



Effecten peilstijging Kierbesluit (CMK) op Goeree

Effecten peilstijging Kierbesluit (CMK) op Goeree

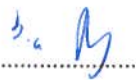

Waterschap Hollandse Delta

13 december 2013
Definitief rapport
BC5934



George Hintzenweg 85
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
+31 10 443 36 66 Telefoon
Fax
info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet
Amersfoort 56515154 KvK

Documenttitel Effecten peilstijging Kierbesluit (CMK) op
Goeree
Effecten peilstijging Kierbesluit (CMK) op
Goeree
Verkorte documenttitel Effecten peilstijging Kierbesluit
Status Definitief rapport
Datum 13 december 2013
Projectnaam Onderzoek effecten peilstijging Kierbesluit
(CMK) op Voorne en Goeree
Projectnummer BC5934
Opdrachtgever Waterschap Hollandse Delta
Referentie BC5934/R0002/905380/Rott

Auteur(s) Johan Boleij
Collegiale toets Leon Brouwer
Datum/paraaf 13./1.2./13 
Vrijgegeven door Rob Speets
Datum/paraaf 13./1.2./13 

SAMENVATTING

Als gevolg van het Kierbesluit zal het water in het Haringsvliet zouter worden. De huidige locaties van de zoetwaterinlaten op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten moeten daarom meer stroom opwaarts geplaatst worden. Naast het aanleggen van het zoetwaterkanaal dient ook het peil van het zoetwaterkanaal voldoende hoog te zijn om brakke/zoute kwel naar het kanaal toe te voorkomen. In voorliggend rapport worden de effecten van peilstijging als gevolg van het aan te leggen zoetwaterkanaal op Goeree op de waterhuishouding en grondgebruiksfuncties van de omliggende percelen beschreven.

Het zoetwaterkanaal loopt vanaf gemaal Koert ten oosten van Middelharnis, naar Melissant. Het kanaal is vanaf de inlaat tot Park Nieuw-Zeeland reeds aangelegd. Voor het traject vanaf het kanaal van Dirksland naar het westen wordt het peil niet aangepast. Dit onderzoek heeft zich daarom gericht op het traject vanaf Park Nieuw-Zeeland tot de Haven van Dirksland, waar het kanaal nog aangelegd moet worden.

Met behulp van Triwaco zijn eenvoudige grondwatermodelberekeningen gedaan om de grondwaterstand veranderingen te berekenen. Dit is gedaan door voor verschillende karakteristieke bodemprofielen, drainageweerstand, polderpeilen en waterniveaus langs het kanaal dwarsdoorsnede-modellen door te rekenen.

Het betreffende traject bevindt zich ter plaatse van een brede en diepe geul die voornamelijk bestaat uit fijn zand behorend tot de afzettingen van Duijnkerke. Onder deze laag is direct het eerste watervoerend pakket gelegen, wat bestaat uit zeer grof zandig materiaal van de Formatie van Kreftenheye. De variatie in bodemopbouw over het betreffende traject is voornamelijk in de eerste 5 à 6 meter. Over het onderzochte traject is onderscheid gemaakt tussen twee profielen:

1. Een profiel zonder kleiige toplaag of maximaal 1 meter klei;
2. Een profiel met een kleiige toplaag van 2,5 meter dik met en zonder tussenzandlaag.

De drainageafstand in het gebied ligt tussen de 5 en 15 meter. Het drainageniveau varieert sterker, op enkele plekken ligt het drainage niveau onder het polderpeil. Gemiddeld ligt het drainageniveau rond de 5 cm onder het zomerpeil. Om een realistische ondergrens te bepalen is voor de wintersituatie het aangenomen drainage niveau op winterpeil en in de zomersituatie het zomerpeil. Er is verondersteld dat de drainageweerstand gelijk is aan de drainageafstand, waarvoor een gemiddelde is gebruikt.

In het zoetwaterkanaal zal in de wintersituatie het hoogste peil van NAP +1,1 m worden bereikt, in de zomersituatie zal dit peil minimaal NAP +0,7 m zijn. Deze peilen komen niet het gehele jaar voor, het peil zakt geleidelijk uit van winter naar zomer en visa versa. De polderpeilen in de directe omgeving zijn:

- Winterpeil NAP -0,5 m en zomerpeil NAP -0,3 m;
- Winterpeil NAP -0,6 m en zomerpeil NAP -0,4 m;
- Winterpeil NAP -0,7 m en zomerpeil NAP -0,5 m.

Er zijn per onderscheiden deeltraject twee situaties doorgerekend, namelijk een zomer- en een wintersituatie. Omdat het peil in het kanaal vanaf begin april tot 1 juli geleidelijk uitzaakt tot het zomerpeil wordt voor de berekening van de effecten in de zomersituatie uitgegaan van een gemiddeld peil. Zo wordt voorkomen dat met name de effecten voor de landbouw in de voorjaarssituatie worden onderschat.

Primaire hydrologische effecten

Het effect van het nieuwe zoetwaterkanaal heeft aan maaiveld invloed tot op een afstand van 60 à 120 meter van het kanaal. Delen waar bodemprofiel 2 voorkomt, is het invloedsgebied het kleinst en ter plaatse van bodemprofiel 1 het grootst. De verhoging van de stijghoogte in de deklaag rijkt over het algemeen iets verder tot maximaal 125 meter. Profiel 1 geeft het grootste invloedsgebied, dit is ook het meest zandige profiel waarbij op plekken een kleiige toplaag ontbreekt. Het kleiige profiel 2 geeft zeer weinig effect door de lage doorlatendheid van de bodem. In de zomersituatie is de verhoging en het invloedsgebied kleiner dan in de wintersituatie. Het invloedsgebied is in de zomer tussen de 5 en 20 meter kleiner dan in de winter

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om gevoel te krijgen voor de onzekerheid van het model en om de juiste parameter waardes te kiezen. Uit de gevoeligheidsanalyse kan het volgende worden geconcludeerd:

- Een verhoogde doorlatendheid geeft ongeveer 20 % toename van het invloedsgebied (>5 cm verhoging). De maximale extra toename van de grondwaterstand is circa 9 cm.
- Een verhoogde drainageweerstand zorgt voor een toename van ongeveer 18 % van het invloedsgebied. De maximale extra toename van de grondwaterstand is circa 8 cm.
- Wanneer na het aanleggen van het zoetwaterkanaal binnen een omtrek van 20 meter om het kanaal geen drainage wordt heraangelegd, zal de grondwaterstand sterker toenemen tot maximaal 17 cm meer dan in de uitgangssituatie. Op het invloedsgebied heeft het nauwelijks invloed.

Afgeleide effecten

Als gevolg van de grondwaterstandsverhoging treedt over een groot deel langs het kanaal opbrengstreductie van landbouwgewassen plaats. De geschatte totale opbrengstderving bedraagt circa € 48.000,-- per jaar, uitgaande dat de huidige drainagemiddelen blijven functioneren. Verder vallen er binnen het invloedsgebied 6 woningen (inclusief erf). Op deze percelen wordt de grondwaterstand verhoogd wat kan leiden tot natschade. Daarnaast zijn een dertiental wegen binnen het invloedsgebied van het kanaal gelegen. Een gasleiding van de Gasunie doorkruist ook tweemaal het kanaal. Wanneer een verhoogde doorlatendheid speelt, zal er 1 gebouw extra binnen het invloedsgebied vallen. Daarnaast zal in dat geval de opbrengstderving hoger zijn dan berekend.

Maatregelen en kosten

Om natschade te voorkomen aan gebouwen en percelen moet extra drainage worden aangelegd op vijf locaties. Risico's ter plaatse van de Bekadeweg zijn met name opvriezen in de winter, om voldoende ontwatering te waarborgen moet hierlangs een drain worden aangelegd. Daarnaast moet voldoende ontwatering worden gerealiseerd ter plaatse van leidingen, om opdrijven te voorkomen. Voor het voorkomen van landbouwschade kan gedacht worden om over de gehele lengte van het kanaal een langsdrain aan te leggen.

In alle gevallen is de verwachting dat onvoldoende ontwatering kan worden gerealiseerd als de drain onder natuurlijke afwatering op het oppervlaktewater moet uitstromen. Er wordt daarom voorgesteld de drainagemiddelen dieper te leggen dan het polderpeil en met een pomp voor voldoende afwatering te zorgen. Daarnaast kan ook grondverbetering worden toegepast in het kanaal om de invloed van het kanaal te verminderen en beperken, dit is echter relatief kostbaar en het effect is ter discussie te stellen. Het meest

effectief lijkt het realiseren van een langsdrain of watergang langs het gehele kanaal in combinatie met grondverbetering. Voor het gedeelte van het zoetwaterkanaal langs de Bekadeweg is aan beide zijden van het kanaal een voorziening nodig. Zo wordt de verhoging en het invloedsgebied het meest effectief gemitigeerd en de benodigde afvoercapaciteit van de ontwateringsmiddelen beperkt.

De aanleg van een watergang is relatief kostbaar; de aanleg van een langsdrain is vele malen goedkoper. In relatie tot landbouwschade compensatie zijn de kosten van een langsdrain in combinatie met grondverbetering ongeveer € 225.000,-- hoger. In dat geval zijn geen locatie specifieke maatregelen meer nodig. In de onderstaande tabel is hiervan een kostenoverzicht gegeven. De kosten voor compensatie opbrengstderving landbouw en de onderhoudskosten zijn in deze tabel als contante waarde (periode 30 jaar) weergegeven.

Maatregel	Geschatte kosten [euro]		
	Investing	Onderhoud	Totaal
Landbouw			
Compensatie opbrengstderving	-	-	€ 470.000
Gebouwen			
Bouwtechnische maatregelen	locatie specifiek		
Draineren percelen/gebouwen	€ 41.600	€ 60.455	€ 102.055
Wegen			
Langsdrain	€ 36.325	€ 60.455	€ 96.780
Kabels en leidingen			
Langsdrain	€ 306.000	€ 211.600	€ 517.600
Algemeen			
Langsdrain	€ 306.000	€ 211.600	€ 517.600
Watergang	1.244.000		1.244.000
Grondverbetering talud	€ 177.000	-	€ 177.000

Aanbevelingen

Er wordt geadviseerd een langsdrain langs het gehele kanaal aan te leggen en grondverbetering in het kanaal toe te passen. De drainagemiddelen moeten onder het bestaande waterpeil komen te liggen en ter hoogte van de Bekadeweg aan beide zijde van het kanaal aangebracht worden. Afwatering dient te worden verzorgd door middel van een pomp. Daarnaast dienen drainagemiddelen welke zijn verwijderd tijdens de werkzaamheden te worden teruggelegd; deze kunnen eventueel afwateren op de langsdrain. Op locaties waar profiel 2 van toepassing is maatwerk vereist voor de langsdrain om voldoende mitigerende werking te bereiken. Deze maatregel kan hier integraal problemen voor verschillende partijen oplossen.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding en doel	1
1.2	Onderzoeksopzet	1
1.3	Leeswijzer	1
2	SYSTEEMANALYSE	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Modelberekening	2
2.3	Zoetwaterkanaal	2
2.4	Bodemopbouw en geohydrologie	3
2.4.1	Ontstaansgeschiedenis	3
2.4.2	Geologisch profiel	4
2.4.3	Geologie rond kanaal	4
2.4.4	Grondwaterstanden en stijghoogten	4
2.4.5	Bodemprofielen	5
2.5	Peilbeheer	9
2.5.1	Peil zoetwaterkanaal	9
2.5.2	Peil polders	10
2.5.3	Gehanteerde peilen modelberekening	10
2.6	Drainage	11
2.6.1	Drainageafstand en niveau	11
2.6.2	Drainageniveau en weerstand modelberekening	11
2.7	Randvoorwaarde modelberekening	12
2.7.1	Bovenrandvoorwaarde	12
2.7.2	Onderrandvoorwaarde	12
2.7.3	Randvoorwaarde zijden	12
3	RESULTATEN MODELBEREKENINGEN	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Primaire hydrologische effecten	13
3.3	Gevoeligheidsanalyse	15
3.3.1	Drainageafstand	15
3.3.2	Doorlatendheid bodem	15
3.3.3	Resultaten gevoeligheidsanalyse	15
4	AFGELEIDE EFFECTEN	17
4.1	Algemeen	17
4.2	Beoordelingscriteria	17
4.3	Effecten omgeving	18
4.3.1	Landbouw	18
4.3.2	Gebouwen	20
4.3.3	Wegen	22
4.3.4	Kabels & leidingen	22
4.3.5	Overig	24
4.4	Invloed onzekerheid modelberekening	24

4.4.1	Berekening GHG en GLG	24
4.4.2	Gevoeligheid modelparameters	24
5	MAATREGELEN EN KOSTEN	26
5.1	Inleiding	26
5.2	Maatregelen	26
5.2.1	Algemeen	26
5.2.2	Landbouw	26
5.2.3	Gebouwen	28
5.2.4	Wegen	29
5.2.5	Kabels & leidingen	30
5.3	Invloed onzekerheid modelberekening	30
5.4	Overzicht maatregelen	30
5.4.1	Grondverbetering gehele kanaal	31
5.4.2	Drainage	31
5.4.3	Watergang	31
5.4.4	Combinatie drainage en grondverbetering	31
5.4.5	Overzicht kosten	31
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	33
6.1	Conclusies	33
6.2	Aanbevelingen	34
7	REFERENTIES	35
	Resultaten systeemanalyse	1

KAARTEN (ACHTERIN RAPPORT)

- GO-1 Inventarisatie en maatregelen gebouwen Goeree Overflakkee deel 1
- GO-2 Inventarisatie en maatregelen gebouwen Goeree Overflakkee deel 2
- GO-3 Inventarisatie en maatregelen wegen Goeree Overflakkee deel 1
- GO-4 Inventarisatie en maatregelen wegen Goeree Overflakkee deel 2
- GO-5 Inventarisatie en maatregelen kabels en leidingen Goeree Overflakkee deel 1
- GO6 Inventarisatie en maatregelen kabels en leidingen Goeree Overflakkee deel 2

BIJLAGEN

- 1. Resultaten systeemanalyse
- 2. LET landbouw effecten tool
- 3. Overzicht maatregelen en kosten

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en doel

Het westelijk deel van het Haringvliet zal verzilten als gevolg van het Kierbesluit. Hierdoor moet op Goeree-Overflakkee het inlaat punt van zoetwater naar het oosten worden verplaatst. Daarnaast wordt, om in de toekomst zoetwatervoorziening op Goeree-Overflakkee te waarborgen, een nieuw zoetwaterkanaal gerealiseerd. Een deel van het kanaal is reeds aangelegd en is gelegen ten oosten van Middelharnis en de nieuwe inlaat ter hoogte van gemaal Koert. Ten zuiden van Park Nieuw-Zeeland moet nog een deel van het traject gerealiseerd worden, alsmede tussen Middelharnis en de haven van Dirksland. Ten westen van Dirksland worden het peil en de dimensies van de bestaande watergangen gehanteerd.

Het benodigde peil in het kanaal is ongeveer 1 à 2 meter hoger dan het omliggende polderpeil. Realisatie van het zoetwaterkanaal zal daarom voor vernatting zorgen in de directe omgeving van het kanaal. De verwachte grondwaterstandsverhoging en de bijbehorende inschatting van natschade op de omgeving dient voor realisatie van het project in kaart te worden gebracht. Het waterschap Hollandse Delta heeft hierom Royal HaskoningDHV opdracht verleend gegeven de de effecten van peilstijging als gevolg van het aan te leggen zoetwaterkanaal op de waterhuishouding en grondgebruiks functies van de omliggende percelen in beeld te brengen.

1.2 Onderzoekopzet

Er is een studie uitgevoerd naar de grondwaterstandsverhoging rondom het zoetwaterkanaal als gevolg van de peilstijging in het kanaal en de gevolgen hiervan op het aanliggende agrarische gebied, bebouwing, wegen, kabels en leidingen.

Een kwantitatieve systeemanalyse is uitgevoerd om de effecten op de grondwaterstand in kaart te brengen. Hiervoor zijn berekeningen uitgevoerd voor karakteristieke dwarsdoorsnedes langs het kanaal. Met behulp van een landbouweffecten tool en de berekende grondwaterstandsverhoging is bepaald wat de verwachte natschade is op de agrarische percelen. Daarnaast is bepaald wat de mogelijke schade is voor bebouwing, kabels, leidingen en wegen. Aan de hand van deze resultaten zijn maatregelen ter voorkoming of vermindering van schade voorgesteld en globaal uitgewerkt.

1.3 Leeswijzer

De systeemanalyse wordt toegelicht in hoofdstuk 2, waarin de bodemopbouw, geohydrologische situatie en uitgangspunten van de modelberekening worden beschreven. In hoofdstuk 3 worden de primaire resultaten van de modelberekeningen beschreven. Hoofdstuk 4 gaat vervolgens in op de afgeleide effecten en mogelijke risico locaties, waarvoor in hoofdstuk 5 de mogelijke maatregelen en kosten worden gegeven om deze risico's te beheersen. De conclusies en aanbevelingen worden gegeven in hoofdstuk 6.

2 SYSTEEMANALYSE

2.1 Inleiding

Met behulp van een watersysteemanalyse zijn de effecten van het nieuwe zoetwaterkanaal op Goeree en de bijbehorende peilopzet in kaart gebracht. In dit hoofdstuk wordt het watersysteem en de opzet van de systeemanalyse beschreven, waarbij bodemopbouw, geohydrologie, peilbeheer en drainage worden toegelicht en tevens de modelinvoer wordt beschreven.

2.2 Modelberekening

De effecten van de peilverhoging in het nieuw te realiseren zoetwaterkanaal op Goeree is berekend met een eenvoudig grondwatermodel, opgezet met Triwaco [1]. Voor enkele representatieve en karakteristieke bodemprofielen is de verhoging van de grondwaterstand in aanliggende percelen als gevolg van het nieuwe zoetwaterkanaal berekend. Per bodemprofiel is gevarieerd met de geohydrologische parameterisatie om voldoende inzicht te krijgen in de hydrologische effecten. De betreffende geohydrologische parameters zijn:

- De horizontale en verticale doorlatendheid van klei-, fijn zandige- en grof zandige bodemlagen;
- Drainage intensiteit (afstand tussen drainagemiddelen);
- Peilverschil tussen polderpeil en het peil in het kanaal.

2.3 Zoetwaterkanaal

Het zoetwaterkanaal loopt van de inlaat ter hoogte van gemaal Koert ten oosten van Middelharnis tot Melissant. Het deel ten oosten van Park Nieuw-Zeeland is reeds gerealiseerd, inclusief het in het zoetwaterkanaal benodigd peil. De hydrologische situatie in dit deel blijft ongewijzigd, waarbij wordt derhalve verondersteld dat opgetreden effecten niet tot negatieve gevolgen hebben geleid. Dit deel van het zoetwaterkanaal wordt derhalve niet verder behandeld in dit rapport. Het traject ter hoogte van Middelharnis tot de haven van Dirksland moet nog worden aangelegd. In dit traject wordt een geheel nieuwe watergang gerealiseerd. Ter hoogte van de haven van Dirksland wordt aangesloten op een huidige watergang waarvan het peil wordt gehandhaafd en de dimensies van de watergangen niet worden aangepast.



Figuur 2-1: Tracé van het zoetwaterkanaal op Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee.

2.4 Bodemopbouw en geohydrologie

2.4.1 Ontstaansgeschiedenis

Goeree-Overflakkee vormt een deel van het westelijk zeeleigebied en is ontstaan door de stijging van de zeespiegel. Gedurende de periode dat de zeespiegel in rap tempo steeg zijn zeer fijnzandige afzettingen van Calais gevormd. Deze laag kan wel 10 à 20 meter dik zijn. De daarop volgende periode waarin de zeespiegel minder snel steeg zijn kleilagen van circa 0,5 à 3 meter gevormd. Dit is de kleiige laag van Calais. Een afname in de zeespiegelstijging en het ontstaan van zandige kustbarrières waren aanleiding voor veenvorming. Deze 1 tot 3 meter dikke laag wordt het Hollandveen genoemd. Later kreeg de zee weer meer invloed, tijdens deze periode zijn de formaties van Duinkerke afgezet op het Hollandveen. De globale bodemopbouw op Goeree-Overflakkee is weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1: De globale bodemopbouw op Goeree-Overflakkee

Afzetting	Bovenkant laag [m+NAP]	Onderkant laag [m+NAP]	Dikte [m]	Materiaal
Duinkerkerk	1	-2	3	Zandige en kleiige afzettingen
Hollandveen	-2	-4	2	Compact veen
Calais klei	-4	-6	2	Klei
Calais zand	-6	-17	11	Fijn zandig
Kreftenheye	-17	-25	8	Grof zandig

Door een groot deel van Goeree-Overflakkee zijn diepe geulen ingesneden onder invloed van de zee. Ter plaatse van deze geulen is het Hollandveen en grote delen van de afzettingen van Calais weg geërodeerd. Deze geulen zijn opgevuld met de fijnzandige Duinkerkerk afzettingen. Op plekken waar het Hollandveen nog aanwezig is, is de formatie van Calais nog geheel in tact. Plekken waar de zee meer invloed heeft gehad zijn de grofzandige laag van Kreftenheye gemengd met de zandige laag van Calais en is een overgang ruimtelijk moeilijk te onderscheiden. De bodemopbouw ter plaatse van geulen op Goeree-Overflakkee is weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2: De bodemopbouw op plaatsen waar het Hollandveen en een groot deel van de afzetting van Calais weg is geërodeerd onder invloed van de zee

Afzetting	Bovenkant laag [mNAP]	Onderkant laag [mNAP]	Dikte [m]	Materiaal
Duinkerkerk	0	-12	12	Zandige en kleiige afzettingen
Calais zand	-12	-17	5	Fijn zandig
Kreftenheye	-17	-25	8	Grof zandig

2.4.2 Geologisch profiel

Aan de oostkant van het eiland is de bovenlaag veelal kleiig, is het Hollandveen nog in tact en is er voornamelijk een kleiige afzetting van Calais te vinden. Rond Middelharnis, Dirksland en Melissant is het Hollandveen en een groot deel van de afzetting van Calais niet meer aanwezig en is het voornamelijk de afzetting van Duinkerkerk.

2.4.3 Geologie rond kanaal

Het kanaal loopt voornamelijk in het gebied rond Middelharnis, Dirksland en Melissant. Er is daar sprake van een relatief zeer zandige ondergrond waarbij veelal de klei en veenlagen beperkt tot niet aanwezig zijn. Alleen nabij de inlaat vanuit het Haringvliet is het Hollandveen nog aanwezig, evenals kleiige lagen van Calais. Dit deel van het kanaal is al gerealiseerd.

2.4.4 Grondwaterstanden en stijghoogten

Rond het nieuw te realiseren zoetwaterkanaal tussen Middelharnis en de haven van Dirksland is de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) circa 30 cm-mv en de laagste grondwaterstand (GLG) circa 120 cm-mv. Ten oosten van Middelharnis en ten westen van de Haven van Dirksland is de GHG circa 60 cm-mv.

De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket wordt sterk gereguleerd door het peil van het aanliggende Haringvliet. Het gemiddelde peil van het Haringvliet en de stijghoogte ter plaatse van het zoetwaterkanaal is circa NAP 0 m.

2.4.5 Bodemprofielen

Op basis van de geologische kaart van Nederland (bron), de grondwaterkaart van Nederland [2], rapport "Zoetwatervoorziening en natuurontwikkeling Noordrand Goeree-Overflakkee" [3] en boringen uit Dinoloket [4] zijn verschillende representatieve bodemprofielen over het traject bepaald.

Er is een onderverdeling gemaakt in vier verschillende profielen. Voor deze profielen is een zandige en kleiige variant geformuleerd met als doel de aanwezige variatie in de heterogene bodemopbouw goed mee te nemen in het onderzoek. Bovendien wordt zo een gevoel gecreëerd voor een bandbreedte van de effecten. De vier profielen worden hieronder kort toegelicht en zijn weergegeven in Figuur 2-2 en Figuur 2-3.

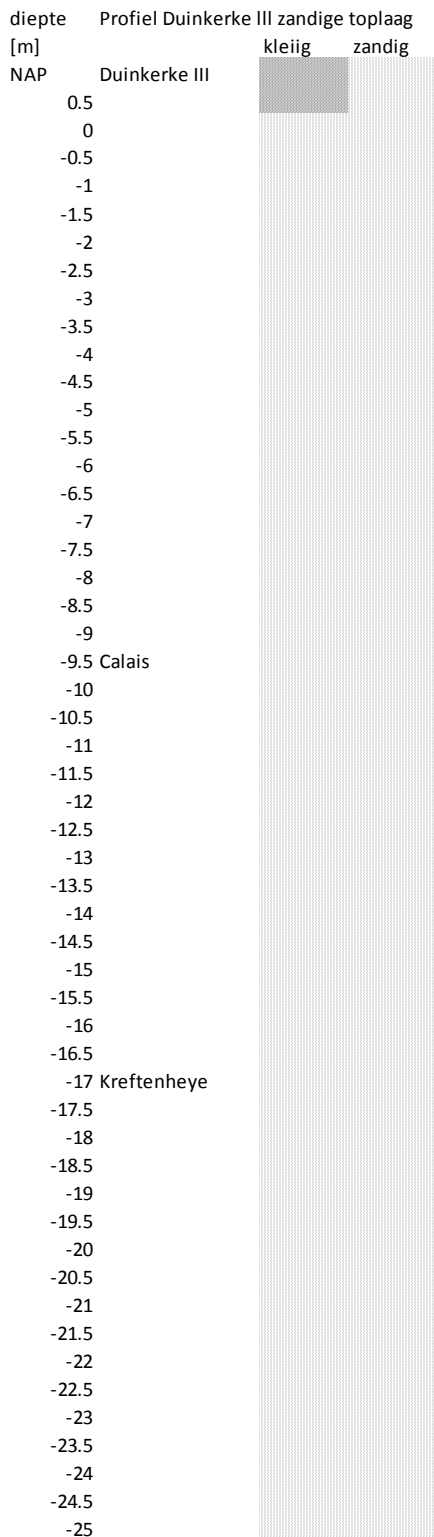
Profiel 1

In dit profiel zijn nauwelijks kleilagen aanwezig, alleen een toplaag met een dikte van een halve tot één meter klei. Deze dunne kleilaag is niet overal aanwezig. De onderliggende laag is voornamelijk fijnzandig materiaal van Duinkerke en Calais tot op een diepte van circa NAP -17 meter. Vanaf ongeveer NAP -17 m is de grofzandige laag van de Formatie van Kreftenheye aanwezig.

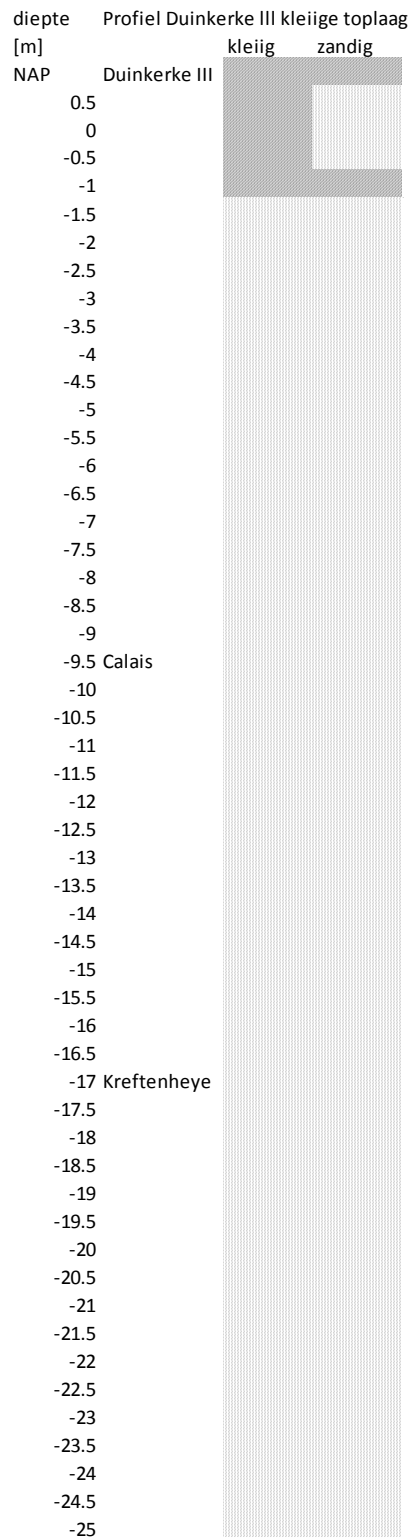
Profiel 2

Profiel 2 is vergelijkbaar met profiel 1 met als enige verschil dat de bovenste kleilaag dikker is, tot ongeveer 2,5 meter. De zandige variant bevat nog een zandlaag van 1 meter in de bovenste 2 meter van de bodemkolom.

Profiel 1

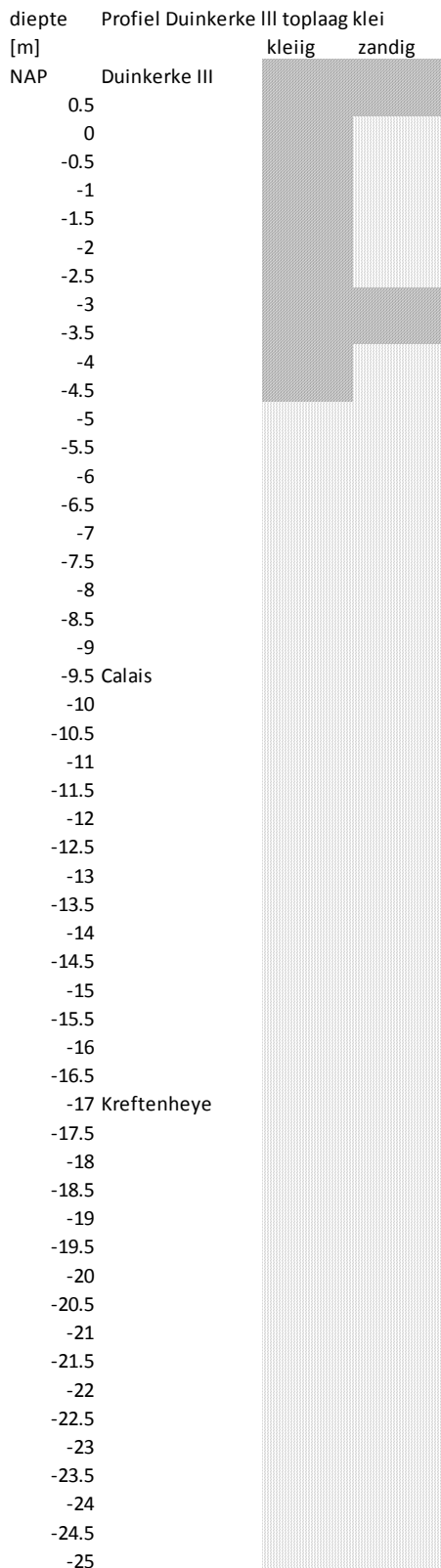


Profiel 2

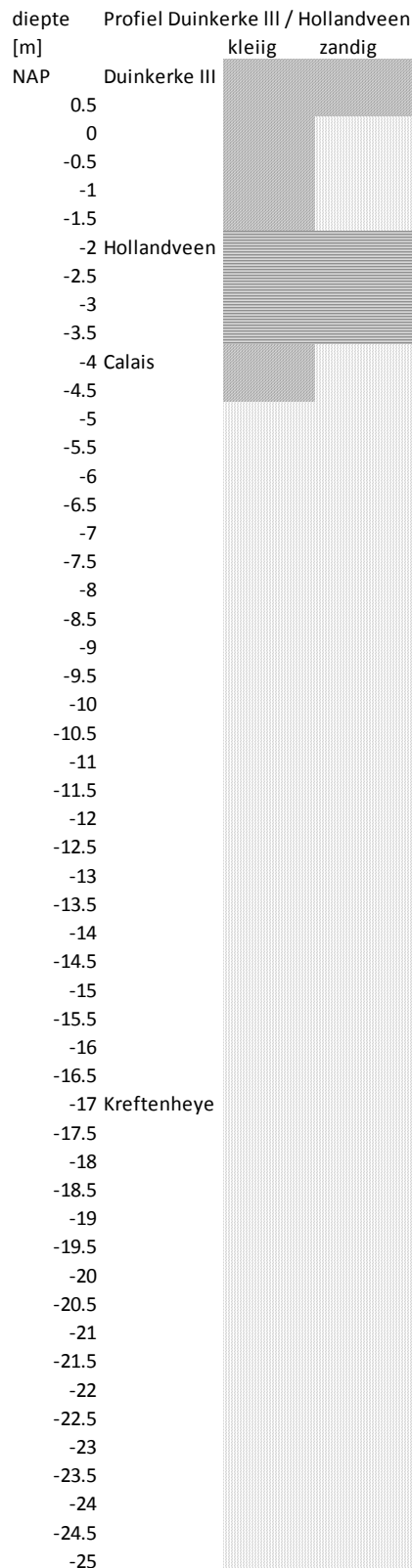


Figuur 2-2: Schematische weergave van de gehanteerde bodemprofielen 1 en 2

Profiel 3



Profiel 4



Figuur 2-3: Schematische weergave van de gehanteerde bodemprofielen 3 en 4

Profiel 3

Ook profiel 3 is vergelijkbaar met profiel 1 en 2. De top laag is in dit profiel ongeveer 6 meter dik. De zandige variant bevat nog een zandlaag van 4 meter in de kleiige top laag van 6 meter dik.

Profiel 4

In dit profiel is het Hollandveen nog in tact, evenals de onderliggende kleiige Calais afzetting. Er is een kleiige en zandige variant onderscheiden. Bij de kleiige variant wordt er van uitgegaan dat er alleen klei boven het Hollandveen aanwezig is; bij de zandige laag wordt er verondersteld dat er tussen de bovenste klei laag en het Hollandveen nog een meter zand aanwezig is.

Ruimtelijke ligging bodemprofielen

In Figuur 2-4 is de onderverdeling van het zoetwaterkanaal op basis van bodemprofielen weergegeven. Alleen nabij de inlaat uit het Haringvliet is profiel 4 aanwezig. Ten westen van het inlaatpunt en ten oosten van het Park Nieuw Zeeland ligt profiel 3. Rond Middelharnis/ Park Nieuw Zeeland is alleen een dunne kleilaag aanwezig welke niet overal aanwezig is (profiel 1). Tot de haven van Dirksland is met profiel 2 gerekend. Vanaf de haven van Dirksland tot het einde van het kanaal is sprake van profiel 1.



Figuur 2-4: Het zoetwaterkanaal onderverdeeld op basis van representatieve bodemprofielen

Bodemparameters

In hoeverre de peilopzet effect heeft op de omgeving is voor een groot deel gerelateerd aan de doorlatendheid van de bodem. De verticale en horizontale doorlatendheid spelen een bepalende rol. In onderstaande Tabel 2-3 zijn de gehanteerde bodemparameters weergegeven.

Tabel 2-3: Toegepaste bodemparameters in de modelberekeningen

Bodemtype	Horizontale doorlatendheid [m/d]	Verticale doorlatendheid [m/d]
Klei	0,01	0,001
Fijn zand	3	0,3
Zeer grof zand	100	10

De doorlatendheden zijn ingeschat op basis van de geologische kaart van Nederland [5], de grondwaterkaart van Nederland [6], rapport "Zoetwatervoorziening en natuurontwikkeling Noordrand Goeree-Overflakkee", boringen uit Dinoloket en [2]. Bij een pompproef uitgevoerd in de buurt van Ouddorp (Goeree) is gebleken dat de doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket circa 100 m/d is (IWACO). Aangezien de opbouw van het eerste watervoerende pakket ter plaatse van Middelharnis-Haven van Dirksland vergelijkbaar is aan die ter plaatse van de noordrand van Goeree, is deze doorlatendheid toegepast.

Zoetwaterkanaal en Haringvliet

Op plaatsen waar het zoetwaterkanaal of het Haringvliet in het profiel insnijdt is het oppervlaktewater lichaam meegenomen door een zeer hoge doorlatendheid in te voeren. Het Haringvliet snijdt tot diep in de deklaag in, tot ongeveer NAP -14 m. De bodem van het kanaal ligt op circa NAP -1,3 m.

Voor het peil in het Haringvliet is aangenomen dat dit gemiddeld op NAP ligt, zowel in de huidige als in de toekomstige situatie. In werkelijkheid ligt het peil van het Haringvliet gemiddeld op circa NAP +0,5 meter. In gegevens van Rijkswaterstaat blijkt dat het gemiddelde peil in 2012 circa NAP +0,48 meter (Rijkswaterstaat). Uit een berekening waarbij het peil in het Haringvliet zowel in de huidige situatie als in de toekomstige situatie verhoogd is van NAP naar NAP +0,5 m blijkt dat dit geen verschil maakt voor de berekende veranderingen van de grondwaterstanden.

2.5 Peilbeheer

2.5.1 Peil zoetwaterkanaal

Ten oosten van Middelharnis wordt in het zoetwaterkanaal een hoger peil gehanteerd dan in het traject tussen Middelharnis en de haven van Dirksland. Dit heeft onder andere te maken met het benodigde verhang in het kanaal. Het kanaal loopt door verschillende peilgebieden, daarom zijn verschillende peilgebieden in diverse dwarsprofielen meegenomen. Er wordt een natuurlijke fluctuatie gehanteerd ten behoeve van natuurontwikkeling, waarbij in de winter het hoogste en in de zomer het laagste peil voorkomt. De peilfluctuatie bedraagt 0,30 meter. Het maximumpeil (NAP 1,1 m ten oosten van Middelharnis en NAP 0,95 m tussen Middelharnis en het havenkanaal van Dirksland) treedt op in de winterperiode van december tot april. Vanaf 1 april wordt het

peil geleidelijk verlaagd met 0,03 m per decade. Het minimumpeil (tot NAP 0,6 m) wordt bereikt op 1 juli. Dit peil wordt gehandhaafd tot oktober, waarna het peil geleidelijk wordt verhoogd met 5 cm per decade tot begin december het maximumpeil weer is bereikt. Een overzicht van de peilen is weergegeven in Tabel 2-4 en Figuur 2-5. Het bovengenoemde peilbeheer zijn gebruikt voor de modelberekeningen. In de praktijk kan het als gevolg van onder andere weersomstandigheden afwijken van de zomer en winter streefpeilen.

2.5.2 Peil polders

Het zoetwaterkanaal loopt door een aantal verschillende peilvakken. Het peil in deze peilvakken is weergegeven in Tabel 2-4 en Figuur 2-5. In tegenstelling tot de peilfluctuatie in het zoetwaterkanaal, wordt in de peilvakken het hoogste peil gehandhaafd in de zomer en het laagste peil in de winter. Dit in verband met voldoende afvoer in de winter en voldoende aanvoer in de zomer. Het verschil tussen het peil in het kanaal en het peil in de polder is daarmee in de winter het grootst en in de zomer het kleinst.

2.5.3 Gehanteerde peilen modelberekening

Met het oog op de landbouwschadeberekeningen zijn er twee situaties doorgerekend:

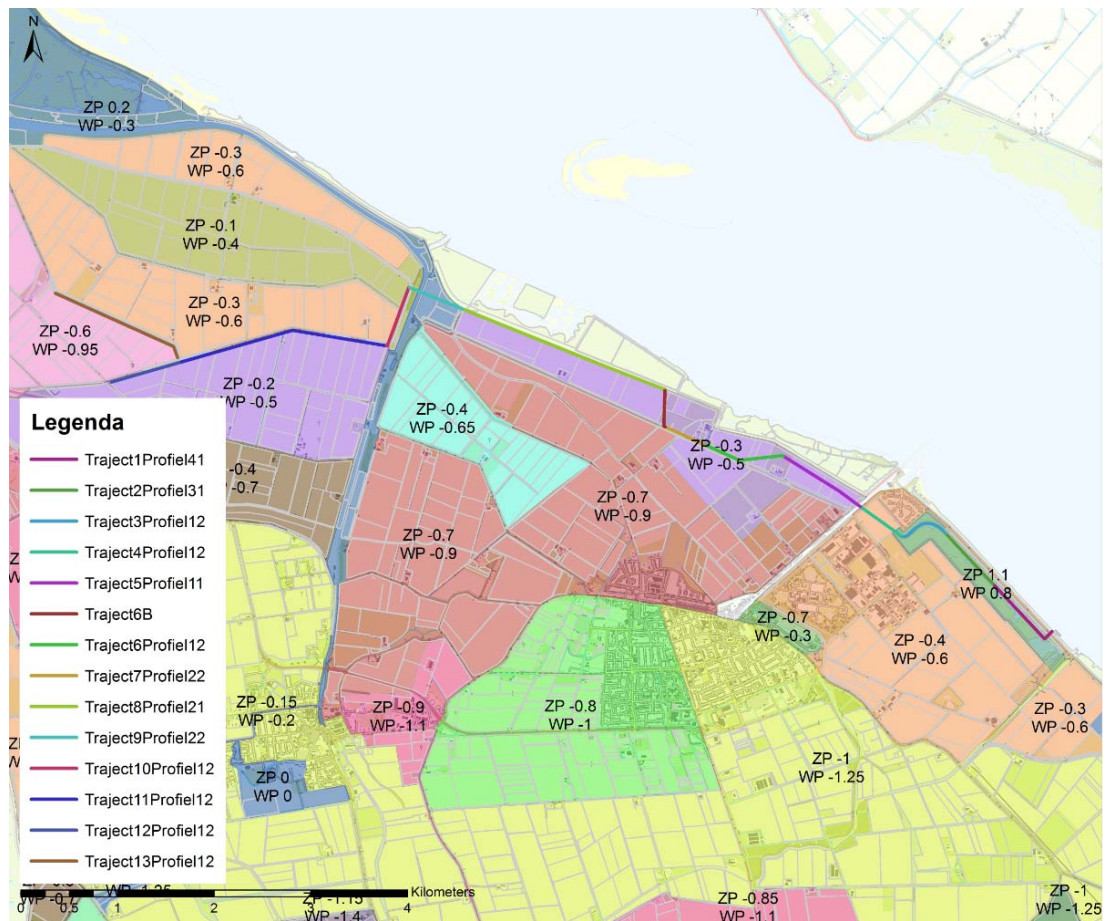
- Wintersituatie, hoogste peil kanaal (winterpeil) en winterpeil polders (laagste peil);
- Zomersituatie, gemiddelde peil kanaal en zomerpeil polders.

Hiervoor is gekozen omdat de voorjaarssituatie van groot belang is voor de landbouw en daarmee grote invloed heeft op eventuele schade. Omdat in het voorjaar nog het laagste, nog het hoogste peil voorkomt in het kanaal, maar wel het zomerpeil wordt gehanteerd is er voor gekozen een gemiddeld peil te hanteren voor het zoetwaterkanaal. Met deze aanpak wordt gestreefd de situatie niet te onder- of overschatten.

Tabel 2-4: Gehanteerde winter- en zomerpeilen in het kanaal en in het peilvak direct om het kanaal

Traject	Wintersituatie (GHG)			Zomersituatie (GLG)		
	Winterpeil I kanaal [mNAP]	Winterpeil I peilvak [mNAP]	Verschil [m]	Zomerpeil kanaal [mNAP]	Zomerpeil peilvak [mNAP]	Verschil [m]
4	1,1	-0,6	1,7	0,9	-0,4	1,3
5	0,95	-0,5	1,45	0,83	-0,3	1,13
6	0,95	-0,5	1,45	0,83	-0,3	1,13
7	0,95	-0,5	1,45	0,83	-0,3	1,13
8	0,95	-0,5	1,45	0,83	-0,3	1,13
9	0,95	-0,3	1,25	0,83	0,2	0,63

Ook de peilen in de peilvakken op grotere afstand van het kanaal zijn in het model meegenomen. Een overzicht van de overige peilvakken en de bijbehorende peilen zijn weergegeven in Figuur 2-5.



Figuur 2-5: Onderverdeling van het zoetwaterkanaal in verschillende trajecten en peilvakken

2.6 Drainage

2.6.1 Drainageafstand en niveau

Het gemiddelde drainageniveau ligt 5 cm onder het polderpeil en 15 cm boven het winterpeil. Er is een grote variatie in het drainageniveau. Op sommige plaatsen is het drainageniveau onder het winterpeil geregistreerd.

De drainageafstand is gebaseerd op gegevens van het waterschap Hollandse Delta. De gemiddelde drainageafstand in het gebied bedraagt circa 10 meter met een variatie tussen 5 en 15 meter. Er is op één enkele plek een afstand van 35 meter geregistreerd.

2.6.2 Drainageniveau en weerstand modelberekening

Omdat drainagemiddelen welke onder het polderpeil liggen niet extra ontwateren ten opzichte van de situatie waarbij ze op polderpeil liggen, is in de modelberekeningen het drainageniveau gelijk gesteld aan het polderpeil. Zo zijn zowel in de zomer als in de winter de laagst mogelijke drainage niveaus gehanteerd. Dit kan worden gezien als worst-case berekening voor de effecten waarbij het laagst mogelijke drainageniveau is gehanteerd voor zomer en winter situatie.

De drainageweerstand is gerelateerd aan de drainageafstand. In dit onderzoek is verondersteld dat de drainageweerstand en drainageafstand ongeveer gelijk aan elkaar zijn, met name omdat de drainagemiddelen op korte afstand van elkaar liggen. Er is gerekend met een drainageweerstand van 10 dagen, gebaseerd op de gemiddelde drainageafstand en niet op de maximale drainageafstand, omdat er wordt gestreefd naar een realistische bovengrens. Omdat de bodemprofielen en drainageniveaus worst-case zijn ingeschat, is dit niet gedaan voor drainageweerstanden. Door niet iedere parameter worst-case in te schatten wordt niet worst-case op worst-case gestapeld waardoor een onrealistisch beeld van de grondwaterstandsverhoging zou worden berekend.

2.7 Randvoorwaarde modelberekening

2.7.1 Bovenrandvoorwaarde

Voor de bovenrandvoorwaarde van de dwarsprofielberekeningen zijn ter plekke van percelen Cauchy randvoorwaarden gebruikt. Dat wil zeggen dat afhankelijk van de grondwaterstand, drainageniveau en drainageweerstand een bepaalde hoeveelheid water de modelrand verlaat. Waar het kanaal of het Haringvliet wordt gesimuleerd is een vaste randvoorwaarde (peil) toegepast.

2.7.2 Onderrandvoorwaarde

De onderrandvoorwaarde is een gefixeerde waarde, die de gemiddelde stijghoogte van het eerste watervoerend pakket representeert: NAP 0 m.

2.7.3 Randvoorwaarde zijden

Aan de zijkanten is een no-flow randvoorwaarde (Neumann) gehanteerd, er komt via de zijden dus geen water het model binnen stromen.

3 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN

3.1 Inleiding

Er zijn twee situaties doorgerekend zoals toegelicht in paragraaf 2.5.3 voor zowel zandige als kleiige profielen welke zijn toegelicht in paragraaf 2.4.5. De drainageweerstand is voor ieder traject op 10 dagen bepaald (paragraaf 2.6.2). De resultaten met de grootste invloeden (zandig of kleiig profiel) zijn gebruikt voor verdere analyse. Dit betreft veelal de zandige profielen. Zo is voor zowel de peilverschillen als de bodemprofielen een reële bovenrand bepaald.

3.2 Primaire hydrologische effecten

Het effect is weergegeven voor de verandering van de stijghoogte aan maaiveld (grondwaterstanden) en voor de verandering van de stijghoogte in de deklaag naast en onder het kanaal. Er is verondersteld dat een verandering van minder dan 5 cm niet significant is.

Door de aanleg van het zoetwaterkanaal neemt de stijghoogte -en daarmee de kweldruk- in de deklaag toe binnen een zone van 65 tot 125 meter langs het zoetwaterkanaal (afhankelijk van bodemprofiel en kanaalpeil). Het aanwezige brakke grondwater in deze zone wordt geleidelijk aan weggedrukt en vervangen door zoet water, afkomstig uit het zoetwaterkanaal. Uit een indicatieve berekening volgt dat het 1 tot 10 jaar duurt voordat de kwel zoet wordt, afhankelijk van de lokale bodemopbouw (zandig of kleiig). De toename van de hoeveelheid kwel is ook sterk afhankelijk van de bodemopbouw, bij een zandig profiel neemt de hoeveelheid kwel meer toe vergeleken bij een kleiig profiel.

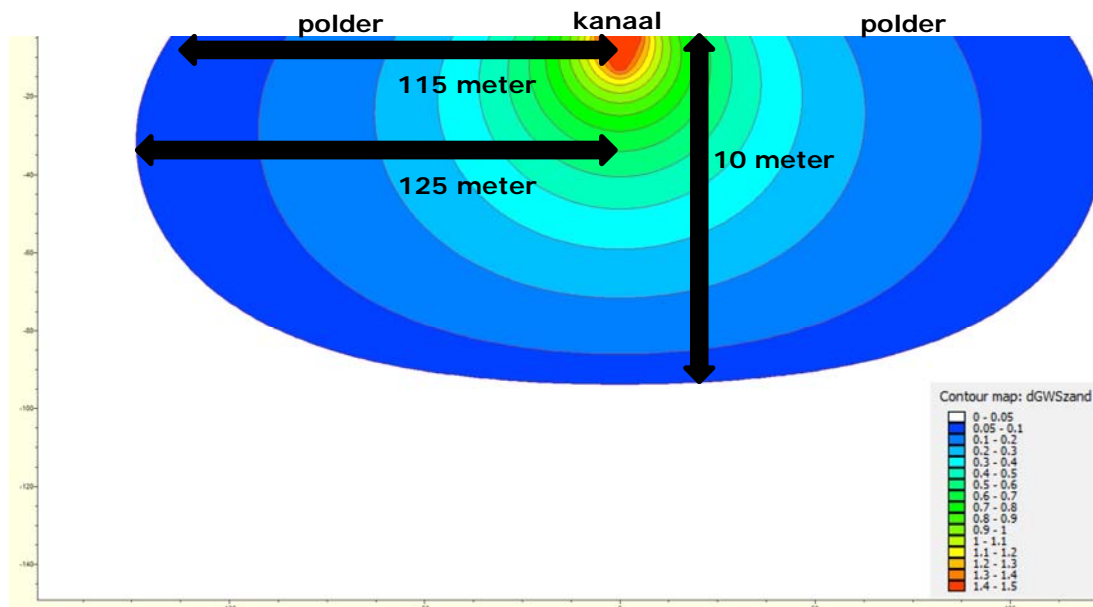
Tabel 3-1: Stijghoogte verandering in wintersituatie

Traject	Afstand effect aan maaiveld (invloed > 5 cm) [m]	Afstand effect in deklaag (invloed > 5 cm) [m]	Maximale diepte effect [mNAP]
4	115	125	-9,0
5	108	115	-9,0
6	109	118	-9,3
7	65.5	68	-1,5
8	65.5	68	-1,5
9	92	94	-1,5

Tabel 3-2: Stijghoogte verandering in zomersituatie

Traject	Afstand effect aan maaiveld (invloed > 5 cm) [m]	Afstand effect in deklaag (invloed > 5 cm) [m]	Maximale diepte effect [mNAP]
4	105	112	-9,0
5	100	107	-9,0
6	100	108	-9,0
7	63	64	-1,45
8	63	64	-1,45
9	74	76	-1,5

In Figuur 3-1 is een dwarsdoorsnede weergegeven van de verhoging van de stijghoogte als gevolg van de aanleg van het nieuwe zoetwaterkanaal. In bijlage 1 zijn de resultaten voor alle trajecten gegeven.


Figuur 3-1: Verhoging stijghoogte traject 4 zandig in de wintersituatie

De primaire effecten als gevolg van het nieuwe zoetwaterkanaal kunnen als volgt worden samengevat:

- Het effect van het nieuwe zoetwaterkanaal heeft aan maaiveld invloed tot 60 à 120 meter vanaf het kanaal;
- De verhoging van de stijghoogte in de deklaag rijkt over het algemeen iets verder tot maximaal 125 meter. Profiel 1 geeft het grootste invloedsgebied, dit is ook het meest zandige profiel waarbij op plekken een kleiige toplaag ontbreekt;
- In de zomersituatie is de verhoging en het invloedsgebied kleiner dan in de wintersituatie. Het invloedsgebied is in de zomer 5 tot 20 meter kleiner dan in de winter.

3.3 Gevoeligheidsanalyse

De gekozen modelparameters waarmee de primaire hydrologische effecten zijn bepaald, zijn het resultaat van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse. In deze gevoeligheidsanalyse zijn drainageweerstand en doorlatendheden van de bodem gevarieerd om een gevoel te krijgen voor de onzekerheid in de modelresultaten en geschikte parameters.

Voor de gevoeligheidsanalyse is het tweezijdige zandige profiel van traject 4 gebruikt, omdat op dit traject de grootste peilverschillen aanwezig zijn en het tevens het meest zandige profiel betreft.

3.3.1 Drainageafstand

Bij een grotere drainageafstand wordt de drainageweerstand groter en daarmee de grondwaterstandsverhoging als gevolg van peilopzet. Om de gevoeligheid van de grondwaterstandsverhoging hier op te toetsen is een modelberekening uitgevoerd met een drainageweerstand van 25 dagen in plaats van 10 dagen.

Tevens is ook een berekening uitgevoerd waarbij de drainageweerstand tot 20 meter van het zoetwaterkanaal is uitgeschakeld, wat simuleert wat er gebeurt als drainage niet wordt terug gelegd na aanleg van het kanaal.

3.3.2 Doorlatendheid bodem

Over de doorlatendheid van de bodem op locatie zijn weinig gegevens beschikbaar. Op basis van boorbeschrijvingen en geologische kaarten is een inschatting gemaakt van de doorlatendheid van verschillende lagen. Als uitgangspunt is een vergelijkbaar onderzoek op Voorne-Putten gehanteerd, waarbij dezelfde afzettingen aanwezig zijn als op Goeree-Overflakkee. Deze zijn ook gebruikt voor het bepalen van de hydrologische effecten. Om een gevoel te krijgen voor een bandbreedte zijn berekeningen uitgevoerd waarbij de doorlatendheid is verhoogd. Deze waarden zijn weergegeven in Tabel 3-3.

Tabel 3-3: Gebruikte doorlatendheden

Grondsoort	Uitgangspunten			Gevoeligheidsanalyse		
	Kh [m/d]	Kv [m/d]	Kh/kv [-]	Kh [m/d]	Kv [m/d]	Kh/kv [-]
Zand fijn	3	0,3	10	7,5	3,75	2
Klei	0,01	0,001	10	0,02	0,002	10

3.3.3 Resultaten gevoeligheidsanalyse

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in onderstaande Tabel 3-4. Aanpassingen aan de doorlatendheid van klei heeft vrijwel geen invloed op de modelresultaten. Waarmee de onzekerheid van deze parameter geen significante invloed heeft op de modelresultaten. Een verhoogde drainageweerstand en een verhoogde doorlatendheid van zand hebben echter wel significant effect op het invloedsgebied. De verhoging ten opzichte van de uitgangssituatie is maximaal 0,08 à 0,09 meter.

Tabel 3-4: Resultaten gevoeligheidsanalyse

Aanpassing	Invloedsgebied aan maaiveld [m]	Invloedsgebied in deklaag [m]	Toename grondwaterstand [m]
Traject4Profiel12zandig	115	125	-
Drainage afstand 25 meter	140 (+25)	145 (+20)	0,08
Strook zonder drainage	120 (+5)	128 (+3)	0,17
Aanpassing k-zand	145 (+30)	150 (+25)	0,09
Traject8Profiel21zandig	65,5	68	-
Aanpassing k-klei	65,5 (+0)	68 (+0)	0

- Een verhoogde doorlatendheid geeft ongeveer 20 % toename aan het >5 cm invloedsgebied. De maximale extra toename van de grondwaterstand is circa 9 cm.
- Een verhoogde drainageweerstand zorgt voor een toename van ongeveer 18 % van het invloedsgebied. De maximale extra toename van de grondwaterstand is circa 8 cm.
- Wanneer na het aanleggen van het zoetwaterkanaal binnen een omtrek van 20 meter om het kanaal geen drainage wordt heraangelegd, zal de grondwaterstand sterker toenemen tot maximaal 17 cm meer dan in de uitgangssituatie. Op het invloedsgebied heeft het nauwelijks invloed.

4 AFGELEIDE EFFECTEN

4.1 Algemeen

De resultaten van de modelberekeningen geven een beeld van de stijghoogte veranderingen in de omgeving van het nieuwe zoetwaterkanaal. Deze kwantitatieve hydrologische effecten zijn de primaire effecten en zijn beschreven in paragraaf 3.2. In dit hoofdstuk worden de afgeleide effecten uitgewerkt, betreffende de invloed op landbouw, gebouwen, wegen, kabels en leidingen en overige factoren. Eerst worden de beoordelingscriteria nader beschreven.

4.2 Beoordelingscriteria

Voor de verschillende gebruiksfuncties zijn ontwateringscriteria beschikbaar. Zo zijn door de Stichting Bouw Research [3] ontwateringscriteria opgesteld voor verschillende gebruiksfuncties in stedelijk gebied. Het gaat hierbij om nieuw aan te leggen bouwwerken. Hierin worden voor de verschillende relevante functies de volgende minimale *ontwateringsdiepten* aangehouden:

- Woningen en gebouwen met kruipruimte en erf: 70 cm-mv (20 cm-kruipruimte);
- tuinen, plantsoenen en parken: 50 cm-mv;
- secundaire wegen: 70 cm-mv;
- kabels en leidingen (afhankelijk van soort, zie kader): 50 tot 100 cm-mv.

Telefoonkabels: 50 tot 60 cm-mv	Hoogspanningskabels: 90 cm-mv
Laagspanningskabels: 60 cm-mv	Drinkwaterleidingen: 80 cm-mv
Gasleidingen: 65 tot 100 cm-mv	

Het gaat hierbij om *ontwateringsdiepte*. Ontwateringsdiepte is het verschil tussen grondwaterstand en maaiveld. *Ontwateringsdiepte* is dus iets anders dan *drooglegging* (polderpeil minus maaiveld). De drooglegging zal groter moeten zijn dan genoemde ontwateringsdiepten.

De grondwaterstand is ingeschat door de opbolling tussen de drains te berekenen. met behulp van Hooghoudt/Ernst berekeningen Hiervoor zijn dezelfde bodemkarakteristieken gebruikt als beschreven in par. 2.4.5. Daarnaast is het (winter)polderpeil gehanteerd als drainage niveau. Aan de hand van het AHN is voor verschillende objecten of locaties de maaiveld hoogte vastgesteld.

Het Waterschap Hollandse Delta hanteert geen 'harde toetsingscriteria' bij het beoordelen van effecten. In het kader van de peilwijziging zoals nu het geval is met het zoetwaterkanaal wordt een locatie specifieke benadering gevraagd waarbij een afweging moet worden gemaakt op basis van de volgende vragen:

- Is er in de huidige situatie sprake van overlast / problemen?
- hoe zal dit in de toekomstige situatie zijn (gelijk / erger)?
- moeten compenserende / mitigerende maatregelen worden getroffen en zo ja welke?

4.3 Effecten omgeving

4.3.1 Landbouw

Het effect voor de landbouw kan zijn dat er natschade optreedt doordat de grondwaterstanden in de omgeving van het kanaal stijgen. Ook kan de (brakke) kwel tijdelijk toenemen met als gevolg een verslechtering van de waterkwaliteit. Op langere termijn wordt deze kwel zoet(er) wat voor een verbetering van de waterkwaliteit zal zorgen.

Wijze van berekenen natschade

Een inschatting van de inkomstenderving door de verhoging van de grondwaterstand is bepaald aan de hand van een rekentool (zie bijlage 2) die wordt toegepast bij onder andere GGOR-studies (Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime). De GGOR methode is een manier om bij het opstellen van peilbesluiten of watergebiedsplannen de relatie tussen grond- en oppervlaktewater en grondgebruiksfuncties meer op elkaar af te stemmen. Deze tool baseert de opbrengst per perceel op het bodemtype, het gewas, de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) (voor en na een ingreep).

Met behulp van deze tool is een indicatieve berekening uitgevoerd om de orde grootte van de opbrengstderving in te schatten:

- Het gewas is bepaald aan de hand van het bestand Basisregistratie Percelen (BRP), ontvangen via het Waterschap Hollandse Delta. De teelten variëren per jaar (wisselteelten). Wij zijn uitgegaan van één teeltschema dat is aangeleverd door het waterschap (2012). De belangrijkste gewassen die binnen het beïnvloede gebied voorkomen zijn: grasland, aardappelen, suikerbieten, tarwe, uien en snijmais.
- Het bodemtype is bepaald aan de hand van de Stiboka bodemkaart 1:50.000.
- De GHG en de GLG zijn bepaald aan de hand van de grondwatertrappen in de bodemkaart. In het gebied langs het kanaal komen de grondwatertrappen V en VI voor.
-
- Tabel 4-1 zijn de karakteristieken van deze grondwatertrappen weergegeven en de bij de berekening aangehouden waarden voor de uitgangssituatie. Op enkele plekken waar geen grondwatertrap bekend was (voornamelijk buitendijkse gebieden) zijn de waarden voor grondwatertrap V aangehouden (deze sluiten het beste aan wat betreft bodemtype en ligging van de gebieden).
- Voor de situatie na aanleg van het zoetwaterkanaal zijn voor de GHG en de GLG de waarden uit tabel 4.1 verhoogd met de berekende verhogingen. De grondwaterstandsverhoging van de wintersituatie is bij de GHG opgeteld en de verhoging van de zomersituatie bij de GLG. Hierbij is uitgegaan van de zandige profielen omdat hierbij de effecten het grootst zijn. Hiervoor is per profiel bepaald op welke afstand van het kanaal de verhoging van de grondwaterstand 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm t/m maximaal 80 cm is. Vervolgens zijn in GIS langs het kanaal lijnen getekend op de betreffende afstanden. Op basis van deze lijnen is vervolgens middels lineaire interpolatie de verhoging van de grondwaterstand bepaald voor het gehele invloedsgebied.
- Uitgangspunt in de berekeningen is dat verhogingen van de grondwaterstand < 5 cm hydrologisch niet-significant zijn en daarmee ook niet van invloed zijn op de opbrengstderving.

- Er is gebruik gemaakt voor berekening van de opbrengstderving van de waternood 1 cm helptabellen
- De specifieke bedragen voor opbrengstderving per gewas die gebruikt worden in de tool zijn ontleend aan informatie uit tabellen vanuit; 1) CBS NEG-typing. Deze is echter opgehouden te bestaan en zijn nu NSO-typing geworden, 2) Gegevens vanuit de meest recente KWIN indien aanwezig.

Tabel 4-1 Grondwatertrappen langs het zoetwaterkanaal

Grondwatertrap	GHG [cm-mv]	GLG [cm-mv]	Gebruikte GHG [cm-mv]	Gebruikte GLG [cm-mv]
V	< 40	>120	30	120
VI	40-80	>120	60	120

Direct naast het kanaal is de verhoging van de grondwaterstand het grootst, op iets grotere afstand van het kanaal neemt de verhoging snel af (zie figuren in bijlage 1). Uit de berekeningen blijkt dat naarmate de grondwaterstand hoger komt te liggen de opbrengstderving significant toeneemt.

Resultaat berekeningen

Uit de berekeningen met de landbouwschade effecten tool blijkt dat de schade langs het gehele tracé van het zoetwaterkanaal Goeree circa € 43.894,-- per jaar bedraagt. Dit is exclusief eventuele gevolgschade. Het totale oppervlak binnen het invloedsgebied (GHG) aan maaiveld (> 5 cm) bedraagt 74 hectare. De opbrengstderving is mede afhankelijk van type gewas.

Discussie resultaten

De resultaten zoals hiervoor gepresenteerd gaan uit van een situatie waarbij:

1. de peilverhogingen in het zoetwaterkanaal in de zomer kleiner is dan in de winter;
2. overall gerekend is met de effecten die horen bij een zandig profiel in het bovenste deel van de deklaag;
3. Bestaande drainagesystemen blijven functioneren zoals in de huidige situatie.

Ad 1

Omdat het peilverval in de zomer kleiner is dan in de winter, is er een onderscheid gemaakt tussen zomer- en wintersituatie. De verhoging van de grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie is groter in de winter dan in de zomer, omdat het peilverval tussen polder en kanaal in de winter het grootst is. Deze verhoging is opgeteld bij de GHG en geeft daarmee een bovengrens van de verhoging in de winter. In de zomer is het peilverval het kleinst door hogere polderpeilen en een lager peil in het kanaal. Omdat deze situatie niet over de gehele zomer periode voor komt en vooral de voorjaars situatie van belang is, is er voor gekozen een gemiddeld peil van het kanaal te nemen. Zo wordt de verhoging van de GLG niet overschat (maximum peil kanaal), maar ook niet onderschat (minimum peil kanaal). Toch zal op 1 juli een minder groot verschil optreden dan berekend, omdat het laagste peil wordt bereikt. Er wordt verwacht dat de bepaalde effecten een bovengrens is van de te verwachte effecten.

Ad 2

De effecten zijn bepaald op basis van de zandige profielen. Met name voor profiel 1 is er vrijwel geen verschil tussen het kleiige en zandige profiel, omdat de drainage zich onder de bovenste kleilaag bevindt. Voor profiel 2 maakt het verschil wel degelijk uit. Bij een volledig kleiige bovenlaag zullen de effecten tot op een afstand van maar enkele meters vanaf het kanaal optreden. Omdat een duidelijke grens niet te trekken is tussen kleiige en zandige profielen langs het kanaal is uitgegaan van een zandig profiel over het traject. De berekende opbrengstderiving voor de landbouw is daarom een benadering met name voor de trajecten met profiel 2.

Ad3

Bij de berekening van de effecten van de peilstijging op de grondwaterstanden is er vanuit gegaan dat de huidige drainage ook in de toekomstige situatie blijft functioneren zoals in de huidige situatie. Langs een groot gedeelte van het tracé zijn de huidige drains aangesloten op de watergang die in de toekomstige situatie het zoetwaterkanaal wordt. In de toekomstige situatie kunnen deze drains niet op het zoetwaterkanaal afwateren. Om overlast te voorkomen zullen deze drains dus op een andere wijze water moeten afvoeren.

Kwel-/waterkwaliteitsveranderingen

In paragraaf 3.2 is al vermeld dat de eerste 1-10 jaar er een toename van de brakke kwel in de directe omgeving van het kanaal te verwachten is. Daarna zal de kwel verzoeten doordat het geïnfiltreerd zoet water vanuit het kanaal gaat uittreden. De toename van de kwel manifesteert zich vooral in een toename van de afvoer van het bestaande drainagesysteem. De kwel manifesteert zich vooral in de zone direct naast het kanaal. In verband hiermee is het van belang, na aanleg van het zoetwaterkanaal, de drainage terug te plaatsen, zeker daar waar sprake is van een zandig profiel. Nagegaan dient te worden in hoeverre de bestaande drainage voldoende capaciteit over heeft om het extra kwelwater af te voeren (ervaringen landgebruikers). Als dit niet het geval is dient extra drainage te worden aangelegd. Hierbij geldt dat dit vooral bepalend is in de zones met profiel1 (zowel zandig als kleiig) en profiel 2 (zandig) omdat hier de kweltoename het grootst zal zijn.

4.3.2 Gebouwen

Zes gebouwen/erven bevinden zich geheel of gedeeltelijk binnen het berekende invloedsgebied (aan maaiveld). Hier is sprake van een grondwaterstandsverandering > 5 cm. Hoe dicht bij het kanaal gelegen, hoe groter de optredende grondwaterstandsverandering. De gebouwen/erven die het betreft zijn weergegeven in figuren GO-1, GO-2 en GO-3.

Via uitsnedes per object is de lokale situatie in beeld gebracht. In deze uitsnedes zijn ook verschillende lijnen van gelijke grondwaterstandsverhoging weergegeven.

De grondwaterstandsverhogingen variëren tussen circa 5 tot 100 cm (waarbij de hoogste verhogingen optreden op de randen van de erven die dicht tegen het kanaal aanliggen). Als gevolg hiervan kunnen erven, afhankelijk van de huidige drooglegging en verwachte grondwaterstandsverhoging, vernatten. Ter plaatse van woningen kan water in kruipruimte of kelder komen te staan of kunnen problemen optreden met optrekkend vocht in muren.

Voor alle objecten geldt dat op dit moment niet bekend is hoe de specifieke omstandigheden zijn (staat van onderhoud, aanwezigheid kelders, diepte kruipruimte, lokale ontwateringssituatie). Zodoende kan alleen een globale indicatie van eventueel optredende overlast worden gegeven. Om te bepalen of daadwerkelijk overlast zal optreden dienen de erven en woningen te worden geïnspecteerd (staat van onderhoud, aanwezigheid kelders, diepte kruipruimte, lokale ontwateringssituatie). Nadat de woningen/erven zijn geïnspecteerd kan dit beeld worden bijgesteld. Het nader bepalen van de status en risico's per object valt buiten de scope van deze onderzoeksfase. Eventuele nadere inspectie van onder andere woningen is onderdeel van het vervolgtraject.

Risico's

In Tabel 4-2 is per woning aangegeven wat de huidige drooglegging is (gebaseerd op AHN en huidig polderpeil), wat de huidige ontwateringsdiepte is en welke grondwaterstandsverhoging maximaal optreedt. Op grond hiervan en op grond van de eerder genoemde 'beoordelingscriteria' is een eerste beoordeling gegeven van het risico op het optreden van overlast. Wanneer de verhoging van de grondwaterstand door de aanleg van het kanaal minder is dan 5 cm, is er geen sprake van overlast veroorzaakt door het kanaal, ook al is in sommige gevallen de huidige drooglegging niet voldoende om aan de criteria te voldoen.

Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat op 5 percelen mogelijk sprake is van grondwateroverlast als gevolg van de aanleg van het zoetwaterkanaal. Voor één perceel (G4.3) betreft dit overlast ter plaatse van zowel gebouw als tuin/erf. Voor G4.1, G4.2, G4.6 en G5 geldt mogelijk grondwateroverlast op het erf. In bijlage 3 zijn de veranderingen van de ontwateringsdiepte met de minimaal verwachte grondwaterstandsverhoging weergegeven. Dit betreft de situatie waarbij het zomerpeil in de polder (maximaal peil) en in het zoetwaterkanaal (minimaal peil) wordt gehanteerd. Ook in deze situatie wordt op de bovengenoemde percelen grondwateroverlast verwacht.

Tabel 4-2: Verandering van de ontwateringsdiepte en beoordeling risico's ter plaatse van gebouwen en erven bij een maximale grondwaterstandsverandering

Nr op kaart	Huidige drooglegging	Ontwateringsdiepte		Woning(en)			Erf			Beoordeling risico
				Max verhoging	Toekomstige ontwateringsdiepte		Max verhoging	Toekomstige ontwateringsdiepte		
		max	min		max	min		max	min	
G1	200	175	165	10	165	155	10	165	155	-
G2	200	175	165	30	145	135	30	145	135	-
G3	150	125	115	0	125	115	10	115	105	-
G4.1	150	125	115	20	105	95	50	75	65	Erf
G4.2	150	125	115	10	115	105	100	25	15	Erf
G4.3	150	125	115	100	25	15	100	25	15	Gebouw+erf
G4.4	150	125	115	40	85	75	40	85	75	-
G4.5	150	125	115	20	105	95	20	105	95	-
G4.6	150	125	115	40	85	75	100	25	15	Erf
G4.7	150	125	115	10	115	105	20	105	95	-
G5	150	125	115	20	105	95	100	25	15	Erf
G6	500	475	465	10	465	455	100	375	365	-

4.3.3 Wegen

Als gevolg van te hoge grondwaterstanden kunnen ter plaatse van wegen problemen optreden als gevolg van verweking of door vorstschade. De wegen waar de grondwaterstand zal verhogen zijn: Kadeweg, Oosthavendijk, Westhavendijk, Bekadeweg, Gorsweg, Zuiderdiep en de wegen aan weerszijde van de Haven van Dirksland. Deze locaties zijn weergegeven in figuren GO-4 en GO-5.

Verondersteld wordt dat ter plaatse van de wegkruisingen met het kanaal geen problemen ontstaan doordat hier duikers worden aangelegd en de hoogte/funderingssituatie van de wegen ter plaatse van de kruisingen wordt aangepast aan de nieuwe situatie.

Risico's

Op de meeste plaatsen waar een verhoogde grondwaterstand wordt verwacht als gevolg van het nieuwe kanaal worden geen risico's verwacht voor wegen. Dit heeft voor een groot deel te maken met het feit dat een groot deel van de wegen zich op een dijklichaam bevindt of aan de rand van het invloedsgebied ligt. Aan de Bekadeweg levert het kanaal naar verwachting wel problemen op. Een overzicht van de verwachte toekomstige ontwateringsdiepte is weergegeven in Tabel 4-3. In bijlage 3 zijn de veranderingen bij een minimaal verwachte grondwaterstandverhoging weergegeven, waarbij het zomerpeil in de polder en het zoetwaterkanaal is gehanteerd. Bij deze grondwaterstandsverandering is naar verwachting geen risico voor negatieve effecten voor aangrenzende wegen.

Tabel 4-3: Verandering van de ontwateringsdiepte en beoordeling risico's ter plaatsen van wegen bij een maximale grondwaterstandsverandering

Nr op kaart	Huidige drooglegging	Ontwateringsdiepte		Max verhoging	Toekomstige ontwateringsdiepte		Beoordeling risico
		max	min		max	min	
W1	250	235	225	140	95	85	
W2	200	185	175	20	165	155	
W3	500	485	475	140	345	335	
W4	500	485	475	140	345	335	
W5	350	335	325	10	325	315	
W6	190	175	165	10	165	155	
W7	200	185	175	120	65	55	risico
W8	210	195	185	140	55	45	risico
W9	180	165	155	30	135	125	
W10	500	485	475	140	345	335	
W11	250	235	225	120	115	105	
W12	250	235	225	120	115	105	

4.3.4 Kabels & leidingen

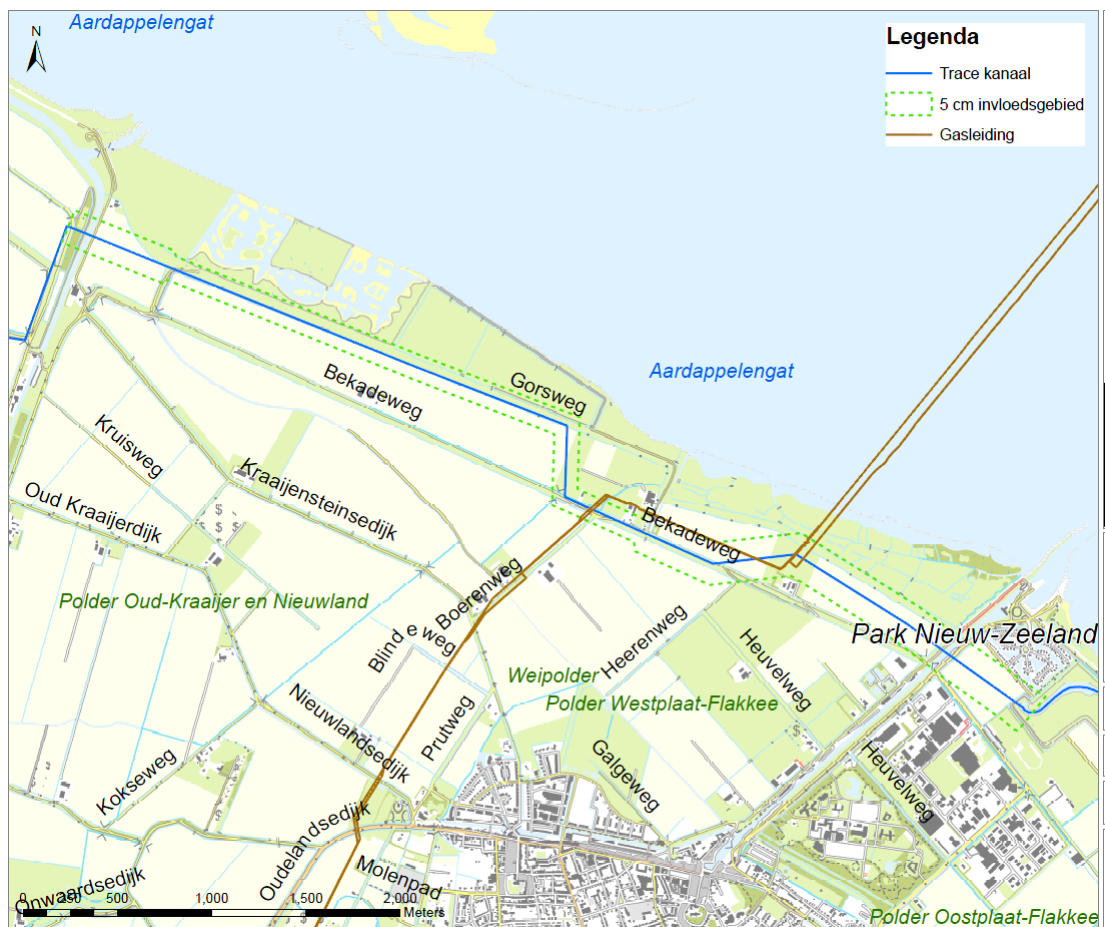
Langs en onder veel van de hiervoor genoemde wegen liggen kabels en leidingen. Daarnaast liggen op een aantal plaatsen leidingen 'los' in de ondergrond. Als gevolg van te hoge grondwaterstanden kunnen ter plaatse van deze kabels en leidingen problemen ontstaan omdat kabels en leidingen onder –of te dicht op– het grondwater komen te liggen.

Eventueel kan er sprake zijn van opdrijven van leidingen. Dit risico is afhankelijk van onder andere de diepteligging en het materiaal en dient per geval nader bepaald te worden.

In Figuur 4-1 is aangegeven waar de leiding van de Gasunie ligt. Gegevens over de ligging van overige kabels en leidingen zijn niet beschikbaar. Er is verondersteld dat onder of langs de Bekadeweg eventueel aanwezige kabels en leidingen liggen. Voor drinkwaterleidingen en hoogspanningskabels gelden strenge ontwateringseisen.

De gasleiding van de Gasunie ligt midden in het invloedsgebied van het nieuwe kanaal. Het voornaamste risico voor deze leiding is mogelijk opdrijven van de leiding. Op enkele plekken (voornamelijk direct onder en langs het kanaal) zal de stijghoogte in de deklaag met maximaal 140 cm kunnen toenemen. De exacte diepteligging en materiaal van de leiding is niet bekend. Het verder kwantificeren van dit risico valt buiten de scope van dit onderzoek.

Verondersteld is dat bij het definitief ontwerp van de Evides leiding rekening wordt gehouden met de effecten van het zoetwaterkanaal op de grondwaterstand.



Figuur 4-1: Ligging gasleiding van de Gasunie

Beoordeling risico

Het grootste risico voor leidingen treedt op langs de Bekadeweg. Daarnaast is er mogelijk een risico voor opdrijven van de gasleiding. Dit blijft een vermoeden omdat details over diepteligging en materiaal niet bekend zijn.

Op grond hiervan wordt geconcludeerd bij de trajecten WL7 en WL8 (figuur GO-4 en GO-5) problemen kunnen optreden door de aanleg van het zoetwaterkanaal.

4.3.5 Overig

Door de verhoging van het peil ter plaatse van het zoetwaterkanaal worden ook de grondwaterstanden in/onder de dijk verhoogd. Dit kan effect hebben voor de stabiliteit van de dijk. Dit effect is in een eerder stadium reeds onderzocht, waarbij geconcludeerd is dat er een minimale afstand van het kanaal tot de teen van de dijk nodig is van 50 meter. Dit is meegenomen als uitgangspunt voor het ontwerp van het kanaal.

4.4 Invloed onzekerheid modelberekening

Er is een bepaalde onzekerheid aanwezig in de modelresultaten. Dat komt met name door onzekerheid in geohydrologische parameters en de drainageweerstand. In paragraaf 0 zijn deze onzekerheden gekwantificeerd. Wat deze onzekerheid betekent voor de afgeleide effecten op landbouw, gebouwen, wegen, kabels en leidingen wordt in deze paragraaf geëvalueerd.

4.4.1 Berekening GHG en GLG

De maximale grondwaterstandsverhogingen (wintersituatie/GHG) zijn gebruikt om de invloed op gebouwen, wegen, kabels en leidingen in te schatten. Voor de landbouweffecten is ook de zomersituatie (GLG) van belang.

De verhoging van de grondwaterstand is bij de GHG en GLG opgeteld, in werkelijkheid zal dit niet 1 op 1 gelden. De verhoging van de GHG wordt daarom waarschijnlijk overschat. Voor de grondwaterstanden op de percelen is uitgegaan van de grondwatertrappenkaart. Gezien de grote drooglegging, kleine ontwateringsdiepte en het bodemprofiel lijkt een GHG van 30 cm-mv hoog. De verwachting is daarom dat deze waarden ook een overschatting van het effect zullen geven. De GHG kan derhalve als een worst-case inschatting worden beschouwd. De GLG is berekend op basis van een gemiddeld zomerpeil van het kanaal, omdat het minimumpeil en maximum peil maar een korte tijd in de zomerperiode van april tot en met september voor komt. Omdat een overschatting van de effecten in de voorjaar/zomerperiode snel tot hogere kosten kan oplopen is hiermee voorkomen dat een onrealistische bovenrand van effecten is berekend.

4.4.2 Gevoeligheid modelparameters

De resultaten van paragraaf 0 zijn gebruikt om zicht te geven op de onzekerheid in de in paragraaf 4.3 bepaalde risico's. Het algemene beeld is dat de risico's voor bebouwing, wegen en kabels en leidingen met name in de eerste 30 meter vanaf het kanaal optreden. De extra toename van de grondwaterstand, als gevolg van een grotere doorlatendheid of minder drainage dan aangenomen, is maximaal 10 cm. Dit betekent dat voor G4.4 wel een risico bestaat voor schade.

Deze risico's zijn bepaald op basis van de huidige ontwateringsdiepte en berekende verhoging (op locaties met een relatief diepe ontwateringsbasis zal bij een flinke verhoging wellicht in de nieuwe situatie geen risico zijn voor waterschade). Voor de landbouw zal de schade toenemen door hogere grondwaterstanden en een groter oppervlak waarbinnen de grondwaterstand meer dan 5 cm stijgt.

5 MAATREGELEN EN KOSTEN

5.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 is aangegeven welke vormen van grondwateroverlast en eventueel hieruit voortkomende schade kunnen optreden als gevolg van de peilverhoging in het zoetwaterkanaal. In dit hoofdstuk wordt aangegeven welke maatregelen genomen kunnen worden om deze effecten tegen te gaan of te compenseren. Ook wordt aangegeven wat globaal de kosten van de verschillende maatregelen zijn. Ten behoeve hiervan is in bijlage 4 een overzicht gegeven van mogelijke maatregelen en een inschatting van de daarbij behorende kosten op basis van kengetallen.

5.2 Maatregelen

5.2.1 Algemeen

Om de effecten van het nieuwe zoetwaterkanaal te verkleinen zijn verschillende maatregelen mogelijk. Namelijk:

- Verhogen infiltratieweerstand kanaal (grondverbetering);
- Aanleg langsdrain langs kanaal;
- Aanleg langsdrain langs weg, kabel of leiding;
- Aanleg ringdrainage om gebouw of erf;
- Aanleg watergang langs kanaal;
- Vervangen gronden;
- Ophogen object;
- Bouwtechnische maatregelen;
 - dampdicht maken vloer;
 - aanbrengen waterdichte laag in bouwmuren;
 - waterdicht maken kelders;
 - ophogen van kruipruimtebodemp;
 - drainage aanleggen in kruipruimte.

De globale kosten van deze maatregelen zijn weergegeven in bijlage 4. Deze kosten zijn exclusief staartkosten en exclusief project onvoorziene kosten.

5.2.2 Landbouw

In hoofdstuk 4 is bepaald wat de orde grootte van de opbrengstderving zal zijn als gevolg van hogere grondwaterstanden. Deze opbrengstderving kan worden gecompenseerd of er kunnen maatregelen genomen worden om te voorkomen dat opbrengstderving optreedt. Bij het bepalen van de opbrengstderving is er vanuit gegaan dat de drainage ter plaatse van de percelen in de toekomstige situatie blijft functioneren zoals dat in de huidige situatie het geval is.

Langs een groot gedeelte van het tracé zijn de huidige drains aangesloten op de watergang waar in de toekomstige situatie het zoetwaterkanaal zal liggen. In de toekomstige situatie kunnen deze drains niet op het zoetwaterkanaal afwateren. Om overlast te voorkomen zullen deze drains dus op een andere wijze water moeten afvoeren. Hiervoor kan evenwijdig aan het kanaal een drain of een watergang aangelegd

worden die de huidige functie van de watergang voor de drains overneemt. De drains in de percelen worden aangesloten op deze drain in een filterbed of op de watergang. De drain of watergang wordt vervolgens aangesloten op de watergangen die dwars op het zoetwaterkanaal lopen.

Het betreft circa 1500 meter langs het kanaal waar aan beide zijde en 5000 meter waar aan één zijde een drain of een watergang aangelegd moet worden. In totaal betreft het dus circa 8000 meter te realiseren drain of watergang. De aanlegkosten van de drains bedragen circa € 216.000,--, de aanlegkosten van watergangen (inclusief de kosten van de aankoop van de grond) bedragen circa € 1.244.000,--

Tabel 5.1: Kosten voor het heraansluiten van de bestaande drainage

	Lengte drains/ watergang	Investeringskosten		
		Aanleg	Aankoop grond	Totaal
	[m]	[€]	[€]	[€]
Drains	8000	216.000	-	216.000
Watergangen	8000	1.212.000	32.000	1.244.000

Compenseren schade

Om de schade van de gedupeerden te vergoeden kan ervoor gekozen worden om deze opbrengstderiving jaarlijks te compenseren. Wanneer wordt uitgegaan van een gemiddeld jaarlijkse opbrengstderiving van € 43.894,-- bedraagt de netto contante waarde € 470.000,-- rekening houdend met een disconteringsvoet van 5,5% voor een periode van 30 jaar).

Voorkomen schade

Om schade te voorkomen kan een langsdrain of een watergang worden aangelegd of kan (lokaal) grondverbetering in het kanaal worden toegepast (aanbrengen kleiafdichting bodem en taluds) om de infiltratieweerstand te verhogen.

Langsdrain of watergang

Aangezien er in de huidige situatie al sterk gedraineerd wordt is het effect van deze langsdrain mogelijk niet voldoende. Door het dieper leggen van deze drain en deze actief te bemalen kan de effectiviteit van de drain worden vergroot. Op deze drain kan daarnaast de bestaande drainage op aanliggende percelen worden aangesloten. Als alternatief kan ook een watergang worden gegraven naast het kanaal. Het peil in deze watergang is goed te reguleren om tot voldoende ontwatering te komen. Over een deel van het tracé met een lengte van 1500 meter dient aan beide zijde van het kanaal een langsdrain of watergang te worden aangelegd. Dit betreft het deel waar het kanaal langs de Bekadeweg loopt. Voor het overige deel, dat dicht tegen de waterkering ligt kan worden volstaan met een langsdrain of watergang aan één zijde (alleen ten zuiden) van het kanaal. Uitgaande van een intreeweerstand in het zoetwaterkanaal van 3 tot 5 dagen, een doorlatendheid van de bodem van 3 m/d en een minimale afstand van de langsdrain of watergang van 5 meter van het kanaal, zal de verwachte afvoercapaciteit van de langsdrain of watergang circa 10 tot 20 m³/uur per strekkende kilometer moeten bedragen. Om direct na de aanleg van het kanaal een intreeweerstand van 3 tot 5 dagen te realiseren, zal grondverbetering in het kanaal nodig zijn.

Het intensiveren van de huidige drainage, door de afstand tussen drainagemiddelen te verkleinen, wordt verwacht dat dit het invloedsgebied wel verkleint, maar de grondwaterstand effectief niet veel extra verlaagt.

De aanlegkosten voor langsdrainage langs het gehele nieuw te realiseren zoetwaterkanaal bedragend circa € 306.000,-- inclusief 7 pompen. De onderhouds- en energiekosten worden geraamd op circa € 19.775,-- per jaar. De aanleg van een watergang (incl. aankoop grond) bedraagt circa € 1.244.000,--.

Grondverbetering

De effectiviteit van grondverbetering is discutabel. Het aanbrengen van een goede weerstandbiedende kleilaag en het effect hiervan is moeilijk in te schatten. Het is wel gewenst om dit toe te passen in combinatie met een langsdrain om de toestroom naar de drainagemiddelen te beperken. Op deze wijze kan de infiltratie van zoetwater naar de langsdrain en de benodigde pompcapaciteit en afvoercapaciteit van het drainagesysteem beperkt worden.

Grondverbetering in het kanaal kost circa € 177.000,-. Omdat het kanaal nog gegraven moet worden, zijn alleen de kosten voor het ontgraven, vervoeren en aanbrengen van klei verrekend.

Afvoeren extra kwel

Door de aanleg van het zoetwaterkanaal treedt in de zone langs het kanaal meer kwel op. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat deze extra kwel kan worden afgevoerd via het bestaande drainagesysteem (de capaciteit van het huidige drainagesysteem is voldoende om de extra kwel af te voeren). Als deze extra kwel niet afgevoerd kan worden met het huidige drainagesysteem zal, afhankelijk van de gekozen oplossing, met het volgende rekening moeten worden gehouden:

- in het geval van compensatie ontstaan extra kosten in verband met hogere grondwaterstanden en daarmee gepaard gaande extra opbrengstderving;
- in het geval van maatregelen om schade te voorkomen dient rekening te worden gehouden met extra drainagecapaciteit (bijvoorbeeld grotere diameter drains bij aanleg langsdrainage of bijleggen van drains bij bestaande drainage).

De kosten voor extra compensatie zullen naar verhouding het grootst zijn aangezien de dervings kosten significant groter worden bij hogere grondwaterstanden. Bij over dimensionering van drainage die toch al aangelegd moet worden zullen de kosten slechts beperkt stijgen. Wel dient er rekening mee te worden gehouden dat de op te leggen grondwaterstandsverlaging via drains vlak naast het zoetwaterkanaal aan een maximum beperkt is, zeker als sprake is van een zandig ondergrond. Daarom wordt geadviseerd de drainage voldoende diep te leggen in een grindkoffer en deze met behulp van pompen voor afwatering te zorgen.

5.2.3 Gebouwen

In hoofdstuk 4 is toegelicht dat er 1 perceel is waar mogelijk problemen optreden ter plaatse van gebouwen en 5 percelen met betrekking tot erven/tuinen. In totaal betreft het circa 5 afzonderlijke gebouwen. Om schade aan gebouwen te voorkomen kunnen bouwtechnische maatregelen genomen worden of kan de ontwaterings situatie aangepast worden. De kosten van de bouwtechnische maatregelen zijn locatie- en gebouwspecifiek

en kunnen derhalve alleen globaal bepaald worden. In Tabel 5-1 zijn de kosten weergegeven. Omdat er in de huidige situatie al intensief wordt gedraineerd is de verwachting dat aanleg van ringdrainage niet voldoende is als deze onder natuurlijk verhang moet afwateren. Er is daarom rekening gehouden met:

- Diepere ligging drainagebuis dan polderpeil;
- Diameter van 160 mm;
- Installatie pomp om afwatering te verzorgen.

Tabel 5-1: Kosten voor aanleg en onderhoud van ringdrainage

	Lengte ring/ langs drainage [m]	Oppervlak drainage erf [m ²]	Investeringskosten			Onderhoudskosten	
			Drainage [€]	Pomp [€]	Totaal [€]	Pomp [€/jaar]	Totaal [€/jaar]
G4.1		200	2500	1250	706.25	706.25	706.25
G4.2		450	5625	1250	706.25	706.25	706.25
G4.3	50	500	8600	1250	706.25	706.25	706.25
G4.6		850	10625	1250	706.25	706.25	706.25
G5		340	4250	5000	2825	2825	2825
Totaal	50	2340	31600	10000	41600	0	5650

In totaal komt het draineren van 5 percelen neer op circa € 42.000,- aan kosten. De kosten voor onderhoud bedragen € 5.650,- /jaar.

5.2.4 Wegen

Voor de Bekade weg wordt schade verwacht als gevolg van het nieuwe kanaal. Het betreft een traject van ongeveer 1000 meter. Het voorkomen van mogelijke vorstschade door de aanleg van een langsdrain vergt een investering van circa € 36.000,-. Er is vanuit gegaan dat de drainage lager ligt dan het polderpeil en dat met een pomp voldoende ontwatering wordt gerealiseerd. Er is uitgegaan dat twee pompen met een capaciteit van 10 m³/uur voldoende zijn. Onderhoudskosten zijn circa € 5.650,- /jaar.

Tabel 5-2 Kosten voor aanleg en onderhoud van drainage langs wegen

	Lengte ring/ langs drainage [m]	Investeringskosten			Onderhoudskosten	
		Drainage [€]	Pomp [€]	Totaal [€]	Pomp [€/jaar]	Totaal [€/jaar]
W7	350	9450	5000	14450	2825	2825
W8	625	16875	5000	21875	2825	2825
Totaal	975	26325	10000	36325	5650	5650

5.2.5 Kabels & leidingen

Om mogelijke schade aan de, langs het kanaal gelegen kabels en leidingen te voorkomen dient een drain langs het kanaal aangelegd te worden. In hoofdstuk 4 is aangegeven dat dit mogelijk voor een groot gebied het geval is. Wanneer overal waar leidingen zich naast het kanaal bevinden een langsdrain wordt aangelegd (circa 6,5 km), bedragen de kosten hiervan circa € 306.000,-- inclusief pomp. Daarnaast zijn jaarlijkse onderhouds- en elektriciteitskosten circa € 19.775,-- Verwacht wordt dat onvoldoende ontwatering wordt gerealiseerd wanneer de drainage op polderpeil ligt en natuurlijk moet afwateren. Om voldoende ontwatering te realiseren kan de drainage dieper worden gelegd en met een pomp worden afgepompt. De ligging van de langsdrain moet minimaal 5 meter van de kant van het kanaal zijn en de capaciteit van de pomp circa 10 tot 20 m³/uur per strekkende kilometer, uitgaande van een afstand van 5 meter tot de kant van de watergang en een entreeweerstand van 3 tot 5 dagen. Dit is een redelijk hoge weerstand die direct na de aanleg van het kanaal naar verwachting met behulp van grondverbetering wel kan worden bereikt.

Toepassing van grondverbetering over dit traject is een goedkopere oplossing, echter is de realisatie en het effect hiervan moeilijk in te schatten en tevens moeilijk bij te sturen. De totale lengte betreft dan 6500 meter, dat komt neer op een investering van € 177.000,--. Om de toestroom naar de drainagemiddelen te beperken, dus de weerstand te vergroten, is een combinatie van grondverbetering en een langsdrain wel een gewenste oplossing. Op deze wijze kan de infiltratie van zoetwater naar de langsdrain en de benodigde pompcapaciteit en afvoercapaciteit van het drainagesysteem beperkt worden.

5.3 Invloed onzekerheid modelberekening

Wanneer de doorlatendheid van de bodem of de drainage weerstand hoger uitvalt dan in de berekening is aangenomen dan betekent dat dat er extra kosten moeten worden gemaakt om schade te voorkomen. Eén gebouw en bijbehorend erf behoren dan tot een extra risico geval. De extra kosten voor compensatie van gebouwen en erf bedragen circa € 12.000,--. Door toename van het invloedsgebied en toename van de grondwaterstand zullen de kosten voor landbouwschade compensatie ook hoger uitvallen.

5.4 Overzicht maatregelen

Een aantal maatregelen ten behoeve van het voorkomen van schade aan bijvoorbeeld landbouw, kan ook een positieve werking hebben op omliggende wegen, kabels, leidingen of gebouwen. Daarom zijn de maatregelen in deze paragraaf samengevat waardoor een beter beeld wordt verkregen van de mogelijke combinaties van maatregelen en wordt beredeneerd wat dit voor de kosten betekent.

5.4.1 Grondverbetering gehele kanaal

Door over het gehele traject van het kanaal grondverbetering toe te passen zullen de effecten verminderd kunnen worden. Zowel de stijghoogteverandering als het invloedsgebied wordt kleiner. Of deze maatregel voor voldoende vermindering van effecten zorgt waardoor extra maatregelen of compensatie niet nodig is, is moeilijk te zeggen. De kosten van overige maatregelen en compensatie worden naar verwachting wel kleiner omdat minder sterk gedraineerd hoeft te worden en minder schade ontstaat voor de landbouw.

5.4.2 Drainage

De kosten voor drainage maatregelen kunnen flink oplopen omdat deze naast aanleg waarschijnlijk ook met behulp van een pomp voor afwatering dient te zorgen. Dit vergt extra investerings- en onderhoudskosten. Wanneer een langsdrain wordt gelegd, waarbij de diameter voldoende groot is, de diepteligging onder het polderpeil is en wordt afgewaterd met behulp van een pomp, zullen geen extra mitigerende maatregelen nodig zijn om schade te compenseren voor gebouwen, erven, wegen, kabels en leidingen. Deze worden namelijk al ondervangen door de langsdrain. Het is wel van belang dat een goed ontwerp wordt gemaakt, waarbij voor voldoende capaciteit wordt gezorgd van de drain om dit daadwerkelijk te realiseren. Om de afvoercapaciteit van het drainagesysteem te beperken is grondverbetering in het kanaal wel gewenst. Over een lengte van 1500 meter in de omgeving van de Bekadeweg zal aan beide zijde van het kanaal een langsdrain nodig zijn, op de overige locaties is alleen een drain aan de zuidzijde nodig.

5.4.3 Watergang

Het aanleggen van een watergang vraagt een relatief grote investering. De kosten voor realisatie zijn een aantal maal hoger dan voor de aanleg van drainage. Het voordeel van de watergang is dat deze eenvoudig te onderhouden is en het peil is makkelijk te reguleren.

5.4.4 Combinatie drainage en grondverbetering

Een combinatie van langsdrainage en grondverbetering zal het beste resultaat geven, echter is relatief kostbaar. Het beperkt echter de toestroom van water uit het kanaal in de richting van de ontwateringsmiddelen. Op deze wijze wordt voorkomen dat de hoeveelheid drainagewater relatief groot wordt. Het wordt daarom wel aanbevolen deze combinatie toe te passen.

5.4.5 Overzicht kosten

In de onderstaande Tabel 5-3 zijn de kosten van de hiervoor beschreven maatregelen weergegeven. De compensatie van de opbrengstderiving is een grote kostenpost vergeleken met de kosten voor gebouwen, wegen en kabels en leidingen. Ook de kosten voor het aanbrengen van langsdrains en grondverbetering zijn relatief hoog. In relatie tot opbrengstderiving zijn de kosten van een langsdrain in combinatie met grondverbetering ongeveer € 225.000,-- hoger (circa € 695.000,-- voor grondverbetering en een langsdrain. De kosten om landbouwschade te compenseren bedragen € 470.000,--).

Het aanleggen van een langsdrain en de grondverbetering zorgen er voor dat het effect van de aanleg van het zoetwaterkanaal langs de gehele lengte worden gemitigeerd.

De kosten voor compensatie opbrengstderiving landbouw en de onderhoudskosten zijn in deze tabel als contante waarde (periode 30 jaar) weergegeven.

Tabel 5-3: Overzicht kosten maatregelen

Maatregel	Geschatte kosten [euro]		
	Investering	Onderhoud (contante waarde)	Totaal
Landbouw			
Compensatie opbrengstderiving	-	-	€ 470.000
Gebouwen			
Bouwtechnische maatregelen	locatie specifiek		
Draineren percelen/gebouwen	€ 41.600	€ 60.455	€ 102.055
Wegen			
Langsdrain	€ 36.325	€ 60.455	€ 96.780
Kabels en leidingen			
Langsdrain	€ 306.000	€ 211.600	€ 517.600
Algemeen			
Langsdrain	€ 306.000	€ 211.600	€ 517.600
Watergang	1.244.000		1.244.000
Grondverbetering talud	€ 177.000	-	€ 177.000

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

Grondwaterstandsverhoging

De maximale grondwaterstandsverhoging als gevolg van de in het zoetwaterkanaal te hanteren oppervlaktewaterpeilen bedraagt 120 tot 140 cm direct naast het nieuwe zoetwaterkanaal. Het invloedsgebied reikt tot maximaal 115 meter vanaf het kanaal. Dit geldt met name voor het bodemprofiel 1, gelegen tussen Park Nieuw Zeeland tot het punt waar het zoetwaterkanaal langs de Bekadeweg stroomt. Dit profiel bestaat overwegend uit zand en bezit alleen klei in de bovenste meter. Vaak liggen de drainagemiddelen onder deze kleilaag. Het is aangenomen dat effecten kleiner dan 5 cm hydrologisch verwaarloosbaar zijn. In gebieden waar profiel 2 (waar dikkere kleilagen aanwezig zijn) van toepassing is, is het invloedsgebied kleiner en reikt hier tot maximaal circa 70 à 80 meter vanaf het kanaal. Dit traject loopt van het zoetwaterkanaal langs de Bekadeweg tot de Haven van Dirksland. Dit invloedsgebied geldt alleen voor het zandige profiel 2, waar in de bovenste paar meter een zandlaag aanwezig is, die aan de boven en onderkant wordt begrensd door kleiige lagen. Het kleiige profiel geeft vrijwel geen effecten omdat het kanaal niet door de kleilaag heen snijdt.

Kwel en infiltratie

Tijdelijk zal er in de directe omgeving van het kanaal meer zoute kwel optreden omdat er door het peil in het zoetwaterkanaal infiltratie van zoet water optreedt. Het infiltratiewater zorgt er voor dat er tijdelijk meer oorspronkelijk zout water in de directe omgeving van het kanaal zal opkwellen. Door de toename van het peilverschil zal ook meer kwel optreden. De kwelflux neemt dus toe, alleen bestaat het de eerste 1 tot 10 jaar nog niet uit zoet water.

Afgeleide effecten

Binnen het invloedsgebied van het kanaal zijn 6 gebouwen (met bijbehorend erf), 13 wegen en onder andere een gasleiding van de Gasunie. Op twee van deze gebouwen (en erf) bestaat een risico tot wateroverlast als gevolg van hogere grondwaterstanden. Tevens is rond dezelfde locatie een risico voor de Bekadeweg in verband met mogelijk opvriezen in de winter. In dezelfde omgeving doorkruist het kanaal ook een gasleiding van de Gasunie, waar opdrijven een mogelijk risico is. Daarnaast is rond de Bekadeweg voor overige leidingen een risico voor opdrijving gesignaleerd. De risico's voor wegen, gebouwen, kabels en leidingen liggen voornamelijk rond dit punt bij de Bekadeweg. Daarnaast zal langs het gehele traject opbrengstderiving op landbouwpercelen optreden. Ook wanneer wordt uitgegaan van een minimaal te hanteren peilverschil (door geen flexibel peilbeheer toe te passen in het zoetwaterkanaal) zullen geen significant andere afgeleide effecten optreden.

Maatregelen en kosten

Om de effecten te minimaliseren kan extra drainage worden aangelegd, een watergang worden gerealiseerd of kan grondverbetering worden toegepast op bodem en taluds van het kanaal. Er zijn vier mogelijke maatregelpakketten onderscheiden. Grondverbetering, drainage, een watergang en een combinatie. Grondverbetering kost circa € 177.000,-- over het gehele traject, maar het effect hiervan staat ter discussie. Het realiseren van een goed ondoorlatende kleilaag en het functioneren ervan is moeilijk in te schatten. Wanneer een langsdrain langs het gehele kanaal wordt aangelegd, waarbij de drain onder

polderpeil wordt bemalen met behulp van een pomp, kunnen de effecten van de peilstijging worden gemitigeerd. Hierbij zijn geen afzonderlijke maatregelen nodig voor gebouwen, wegen, kabels en leidingen. Om de benodigde afvoercapaciteit van het drainage systeem te beperken wordt wel grondverbetering in het kanaal aanbevolen. Verwacht wordt dat in de situatie van profiel 1 hiermee het effect van het verhoogde peil op het kanaal (nagenoeg) volledig kan worden gemitigeerd. In geval van profiel 2 is wellicht sprake van een mogelijk resteffect omdat de drain in een kleig ontwikkeld pakket minder effectief zal zijn om het effect volledig te mitigeren.

De kosten van een langsdrain langs het gehele traject, voor een periode van 30 jaar, bedragen circa € 517.600,--. De kosten voor grondverbetering in het kanaal circa € 177.000,--. Tezamen is deze maatregel ongeveer € 225.000,-- duurder dan de landbouwschadecompensatiepost van € 470.000,--. Hetzelfde resultaat kan worden behaald door in plaats van een langsdrain een watergang langs het kanaal te realiseren, dit is echter een relatief kostbare oplossing.

Compensatie van landbouwschade is op grondverbetering na het goedkoopste. Echter wanneer hiervoor wordt gekozen zullen daarnaast nog maatregelen genomen dienen te worden om waterschade ter plaatse van kabels, leidingen, wegen en gebouwen te voorkomen.

6.2 Aanbevelingen

Op grond van de bovengenoemde conclusies worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Een langsdrain aanleggen langs het gehele kanaal om zo de grondwaterstandsverhoging en invloedsgebied te mitigeren;
- Ter hoogte van de Bekade weg een langsdrain aanleggen aan beide zijden van het kanaal;
- Deze drainage middelen dienen onder het bestaande waterpeil te worden aangelegd en actief te worden bemalen om voldoende ontwateringsdiepte te verkrijgen. Waarschijnlijk wordt onvoldoende ontwatering gerealiseerd wanneer drainagewater natuurlijk (onder vrij verval) moet afstromen;
- Grondverbetering in het kanaal om de benodigde afvoercapaciteit van het drainagesysteem te beperken;
- In geval van profiel 2 dient locatie specifiek te worden gekeken naar het ontwerp van de langsdrain om de effecten voldoende te kunnen mitigeren (maatwerkoplossing);
- Verwijderde drainage na de aanleg van het kanaal weer 'terugplaatsen' en aankoppelen aan de langsdrain om resteffecten te voorkomen;
- Eventueel de schade en kosten berekenen in het geval dat het gehele jaar het minimum peil in het zoetwaterkanaal wordt gehanteerd.

7 REFERENTIES

- [1] Royal HaskoningDHV, "Triwaco groundwatermodelling software," 2012.
- [2] B. Hageman, Toelichting bij de geologische kaart van Nederland, Haarlem: Geologische Dienst, 1964.
- [3] Royal HaskoningDHV, "Zoetwatervoorziening Goeree Overflakkee, inrichtingsplan Noordrand achtergronddocument," Provincie Zuid-Holland, Rotterdam, 2003.
- [4] Geologische Dienst Nederland - TNO, "Dinoloket," Geologische Dienst Nederland - TNO, 2013.
- [5] R. g. dienst, Geologische kaart van Nederland, 1:50.000, Rotterdam West (37 W), 1979.
- [6] D. g. TNO, Grondwaterkaart van Nederland, Rotterdam 37 west, 37 oost, 1984.
- [7] Royal HaskoningDHV, "Onderzoek effecten peilstijging zoetwaterkanaal Voorne-Putten," Provincie Zuid-Holland, 2010.
- [8] Stichting Bouw Research, "Beter bouw- en woonrijp maken," TU Delft, Delft, 2004.
- [9] RAAP, "Zoetwatervoorziening Voorne-Putten, tracé Koeneweg-Hellevoetsluis, Archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek, rapport 1764, Archeologisch onderzoek," 2008.
- [10] TNO, "www.dinoloket.nl," 2009.
- [11] Stowa, "Waternood," 2007.
- [12] M. v. V. e. Waterstaat/RIZA, "Prijzen en productiviteit van landbouwgewassen, update ten behoeve van het Agricom model," 23 juli 2004.
- [13] S. B. Research, "Beter bouw- en woonrijp maken," TU Delft, Delft, 2004.

=0=0=0=

Bijlage 1

Resultaten systeemanalyse

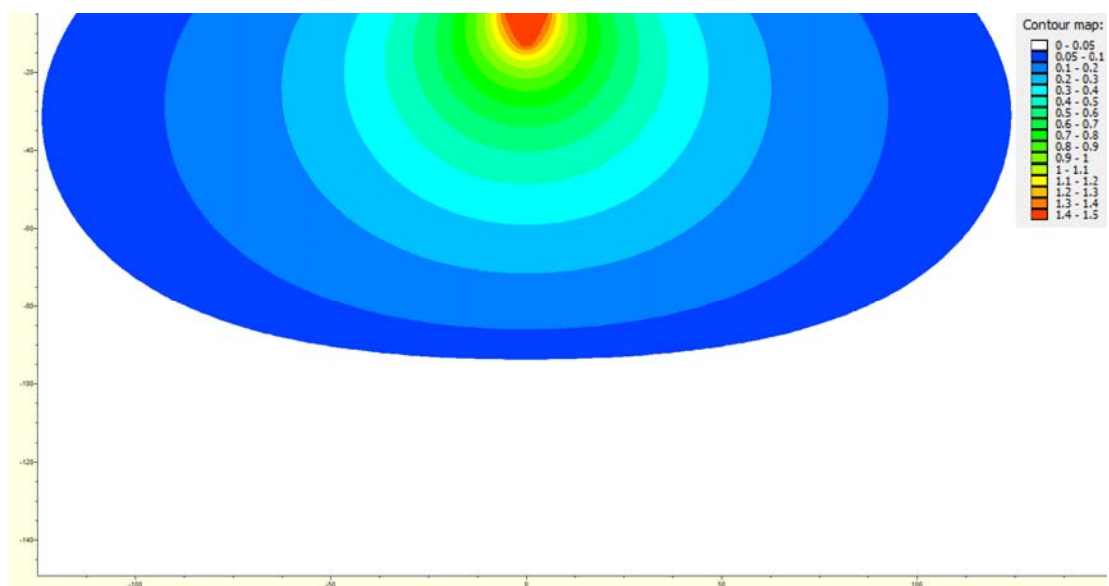
Algemeen

Per traject is het effect bepaald van het verhogen van het peil ter plaatse van het zoetwaterkanaal. Om het maximale effect te bepalen wordt per traject gerekend met het grootste verschil tussen het huidige en het toekomstige peil. Per traject wordt het laagste drainageniveau gebruikt. Bij het laagste drainageniveau is het verschil met het hogere peil in het zoetwaterkanaal het grootst, waardoor de grootste effecten op de grondwaterstanden optreden. Om het maximale effect te bepalen wordt ook de maximale drainafstand gebruikt.

Het effect wordt weergegeven aan de hand van de verhoging van de grondwaterstand. Ook wordt aangegeven tot op welke afstand van het kanaal de verhoging van de grondwaterstand voorkomt (verhoging >5 cm). Voor het peil in het Haringvliet wordt aangenomen dat dit op NAP ligt, zowel in de huidige als de toekomstige situatie.

Traject4Profiel12zandig

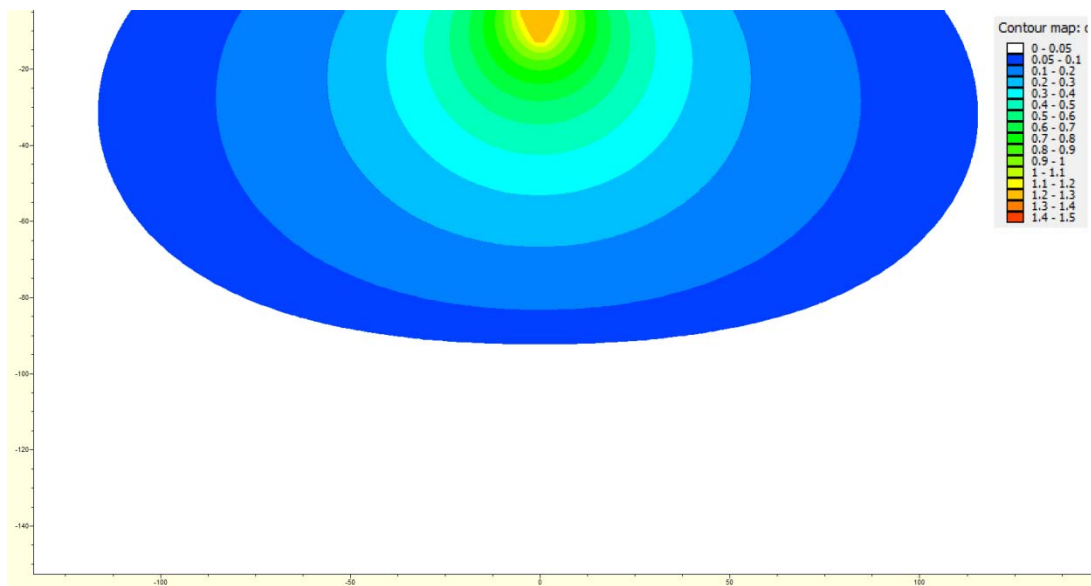
Dit traject ligt ten zuiden van Nieuw-Zeeland. De omliggende polder heeft een zomerpeil van NAP -0,4 m en een winterpeil van NAP -0,6 m. de bodembreedte is ongeveer 2 meter met een talud richting maaiveld van 1:3.



Figuur 7-1 Verandering van de stijghoogte op traject4

Traject5Profiel12zandig

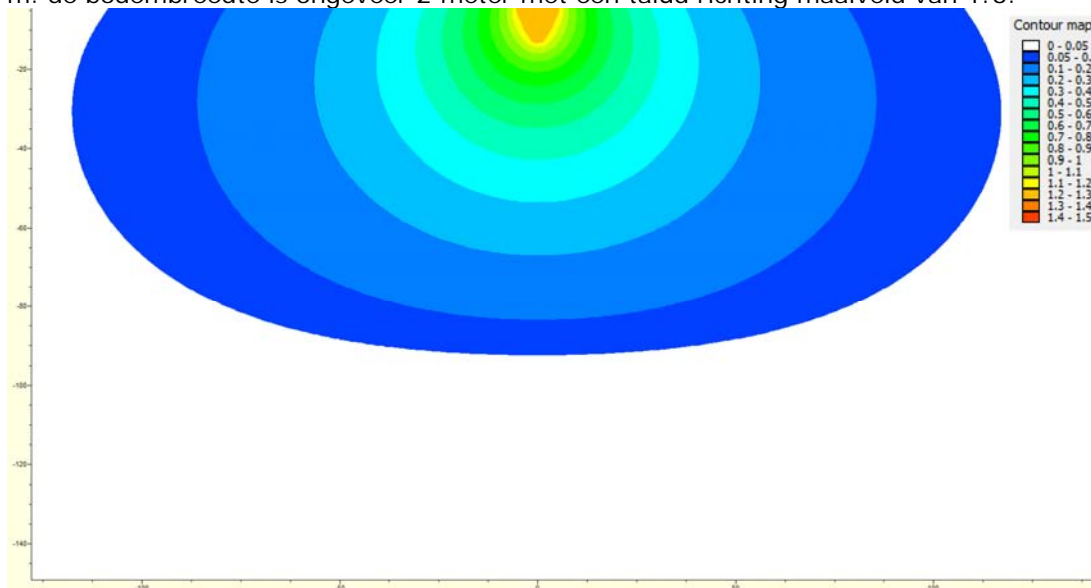
Dit traject ligt ten westen van Nieuw-Zeeland. De omliggende polder heeft een zomerpeil van NAP -0,3 m en een winterpeil van NAP -0,5 m. de bodembreedte is ongeveer 2 meter met een talud richting maaiveld van 1:3. Op 170 meter afstand van het kanaal is een ander peilvak met een zomerpeil van NAP -0,7 m en een winterpeil van NAP -0,9 m.



Figuur 7-2: Verandering van de stijghoogte op traject5

Traject6Profiel12

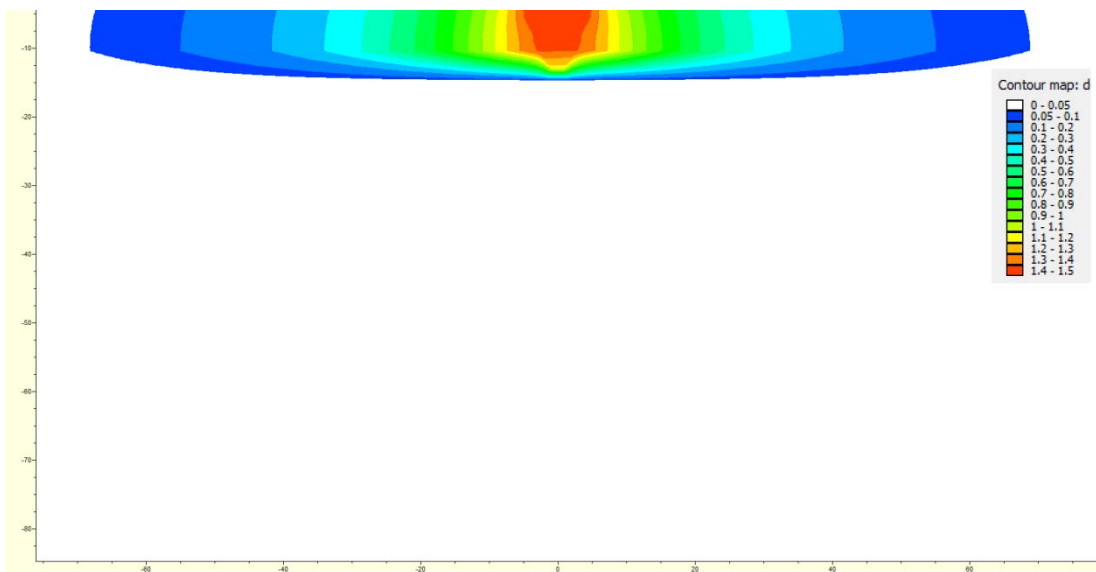
Dit traject ligt ten westen van Nieuw-Zeeland, deel direct langs de Bekadeweg. De omliggende polder heeft een zomerpeil van NAP -0,3 m en een winterpeil van NAP -0,5 m. de bodembreedte is ongeveer 2 meter met een talud richting maaiveld van 1:3.



Figuur 7-3: Verandering van de stijghoogte op traject6

Traject7Profiel22

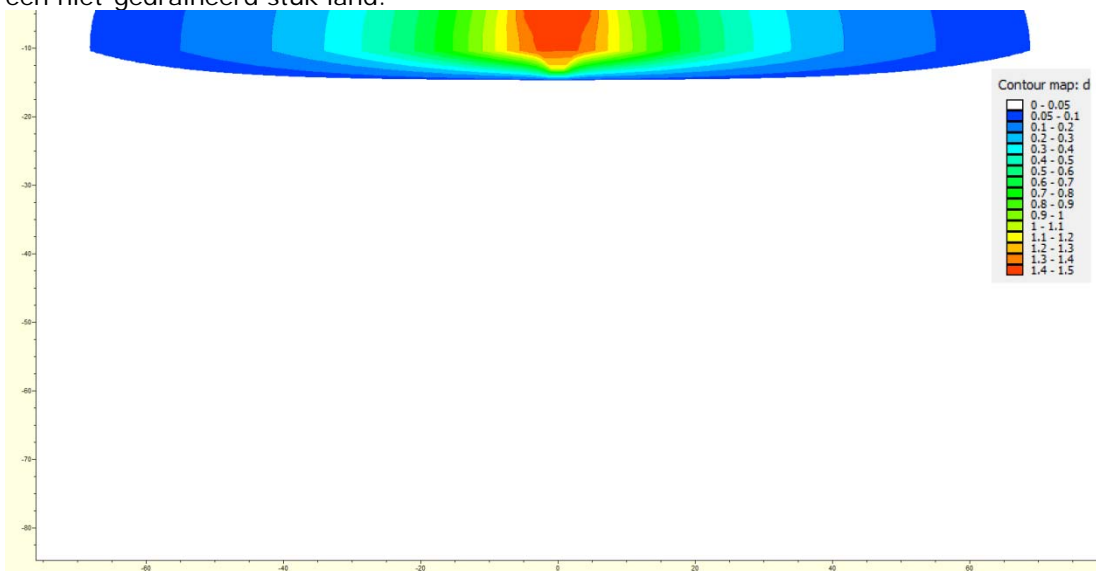
Dit traject ligt langs de Bekadeweg. De omliggende polder heeft een zomerpeil van NAP -0,3 m en een winterpeil van NAP -0,5 m. De bodembreedte is ongeveer 2 meter met een talud richting maaiveld van 1:3. Op 100 meter afstand van het kanaal is een ander peilvak met een zomerpeil van NAP -0,7 m en een winterpeil van NAP -0,9 m.



Figuur 7-4: Verandering van de stijghoogte op traject7

Traject8Profiel22

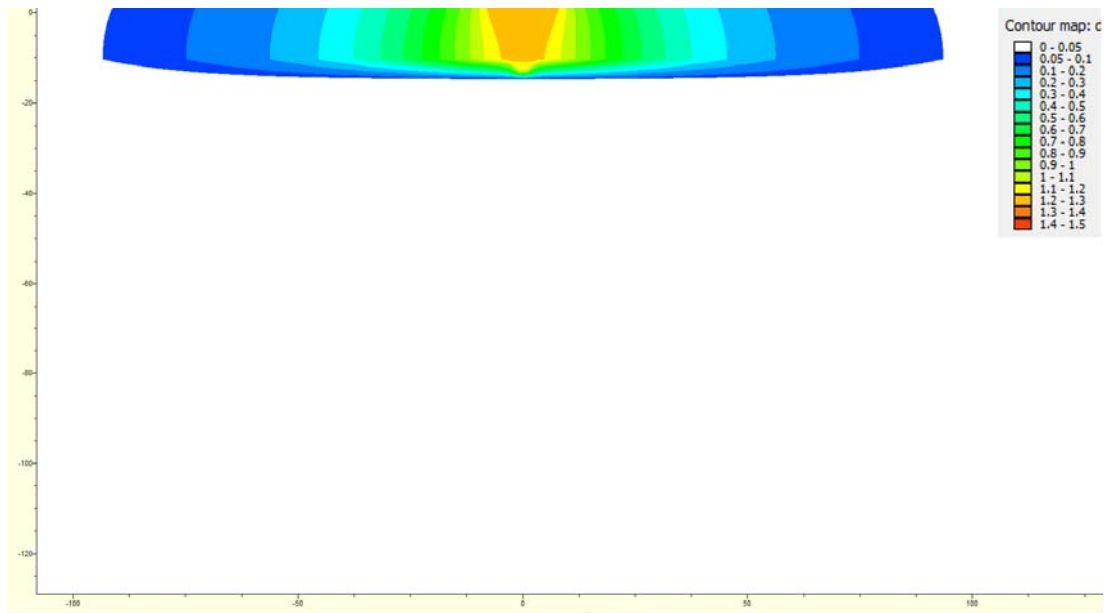
Dit traject ligt tussen de Bekadeweg en de Gorsweg en loopt langs de dijk richting de Haven van Dirksland. De omliggende polder heeft een zomerpeil van NAP -0,3 m en een winterpeil van NAP -0,5 m. De bodembreedte is ongeveer 2 meter met een talud richting maaiveld van 1:3. Op circa 50 meter van het kanaal is de dijk gelegen, met daarachter een niet-gedraineerd stuk land.



Figuur 7-5: Verandering van de stijghoogte op traject8

Traject9Profiel22

Dit traject ligt tussen de Bekadeweg en de Gorsweg en loopt langs de dijk richting de Haven van Dirksland. De omliggende polder heeft een zomerpeil van NAP -0,3 m en een winterpeil van NAP -0,5 m. De bodembreedte is ongeveer 2 meter met een talud richting maaiveld van 1:3. Op circa 50 meter van het kanaal is de dijk gelegen, met daarachter een niet-gedraineerd stuk land.



Figuur 7-6: Verandering van de stijghoogte op traject9

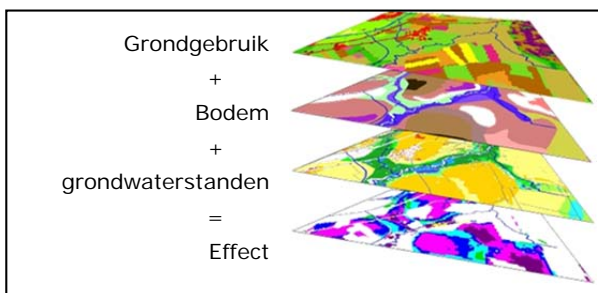
Bijlage 2

LET Landbouweffecten tool

LET LANDBOUW EFFECTEN TOOL

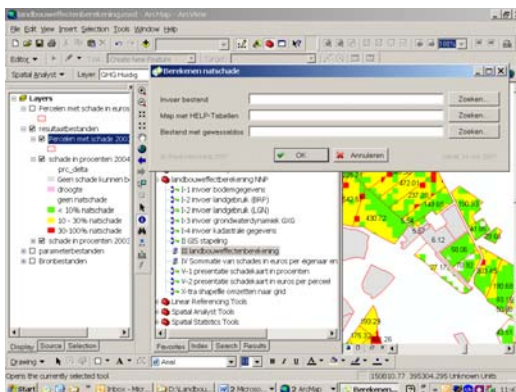
Overzichtelijke analyse tool voor effectbepaling van grondwaterdynamiek op de landbouw

Binnen de gebieden die zijn aangewezen als natte natuurparel in Noord Brabant wordt er gestreefd naar een grond- en oppervlaktewaterregime dat voldoet aan de gestelde eisen van de parel. Om deze hydrologische eisen te bereiken worden er vernattende maatregelen doorberekend in modelstudies. Deze maatregelen hebben effecten op de grondwaterstanden, ook buiten de grenzen van de natte natuurparel, zogeheten uitstralingseffecten. Juist deze effecten zijn belangrijk om door te vertalen naar optredende landbouwschades. 'Waternood' is een tool die daarin voorziet. 'Waternood' gaat uit van de helptabellen waarin per unieke combinatie van landgebruik, bodemtype en grondwater-dynamiek de opbrengstenderving is op te zoeken. Echter is deze tool beperkt in berekeningen van schade tot algemene landgebruiktypen en wordt er geen rekening gehouden met gewasroulatie. In opdracht van de Brabantse waterschappen heeft Royal Haskoning de tool 'LET' (Landbouweffecten tool) ontwikkeld om deze beperkingen weg te nemen.



Invoer is eveneens het grondgebruik, bodem en grondwaterdynamiek (GHG en GLG). Na berekening aan de hand van deze parameters wordt er een kaart gepresenteerd met de effecten in klassen (percentages) wordt per perceel de schade in euro's.

Deze tool heeft echter als voordeel een veel nauwkeuriger effect te kunnen berekenen. Dit doordat het mogelijk is het veel meer gedetailleerde grondgebruikbestand 'BRP' te gebruiken in plaats van het LGN-bestand. Ook wordt er rekening gehouden met gewas roulatie door de invoer van meerdere BRP-bestanden van voorgaande jaren. De tool is door de open structuur en gebruik van bekende standaard ARCGIS technieken bij de waterschappen veel gebruikersvriendelijker dan 'Waternood'. Hydrologen met een basis GIS-kennis kunnen snel en efficiënt met de tool uit de voeten.



Deze tool is ontwikkeld voor de berekening van effecten op de landbouw rondom natte natuurparels. Natuurlijk is de tool inzetbaar voor allerlei gebieden waar effecten optreden als gevolg van grondwater-dynamiek.

Contactpersoon:

Geert van Oorschoot

E: geert.vanoorschoot@rhdhv.com

T: 073 6874209, Fax 073 6120776

Bijlage 3

Afgeleide effecten wegen, percelen en gebouwen bij minimale grondwaterstandverhoging

Tabel 7-1 Verandering van de ontwateringsdiepte en beoordeling risico's ter plaatse van gebouwen en erven bij een minimale grondwaterstandverandering

Nr op kaart	Huidige drooglegging	Ontwaterings diepte		Woning(en)			Erf			Beoordeling risico
				Max verhoging	Toekomstige ontwaterings diepte		Max verhoging		Toekomstige ontwaterings diepte	
		max	min		max	min	max	min	max	
G1	200	175	165	5	165	155	10	165	155	-
G2	200	175	165	20	155	145	30	145	135	-
G3	150	125	115	0	125	115	5	120	110	-
G4.1	150	125	115	15	110	100	50	75	65	Erf
G4.2	150	125	115	10	115	105	100	25	15	Erf
G4.3	150	125	115	100	25	15	100	25	15	Gebouw+erf
G4.4	150	125	115	40	85	75	40	85	75	-
G4.5	150	125	115	15	110	100	20	105	95	-
G4.6	150	125	115	30	95	85	80	45	35	Erf
G4.7	150	125	115	10	115	105	15	110	100	-
G5	150	125	115	20	105	95	100	25	15	Erf
G6	500	475	465	5	470	460	50	425	415	-

Tabel 7-2 Verandering van de ontwateringsdiepte en beoordeling risico's ter plaatsen van wegen bij een maximale grondwaterstandsverandering

Nr op kaart	Huidige drooglegging	Ontwaterings diepte		Max verhoging	Toekomstige ontwaterings diepte		Beoordeling risico
		max	min		max	min	
W1	250	235	225	110	125	115	
W2	200	185	175	10	175	165	
W3	500	485	475	110	375	365	
W4	500	485	475	110	375	365	
W5	350	335	325	5	330	320	
W6	190	175	165	5	170	160	
W7	200	185	175	100	85	75	
W8	210	195	185	100	95	85	
W9	180	165	155	30	135	125	
W10	500	485	475	100	385	375	
W11	250	235	225	50	185	175	
W12	250	235	225	50	185	175	

Bijlage 4

Overzicht maatregelen en kosten

Kostenoverzicht maatregelen

Alle onderstaande prijzen zijn exclusief staartkosten (20%) – dus alleen de aanlegkosten. Daarnaast zijn de prijzen exclusief projectonvoorzien kosten (20 %).

Voorkomen van het opvriezen van wegen

Mogelijke maatregelen:

- Aanleg langsdrain in wegberm (circa € 27,00 /m¹ inclusief drain)
 - Graven sleuf € 3,00/m¹
 - Aanleg lange drain ø160 mm met PP omhulling (incl. aansluiting op watergang) €18,00/ m¹ inclusief drain
 - Dempen sleuf inclusief leveren drainagezand € 6,00 / m¹
- Ophogen weg: niet kosteneffectief
- Vervangen gronden door vorstongevoelig materiaal: niet kosteneffectief

Voorkomen schade aan kabels & leidingen

Mogelijke maatregelen:

- Aanleg langsdrain in wegberm (circa € 27,00 /m¹ inclusief drain)
 - Graven sleuf € 3,00/m¹
 - Aanleg lange drain ø160 mm met PP omhulling (incl. aansluiting op watergang) €18,00/ m¹ inclusief drain
 - Dempen sleuf inclusief leveren drainagezand € 6,00 / m¹
- Ophogen weg: niet kosteneffectief
- Vervangen gronden door vorstongevoelig materiaal: niet kosteneffectief

Voorkomen schade aan bebouwing

Mogelijke maatregelen:

- Aanpassingen aan HWA
 - Graven van een greppel rondom de woning / onder afschot leggen van het maaiveld rondom de woning € 5,00 / m¹
 - Aanleggen van ringdrainage (inclusief grindkoffer en folie) rondom de woning € 42,00 / m¹ inclusief drain
 - Draineren van perceel rondom woning (incl. eventuele aanpassingen aan bestrating en herplanten tuin) € 2500,00 per woning
- Het treffen van bouwtechnische maatregelen, gedacht kan worden aan het dampdicht maken van de begane grondvloer, aanbrengen van een waterdichte laag in bouwmuren, waterdicht maken van kelders en het verhogen van de kruipruimtebodemp, drainage aanbrengen in kruipruimte (eventueel in combinatie met schelpenlaag): de kosteneffectiviteit van voorgenoemde maatregelen is alleen te bepalen op basis van bouwkundige opname
- Verleggen / ophalen (incl. eventueel aanpassen) van huisaansluiting riolering € 20,00 / m¹
- Verleggen / ophalen (incl. eventueel aanpassen) van huisaansluitingen gas, electra en water € 40,00 / m¹
- Kosten pomp met capaciteit circa 10 m³/dag
 - 5000 euro investering (pomp/ kast/schakelmechanisme/drukleiding naar watergang)
 - 5 euro / dag elektriciteitskosten
 - 1000 euro/ jaar onderhoudskosten (per onderhoudsronde eventueel meerdere pompen)

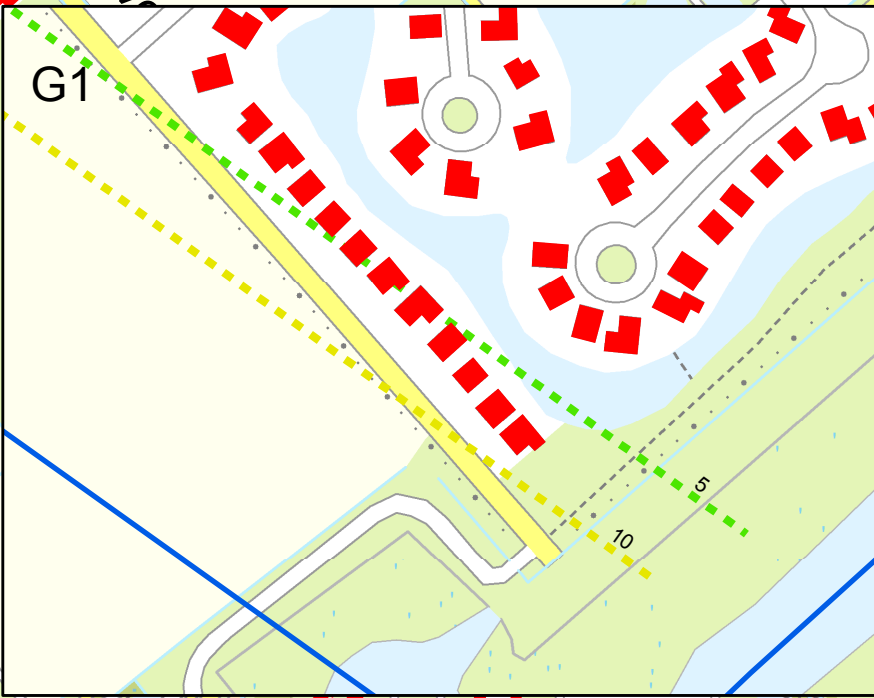
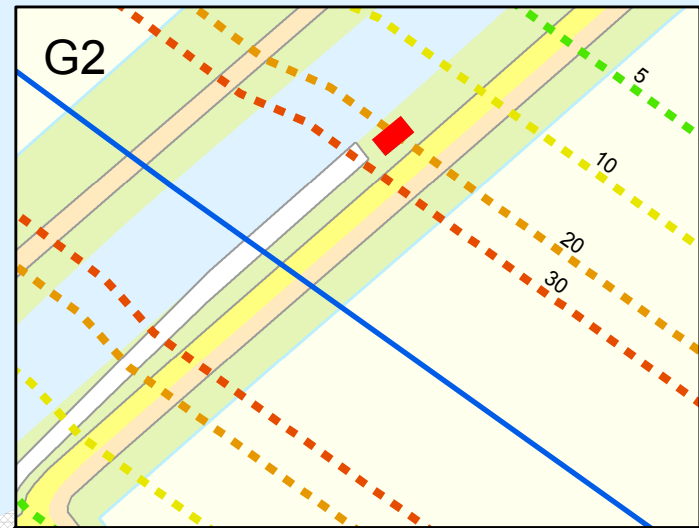
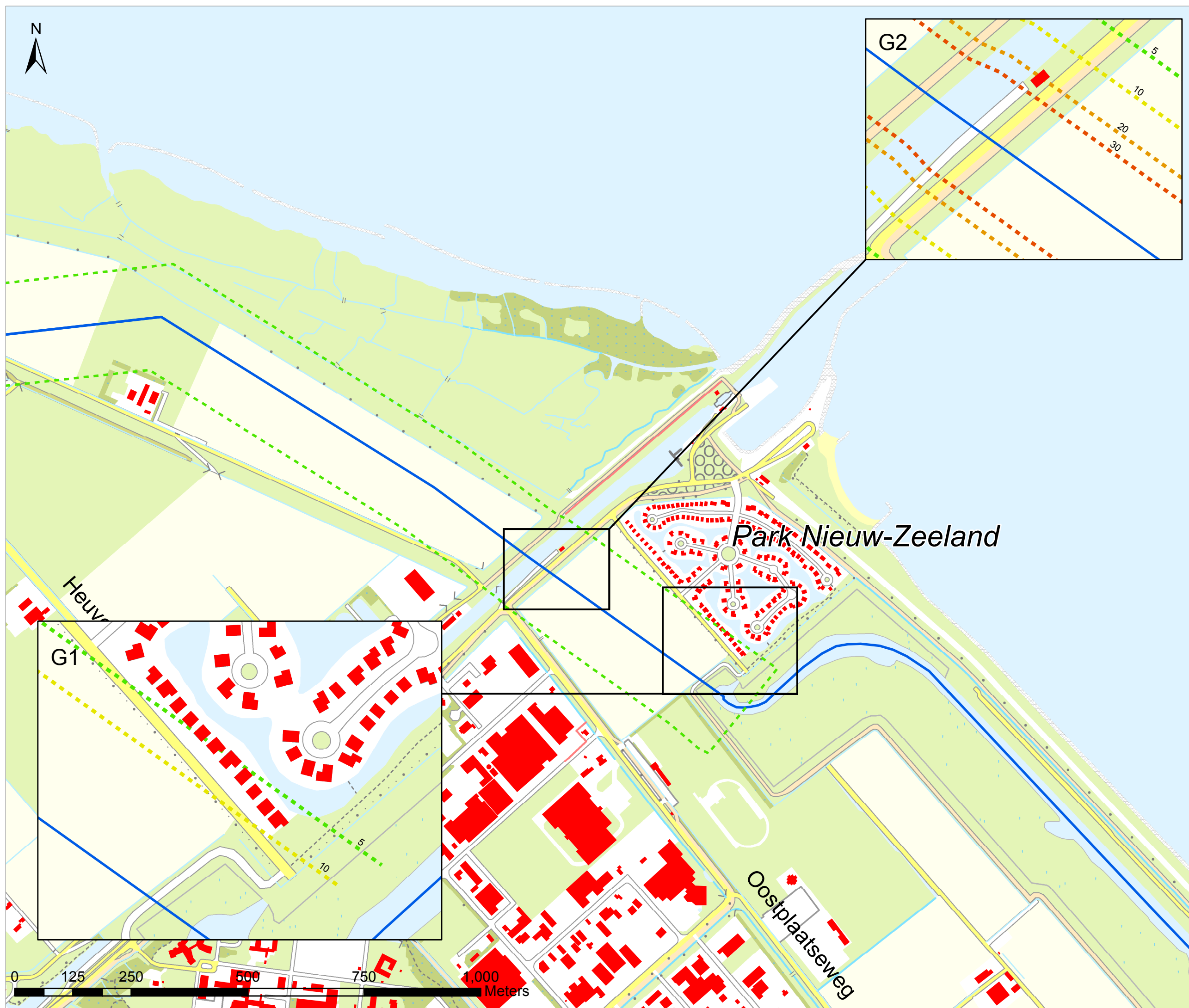
N.B. Het toepassen van een grondverbetering in het talud van het aanvoerkanaal kan worden gezien als generiek toe te passen maatregel om de effecten van de peilstijging op infrastructuur, K&L en bebouwing tegen te gaan (probleem oplossen bij de bron):

- Ontgraven grond uit talud (en bodem) watergang (uitgangspunt 5 m³/ m¹): € 10 / m¹
- Vervoeren + verwerken grond < 25 km (uitgangspunt punt 5 m³ /m¹): € 20 / m¹
- Ontgraven klei uit gebied voor inkassing (uitgangspunt 5 m³ /m¹): € 10 / m¹
- Interne vervoerspost, vervoeren < 5 km (uitgangspunt punt 5 m³ /m¹): € 12,50 / m¹
- Verwerken en verdichten klei in talud (en bodem) watergang (uitgangspunt 5 m³ / m¹): € 5,00/ m¹

Aansluiten huidige drainage

- Aanleg langsdrain in wegberm (circa € 27,00 /m¹)
 - Graven sleuf € 3,00/m¹
 - Aanleg lange drain ø160 mm met PP omhulling (incl. aansluiting op watergang) €18,00/ m¹
 - Dempen sleuf inclusief leveren drainagezand € 6,00 / m¹
- Aanleg watergang (circa € 151,50 /m¹ exclusief aankoop grond)
 - Graven watergang € 48,00/m¹
 - Vervoeren en storten grond € 90,00/ m¹
 - Inzaaien talud € 2,50 / m¹
 - Bereikbaarheid € 11,00 / m¹
 - Aankoop akkerland circa € 3,00 – 5,00/ m²

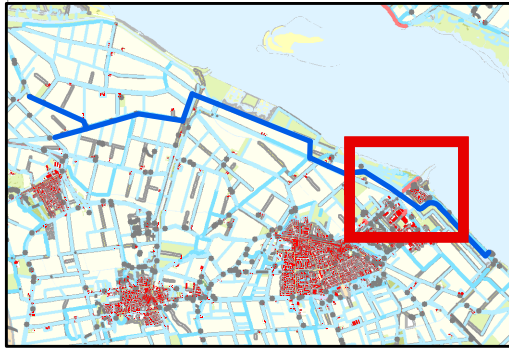
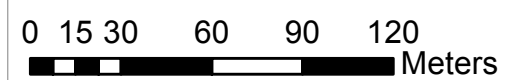
Kaarten



Legenda

-  Trace kanaal
-  5 cm invloedsgebied
-  Gebouwen
-  Maatregelen

Inzetten:
 Locaties met mogelijk
 overlast gebouw/erf
 Schaal: 1:2500



Titel
 Inventarisatie en maatregelen gebouwen
 Goeree-Overflakkee
 Deel1

Project
 BC5934 Onderzoek effecten peilopzet
 Kierbesluit (CMK) op Goeree-Overflakkee

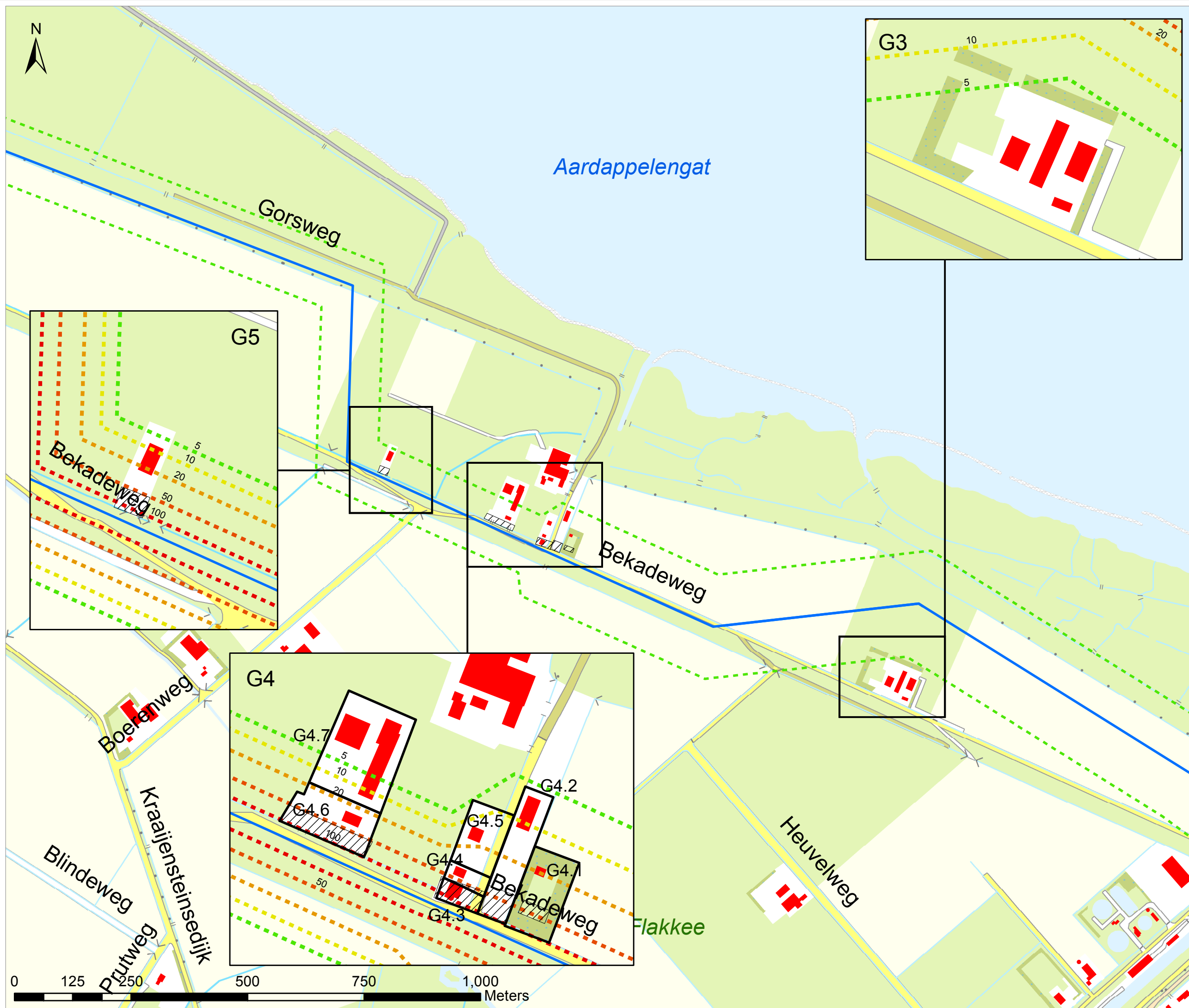
Opdrachtgever
 WSHD

<i>Datum</i>	<i>Schaal</i>
28/10/2013	1:7500

Figuur
 GO-1

<i>Gecontroleerd door</i>	<i>Getekend door</i>
Ir. I.K. Jensen	J.H. Boleij, MSc.

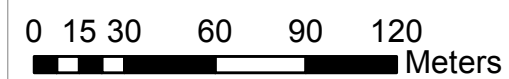




Legenda

- Trace kanaal
- 5 cm invloedsgebied
- Gebouwen
- Maatregelen

Inzetten:
 Locaties met mogelijk
 overlast gebouw/erf
 Schaal: 1:2500



Titel
 Inventarisatie en maatregelen gebouwen
 Goeree-Overflakkee
 Deel 2

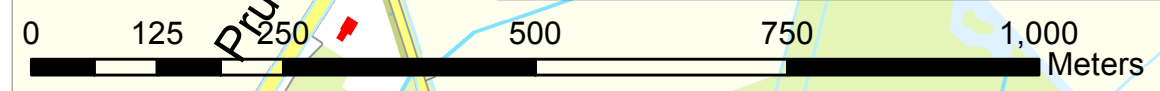
Project
 BC5934 Onderzoek effecten peilstijging
 Kierbesluit (CMK) op Goeree-Overflakkee

Opdrachtgever
 WSHD

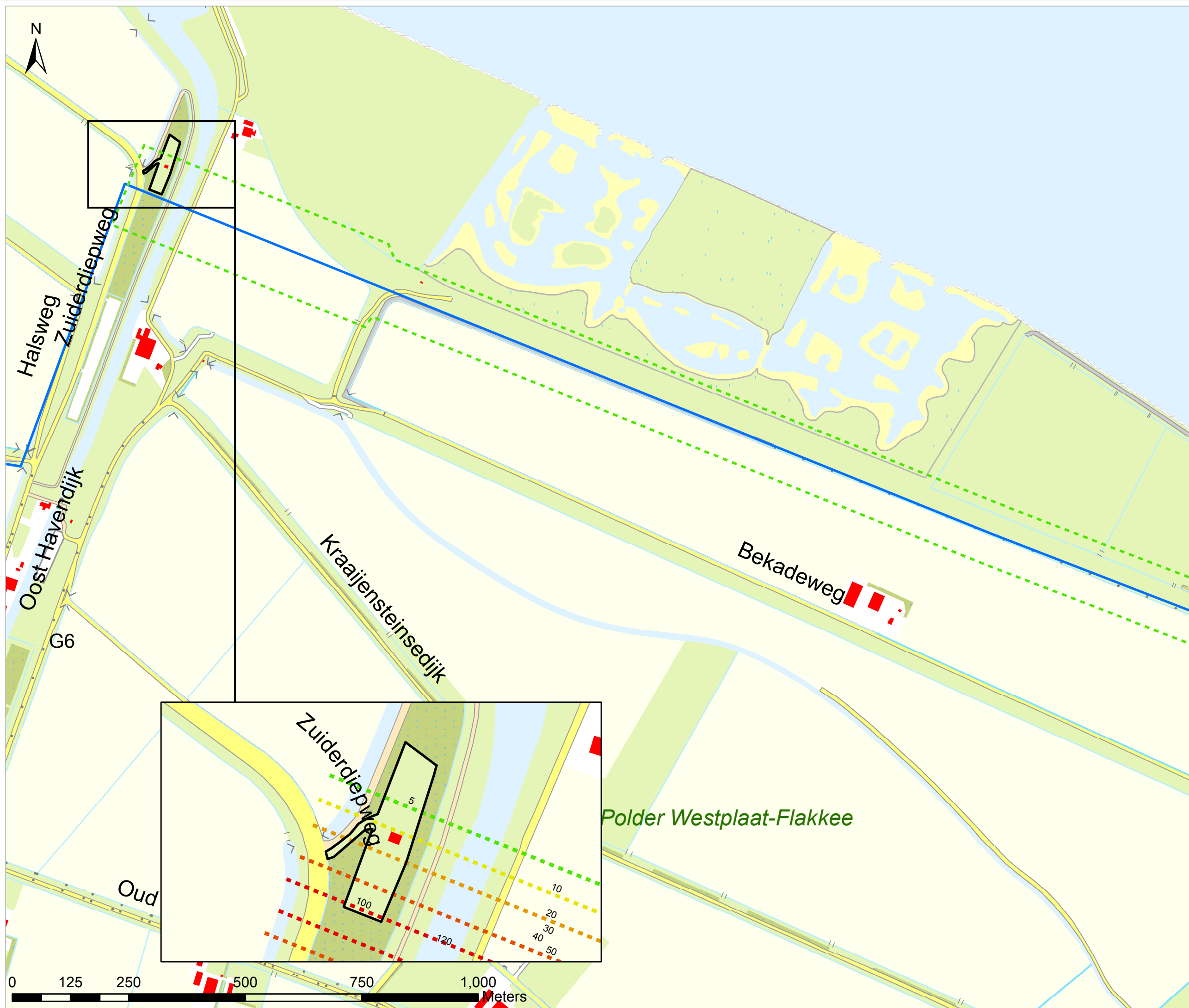
<i>Datum</i>	<i>Schaal</i>
28/10/2013	1:7500

Figuur
 GO-2



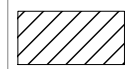
<i>Gecontroleerd door</i>	<i>Getekend door</i>
Ir. I.K. Jensen	J.H. Boleij, MSc.



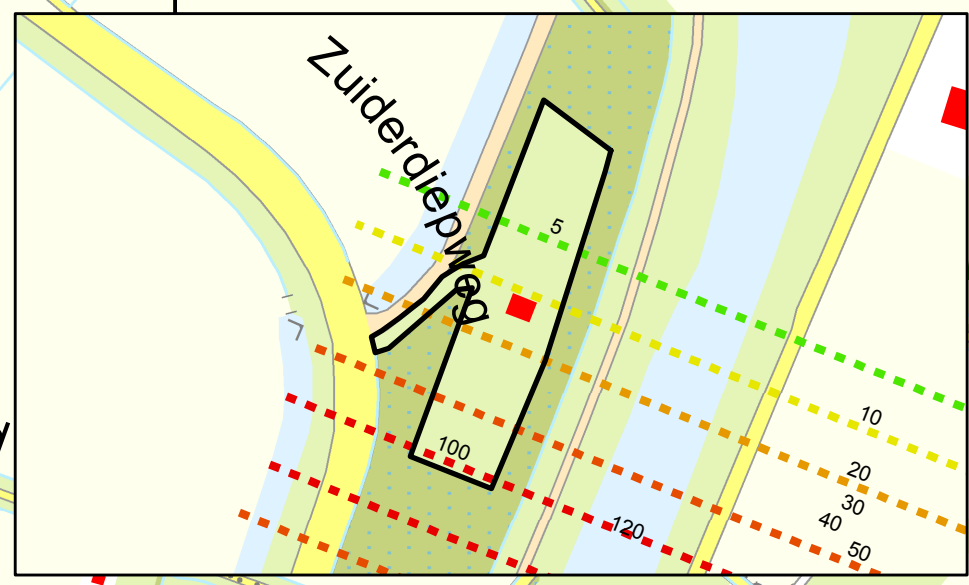
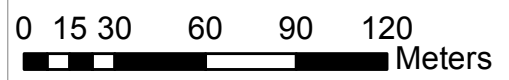
Padr.: I:\BC5934\Technical_Data\GIS\001\Projects\GO\GO2_InventarisatieGebouwen_deel2.mxd



Legenda

-  Trace kanaal
-  5 cm invloedsgebied
-  Gebouwen
-  Maatregelen

Inzetten:
 Locaties met mogelijk
 overlast gebouw/erf
 Schaal: 1:2500



Titel
 Inventarisatie en maatregelen gebouwen
 Goeree-Overflakkee
 Deel 3

Project
 BC5934 Onderzoek effecten peilopzet
 Kierbesluit (CMK) op Goeree-Overflakkee

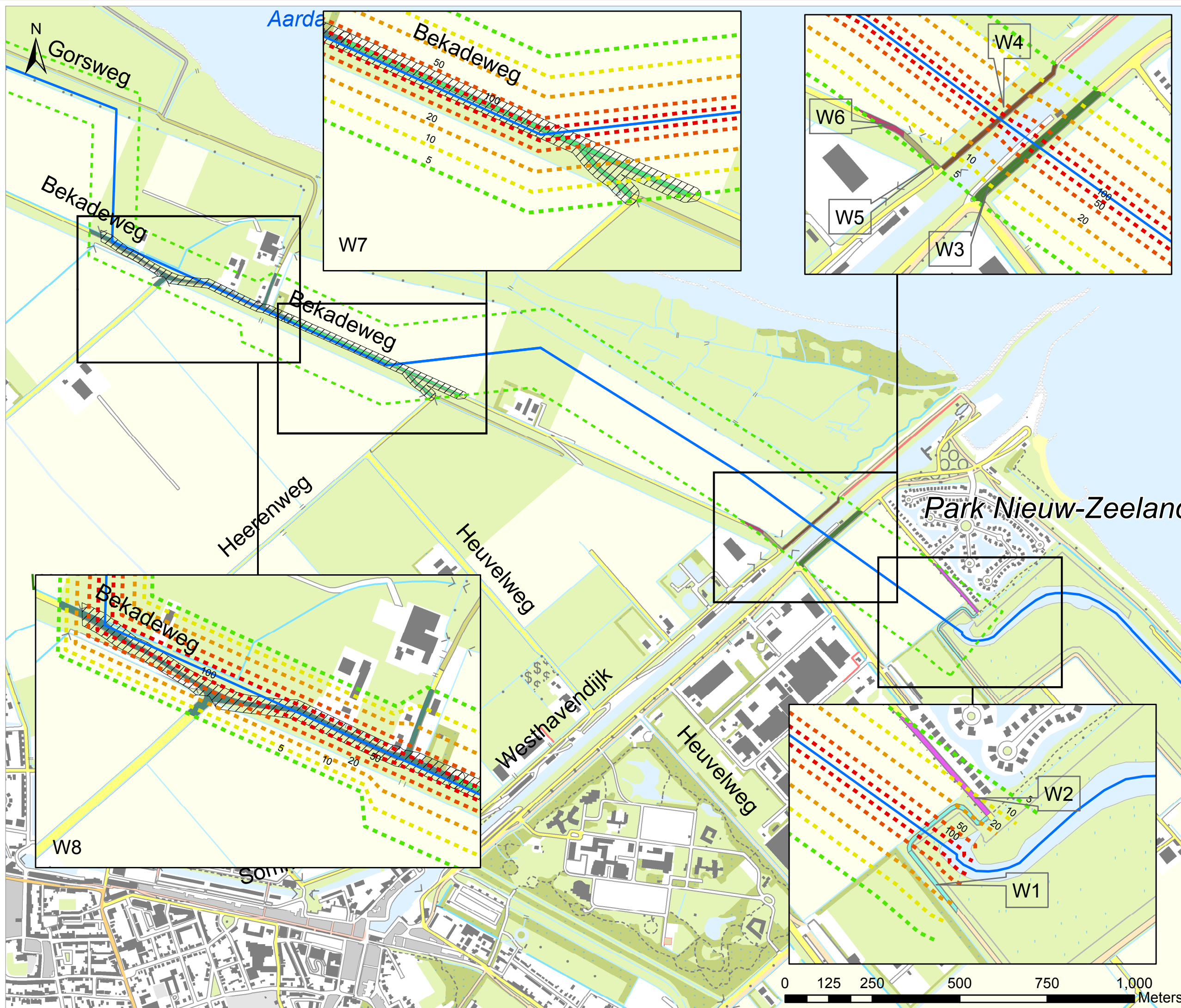
Opdrachtgever
 WSHD

<i>Datum</i>	<i>Schaal</i>
28/10/2013	1:2500

Figuur
 GO-3

<i>Gecontroleerd door</i>	<i>Getekend door</i>
Ir. I.K. Jensen	J.H. Boleij, MSc.





Legenda

- Trace kanaal
- 5 cm invloedsgebied

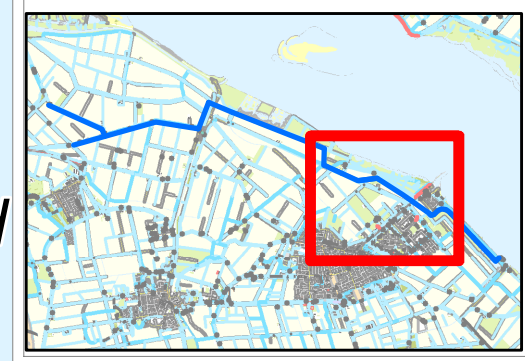
Wegen binnen 5 cm invloedsgebied

- W1
- W2
- W3
- W4
- W5
- W6
- W7
- W8

Maatregelen

Inzetten:
Locaties met mogelijk gevolgen op wegen
Schaal: 1:5000

0 30 60 120 180 240 Meters



Titel
Inventarisatie en maatregelen wegen Goeree-Overflakkee Deel 1

Project
BC5934 Onderzoek effecten peilstijging Kierbesluit (CMK) op Goeree-Overflakkee

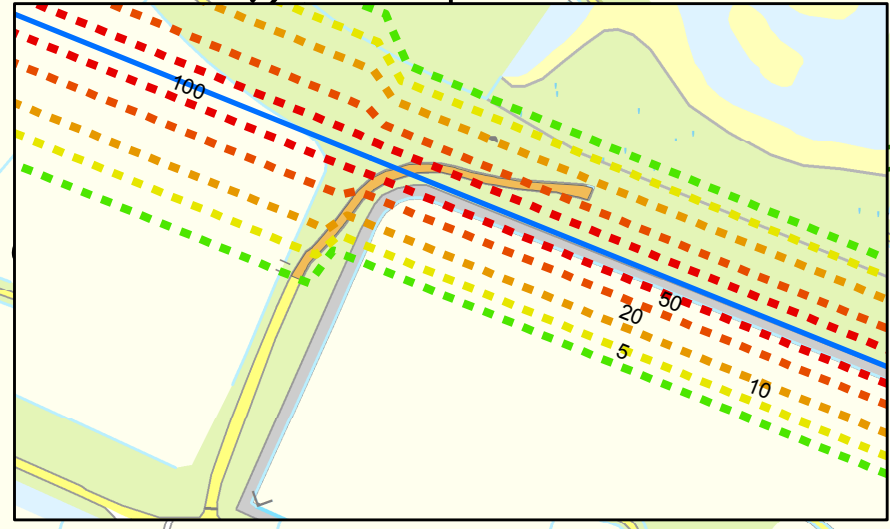
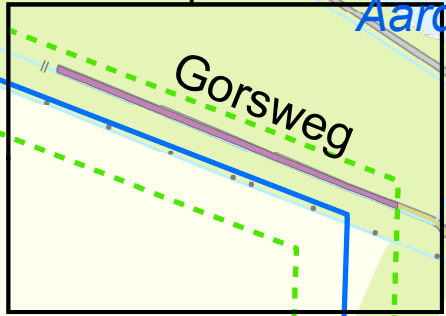
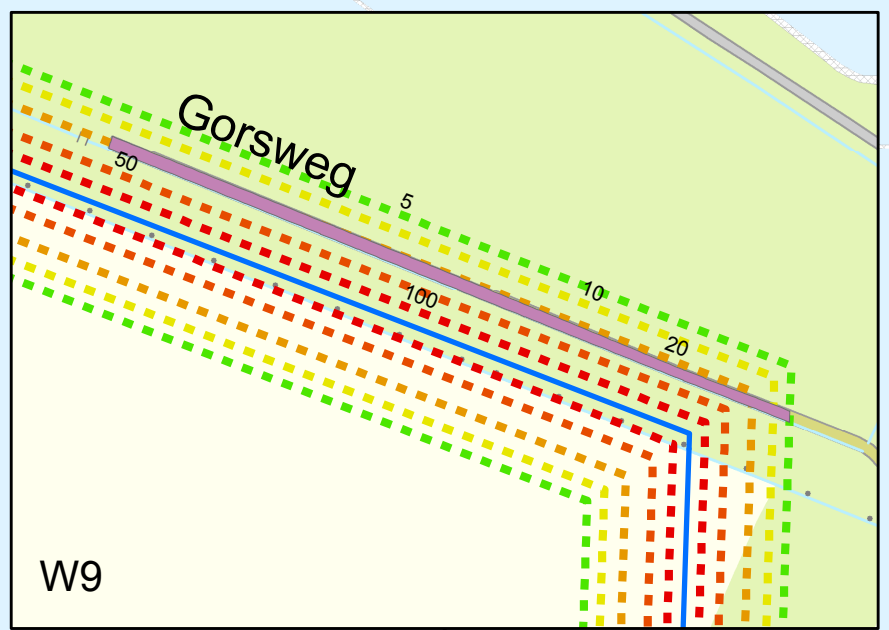
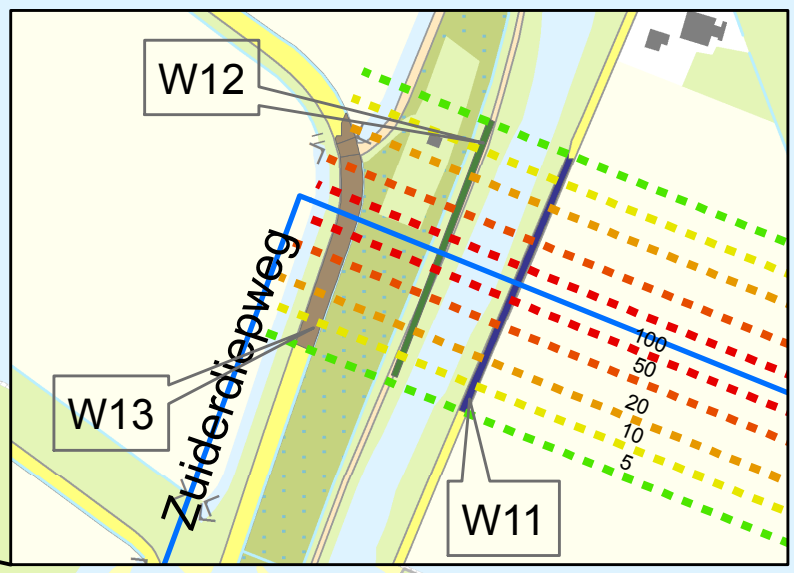
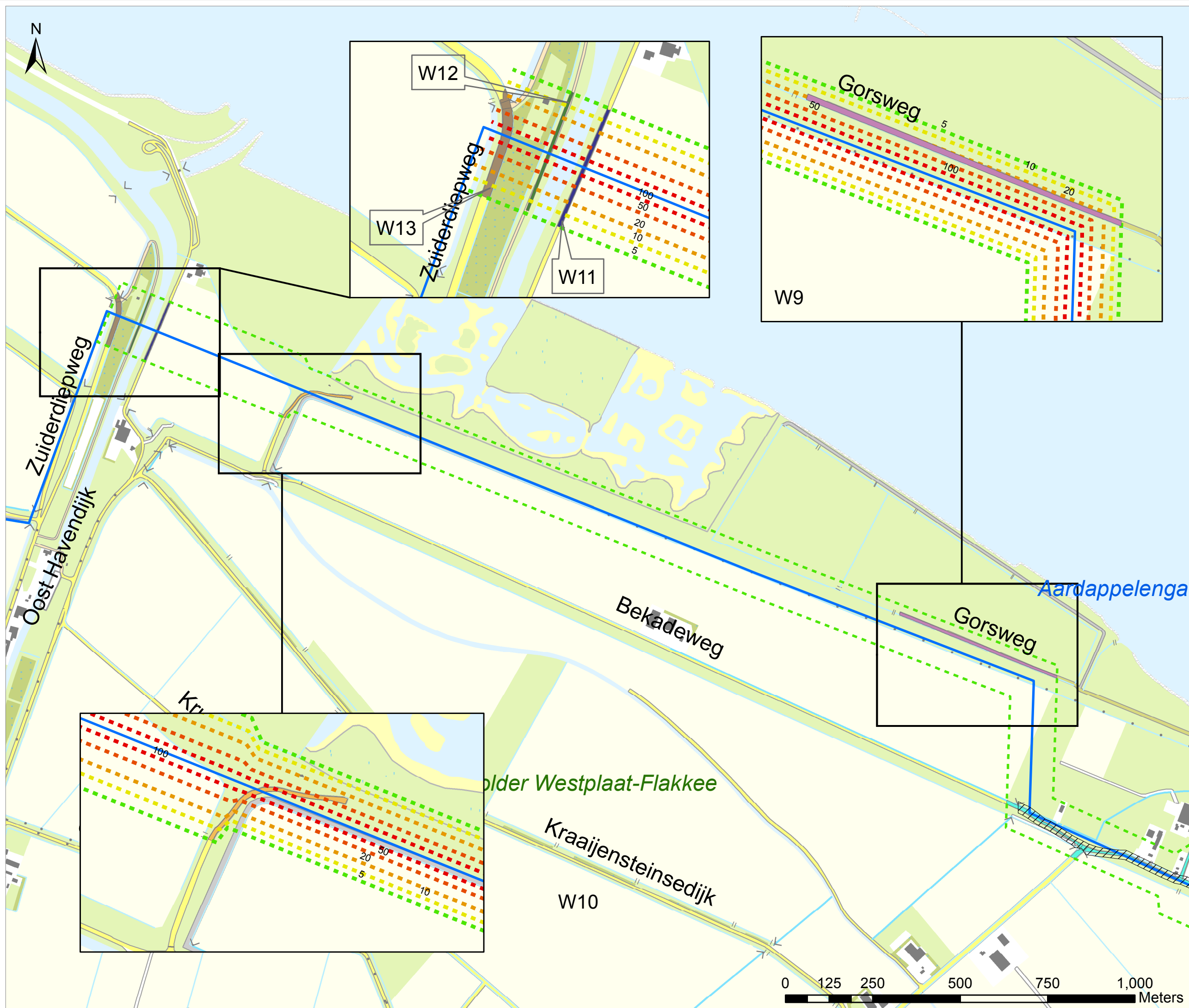
Opdrachtgever
WSHD

<i>Datum</i> 28/10/2013	<i>Schaal</i> 1:10000
----------------------------	--------------------------

Figuur
GO-4

<i>Gecontroleerd door</i> Ir. I.K. Jensen	<i>Getekend door</i> J.H. Boleij, MSc.
--	---





Legenda

- Trace kanaal
- 5 cm invloedsgebied

Wegen binnen 5 cm invloedsgebied

- W8
- W9
- W10
- W11
- W12
- W13
- Maatregelen

Inzetten:
Locaties met mogelijk gevolgen op wegen
Schaal: 1:5000

0 30 60 120 180 240 Meters



Titel
Inventarisatie en maatregelen wegen Goeree-Overflakkee Deel 2

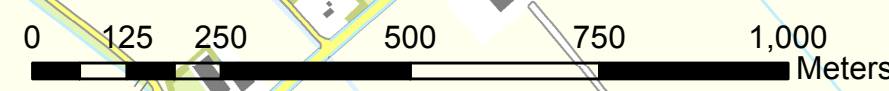
Project
BC5934 Onderzoek effecten peilstijging Kierbesluit (CMK) op Goeree-Overflakkee

Opdrachtgever
WSHD

<i>Datum</i> 28/10/2013	<i>Schaal</i> 1:10000
----------------------------	--------------------------

Figuur
GO-5

<i>Gecontroleerd door</i> Ir. I.K. Jensen	<i>Getekend door</i> J.H. Boleij, MSc.
--	---



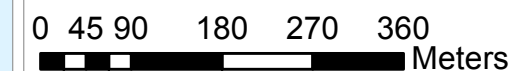
Padr.: I:\BC5934\Technical_Data\GIS001\Projects\GO\GO5_InventarisatieWegen_deel2.mxd



Legenda

-  Trace kanaal
-  5 cm invloedsgebied
-  Gasleiding
-  Maatregelen

Inzetten:
 Locaties met mogelijk
 gevolgen op gasleiding
 Schaal: 1:7500



Titel
 Inventarisatie en maatregelen
 gasleiding Gasunie Goeree-Overflakkee

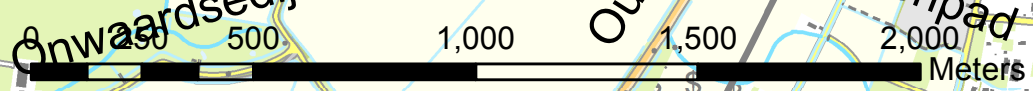
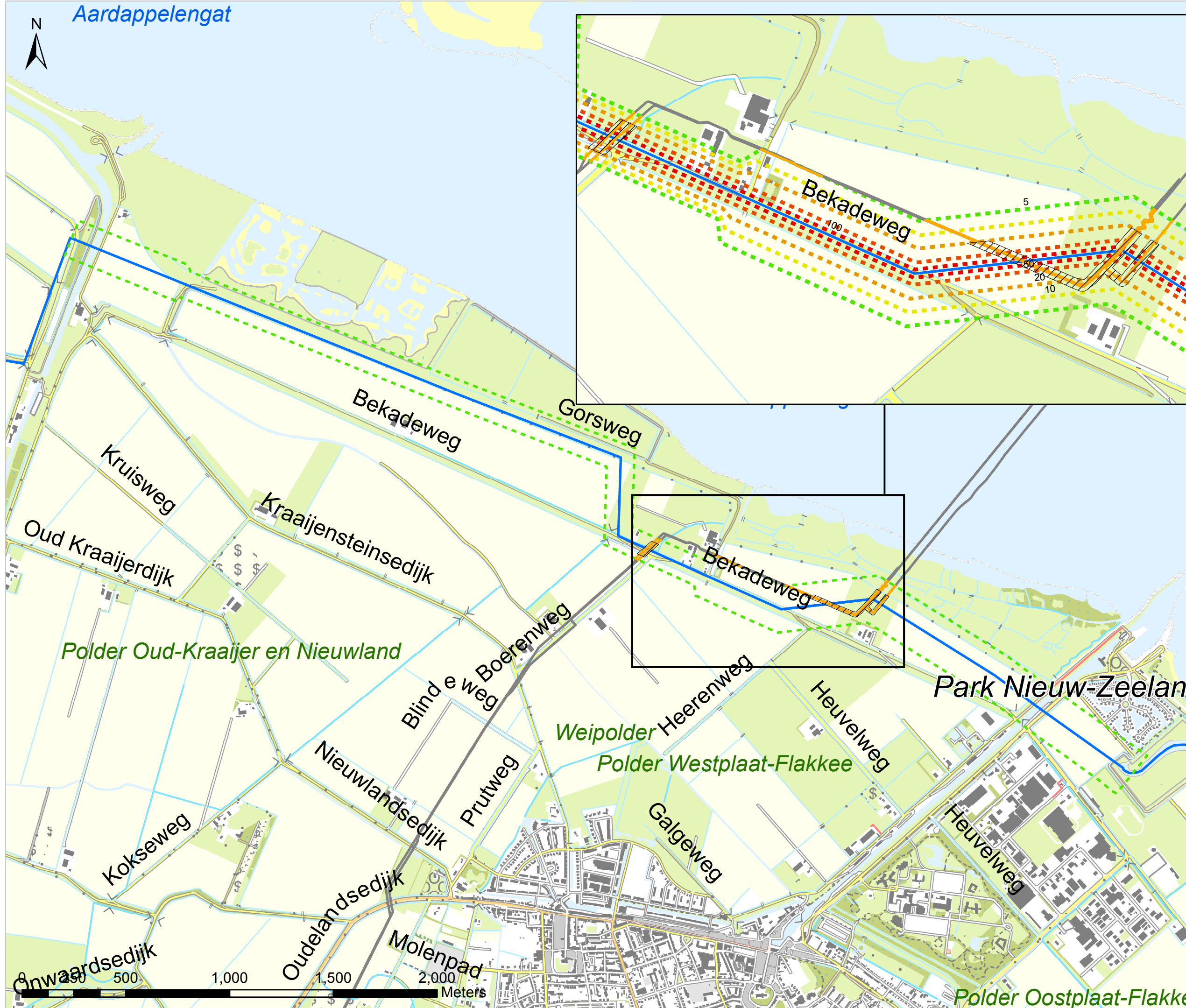
Project
 BC5934 Onderzoek effecten peilstijging
 Kierbesluit (CMK) op Goeree-Overflakkee

Opdrachtgever
 WSHD

Datum	Schaal
28/10/2013	1:17000

Figuur
 GO-6

Gecontroleerd door	Getekend door
Ir. I.K. Jensen	J.H. Boleij, MSc.



Pad: I:\BC5934\Technical_Data\GIS001\Projects\GO\GO6_InventarisatieK_L_deel1.mxd