



Kadeverbetering Gnephoek

Uitgangspuntenrapportage schetsontwerp



Kadeverbetering Gnephoek

Uitgangspuntenrapportage schetsontwerp

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Rijnland

Referentie: INFR200347 R-01

Revisie: 1

Datum: 11 februari 2021

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Kadeverbetering Gnephoek

Ondertitel document: Uitgangspuntenrapportage schetsontwerp

Referentie: INFR200347 R-01

Revisie: 1

Datum: 11 februari 2021

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Rijnland

Projectnummer opdrachtgever:

Project:

Opgesteld door: P. Dorst

Paraaf:

Gecontroleerd door: J. Steenmeijer

Paraaf:

Goedgekeurd door: E. Simoons

Paraaf:



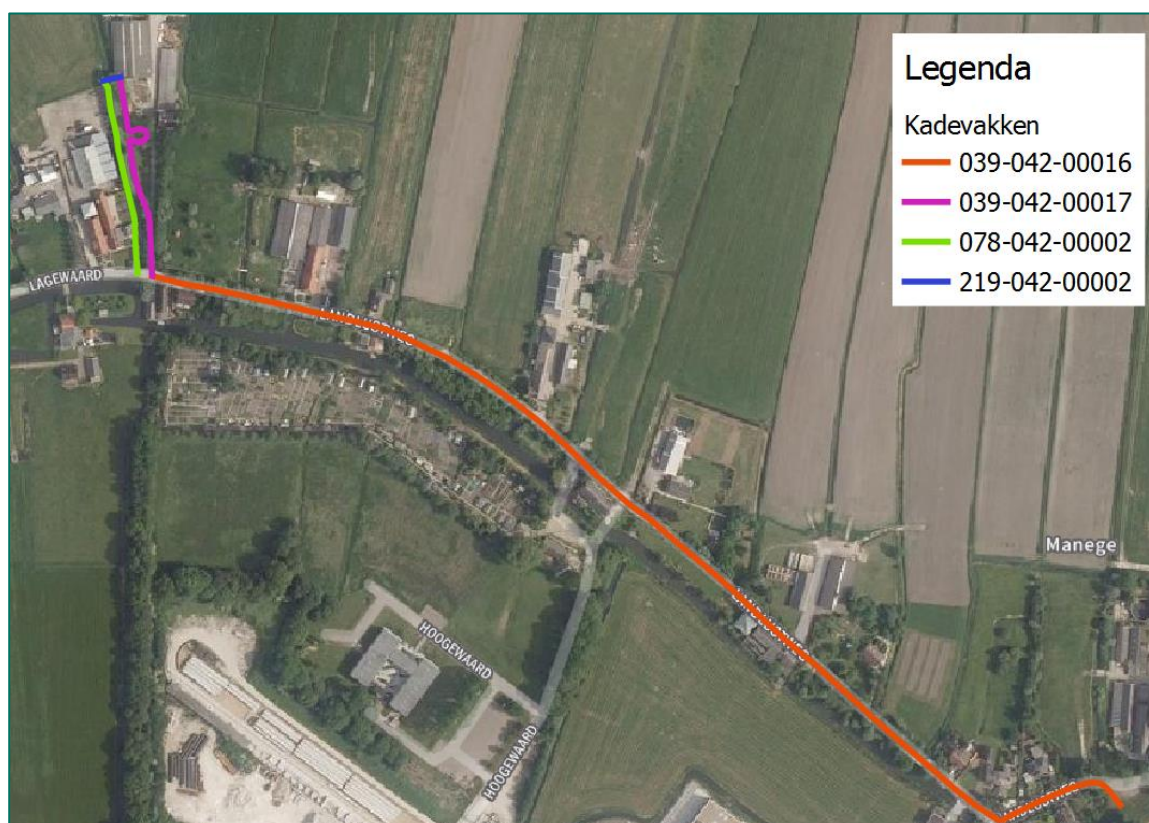
1	Inleiding	5
1.1.	Aanleiding	5
1.2.	Scope	6
1.3.	Leeswijzer	6
2	Eisen en randvoorwaarden	7
2.1.	Legger	7
2.2.	Normering kade	7
2.3.	Berekeningsmodel software	8
2.4.	Planperiode en bodemdaling	8
2.4.1.	Bodemdaling	8
2.4.2.	Planperiode	9
2.5.	Leggerhoogte, ingreepmaat en ontwerphoogte	9
2.6.	Verkeersbelasting	9
2.7.	Hydraulische randvoorwaarden	10
2.7.1.	Polder, streef- en toetspeil	10
2.7.2.	Stijghoogte en waterspanningsverloop	11
2.7.3.	Verloop freatische lijnen	12
2.8.	Maatgevende doorsneden	13
3	Geotechnische uitgangspunten	15
3.1.	Bodemopbouw	15
3.2.	Sterkteparameters	15
3.3.	Sterkteparameters aanvulmaterialen	16
4	Aanbevelingen VO-fase	17
	Referenties	18
	Bijlagen	19
A.	Maatgevende bodemopbouw	19
B.	Ingemeten dwarsprofielen	20
C.	Locaties ingemeten profielen en grondonderzoek	21

1 Inleiding

1.1. Aanleiding

De waterkering rondom de polder Gnephoek is gedeeltelijk afgekeurd op waterveiligheid. Het hoogheemraadschap van Rijnland (hierna HHR) is voornemens deze waterkering te verbeteren, en heeft Iv-Infra opdracht gegeven de kadeverbetering uit te werken.

Het traject bevindt zich bij de Landlustweg ten noordwesten van Alphen aan den Rijn. De strekking bestaat uit vier kadevakken, deze zijn weergegeven in figuur 1. De strekking heeft een lengte van 1044 m.



Figuur 1: Kadevakken Gnephoek

Het projectgebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van veel bebouwing en begroeiing. De kadeverbetering heeft daarom een groot aantal raakvlakken met de omgeving. Om te komen tot een optimale oplossing, wordt een variantafweging uitgevoerd. Deze varianten zijn voorgesteld in de notitie 'Varianten kadeverbetering Gnephoek' [7]. De varianten vormen de basis voor het schetsontwerp, waarin de technische haalbaarheid van de ontwerpen wordt bepaald en op basis waarvan de variantenafweging wordt uitgevoerd. De uitgangspuntenrapportage bevat alleen de uitgangspunten voor de 'reguliere'



kadeverbeteringsvarianten. Daarnaast wenst het hoogheemraadschap mogelijk een vernagelingstechniek toe te passen. Uitgangspunten voor deze innovatieve techniek worden separaat opgesteld. Doel In dit rapport worden de technische uitgangspunten voor de variantenafweging van de kadeversterking beschreven. Deze dienen als basis voor het bepalen van het schetsontwerp van de kadeversterking.

1.2. Scope

In tabel 1 zijn de te verbeteren faalmechanismen per kadevak weergegeven [2]. Kadevak 039-042-00016 is goedgekeurd op hoogte, maar voldoet in de huidige situatie mogelijk niet meer. Om de omvang van de scope op hoogte te bepalen is een aanvullende hoogtetoets op basis van ingemeten profielen nodig.

Kadevak 219-042-00002 bestaat uit een korte strekking aan het uiteinde van een aftakking van de boezem, de Gemeenlandsche Watering. Dit kadevak is bij kadevak 039-042-00017 gevoegd.

De strekking bevat diverse delen waar geen teensloot aanwezig is, of waar de kade verheeld is. Deze delen vormen op verzoek van het hoogheemraadschap van Rijnland geen onderdeel van de verbeterscope.

Tabel 1: Resultaten toetsing Gnephoek

Leggernummer	Lengte [m]	Te verbeteren faalmechanismen
039-042-00016	750	STBI, STMI, (HT)
039-042-00017 + 219-042-00002	167	STBI, STMI, HT
078-042-00002	127	HT

In de toetsing zijn kadevakken 16 en 17 afgekeurd op microstabiliteit, in het beheerdersoordeel zijn deze vakken echter goedgekeurd. In de varianten is geen rekening gehouden met dit faalmechanisme. Deze keuze is gemaakt omdat bij toepassing van een aantal varianten STMI geen relevant faalmechanisme meer is. Voor de varianten waarbij dit niet het geval is, kan micro-instabiliteit worden opgelost door een relatief kleine toevoeging aan het ontwerp, zoals bijvoorbeeld een drain. Microstabiliteit wordt daarom pas meegenomen in het voorontwerp Er zijn geen uitgangspunten voor STMI opgenomen voor het schetsontwerp.

De uitgangspunten in dit document zijn opgezet voor het schetsontwerp. Lokale afwijkingen in bodemopbouw en geometrie kunnen ertoe leiden dat in het voorontwerp kadevakken gesplitst moeten worden of dat er lokaal andere uitgangspunten gelden.

1.3. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit document worden de eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten voor het schetsontwerp behandeld. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de geotechnische uitgangspunten toegelicht.

2 Eisen en randvoorwaarden

In dit hoofdstuk worden de eisen en randvoorwaarden voor de kadeverbetering Gnephoek behandeld. De meeste eisen zijn overgenomen uit de SOR II [1] en de SORIII [2].

2.1. Legger

Tabel 2 geeft de leggergegevens van de kering weer. Deze zijn overgenomen uit de SOR III [2].

Tabel 2: Leggergegevens Gnephoek

Kadevak	Lengte [m]	Kruin- hoogte [m +NAP]	Kruin breedte [m]	Buiten talud [1: ...]	Buiten talud [1: ...]	Streefpeil buiten winter [m +NAP]	Polderpeil winter [m +NAP]
039-042-00016	755	-0,1	1,5	3	2,5	-0,62	-2,4
039-042-00017	154	-0,1	1,5	3	2,5	-0,62	-2,4
219-042-00002	12	-0,1	1,5	3	2	-0,62	-2,4
078-042-00002	127	-0,1	1,5	3	2	-0,62	-2,4

2.2. Normering kade

De IPO-klasse geeft aan op welke overschrijdingsfrequentie van de buitenwaterstand de kade getoetst wordt. De polderkade is ingedeeld in IPO-klasse III [2]. Dit betekent dat een veiligheidsnorm van 1/100 jaar voor de Gnephoek wordt gehanteerd. Hierbij is de voorgeschreven schadefactor 0,9.

Om tot een benodigde stabiliteitsfactor te komen dient de schadefactor te worden vermenigvuldigd met de modelfactor en de schematiseringsfactor. Voor de benodigde stabiliteitsfactor geldt volgens [3]:

$$SF / \gamma_s \cdot \gamma_d \cdot \gamma_n \geq 1,0$$

Waarin:

γ_s = schematiseringsfactor [-]

γ_d = modelfactor [-]

γ_n = schadefactor [-]

De modelfactor is afhankelijk van het gebruikte glijvlakmodel, namelijk Bishop, Lift Van of Spencer. De modelfactor van Bishop is 1,00, van Lift Van 1,05 en van Spencer 0,95 zonder opdrukken en 1,05 met opdrukken [3]. Aanvullend aandachtspunt is dat bij cirkelvormige glijvlakken in het model Lift Van, die overeenkomen met het Bishop glijvlak, een modelfactor van 1,00 wordt gehanteerd.

De aan te houden schematiseringsfactor is beschreven in de SOR II [1]. Deze is gelijk aan 1,2, tenzij op basis van aanvullend veldonderzoek een lagere waarde kan worden onderbouwd, of als in de SORIII een specifieke waarde wordt voorgeschreven. Dit laatste is niet het geval.

Een lagere schematiseringsfactor kan worden gehanteerd als deze voor dit project wordt afgeleid. Deze afleiding wordt voor het schetsontwerp nog niet uitgevoerd, omdat deze deels afhankelijk is van de gekozen oplossing. Aangezien aanvullende landmeetkundige werkzaamheden, aanvullend geotechnisch onderzoek en labonderzoek wordt uitgevoerd, zal een schematiseringsfactor van 1,2 waarschijnlijk te conservatief zijn. Het schetsontwerp gaat tevens in op de inpassing en haalbaarheid van bepaalde varianten. Door een te hoge schematiseringsfactor te hanteren worden grondoplossingen mogelijk uitgesloten. Het ruimteverbruik is bij een hogere vereiste veiligheidsfactor namelijk groter. Voor het schetsontwerp wordt daarom een voorlopige waarde van 1,1 gehanteerd, waarmee wordt voorkomen dat grondoplossingen te ruim worden ingestoken. Bij het voorontwerp wordt de schematiseringsfactor specifiek voor het projectgebied afgeleid.

Een overzicht van de factoren en normering per kadevak is gegeven in tabel 3.

Tabel 3: Normering per kadevak

Kadevak	IPO- klasse [-]	Schade- factor [-]	Modelfactor			Schematiserings- factor [-]	Vereiste veiligheidsfactor		
			[-] Bishop	Lift Van	Spencer		[-] Bishop	Lift Van	Spencer
039-042-00016	III	0,9	1,0	1,05	1,05 / 0,95	1,1	0,99	1,04	1,04 / 0,94
039-042-00017 + 219-042-00002	III	0,9	1,0	1,05	1,05 / 0,95	1,1	0,99	1,04	1,04 / 0,94
078-042-00002	III	0,9	1,0	1,05	1,05 / 0,95	1,1	0,99	1,04	1,04 / 0,94

2.3. Berekeningsmodel software

De ontwerpen worden voor het faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts doorerekend. De eindstabiliteit van het ontwerp met een grondoplossing wordt doorerekend m.b.v. D-Geo Stability (versie 18.1.1.3). Hiervoor wordt het glijvlakmodel UpLift Van / Spencer gebruikt, ter controle wordt ook een berekening gemaakt met het glijvlakmodel Bishop.

2.4. Planperiode en bodemdaling

2.4.1. Bodemdaling

Vanwege de bodemgesteldheid binnen Rijnland is periodiek onderhoud met kleiophoging om de 15 á 30 jaar nodig. De uitgangspunten voor bodemdaling conform de SOR II [1] zijn: veenkades langs de boezem 1 cm per jaar; kleikades langs de boezem 0,5 cm per jaar en voor polderkades 1,5 cm per jaar.

In het projectgebied komen dikke veenlagen van circa 3 m dikte voor. De gehanteerde bodemdaling is daarom 1 cm per jaar. Opgemerkt wordt dat de oostelijke helft van kadevak 16 enkel uit klei bestaat. Als dit kadevak in een vervolgfase wordt gesplitst, kan voor dit gedeelte een lagere bodemdaling van 0,5 cm per jaar worden toegepast.



2.4.2. Planperiode

Bij macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts, waarbij de kade wordt versterkt met een grondoplossing, geldt een planperiode van 30 jaar. Als de kade wordt versterkt met een constructieve oplossing in staal geldt een planperiode van minimaal 50 jaar en in hout geldt een planperiode van minimaal 30 jaar.

2.5. Leggerhoogte, ingreepmaat en ontwerphoogte

De normhoogte is de vereiste kruinhoogte van de kade conform de legger. De ingreepmaat is de normhoogte verhoogd met de verwachte zettingen gedurende de planperiode. De ontwerphoogte is de kruinhoogte die in het ontwerp gebruikt wordt. Omdat de ondergrond veelal onderhevig is aan zetting is deze hoger dan de normhoogte. De leggerhoogte, ingreepmaat en ontwerphoogte zijn vastgesteld in de SOR III [2], en zijn opgenomen in tabel 4.

Tabel 4: Leggerhoogte, ingreepmaat en minimale aanleghoogte

Kadevak	Ingreepmaat [m t.o.v. NAP]	Leggerhoogte [m t.o.v. NAP]	Ontwerphoogte [m t.o.v. NAP]
039-042-00016	-0,30	-0,10	+0,10
039-042-00017 + 219-042-00002	-0,30	-0,10	+0,10
078-042-00002	-0,30	-0,10	+0,10

In het ontwerp voor STBI worden de dwarsprofielen opgehoogd tot de ontwerpmaat van NAP +0,10 m. De dwarsprofielen voldoen aan de ingreepmaat, de kade hoeft in principe dus niet opgehoogd te worden. Lokaal ligt de kruin echter wel lager dan de leggerhoogte. In de SORIII is opgenomen dat de kade eventueel opgehoogd kan worden indien er wegonderhoud gepland is, met het oog op toekomstbestendigheid.

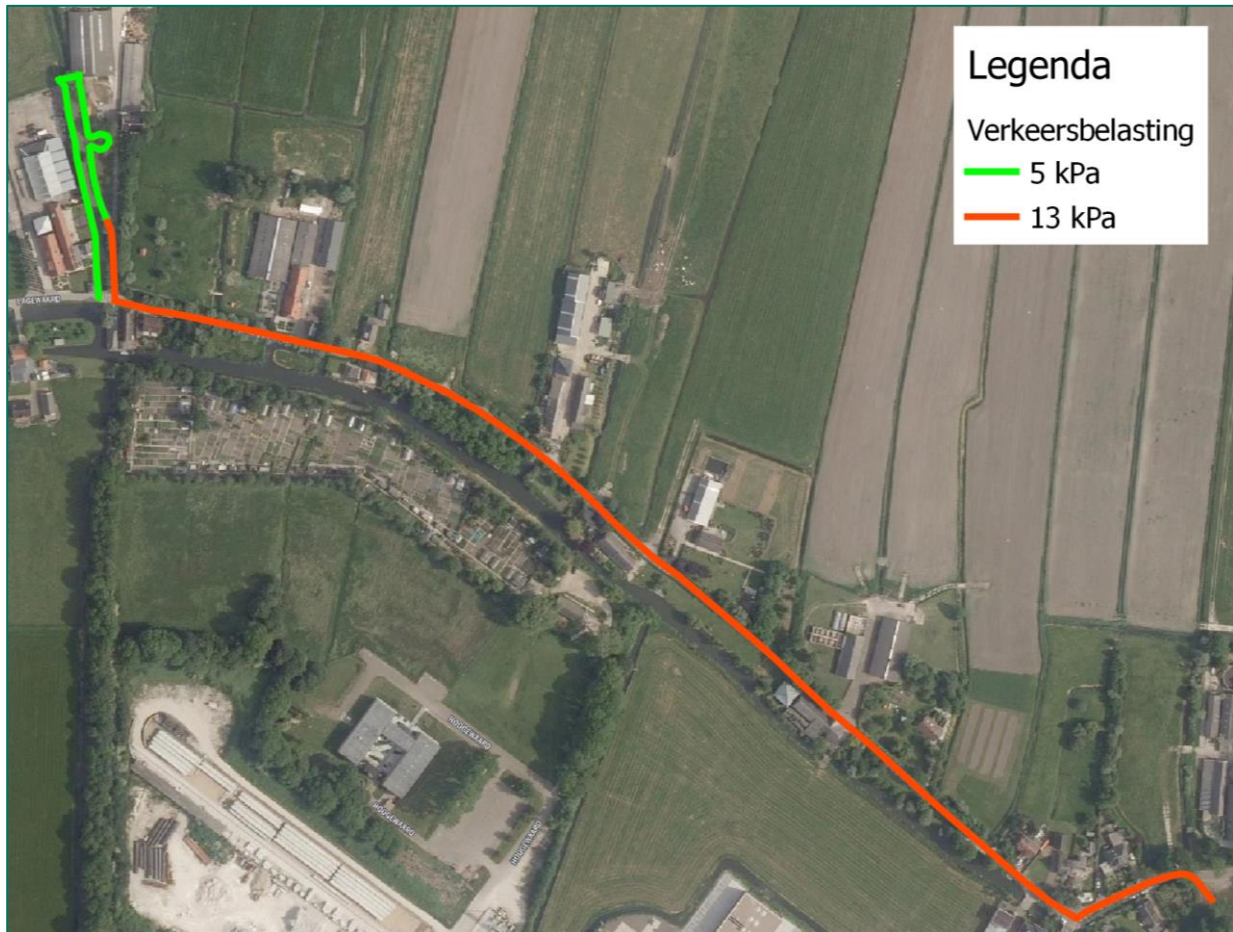
Om te garanderen dat het ontwerp ook met deze eventuele ophoging voldoet op stabiliteit, wordt deze meegenomen in het schetsontwerp.

2.6. Verkeersbelasting

Voor de verkeersbelasting wordt conform de SOR II [1] uitgegaan van 13 kN/m² voor grijze kades en 5 kN/m² voor groene kades over een breedte van 2,5 meter. Hierbij wordt een spreidingshoek van 0° en een consolidatiepercentage van 50% voor cohesieve gronden en 100% voor niet cohesieve gronden aangehouden. In de SORIII is een verkeersbelasting van 13 kN/m² vastgesteld voor alle kadevakken [2].

Kadevakken 219-042-00002, de zuidelijke helft van 078-042-00002 en de noordelijke helft van 039-042-00017 bestaan uit groene kade, met bomen en siertuinen op de kruin. Bij deze strekkingen kan een lagere verkeersbelasting van 5 kN/m² verspreid over 2,5 m toegepast worden. Bij de noordelijke helft van 078-042-00002 bevindt zich een verhard terrein achter de kering. Dit terrein is toegankelijk voor zwaardere materieel. Deze verharding bevindt zich echter binnenwaarts van de kruin van de kering, waardoor een zwaardere verkeersbelasting op de rand van de verharding minder conservatief is dan een belasting van 5 kPa op de kruin. Door de aanwezigheid van bomen op de kruin kan deze belasting niet daadwerkelijk optreden, maar dit is wel mogelijk als de bomen worden verwijderd voor bijvoorbeeld de ophoging. Voor geheel vak 039-042-00017 wordt daarom een belasting van 5 kPa op de kruin toegepast.

De verschillende verkeersbelastingen voor het projectgebied zijn weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Verkeersbelasting

De daadwerkelijke wegbreedte is mogelijk groter dan 2,5 m. Als de wegfundering voldoende stijf is kan de verkeersbelasting mogelijk over een grotere breedte gespreid worden. Dit heeft een positieve invloed op de stabiliteit. In het voorontwerp wordt onderzocht of deze optimalisatie haalbaar is. In het schetsontwerp wordt de bovenstaande breedte van 2,5 m gehanteerd.

2.7. Hydraulische randvoorwaarden

2.7.1. Polder, streef- en toetspeil

De polderpeilen zijn weergegeven in tabel 5. Deze wijken af van de SOR III [2], de daarin vermelde peilen waren niet correct [11].



Tabel 5: Polderpeilen

Kadevak	Polder	Polderpeil zomer [m t.o.v. NAP]	Polderpeil winter [m t.o.v. NAP]	Locatie
039-042-00016	Polder Gnephhoek	-2,38	-2,48	Parallel aan Landlustweg
039-042-00017	Polder Gnephhoek	-2,38	-2,48	Zijtak oostzijde
219-042-00002	Polder Gnephhoek	-2,38	-2,48	Zijtak noordzijde
078-042-00002	Afwijkend peilvak	-2,22	-2,22	Zijtak westzijde

Het streef- en toetspeil van de boezem is weergegeven in tabel 6. Deze zijn overgenomen uit de SORIII [2].

Tabel 6: Streef- en toetspeil

Kadevak	Streefpeil buiten winter [m t.o.v. NAP]	Toetspeil [m t.o.v. NAP]
039-042-00016	-0,62	-0,409
039-042-00017	-0,62	-0,409
219-042-00002	-0,62	-0,409
078-042-00002	-0,62	-0,409

2.7.2. Stijghoogte en waterspanningsverloop

De stijghoogtes zijn overgenomen uit de toetsrapportage [5]. Er zijn in de nabijheid van het projectgebied geen peilbuismetingen beschikbaar uit het DINOloket. De gehanteerde stijghoogten zijn weergegeven in tabel 7. Voor schematisering wordt uitgegaan van hydrostatisch verloop van het (freatische) grondwater in het holoceen pakket tot bovenkant basisveen en van de sprong van het freatische grondwater naar het eerste watervoerend pakket over het basisveen. Bij lokale afwezigheid van het basisveen wordt voor het waterspanningsverloop uitgegaan van verloop over de kleilagen van het Pleistoceen tot het Hollandveen en bij ontbreken van Hollandveen tot ca. NAP-6,00 m [1].

Tabel 7: Stijghoogte eerste watervoerend pakket (EWP)

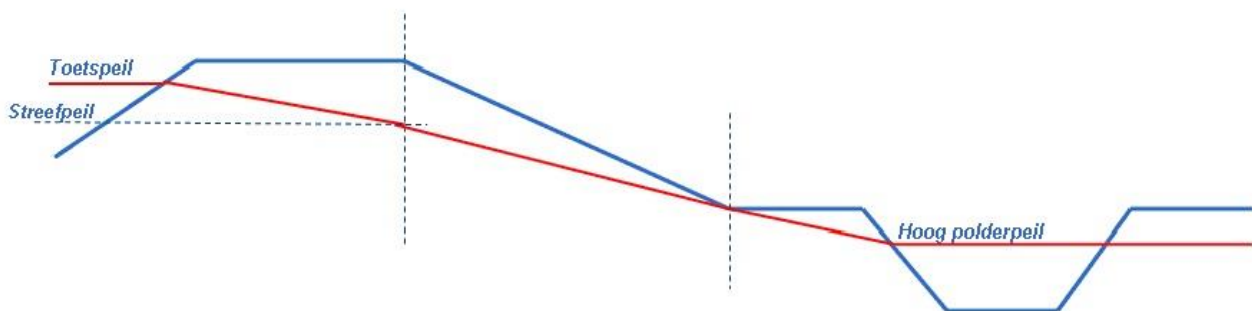
Kadevak	Stijghoogte EWP [m t.o.v. NAP]
039-042-00016	-2,53
039-042-00017	-2,57
219-042-00002	-2,57
078-042-00002	-2,57

Een aandachtspunt is in het oosten van het projectgebied een dikke tussenzandlaag aanwezig is. Deze laag is te verklaren vanwege een stroomrug van de nabijgelegen Oude Rijn. Deze zandlaag bevindt zich lokaal relatief dicht onder het maaiveld, op circa NAP -3,0 m. Er zijn geen gegevens over de stijghoogte in deze laag voorhanden. De stijghoogtes uit de toetsing zijn afkomstig uit een grondwaterkaart, en hebben waarschijnlijk betrekking op de dieper gelegen pleistocene zandlaag. Omdat de tussenzandlaag slechts lokaal aanwezig is, bestaat de mogelijkheid dat de stijghoogte in deze laag hoger is dan de waarden in tabel 7.

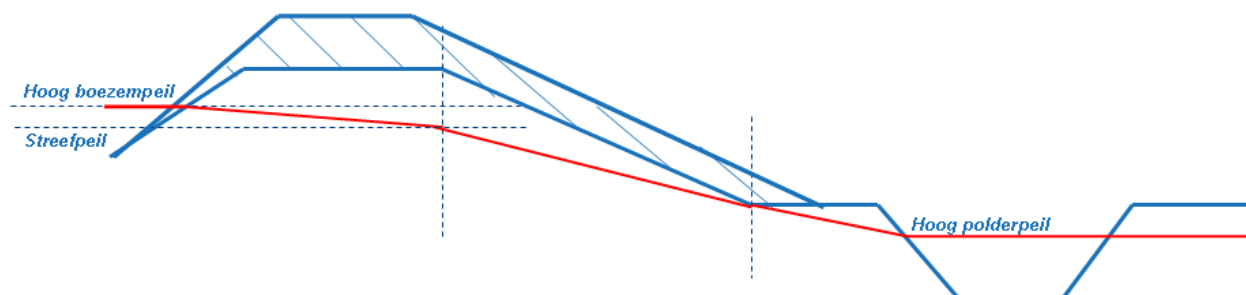
Geadviseerd wordt de stijghoogte in deze laag nader te onderzoeken doormiddel van peilbuizen. Uit gegevens van de beheerders blijkt dat er in de afgelopen 15 jaar tweemaal natte plekken zijn waargenomen in het gebied [10]. In beide gevallen werd dit echter veroorzaakt door bodem op de kade. Aangezien er verder geen waarnemingen zijn gedaan van natte plekken lijkt dit erop te wijzen dat er geen kwel optreedt door de tussenzandlaag.

2.7.3. Verloop freatische lijnen

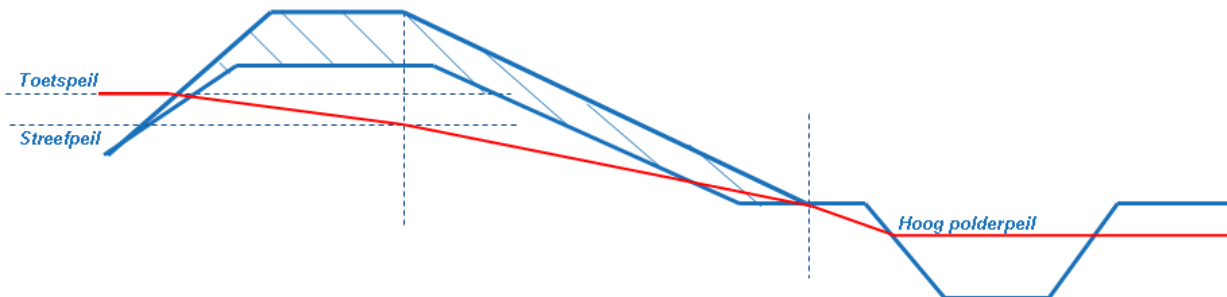
Voor de natte situatie wordt de freatische lijn aangehouden op basis van de SOR II [1], zie figuur 3 voor het overzicht. De onderstaande situatie is een principe weergave van de freatische lijn. Afhankelijk van de geometrie kan de lijn onder in de teen 30 cm lager worden geschematiseerd. Dit voorkomt te conservatieve freatische vlakken. De schematisering hiervan voor verschillende versterkingsstadia is te zien in figuur 3 tot en met figuur 6.



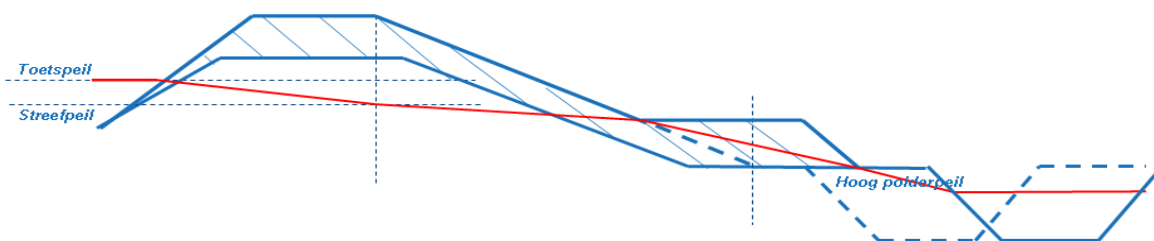
Figuur 3: Freatische lijn in natte situatie



Figuur 4: Freatische lijn tijdens verbetering (gelijk aan natte situatie)



Figuur 5: Freatische lijn na verbetering in natte situatie

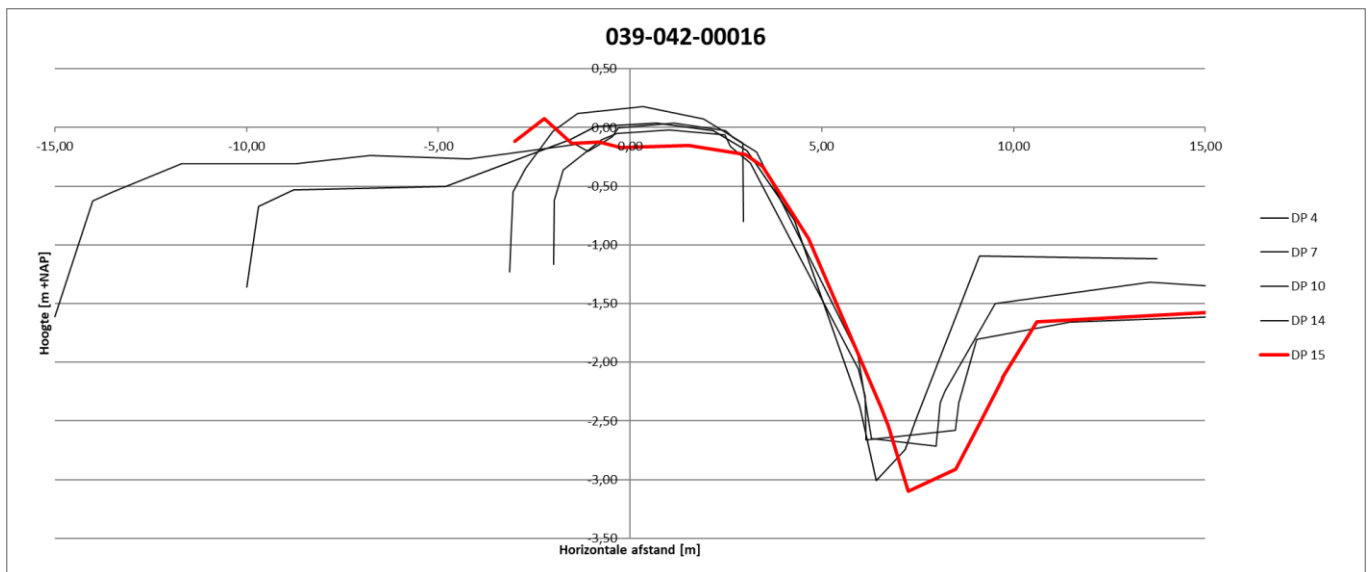


Figuur 6: Freatische lijn na verbetering met berm in natte situatie

2.8. Maatgevende doorsneden

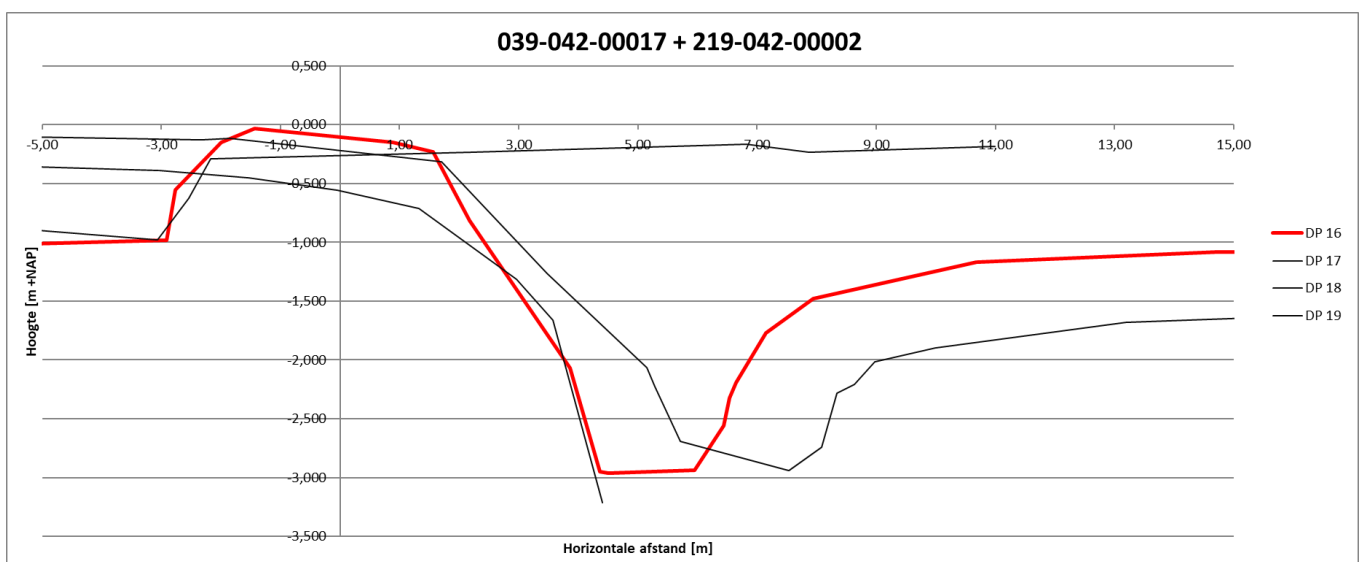
De maatgevende doorsneden zijn bepaald op basis van inmetingen. Deze inmetingen zijn opgenomen in bijlage B. Uit deze ingemeten dwarsprofielen is voor kadevakken 039-042-00016 en 039-042-00017 + 219-042-00002 een maatgevende doorsnede geselecteerd voor STBI.

De dwarsprofielen van kadevak 039-042-00016 zijn weergegeven in figuur 7. Hierin zijn alleen de dwarsprofielen met teensloot weergegeven, de dwarsprofielen zonder teensloot vallen buiten de scope voor STBI. Als maatgevende doorsnede is DP15 geselecteerd vanwege de diepe teensloot en het steile binnentalud. DP4 heeft een hogere kruin en een licht steiler talud, maar bevindt zich in de oostelijke helft van het gebied, waar geen veenlaag aanwezig is. Bij DP15 bevindt zich wel een veenlaag, waardoor de bodemopbouw maatgevender is voor STBI dan bij DP4. DP15 heeft een lage kruin, maar omdat in het ontwerp de dwarsprofielen worden opgehoogd tot de ontwerpmaat van NAP +0,10 m heeft dit geen gevolgen. Profiel 15 is daarom als maatgevende doorsnede geselecteerd.



Figuur 7: Dwarsprofielen kadevak 039-042-00016

De dwarsprofielen voor de samengevoegde vakken 039-042-00017 + 219-042-00002 zijn weergegeven in figuur 8. DP16 is geselecteerd als maatgevende doorsnede. Dit profiel heeft het steilste binnentalud en de hoogste kruin.



Figuur 8: Dwarsprofielen samengevoegde kadevakken 039-042-00017 + 219-042-00002



3 Geotechnische uitgangspunten

Dit hoofdstuk licht de geotechnische parameters en de bodemopbouw nader toe.

3.1. Bodemopbouw

De bodemopbouw in het gebied is variabel. Aan de oostelijke zijde bevindt zich de stroomrug van de Oude Rijn, waardoor de zandlaag ondiep ligt (ca. NAP -3,0 m). Richting het noordwesten ligt de zandlaag steeds dieper. In de meest noordwestelijke 300 m van het projectgebied bevindt zich een veenlaag met een dikte van circa 2 à 3 m.

Voor de kadevakken 039-042-00016 en 039-042-00017 is een maatgevende bodemopbouw bepaald. Hierbij is gebruik gemaakt van het grondonderzoek [8] en gegevens afkomstig uit DINOloket. Het grondonderzoek uit de toetsing is opgenomen in het DINOloket en is dus eveneens gebruikt. De onderbouwing van de bodemopbouw is in bijlage A beschreven.

3.2. Sterkteparameters

Ten behoeve van de ontwerpwerkzaamheden worden de (generieke) geotechnische parameters uit de SOR II [1] gehanteerd. Er worden geen specifieke grondparameters op basis van labonderzoek bepaald per polder. Wel worden de volumegewichten van de boringen bepaald om zo een betere bodemclassificatie uit te voeren.

De geotechnische parameters uit de SOR II gelden als invoer voor de D-Geo Stability en D-Sheet Piling berekeningen. In tabel 8 en tabel 9 is een overzicht van deze parameters opgenomen. De specifiek voor D-Sheet Piling geldende parameters zijn afkomstig uit de handreiking beschoeiing [9]. Voor een binnentalud van veen moet conform de SOR II uit worden gegaan van een waterstand 30 cm onder maaiveld en daarboven een 30 cm dikke toplaag van veraard veen van 13 kN/m³. Eenzelfde eis wordt gehanteerd voor veen in het achterland direct aan het maaiveld.

Tabel 8: Rekenwaarden van sterkte-eigenschappen voor grondsoorten voor kades zonder constructieve elementen

Grondsoort	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
veen>300%	10,3	10,3	20,0	2,0
veen<300%	11,4	11,4	20,0	2,0
veraard veen	13,0	13,0	20,0	2,0
humeuze klei (<14kN/m ³)	13,3	13,3	25,5	1,4
siltige klei (>14kN/m ³ en <16,5kN/m ³)	15,4	15,4	26,8	2,8
zandige klei (>16,5kN/m ³)	17,7	17,7	30,8	1,5
zand	18,0	20,0	32,5	0,0
basisveen	12,0	12,0	20,0	2,0
pleistoceen zand	18,0	20,0	32,5	0,0

Tabel 9: Karakteristieke waarden van sterkte-eigenschappen voor grondsoorten voor kades met constructieve elementen

Grondsoort	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	δ [°]	Schelpfactor [-]	k1 [kN/m ³]	k2 [kN/m ³]	k3 [kN/m ³]
veen>300%	10,3	10,3	15,8	1,0	0	1,3	1.000	500	250
veen<300%	11,4	11,4	15,8	1,0	0	1,3	1.000	500	250
veraard veen	13,0	13,0	15,8	1,0	0	1,3	1.000	500	250
humeuze klei (<14kN/m ³)	13,3	13,3	19,8	2,5	9,9	1,3	2.000	800	500
siltige klei (>14kN/m ³ en <16,5kN/m ³)	15,4	15,4	20,6	2,5	13,7	1,5	4.000	2.000	800
zandige klei (>16,5kN/m ³)	17,7	17,7	28,9	2,0	19,3	1,5	4.000	2.000	800
Zand	18,0	20,0	32,5	0,0	21,7	2,0	12.000	6.000	3.000
Basisveen	12,0	12,0	15,8	1,0	0	1,3	1.000	500	250
pleistoceen zand	18,0	20,0	32,5	0,0	21,7	2,0	20.000	10.000	5.000

3.3. Sterkteparameters aanvulmaterialen

De rekenwaarden van de sterkteparameters van de aanvulmaterialen zijn voor ophoogklei gebaseerd op de SOR II [1] en voor ophoogzand op Eurocode 7 [4], zie tabel 10 voor het overzicht van de aanvulmaterialen.

Tabel 10: Rekenwaarden van de sterkteparameters voor aanvulmaterialen

Grondsoort	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ'_d [°]	c'_d [kPa]
Ophoogklei	17,0	17,0	16,9	1,5
Ophoogzand	17,0	19,0	26,7	0



4 Aanbevelingen VO-fase

In dit document zijn de uitgangspunten voor de kadeverbetering Gnephoek beschreven. Bij het opstellen van de uitgangspunten zijn een aantal variaties in de eigenschappen van de kade aangetroffen. Het gaat om de onderstaande variaties:

- De bodemopbouw in kadevak 16 is niet uniform. In het oosten bevindt zich een tussenzandlaag en zijn kleilagen met een hoog volumegegewicht aanwezig. In het oostelijk deel is deze tussenzandlaag dunner of geheel afwezig, en bevinden zich veenlagen met een dikte van 2-3 m. Ook zijn hier humeuze kleilagen aangetroffen.
- Kadevak 17 heeft variatie in geometrie. De meeste zuidelijke 40 m bestaat uit een smalle kade met steil binnentalud, en is vergelijkbaar met kadevak 16. Het noordelijke deel is zeer breed (10 tot 40 m) en heeft een flauwer binnentalud.
- De kop van de Gemeenlandsche Watering (kadevak 219-042-00002) wordt gezamenlijk met kadevak 17 beschouwd. Dit gedeelte heeft echter enkele uitgangspunten die afwijken van kadevak 17. De bodemopbouw ter plaatse is minder gunstig, er is een relatief grote kruinophoging benodigd, en er bevindt zich een inlaat in de kade. Daarnaast betreft het een korte strekking met een kopsloot, waardoor mogelijk andere oplossingen toegepast kunnen worden dan in kadevak 17.

Geadviseerd wordt de kadevakken in het voorontwerp op te splitsen op basis van deze variaties. Dit leidt voor een aantal strekkingen tot een minder conservatieve schematisering, en daarmee mogelijk een minder omvangrijk verbeterontwerp. Indien deze splitsing wordt uitgevoerd, verdient het aanbeveling deze te plaatsen bij sondering S03. Dit is de meest westelijk gelegen onderzoeksraai waarbij geen veen is aangetroffen.

Een aandachtspunt is de stijghoogte in de tussenzandlaag in het oosten van de strekking. Er zijn geen gegevens over de stijghoogte in deze laag bekend. Het is mogelijk dat in deze laag een grotere stijghoogte heerst dan in de pleistocene zandlaag. Dit kan leiden tot opbarsten of opdrijven van de deklaag, wat negatieve gevolgen heeft voor de stabiliteit. Geadviseerd wordt de stijghoogte in de tussenzandlaag nader te onderzoeken doormiddel van peilbuizen. Tevens wordt aanbevolen na te gaan bij de beheerders of er in het verleden natte plekken zijn waargenomen in het gebied. Dit kan erop wijzen dat er kwel optreedt door de tussenzandlaag.



Referenties

- [1] Hoogheemraadschap van Rijnland, Rijnlandse SOR systematiek Deel II – Objectspecifiek, april 2017
- [2] Hoogheemraadschap van Rijnland, SORIII Landlustweg – Alphen aan den Rijn, 16 juni 2020
- [3] Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen, STOWA, 2015
- [4] Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-2 Eurocode Geotechnisch ontwerp – Deel 2 Grondonderzoek en beproeving, CER, 1 december 2011
- [5] Grontmij Nederland B.V., A1034163 - toetsrapport Gnephoek, 28 februari 2012
- [6] Iv-Infra, Scopebepaling kadeverbetering Gnephoek. INFR200347 N-01, 7 augustus 2020.
- [7] Iv-Infra, Varianten kadeverbetering Gnephoek. INFR200347 N-03, 27 november 2020.
- [8] Geosonda, Grondonderzoek kadeverbetering Gnephoek, december 2020
- [9] Handreiking beschoeiingen en damwanden in regionale keringen, HHR, februari 2017
- [10] E-mail, Uitgangspuntennota Schetsontwerp – Gnephoek, Patrick Oliehoek, 27 januari 2021.
- [11] E-mail, RE: Uitgangspuntennota Gnephoek | Polderpeil 219-042-00002, Patrick Oliehoek, 8 februari 2021.



Bijlagen

A. Maatgevende bodemopbouw



A. Maatgevende bodemopbouw per kadevak

In de onderstaande paragrafen is de onderbouwing van de bodemopbouw voor kadevakken 16 en 17 nader toegelicht. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- 1 De maatgevende bodemopbouw is bepaald uit een combinatie van het door Geosonda uitgevoerde grondonderzoek [1] en gegevens uit het DINOloket [4].
- 2 Bij de strekkingen met teensloot zijn de boringen bij de teen niet uitgevoerd. Dit is te wijten aan de aanwezigheid van puin en kabels en leidingen. Waar mogelijk zijn deze boringen over een korte afstand verplaatst naar een locatie zonder teensloot.
- 3 De classificatie van de boringen in combinatie met de volumegewichten en watergehaltes uit het labonderzoek is vergeleken met de benaming uit de proevenverzameling van de SOR II [2]. Op basis van deze vergelijking is de keuze per snede gemaakt.
- 4 De basisveen- en pleistocene laag zijn ingeschat op basis van de sonderingen.

In het projectgebied is een duidelijke tweedeling zichtbaar. In het oosten bevindt zich een stroomrug van de Oude Rijn. In dit gedeelte is een dikke tussenzandlaag aanwezig, met daarboven zware kleilagen. In het westelijk deel is juist sprake van dikke (> 3 m) veenlagen. Een aandachtspunt is dat de stijghoogte in de tussenzandlaag in het oostelijk deel onbekend is. Als deze stijghoogte hoog is, bestaat er mogelijk risico op opbarsten. Dit heeft een negatieve invloed op de binnenwaartse stabiliteit. Gezien de grote dikte van de veenlagen in het westelijke deel is het echter niet aannemelijk dat de maatgevende bodemopbouw zich bij deze tussenzandlaag bevindt. Deze is daarom bepaald aan de hand van de ligging en dikte van de veenlaag.

A.1. Kadevak 16

Kadevak 16 bevat twee raaien met grondonderzoek waarin een veenlaag voorkomt. De maatgevende raai ligt bij de boringen B31C1450 en B31C1449 uit het DINOloket. Bij deze raai ligt de bovenkant van de veenlaag het hoogst. Deze boringen corresponderen met boringen BP-02,80Kr en BP02-80,Bt uit de toetsing [3]. Uit de toetsing is labonderzoek van de veenlagen in deze boringen beschikbaar.

In de boring in de kruin zijn twee veenlagen aangetroffen, gescheiden door een dunne kleilaag. De bovenste van deze veenlagen een volumegewicht van $13,1 \text{ kN/m}^3$, hetgeen meer overeenkomt met humeuze klei. In de boring in het achterland is op hetzelfde niveau eveneens humeuze klei aangetroffen. Dit beeld correspondeert met andere grondonderzoeksraaien, waar eveneens een humeuze kleilaag boven het veen aanwezig is.

Op grond van dit algemene beeld van het gebied en het volumegewicht van de betreffende laag, zijn de bovenste veenlaag en de siltige kleilaag als één humeuze kleilaag geschematiseerd.

Van de kleilagen zijn geen volumegewichten bekend. De grondsoorten van deze lagen zijn ingeschat aan de hand van de boorbeschrijvingen, en een vergelijking met de nabijgelegen boringen waarbij wel volumegewichten van de kleilagen zijn bepaald.



De boring in de kruin is uitgevoerd tot NAP -8,02 m. Uit de nabijgelegen sonderingen blijkt dat de zandlaag in de boring niet de Pleistocene zandlaag is, deze ligt namelijk op circa NAP -11,5 m. Uit de sonderingen blijkt tevens dat deze laag uit zandige klei bestaat. In de boring is deze ook geclassificeerd als uiterst siltig. Deze laag is als zandige klei geschematiseerd, zodat deze in overeenstemming is met het algemene beeld van het gebied, en de boring in de teen. De grondlagen onder deze laag zijn geschematiseerd conform S05, de meest nabijgelegen sondering.

Kruin: B31C1450	Bovenkant laag [m+ NAP]	Onderkant laag [m+ NAP]	Dikte [m]
Zand	-0,02	-0,42	0,40
Siltige klei	-0,42	-2,42	2,00
Humeuze klei	-2,42	-3,82	1,40
Veen > 300%	-3,82	-5,12	1,30
Siltige klei	-5,12	-5,82	0,70
Zandige klei	-5,82	-8,02	2,2
Siltige klei	-8,02	-11	2,98
Basisveen	-11	-11,5	0,5
Pleistoceen zand	-11,5	-	-

Achterland: B31C1449	Bovenkant laag [m+ NAP]	Onderkant laag [m+ NAP]	Dikte [m]
Siltige klei	-1,56	-2,26	0,70
Humeuze klei	-2,26	-3,76	1,50
Veen > 300%	-3,76	-4,96	1,20
Siltige klei	-4,96	-5,96	1,00
Zandige klei	-5,96	-8,02	2,06
Siltige klei	-8,02	-11,00	2,98
Basisveen	-11,00	-11,50	0,50
Pleistoceen zand	-11,50	-	-

A.2. Kadevak 17

Kadevak 17 bevat twee raaien met grondonderzoek. De raai van sondering S06 is qua bodemopbouw maatgevend door de dikte van de veenlaag en de hogere ligging van deze laag. Gekozen is echter voor het schetsontwerp de bodemopbouw ter plaatse van sondering S05 te hanteren, om de volgende redenen:

- De maatgevende geometrie bevindt zich nabij S05
- De kering bij S05 is verhard, waardoor een hogere verkeersbelasting geldt dan bij de raai van S06
- De raai van S06 ligt bij de kop van de Gemeenlandsche Watering. In het achterland bevindt zich een kopsloot, het betreft hier dus een kort stukje kade. Bij S05 bevindt zich een langere strekking met teensloot, waardoor deze locatie representatiever is voor het schetsontwerp.



Afhankelijk van de resultaten bij het schetsontwerp kan in een later ontwerpstadium gekozen worden om voor de kopsloot een ander ontwerp op te stellen met de representatieve parameters. De gekozen uitgangspunten kunnen tevens bij het afleiden van de schematiseringsfactor worden getoetst.

De grondsoorten in de boring zijn geschematiseerd aan de hand van de boorbeschrijving en de resultaten van het labonderzoek. De volumegewichten komen goed overeen met de volumegewichten uit de SORII.

De volumegewichten uit het labonderzoek van HB11 laat zien dat er twee typen veen aanwezig zijn. Het bovenste gedeelte van de veenlaag is meer kleiig en heeft een hoger volumegewicht. Hetzelfde beeld is zichtbaar in de raai van S06. Ook de sondeerresultaten wijzen op deze tweedeling. Vanaf een diepte van circa NAP -4,2 m heeft het wrijvingsgetal een waarde die overeenstemt met veen, terwijl in de boringen al vanaf circa NAP -2 tot -3 m veen wordt aangetroffen. Vermoedelijk is de bovenste veenlaag dermate kleiig dat deze in de sonderingen niet duidelijk als veen herkenbaar is.

In boring HB11 is de overgang tussen veen <300% en veen >300% niet duidelijk herleidbaar. Deze scheiding is daarom conform sondering S05 geschematiseerd op NAP -4,2 m.

In sondering S05 is de laagopbouw boven de veen <300% laag niet duidelijk zichtbaar. De overgang tussen veen <300% en humeuze klei is daarom gebaseerd op boring HB11. De lagen hierboven zijn geschematiseerd aan de hand van de voorboring.

De diepere lagen van HB11 zijn geschematiseerd op basis van S05. Hierbij is de onderste zandlaag conform de sondering als zandige klei geschematiseerd.

Kruin: S05 + HB11	Bovenkant laag [m+ NAP]	Onderkant laag [m+ NAP]	Dikte [m]
Zand	-0,09	-0,69	0,60
Siltige klei	-0,69	-2,09	1,40
Humeuze klei	-2,09	-2,98	0,89
Veen < 300%	-2,98	-4,20	1,22
Veen > 300%	-4,20	-5,30	1,10
Siltige klei	-5,30	-6,00	0,70
Zandige klei	-6,00	-7,00	1,00
Siltige klei	-7,00	-11,00	4,00
Basisveen	-11,00	-11,50	0,50
Pleistoceen zand	-11,50	-	-



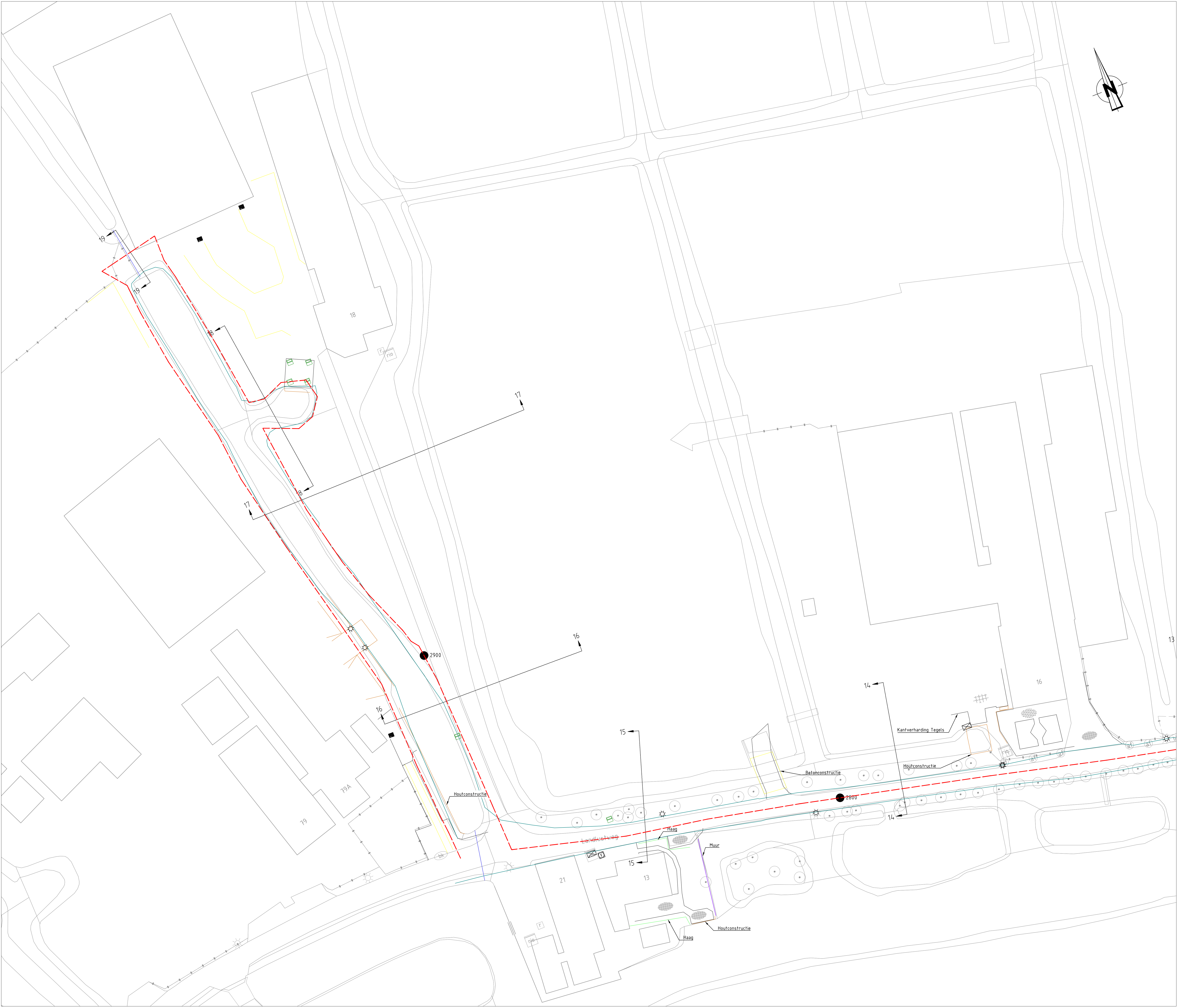
Achterland: HB11	Bovenkant laag [m+ NAP]	Onderkant laag [m+ NAP]	Dikte [m]
Humeuze klei	-1,18	-2,98	1,80
Veen < 300%	-2,98	-4,20	1,22
Veen > 300%	-4,20	-5,68	1,48
Siltige klei	-5,68	-6,68	1,00
Zandige klei	-6,68	-7,00	0,32
Siltige klei	-7,00	-11,00	4,00
Basisveen	-11,00	-11,50	0,50
Pleistoceen zand	-11,50		-

Referenties

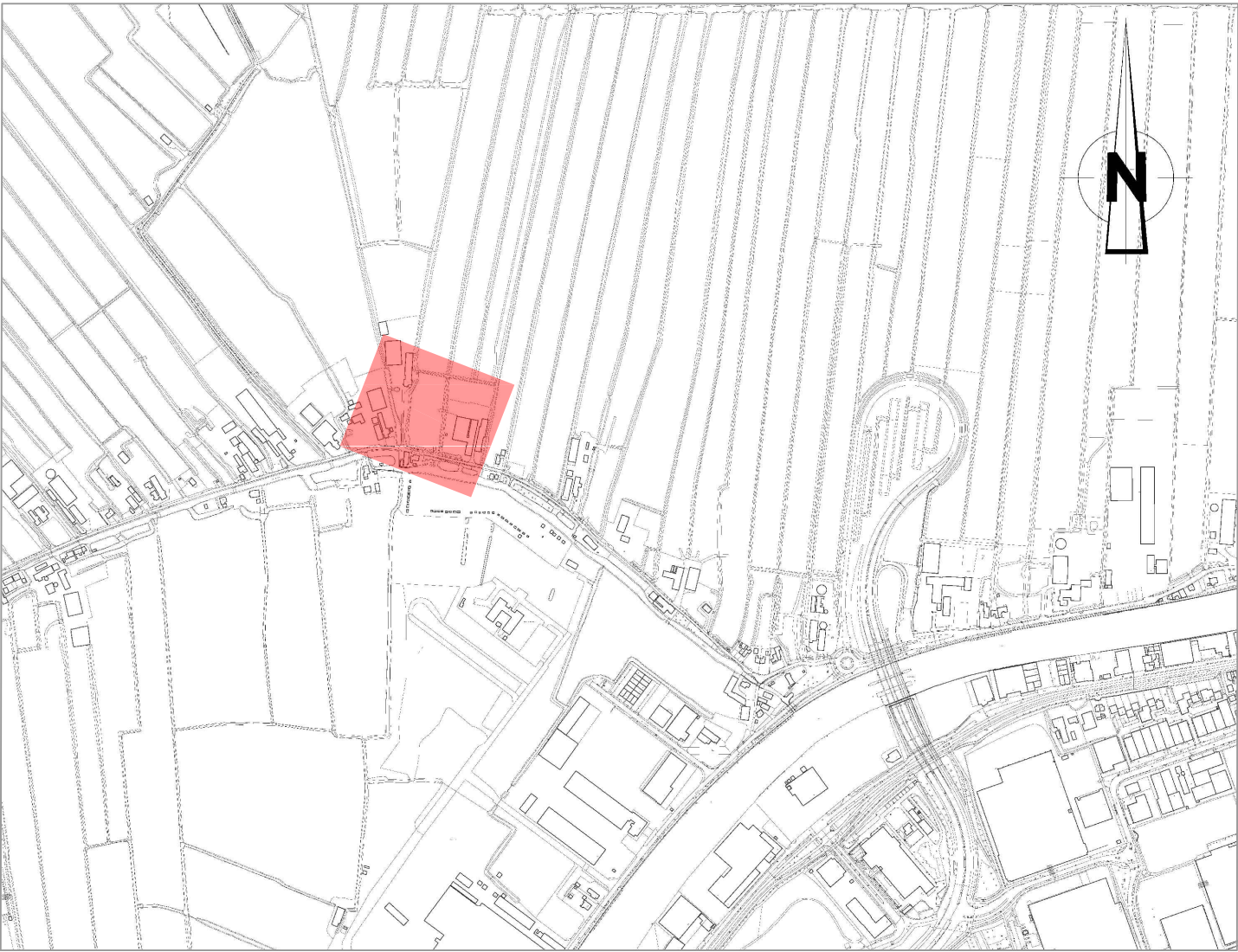
- [1] Geosonda, Grondonderzoek kadeverbetering Gnephoek, december 2020
- [2] Hoogheemraadschap van Rijnland, Rijnlandse SOR systematiek Deel II – Objectspecifiek, april 2017
- [3] Grontmij Nederland B.V., A1034163 - toetsrapport Gnephoek, 28 februari 2012
- [4] TNO, DINoloket, www.dinoloket.nl



B. Ingemeten dwarsprofielen



Bovenaanzicht
Schaal 1:250



Overzicht
Schaal 1:10000

- Legenda**
- Brievbus
 - Kast
 - Rioolput
 - Lantaarnpaai
 - Boon
 - Klinker bestrating
 - Tegel bestrating
 - Onverhard terrein
 - Straatkolk
 - Lengteprofiel
 - Leggerlijn
 - Duker
 - Hectometring
 - Haag
 - Constructie Hout
 - Constructie Beton

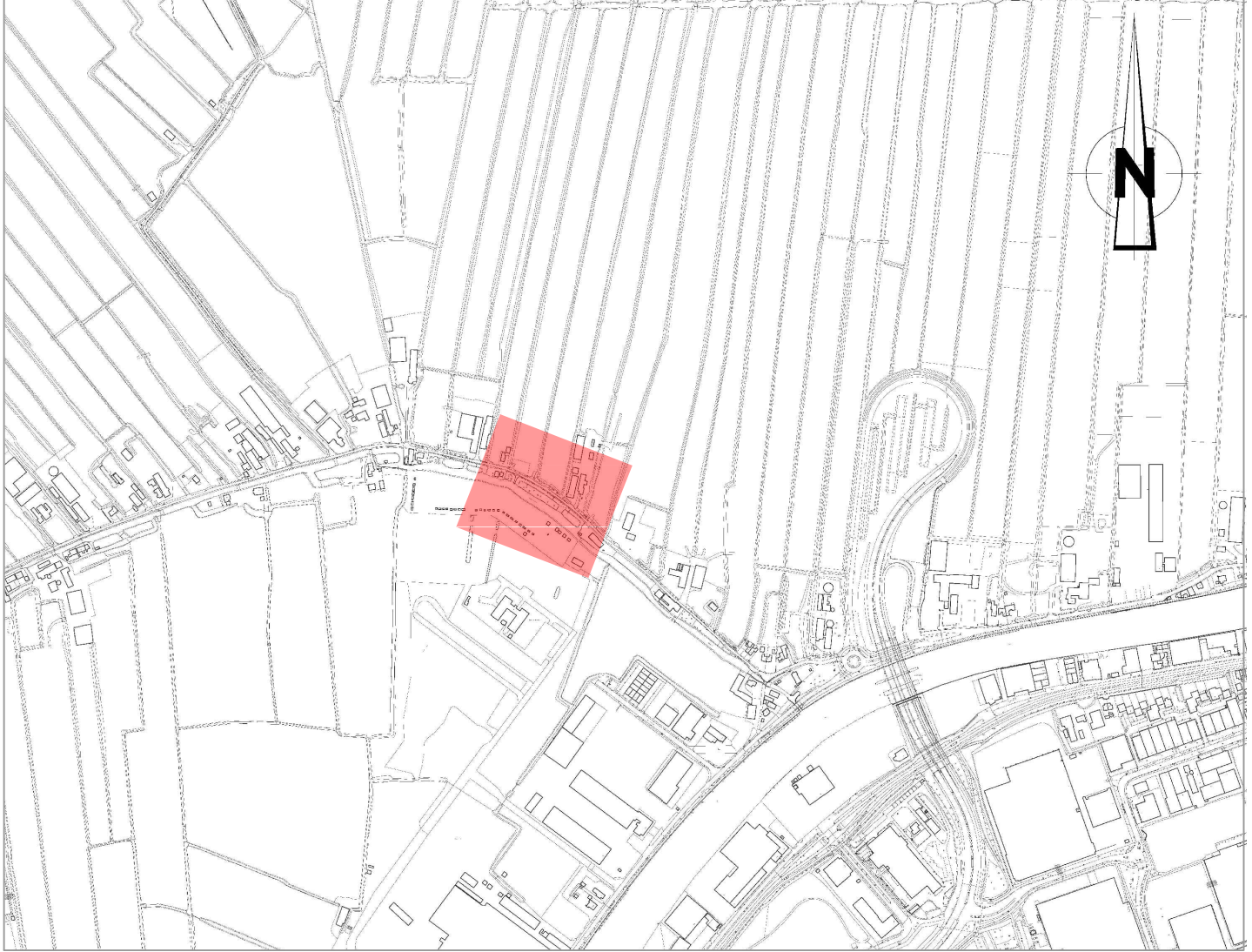
Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P

00	12-01-2021	Concept		SKL	JS	ES
REV.	DATE	OPMERKINGEN	GEKOORD	GEKOORD	GEKOORD	GEKOORD
OPDRACER			Hoogheemraadschap van Rijnland			
PROJECT			Kadeverbetering Gnephoek			
ONDERDEEL			Bovenaanzicht Inmeettekening			
VERSIJ			SD			
DATE			14-12-2020			
GEKOORD			S. Klarenbeek			
STATUS			Concept			
SCHAA			1:250			
FORMAAT			A0			
PROJECT			INFR200347			
TEKENING			102			
BLADNR			1 van 9			



Bovenaanzicht
Schaal 1:250



Overzicht
Schaal 1:10000

- Legenda**
- Brievbus
 - Kast
 - Rioolput
 - Lantaaripaal
 - Boom
 - Klinker bestrating
 - Tegel bestrating
 - Onverhard terrein
 - Straatkolk
 - Langteprofiel
 - Leggerlijn
 - Duker
 - Hectometring
 - Haag
 - Constructie Hout
 - Constructie Beton

Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P.

00	12-01-2021	Concept		SKL	JS ES
REV.	DATA	OPMERKINGEN	REVISE	GETEKEND	GECONTR. GEZEEN
OPDRAGGEVER					
Hoogheemraadschap van Rijnland					
			Hoogheemraadschap van Rijnland		
PROJECT			Kadeverbetering Gnephoek		
			.		
ONDERDEEL			Bovenaanzicht Inmeettekening		
			.		
			.		
			.		
			.		
VERSIJ			SD		
DATA			14-12-2020		
GETEKEND			S. Klarenbeek		
STATUS			Concept		
DIT PLAN IS GEFABRICIEERD VOOR DE TOEGANG TOT HET PUBLIEKE RUIMTE. ALLE RECHTEN VOOR DE TOEGANG TOT HET PUBLIEKE RUIMTE ZIJN VOORBEHOUDEN.			FORMAAT: A0		
PROJECTNR.			INFR200347		
TEKENINGNR.			102		
BLADNR.			2 van 9		



Bovenaanzicht
Schaal 1:250



Overzicht
Schaal 1:5000

- Legenda**
- Brievbus
 - Kast
 - Rioolput
 - Lantaaripaal
 - Boom
 - Klinker bestrating
 - Tegel bestrating
 - Onverhard terrein
 - Straatkolk
 - Langteprofiel
 - Leggerlijn
 - Duker
 - Hectometerring
 - Haag
 - Constructie Hout
 - Constructie Beton

Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P

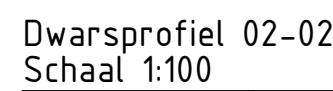
00	12-01-2021	Concept	SKL	JS	ES
REV.	DATE	OPMERKINGEN/REVISIE	GETEKEND	GECONTR.	GEZEN
OPDRAGGEVER			Hoogheemraadschap van Rijnland		
					
			Hoogheemraadschap van Rijnland		
PROJECT			 iv-infra b.v. Troostum 322 3944 DL Stadrecht Nederland T +31 88 943 3200 www.iv-infra.nl		
Kadeverbetering Gnephoek					
.					
.					
.					
ONDERDEEL					
Bovenaanzicht Inmeettekening					
.					
.					
.					
VERSIJ			SD		
DATE			14-10-2020		
GECONTROLEERD			J. Schenker		
GETEKEND			S. Klarenbeek		
GEZEN			E. Smoens		
STATUS			SCHAAL: 1:500		
Concept			FORMAAT: A0		
BLADNR.			3 van 9		



- Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P

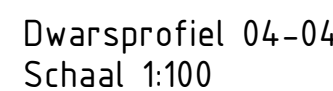
[illegible]

[illegible]

Bestaand	Hoogte	-0.881	-0.463	-0.094	0.037	0.123	-0.107	-0.158	-0.205
	Afstand	-0.1655	-0.369	-0.0614	-0.0053	-0.567	-0.945	-0.661	-0.533



Bestaand	Hoogte	6,764	-1,227	0,891	0,007	-0,172	0,111	0,039	-0,052	-0,146	-0,184
	Afstand	6,764	-0,959	0,891	0,007	-0,172	0,111	0,039	-0,052	-0,146	-0,184



Bestaand	Hoogte	Afstand
	1.363 0.633 0.624 0.534 0.055 0.504 0.102 0.007 0.036 0.036 0.027 0.798 0.789 2.374 3.011 2.745 2.5 1.093 1.116	0.633 0.624 0.534 0.055 0.504 0.102 0.007 0.036 0.036 0.027 0.798 0.789 2.374 3.011 2.745 2.5 1.093 1.116

[illegible]

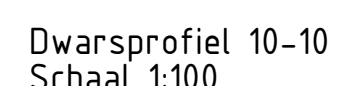
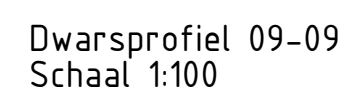
Legenda

	Maaiveld
	Waterlijn
	Leggerlijn
	Verharding Klinkers
	Verharding Asfalt

Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P

[illegible]



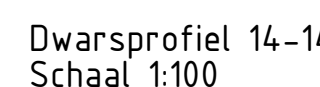
Legenda

- Maaveld
- Waternlijn
- Leggerlijn
- Verharding Klinkers
- Verharding Asfalt

Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P

[illegible]



Legenda

	Maaiveld
	Waterlijn
	Leggerlijn
	Verharding Klinkers
	Verharding Asfalt

Opmerkingen:

- Maten in meters tenzij anders vermeld
- Hoogte maten in meters t.o.v. N.A.P

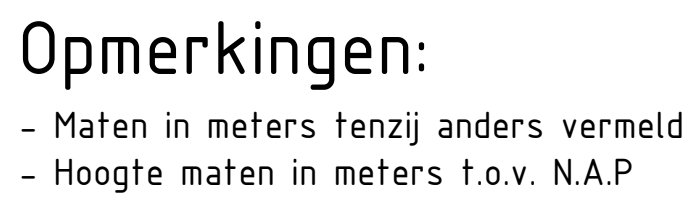
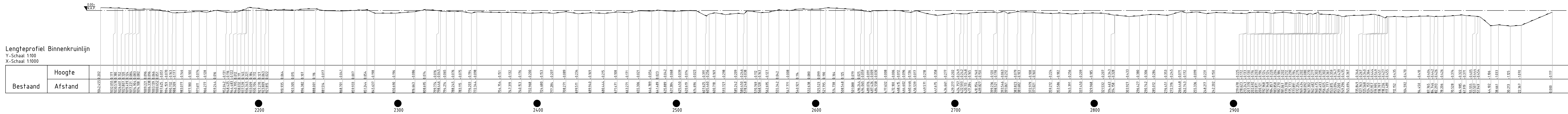
[illegible]



- ## Legenda

Opmerkingen:

K:\Acad\01 SO\INFR200347_T-102-00_inmeet.dwg





C. Locaties ingemeten profielen en grondonderzoek

Kadeverbetering Gnephoek

INFR200347

08-01-2021

Locaties dwarsprofielen
en grondonderzoek

Legenda

— Ingemeten profielen

Grondonderzoek

● Boring

▼ Sondering

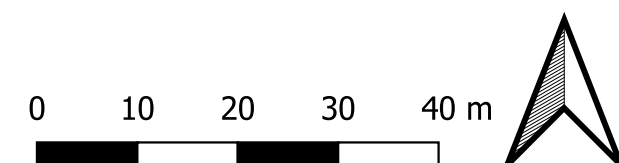
Kadevakken

— 039-042-00016

— 039-042-00017

— 078-042-00002

— 219-042-00002



Hoogheemraadschap van
Rijnland





Kadeverbetering Gnephoek

INFR200347
08-01-2021

Locaties dwarsprofielen
en grondonderzoek

Legenda

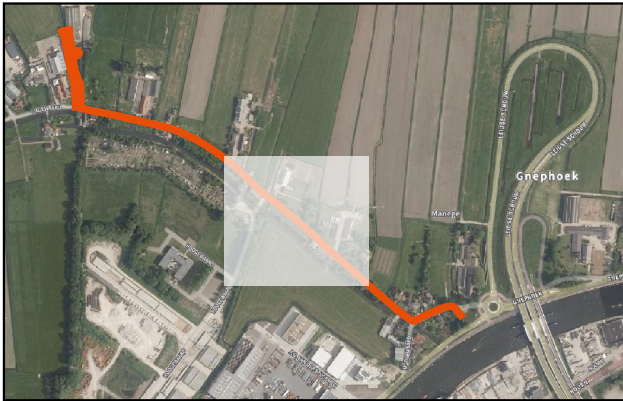
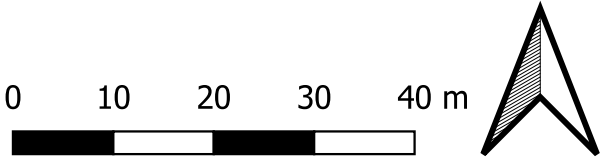
— Ingemeten profielen

Grondonderzoek

- Boring
- ▼ Sondering

Kadevakken

- 039-042-00016
- 039-042-00017
- 078-042-00002
- 219-042-00002



Hoogheemraadschap van
Rijnland





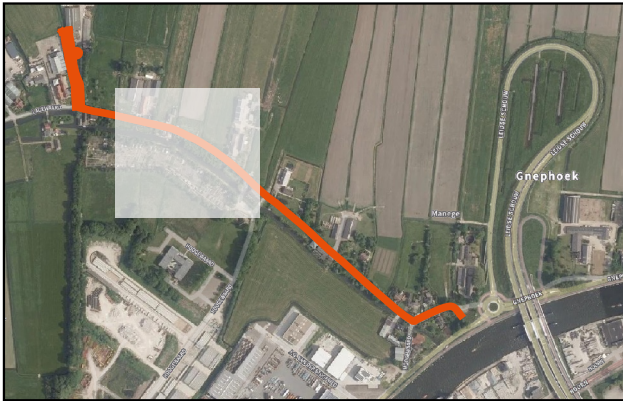
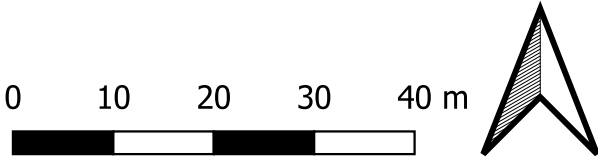
Kadeverbetering Gnephoek

INFR200347
08-01-2021

Locaties dwarsprofielen
en grondonderzoek

Legenda

- Ingemeten profielen
- Grondonderzoek
 - Boring
 - ▼ Sondering
- Kadevakken
 - 039-042-00016
 - 039-042-00017
 - 078-042-00002
 - 219-042-00002



Hoogheemraadschap van
Rijnland



Kadeverbetering Gnephoek

INFR200347

08-01-2021

Locaties dwarsprofielen
en grondonderzoek

Legenda

— Ingemeten profielen

Grondonderzoek

● Boring

▼ Sondering

Kadevakken

— 039-042-00016

— 039-042-00017

— 078-042-00002

— 219-042-00002

0 10 20 30 40 m



Hoogheemraadschap van
Rijnland





Hoogheemraadschap van
Rijnland



Waarderweg 40
2031 BP Haarlem
Nederland

Pettelaarpark 10-15
5216 PD 's-Hertogenbosch
Nederland

Nevelgaarde 10
3436 ZZ Nieuwegein
Nederland

iv-Infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
Nederland

Telefoon +31 88 943 3200

Trompstraat 36a
9190 Stekene
België

Westervoortsedijk 73
Gebouw CB
6827 AV Arnhem
Nederland

Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
www.iv-infra.nl