

Geotechnische analyse

Amsterdam Sloterweg, bouwrijp maken van drie zelfbouwlocaties

Concept

Gemeente Amsterdam

Grontmij Nederland B.V.
De Bilt, 8 april 2015

Verantwoording

Titel : Geotechnische analyse

Subtitel : Amsterdam Sloterweg, bouwrijp maken van drie zelfbouwlocaties

Projectnummer : 343498

Referentienummer :

Revisie : C1.0

Datum : 8 april 2015

Auteur(s) : T.M.J. van Erp MSc.

E-mail adres : Waterbouw@grontmij.nl

Gecontroleerd door : ir. M.J.C. Everaars

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : ir. J.A. Kleinjan

Paraaf goedgekeurd :

Contact : Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
T +31 88 811 66 00
F +31 30 220 02 94
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Algemeen.....	5
1.2	Locaties	5
1.3	Analyses	7
2	Uitgangspunten	8
2.1	Algemeen.....	8
2.2	Informatiebronnen	8
2.3	Veiligheidsfilosofie.....	8
2.3.1	Waterkering.....	8
2.3.1.1	Partiële veiligheidsfactoren.....	8
2.3.1.2	Materiaalfactoren	9
2.4	Waterstanden.....	9
2.5	Geometrie	9
2.6	Belastingen	9
2.7	Uitgangspunten stabiliteitsberekeningen.....	9
2.8	Uitgangspunten zettingsberekeningen	10
3	Geotechnische gegevens	11
3.1	Veldwerk	11
3.1.1	Maatgevende sondering per doorsnede.....	11
3.1.2	Grondkarakteristieken per sondering	11
4	Locatie A.....	12
4.1	Algemeen.....	12
4.2	Grondopbouw	12
4.3	Stabiliteitsanalyse.....	12
4.4	Zettingsanalyse	13
4.5	Trillingen	13
5	Locatie B.....	15
5.1	Algemeen.....	15
5.2	Grondopbouw	15
5.3	Stabiliteitsanalyse.....	15
5.4	Zettingsanalyse	16
5.5	Trillingen	16
6	Locatie C.....	17
6.1	Algemeen.....	17
6.2	Grondopbouw	17
6.3	Stabiliteitsanalyse.....	17
6.4	Zettingsanalyse	18
6.5	Trillingspredictie	20
7	Conclusies, aanbevelingen en risico's	21
7.1	Conclusie	21
7.2	Aanbevelingen	21

7.3	Risico's	21
-----	----------------	----

Bijlage 1: Grondonderzoek

Bijlage 2: Doorsnede profielen

Bijlage 3: Resultaten Zettingsanalyse

Bijlage 4: Resultaten Stabiliteitsanalyse

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Stadsdeel Nieuw West is voornemens om drie locaties voor zelfbouw aan de Sloterweg op de markt te brengen. Voor het bouwrijp maken van de locaties dient een aantal geotechnische analyses uitgevoerd te worden. Grontmij is gevraagd om deze analyses te maken en te rapporteren.

Daarbij moet rekening worden gehouden met de invloed van de werkzaamheden op de waterkering. Deze waterkering bevindt zich onder de Sloterweg en is geclassificeerd als secundaire waterkering "IPO klasse 3".

De resultaten in dit rapport hebben een verkennend karakter. De oorzaak hiervan is dat geconcludeerd is dat de secundaire waterkering niet stabiel is. Alvorens het ontwerp verder uit te werken moet, op basis van de resultaten in dit rapport, overleg met het waterschap Waternet plaatsvinden.

1.2 Locaties

De locaties die geanalyseerd moeten worden zijn weergegeven in Figuur 1-1, Figuur 1-2 en Figuur 1-3 (locaties A, B en C).



Figuur 1-1 Locatie A aan de Sloterweg



Figuur 1-2 Locatie B aan de Sloterweg



Figuur 1-3 Locatie C aan de Sloterweg

De locaties grenzen aan een secundaire waterkering. Aan de noordzijde van de waterkering ligt momenteel een watergang. Aan de zuidzijde van de waterkering wordt in de nieuwe situatie drie locaties grond bouwrijp gemaakt. Voor de afwatering van de locaties worden sloten gegraven. Er wordt ook een sloot gegraven tussen de locaties en de waterkering en nieuwe watergang aangelegd.

Voor elke locatie zijn één of meer doorsneden geproduceerd. De doorsneden zijn gepresenteerd in Bijlage 2. In Tabel 1-1 is aangegeven op welke locatie de doorsneden maatgevend zijn gesteld.

Tabel 1-1: Relatie van de te toetsen doorsneden en locaties

	Doorsnede 1	Doorsnede 2	Doorsnede 3	Doorsnede 4	Doorsnede 5
Locatie A	x				
Locatie B		x	x		
Locatie C				x	x

1.3 Analyses

In dit rapport dienen voor de projectlocaties diverse analyses uitgevoerd te worden. Deze analyses hebben betrekking op de onderstaande onderdelen:

- Stabiliteit waterkering;
- Zettingen na ophoging;
- Horizontale vervorming m.b.t. kabels en leidingen;
- Trillingspredictie;
- Opbarsten van watergangen.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de verschillende analyses. In Tabel 1-2 is aangegeven welke analyses per locatie en doorsnede worden uitgevoerd.

Tabel 1-2 Relatie van de te toetsen doorsnede en locaties

	Doorsnede 1	Doorsnede 2	Doorsnede 3	Doorsnede 4	Doorsnede 5
Stabiliteit	x	x	x	-	x
Zettingen	x	-	-	x	-
Horizontale vervorming	-	-	-	-	-
Trillingen	x	x	x	x	x
Opbarsten	-	-	-	-	-

Opmerkingen:

- De X betekent dat er een analyse is uitgevoerd.
- De – betekent dat geen analyse is uitgevoerd.

Stabiliteit

Tussen de waterkering en het stuk grond dat bouwrijp wordt gemaakt wordt een nieuwe watergang aangelegd. Omdat deze watergang grenst aan de waterkering neemt mogelijk de stabiliteit van de waterkering af. Een controle van de stabiliteit van de waterkering is daarom noodzakelijk.

Zettingen

Het stuk grond dat bouwrijp wordt gemaakt wordt geheel opgehoogd met zand. De restzettingen zullen na 1 jaar minimaal moeten zijn (zie paragraaf 0). Een toetsing van de zettingen, op de locaties waar opgehoogd wordt, is daarom noodzakelijk.

Horizontale vervormingen

In de waterkering liggen diverse kabels en leidingen. Door het afgraven van de watergang kunnen er mogelijk horizontale verplaatsingen optreden. De mate van horizontale grondverplaatsingen op de locatie van de kabels en leidingen moet worden onderzocht.

Omdat de exacte diepteligging van de K&L niet bekend is en omdat het ontwerp zich in een stadium bevindt dat er nog geen concrete oplossingsrichtingen zijn wordt aanbevolen de berekening van de horizontale vervormingen uit te stellen tot een latere ontwerpfase.

Trillingen

Omdat er een nieuwe watergang wordt aangelegd zijn ook bruggen noodzakelijk om de ontwikkellocaties te ontsluiten. De bruggen worden op palen gefundeerd. Bij de realisatie van bruggen kunnen trillingen worden gegenereerd. Hier kan op verschillende manieren mee worden omgegaan. Vooralsnog wordt uitgegaan van heien.

Opbarsten

Het graven van watergangen verandert het verticaal evenwicht. Daardoor kan de veiligheid tegen opbarsten worden beïnvloed.

Om dit te kunnen toetsen dient er wel informatie beschikbaar te zijn over de grondwaterstanden en stijghoogten. In het zuidwesten van Amsterdam heerst in de eerste zandlaag een zeer beperkte overdruk. Het opbarsten van sloten is daarom een beperkt risico.

O deze redder zijn geen berekeningen uitgevoerd.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemeen

In de onderstaande paragrafen worden de uitgangspunten besproken die van toepassing zijn voor dit project. Als er specifieke uitgangspunten van spelen voor een bepaald locatie worden deze in het hoofdstuk van de betreffende locatie vermeld.

2.2 Informatiebronnen

Bij het opstellen van deze rapportage is gebruik gemaakt van de onderstaande documenten:

- [1] Geotechnisch grondonderzoek aan Sloteweg te Amsterdam – Veldwerkbureau – 30-03-2015 (Bijlage 1)
- [2] Tekeningen dwarsprofielen – Grontmij (Bijlage 2)

2.3 Veiligheidsfilosofie

2.3.1 Waterkering

De waterkering betreft een secundaire waterkering. De IPO klassering van de waterkering is vastgesteld op IPO klasse 3.

2.3.1.1 Partiële veiligheidsfactoren

Bij het toetsen op macrostabiliteit is expliciet getoetst aan de vereiste stabiliteitsfactor. De stabiliteitsfactor is opgebouwd uit partiële veiligheidsfactoren waaraan op basis van de beschikbare gegevens waarden zijn gekoppeld. Hierbij is de volgende formule van toetspassing:

$$F \geq F_{\min} = \gamma_n * \gamma_d * \gamma_b$$

Waarin:

F	Berekende stabiliteitsfactor [-]
$F_{\min}$	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor [-]
γ_n	Schadefactor [-]
γ_d	Modelfactor [-]
γ_b	Schematiseringsfactor [-]

Opgemerkt wordt dat de materiaalfactor reeds in de afgeleide rekenwaarden van de grondparameters is verdisconteerd en dus niet in de minimaal vereiste veiligheidsfactor is opgenomen.

Schadefactor

De schadefactor is vastgesteld conform de LTVRW. Bij een IPO klasse 3 resulteert dat in de schadefactoren zoals weergegeven in tabel 2-1.

Modelfactor

De modelfactor verdisconteert de onzekerheden ten aanzien van het rekenmodel. Voor de verschillende rekenmodellen gelden de modelfactoren zoals weergegeven in Tabel 2-1.

Schematiseringsfactor

De schematiseringsfactor verdisconteert de onzekerheid in de schematisatie. Voor de controle is een schematiseringsfactor van 1,2 in rekening gebracht, zoals weergegeven Tabel 2-1.

De minimaal vereiste stabiliteitsfactor is bepaald door de schadefactor, de modelfactor en de schematiseringfactor met elkaar te vermenigvuldigen. Dit levert de minimaal vereiste stabiliteitsfactoren zoals weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1 Stabiliteitsfactoren

Factor	Notatie	STBI	STBU
Schadefactor	γ_n	0,90	0,90
Modelfactor	γ_d	1,00	1,00
Schematiseringsfactor	γ_b	1,20	1,20
Stabiliteitsfactor	F	1,08	1,08

2.3.1.2 Materiaalfactoren

De materiaalfactoren zijn van toepassing op de representatieve waarden van de sterkteparameters van de aanwezige grondsoorten in de ondergrond. De materiaalfactoren zijn vastgesteld aan de hand van de LTVRW en weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Materiaalfactoren

Grondsoort	$\gamma_{m,c}$	$\gamma_{m,\phi}$
Veen	1,35	1,15
Klei	1,20	1,15
Zand	-	1,15

Waarin:

$\gamma_{m,c}$ materiaalfactor voor de effectieve cohesie;

$\gamma_{m,\phi}$ materiaalfactor voor de effectieve hoek van inwendige wrijving.

2.4 Waterstanden

De waterstanden, die een rol spelen in de stabiliteitsbeschouwingen van de waterkering ter plaatse van de ontgraving, zijn gepresenteerd in tabel 2-3.

Tabel 2-3 Waterstanden

Waterstand	Waterstand [NAP + m]
Waterstand buitendijks (noord)	-2,10
Waterstand binnendijks (zuid)	-1,90

Opmerkingen:

- De waterstanden zijn opgegeven door de opdrachtgever.
- Stijghoogten in de eerste zandlaag zijn niet bekend.

2.5 Geometrie

Voor elke locatie zijn één of meer doorsneden geproduceerd. De doorsnede zijn gepresenteerd in Bijlage 2.

2.6 Belastingen

Voor de berekening zijn de belastingen toegepast zoals in Tabel 2-4 zijn aangegeven.

Tabel 2-4 Maaiveldbelastingen

Locatie	Naam belasting	Omvang belasting
Op de dijk	Verkeersbelasting (6 m breed)	10 kN/m ²

2.7 Uitgangspunten stabiliteitsberekeningen

In het geval, dat er een ophoging aanwezig is, moet rekening gehouden met wateroverspanningen. Tijdens de uitvoering kunnen wateroverspanningen in de slecht doorlatende lagen optreden. In de zone waar wateroverspanning plaatsvindt is reduceert de sterkte van de grond en neemt de veiligheid voor instabiliteit af. Een controle van de (macro-)stabiliteit tijdens de uitvoering is uitgevoerd voor de maatgevende doorsnede met een maximale ophoging op het laagste huidige maaiveldniveau.

Beschoeiingen worden in de stabiliteitsberekeningen meegenomen als 'forbidden lines'.

2.8 Uitgangspunten zettingsberekeningen

Bij de zettingsberekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Rekenmodellen:
 - De zettingsberekeningen worden uitgevoerd met het 2D-computerprogramma D-Settlement volgens de methode van Koppejan.
 - Het consolidatieverloop is bepaald aan de hand van het rekenmodel van Terzaghi.
- De eindzetting wordt (per definitie) bereikt na 10.000 dagen (circa 30 jaar).
- Bij het berekeningen wordt geen rekening gehouden met autonome maaiveldzettingen.
- Bij de berekeningen wordt geen rekening gehouden met klink van het ophoogmateriaal.
- voor het ophoogmateriaal is uitgegaan van zand met een initieel/nat volumegewicht van $18/20 \text{ kN/m}^3$.

Toelaatbare restzettingen

Ter beperking van (mogelijke) schade en/hinder als gevolg van (ongelijke) restzettingen, wordt uitgegaan van de onderstaande restzettingcriteria:

- Vanaf oplevering van de bouwactiviteiten (= 1 jaar) dienen de restzettingen ter plaatse van de gebouwen en wegen beperkt te blijven tot maximaal 0,10 m in 30 jaar.

Terminologie berekeningen

In de zettingsberekeningen worden de navolgende begrippen gehanteerd:

- *Netto-ophoging*: de benodigde hoeveelheid ophoging (in meters) gerekend vanaf het huidige maaiveld tot het gewenste peil. Onder ophoging wordt tevens (waar relevant) de verhardingsconstructie verstaan.
- *Zetting*: de daling van het oorspronkelijke maaiveld ten gevolge van het aanbrengen van een belasting op een samendrukbare ondergrond.
- *Eindzetting*: de zetting die na een periode van 10.000 dagen (27 jaar) wordt bereikt.
- *Bruto-ophoging*: netto-ophoging vermeerderd met de benodigde hoogte, ter compensatie van de eindzetting.
- *Voorbelastingsperiode*: het aanbrengen van een tijdelijke extra overhoogte (extra belasting) op de al noodzakelijke bruto-ophoging.
- *Extra overhoogte: aanbrengen van een tijdelijke extra belasting als zettingversnellende maatregel*.
- *Restzetting*: toegestane zetting na bouwrijp opleveren van het terrein over een gebruiksperiode van circa 30 jaar.

3 Geotechnische gegevens

3.1 Veldwerk

Ten behoeve van het geotechnisch advies is op 30 maart 2015 door Veldwerkbureau een grondonderzoek uitgevoerd. Dit grondonderzoek heeft bestaan uit 13 sonderingen tot een diepte van 15 m. Het onderzoek is toegevoegd als bijlage aan dit rapport (Bijlage 1).

3.1.1 Maatgevende sondering per doorsnede

Op basis van het grondonderzoek kunnen de maatgevende sonderingen worden bepaald voor de te toetsen dwarsprofielen.

Tabel 3-1: Maatgevende sonderingen

	Noordzijde	Zuidzijde
Doorsnede 1	S02	S02
Doorsnede 2	S10	S06
Doorsnede 3	S10	S06
Doorsnede 4	S12	S13
Doorsnede 5	S12	S13

3.1.2 Grondkarakteristieken per sondering

Op basis van de sonderingen, weergegeven in Bijlage 1, is het aangetroffen grondsoorten bepaald zoals is weergegeven in Tabel 3-1.

Aan de hand van tabel 2b uit NEN 9997-1 zijn de grondparameter bepaald. De grondprofielen worden in de opeenvolgende hoofdstukken beschreven. De grondparameters voor de grondsoorten die zijn toegepast, zijn gepresenteerd in Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Grondparameters (conform tabel 2b uit NEN 9997-1)

Grond			γ_c [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	c_v [m ² /s]	C'_p [-]	C_p [-]	C'_s [-]	C_s [-]	φ [-]	c' [kPa]
Zand	Ophoog	-	18	20	-	200	1.000	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	32,5	0
Zand	Schoon	Vast	19	21	-	1.500	7.500	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	35	0
Zand	Sterk kleiig	-	18	20	-	400	2.000	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	25	0
Klei	Schoon	Slap	14	14	$5 \cdot 10^{-8}$	7	35	80	320	17,5	0
Klei	Schoon	Matig	17	17	$3 \cdot 10^{-8}$	12	60	120	480	17,5	5
Klei	Sterk zandig	-	18	18	$4 \cdot 10^{-6}$	50	250	600	2.400	27,5	0
Veen	Niet voorbelast	Slap	10	10	$2 \cdot 10^{-6}$	5	25	20	80	15	2
Veen	Matig voorbelast	Matig	12	12	$2 \cdot 10^{-6}$	7,5	37,5	30	120	15	5

4 Locatie A

4.1 Algemeen

In het onderstaande hoofdstuk worden de toetsingen voor Locatie A toegelicht.

4.2 Grondopbouw

Uit het grondonderzoek is af te leiden dat de maatgevende sondering voor Locatie A sondering S02 is. De grondopbouw van deze sondering is weergegeven in Tabel 4-1. De grondparameters, die zijn toegepast voor de grondsoorten, zijn terug te vinden in paragraaf 3.1.2.

Tabel 4-1 Grondopbouw sondering S02

Grondsoort	Bovenkant laag [m NAP]
Zand, ophoog	-1,17
Veen, slap	-1,70
Klei, schoon, slap	-4,30
Zand, sterk kleiig	-7,00
Klei, schoon, matig	-9,00
Veen, matig voorbelast	-10,20
Zand, schoon, vast	-11,20

4.3 Stabiliteitsanalyse

Aan de hand van de tekeningen uit Bijlage 2 is een stabiliteitsanalyse uitgevoerd. In deze berekening is gekeken naar de bouwphase en naar de eindsituatie. Er wordt een watergang aangelegd met een beschoeiing. De beschoeiing geeft extra stabiliteit aan de waterkering en wordt daarom ook meegenomen in de berekening.

De berekening wordt uitgevoerd met het programma D-Geo Stability. De totale berekening is toegevoegd als bijlage aan dit rapport (Bijlage 3). De resultaten van de berekening zijn gepresenteerd in Tabel 4-2. Uit de berekeningen blijkt dat de stabiliteit van de watergang niet voldoet aan de gestelde stabiliteitseisen.

Tabel 4-2 Macrostabiliteit waterkering

Dwarsprofiel	Locatie	Uitvoering	Eindfase	Vereist	Oordeel
1	Nieuwe watergang	0,94	0,94	1,08	Voldoet niet

Uit een nadere analyse blijkt dat in de huidige situatie de secundaire waterkering niet aan de stabiliteitseisen voldoet. Voor het toetsen van de secundaire waterkering is een zeer uitgebreide analyse noodzakelijk conform TRWG (2001). Deze analyse is omvangrijk en past niet binnen deze opdracht. Na het vaststellen van het veiligheidsniveau van de dijk kunnen maatregelen worden uitgewerkt om de dijk te verstevigen.

Een work-around kan zijn om de stabiliteit van de dijk vast stellen met de beschikbare informatie. Vervolgens kunnen geometrie en maatregelen op elkaar worden afgestemd waarbij geen vermindering van de dijkstabiliteit plaatsvindt. Deze werkwijze kan worden uitgevoerd vooruitlopend op de toets conform TRWG (2001). Dit moet vooraf worden afgestemd met het waterschap (Waternet).

Zoals gesteld kan de werkwijze worden gebruikt waarbij in de bouw- en eindfase de stabiliteit van de waterkering niet verminderd. Beheersmaatregelen zijn hier noodzakelijk in combinatie met de stabiliteitsvergelijking. Mogelijke beheersmaatregelen zijn:

- Verlengen van de beschoeiing;
- Een flauwer talud;
- Extra grondonderzoek (om de parameters te optimaliseren);
- Grondverbetering uitvoeren.

Opgemerkt wordt dat wanneer constructieve elementen in het theoretische dijkprofiel worden toegepast deze volgens speciale normen en richtlijnen moeten worden ontworpen.

4.4 Zettingsanalyse

Aan de zuidzijde van locatie A wordt een groot deel van het terrein opgehoogd. Uit doorsnede profiel 1 volgt een ophoging van 0,62 m. Met behulp van het programma D-Settlement zijn de zettingen bepaald (Tabel 4-3). De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 4.

Tabel 4-3 Resultaten zettinganalyse - eindzetting

Verticaal nummer	Huidig maaiveld	Uitgiftepeil wegniveau	Ophoging		Eindzetting	Restzetting na		
	[m NAP]	[m NAP]	Netto [m]	Bruto [m]		3 mnd. [m]	6 mnd. [m]	12 mnd. [m]
Doorsnede 1	-1,22	-0,60	0,62	1,64	1,02	0,50	0,36	0,23

Uit Tabel 4-3 volgt dat er niet wordt voldaan aan de restzettingseis (maximaal 0,1 m in 30 jaar). Dit betekent dat er maatregelen getroffen moeten worden om het zettingproces te versnellen. Er kan besloten worden om een voorbelasting toe te passen of verticale drainage of een combinatie van de twee.

In dit geval is gekozen voor een voorbelasting met extra overhoogte in combinatie met verticale drainage. In Tabel 4-4 zijn de resultaten weergegeven waarbij er een extra overhoogte van 0,5 m is toegepast gedurende een periode van 3 maanden, 6 maanden en 12 maanden. Hieruit blijkt dat er wordt voldaan aan de gestelde restzettingseis.

Tabel 4-4 Resultaten zettinganalyse bij 0,5 m voorbelasting en verticale drains h.o.h. 1,5

Verticaal nummer	Huidig maaiveld	Uitgiftepeil wegniveau	Ophoging		Eindzetting	Restzetting na		
	[m NAP]	[m NAP]	Netto [m]	Bruto [m]		3 mnd. [m]	6 mnd. [m]	12 mnd. [m]
Doorsnede 1	-1,22	-0,60	0,62	1,64	1,02	0,37	0,20	0,03

4.5 Trillingen

In de sondering die voor deze locatie is toegepast is af te leiden dat de vaste zandlaag pas aangetroffen wordt op ca. 11 m onder maaiveld. Het heien van palen voor de fundering van een brug zal op dit niveau pas resulteren in de trillingen. Boven de diepte van 11 m ondervindt de paal nauwelijks weerstand.

Trillingen kunnen invloed hebben op de dijk op de volgende manieren:

- Creëren van wateroverspanningen;
- Verdichten van losgepakte zandlagen met zettingen tot gevolg.

Eventuele trillingen op deze diepte (>11 m) in de grond zullen zo goed als geen invloed meer hebben op de bovengelegen waterkering. Voor het verdichten van zandlagen is veel trillings-energie nodig. De grondlagen ter plaatse zijn voor een groot deel cohesief of hebben een hoog gehalte bijmenging. Daardoor zijn de lagen niet gevoelig voor verdichten.

Het optreden van wateroverspanningen kan een sterktereductie van de grond betekenen. Verwacht wordt dat bij het penetreren van de Holocene grondlagen nauwelijks trillingen optreden. Pas bij heien in de eerste zandlaag zullen de trillingen toenemen. De eerste zandlaag is goed doorlatend. Wateroverspanningen dissiperen direct.

Huizen staan op relatief grote afstanden (Figuur 1-1). Er hoeft geen aandacht te worden besteed aan schade aan gebouwen door trillingen.

5 Locatie B

5.1 Algemeen

In het onderstaande hoofdstuk worden de toetsingen voor Locatie B toegelicht.

5.2 Grondopbouw

Uit het grondonderzoek is af te leiden dat de maatgevende sonderingen voor Locatie B S06, S07 en S10 zijn. De grondopbouw van deze sondering is weergegeven in Tabel 5-1 en in Tabel 5-2. De grondparameters, die zijn toegepast voor de grondsoorten, zijn terug te vinden in paragraaf 3.1.2.

Tabel 5-1 Grondopbouw sondering S06 (doorsnede 3)

Grondsoort	Bovenkant laag [m NAP]
Zand, ophoog	-0,46
Veen, slap	-1,80
Klei, schoon, slap	-5,00
Zand, sterk kleiig	-7,20
Klei, schoon, matig	-9,80
Veen, matig voorbelast	-14,00
Zand, schoon, vast	-14,50

Opmerkingen:

- Voor doorsnede 3 is hier de veenlaag (tussen NAP -1,8 m en NAP -5,0 m) matig voorbelast in plaats van niet voorbelast.

Tabel 5-2 Grondopbouw sondering S10 (doorsnede 2)

Grondsoort	Bovenkant laag [m NAP]
Veen, slap	-0,61
Klei, sterk zandig	-1,20
Veen, slap	-3,00
Klei, schoon, slap	-5,10
Zand, sterk kleiig	-6,90
Klei, schoon, matig	-8,70
Veen, matig voorbelast	-10,10
Zand, schoon, vast	-10,80

5.3 Stabiliteitsanalyse

Voor Locatie B zijn twee dwarsprofielen afgeleid (Bijlage 2). Voor beide profielen wordt een toets gedaan op de stabiliteit van de secundaire waterkering. In deze berekening is gekeken naar de eindsituatie. Langs de waterkering wordt een nieuwe watergang aangelegd. De watergang wordt gestabiliseerd door middel van een beschoeiing. In de stabiliteitssom van de waterkering wordt deze beschoeiing ook meegenomen.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 5-3. De uitvoer van de D-Geo Stability berekening is opgenomen in Bijlage 3.

Tabel 5-3 Macrostabiliteit waterkering

Dwarsprofiel	Locatie	Eindfase	Vereist	Oordeel
2	Nieuwe watergang	0,87	1,08	Voldoet niet
3	Nieuwe watergang	1,03	1,08	Voldoet niet

Uit een nadere analyse blijkt dat in de huidige situatie de secundaire waterkering niet aan de stabiliteitseisen voldoet. Voor het toetsen van de secundaire waterkering is een zeer uitgebreide analyse noodzakelijk conform TRWG (2001). Deze analyse is omvangrijk en past niet binnen deze opdracht. Na het vaststellen van het veiligheidsniveau van de dijk kunnen maatregelen worden uitgewerkt om de dijk te verstevigen.

Een work-around kan zijn om de stabiliteit van de dijk vast stellen met de beschikbare informatie. Vervolgens kunnen geometrie en maatregelen op elkaar worden afgestemd waarbij geen vermindering van de dijkstabiliteit plaatsvindt. Deze werkwijze kan worden uitgevoerd vooruitlopend op de toets conform TRWG (2001). Dit moet vooraf worden afgestemd met het waterschap (Waternet).

Zoals gesteld kan de werkwijze worden gebruikt waarbij in de bouw- en eindfase de stabiliteit van de waterkering niet verminderd. Beheersmaatregelen zijn hier noodzakelijk in combinatie met de stabiliteitsvergelijking. Mogelijke beheersmaatregelen zijn:

- Verlengen van de beschoeiing;
- Een flauwer talud;
- Extra grondonderzoek (om de parameters te optimaliseren).

Opgemerkt wordt dat wanneer constructieve elementen in het theoretische dijkprofiel worden toegepast deze volgens speciale normen en richtlijnen moeten worden ontworpen.

5.4 Zettingsanalyse

Aangezien de ophoging hier minimaal is (< 20 cm) is het aannemelijk dat de restzetting na 1 jaar kleiner is dan 10 cm in 30 jaar. Een zettinganalyse wordt daarom achterwege gelaten.

5.5 Trillingen

In de sondering die voor deze locatie is toegepast is af te leiden dat de vaste zandlaag pas aangetroffen wordt op ca. 11 m onder maaiveld. Het heien van palen voor de fundering van een brug zal op dit niveau pas resulteren in de trillingen. Boven de diepte van 11 m ondervindt de paal nauwelijks weerstand.

Trillingen kunnen invloed hebben op de dijk op de volgende manieren:

- Creëren van wateroverspanningen;
- Verdichten van losgepakte zandlagen met zettingen tot gevolg.

Eventuele trillingen op deze diepte (>11 m) in de grond zullen zo goed als geen invloed meer hebben op de bovengelige waterkering. Voor het verdichten van zandlagen is veel trillings-energie nodig. De grondlagen ter plaatse zijn voor een groot deel cohesief of hebben een hoog gehalte bijmenging. Daardoor zijn de lagen niet gevoelig voor verdichten.

Het optreden van wateroverspanningen kan een sterktereductie van de grond betekenen. Verwacht wordt dat bij het penetreren van de Holocene grondlagen nauwelijks trillingen optreden. Pas bij heien in de eerste zandlaag zullen de trillingen toenemen. De eerste zandlaag is goed doorlatend. Wateroverspanningen dissiperen direct.

Huizen staan op relatief grote afstanden (Figuur 1-1). Er hoeft geen aandacht te worden besteed aan schade aan gebouwen door trillingen.

6 Locatie C

6.1 Algemeen

In het onderstaande hoofdstuk worden de toetsingen voor Locatie C toegelicht.

6.2 Grondopbouw

Uit het grondonderzoek is af te leiden dat de maatgevende sonderingen voor Locatie B S12 en S13 zijn. De grondopbouw van deze sondering is weergegeven in Tabel 6-1 en Tabel 6-2. De grondparameters, die zijn toegepast voor de grondsoorten, zijn terug te vinden in paragraaf 3.1.2.

Tabel 6-1 Grondopbouw sondering S12 (doorsnede 4)

Grondsoort	Bovenkant laag [m NAP]
Klei, sterk zandig	-0,03
Veen, matig	-1,50
Klei, schoon, matig	-4,90
Veen, matig voorbelast	-10,50
Zand, schoon, vast	-11,40

Tabel 6-2 Grondopbouw sondering S13 (doorsnede 5)

Grondsoort	Bovenkant laag [m NAP]
Zand, ophoog	-0,78
Klei, sterk zandig	-1,70
Veen, matig	-3,00
Klei, schoon, matig	-4,90
Veen, matig voorbelast	-10,50
Zand, schoon, vast	-11,40

6.3 Stabiliteitsanalyse

Voor Locatie C zijn twee dwarsprofielen afgeleid (Bijlage 2). Voor één profiel wordt een toets gedaan op de stabiliteit van de waterkering, omdat hier de geometrie nadelig verandert (doorsnede 5). Bij het andere profiel is er sprake van een ophoging langs de kade, waarmee de stabiliteit van de kade juist toeneemt (doorsnede 4).

Het profiel waarvoor een toets wordt uitgevoerd is doorsnede 5. Deze grenst aan een doorlopende watergang. De watergang wordt geflankeerd door een beschoeiing. Aangehouden is dat er een beschoeiing met een lengte van 3,0 m is opgenomen in het talud. In de stabiliteitsberekening van de waterkering wordt deze beschoeiing ook meegenomen.

Het resultaat van de stabiliteitsberekening is weergegeven in Tabel 6-3. In Bijlage 3 is uitvoer opgenomen van de D-Geo Stability berekening.

Tabel 6-3 Macrostabiliteit waterkering

Dwarsprofiel	Locatie	Huidig	Vereist	Oordeel
5	Nieuwe watergang	1,01	1,08	Voldoet niet

Uit een nadere analyse blijkt dat in de huidige situatie de secundaire waterkering niet aan de stabiliteitseisen voldoet. Voor het toetsen van de secundaire waterkering is een zeer uitgebreide analyse noodzakelijk conform TRWG (2001). Deze analyse is omvangrijk en past niet binnen deze opdracht. Na het vaststellen van het veiligheidsniveau van de dijk kunnen maatregelen worden uitgewerkt om de dijk te verstevigen.

Een work-around kan zijn om de stabiliteit van de dijk vast stellen met de beschikbare informatie. Vervolgens kunnen geometrie en maatregelen op elkaar worden afgestemd waarbij geen vermindering van de dijkstabiliteit plaatsvindt. Deze werkwijze kan worden uitgevoerd vooruitlopend op de toets conform TRWG (2001). Dit moet vooraf worden afgestemd met het waterschap (Waternet).

Zoals gesteld kan de werkwijze worden gebruikt waarbij in de bouw- en eindfase de stabiliteit van de waterkering niet verminderd. Beheersmaatregelen zijn hier noodzakelijk in combinatie met de stabiliteitsvergelijking. Mogelijke beheersmaatregelen zijn:

- Verlengen van de beschoeiing;
- Een flauwer talud;
- Extra grondonderzoek (om de parameters te optimaliseren).

Opgemerkt wordt dat wanneer constructieve elementen in het theoretische dijkprofiel worden toegepast deze volgens speciale normen en richtlijnen moeten worden ontworpen.

6.4 Zettingsanalyse

Aan de zuidzijde van locatie C wordt een groot deel van het terrein opgehoogd. Uit doorsnede 4 volgt een netto ophoging van 1,24 m. Met behulp van het programma D-Settlement zijn de zettingen bepaald. Uit de berekening volgt het resultaat als vermeld in Tabel 6-4. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 4.

Tabel 6-4 Resultaten zettinganalyse - eindzetting

Verticaal nummer	Huidig maaiveld [m NAP]	Uitgiftepeil wegniveau [m NAP]	Ophoging		Eindzetting [m]	Restzetting na		
			Netto [m]	Bruto [m]		3 mnd. [m]	6 mnd. [m]	12 mnd. [m]
Doorsnede 4	-1,84	-0,60	1,24	2,97	1,73	1,09	0,95	0,79

Uit Tabel 6-4 volgt dat er niet wordt voldaan aan de restzettingseis (maximaal 0,1 m in 30 jaar). Dit betekent dat er maatregelen getroffen moeten worden om het zettingproces te versnellen.

Uit een snelle analyse volgt dat alleen het toevoegen van een extra overhoogte niet voldoende is. Daarom zijn resultaten gepresenteerd van berekeningen waarin een combinatie wordt toegepast van verticale drainage en extra overhoogte. In

Tabel 6-5 en **Tabel 6-6** worden de resultaten van twee verschillen opties weergegeven.

Het gaat om de volgende combinaties:

- Combinatie 1:
 - Extra overhoogte van 1,0 m, gedurende een periode van 3 maanden, 6 maanden en 12 maanden;
 - Verticale drains h.o.h. 1,5 m.
- Combinatie 2:
 - Extra overhoogte van 0,5 m, gedurende een periode van 3 maanden, 6 maanden en 12 maanden;
 - Verticale drains h.o.h. 1,0 m.

Tabel 6-5 Resultaten zettinganalyse bij 1,0 m voorbelasting en verticale drains h.o.h. 1,5

Verticaal nummer	Huidig maaiveld	Uitgiftepeil wegniveau	Ophoging		Eindzetting	Restzetting na		
	[m NAP]	[m NAP]	Netto [m]	Bruto [m]	[m]	3 mnd. [m]	6 mnd. [m]	12 mnd. [m]
Doorsnede 4	-1,84	-0,60	1,24	2,97	1,73	0,39	0,14	0,05

Tabel 6-6 Resultaten zettinganalyse bij 0,5 m voorbelasting en verticale drains h.o.h. 1,0

Verticaal nummer	Huidig maaiveld	Uitgiftepeil wegniveau	Ophoging		Eindzetting	Restzetting na		
	[m NAP]	[m NAP]	Netto [m]	Bruto [m]	[m]	3 mnd. [m]	6 mnd. [m]	12 mnd. [m]
Doorsnede 4	-1,84	-0,60	1,24	2,97	1,73	0,54	0,23	0,00

6.5 Trillingspredictie

In de sondering die voor deze locatie is toegepast is af te leiden dat de vaste zandlaag pas aangetroffen wordt op ca. 11 m onder maaiveld. Het heien van palen voor de fundering van een brug zal op dit niveau pas resulteren in de trillingen. Boven de diepte van 11 m ondervindt de paal nauwelijks weerstand.

Trillingen kunnen invloed hebben op de dijk op de volgende manieren:

- Creëren van wateroverspanningen;
- Verdichten van losgepakte zandlagen met zettingen tot gevolg.

Eventuele trillingen op deze diepte (>11 m) in de grond zullen zo goed als geen invloed meer hebben op de bovengelegen waterkering. Voor het verdichten van zandlagen is veel trillings-energie nodig. De grondlagen ter plaatse zijn voor een groot deel cohesief of hebben een hoog gehalte bijmenging. Daardoor zijn de lagen niet gevoelig voor verdichten.

Het optreden van wateroverspanningen kan een sterktereductie van de grond betekenen. Verwacht wordt dat bij het penetreren van de Holocene grondlagen nauwelijks trillingen optreden. Pas bij heien in de eerste zandlaag zullen de trillingen toenemen. De eerste zandlaag is goed doorlatend. Wateroverspanningen dissiperen direct.

Huizen staan op relatief grote afstanden (Figuur 1-1). Er hoeft geen aandacht te worden besteed aan schade aan gebouwen door trillingen.

7 Conclusies, aanbevelingen en risico's

7.1 Conclusie

In dit rapport is een verkenning uitgevoerd voor de mogelijkheden voor het bouwrijp maken van zelfbouwkavels op drie locaties langs de Sloterweg. De Sloterweg is een secundaire waterkering. Binnen de verkenning zijn zettingen voorspeld en zijn indicatieve berekeningen gemaakt van de stabiliteit van de secundaire waterkering.

Op basis van de berekeningen kan worden geconcludeerd dat de lokale ondergrond sterk samendrukbaar is. De oppervlakkige slappe klei- en veenlagen zijn zettingsgevoelig. Om aan restzettingseisen te voldoen moet rekening worden gehouden met een voorbelastingsperiode van 12 maanden waarbij een extra overhoogte (0,5 m tot 1,0 m) en verticale drainage moeten worden toegepast als zettingversnellende maatregel.

De stabiliteit van de waterkering is op basis van het beschikbare onderzoek onvoldoende. Bij het bouwrijp maken van de kavels worden ook watergangen gegraven. Zo ook in de teen van de waterkering. De dijkstabiliteit neemt daarbij af. Alvorens een passend ontwerp te maken moet overleg plaatsvinden met de dijkbeheerder (Waternet). Er zijn globaal twee mogelijkheden:

1. Binnen het project wordt aangetoond dat de stabiliteit van de dijk niet verder afneemt. Daarbij kunnen aanvullende maatregelen nodig zijn. Hiervoor is afstemming nodig voor wat betreft het toepassen van constructieve elementen in de waterkering. Het project kan binnen de grenzen van billijkheid rekening houden met een eventueel toekomstige dijkverzwaring.
2. Waternet wordt betrokken bij het project en brengt de stabiliteit op orde.

In een korte kwalitatieve analyse is de gevoeligheid van de dijk in relatie tot trillingen beoordeeld. De waterkering is zeer beperkt trillingsgevoelig. De beoogde uitvoeringstechnieken genereren beperkte trillingen. Het risico voor de waterkering is daarmee zeer beperkt. Belendingen staan op relatief grote afstand. Het risico op schade aan belendingen door bouwtrillingen is zeer beperkt.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde analyses worden de onderstaande aanbevelingen gedaan:

- Voor een goed overzicht van de waterstanden en de stijghoogte zouden peilbuizen moeten worden geplaatst en periodiek worden ingemeten.
- Kabels en leidingen moeten worden geïnventariseerd en de diepteligging moet worden bepaald. Vervolgens kan op basis van een ontwerp in ruste de invloed van de werkzaamheden op de kabels en leidingen worden bepaald.
- Er moet overleg plaatsvinden met Waternet over de stabiliteit van de secundaire waterkering. Met Waternet moet een werkwijze worden afgestemd om te kunnen bouwen in en nabij de instabiele secundaire waterkering.

7.3 Risico's

Voor dit project zijn de volgende risico's geïdentificeerd:

- Bij het prepareren van de kavels kan instabiliteit van de secundaire waterkering optreden.
- Als maatregelen worden afgestemd met Waternet kunnen aanvullende eisen worden opgelegd die kosten verhogend zijn
- Afstemmen met Waternet kan leiden tot vertraging ten opzichte van de projectplanning.