



Waterhuishoudkundig plan

**Geohydrologie en ophoogadvies Slingerbos -
Ophemert**

projectnummer 406653
definitief revisie 04
27 juli 2016

Waterhuishoudkundig plan

Geohydrologie en ophoogadvies Slingerbos - Ophemert

projectnummer 406653
documentnummer 406653_WHK_002
definitief revisie 04
27 juli 2016

Auteurs

N.J. IJsseldijk
R.H.G. Broekhuis

Opdrachtgever

Gemeente Neerijnen
Postbus 30
4180 BA Waardenburg

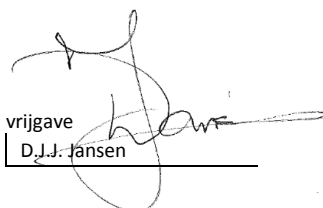
datum vrijgave
27 juli 2016

beschrijving revisie 04
definitief

goedkeuring
A.J.C. van Beek



vrijgave
D.J.J. Jansen



Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Locatie	1
1.3	Doel	2
1.4	Aanpak	2
2	Huidige situatie	3
2.1	Maaiveldhoogte	3
2.2	Bodemopbouw	4
2.3	Weerstand deklaag	7
2.4	Oppervlaktewater	8
2.5	Grondwaterstanden	10
2.6	MORIA berekeningen huidige situatie	11
2.6.1	Verfijning MORIA	11
2.6.2	Uitkomsten MORIA bij gemiddelde situatie	12
2.6.3	Uitkomsten MORIA bij hoogwater	14
2.7	Waterkering	17
3	Programma van Eisen	19
4	Ophoogadvies Slingerbos	23
4.1	Bepaling minimale maaiveldhoogte	23
4.2	Bepaling minimale dikte ophooglaag	23
4.3	Ophoging in relatie tot zettingen	23
4.4	Ruimtebeslag ophoging	25
5	Watercompensatie	26
5.1	Dempen van watergangen	26
5.2	Toename verhard oppervlak	26
5.3	Benodigde watercompensatie	26
5.4	Compensatie binnen het plangebied	27
5.5	Buiten plangebied	27
6	Oplossingsrichtingen waterhuishouding Slingerbos	29
6.1	Inleiding	29
6.2	Oplossingsrichting 1: In stand houden huidige waterstructuur	29
6.3	Oplossingsrichting 2: Aanbrengen watergang tussen bestaand en nieuw bebouwd gebied	31
7	MORIA-toetsing oplossingsrichtingen	33
7.1	Toetsing oplossingsrichting 1	33
7.1.1	Doorgevoerde wijzigingen in MORIA model	33

7.1.2	Uitkomsten MORIA-berekening	33
7.2	Oplossingsrichting 2	36
7.2.1	Uitkomsten MORIA oplossingsrichting 2	36
7.3	Conclusie MORIA toetsingen	38
8	Doorkijk riolering Slingerbos	39
9	Conclusies en aanbevelingen fase 1	40
9.1	Minimale ophoging	40
9.2	Oplossingsrichting 1	40
9.3	Oplossingsrichting 2	41
9.4	Watercompensatie buiten het plangebied	41
9.5	Aanbeveling voor vervolg	42
10	Doorkijk fase 2	43

Bijlage 1 Inmetingen plangebied

Bijlage 2 Tekeningen oplossingsrichtingen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Neerijnen is voornemens om ten oosten van de kern Ophemert woningbouw te realiseren, plan Slingerbos. Dit gebied is gelegen op korte afstand van de rivier de Waal. Door deze geografisch ligging in combinatie met de grondslag en het Nederlandse klimaat is de kans op (grond)water overlast in het plangebied reëel aanwezig.

Doordat de waterhuishouding van het gebied nog onvoldoende is belicht, heeft de gemeente Neerijnen aan Antea Group opdracht verleend om de waterhuishouding beter in kaart te brengen. Het doel van dit waterhuishoudkundig plan, is komen tot een ophoogadvies voor het plangebied en het ontwerpen van een robuust, goed functionerend en inpasbaar (hemel)watersysteem. Conform de richtlijn van waterschap Rivierenland worden hiervoor berekeningen uitgevoerd met het 3D-grondwatermodel MORIA. Ten behoeve van de toekomstige situatie worden op verzoek van de opdrachtgever 2 varianten meegenomen (zie hoofdstuk 6 en 7).

Door de opdrachtgever is aangegeven dat enkel fase 1 van het plan beschouwd dient te worden. Wel volgt een korte doorkijk naar fase 2. De planuitwerking van fase 2 wordt mogelijk in een later stadium uitgevoerd.

1.2 Locatie

De projectlocatie fase 1 is gelegen in de gemeente Neerijnen ten oosten van de kern van Ophemert tussen de Molenstraat en de Waalbandijk ter hoogte van dijkpaal TG056 en nabij de oppervlaktewateren De Waal en De Kil. Het plangebied is gelegen in het beheergebied van waterschap Rivierenland. Een overzicht van fase 1 van het plangebied is weergegeven in onderstaande figuur. Fase 2 is direct ten zuiden van fase 1 gelegen.



Figuur 1: locatie plangebied fase 1 (bron: Esri Nederland & Community Maps Contributors)

Het plangebied is in de huidige situatie, op een woning met bijgebouwen in het noorden na, volledig onverhard en in gebruik als landbouwgebied. Het plangebied heeft een oppervlak van circa 2,8 hectare. Door de ligging naast de Waal in combinatie met de aanwezigheid van zandbanen is de locatie kwelgevoelig.

1.3 Doel

Het doel van de opdracht is om voor het plangebied een ophoogadvies op te stellen met daarbij het ontwerp van een robuust, goed functionerend en inpasbaar stedelijk watersysteem. Voorkomen dient te worden dat aanpassingen in het plangebied leiden tot een verslechterde waterhuishoudkundige situatie binnen en buiten het plangebied.

1.4 Aanpak

Het onderhavige groeidocument is als volgt opgebouwd:

1. Inleiding
2. Beschrijving huidige situatie
3. Programma van eisen (PVE)
4. Ophoogadvies
5. Watercompensatie
6. Oplossingsrichtingen waterhuishouding Slingerbos
7. Moria-toetsing oplossingsrichtingen
8. Doorkijk riolering
9. Conclusie en aanbevelingen fase 1
10. Doorkijk fase 2

In hoofdstuk twee is ingegaan op de huidige situatie, waarbij is ingezoomd op de geohydrologische en hydrologische situatie. De huidige grondwatersituatie is onderbouwd met berekeningen in MORIA.

In het derde hoofdstuk is het programma van eisen opgenomen. Dit programma is vastgesteld door gemeente en waterschap.

In het vierde hoofdstuk is aan de hand van de MORIA toetsing van de huidige situatie en drainageberekeningen het ophoogadvies opgesteld.

In het vijfde hoofdstuk is de benodigde watercompensatie bepaald en de wijze, waarop deze compensatie gerealiseerd kan worden, beschreven.

Op basis van de hoofdstukken 2 t/m 6 is gekomen tot twee oplossingsrichtingen die uitgaan van het principe "(geo)hydrologisch neutraal bouwen". De watercompensatie vindt plaats binnen het plangebied.

In hoofdstuk 7 is middels MORIA berekeningen aangetoond dat deze oplossingsrichtingen niet leiden tot verslechterde (geo)hydrologische situatie in de omgeving van het plangebied.

In hoofdstuk 8 is een doorkijk gegeven voor de aanleg van riolering in het plangebied.

De conclusies en aanbevelingen voor fase 1 zijn opgenomen in hoofdstuk 9. Op basis van de uitwerking van fase 1 is een doorkijk gegeven voor fase 2. Deze doorkijk is opgenomen in hoofdstuk 10.

2 Huidige situatie

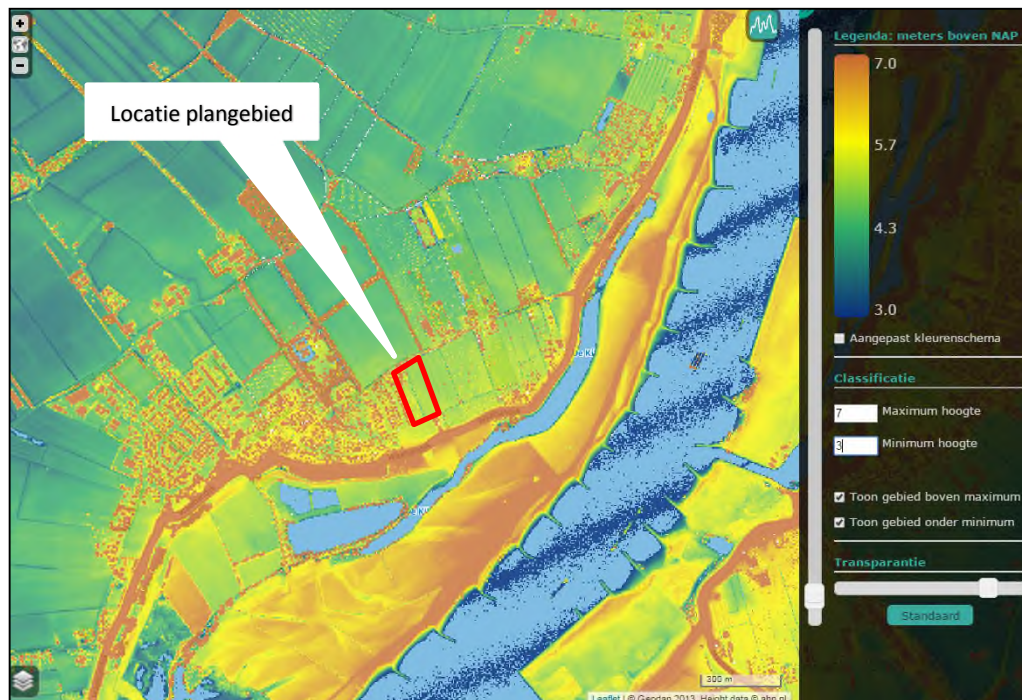
Voor het opstellen van dit document zijn de bodemopbouw en de geohydrologische situatie geïnventariseerd.

Hiervoor zijn volgende bronnen geraadpleegd

- Algemene Hoogtekaart Nederland
- REGIS II, TNO (www.dinoloket.nl)
- Boringen en grondwaterputten van het DINOloket, TNO, 2015
- Bodemonderzoeken
 - verkennend bodemonderzoek (Boot Organiserend Ingenieursbureau, Ophemert/Slingerbos, d.d. 06-11-2009)
 - archeologisch onderzoek (ADC ArcheoProjecten, Ophemert/Slingerbos, d.d. 25-11-2010)
 - aanvullende boringen Antea Group
- Terrein inmetingen en inmetingen aan het watersysteem
- MORIA-model, aangeleverd door waterschap Rivierenland d.d. februari 2016

2.1 Maaiveldhoogte

Het plangebied heeft een maaiveldhoogte variërend van circa +4,8 m NAP tot +5,2 m NAP. Globaal loopt het maaiveld af in noordelijke richting.

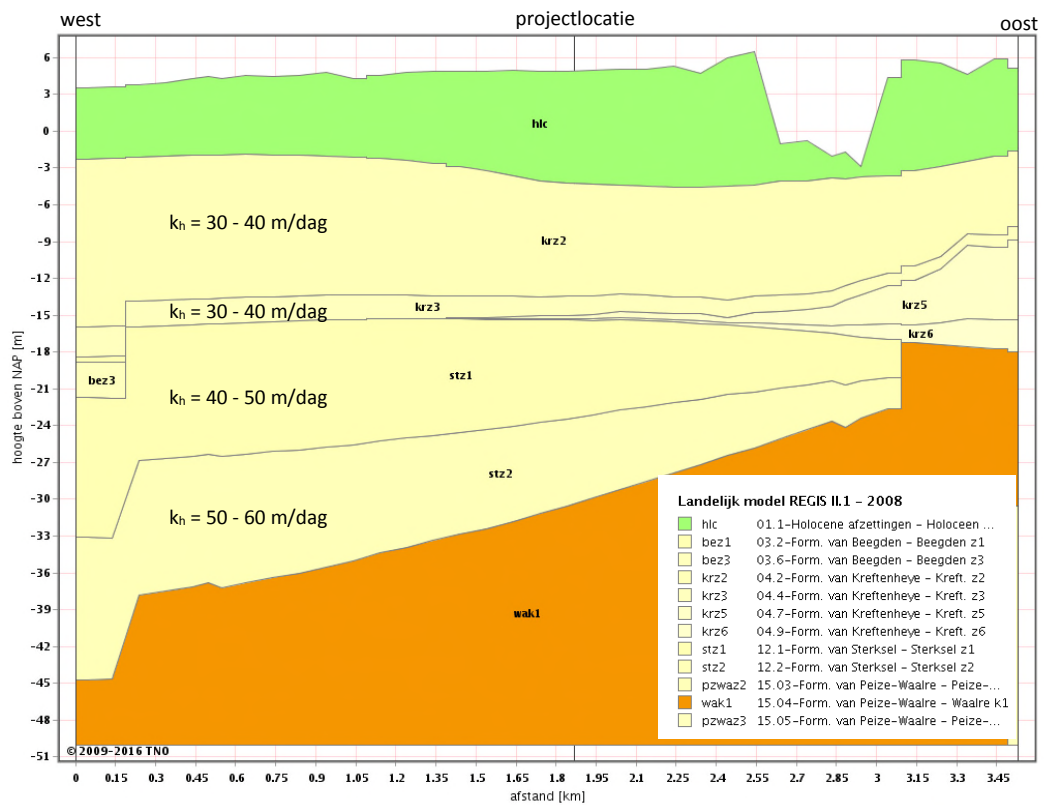


Figuur 2: Uitsnede Algemene Hoogtekaart Nederland 2

2.2 Bodemopbouw

Regionaal

De diepere regionale bodemopbouw is bepaald aan de hand van het REGIS. Het volgende figuur toont het hydrogeologisch profiel volgens REGIS II.1 ter plaatse van de projectlocatie. In dit figuur wordt aard van de afzettingen en de doorlatendheid ter plaatse van de projectlocatie weergegeven.

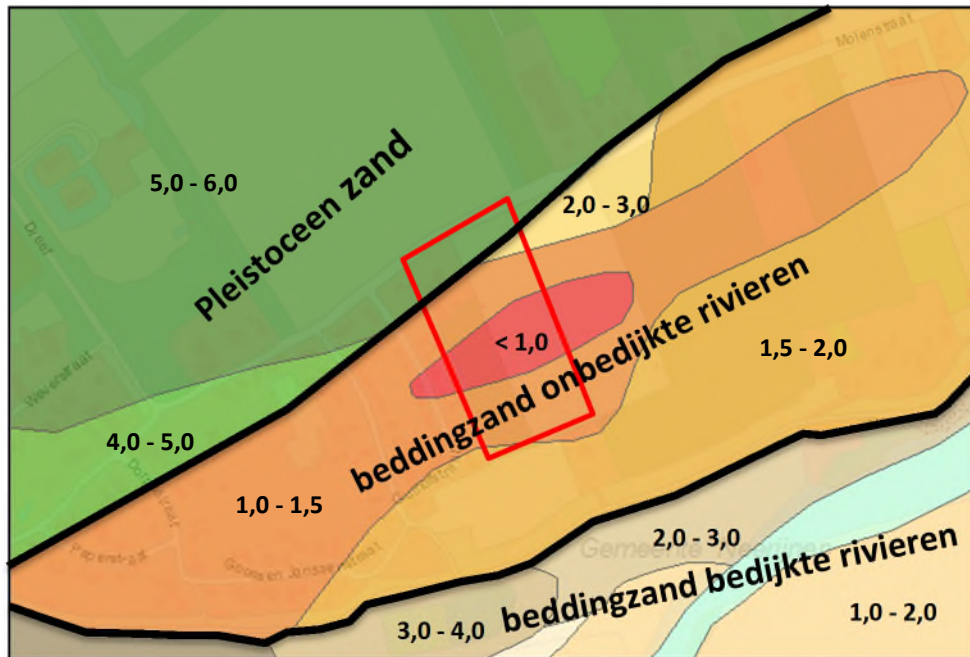


Figuur 3: Hydrogeologisch profiel volgens REGIS II.1

De figuur toont ter plaatse van de projectlocatie een deklaag tot ca. 8 m -mv. Hieronder wordt tot ca. 40 m -mv. goed doorlatende zandlagen aangetroffen. Vervolgens wordt een kleilaag aangetroffen tot de maximaal verkende diepte van ca. 55 m -mv.

Zandbanenkaart Provincie Gelderland

In figuur 4 is de zandbanenkaart van de Provincie Gelderland uit 2010 weergegeven. Aangegeven is hoe dik de deklaag, voornamelijk bestaande uit klei, in en rondom het plangebied is. Uit deze zandbanenkaart valt af te leiden dat ter plaatse van het plangebied een deklaag met een variabele dikte van minder dan 1,0 meter (centraal in het plangebied) tot circa 6,0 meter (in het uiterste noorden van het plangebied) kan worden aangetroffen. Onder deze deklaag wordt beddingzand van de onbedijkte rivieren of pleistoceen zand aangetroffen. Beddingzand van de bedijkte rivieren wordt binnen het projectgebied niet aangetroffen.



Figuur 4: Zandbanenkaart met projectlocatie en dikte deklaag (bron: Provincie Gelderland (2010))

DINOloket

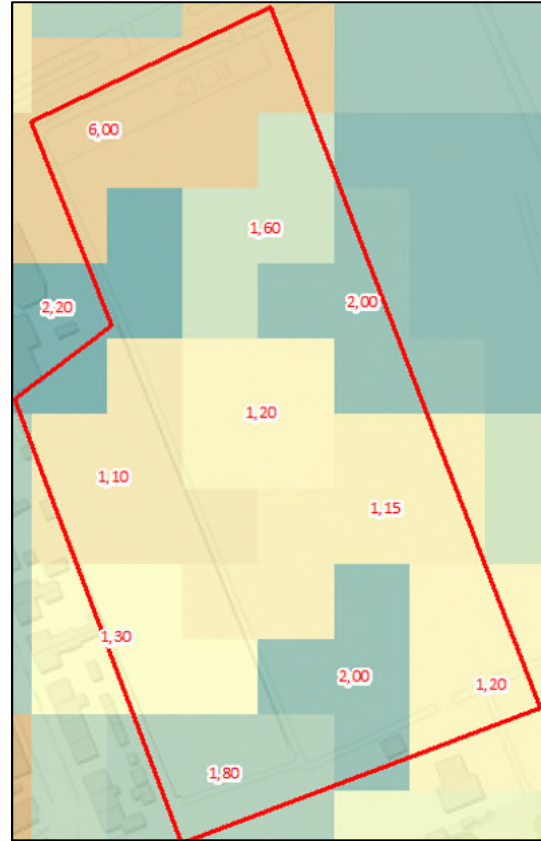
Binnen het DINOloket zijn op korte afstand van de projectlocatie twee boringen aangetroffen. Deze boringen zijn gelegen aan de noordzijde van de projectlocatie, direct ten noorden en zuiden van de Molenstraat. De boring ten zuiden van de Molenstraat geeft een deklaag weer van ca. 8,5 m (bestaande uit veen en klei) met daaronder een zandpakket met zeer grof zand. De boring ten noorden van de Molenstraat toont een deklaag van ca. 5,5 m welke bestaat uit klei, hieronder wordt uiterst grof zand aangetroffen. Deze boringen zijn gelegen in het gebied "pleistoceen zand" van figuur 4 en bevestigen het beeld van de zandbanenkaart. In het centrale en zuidelijke deel van het gebied worden geen DINO-boringen aangetroffen.

Veldonderzoek

Op de locatie zijn diverse bodemonderzoeken uitgevoerd. Op basis van deze onderzoeken is het volgende beeld gegenereerd:

- De dikte van de deklaag komt goed overeen met de in de zandbanenkaart (zie figuur 4) weergegeven dikte.
- In het centrale deel is de deklaag het minst dik (circa 0,5 tot 1,1 meter). Tevens is de aanwezige kleilaag plaatselijk zandiger van samenstelling.
- In het noordelijk deel is de deklaag het dikste (ruim 3 meter).
- In het zuidelijk deel is de deklaag circa 2 meter dik.

In de naastgelegen figuur is dit beeld vertaald in een rasterkaart van 25 x 25 meter, waarbij per rastervlak de verwachte dikte van de deklaag is weergegeven.



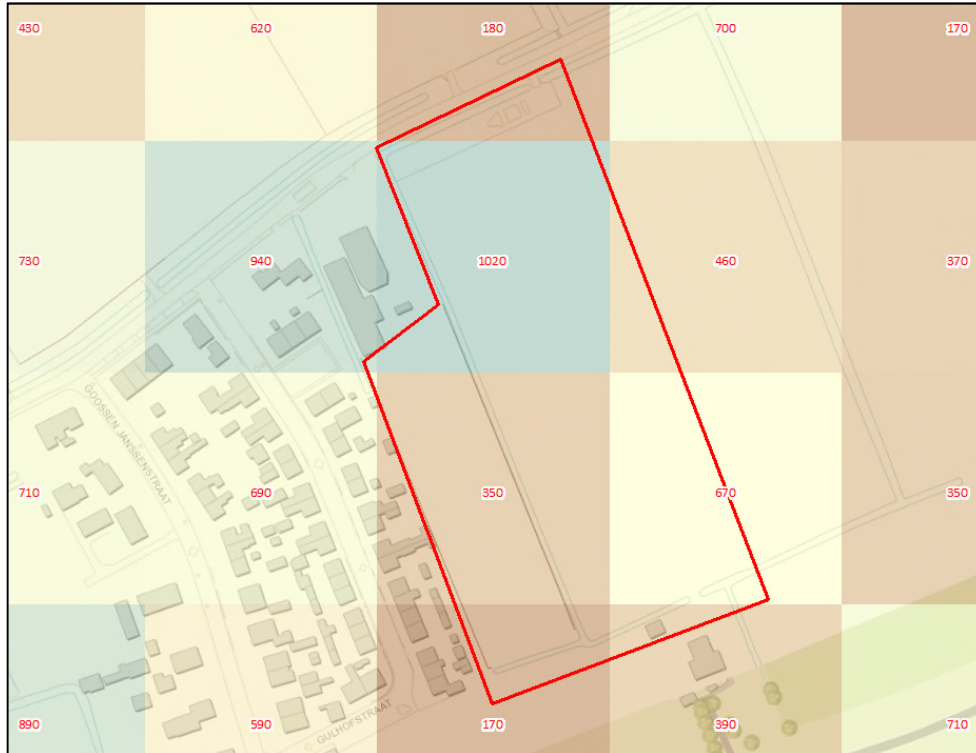
Figuur 5: Dikte deklaag plangebied op basis van veldonderzoeken

Op basis van de boringen van de diverse bodemonderzoeken is vastgesteld dat het zand onder de deklaag de eerste meter bestaat uit fijn zand. Vervolgens gaat het over in grof tot uiterst grof zand met plaatselijk een grindige bijmenging.

2.3 Weerstand deklaag

Weerstand deklaag op basis van MORIA

Het waterschap heeft het regionale grondwatermodel MORIA uitgeleverd. MORIA geeft geen diktes van de kleilaag (deklaag). Wel wordt een weerstand weergegeven. In de volgende figuur zijn de weerstandswaarden uit het aangeleverde MORIA-model weergegeven. De weergegeven rastervlakken hebben een grootte van 100 x 100 meter.



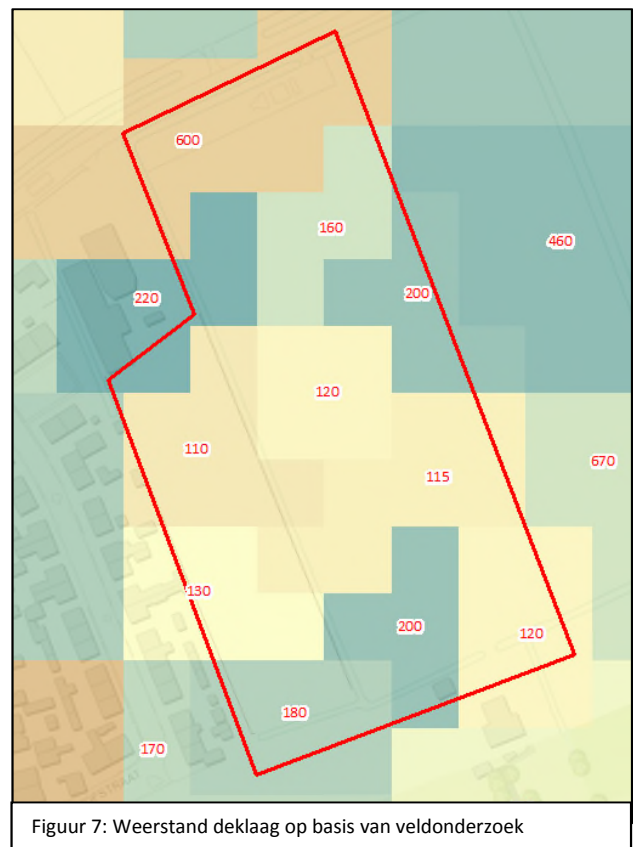
Figuur 6: Weerstand deklaag o.b.v. regionaal grondwatermodel MORIA

Uit bovenstaande kaart blijkt dat de weerstandswaarde van de deklaag sterk wisselt in het gebied. De minimaal aangegeven weerstand is 170 dagen in het zuidwesten en de maximaal aangegeven weerstand is 1020 dagen in het noordwesten.

Weerstand deklaag op basis van veldonderzoek

Op basis van literatuuronderzoek en ervaringsgetallen wordt aangenomen dat de in het plangebied aangetroffen klei een weerstand heeft van circa 100 dagen per meter. In onderstaande figuur is, op basis van de middels de bodemonderzoeken bepaalde dikte van de deklaag, de verwachte weerstand van de deklaag weergegeven. De weergegeven verfijnde rastervlakken hebben een grootte van 25 x 25 meter.

In het noorden is de deklaag naar verwachting circa 6 meter dik. Hier is een weerstandswaarde van 600 dagen aangehouden. In het centrale deel van het gebied is de deklaag het dunst. Hier is een minimale weerstand van 110 dagen aangehouden.



Figuur 7: Weerstand deklaag op basis van veldonderzoek

2.4 Oppervlaktewater

Waal

Op de tekening van het waterschap Rivierenland "dwarsprofielen Legger" is de maatgevende hoogwaterstand (MWH) weergegeven.

Deze maatgevende waterstand is ter hoogte van het plangebied bepaald op +10,59 m NAP.

Een aanvullende analyse van de verwachte waterstanden op de Waal is uitgevoerd op basis van gegevens van Rijkswaterstaat. Hierbij is gebruik gemaakt van de waternormalen (statistische gegevens van de waterstand) van het meetpunt "Zaltbommel" en het meetpunt "Tiel Waal". Vervolgens is op basis van de afstand van het plangebied tot deze meetpunten een inschatting gemaakt van de waterstand ter plaatse van het plangebied (zie kader).

Bepaling geschatte waternormalen ter hoogte van Ophemert

Voor de bepaling van de waterstand in de Waal nabij Ophemert is gebruik gemaakt van de meetpunten "Zaltbommel" en "Tiel Waal". Op basis van deze gegevens is vastgesteld dat het verhang van het waterpeil ca. 12 cm/km bedraagt. Het meetpunt Zaltbommel is ongeveer 14,5 km stroomafwaarts gelegen. Om tot de waterstand in de Waal nabij Ophemert te komen dient 1,75 m te worden opgeteld bij de gemeten waterstand van het meetpunt Zaltbommel.

Ten opzichte van het meetpunt "Tiel Waal" is het projectgebied gelegen op een afstand van ca. 6,5 meter stroomopwaarts. Om het waterpeil bij Ophemert te bepalen met als referentiepunt "Tiel Waal" dan dient ca. 0,8 m te worden afgetrokken van deze meetwaarde.

Het gemiddelde van de berekende waterstand vanuit de twee referentiepunten is in de tabel weergegeven.

Tabel 1: Waternormalen Waal en geschatte waterstand Ophemert (waterstand in m t.o.v. NAP)

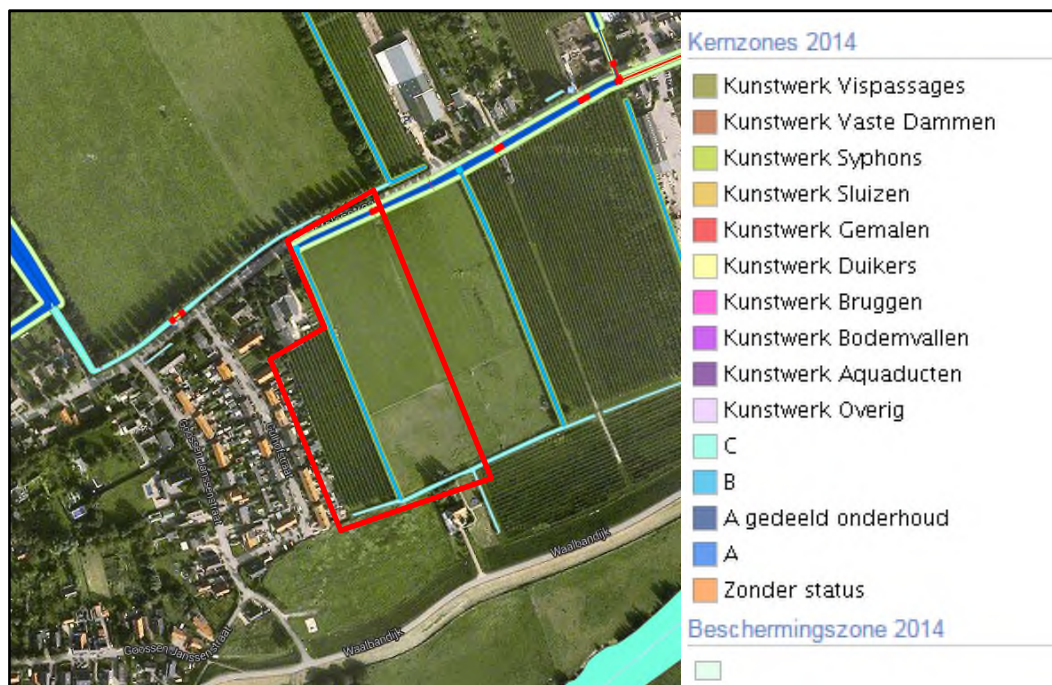
	meetpunt "Zaltbommel"	meetpunt "Tiel Waal"	geschatte waterstand Ophemert
hoogwater			
1 x per jaar	+5,20	+8,00	+7,10
1 x per 2 jaar	+5,70	+8,50	+7,60
1 x per 10 jaar	+6,90	+9,55	+8,70
1 x per 100 jaar	+7,75	+10,45	+9,60
1 x per 1.250 jaar	+8,75	+11,50	+10,60
laagwater			
1 x per jaar	+0,50	-	+2,25
1 x per 10 jaar	+0,35	-	+2,10

De gegevens van het waterschap en de waarden uit eigen analyse geven een overeenkomend beeld weer wat betreft de maatgevende hoogwaterstand. De geschatte waterstanden bij Ophemert worden derhalve gezien als representatief en worden daardoor gebruikt voor de geohydrologische verkenning. In het MORIA model wordt voor de Waal een normaal waterpeil van +3,8 m NAP aangehouden.

Overige watergangen

De projectlocatie is gelegen binnen het peilbesluit van de Tielerwaard, in peilgebied TLW009 heeft een zomerpeil van +3,5 m NAP (circa 1,5 m -mv) en een winterpeil van +3,3 m NAP (circa 1,7 m-mv). Sturing op deze streefpeilen is binnen het plangebied niet mogelijk. De slootbodems liggen op basis van inmetingen (Metrica, februari 2016) hoger dan het zomer- en winterpeil.

Binnen het plangebied liggen watergangen die op de legger van het waterschap Rivierenland staan. Een uitsnede van de legger ter plaatse van de projectlocatie is weergegeven in figuur 8.



Figuur 8: Status watergangen in het plangebied

Langs de noordgrens van het plangebied ligt een A-watergang in eigendom en beheer van het waterschap en met aan beide zijden een beschermingszone. Centraal door het plangebied loopt van noord naar zuid een B-watergang die wordt onderhouden door aangrenzende perceeleigenaren. De meest zuidelijke watergang van west naar oost is een C-watergang. De beschreven watergangen hebben een ontwaterende functie voor de aanliggende gronden.

Door de opdrachtgever zijn de sloten in het plangebied ingemeten. Deze dwarsprofielen zijn beschikbaar gesteld en weergegeven in bijlage 1.

2.5 Grondwaterstanden

De algemene grondwaterstroming is van oost naar west georiënteerd als gevolg van de sterke invloed van de Waal.

Veldmeting

Op basis van de boringen 03, 04 en 05 uit het verkennend bodemonderzoek is vastgesteld dat op 06-08-2009 de grondwaterstand circa 1,5 m -mv. (+3,5 m NAP) bedroeg.

Ten tijde van deze grondwaterstandsmetingen was de waterstand van de Waal ter plaatse van meetpunt Zaltbommel circa +1,75 m NAP. Naar verwachting is de waterstand van de Waal ter plaatse van het plangebied dan circa +3,5 m NAP.

Ten tijde van deze grondwaterstandsmetingen wordt het oppervlaktewaterpeil gestuurd op +3,5 m NAP. Dit is echter dieper dan de slootbodem. Dit betekent dat de sloten op dat moment naar verwachting droog stonden.

De gemeten grondwaterstanden komen overeen met de verwachte grondwaterstanden op basis van de waterstand op de Waal en de sturing middels de aanwezige sloten.

DINOloket

Binnen het DINOloket zijn twee relevante peilbuizen aanwezig.

De eerste peilbuis (B39D2639) is gelegen op een afstand van ca. 200 meter ten zuidwesten van de projectlocatie, gelegen langs de Molenstraat. Op deze locatie is de grondwaterstand dagelijks gemeten vanaf 2013 tot en met 2015. De hoogst gemeten grondwaterstand is +4,35 m NAP (0,73 m-mv). De laagst gemeten grondwaterstand is +2,85 m NAP (2,23 m-mv). De gemiddeld gemeten grondwaterstand is +3,43 m NAP (1,60 m-mv). Het filter van deze peilbuis staat op een diepte van ca. 2,4 tot 3,4 m -mv. wat mogelijk betekent dat deze in de klei staat. Boringen nabij de peilbuis geven een kleilaag tot ca. 6 m -mv.

De tweede peilbuis (39DB0032) is gelegen op een afstand van circa 300 meter ten zuidwesten van de projectlocatie en is ook gelegen langs de Molenstraat. Voor deze peilbuis zijn grondwaterstanden bekend vanaf 1952 tot en met 1999, de grondwaterstand is voor deze peilbuis op een onregelmatige basis gemeten. De hoogst gemeten grondwaterstand is +5,05 m NAP (0,2 m-mv). De laagst gemeten grondwaterstand is +1,95 m NAP (3,25 m-mv). De GHG is bepaald op +4,33 m NAP (0,9 m-mv) en de GLG op +2,51 m NAP (2,73 m-mv). Het filter van deze peilbuis is geplaatst op een diepte van 18,7 m -mv. De boring ter plaatse van deze peilbuis geeft tot ca. 6 m -mv. klei weer met daaronder tot minimaal 19,4 m -mv. goed doorlatende zandlagen.

Gelet op de locatie (gelijke afstand van de Waalbandijk) en de afstand van de peilbuis tot de projectlocatie geven deze gemeten waarden een goede indicatie van de te verwachten

grondwaterstand in het plangebied. Verwacht wordt dat de grondwaterstanden, bij hoogwater op de Waal, plaatselijk tot aan het maaiveld komt. Bij laagwater op de Waal kan de grondwaterstand tot +2 m NAP (circa 3 m-mv) zakken.

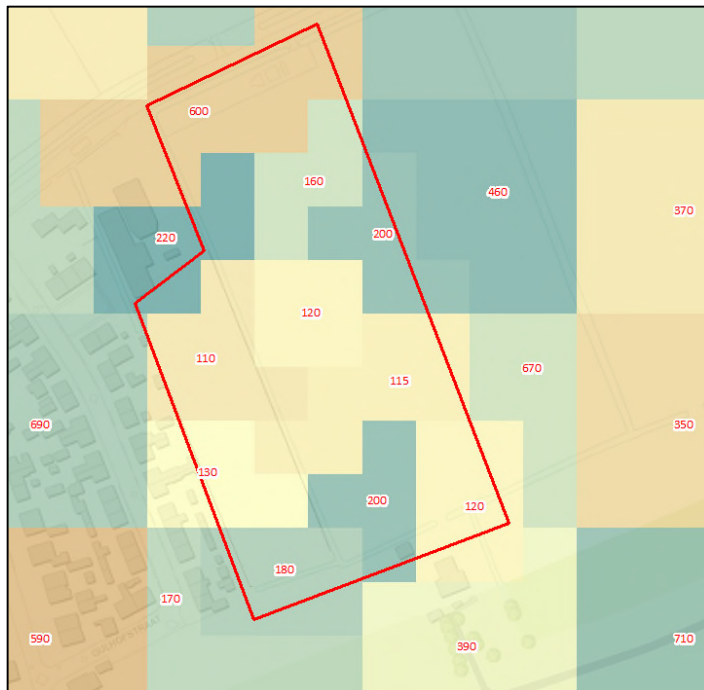
De GHG op de locatie is ingeschat op + 4,3 m NAP (0,7 tot 0,9 m-mv) en de GLG op +2,8 m NAP (2,2 tot 2,4 m-mv). Gemiddeld wordt een grondwaterstand van +3,4 m NAP verwacht (1,6 tot 1,8 m-mv).

2.6 MORIA berekeningen huidige situatie

2.6.1 Verfijning MORIA

Om de huidige geohydrologische situatie gedetailleerder in beeld te brengen is gebruik gemaakt van MORIA. Het beschikbaar gestelde MORIA model is verfijnd op basis van locatie specifieke eigenschappen. De volgende wijzigingen zijn aangebracht:

1. De op basis van bodemonderzoeken verzamelde bodemeigenschappen zijn verwerkt in MORIA. Dit is gedaan door de weerstand van laag 1 aan te passen, waarbij is gehanteerd dat de deklaag een weerstand heeft van 100 dagen per meter.
- 2.



Figuur 9: Verfijnde weerstand MORIA laag 1 (weerstand in dagen)

3. De in MORIA opgenomen sloten/watergangen zijn verfijnd op basis van de inmetingen. In het oorspronkelijke MORIA model lagen de slootbodem fors dieper (tot wel 0,5 m dieper). Aanpassing heeft gevolgen voor de grondwaterstanden. De drainagebasis ligt hierdoor anders (hoger).
4. Op basis van het bodemonderzoek is vastgesteld dat de bodems van de sloten binnen het onderzoeksgebied deels in de zandondergrond liggen. In overleg met de hydroloog van het waterschap is een verhoogde conductance aangehouden. Gezocht is naar een

soortgelijke situatie, deze is gevonden nabij de Maatsestraat 2 te Zennewijnen. Op basis hiervan is een conductance van $2,5 \text{ m}^2/\text{dag}$ aangehouden (gelijk aan een bodemweerstand van 10 dagen).

5. Op basis van de uitgangspunten van het waterschap dient de berekening te worden uitgevoerd bij winterstreefpeil. In het verfijnde model is overal het winterstreefpeil gehanteerd met uitzondering van de locaties waar de bodem boven het winterstreefpeil ligt. Op deze locaties is het waterpeil gelijk gesteld aan de slootbodempl.
6. De cellen voor de maaiveldhoogte is verschaald van 25m bij 25m naar 5m bij 5m zodat overlandflow (oppervlakkige afvoer van grondwater) correct wordt berekend.

In het verfijnde MORIA model zijn de overige ingevoerde waardes gelijk gebleven.

Voor het berekenen van de waterbalans is gekeken naar de waterbalans van het plangebied maar ook naar een groter interessegebied. Het grotere interessegebied kan effecten inzichtelijk maken welke zich manifesteren buiten het plangebied.

Het grotere interessegebied is gelegen op een afstand van 250 meter rondom het plangebied. Aan de onderzijde wordt het grotere interessegebied begrensd door de Waalbanddijk. In onderstaand figuur zijn beide gebieden weergegeven.



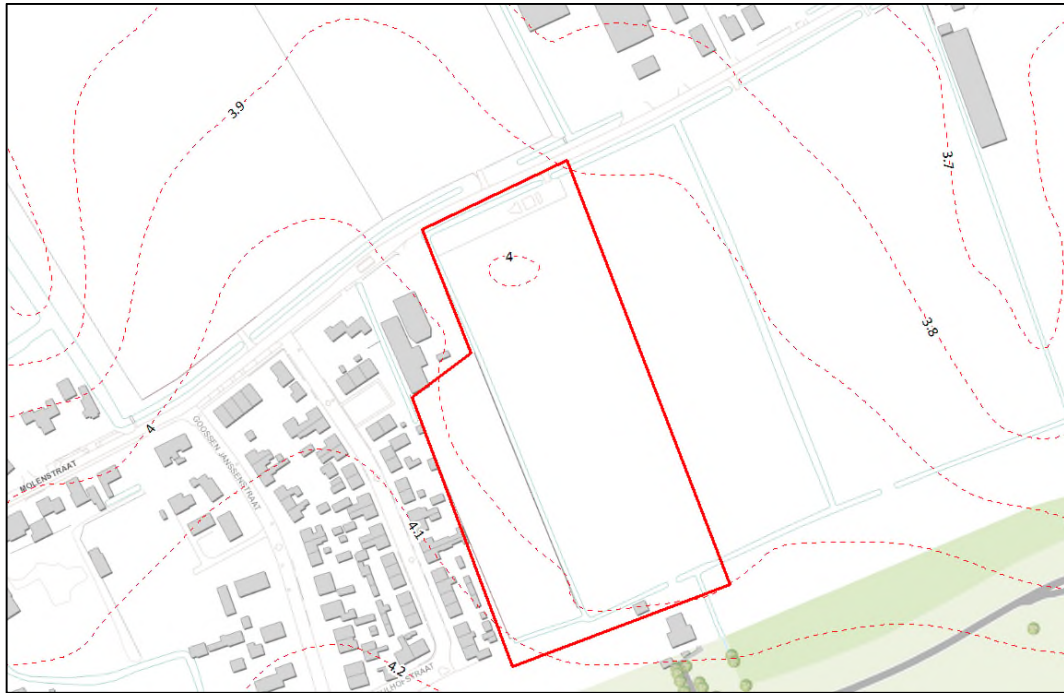
Figuur 10: interessegebieden voor de waterbalans (rood = plangebied, blauw = groter interessegebied)

2.6.2 Uitkomsten MORIA bij gemiddelde situatie

Onder een gemiddelde situatie wordt de combinatie van 2 mm neerslag per dag en een waterpeil van de Waal van +3,5 m NAP verstaan.

Berekende freatische grondwaterstand

In de volgende figuur is de berekende freatische grondwaterstand in en rondom het plangebied weergegeven. In het plangebied varieert de berekende freatische grondwaterstand van +3,9 m NAP (0,9 m-mv) aan de noordzijde tot +4,1 m NAP (1,1 m-mv) aan de zuidzijde.



Figuur 11: Berekende freatische grondwaterstand bij "normale situatie" (m +NAP)

De berekende waarden liggen tussen de verwachte gemiddelde grondwaterstand en de verwachte GHG van het gebied.

Berekende flux (gebiedsafvoer)

De berekende gebiedsafvoer is een combinatie van de bovengrondse afvoer (overland flow), de afvoer via de drainagelaag (drainage) en de (kwel)afvang van de sloten/watergangen (river).

In een "gemiddelde situatie" is de totale berekende gebiedsafvoer 43 m³/dag. Dit komt overeen met 1,6 mm/dag. Voor de verdeling wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 2: gebiedsafvoer gemiddelde situatie

	plangebied	
	m3/dag	mm/dag
drainage	10	0,4
river	33	1,2
overland flow	0	0
totaal gebiedsafvoer	43	1,6

De neerslag (2 mm/dag) zal infiltreren en vertraagd worden afgevoerd, dan wel infiltreren. De watergangen vangen in combinatie met de drainerende toplaag 1,6 mm kwel en neerslag per dag af.

De totale gebiedsafvoer komt op 1,6 mm/dag. Dit komt overeen met circa 0,19 l/s/ha (ca. 1/8 deel van de landelijk afvoer).

Berekende flux (afvoer gebied + omgeving)

In een "gemiddelde situatie" is de afvoer van het gebied en de omgeving 481 m³/dag. Dit komt overeen met 1,5 mm/dag. Voor de verdeling wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 3: gebiedsafvoer inclusief omgeving gemiddelde situatie

	plangebied + omgeving	
	m3/dag	mm/dag
drainage	239	0,7
river	242	0,8
overland flow	0	0
totaal gebiedsafvoer	481	1,5

Ook in dit gebied wordt nagenoeg al de neerslag afgevoerd via de sloten als ook de drainerende toplaag.

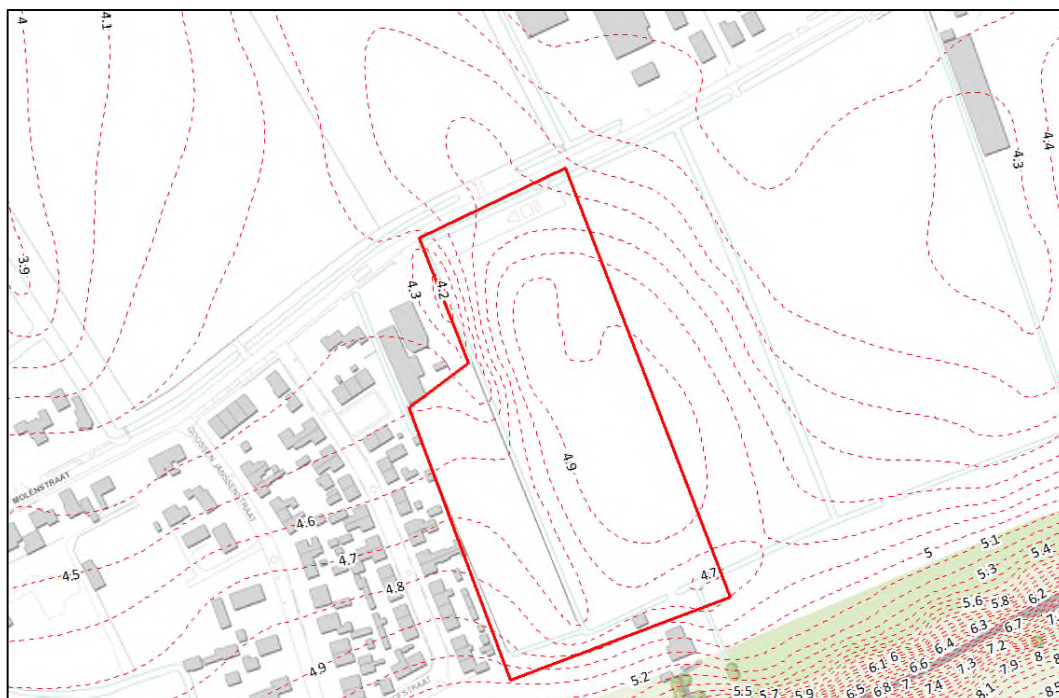
De totale gebiedsafvoer komt op 1,5 mm/dag. Dit komt overeen met circa 0,17 l/s/ha (ca. 1/9 deel van de landelijk afvoer).

2.6.3 Uitkomsten MORIA bij hoogwater

Onder een situatie met hoogwater wordt de combinatie van 2 mm neerslag per dag en een waterpeil van de Waal van +8,7 m NAP (1 x per 10 jaar).

Berekende freatische grondwaterstand

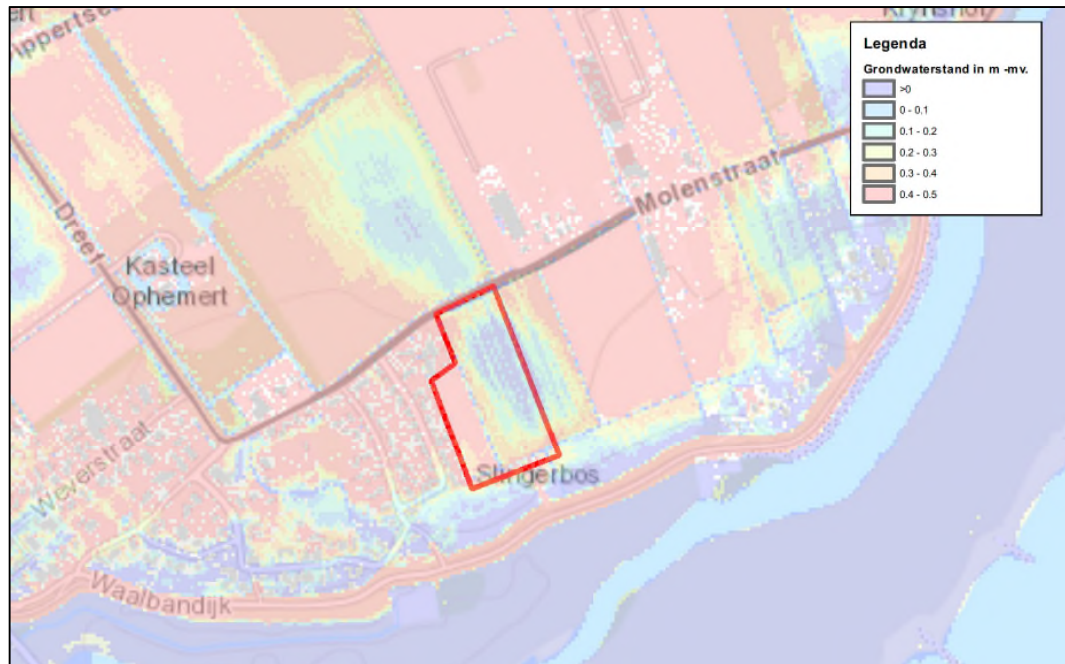
In de volgende figuur is de berekende freatische grondwaterstand in en rondom het plangebied weergegeven. In het plangebied komt de grondwaterstand tot aan maaiveld. De berekende grondwaterstand varieert van +4,6 m NAP (0,2 m-mv) aan de noordzijde tot +4,9 m NAP (0,0 tot 0,3 m-mv) aan de zuidzijde en in het centrale deel van het plangebied.



Figuur 12: Berekende freatische grondwaterstand bij hoogwater (m +NAP)

De berekende waarden komen overeen met de verwachte grondwaterstanden op basis van het literatuuronderzoek en ervaringen van gebiedskenners (gemeente Neerijnen, AVRI en waterschap Rivierenland).

In de volgende figuur is de freatische grondwaterstand ten opzichte van maaiveld weergegeven. Niet alleen in het plangebied, maar ook ten noorden en ten zuiden (in de dijkzone) van het plangebied komt de grondwaterstand tot nabij maaiveld. Voor de rest van het omliggende gebied is de grondwaterstand bij hoogwater op de Waal over het algemeen gelegen tussen 0,4 en 0,5 m-mv.



Figuur 13: Berekende freatische grondwaterstand bij hoogwater (m -mv)

Berekende flux (gebiedsafvoer)

In een "hoogwater situatie" is de totale berekende gebiedsafvoer $361 \text{ m}^3/\text{dag}$. Dit komt overeen met $12,9 \text{ mm}/\text{dag}$. Voor de verdeling wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 4: gebiedsafvoer bij hoogwater

	plangebied	
	m^3/dag	mm/dag
Drainage	83	3,0
River	239	8,5
overland flow	39	1,4
totaal gebiedsafvoer	361	12,9

Bij hoogwater is een groot deel van het grondlichaam tot aan maaiveld verzadigd. Hierdoor is er verminderd ruimte in het grondlichaam aanwezig om neerslag te verwerken. Een groot deel van de neerslag stroomt bovengronds af naar lage zones en sloten/watergangen.

De watergangen vangen in combinatie met de drainerende toplaag per dag $11,5 \text{ mm}$ kwel en neerslag af. De totale gebiedsafvoer komt op $12,9 \text{ mm}/\text{dag}$. Dit komt overeen met circa $1,5 \text{ l/s/ha}$ welke gelijk is aan de landelijk afvoernorm. De gebiedsafvoer is 8 x zo hoog als de berekende afvoer in een "gemiddelde situatie".

Berekende flux (afvoer gebied + omgeving)

In een "hoogwater situatie" is de afvoer van het gebied en de omgeving 4.560 m³/dag. Dit komt overeen met 14,1 mm/dag. Voor de verdeling wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 5: gebiedsafvoer inclusief omgeving gemiddelde situatie

	plangebied + omgeving	
	m3/dag	mm/dag
drainage	1.534	4,8
river	907	2,8
overland flow	2.119	6,6
totaal gebiedsafvoer	4.560	14,1

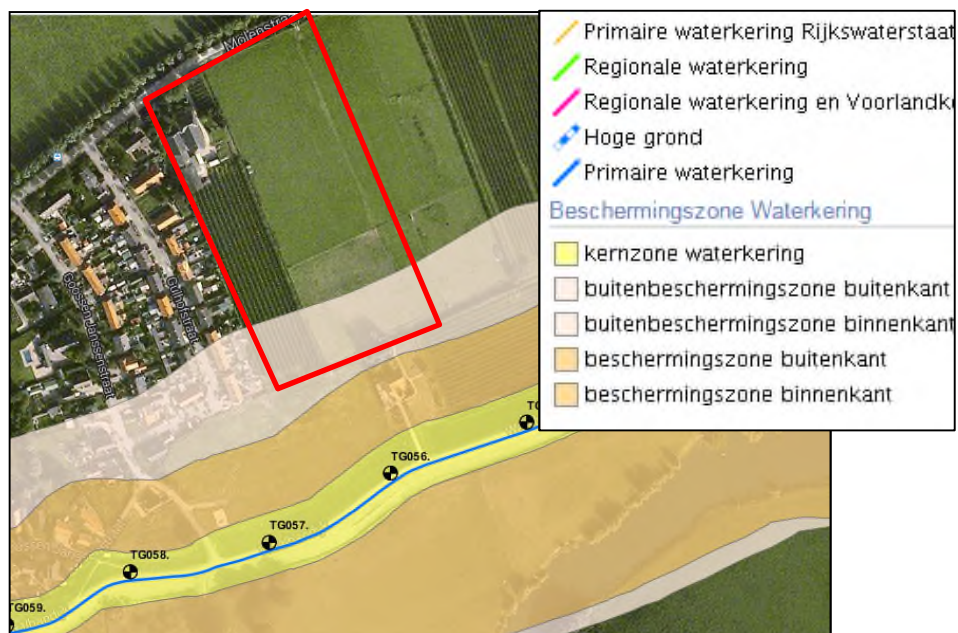
In het grotere interessegebied is de gebiedsafvoer ca. 1,2 mm hoger dan in het plangebied. Dat er gemiddeld in het interessegebied meer water wordt afgevoerd dan in het plangebied wordt veroorzaakt door water dat oppervlakkig uittreedt en afstroomt; met name nabij de dijk treedt veel water uit.

De totale gebiedsafvoer komt op 14,1 mm/dag. Dit komt overeen met circa 1,6 l/s/ha welke iets hoger is dan de landelijk afvoernorm. De gebiedsafvoer is 9,5 x zo hoog als de berekende afvoer in een "gemiddelde situatie".

2.7 Waterkering

De waterkering ten zuiden van de projectlocatie is de primaire waterkering Waalbandijk. Uit de toetsing in 2011 blijkt dat de dijk niet aan de normen voldoet. In het kader van het HoogWater BeschermingsProgramma wordt de dijk daarom in de periode 2015-2030 verbeterd.

De versterking van de dijk gaat plaatsvinden in 2020. Eind 2017 zal het ontwerp naar verwachting gereed moeten zijn. De verschillende beschermingszones van de waterkering staan weergegeven in figuur 14. Te zien is dat een deel van het plangebied van fase 1 is gelegen in de buitenbeschermingszone.



Figuur 14: Zoning waterkering (met rode lijn is de globale planbegrenzing van fase 1 weergegeven)

3 Programma van Eisen

In overleg met gemeente en waterschap is het programma van eisen opgesteld. In onderstaand programma van eisen is aangegeven van wie de eis/richtlijn afkomstig is. In een aantal gevallen is de eis niet gesteld door gemeente of waterschap, maar is door Antea Group op basis van algemeen geldende normen en expert judgement, tot een eis gekomen. In dat geval is aangegeven dat Antea Group de eis/richtlijn heeft toegevoegd.

Dempen, graven en ophogen

- Bij het dempen van watergangen zal minimaal eenzelfde hoeveelheid nieuw oppervlaktewater moeten worden gegraven [*waterschap*].
- Het dempen van watergangen en/of eventuele andere maatregelen in het plangebied mogen niet leiden tot een verslechterde grondwatersituatie in de omgeving van het plangebied [*waterschap*].
- Uitgangspunt voor de ontwikkeling is grondwaterneutraal bouwen [eis waterschap]. Dit betekent dat voorkomen moet worden dat de ontwikkeling leidt tot extra belasting van het oppervlaktewater door kwel [*waterschap*]. Hierbij gelden de volgende richtlijnen:
 - Afsluitende lagen niet vergraven of verstoren [*waterschap*]
 - De huidige drainagebasis niet verlagen [*waterschap*];
 - Uitgangspunt voor het bouwrijp maken in kwelgebieden bij de rivieren is: niet graven, maar ophogen [*waterschap*];
 - Een mitigerende maatregel is het aanbrengen van een kleilaag van minstens 1 meter dik of het opzetten van het binnendijkse waterpeil [*waterschap*];
 - De watergangen of de berging droogvallend en zo ondiep mogelijk uitvoeren [*waterschap*];
 - De watergangen of de berging zover mogelijk van de dijk af realiseren [*waterschap*].
- Afhankelijk van de kwelintensiteit of kwelproblematiek dient in een te toetsen plan de kwel berekend te worden, waarbij bij grote ruimtelijke ingrepen een 3D-model (MORIA) ingezet moet worden, waarbij:
 - de kwelberekening wordt uitgevoerd met een T=10 hoogwaterstand op de rivier in combinatie met een neerslagoverschot van 2,0 mm/dag) en het water op (winter)streefpeil [*waterschap*].
 - De maatgevende rivierkwel moet worden bepaald aan de hand van T-rivierwaterstand = 10 (duur 10 dagen) en 2,0 mm neerslag per dag [*waterschap*].
 - Van toename is sprake als de kwelflux meer dan 0% is toegenomen. Een compenserende maatregel voor de toename in kwelflux is meer open waterberging om de toegenomen kwel te bergen en niet af te voeren. De compensatie moet dan bij voorkeur in het plan zelf worden geregeld [*waterschap*].
- Op basis van de archeologische verwachting van het plangebied mag de grond tot 0,4 meter minus het huidige maaiveld geroerd worden [*gemeente*].
- Bij de inrichting, het bouwen en het beheer dienen zo min mogelijk vervuilende stoffen toegevoegd te worden aan de bodem en het grond- en oppervlaktewatersysteem. Daarbij wordt aandacht gevraagd voor het materiaalgebruik. Om watervervuiling te voorkomen dienen geen uitloogbare of uitspoelbare bouwmaterialen te worden toegepast [*waterschap*].

- Het graven van nieuw oppervlaktewater mag niet leiden tot een netto toename van de kwelstroom uit het gebied. Bij deze eis wordt uitgegaan van het principe hydrologisch neutraal bouwen *[waterschap]*.
- Wanneer het dempen van watergangen leidt tot afvoerproblemen van gebruikers van de watergang dient de afvoermogelijkheid hersteld te worden *[waterschap]*.
- Bij het uitvoeren van drainageberekeningen dient gerekend te worden met een neerslagoverschot van 5 mm/dag. Dit is een gangbaar uitgangspunt voor bebouwde gebieden *[Antea Group]*.
- Het streven is de ophoging van het maaiveld zoveel mogelijk te beperken, zonder dat er risico's ontstaan op structurele grondwateroverlast *[Antea Group]*.
- In dit plan gaan we uit van de volgende ontwateringseisen. Deze eisen sluiten aan bij landelijke regelgeving *[Antea Group]*.
 - De ontwatering in een GHG situatie is minimaal *[Antea Group]*:
 - o 0,9 m-mv. ter plaatse van wegen;
 - o 0,7 m-mv. ter plaatse van woningen en;
 - o 0,5 m-mv. ter plaatse van groenvoorzieningen.
 - De ontwatering bij een situatie met hoogwater (de gehanteerde maatgevende situatie in de MORIA berekeningen) is minimaal *[Antea Group]*:
 - o 0,6 m-mv. ter plaatse van wegen;
 - o 0,6 m-mv. ter plaatse van woningen en;
 - o 0,2 m-mv. ter plaatse van groenvoorzieningen.

Compensatie toename verhard oppervlak

- Uitgangspunt bij de aanleg van een nieuwbouwwijk, met een toename van verhard oppervlak tot gevolg, is dat er hydrologisch neutraal gebouwd wordt. Dit betekent dat de toename van verhard oppervlak niet mag leiden tot een grotere waterafvoer uit het gebied. Om dit te bereiken dient water in het gebied vastgehouden te worden (bergen) *[waterschap]*.

Wanneer de compensatie gezocht wordt in oppervlaktewater gelden de volgende eisen:

- Bij een bui $T=10+10\%$ mag het waterpeil in de sloot in principe 0,30 meter stijgen. Dit is een regenbui die eenmaal per 10 jaar optreedt met 10% opslag vanwege klimaatsverandering *[waterschap]*.
- Bij een regenbui die eenmaal per 100 jaar kan voorkomen ($T=100+10\%$) mag het waterpeil stijgen tot de laagste putdekselhoogte op wijkniveau *[waterschap]*.
- Voor berekening van de benodigde waterberging voor ruimtelijke ontwikkelingen is in principe de bui $T=10+10\%$ maatgevend. Daarbij geldt als vuistregel dat er 436 m³ waterberging nodig is per hectare verharding. Deze vuistregel geldt alleen bij waterberging in open water *[waterschap]*.

Wanneer de compensatie gezocht wordt in bergende voorzieningen boven de grondwaterstand (bijvoorbeeld groene berging of wadi's) gelden de volgende eisen:

- De bergende voorziening dient in staat te zijn een $T=10$ en $T=100$ te bergen. Hierbij mag de afvoer uit de bergingsvoorziening niet groter zijn dan de landelijke afvoer (1,5 l/s/ha) *[waterschap]*.
- Bij de aanleg van compenserende voorzieningen dient rekening gehouden te worden met het toekomstig benodigde beheer en onderhoud *[waterschap]*.

Eisen rioolstelsel

Ten behoeve van de toekomstige ophoging zijn de eisen die gesteld worden aan de riolering bepalend.

Systeemfunctie

- De riolering dient zorg te dragen voor de afvoer van hemel- en afvalwater [gemeente].
- Het systeem dient te zijn voorzien in een gescheiden rioolstelsel; een vuilwaterriool (DWA) en hemelwaterriool (HWA). De huisaansluitingen van de gerealiseerde woningen dient gescheiden op de riolering te zijn aangesloten [gemeente].
- De riolering dient vuil technisch en hydraulisch correct te functioneren zoals verwoord in de Leidraad Riolering [gemeente].
- De riolering dient het afvalwater onder vrij verval af te voeren [gemeente].
- De riolering dient het hemelwater onder vrij verval af te voeren [gemeente].

Hydraulisch functioneren

- De hydraulische capaciteit van het hemelwaterriool dient te voldoen aan: Bui 8 (T=2 jaar) van de leidraad Riolering C2100 bij een minimale waakhoogte van 0,20 m t.o.v. maaiveld. Hierbij wordt een afvloeiingscoëfficiënt aanhouden van 1 en berging op straat van 0 mm [gemeente].
- Om mogelijke wateroverlastgebieden te toetsen het stelsel doorrekenen met een Bui 9 (T=5 jaar) en Bui 10 (T=10 jaar) van de leidraad riolering C2100 om knelpunten te signaleren [gemeente].
- Gebied Slingerbos dient een zodanig profiel te hebben dat in geval van water op straat bij zware buien (T=100) er geen wateroverlast optreedt bij belendende percelen/gebouwen [gemeente].
- De vullingsgraad van het vuilwaterriool mag bij maatgevende afvoer maximaal 50% bedragen. De maatgevende afvoer hierbij is 10 l/h.inw. gedurende 12 uur. Hierbij uitgaan van gemiddeld 2,5 inwoners per woning [gemeente].
- Het minimale afschot van de vuilwaterriolering dient 1:500 te bedragen [gemeente].
- Hemelwaterriolering mag vlak aangelegd worden. Bij voorkeur wordt uitgegaan van een minimaal afschot van 1:1000 [gemeente].

Overige eisen riolering

- De minimale gronddekking op de hoofdriolering dient 1,1 m te zijn [gemeente].
- De diameter van de hoofdriolering dient minimaal 315 mm te bedragen [gemeente].
- De putafstand dient maximaal 50 meter te bedragen [gemeente].
- De minimale verticale afstand tussen kruisende buizen dient 0,15 m tot 0,20 m te zijn [gemeente].
- De kruin van de weg dient bij voorkeur 0,20 m, maar minimaal 0,15 m onder het bouwpeil van de woningen te liggen [gemeente].

Waterkering

- Instandhouden profiel van vrije ruimte: Het profiel van vrije ruimte geeft de contouren aan van een eventuele toekomstige dijkversterking. Bij het beoordelen van watervergunningaanvragen voor bouwwerken binnen de in/op een waterkering en bijbehorende beschermingszone, is het belangrijk dat gebouwd gaat worden buiten het profiel van vrije ruimte [waterschap].
- Nieuwbouw permanent bouwwerk:

- o Op de waterkering is nieuwbouw van bouwwerken in principe niet toegestaan. Vergunningsaanvragen zullen door het waterschap worden getoetst op de vraag of de veiligheid voor de komende 100 jaar is geborgd [*waterschap*].
- o Permanente bouwwerken, speciale constructies en andere kapitaalsintensieve werken, inclusief funderingen mogen het profiel van vrije ruimte en het leggerprofiel niet doorsnijden. Een uitzondering hierop zijn de palen van paalfundaties [*waterschap*].
- o Bij bouwwerken in/op een waterkering en bijbehorende beschermingszone mogen geen holle ruimtes (kruipruimten of ringbalken) worden gemaakt of aanwezig zijn, ook niet boven het profiel van vrije ruimte [*waterschap*].
- o Als bouwwerken binnen de beschermingszone, en buiten het profiel van vrije ruimte worden gerealiseerd, moet dat boven het bestaande maaiveld plaatsvinden. Daarbij mag het maaiveld niet worden verlaagd. Wel kan de aanleg van fundatie-/randbalken en vorstranden die horen bij plaatvloeren toegestaan worden als deze niet dieper dan de gebruikelijke vorstvrije (0,60 meter beneden maaiveld) grens worden aangelegd [*waterschap*].
- o Afwijking van de beleidsregels ten aanzien van het aanbrengen van werken beneden het maaiveld is alleen mogelijk als aangetoond en eventueel berekend wordt dat hierdoor geen negatieve invloed op de stabiliteit en piping ontstaat [*waterschap*].
- o De daadwerkelijke aanleg van het profiel van vrije ruimte nu of in de toekomst moet mogelijk zijn zonder dat hierdoor schade aan het aan te brengen werk ontstaat. Ook moet voor toekomstige dijkversterking voldoende werkruimte aanwezig blijven. De aanvrager moet door middel van berekeningen aantonen dat de bebouwing en/of fundatie daarvan geen schade op zal lopen door de belasting van het grondlichaam conform het toekomstige profiel van vrije ruimte [*waterschap*].
- o Voor de kabel- en leidingenstrook die beschikbaar moet zijn aan de dijkzijde na een eventuele dijkversterking, en de gronddekking die nodig is bij het leggen van kabels en leidingen, moet nieuwbouw op ten minste 4,00 meter uit het binnentalud van het profiel van vrije ruimte worden gerealiseerd [*waterschap*].
- In de buitenbeschermingszone zijn (diepe) ontgrondingen alleen toegestaan, als door het hydrologisch en geotechnisch onderzoek is aangetoond dat er geen negatief effect is op de algehele standzekerheid van de waterkering [*waterschap*].
- Voor alle (diepe) ontgrondingen geldt dat de CUR-aanbeveling 130 gehanteerd wordt bij het ontwerpen en toetsen van de uit te voeren ontgronding [*waterschap*].
- In de (buiten)beschermingszone zijn ontgravingen alleen toegestaan, nadat uit onderzoek is gebleken of er toename van kwel zal zijn en in het bevestigende geval, nadat die kwel is gecompenseerd [*waterschap*].

4 Ophoogadvies Slingerbos

4.1 Bepaling minimale maaiveldhoogte

Op basis van MORIA is berekend dat in de huidige situatie de freatische grondwaterstand bij hoogwater in het plangebied kan stijgen tot circa +5,0 m NAP. Ervaringen van gebiedskenners bevestigen dit beeld.

Op basis van de ontwateringseisen bij hoogwater is het toekomstige minimale benodigde maaiveldniveau ter plaatse van wegen en woningen +5,6 m NAP, ter plaatse van het groen +5,2 m NAP.

4.2 Bepaling minimale dikte ophooglaag

Ophoging zonder aanvullende drainage

Na ophoging van het gebied met goed doorlatend zand ontstaat er onder de ophooglaag een slecht doorlatende tussenlaag (de oorspronkelijke deklaag). Wanneer er gekozen wordt voor een zandpakket met beperkte hoogte is er een risico dat bij neerslag infiltrerend hemelwater stagneert op deze tussenlaag. Deze schijngrondwaterstanden kunnen tot overlast leiden. Op basis van drainageberekeningen (formule van Hooghoudt) wordt overlast voorkomen door het aanbrengen van een zandige ophooglaag van minimaal 1,0 meter, aanvullende drainage is in deze situatie niet noodzakelijk. Bij de berekening is uitgegaan van een doorlatendheid van de ophooglaag van 10 m/dag.

Ophoging met aanvullende drainage

De zandige ophooglaag kan qua dikte enigszins beperkt worden door het aanbrengen van drains (drainage) in de ophooglaag. Bij de aanleg van drains om de 35 meter kan de ophooglaag beperkt worden tot 0,9 meter. Bij de aanleg van drains om de 25 meter tot 0,8 meter. Deze resultaten zijn tevens verkregen middels de berekening volgens Hooghoudt.

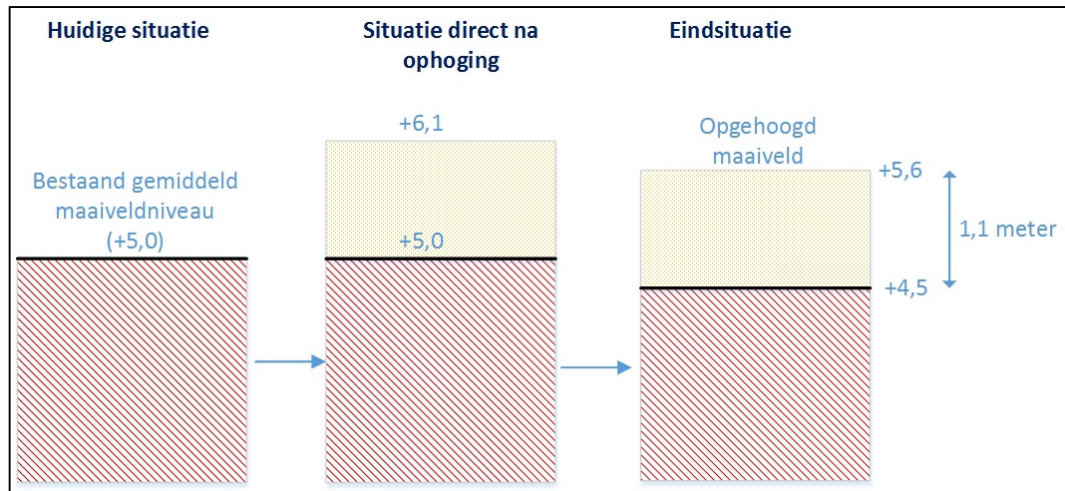
4.3 Ophoging in relatie tot zettingen

Ophoging van het terrein leidt tot inklinking van het bestaande bodempakket. In de rapportage (Bouwrijp maken Slingerbos, Geotechnisch advies, Antea Group) zijn de zettings- en stabiliteitsberekeningen opgenomen.

Noordzijde plangebied

Om het noordelijke deel van het plangebied tot een minimaal niveau van +5,6 m NAP op te hogen zal naar verwachting een permanent zandpakket van circa 1,1 meter opgebracht moeten worden¹. Doordat het bestaande bodempakket vervolgens met circa 0,5 meter zakt wordt de **eindhoogte van +5,6 m NAP** bereikt (zie ook de volgende figuur).

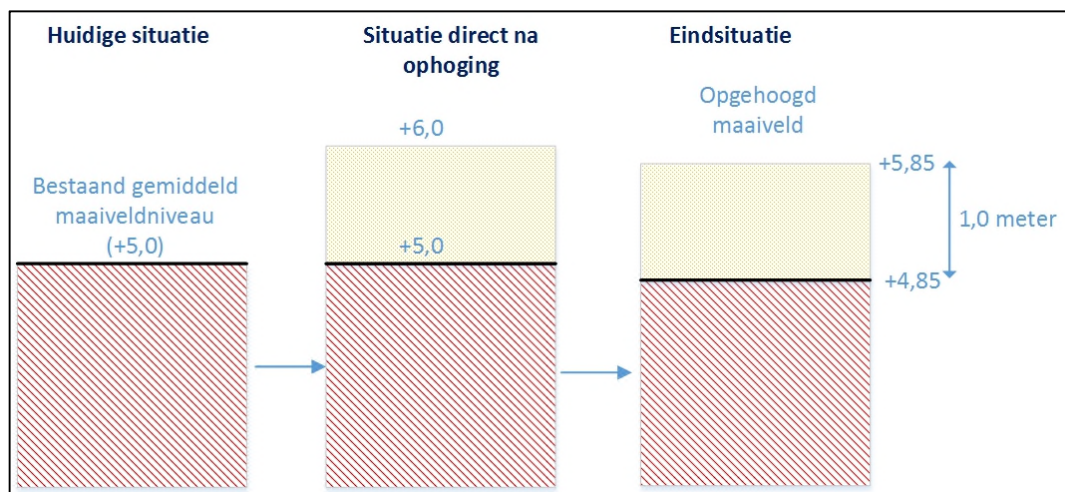
¹ Het maaiveldniveau en de bodemopbouw wisselt in het gebied. Uitgegaan is van de gemiddelde bodemopbouw in het noordelijk deel en een gemiddeld maaiveldniveau van +5,0 m NAP.



Aanvullende drainage om de dikte van de ophooglaag te beperken (zoals beschreven in paragraaf 4.2) heeft geen meerwaarde. Bij een dunnere ophooglaag wordt niet voldaan aan het minimale maaiveldniveau van $+5,6$ m NAP.

Zuidzijde plangebied

Wanneer aan de zuidzijde 1 meter zand wordt opgebracht zal, na zettingen, een eindhoogte bereikt worden van $+5,85$ meter. Dit is hoger dan het minimaal benodigde maaiveldniveau van $+5,6$ m NAP.



Voor de zuidelijke zijde van het plangebied kan ervoor worden gekozen drainage aan te brengen om het maaiveldniveau te beperken (zoals beschreven in paragraaf 4.2). Bij de aanleg van drainage om de 35 meter kan volstaan worden met een eindhoogte van NAP $+5,75$ meter (dikte zandige ophooglaag is $0,9$ m).

Bij de aanleg van drainage om de 25 meter kan volstaan worden met een eindhoogte van NAP $+5,65$ meter (dikte zandige ophooglaag is $0,8$ m).

De zetting als gevolg van de $0,8$ en $0,9$ m ophoging in het zuidelijke plangebied bedraagt ca. $0,15$ meter (zie Bouwrijp maken Slingerbos, Geotechnisch advies, Antea Group).

Opgemerkt wordt dat de aanleg van drainage kan leiden tot een hogere gebiedsafvoer bij hoogwater. Daarnaast is er naast de aanlegkosten continue sprake van kosten voor onderhoud en/of vervanging.

4.4 Ruimtebeslag ophoging

Om een geleidelijk overgang te maken tussen opgehoogd gebied en de omgeving is ruimte nodig. De benodigde ruimte is afhankelijk van de toe te passen taludhelling.

In onderstaande tabel is het ruimtebeslag weergegeven bij verschillende taludhellingen rondom het plangebied van fase 1.

Tabel 6: Taludhelling ophoging i.r.t. ruimtebeslag

Taludhelling	Ruimtebeslag	Percentage van plangebied
1 : 1	circa 500 m ²	circa 1,8%
1 : 2	circa 1.000 m ²	circa 3,6%
1 : 3	circa 1.500 m ²	circa 5,4%
1 : 4	circa 2.000 m ²	circa 7,1%
1 : 5	circa 2.500 m ²	circa 8,9%

5 Watercompensatie

5.1 Dempen van watergangen

In het gebied zijn meerdere watergangen aanwezig. De aanwezige watergangen hebben voornamelijk een afvoerende en ontwaterende functie. Wanneer watergangen worden gedempt mag dit niet leiden dat een verslechtering van de afvoer- en ontwatering van bovenstroomse percelen.

De aanwezige watergangen hebben op basis van de diepteligging (de bodem ligt 0,3 tot 0,5 meter boven het streefpeil) enkel bij zeer extreme neerslaggebeurtenissen (extremer dan T=10+10%) een bergende functie. Wanneer de watergangen gedempt worden dient deze bergende functie gecompenseerd te worden binnen peilgebied TLW009 door de aanleg van nieuwe berging.

5.2 Toename verhard oppervlak

Op grond van het beleid van het waterschap en de gemeente Neerijnen dient plan Slingerbos hydrologisch neutraal te worden ontwikkeld. Dit geldt niet alleen voor kwel, maar ook de toename van verharding als gevolg van nieuwe bebouwing. Bovendien mag de aanleg van de wijk niet leiden tot een verslechterde waterhuishoudkundige situatie in de omgeving van het plangebied.

Op basis van een schetsverkaveling, die in het kader van het Voorontwerp Bestemmingsplan is gemaakt, is bepaald dat in de toekomstige situatie ruim 42% van het gebied verhard is. Dit betekent dat in fase 1 van het plan in totaal circa 12.000 m² verhard oppervlak wordt aangelegd.

5.3 Benodigde watercompensatie

Bij de bepaling van de watercompensatie is van de volgende vuistregels uitgegaan:

1. Bij een T=10+10% neerslagsituatie is per hectare toename aan verhard oppervlak 436 m³ waterberging nodig. Bij de aanleg van oppervlaktewater mag het water in deze situatie maximaal 0,3 meter stijgen.
2. Bij een T=100+10% neerslagsituatie is per hectare toename aan verhard oppervlak 664 m³ waterberging nodig. Bij een T=100+10% mag het water in principe tot aan maaiveld komen.

Bij de aanleg van oppervlaktewater is vuistregel 1 maatgevend. Dit betekent dat bij een toename aan verhard oppervlak van 1,2 hectare in totaal 1.744 m² extra oppervlaktewater aangelegd moet worden. Het gaat hier om het wateroppervlak op winterstreefpeil (+3,3 m NAP). De ruimte aan maaiveld is afhankelijk van de taludhelling en het maaiveldniveau.

Bij de aanleg van verlaagde groenzones (of wadi's) is vuistregel 2 maatgevend. Bij een waterbergende schijf van 0,4 meter dient er, afhankelijk van het toe te passen talud en de vorm van de voorziening, ruim 2.500 m² aan verlaagde groenzones aangelegd te worden.

5.4 Compensatie binnen het plangebied

De aanleg van nieuwe watergangen wordt binnen het plangebied sterk afgeraden. De aanleg zal leiden tot doorsnijdingen van de aanwezige deklaag, waardoor er een sterke toename van rivierkwel ontstaat. Deze toename dient vervolgens weer gecompenseerd te worden.

Wanneer wordt gekozen om de toename aan verhard oppervlak binnen het plangebied te compenseren dan wordt geadviseerd gebruik te maken van verlaagde groenzones. Bij een waterbergende schijf van 0,4 meter dient er, afhankelijk van het toe te passen talud en de vorm van de voorziening, ruim 2.500 m² aan verlaagde groenzones aangelegd te worden.

Vertraagde afvoer

Het hemelwater uit de verlaagde zones dient vertraagd afgevoerd te worden (met maximaal 1,5 l/s/ha). Uitgaande dat al het hemelwater via de verlaagde zones wordt afgevoerd mag er vanuit de verlaagde zones maximaal 4,2 l/s worden afgevoerd op het omliggende watersysteem.

Om de aangelegde zones met een bergingscapaciteit van minimaal 664 m³ te kunnen ledigen is bij een afvoer van 4,2 l/s de zone met 44 uur geledigd. Hiermee wordt voldaan aan de eis van het waterschap dat een bergingsvoorziening binnen 48 tot 72 uur geledigd is.

5.5 Buiten plangebied

Indien de benodigde watercompensatie niet binnen plangebied gerealiseerd kan worden is er nog een optie om de berging voor de toename van verharding te vinden. Namelijk buiten het plangebied, ten noorden van de Molenstraat.

Het hoogteverloop en afvoerrichting van het omliggende watersysteem is in noordelijk richting. Als er gekozen wordt voor deze optie moet de afvoercapaciteit van toekomstige afvoerroute getoetst worden. Hiervoor zou de A-watergang ten zuiden van de Molenstraat afwaterend in oostelijke en vervolgens noordelijke richting of de C-watergang ten noorden van de Molenstraat afwaterend in westelijke en vervolgens noordelijke richting in aanmerking komen. Waarschijnlijk zal de C-watergang opgewaardeerd moeten worden om de afvoer vanuit plangebied Slingerbos aan te kunnen.

Wanneer er sprake is van compensatie in de vorm van oppervlaktewater is de maatgevende situatie de T=10+10% situatie. In dat geval zal er minimaal 1.744 m² extra oppervlaktewater aangelegd moeten worden. Het gaat hier om het oppervlak op het niveau van het winterstreefpeil (+3,3 m NAP).

Op maaiveldniveau is het benodigde oppervlak afhankelijk van het toe te passen talud. Uitgaande dat de extra waterberging wordt gerealiseerd door bestaand wateroppervlak te verbreden en de taludhelling gelijk blijft aan de huidige helling, is het benodigde extra ruimtebeslag aan maaiveld tevens 1.744 m².

Opgemerkt wordt dat de aanleg van nieuwe oppervlakte in het gebied ten noorden van het plangebied ook kan leiden tot extra kwel. Wel wordt verwacht dat de kweltoename aanzienlijk lager is dan bij aanleg van extra oppervlaktewater in het plangebied. Dit is gebaseerd op:

- Informatie uit het dinoloket van TNO, waaruit blijkt dat op de zoeklocatie voor waterberging de deklaag bestaande uit klei naar verwachting aanzienlijk dikker is.

- Het feit dat de zoeklocatie voor waterberging op grotere afstand van de Waal ligt en hierdoor minder gevoelig is voor hoogwater op de Waal.

6 Oplossingsrichtingen waterhuishouding Slingerbos

6.1 Inleiding

Het ophoogadvies en de benodigde watercompensatie is vertaald in twee oplossingsrichtingen voor de toekomstige waterhuishouding in de wijk Slingerbos (fase 1).

Beide oplossingsrichtingen hebben als uitgangspunt “(geo)hydrologisch neutraal bouwen”. Dit betekent dat de oplossingsrichtingen niet mogen leiden tot een verslechterde waterhuishoudkundige en grondwatersituatie buiten het plangebied. Overzichtstekeningen van beide oplossingsrichtingen met een principe dwarsprofiel zijn opgenomen in bijlage 1.

Beide oplossingsrichtingen gaan uit van de compensatie van de toename van verhard oppervlak binnen het plangebied. Beide oplossingsrichtingen zijn zodoende in staat hun “eigen broek” op te houden. Het benodigde ruimtebeslag voor “water” is globaal bepaald.

De effecten op de grondwatersituatie zijn getoetst in hoofdstuk 7. Uit deze toetsingen blijkt dat de oplossingsrichtingen niet leiden tot een verslechterde grondwatersituatie.

6.2 Oplossingsrichting 1: In stand houden huidige waterstructuur

Om binnen het plangebied een woonwijk te kunnen ontwikkelen zal het terrein met circa 1,0 meter ophoogzand opgehoogd moeten worden.

Voorkomen moet worden dat deze ophoging leidt tot een verslechterde waterhuishoudkundige situatie in de omgeving.

Oplossingsrichting 1 gaat uit van het in stand houden van de huidige waterstructuur en het realiseren van een overgangszone tussen de bestaande bebouwing en de nieuwe bebouwing.

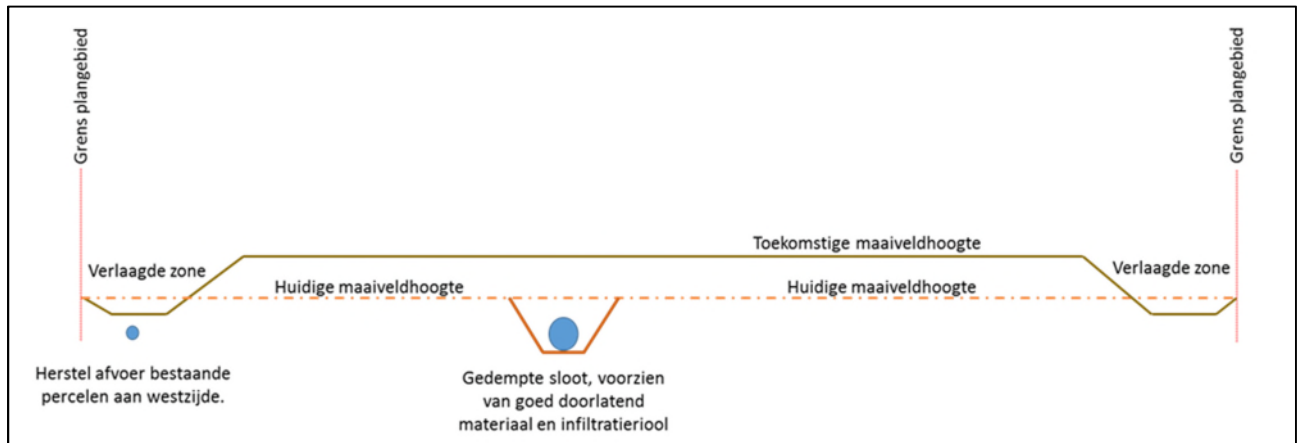
Hierbij wordt de centrale noord-zuid gelegen watergang weliswaar gedempt, maar wordt de ontwaterende en afvoerende functie van de watergang hersteld door de aanleg van een infiltratieriool.

De overige watergangen in het gebied blijven behouden. Een blauw/groene zone wordt gerealiseerd tussen de bestaande bebouwing en de nieuwe bebouwing en tussen de nieuwe bebouwing en het landelijk gebied. Deze zones vormen een geleidelijke overgang van het lager gelegen bestaande gebied naar het hoger gelegen nieuwe bebouwd gebied. Water dat zich in deze zone verzameld wordt via de bestaande sloten afgevoerd. De zone wordt tevens aangewend om de toename aan verhard oppervlak te compenseren.

In de huidige situatie voert een deel van de percelen aan de Gulhofstraat hemelwater af via een hemelwaterriool (PVC315) dat is gelegen aan de oostzijde van het plangebied. Belangrijk is dat de afvoerende functie hersteld wordt. Onbekend is of er tevens drainage is aangelegd aan de achterzijde van deze percelen. Mocht dit het geval zijn, dan dient ook de drainerende functie hersteld te worden.

De centrale noord-zuid gelegen watergang wordt gedempt met goed doorlatend zand (minimale k-waarde 10 m/dag) en voorzien van een ruim gedimensioneerd infiltratieriool. Dit infiltratieriool wordt op het bodemniveau aangelegd, zodat de drainagebasis gelijk is. Het infiltratieriool heeft naast een drainerende functie de functie om hemelwater, dat in het plangebied valt, af te voeren en te infiltreren.

Verwacht wordt dat de gekozen oplossing niet leidt tot een verhoogde kwelafvoer.



Figuur 15: Schets oplossingsrichting 1

Globaal ruimtebeslag oplossingsrichting 1

De verlaagde zones krijgen een vaste bodempeil. Voorgesteld wordt deze aan te leggen op +4,6 m NAP. Dit is nog ruimschoots boven de verwachte GHG van het plangebied. Bij een omliggend maaiveld van NAP+5,0 meter is de zone 0,4 meter diep.

Doordat de zone lager is dan het huidige maaiveld zal er sprake zijn van enige kweltoename (zie ook hoofdstuk 7). Deze toename wordt afgevangen in de zones.

Bij oplossingsrichting 1 is het over een lengte van circa 400 meter (de west en oostzijde) mogelijk om verlaagde zones te realiseren. Bij een taludhelling van 1:5 zijn de zones op bodemniveau gemiddeld 3 meter breed. Op het niveau van het oude maaiveld (NAP+5,0 meter) zijn de zones gemiddeld 7 meter breed. Het benodigde oppervlak aan verlaagde zones is circa 2.800 m².

Over een lengte van circa 180 meter wordt de sloot gedempt. Op basis van inmetingen wordt hierdoor 245 m³ potentiële ruimte voor waterberging gedempt. De aanleg van een infiltratieriool van 800 mm resulteert in 90 m³ compenserende berging. De overige 155 m³ zal gecompenseerd moeten worden binnen peilgebied TLW009. Aanleg van nieuw oppervlaktewater binnen het plangebied is niet wenselijk vanwege de kwel aantrekkende werking. Geadviseerd wordt de compensatie voor de demping buiten het plangebied te vinden binnen peilgebied TLW009. Een andere optie is de compensatie te vinden door aanleg van circa 400 m² extra verlaagde zones.

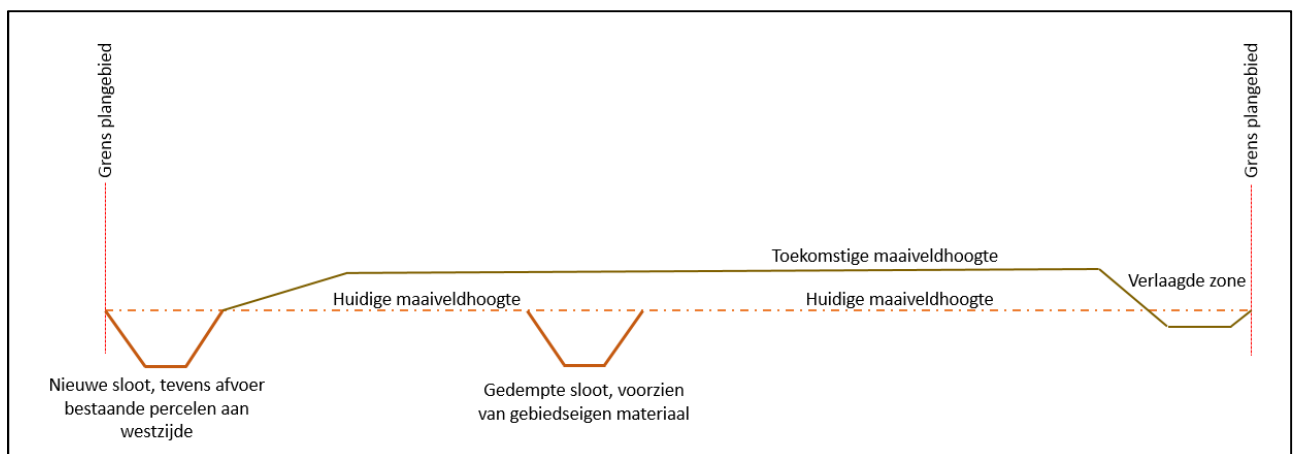
Het benodigd ruimtebeslag voor droogvallend water is zodoende minimaal 2.800 m² (10% van het plangebied). Wanneer ook de compensatie van de demping binnen het plangebied gevonden wordt is er een benodigd ruimtebeslag van 3.200 m² (11% van het plangebied).

6.3 Oplossingsrichting 2: Aanbrengen watergang tussen bestaand en nieuw bebouwd gebied

Om binnen het plangebied een woonwijk te kunnen ontwikkelen zal het terrein met circa 1,0 meter ophoogzand opgehoogd moeten worden. Voorkomen moet worden dat deze ophoging leidt tot een verslechterde waterhuishoudkundige situatie in de omgeving.

Oplossingsrichting 2 gaat uit van het aanbrengen van een nieuwe watergang tussen het bestaande en het nieuwe bebouwd gebied en het dempen van de huidige noord-zuid gelegen watergang (met gebiedseigen materiaal). Het bodemniveau van de nieuwe watergang is gelijk aan het bodemniveau van de te dempen watergang (circa +3,8 m NAP). De nieuwe watergang vormt de overgang naar de bestaande bebouwing. Deze watergang zorgt ervoor dat de grondwaterstanden t.p.v. de bestaande bebouwing naar verwachting niet zullen stijgen.

Bij voorkeur wordt er aan de oostzijde van het plangebied een groen/blauwe zone gerealiseerd. Deze zone voorkomt dat afstromend en uittredend grondwater afkomstig van het opgehoogde plangebied tot overlast leidt in het landelijk gebied.



Figuur 16: Schets oplossingsrichting 2

De huidige sloot is aan maaiveld circa 3 meter breed. Wanneer gekozen wordt voor een vergelijkbaar profiel als de huidige sloot in combinatie met een onderhoudspad van 5 meter is er circa 8 meter ruimte nodig voor de nieuwe sloot.

De benodigde ruimte voor het onderhoudspad wordt tevens ingezet om het hoogteverschil tussen bestaand maaiveld en nieuw maaiveld te overbruggen. Dit is mogelijk bij een taludhelling van 1:5 of flauwer. Bij een onderhoudspad van 5 meter is op deze wijze 1 meter hoogteverschil te overbruggen.

Globaal ruimtebeslag oplossingsrichting 2

De verlaagde zones krijgen een vaste bodempeil. Voorgesteld wordt deze aan te leggen op +4,6 m NAP. Dit is nog ruimschoots boven de verwachte GHG van het plangebied. Bij een omliggend maaiveld van NAP+5,0 meter is de zone 0,4 meter diep.

Bij oplossingsrichting 2 is het over een lengte van circa 180 meter (de oostzijde) mogelijk om een verlaagde zone te realiseren. Bij een taludhelling van 1:5 is de zones op bodemniveau gemiddeld

9 meter breed. Op het niveau van het oude maaiveld (NAP+5,0 meter) zijn de zones gemiddeld 13 meter breed. Het benodigde oppervlak aan verlaagde zones is circa 2.350 m².

Voor de watergang inclusief onderhoudspad is een zone van circa 8 meter nodig. Dit betekent dat voor de watergang circa 1.800 m² oppervlak benodigd is. Het benodigd ruimtebeslag voor (droogvallend) water is zodoende minimaal 4.150 m² (15% van het plangebied).

7 MORIA-toetsing oplossingsrichtingen

Getoetst is wat het effect van de oplossingsrichtingen is op de grondwaterstand in de omgeving van het plangebied en wat het effect is op de afvoer vanuit het plangebied.

Uitgangspunt is dat de grondwatersituatie in de omgeving, als gevolg van de het ophogen van het plangebied en de waterhuishoudkundige wijzigingen, niet mogen verslechteren. Het streven is om de (kwel)afvoer vanuit het gebied niet te versterken.

7.1 Toetsing oplossingsrichting 1

7.1.1 Doorgevoerde wijzigingen in MORIA model

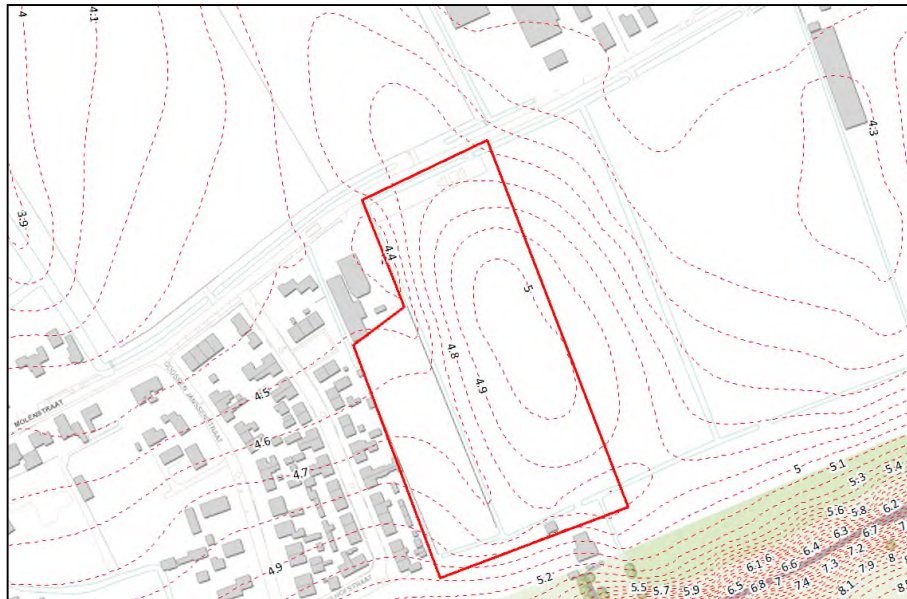
Om oplossingsrichting 1 te toetsen zijn de volgende wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie aangebracht:

- De sloot binnen het plangebied (river module) is vervangen door een grote drain (drainage module).
- De drain is aangebracht op een diepte van NAP +4,0 m (gemiddelde hoogte van de te dempen sloot).
- De drain heeft een beperkte weerstand van ca. 10 dagen (gelijk aan de sloot)
- De maaiveldhoogte binnen het plangebied is opgehoogd met 1 meter (zand)
- Het zand dat is gebruikt voor het ophogen van het maaiveld en dempen van de sloot heeft een k-waarde van 10 m/dag. Gemiddeld wordt de kD van de toplaag in het plangebied verhoogd met 10 m²/dag (de kD van laag 1 is verhoogd met 10 m²/dag).

7.1.2 Uitkomsten MORIA-berekening

Berekende freatische grondwaterstand

In de volgende figuur is de berekende freatische grondwaterstand in en rondom het plangebied weergegeven. De grondwaterstand komt in het midden van het plangebied tot ca NAP +5,0 m. Aan de randen is de grondwaterstand lager en varieert deze tussen NAP +4,2 m en NAP +4,8 m.



Figuur 17: Berekende freatische grondwaterstand oplossingsrichting 1 bij hoogwater (m NAP)

In de volgende figuur is het verschil in berekende grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie weergegeven. Het blijkt dat de verschillen klein zijn.



Figuur 18: Verschil berekende freatische grondwaterstand oplossingsrichting 1 bij hoogwater met huidige situatie

De grondwaterstand binnen het plangebied neemt met maximaal 0,15 m toe. In de huidige situatie wordt een deel van het grondwater en de neerslag oppervlakkig afgevoerd. Na ophoging is er geen sprake meer van oppervlakkige afvoer, maar stijgt de grondwaterstand tot in het ophoogpakket.

Buiten het plangebied neemt de grondwaterstand aan de noordwestzijde toe met ca. 0,10 m. Dit is een ongewenst effect. De stijging van de grondwaterstand is te verklaren doordat de drainagebasis van de drain op deze locatie 0,15 meter hoger is dan in de huidige situatie (drain op NAP+4,0 meter bij een slootbodem op NAP+3,85 meter). Geadviseerd wordt de drain op hetzelfde niveau te leggen dan de slootbodem. In dat geval is er buiten het plangebied geen sprake meer van een verslechterde grondwatersituatie.

Ook aan de oostzijde stijgt de grondwaterstand met circa 0,05 tot 0,1 meter. Dit betekent dat de grondwaterstand op dat moment aan maaiveld staat. Bij de toetsing is de aanleg van een verlaagde groenzone aan deze oostzijde niet meegenomen. Verwacht wordt dat bij aanleg van een dergelijke zone dit effect er niet meer is.

Berekende flux (gebiedsafvoer)

In de "hoogwater situatie oplossingsrichting 1" is de totale berekende gebiedsafvoer 329 m³/dag. Dit komt overeen met 11,8 mm/dag. Voor de verdeling en het verschil met de huidige situatie wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 7: verschillen tussen variant 1 en de huidige situatie

	Huidige situatie		Oplossingsrichting 1	
	m3/dag	mm/dag	m3/dag	mm/dag
drainage	83	3,0	191	6,8
river	239	8,5	139	5,0
overland flow	39	1,4	-	-
totaal gebiedsafvoer	361	12,9	329	11,8

Uit de berekening blijkt dat oplossingsrichting 1 ten opzichte van de huidige situatie leidt tot een verlaagde gebiedsafvoer. De totale hoeveelheid die door de drain en de sloten (river) worden afgevoerd is vergelijkbaar, enkel de verdeling wijzigt. Het verschil zit hem in de bovengrondse afvoer. Water dat in de huidige situatie bovengronds afvoert, wordt bij oplossingsrichting 1 opgeslagen in het opgehoogde grondpakket.

Berekende flux (afvoer gebied + omgeving)

In de "hoogwater situatie oplossingsvariant 1" is de afvoer van het gebied en de omgeving 4.550 m³/dag. Dit komt overeen met 14,1 mm/dag en is ongeveer gelijk aan de afvoer in de huidige situatie. Voor de verdeling en het verschil met de huidige situatie wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 8: verschillen tussen variant 1 en de huidige situatie

	Huidige situatie		Oplossingsrichting 1	
	m3/dag	mm/dag	m3/dag	mm/dag
drainage	1.534	4,8	1.662	5,1
river	907	2,8	794	2,5
overland flow	2.119	6,6	2.095	6,5
totaal gebiedsafvoer	4.560	14,1	4.550	14,1

7.2 Oplossingsrichting 2

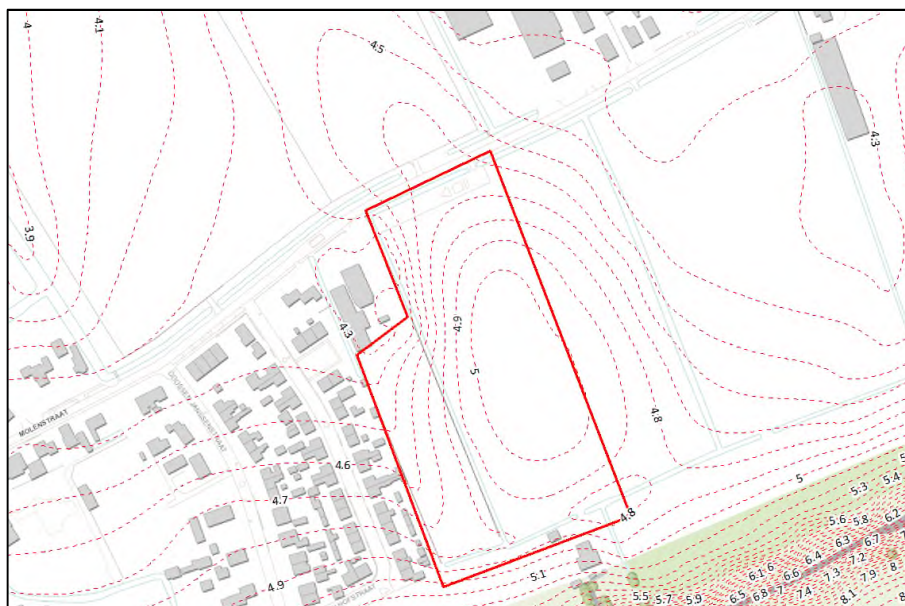
Om oplossingsrichting 2 te toetsen zijn de volgende wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie aangebracht:

- De sloot binnen het plangebied is gedempt en is verplaatst naar de zijkant van het plangebied.
- De nieuwe sloot heeft een bodemhoogte van NAP +4,0 m. De overige parameters (conductance, waterpeil en infiltratiefactor) voor de sloot zijn overeenkomend met de huidige sloot.
- Het maaiveld binnen het plangebied is opgehoogd met 1 meter zand
- Het zand dat is gebruikt voor het ophogen van het maaiveld heeft een k-waarde van 10 m/dag. Daarmee wordt de kD van de toplaag verhoogd met 10 m²/dag.

7.2.1 Uitkomsten MORIA oplossingsrichting 2

Berekende freatische grondwaterstand

In de volgende figuur is de berekende freatische grondwaterstand in en rondom het plangebied weergegeven. In het midden van het plangebied komt de grondwaterstand tot NAP +5,0 m. Aan de randen van het plangebied is de grondwaterstand lager en ligt deze tussen ca. NAP +4,3 m en NAP +4,8 m.



Figuur 19: Berekende freatische grondwaterstand variant 2 bij hoogwater (m NAP)

In de volgende figuur is het verschil in berekende grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie weergegeven.



Berekende flux (afvoer gebied + omgeving)

In de "hoogwater situatie oplossingsvariant 2" is de afvoer van het gebied en de omgeving 4.553 m³/dag. Dit komt overeen met 14,1 mm/dag en is ongeveer gelijk aan de afvoer in de huidige situatie. Voor de verdeling en het verschil met de huidige situatie wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 10: verschillen tussen variant 1 en de huidige situatie

	Huidige situatie		Oplossingsrichting 2	
	m3/dag	mm/dag	m3/dag	mm/dag
Drainage	1.534	4,8	1.520	4,7
River	907	2,8	939	2,9
overland flow	2.119	6,6	2.093	6,5
totaal gebiedsafvoer	4.560	14,1	4.553	14,1

7.3 Conclusie MORIA toetsingen

Uit de MORIA toetsingen blijkt dat beide beschreven oplossingsrichtingen niet leiden tot een verslechterde grondwatersituatie in de omgeving van het plangebied.

Oplossingsrichting 1

Bij oplossingsrichting 1 is het van belang dat het infiltratieriool op dezelfde diepte ligt als de huidige slootbodem. In de uitgevoerde MORIA-toetsing was dat niet het geval. Wanneer het infiltratieriool gelijk ligt aan de slootbodem treedt er geen verslechtering van de grondwatersituatie in de omgeving op.

Oplossingsrichting 2

Bij oplossingsrichting 2 is het van belang dat er aan de oostzijde van het gebied ook een ontwaterende voorziening ligt. In de uitgevoerde MORIA-toetsing was dit niet het geval. Deze zone zorgt ervoor dat ook het landbouwgebied aan de oostzijde van het plangebied niet natter wordt dan in de huidige situatie.

De MORIA toetsing is aanleiding geweest om ook aan deze zijde een verlaagde groenzone op te nemen. Bij de uitwerking van de oplossingsrichtingen (hoofdstuk 6) is deze zone reeds ingepast.

8 Doorkijk riolering Slingerbos

Om vuilwater en hemelwater, van de te realiseren woningbouw, te verwerken is riolering noodzakelijk. Bij voorkeur wordt bij de aanleg van de riolering het bestaande maaiveld niet dieper dan 0,4 meter ingesneden. Dit heeft te maken met de archeologische verwachting van het plangebied. Dit betekent dat na ophoging het maaiveld aan de zuidzijde met 1,4 meter kan worden ingesneden en aan de noordzijde met 1,5 meter. Daarnaast kan de riolering aangelegd worden in de te dempen watergang.

In dit hoofdstuk is een doorkijk gegeven omtrent de mogelijkheden en beperkingen van de toekomstige aanleg van riolering. Na de keuze voor de oplossingsrichting en de aanpassingen van het stedenbouwkundig plan kan een rioleringsplan worden opgesteld.

Binnen het plangebied 1 is het waarschijnlijk mogelijk om het vuilwaterriool aan te brengen in de te dempen sloot. Op deze wijze hoeft het bodempakket met archeologische verwachting niet ingesneden te worden. Voor oplossingsrichting 1 dient specifiek nagegaan te worden of dit mogelijk is combinatie met de aanleg van het infiltratieriool.

Een keuze zal gemaakt moeten worden tussen de aanleg van een centraal gemaal of een aansluiting onder vrijverval op het bestaande gemengde riool van Ophemert. Aansluiting onder vrijverval is qua hoogteligging mogelijk, maar kan waarschijnlijk niet worden gerealiseerd zonder dat het bodempakket met archeologische verwachting wordt ingesneden.

Het hemelwater afkomstig van verhard oppervlak kan oppervlakkig of ondergronds worden afgevoerd naar de verlaagde groenzones. Bij oppervlakkige afstroming dienen hoogteverschillen in het plangebied aangebracht te worden om deze afstroming mogelijk te maken.

Wanneer wordt gekozen voor ondergrondse afvoer wordt geadviseerd deze op minimale dekking (0,8 tot 1,1 meter) en zonder verhang aan te leggen. Op deze wijze zijn de insnijdingen in het bestaande maaiveld beperkt en is aansluiting op de verlaagde zones mogelijk.

Indien gekozen wordt voor realiseren van waterberging buiten het plangebied in combinatie met een infiltratieriool in de te dempen sloot (conform oplossingsrichting 1) kan het infiltratieriool aangewend worden als hemelwaterriool.

9 Conclusies en aanbevelingen fase 1

Om te komen tot een (geo)hydrologisch neutraal ontwerp voor de ontwikkeling van fase 1 van het plan Slingerbos zijn verschillende oplossingsrichtingen verkend en uitgewerkt. Oplossingsrichtingen die robuust en inpasbaar zijn. Twee van de oplossingsrichtingen gaan uit van het inzamelen en bergen van hemelwater binnen het plangebied. Een alternatief is de aanleg van compenserende waterberging buiten het plangebied.

9.1 Minimale ophoging

De volgende conclusies kunnen getrokken worden:

- Om te voldoen aan de ontwateringseisen zal het noordelijk deel van het plangebied tot een minimaal niveau van +5,6 m NAP opgehoogd moeten worden. Het gaat hier om het minimale straatpeil.
- Om te voorkomen dat infiltrerend hemelwater leidt tot (grond)wateroverlast zal de zuidzijde van het gebied opgehoogd moeten worden tot +5,85 m NAP. Het gaat hier om het minimale straatpeil. Door de aanleg van drainage kan dit peil nog met 0,1 à 0,2 meter verlaagd worden.
- Ophoging dient plaats te vinden bovenop het huidige maaiveld. Op deze wijze blijft de weerstand van de huidige deklaag in stand.
- Geadviseerd wordt het vloerpeil van de woningen 0,2 tot 0,3 meter hoger aan te leggen dan het straatpeil.
- Het ophoogzand dient een doorlatendheid te hebben van minimaal 10 m/dag.
- Overwogen kan worden groenvoorzieningen aan te brengen op het bestaande maaiveld en te accepteren dat deze groenvoorzieningen periodiek zeer drassig zijn.
- Tussen het opgehoogde terrein en het niet opgehoogde aangrenzende gebied kan (grond)wateroverlast ontstaan door uittredend grondwater en afstromend hemelwater. Door verlaagde zones aan te brengen wordt dit voorkomen.

9.2 Oplossingsrichting 1

Oplossingsrichting 1 gaat uit van het in stand houden van de huidige waterstructuur en het realiseren van een overgangszone tussen de bestaande bebouwing en de nieuwe bebouwing.

De centrale noord-zuid gelegen watergang wordt gedempt met goed doorlatend zand (minimale k-waarde 10 m/dag) en voorzien van een ruim gedimensioneerd infiltratieriool. Dit infiltratieriool wordt op het bodemniveau aangelegd, zodat de drainagebasis gelijk is. Het infiltratieriool heeft naast een drainerende functie ook de functie om hemelwater, dat in het plangebied valt, af te voeren en te infiltreren.

De overige watergangen in het gebied blijven behouden. Een blauw/groene zone wordt gerealiseerd tussen de bestaande bebouwing en de nieuwe bebouwing en tussen de nieuwe bebouwing en het landelijk gebied. Deze zones vormen een geleidelijke overgang van het lager gelegen bestaande gebied naar het hoger gelegen nieuwe bebouwd gebied. Water dat zich in deze zone verzameld wordt via de bestaande sloten afgevoerd. De zone wordt tevens aangewend om de toename aan verhard oppervlak te compenseren.

Uit de MORIA toetsingen blijkt dat de oplossingsrichting niet leidt tot een verslechterde grondwatersituatie in de omgeving van het plangebied.

Het ruimtebeslag dat nodig is voor de aanleg van de verlaagde groenvoorzieningen, die tevens worden ingezet voor de compensatie van de toename in verhard oppervlak, is minimaal 2.800 m² (10% van het plangebied).

Over een lengte van circa 180 meter wordt de sloot gedempt en vervangen door een infiltratieriool. De bergingscapaciteit in een T=100 situatie neemt af met 155 m³. Deze afname dient gecompenseerd te worden. Aanleg van nieuw oppervlaktewater binnen plangebied Slingerbos is niet wenselijk vanwege de kwel aantrekkende werking. Geadviseerd wordt de compensatie voor de demping buiten het plangebied te vinden binnen peilgebied TLW009. Een andere optie is de compensatie te vinden door aanleg van circa 400 m² extra verlaagde zones.

Het benodigd ruimtebeslag voor droogvallend water is zodoende minimaal 2.800 m² (10% van het plangebied). Wanneer ook de compensatie van de demping binnen het plangebied gevonden wordt is er een benodigd ruimtebeslag van 3.200 m² (11% van het plangebied).

Daarnaast is ruimte nodig voor de overgang van opgehoogd naar niet opgehoogd maaiveld. Bij een taludhelling van 1:3 is dat ongeveer 1.500 m² (5,4% van het plangebied).

9.3 Oplossingsrichting 2

Oplossingsrichting 2 gaat uit van het aanbrengen van een nieuwe watergang tussen het bestaande en het nieuwe bebouwd gebied ten westen van het plangebied en het dempen van de huidige noord-zuid gelegen watergang (met gebiedseigen materiaal). Het bodemniveau van de nieuwe watergang is gelijk aan het bodemniveau van de te dempen watergang (circa +3,8 m NAP). De nieuwe watergang voorkomt dat de grondwaterstanden ter plaatse van de bestaande bebouwing stijgen.

Aan de oostzijde van het plangebied wordt een groen/blauwe zone gerealiseerd. Deze zone vormt een geleidelijke overgang van het lager gelegen landelijk gebied naar het hoger gelegen nieuwe bebouwd gebied. Water dat zich in deze zone verzameld wordt via de bestaande sloot afgevoerd. De zone wordt tevens aangewend om de toename aan verhard oppervlak te compenseren.

Uit de MORIA toetsingen blijkt dat de oplossingsrichting niet leidt tot een verslechterde grondwatersituatie in de omgeving van het plangebied.

Het ruimtebeslag dat nodig is voor de aanleg van de sloot inclusief het onderhoudspad is circa 1.800 m². Het benodigde oppervlak aan verlaagde zones is circa 2.350 m². Het benodigde ruimtebeslag voor (droogvallend) water is zodoende minimaal 4.150 m² (15 % van het plangebied).

Daarnaast is ruimte nodig voor de overgang van opgehoogd naar niet opgehoogd maaiveld. De overgang aan de westzijde is reeds meegenomen bij het benodigde oppervlak van de sloot. Voor de overige zijden is bij een taludhelling van 1:3 ongeveer 1.000 m² (3,6% van het plangebied) benodigd.

9.4 Watercompensatie buiten het plangebied

Oplossingsrichting 1 en 2 gaan uit van de aanleg van waterberging als gevolg van de toename van het verhard oppervlak in het plangebied. Een alternatief is het aanleg van waterberging buiten

het plangebied. De aanleg van oppervlaktewater in het plangebied is ongewenst, doordat dit leidt tot het doorsnijden van de aanwezige deklaag en hierdoor tot een sterke kweltoename. Ten noorden van het plangebied is, op basis van literatuuronderzoek, de deklaag aanzienlijk dikker. Bovendien is de afstand tot de Waal groter. Aanleg van oppervlaktewater is hier wel mogelijk zonder dat dit leidt tot een sterke kweltoename.

De gemeente heeft reeds een locatie hiervoor op het oog. Belangrijk is dat de afvoerroute naar deze locatie ook van voldoende omvang is. Vergroten van de afvoerroute kan ingezet worden als compenserende waterberging. In totaal is er minimaal 1.744 m² waterberging benodigd om de toename aan verhard oppervlak te compenseren en bij oplossingsrichting 1 nog 155 m³ als gevolg van de demping van de sloot .

Ook bij aanleg van waterberging buiten het plangebied zal het plangebied opgehoogd moeten worden en dienen er groen/blauwe overgangszones aan de oost- en westzijde van het gebied aangelegd te worden. De zones kunnen wel aanzienlijk smaller worden.

Het ruimtebeslag dat nodig is voor deze zones en de overgang tussen het opgehoogd en het niet opgehoogde maaiveld is bij toepassing van taludhellingen 1:3 circa 2.600 m².

Ook dienen er bij waterberging buiten het plangebied nieuwe ontwaterende voorzieningen aangebracht worden om te voorkomen dat de grondwaterstanden in de omgeving van het plangebied stijgen. Dit betekent dat bij het dempen van de sloot een infiltratierool (conform oplossingsrichting 1) of een nieuwe watergang (conform oplossingsrichting 2) aangelegd dient te worden.

Het dempen van de sloot met goed doorlatend materiaal en een infiltratierool (conform oplossingsrichting 1) kost aan het maaiveld geen ruimte. Het aanbrengen van een sloot aan de westzijde (conform oplossingsrichting 2) leidt in combinatie met een onderhoudspad tot een ruimtebeslag van circa 2.400 m².

9.5 Aanbeveling voor vervolg

Geadviseerd wordt een definitieve keuze te maken tussen de verschillende oplossingsrichtingen. Bij deze keuze dient ook nagedacht te worden hoe fase 2 er op hoofdlijnen gaat uitzien (zie ook de doorkijk in het volgende hoofdstuk). Een aandachtspunt hierbij is hoe het water wordt afgevoerd uit het gebied van fase 2.

Vervolgens dient het stedenbouwkundig ontwerp nader uitgewerkt worden, waarbij de gekozen oplossingsrichting ruimtelijk wordt ingepast.

10 Doorkijk fase 2

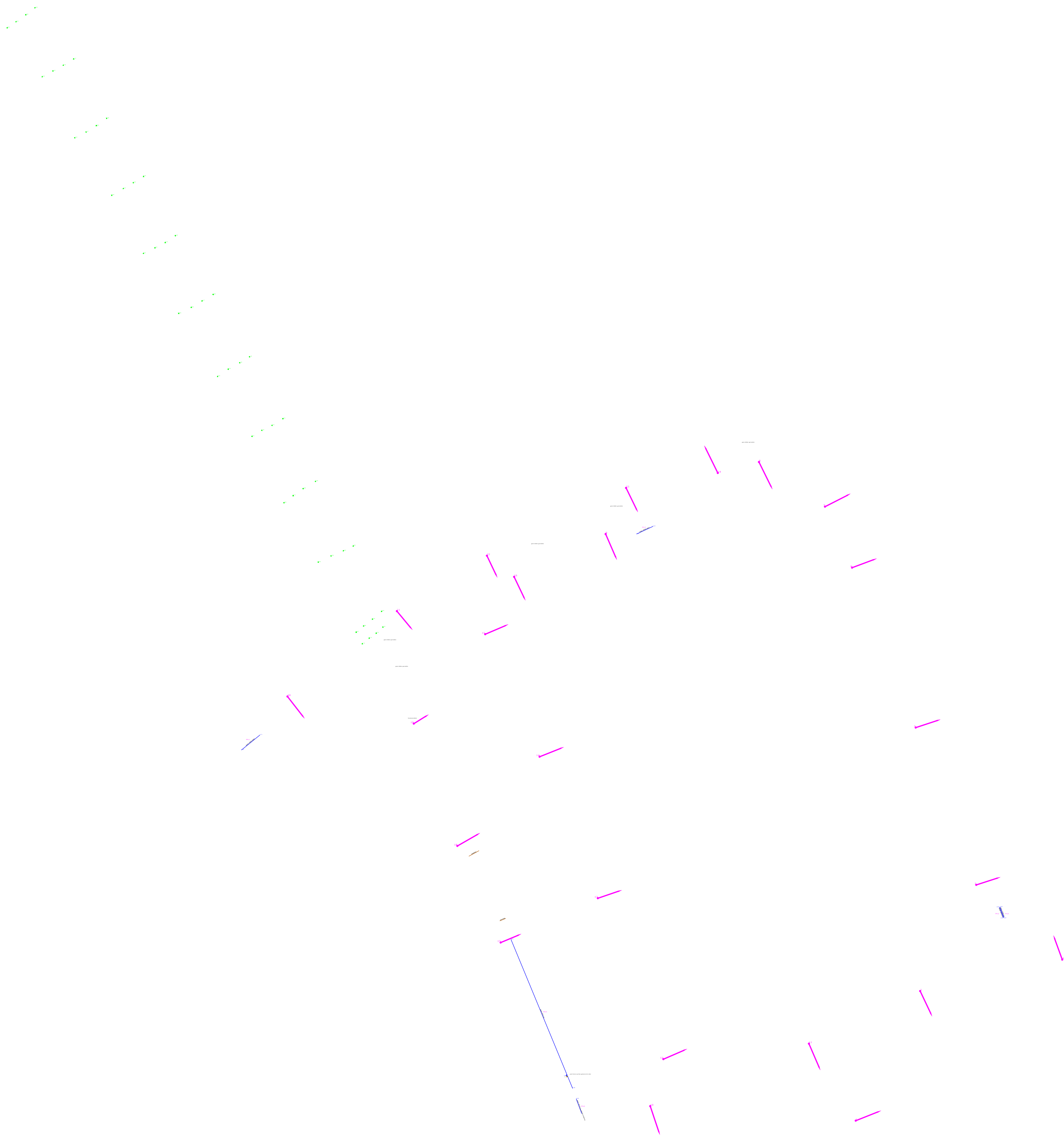
Wat geldt voor fase 1 geldt in grote lijnen ook voor fase 2. Op basis van de uitwerking van fase 1 kan de volgende doorkijk worden gegeven:

- De ophoging van het terrein zal naar verwachting vergelijkbaar zijn met de ophoging van het zuidelijk deel van het plangebied. Dat betekent dat er op het bestaande maaiveld 1 meter goed doorlatend zand aangebracht zal moeten worden. De daadwerkelijke ophoging van het terrein zal in nauw overleg en samenwerking met het waterschap bepaald moeten worden vanwege de ligging in de kernzone en beschermingszone van de waterkering en de voorgenomen dijkverzwaring.
- Wanneer er voor wordt gekozen om sloten te dempen mag dit niet leiden tot een verslechterde grondwatersituatie of knelpunten in de afwatering. Dit betekent dempen met goed doorlatend materiaal en een infiltratieriool of het aanbrengen van nieuwe sloten.
- Ter plaatse van de overgang van opgehoogd naar niet opgehoogd maaiveld dienen groen/blauwe zones aangebracht te worden om overlast te voorkomen. Dit betekent de aanleg van een verlaagde groenzone of een sloot.
- Compensatie van verhard oppervlak kan:
 - o binnen het plangebied van fase 2, door het aanbrengen van verlaagde groenzones. Qua ruimtebeslag is ongeveer de helft van de ruimte van fase 1 nodig. De aanleg van extra oppervlaktewater wordt sterk afgeraden;
 - o binnen het plangebied van fase 1, door de aan te brengen voorzieningen circa 1,5 x zo groot te maken;
 - o buiten het plangebied, door de aan te brengen voorzieningen circa 1,5 x zo groot te maken.
- Vuilwaterriool kan onder vrijval aangesloten worden op het vuilwaterriool in fase 1. Hierbij dient bij de uitwerking van fase 1 rekening gehouden te worden.
- Hemelwater kan oppervlakkig of ondergronds afgevoerd worden naar verlaagde zones, sloten of infiltratieriolering.

Bijlage 1 Inmetingen plangebied

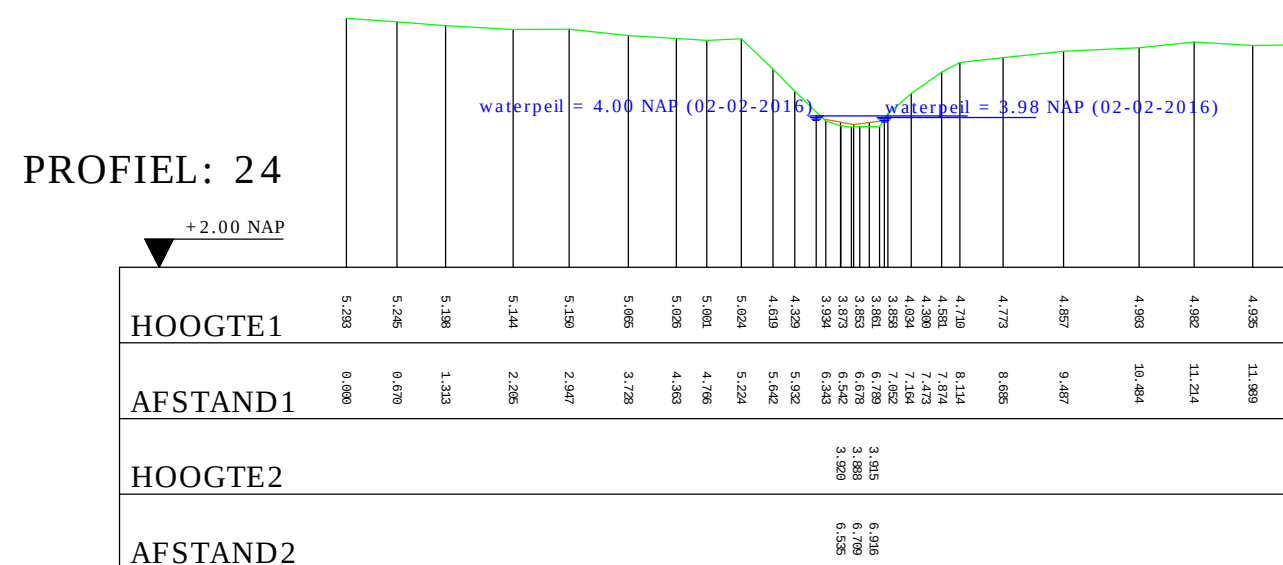
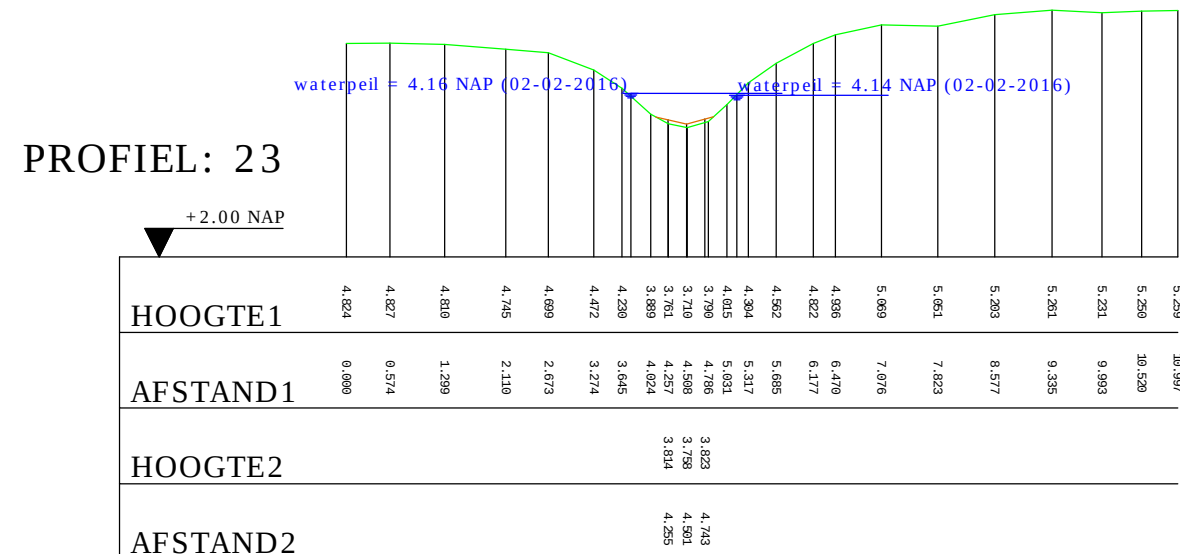
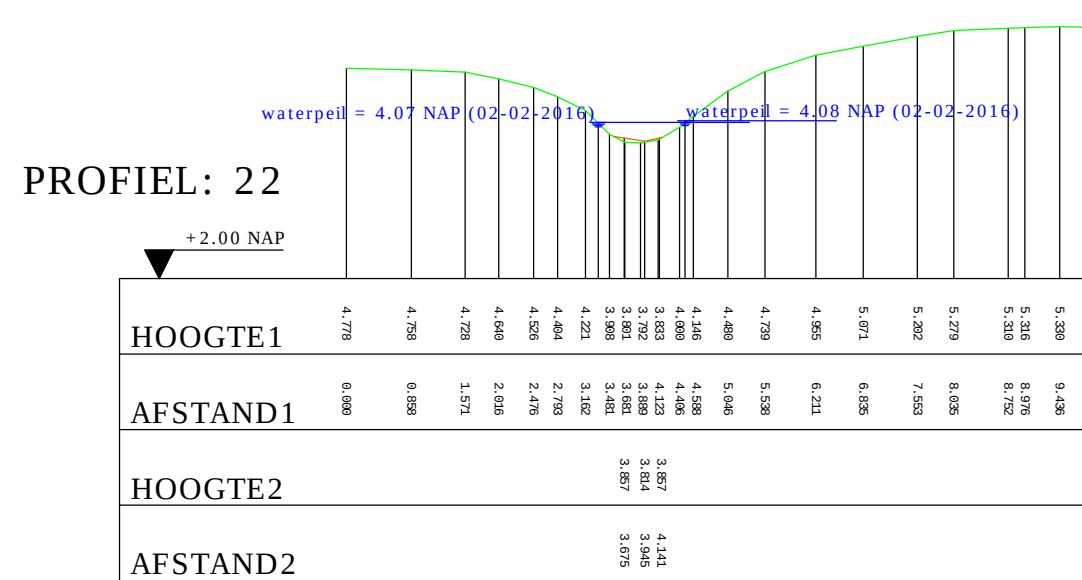
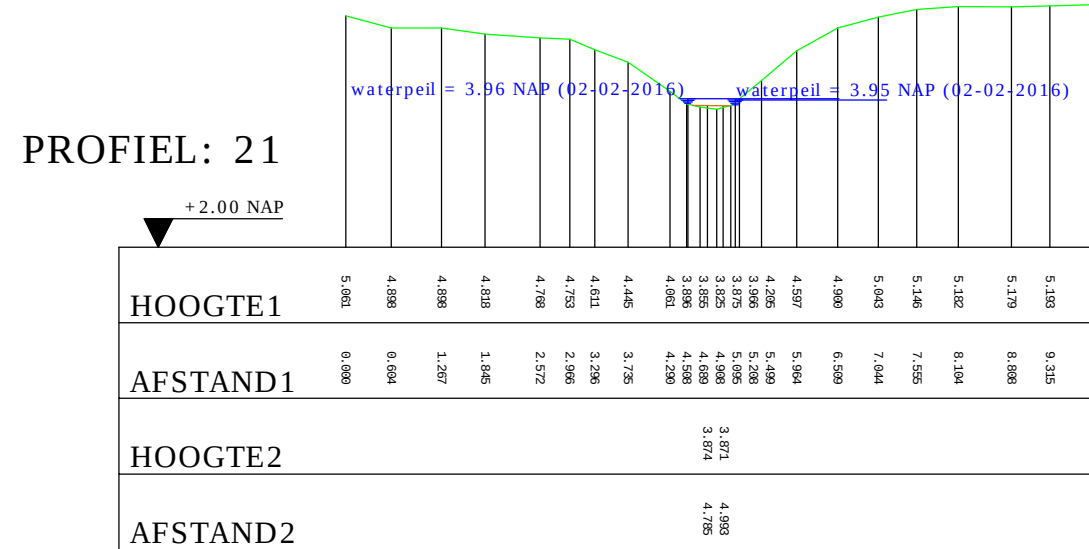
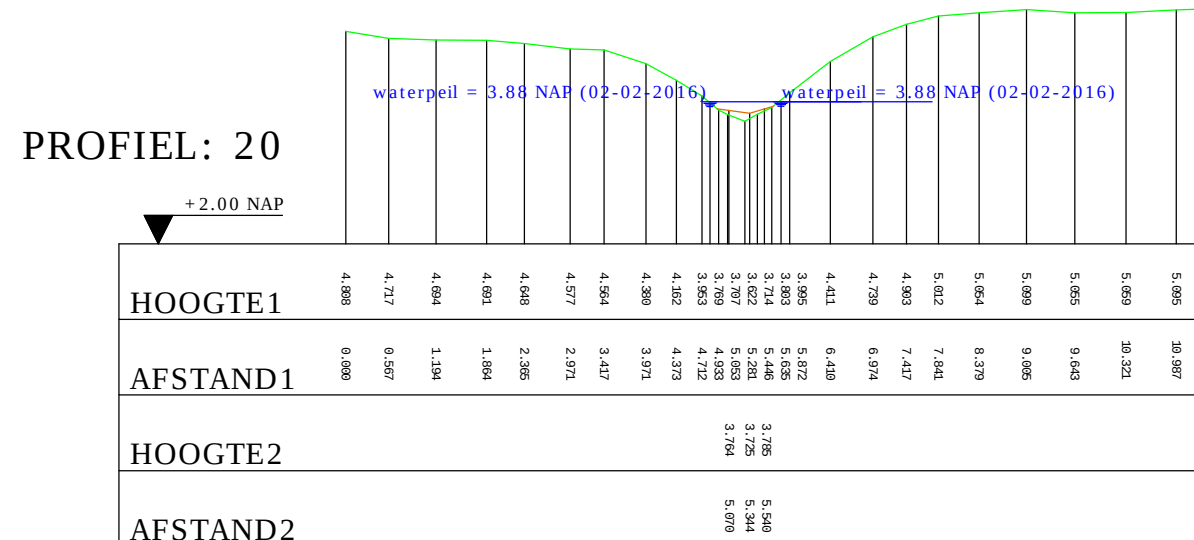
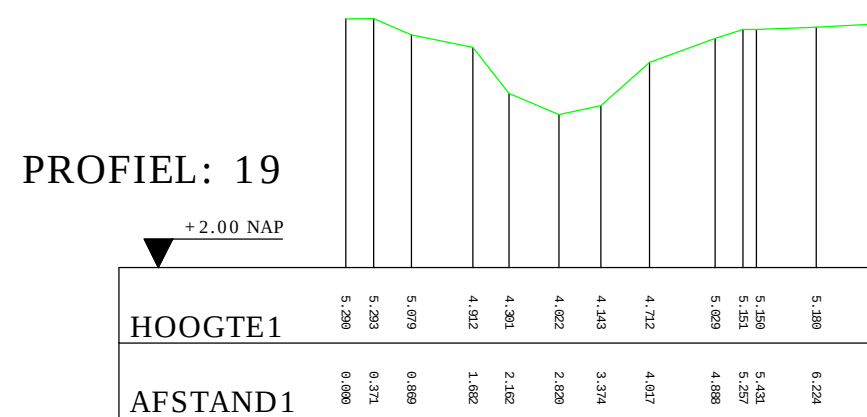
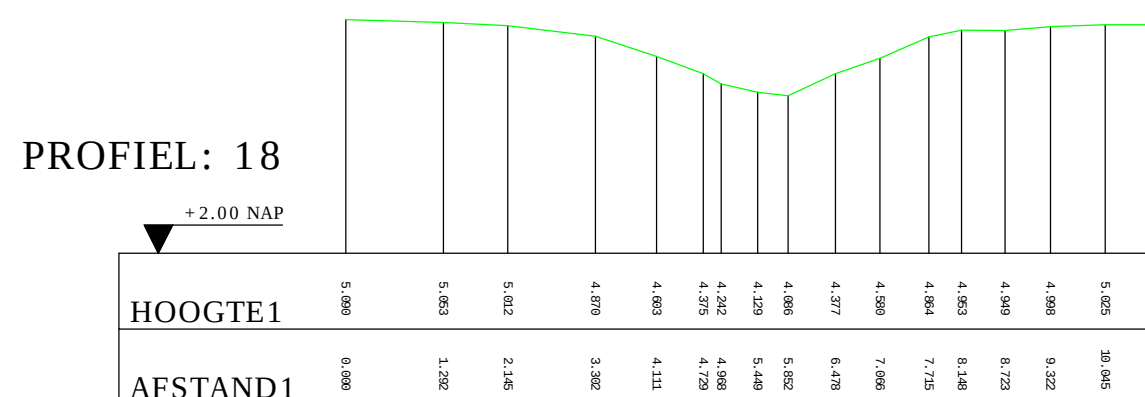
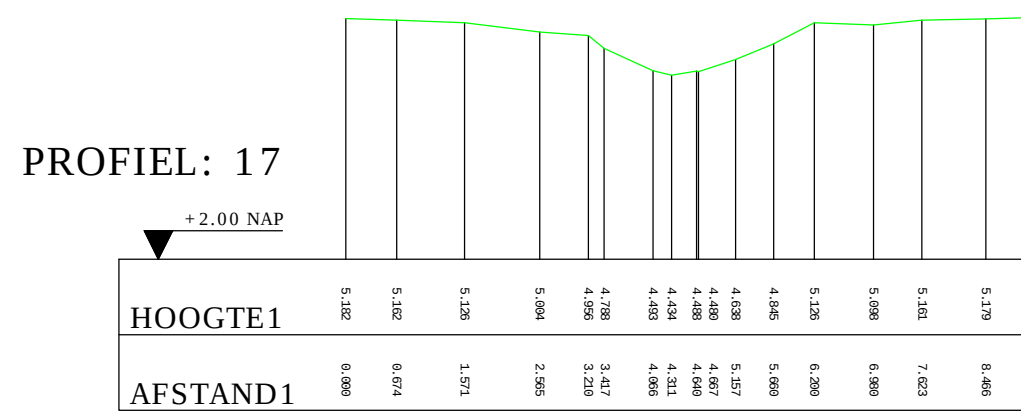
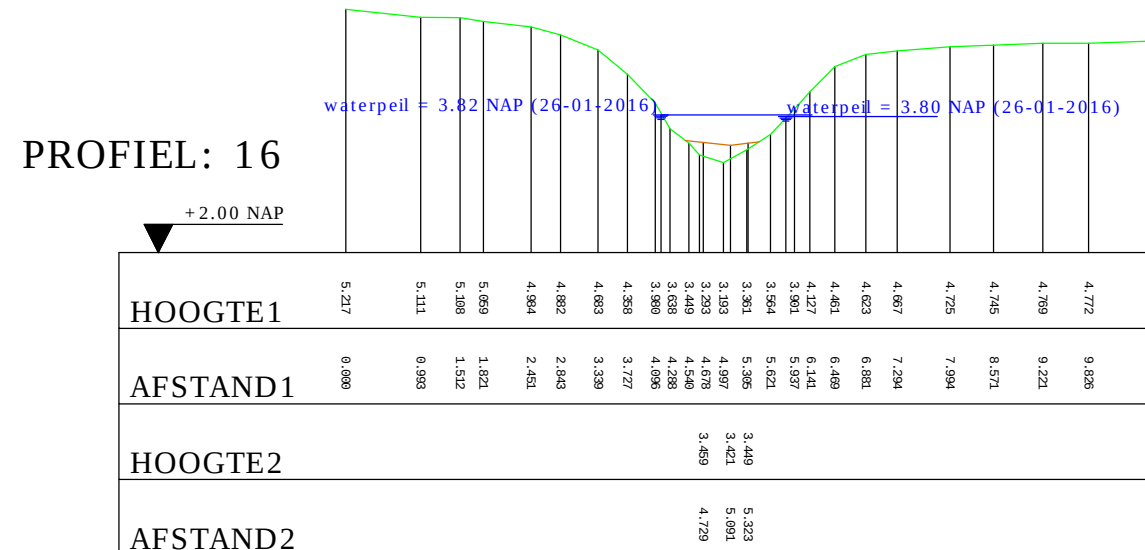
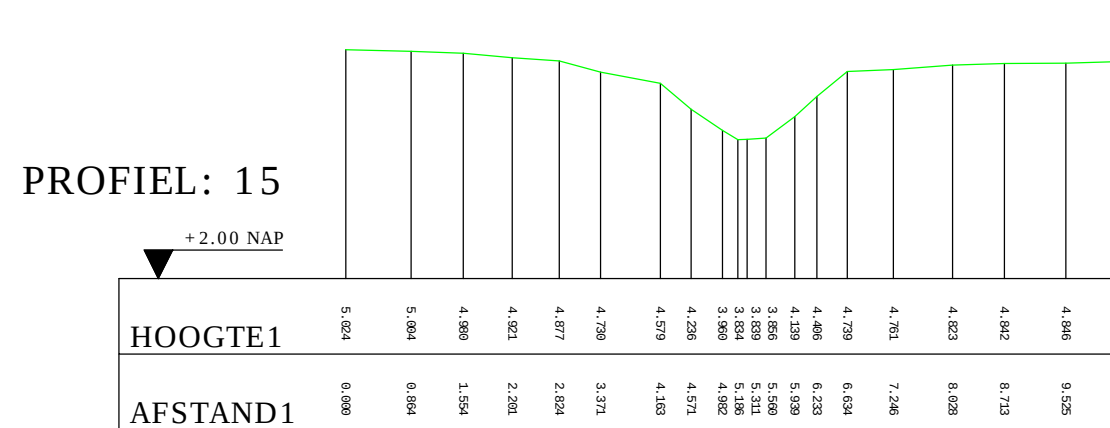
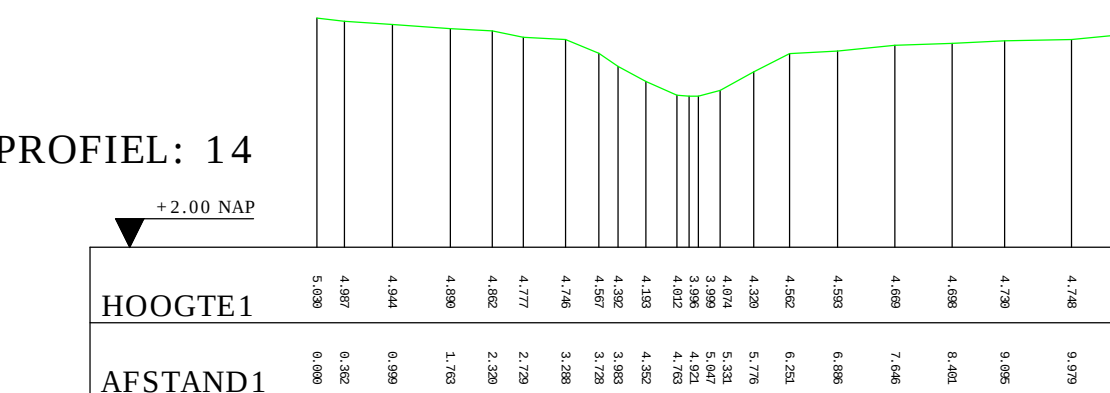
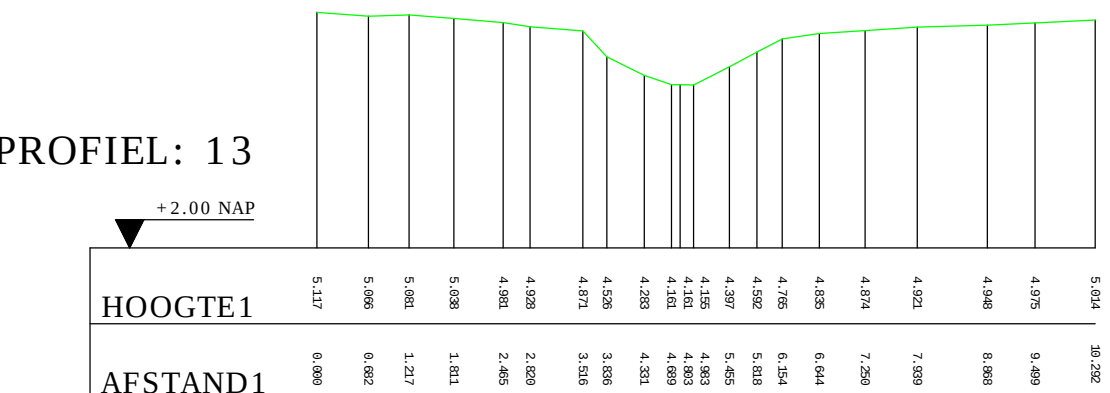
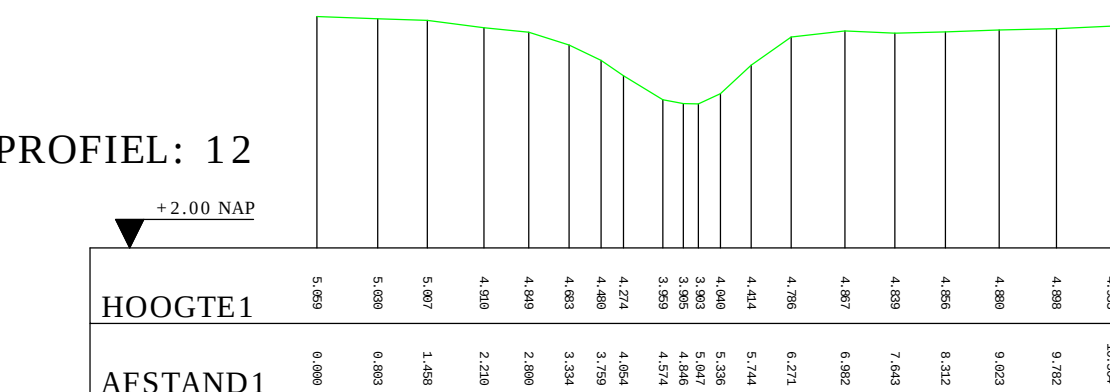
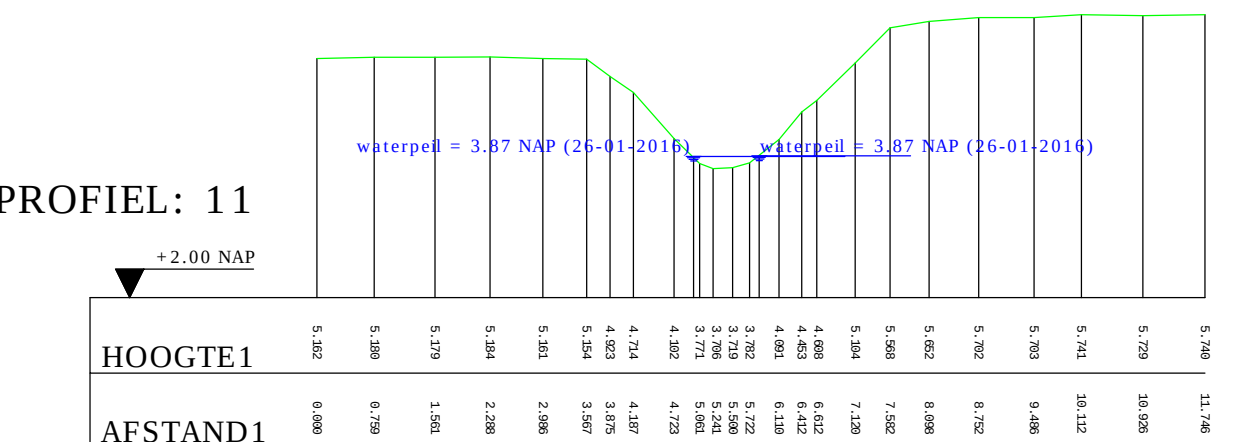
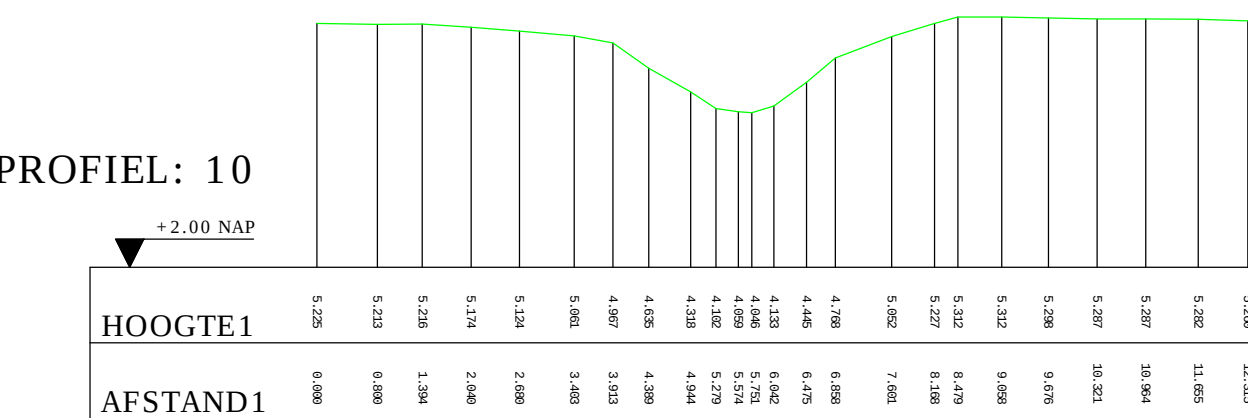
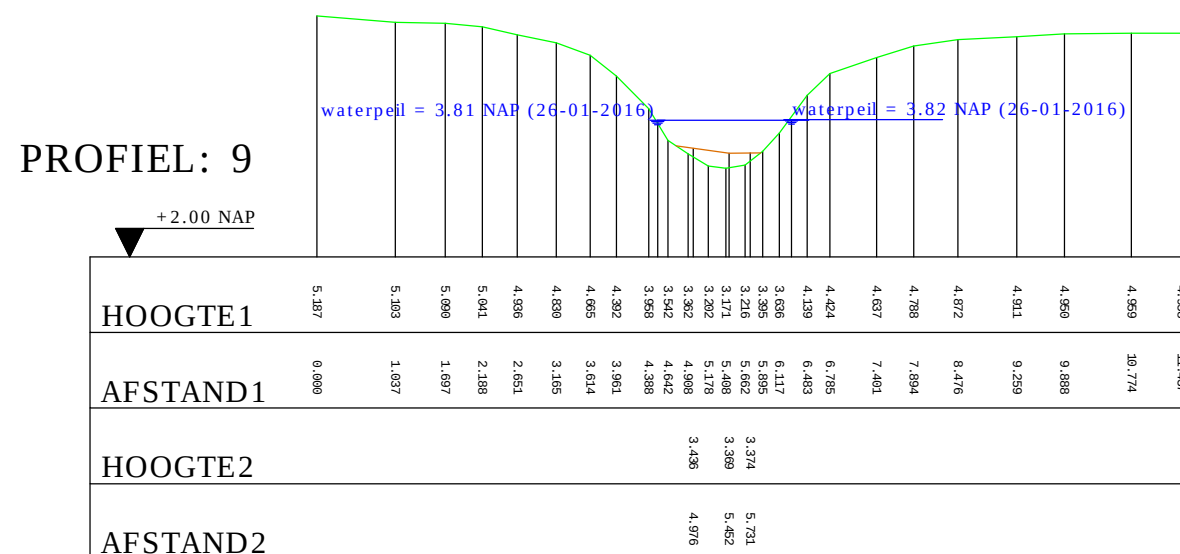
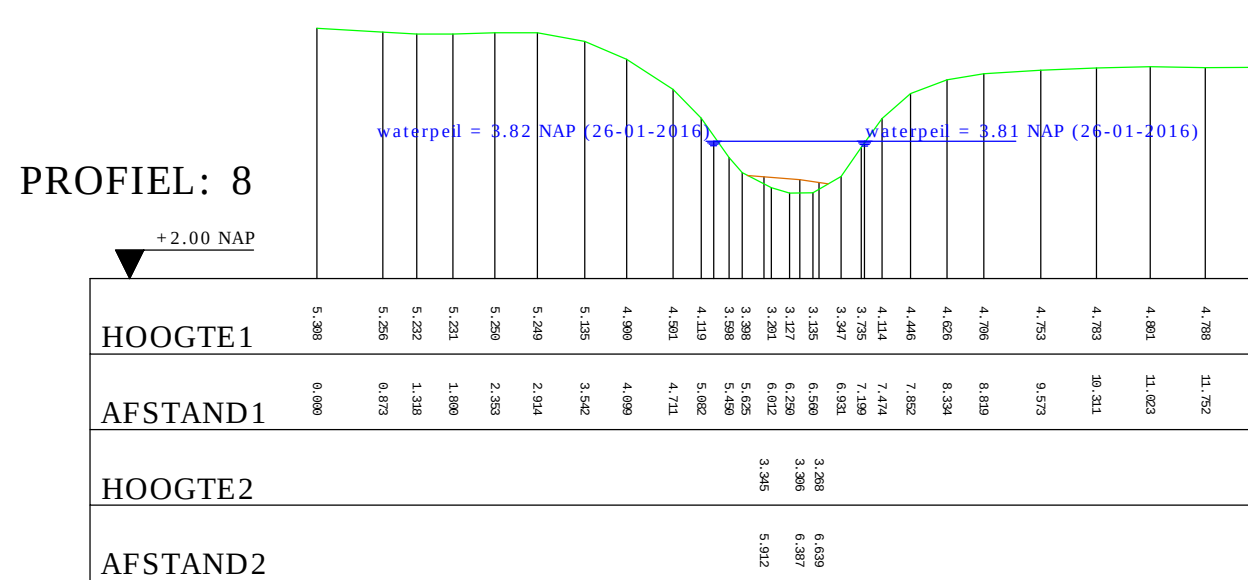
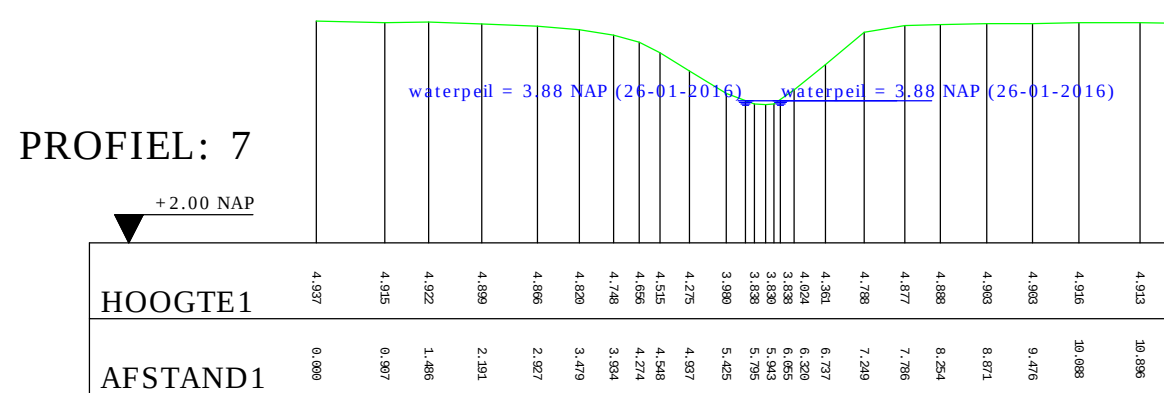
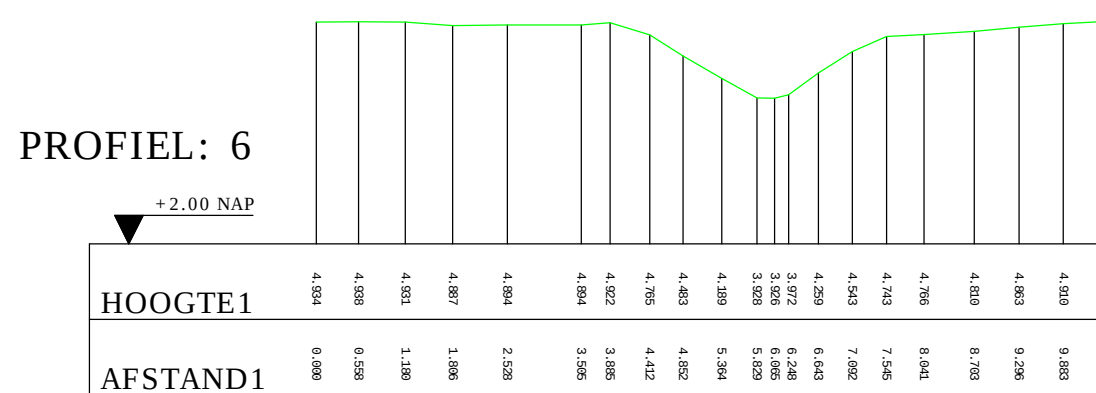
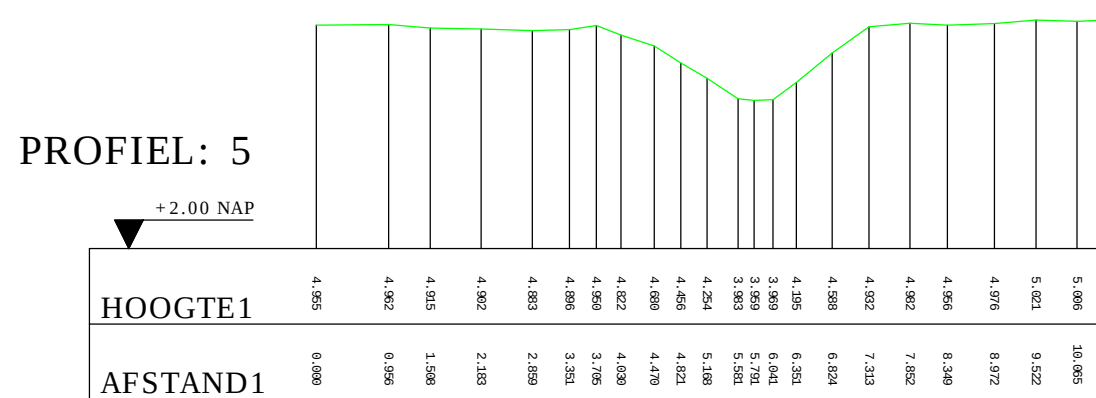
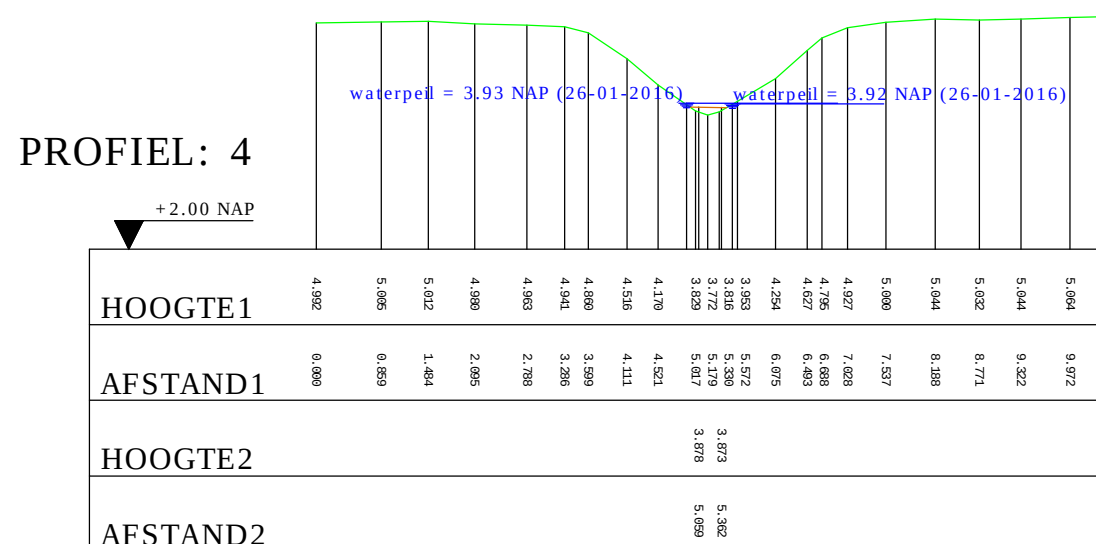
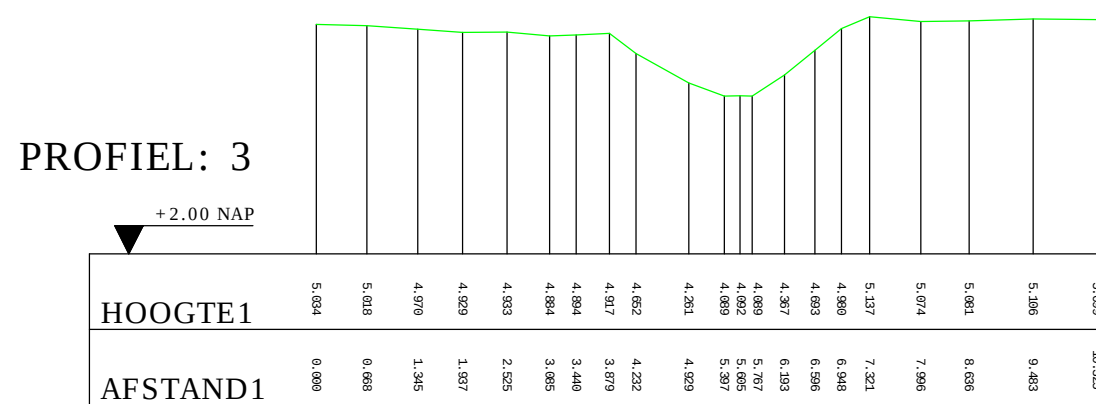
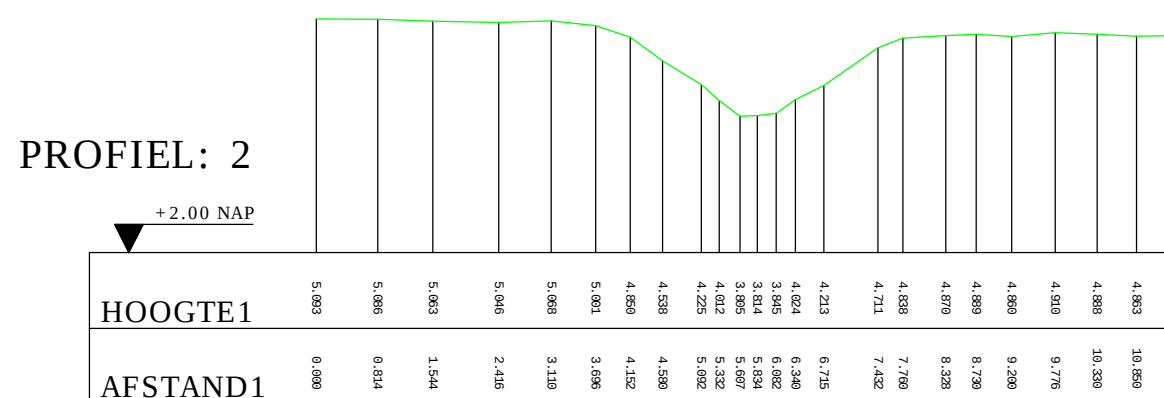
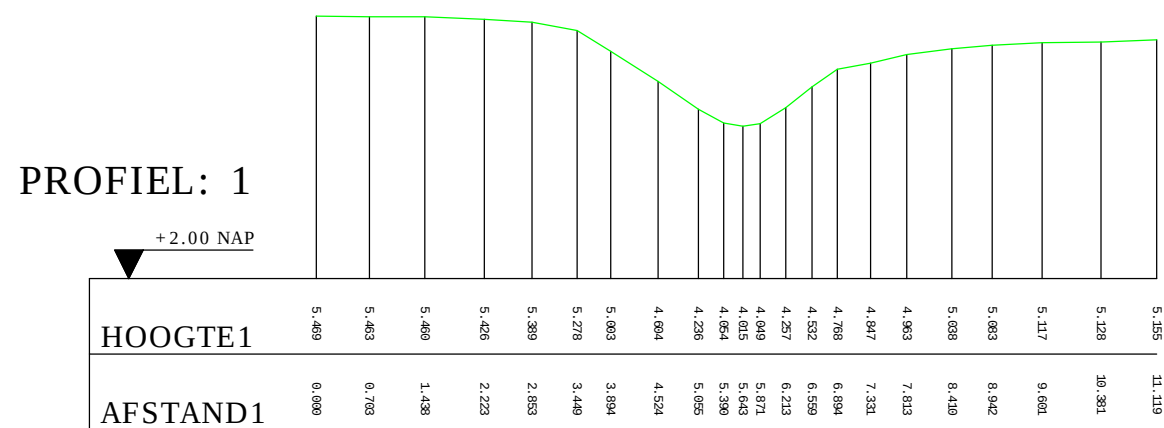
Metrica, februari 2016

Bijlage 1 Inmetingen plangebied



HOOGTEMATEN ZIJN GEMETEN TEN OPZICHTE VAN NAP
Teksten zijn alleen digitaal te lezen i.v.m. gekozen schaal

OPDRACHTGEVER AVRI										
SCHAAL 1:100		FORMAAT A1		OMSCHRIJVING Meting profielen, duikers en maaiveld						
PROJECTNUMMER 7038-011				PROJECTNAAM WATERGANGEN SLINGERBOS						
GETEKEND	DATUM 02-02-16	DOOR FSCT	DATUM	DOOR	DATUM	DOOR	DATUM	DOOR	DATUM	DOOR
GEWIJZIGD										
GECONTROLEERD										
								METRICA B.V. DEVENTERSTRAAT 9 7575 EM OLDENZAAL T : 0541 - 663505 F : 0541 - 672179 E : info@metrica.nl W : www.metrice.nl		



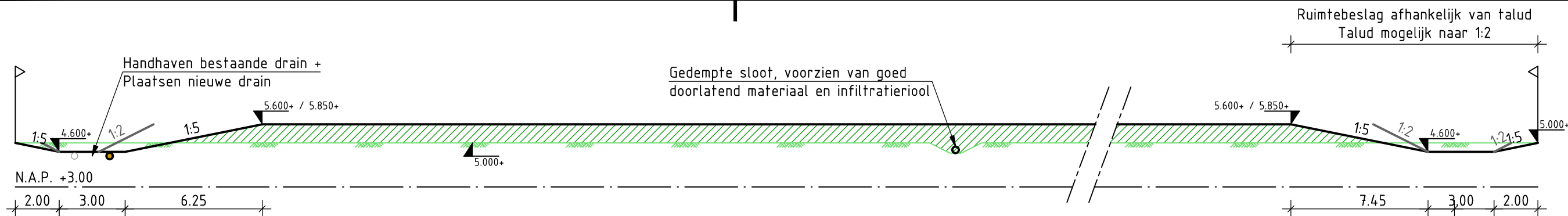
LEGENDA

- harde bodem
- sliblaag

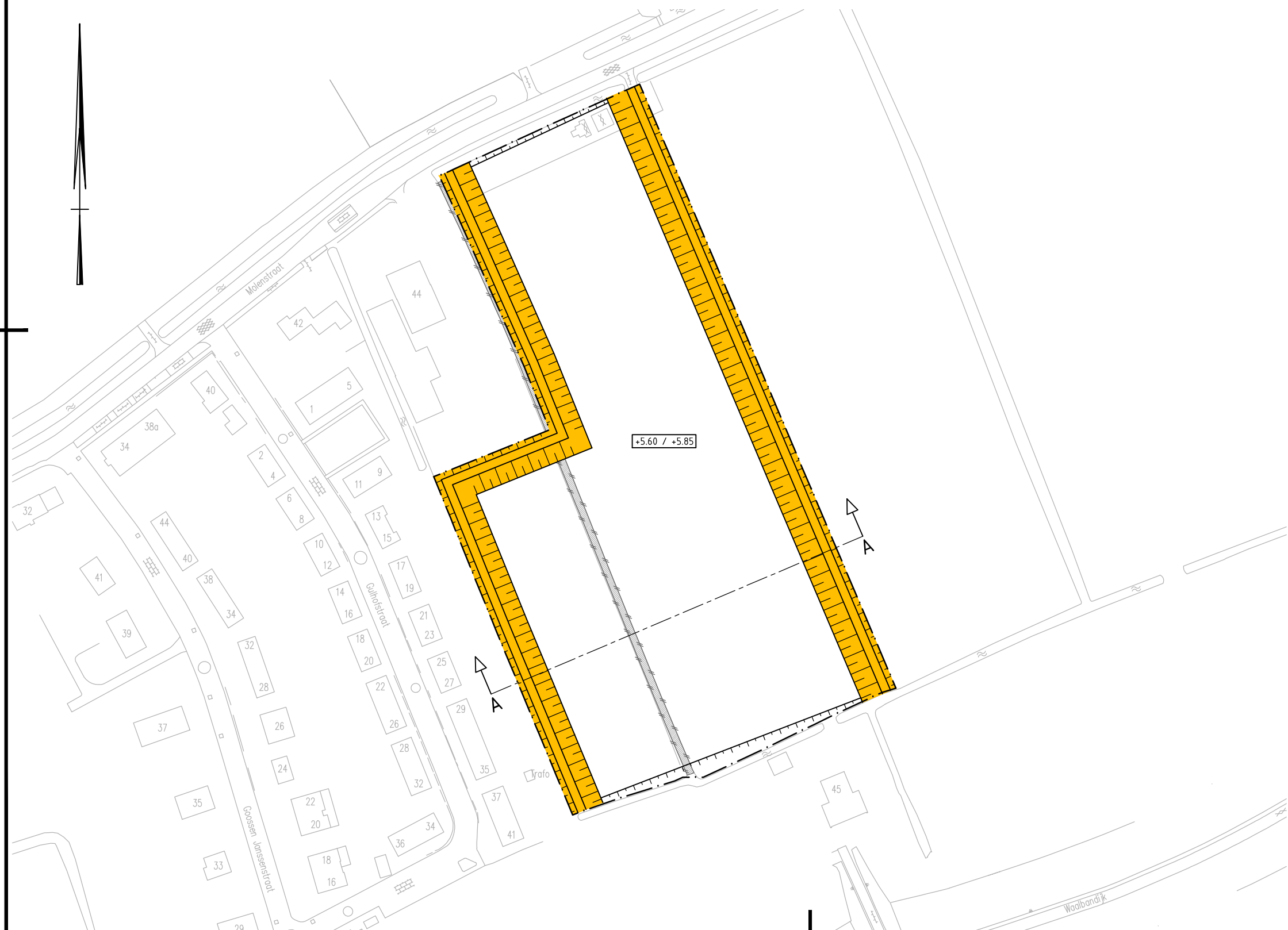
OPDRACHTGEVER AVRI									
SCHAAL 1:100		FORMAAT A1		OMSCHRIJVING Dwarsprofielen 1 t/m 24 (Ophemert)					
PROJECTNUMMER 7038-011		PROJECTNAAM WATERGANGEN SLINGERBOS							
GETEKEND		DATUM	DOOR	DATUM	DOOR	DATUM	DOOR	DATUM	DOOR
GEWIJZIGD									
GECONTROLEERD									
 METRICA GEODESIE & MAATVOERING									
METRICA B.V. DEVENTERSTRAAT 9 7575 EM OLDEENZAAL T : 0541 - 663505 F : 0541 - 672179 E : info@metrica.nl W : www.metr.nl									

Bijlage 2 Tekeningen oplossingsrichtingen

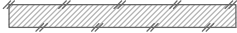
Bijlage 2 Tekeningen oplossingsrichtingen



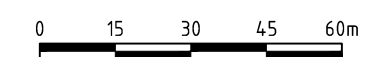
Dwarsprofiel A-A
SCHAAL 1 : 200



Verklaring:

- · — · — · — · — Plangrens
-  Te dempen watergang met goed doorlatend materialen voorzien van infiltratierool
-  Verlaagde groenzône / blauwzône
Breedte afhankelijk van talud
Tevens overgang naar ophoging

De weergegeven variant betreft de variant uitgaande van taluds 1:5



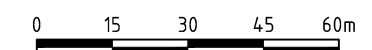
DO	27-07-2016	DEFINITIEF	M.S.
Nr	Datum	Wijziging	Tek

Gemeente Neerijnen	Tekenaar R.D. Lagcher	Schaal 1:1500
Waterhuishoudkundig plan Slingerbos te Neerijnen	Projectleider A. van Beek	Formaat A3
Oplossingsrichting 1 Instand houden huidige waterstructuur	Status DEFINITIEF	Wijz.n.r. DO
Tekeningnummer 406653-IP-0-0101	www.anteagroup.nl	





- De weergegeven variant betreft de variant uitgaande van taluds 1:5



D0	27-07-2016	DEFINITIEF	M.S.
Nr	Datum	Wijziging	Tek

www.anteagroup.nl



Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Zutphenseweg 31D
7418 AH DEVENTER
Postbus 321
7400 AH DEVENTER
T. (0)570 67 94 44
E. info@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2016

Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd en/of openbaar worden
gemaakt door middel van druk, fotokopie,
elektronisch of op welke wijze dan ook,
zonder schriftelijke toestemming van de
auteurs.