	5	-4.88	-5.28	-5.04	Veen, bosveen, amorf, donkerbruin, matig stevig.	1.06	0.22	10,4	2,2	63,5	466,3	6,5	32,2	9,8	14,5	2.60E-06
HB132	ST7	-0.89	3	3,4	-3.89	-4.29	-4.04	Veen, bosveen, amorf, vezelig, donkerbruin, matig stevig	1.07	0.22	10,5	2,2	85	768,3	7,3	33,3	11,6	23,1	3.30E-07
Gemiddelde									1.1	0.2	10.4	2.0			6.2	36.0	9.2	14.5	7.63E-07
Gebaseerd op verhoudingsgetallen Cp/Cp en Cs/Cs																			

A.1.4 Geconsolideerd slib

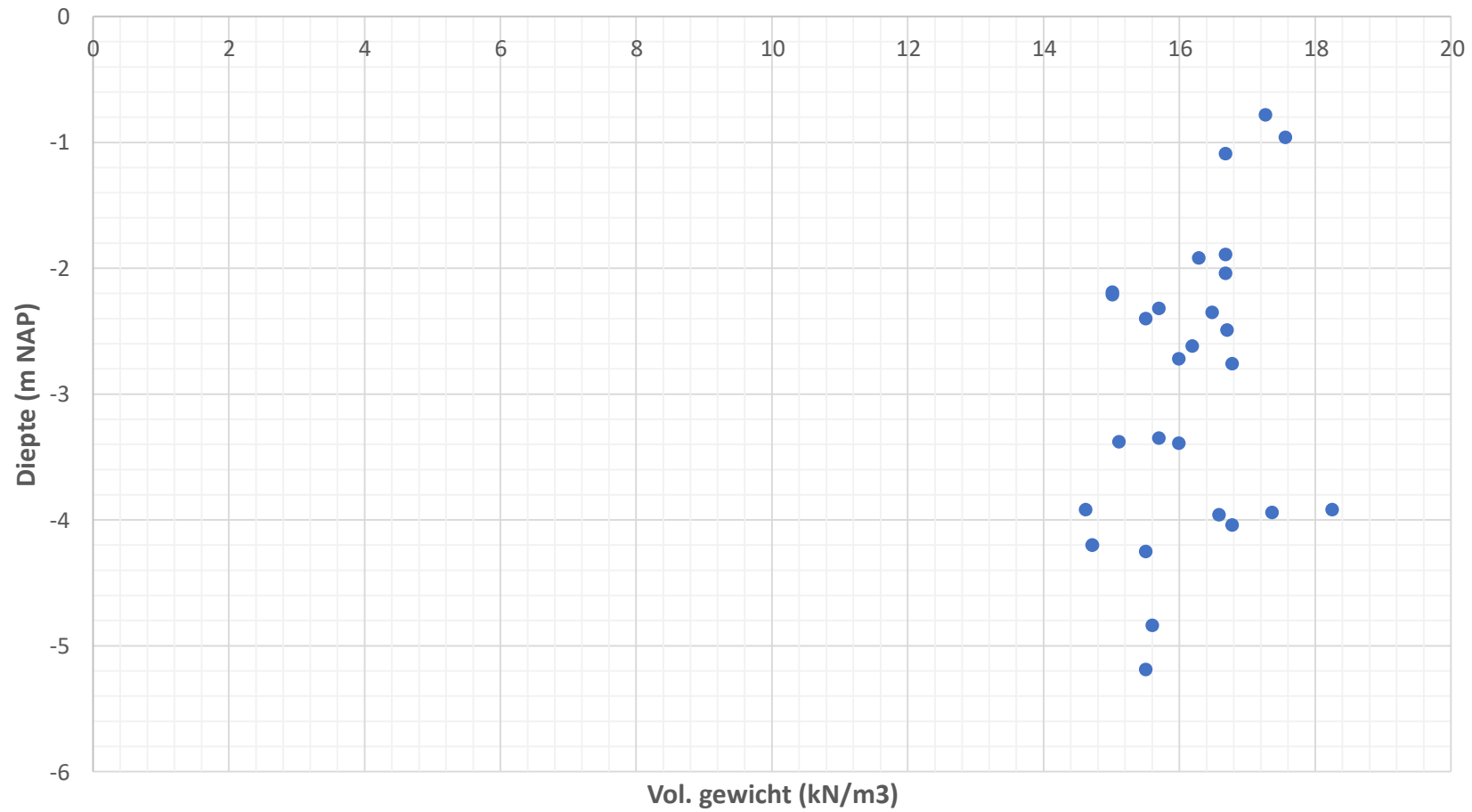
																			Taylor		
Boring	Monster nr.	Maaiveld t.o.v. NAP	Begin diepte [m]	Eind diepte [m]	Begin diepte t.o.v. NAP	Eind diepte t.o.v. NAP	Diepte t.o.v. NAP	Grondsoort [-]	Density, bulk [Mg/m3]	Density, dry [Mg/m3]	Vol. gewicht, bulk [kN/m3]	Vol. gewicht, dry [kN/m3]	Cp [-]	Cs [-]	C'p [-]	C's [-]	Cp/C'p [-]	Cs/C's [-]	Cv, trap 3 [m2/s]		
HB01	ST1	-1,58	0	0,4	-1,58	-1,98	-1,58	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,6	0,98	15,7	9,6	159,5	667,7	39,4	233,3	4,05	2,86	5,90E-08		
HB03	ST1	-1,51	0	0,4	-1,51	-1,91	-1,65	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,73	1,16	17,0	11,4	219,1	604,8	44	268,5	4,98	2,25	1,60E-07		
HB04	ST1	-1,59	0	0,4	-1,59	-1,99	-1,65	Klei, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,64	1,01	16,1	9,9	199,8	617,5	37,7	208,8	5,30	2,96	4,70E-08		
HB07	ST1	-1,49	0	0,4	-1,49	-1,89	-1,61	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,75	1,23	17,2	12,1	237,6	850	60,1	412,5	3,95	2,06	2,50E-07		
HB09	ST1	-1,36	0	0,4	-1,36	-1,76	-1,47	Klei, zwak zandig, grijs, niet organisch, stevig, kalkloos	1,7	1,11	16,7	10,9	299,1	1098	60,6	437,6	4,94	2,51	1,70E-07		
									Gemiddelde	1,7	1,1	16,5	10,8			48,4	312,1	4,64	2,53	1,37E-07	
													Gebaseerd op verhoudingsgetallen Cp/C'p en Cs/C's		224,6	789,2					

Bestanden: P:\10\1021-187246\31_Advies_geotechniek\20_Engineering\# Analyse labresultaten\Bepaling karakteristieke waarden

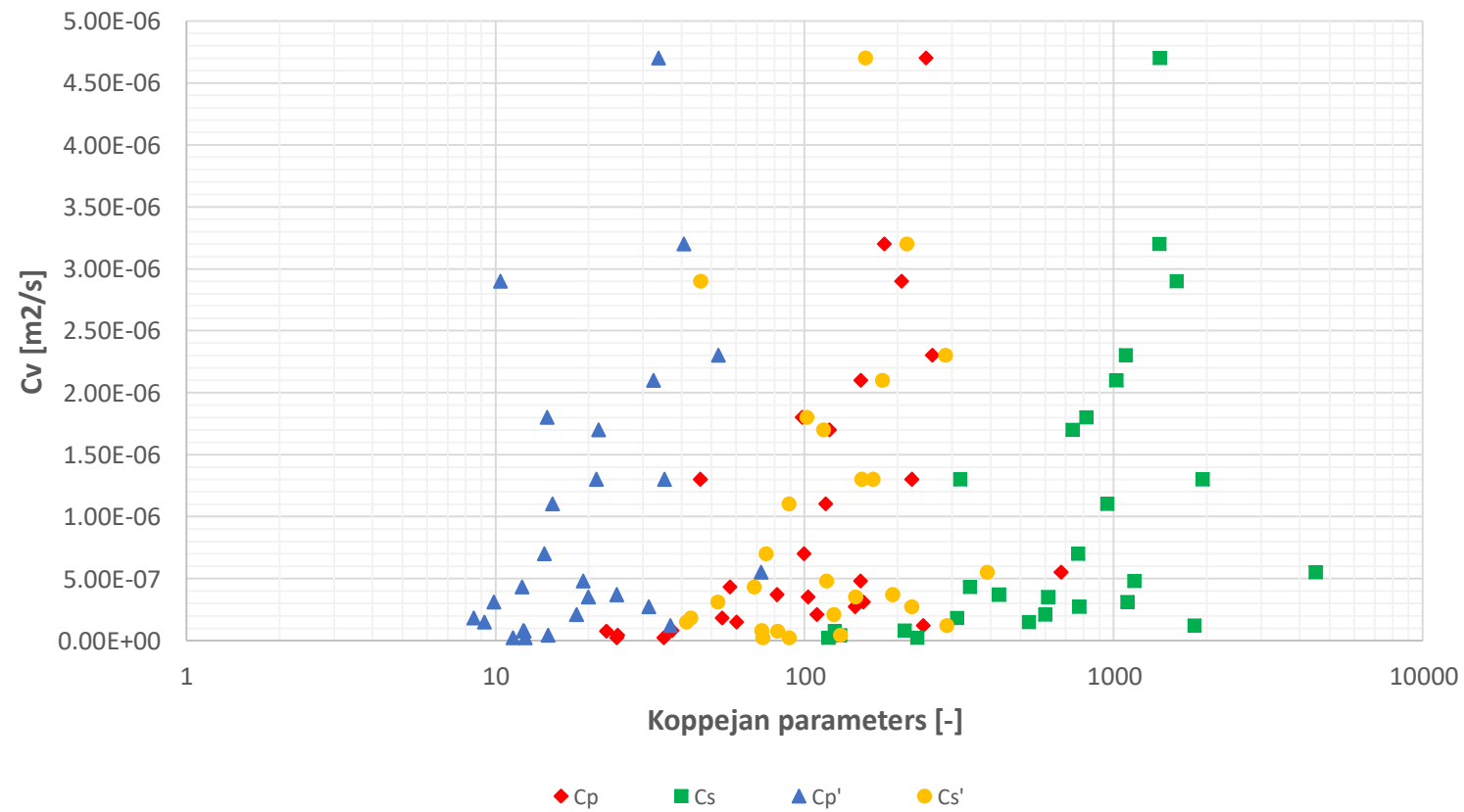


A.2 Correlaties labresultaten samendrukkingsproeven

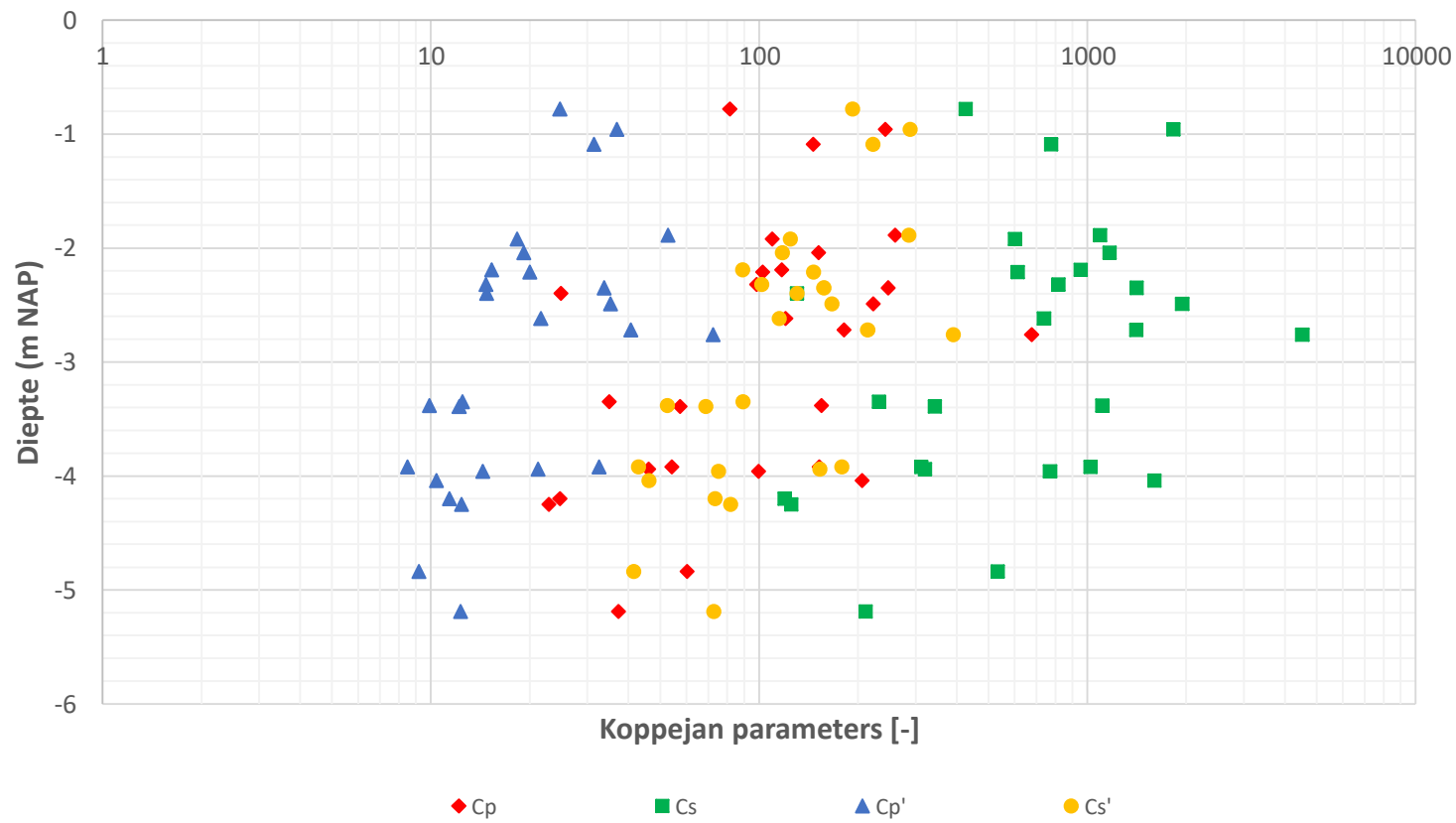
Diepte vs. Vol. Gewicht



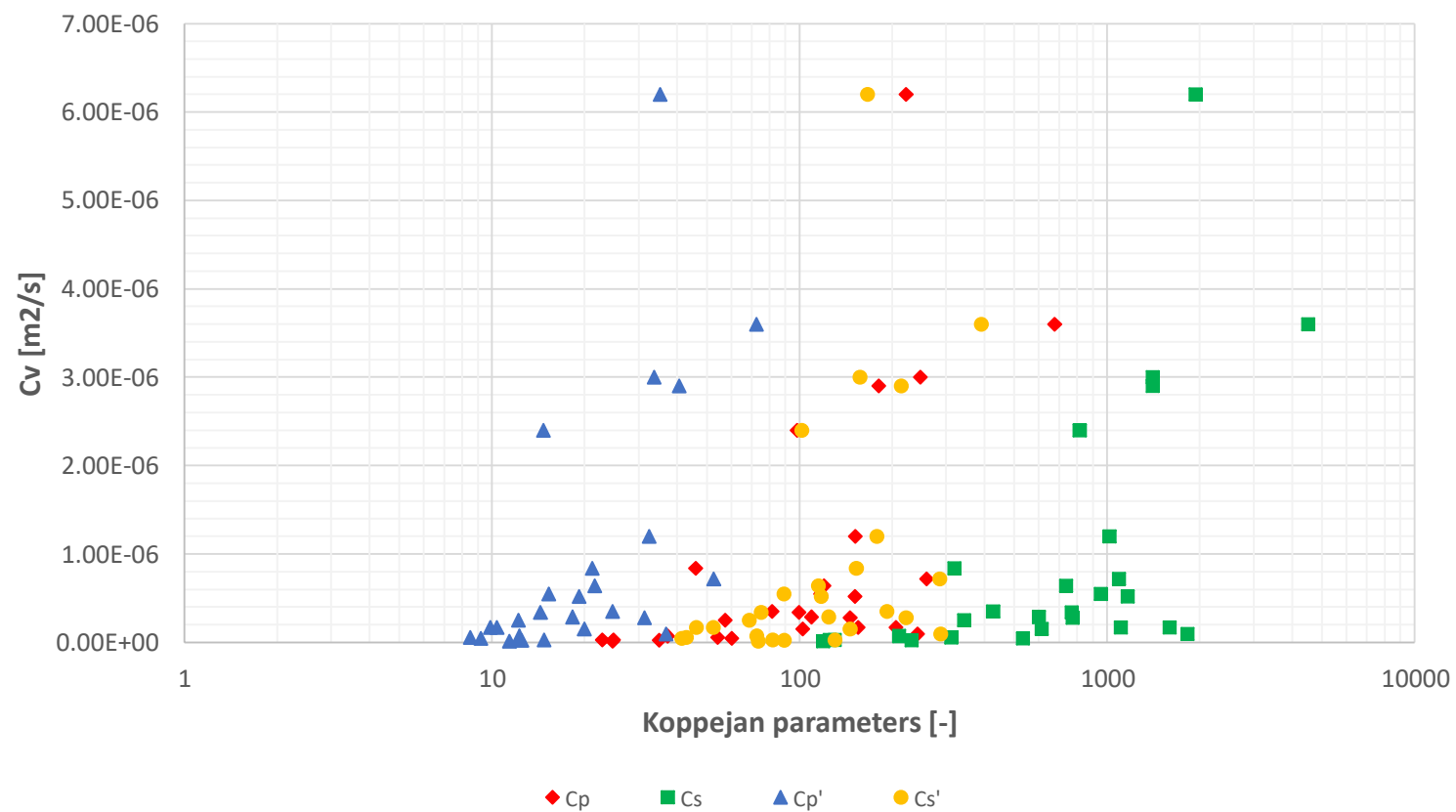
Cv (trap 3) vs. Koppejan parameter



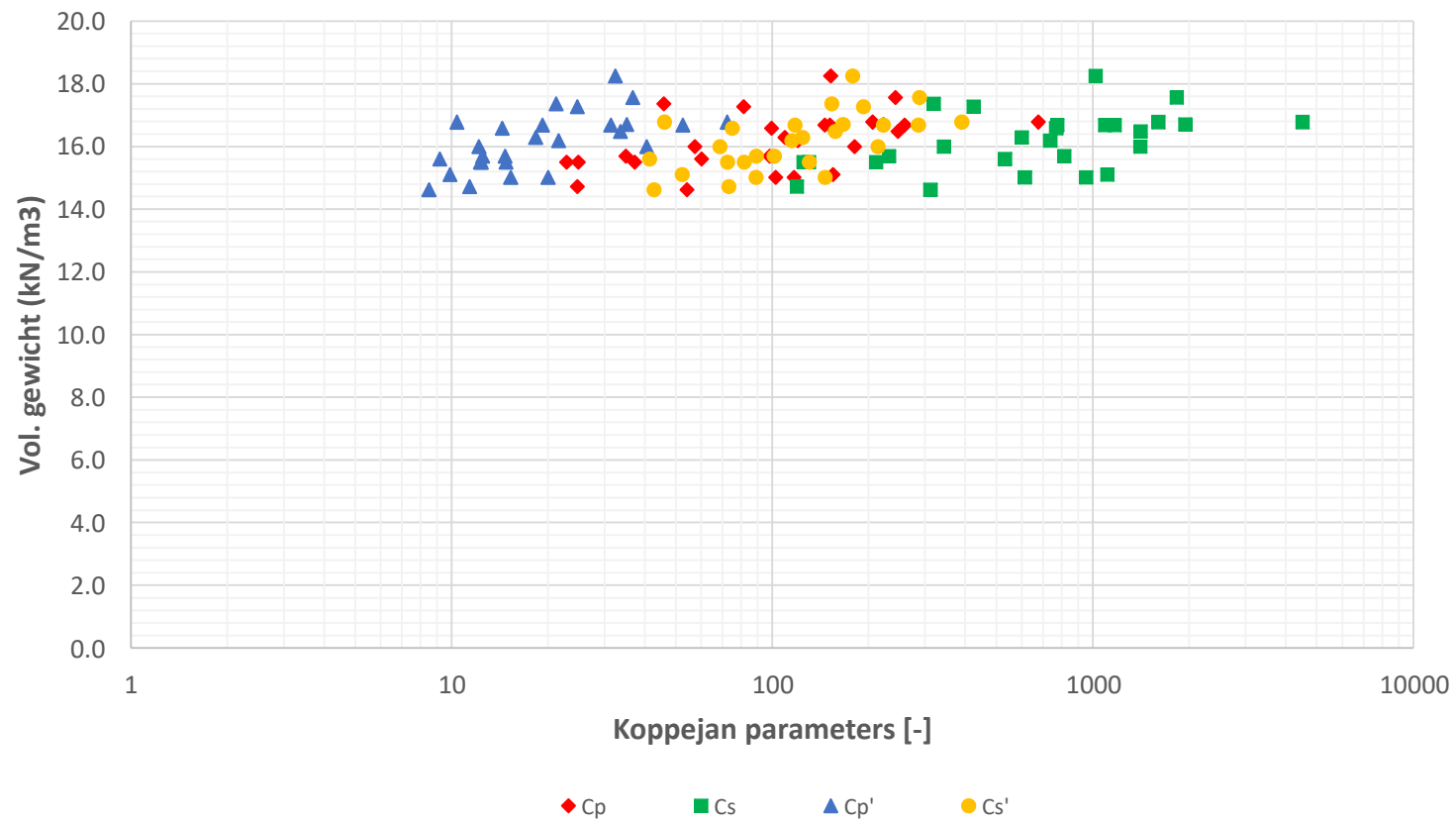
Diepte vs. Koppejan parameter



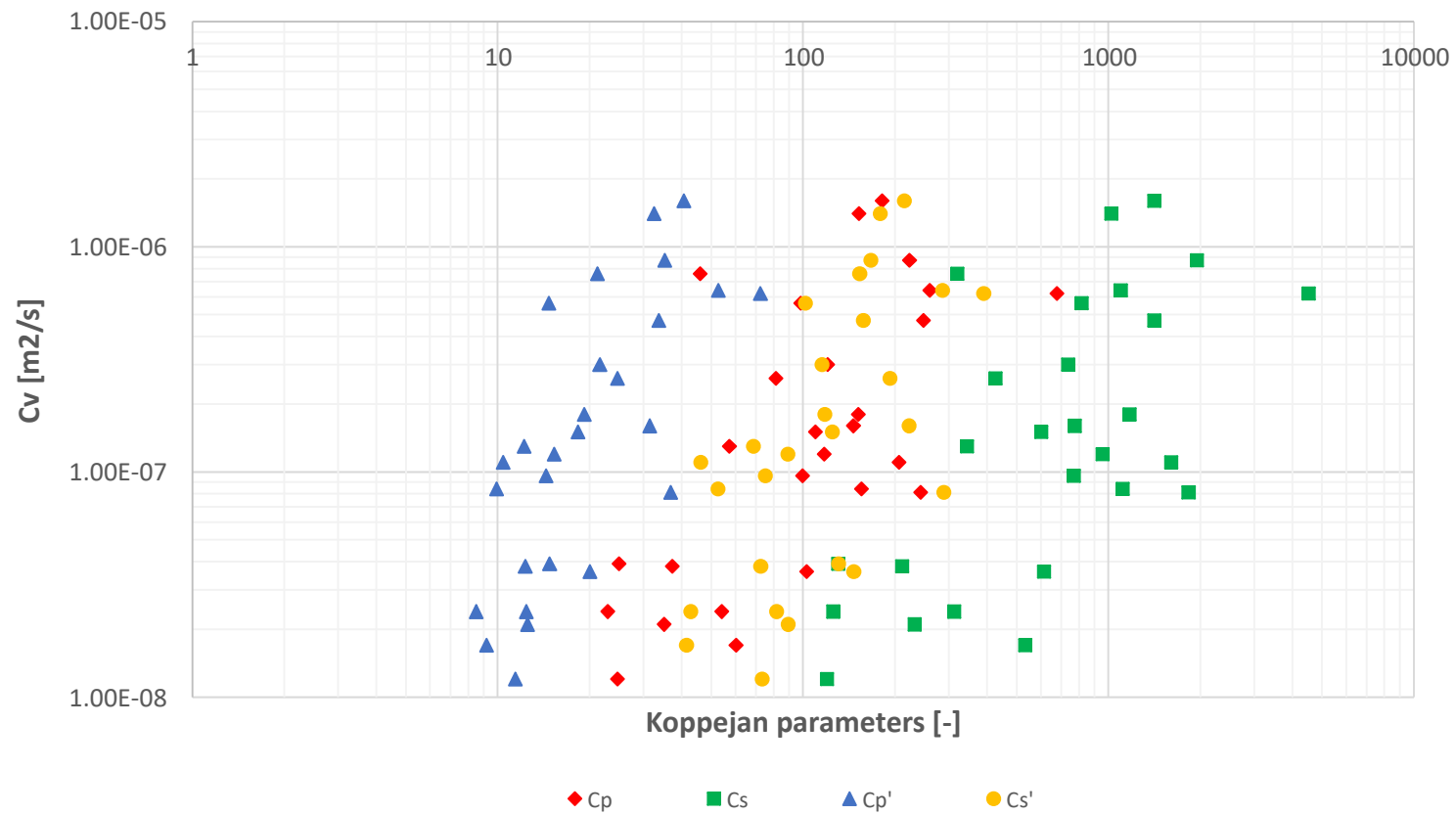
Cv (trap 4) vs. Koppejan parameter



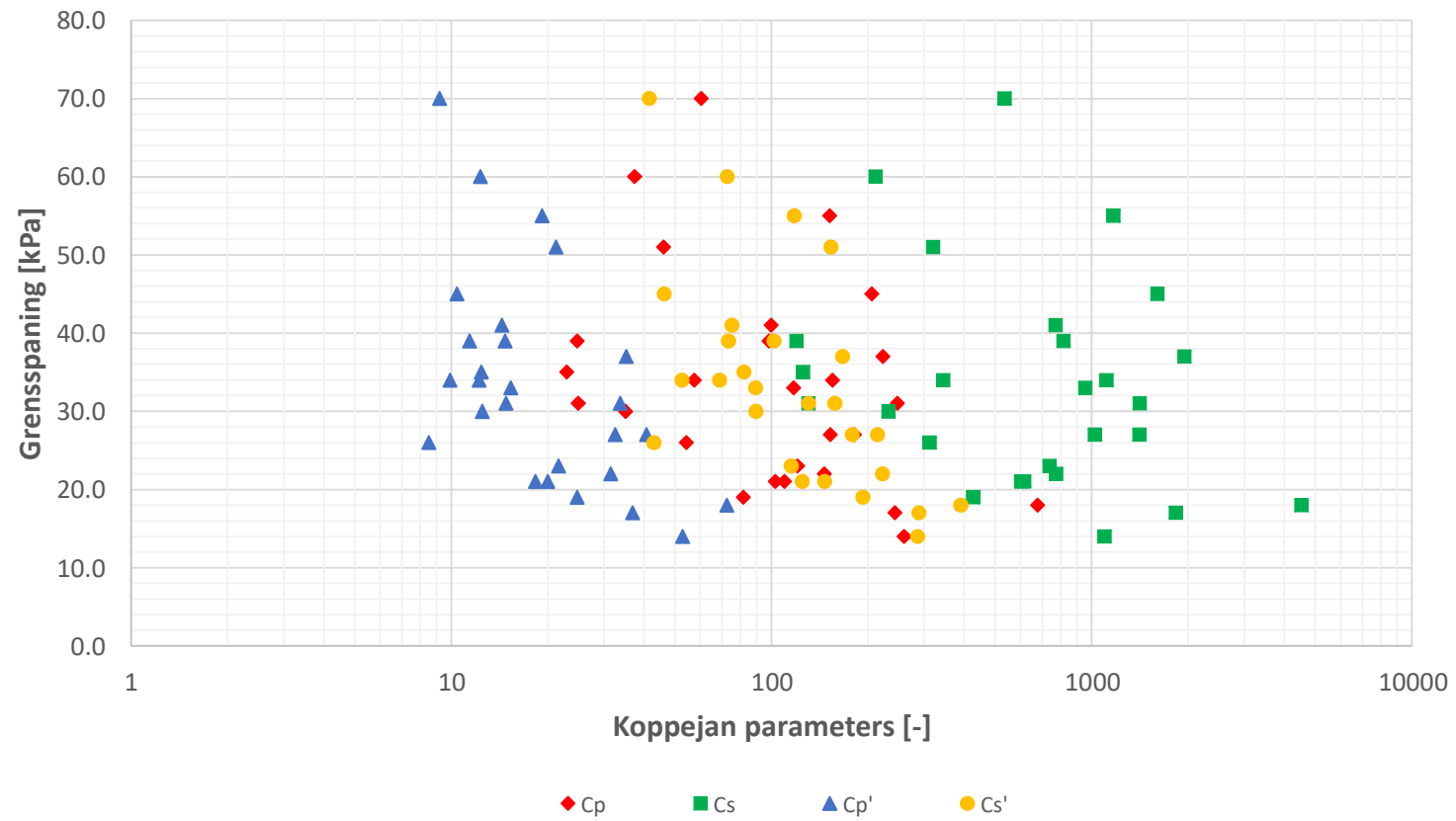
Vol. gewicht vs. Koppejan parameter



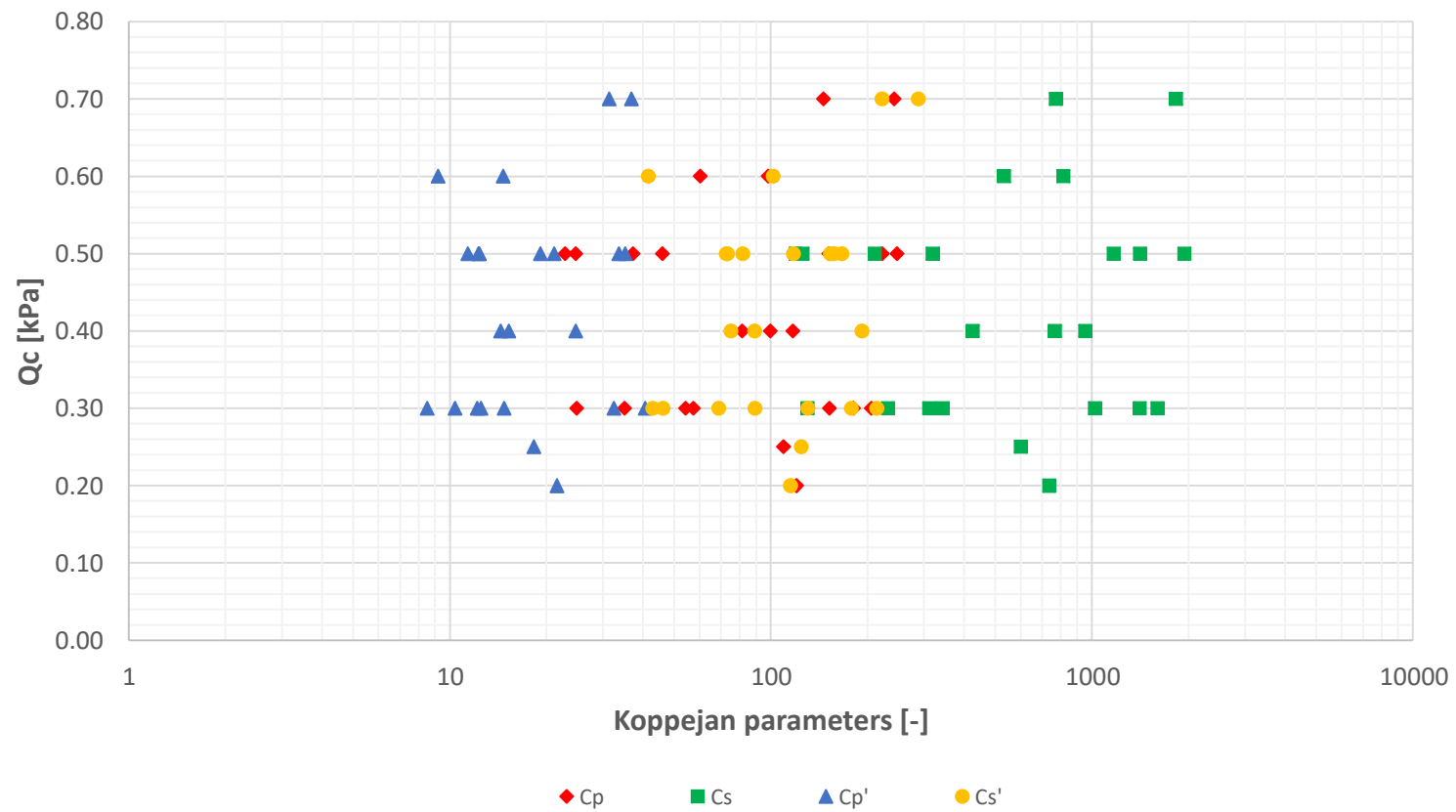
Cv (trap 5) vs. Koppejan parameter



Grensspanning vs. Koppejan parameter



Qc vs. Koppejan parameter



Watergehalte vs. Koppejan parameter

