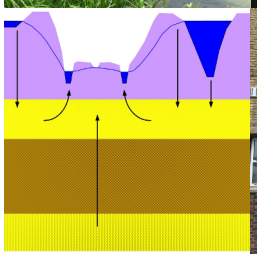
Witteveen + Bos

Wetterskip Fryslân

Vervolg fase 2-onderzoek bodem-daling Dongeradeel

effecten en maatregelen



Wetterskip Fryslân

Vervolg fase 2-onderzoek bodem-daling Dongeradeel

effecten en maatregelen

referentie	projectcode	status
LW289-109/15-018.218	LW289-109	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
ir. E.S.J. van Tuinen	drs. M.J. Schilt	5 november 2015

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir. E.S.J. van Tuinen	

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

Postbus 233

7400 AE Deventer

0570 69 79 11

www.witteveenbos.nl

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm, hetzij elektronisch, mechanisch dan wel met digitale technieken door fotokopieën, opnamen, internet of op enige andere wijze zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE **blz.**

1. INLEIDING **1**
1.1. Aanleiding en doel 1
1.2. Leeswijzer 1

2. GEBIEDSBESCHRIJVING EN UITGANGSPUNTEN **3**
2.1. Gebiedsbeschrijving 3
2.2. Prognose bodemdaling 2050 3
2.3. Algemene uitgangspunten 4
2.4. Drooglegging en ontwatering 5

3. EFFECTEN WATERBERGING **7**
3.1. Effect op waterberging 7
3.2. Effect op inundatiekansen 7

4. VERNATTING, VERDROGING, DOELREALISATIE EN VERZILTING **9**
4.1. Vernatting, verdroging en doelrealisatie landbouw 9
4.1.1. Modelinstrumentarium 9
4.1.2. Grondwaterstanden 9
4.1.3. Doelrealisatie 10
4.2. Effecten op verzilting 10
4.2.1. Huidige chloridegehaltes grond- en oppervlaktewater 10
4.2.2. Kwel en wegzijging 12
4.2.3. Verandering kwel en wegzijging 14
4.2.4. Verzilting 15
4.2.5. Regenwaterlenzen en hangwater onverzadigde zone 15
4.2.6. Conclusies en onzekerheden 16

5. EFFECTEN VOOR KUNSTWERKEN EN KADEN **19**
5.1. Algemeen 19
5.2. Geselecteerde waterhuishoudkundige objecten 19
5.3. Effecten 19
5.3.1. Gemalen 19
5.3.2. Vaste stuwen 21
5.3.3. Beweegbare stuwen 22
5.3.4. Inlaten 22
5.3.5. Peilregulerende duikers 23
5.3.6. Duikers 24
5.3.7. Syphons 24
5.3.8. Bruggen 25
5.3.9. Oeverbeschoeiing 25
5.3.10. Kaden 27
5.4. Conclusies effecten 2050, bij handhaving peilen t.o.v. NAP 28

6. COMPENSATIE BODEMDALING ZONDER PEILVERLAGING **31**
6.1. Inleiding 31
6.2. Vergroten waterberging 31
6.2.1. Beschrijving maatregel 31
6.2.2. Effecten 31
6.3. Vergroten gemaalcapaciteit 32
6.3.1. Beschrijving maatregel 32
6.3.2. Effecten 32

6.4. Samenvatting effecten typen maatregelen 33

7. MAATREGELENPAKKET 1: ACCENT OP BERGING 35
7.1. Algemeen 35
7.2. Afweging maatregelen op basis van doelrealisatie en verzilting 35
7.3. Werkwijze afweging 37
7.4. Maatregelen 38
7.4.1. Algemeen 38
7.4.2. Aanleg nieuwe open waterberging 38
7.4.3. Capaciteit gemaal Dongerdielen 39
7.4.4. Kunstwerken, kaden en oeverbeschoeiingen 40
7.4.5. Peilgebied DO-13 40
7.4.6. Peilgebied DO-3 41
7.4.7. Verder uit te werken in fase 3 42
7.5. Effecten op kwel en verzilting 42
7.6. Mogelijkheden voor compensatie toename zoute kwel 43
7.7. Uitgangspunten voor fasering van de maatregelen 43
7.8. Kostenraming Maatregelenpakket 1 44
7.8.1. Algemeen 44
7.8.2. Gebruikte eenheidsprijzen en uitgangspunten 44
7.8.3. Kostenraming nieuwe open waterberging 45
7.8.4. Twee nieuwe peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk 46
7.8.5. Overige kunstwerken 47
7.8.6. Gemalen De Kolk en Tibster Ryd 47
7.8.7. Kaden en oevers 48
7.8.8. Samenvatting kostenraming 52
7.8.9. Mogelijkheden voor doelmatige maar soberder uitvoering maatregelen 52

8. MAATREGELENPAKKET 2: BERGING EN PEILAANPASSING 55
8.1. Algemeen, uitgangspunten 55
8.2. Beschrijving maatregelenpakket 55
8.3. Extra zoute kwel en mogelijkheden voor compensatie 56
8.4. Effecten voor de kostenraming 56

9. MAATREGELENPAKKET 3: PEIL VOLGT BODEMDALING 59
9.1. Algemeen, uitgangspunten 59
9.2. Beschrijving maatregelenpakket 59
9.3. Effecten op grondwaterstanden en doelrealisatie 60
9.4. Effecten op kwel 60
9.5. Effecten op verzilting 61
9.6. Mogelijkheden voor compensatie van toename verzilting 64
9.7. Effecten voor de kostenraming 65

10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 67
10.1. Conclusies 67
10.1.1. Algemeen 67
10.1.2. Waterberging en kans op inundatie 67
10.1.3. Grondwaterstanden en doelrealisatie 67
10.1.4. Kwel en verzilting 68
10.1.5. Modelonzekerheden 68
10.1.6. Effecten hoofdtypen maatregelen 69
10.1.7. Maatregelenpakketten 70

10.1.8. Mogelijkheden soberder maar doelmatige uitvoering maatregelen 71
10.1.9. Verzilting binnen peilgebieden 71
10.2. Aanbevelingen 72

11. REFERENTIES **75**

laatste bladzijde **76**

BIJLAGEN		**aantal blz.**
I	Kaartbijlage algemeen	3
	1. Prognose bodemdaling 2050 inclusief marge	
	2. Begrenzing peilgebieden	
	3. Hoogteligging 2010 (AHN2)	
II	Waterberging	5
	1. Kaart Drooglegging in referentiesituatie (2010)	
	2. Kaart Drooglegging na bodemdaling (2050)	
	3. Tabel Afname aan bergingscapaciteit	
	4. Tabel Analyse inundatiekansen	
	5. Kaart inundatiekansen	
III	Vernatting, verdroging en doelrealisatie	11
	1. Kaart GHG in situatie zonder bodemdaling (1987)	
	2. Kaart GLG in situatie zonder bodemdaling (1987)	
	3. Kaart Verandering GHG door bodemdaling (2050)	
	4. Kaart Verandering GLG door bodemdaling (2050)	
	5. Kaart Doelrealisatie in situatie zonder bodemdaling (1987)	
	6. Kaart Natschade in een situatie zonder bodemdaling (1987)	
	7. Kaart Droogteschade in een situatie zonder bodemdaling (1987)	
	8. Kaart Verandering doelrealisatie landbouw door bodemdaling (2050)	
	9. Tabel doelrealisatie per peilgebied (1987 en 2050)	
	10. Kaart Kwel en wegzijging in situatie zonder bodemdaling (1987)	
	11. Kaart Verandering kwel en wegzijging door bodemdaling (2050), bij handhaving van de huidige peilen ten opzichte van NAP	
IV	Effecten voor kaden en kunstwerken	12
	1. Kaart Effect op gemalen	
	2. Kaart Effect op vaste stuwen	
	3. Kaart Effect op beweegbare stuwen	
	4. Kaart Effect op inlaten	
	5. Kaart Effect op peilregulerende duikers	
	6. Kaart Effect op duikers	
	7. Kaart Effect op syphons	
	8. Kaart Effect op bruggen	
	9. Kaart Effect op oeverbeschoeiing	
	10. Kaart DAM toetsing kaden	
	11. Kaart Effect op kaden	
V	Grondwatermodellering	2
VI	Kaart Maatregelenpakket 1: accent op berging	1
VII	Tabel toelichting per peilgebied Maatregelenpakket 1	2
VIII	Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing	9
IX	Maatregelenpakket 3: peil volgt maaivelddaling	11
	1. Kaart maatregelenpakket	
	2. Tabel toelichting maatregelenpakket per peilgebied	
	3. Kaart Verandering GHG (2050)	
	4. Kaart Verandering GLG (2050)	

5. Kaart Verandering doelrealisatie landbouw (2050)
6. Tabel doelrealisatie per peilgebied (1987 en 2050)
7. Kaart kwel en wegzijging (2050)
8. Kaart verandering kwel en wegzijging (2050)
9. Kaart afwateringsgebieden nieuwe gemalen
10. Kostenraming nieuwe gemalen en afdammen sloten

X	Effecten verzilting	9
	1. Kaart chloridebelasting referentiesituatie 1987	
	2. Kaart landgebruik	
	3. Kaart toename chloridebelasting 2050 zonder peilverlaging t.o.v. 1987	
	4. Kaart toename chloridebelasting Maatregelenpakket 1 t.o.v. 2050	
	5. Kaart toename chloridebelasting Peil volgt bodemdaling t.o.v. 2050	
	6. Tabel toename kwel en zoutbelasting per scenario per peilgebied	
	7. Kaart kans op negatief effect door toename zoute kwel	
XI	Principetekening kadeophoging	1
XII	Kostenraming 2 nieuwe peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk	2
XIII	Samenstelling begeleidingsgroep	1

Bron foto's voorkant: Wetterskip Fryslân en Witteveen+Bos.

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding en doel

In het gebied Dongeradeel vindt bodemdaling plaats als gevolg van gaswinning door de NAM. In 2006 is een fase 1-onderzoek bodemdaling uitgevoerd, waarin de (te verwachten) problemen als gevolg van deze bodemdaling en mogelijk oplossingen in kaart zijn gebracht. In de periode 2008-2011 heeft een fase 2-onderzoek bodemdaling plaatsgevonden, waarin een aantal mogelijkheden om de effecten van bodemdaling te compenseren verder zijn uitgewerkt. Het betreffende onderzoek bestaat uit verschillende onderdelen.

In september 2013 is de notitie Aanvullend onderzoek waterberging Dongeradeel van DLG verschenen. Zowel de NAM als Wetterskip Fryslân hebben de conclusies van dit onderzoek onderschreven. Daarmee is het verlies aan waterberging als gevolg van bodemdaling door gaswinning voor het bodemdalingsgebied als geheel in kaart gebracht.

Voor de reeds opgetreden bodemdaling, tot 2010, is voorzien in het vergroten van de capaciteit van gemaal Dongerdielen (nabij Ezumazijl) met 300 m^3/minuut. Voor de periode 2010-2050 is verder onderzoek nodig naar de inrichting van een duurzaam en robuust watersysteem Dongeradeel.

Begin 2012 heeft de NAM aangekondigd de gaswinning op de locatie Nes te intensiveren en een nieuwe winningslocatie in gebruik te nemen bij Ee/Metslawier. Tegelijkertijd zijn nieuwe prognoses (inclusief marge) verschenen voor de bodemdaling tot 2050. Dit is aanleiding een vervolg op het fase 2-onderzoek bodemdaling uit te voeren.

1.2. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beknopte gebiedsbeschrijving gegeven, en worden de uitgangspunten beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de effecten van de bodemdaling in de periode 2010-2050 op de waterberging in de autonome situatie, zonder peilverlagingen.

Hoofdstuk 4 beschrijft de effecten van de totale bodemdaling in de periode 1987-2050 op vernatting, verdroging en doelrealisatie voor de landbouw in de autonome situatie, zonder peilverlagingen. Hoofdstuk 5 beschrijft de effecten van de totale bodemdaling in de periode 1987-2050 op kaden en kunstwerken in de autonome situatie, zonder peilverlagingen.

In hoofdstuk 6 zijn voor een scenario zonder peilverlagingen twee typen maatregelen (waterberging en vergroten gemaalcapaciteit) beschreven. Op basis daarvan is in overleg met het Wetterskip in hoofdstuk 7 Maatregelenpakket 1 (accent op berging) per peilgebied uitgewerkt.

In hoofdstuk 8 is Maatregelenpakket 2 uitgewerkt, dat uitgaat van een combinatie van waterberging en neerwaartse peilaanpassing. In hoofdstuk 9 is Maatregelenpakket 3 uitgewerkt, dat uitgaat van “peil volgt bodemdaling“ in het hele invloedsgebied om de bodemdaling te compenseren.

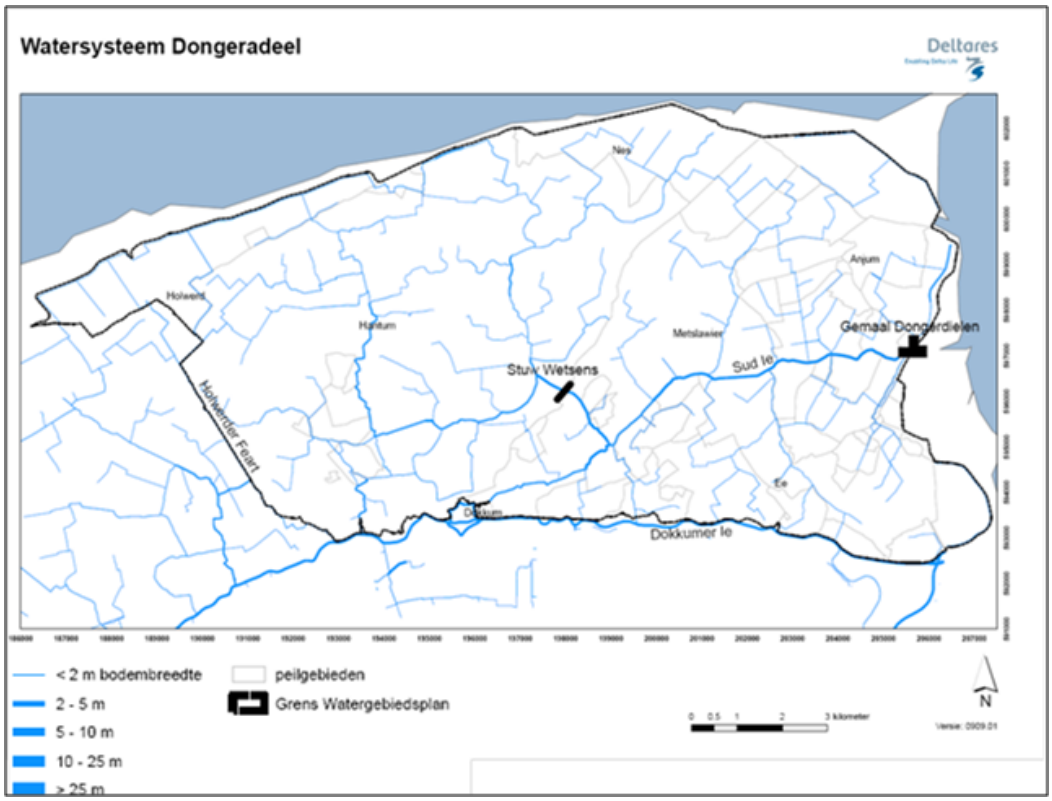
In hoofdstuk 10 tenslotte zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

2. GEBIEDSBESCHRIJVING EN UITGANGSPUNTEN

2.1. Gebiedsbeschrijving

Het onderzoeksgebied ligt in het kustgebied van Noordoost Fryslân. Het omvat de gemeente Dongeradeel, met als grootste plaats Dokkum. Het gebied wordt begrensd door de Waddenzee, het Lauwersmeer, het Dokkumerdiep en de lijn Dokkum - Holwerd en beslaat 13.698 hectare. In het gebied vindt bodemdaling plaats als gevolg van de gaswinning Anjum. Afbeelding 2.1 toont de begrenzing van het studiegebied, en het watersysteem Dongeradeel op hoofdlijnen.

Afbeelding 2.1. Begrenzing studiegebied



Het watersysteem van Dongeradeel is in principe onafhankelijk van de Friese Boezem. Het watersysteem loost via een eigen gemaal (gemaal Dongerdielen) op het Lauwersmeer. Er wordt 's zomers wel water ingelaten vanuit de Friese Boezem, via een gemaal bij Holwerd en enkele inlaten vanuit de Dokkumer Ee. Het gebied wordt door stuw Wetsens gescheiden in een westelijk en een oostelijk deelsysteem. De hoger gelegen gronden langs de noordrand worden met opmalingen van water voorzien.

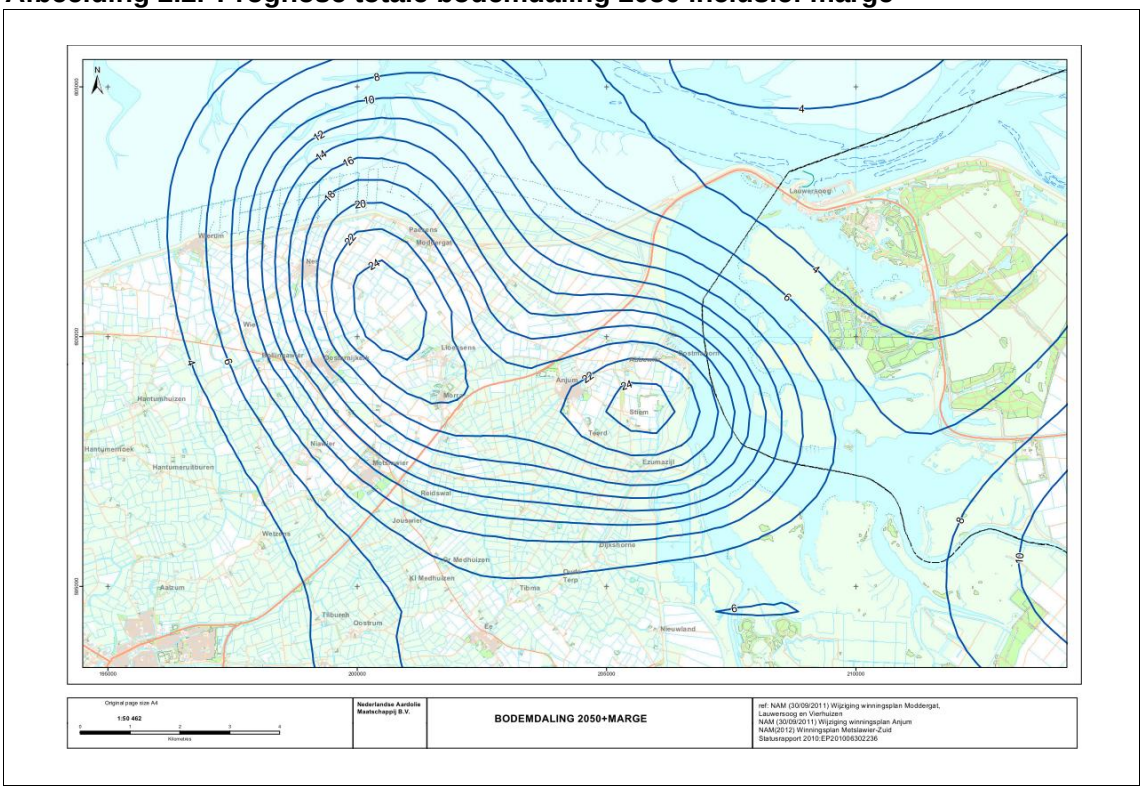
2.2. Prognose bodemdaling 2050

Voor de prognose van de bodemdaling door gaswinning in 2050 wordt uitgegaan van de door de NAM aangeleverde prognose in 2013. In Fryslân is het einde van de productie van de gasvelden en de bodemdaling voorzien omstreeks 2050. De productie van het Groninger gasveld heeft geen invloed op de bodemdaling door gaswinning in Fryslân.

Ten opzichte van de prognoses in het NAM statusrapport 2010 is voor Anjum in 2012 een wijziging doorgevoerd als gevolg van het in gebruik nemen van een nieuw veld. Daardoor zijn de contourlijnen verschoven ten opzichte van het statusrapport 2010. Daarnaast is in de prognose een marge opgenomen van 30 %, om eventuele extra werkelijke daling in de toekomst ten opzichte van de prognose op te kunnen vangen.

De gehanteerde prognose voor 2050 inclusief marge is weergegeven in afbeelding 2.2. Het betreft de verwachte totale daling vanaf het begin van de gaswinning (1987) tot het einde van de daling in 2050.

Afbeelding 2.2. Prognose totale bodemdaling 2050 inclusief marge



2.3. Algemene uitgangspunten

Voor het onderzoek zijn de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:

- de GIS-kaart van de verwachte maaiveldhoogteligging in 2050 is gemaakt door de daling als gevolg van gaswinning in de periode 2008-2050 af te trekken van het AHN2 (Actueel Hoogtebestand Nederland 2, ingemeten 2008). De daling in de periode 2008-2050 wordt als volgt bepaald:
  - prognose bodemdaling 2050 inclusief marge;
  - met daarvan afgetrokken de gemeten daling vanaf 1987 tot en met 2008;
- er is geen rekening gehouden met autonome bodemdaling (bijvoorbeeld als gevolg van veenoxidatie, zetting van slappe grondlagen of tectonische bodembeweging);
- er is geen rekening gehouden met klimaatverandering;
- er is geen rekening gehouden met zeespiegelstijging;
- er is geen rekening gehouden met autonome verzilting;
- de peilenkaart van het peilbesluit uit 2012 is gebruikt voor zowel de situatie 2010, de situatie voor de start van de gaswinning (1987), als de situatie na bodemdaling in 2050 (inclusief marge). Op deze wijze wordt puur het effect van de bodemdaling in beeld ge-

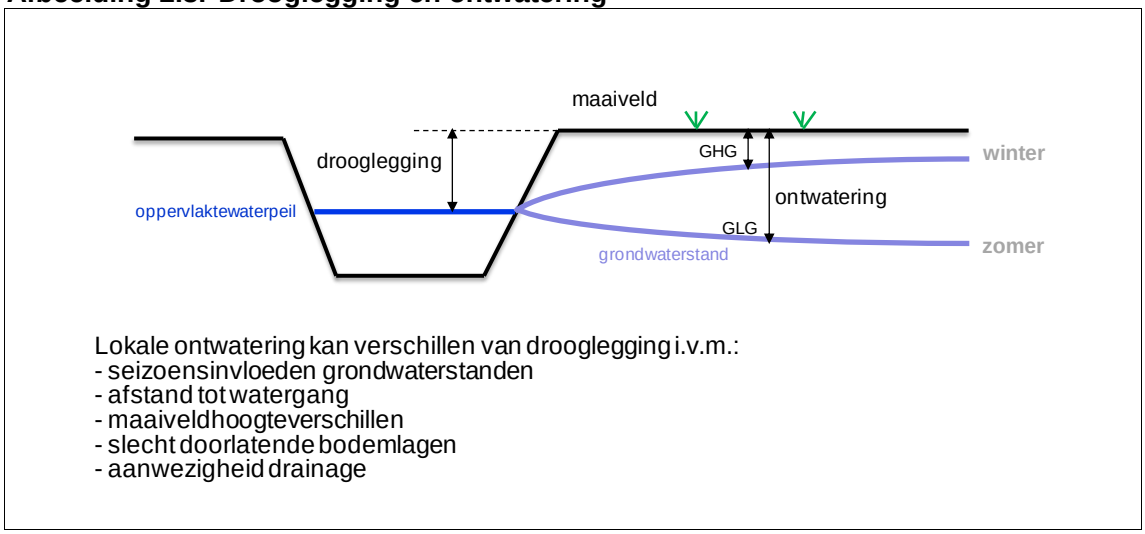
bracht. Volgens het Wetterskip zijn in het studiegebied de peilen nauwelijks veranderd sinds de start van de gaswinning;
- voor de bepaling van het verlies aan berging in grond- en oppervlaktewater, en de vertaling daarvan naar benodigde extra open waterberging en eventueel extra bemalingscapaciteit is uitgegaan van de methodiek die door DLG in haar rapportage van 2014 is gehanteerd (ref. DLG 15 januari 2014). Deze methodiek is geaccordeerd door het Wetterskip en de commissie bodemdaling;
- het Antea-rapport over de Sùd Ie uit 2014 is niet gebruikt, omdat de Commissie Bodemdaling daar bedenkingen bij heeft.

Naast deze algemene uitgangspunten zijn voor de effectanalyses in de volgende hoofdstukken aanvullende, specifieke uitgangspunten gehanteerd, die in die hoofdstukken worden beschreven.

2.4. Drooglegging en ontwatering

In dit rapport komen regelmatig de begrippen drooglegging en ontwatering aan de orde. Daarom wordt hier een korte toelichting op gegeven. In afbeelding 2.3 zijn deze begrippen schematisch weergegeven.

Afbeelding 2.3. Drooglegging en ontwatering



De drooglegging is gedefinieerd als het verschil tussen de maaiveldhoogte en het oppervlaktewaterpeil. De ontwatering is gedefinieerd als het verschil tussen de maaiveldhoogte en de grondwaterstand.

Door het neerslagoverschot in de winter ontstaat er dan een opbolling van de grondwaterstanden tussen de sloten en de drains. De ontwatering wordt dan kleiner. In die periode treedt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) op. In de zomer is meestal de verdamping hoger dan de neerslag, waardoor de grondwaterstanden uitzakken. In die periode treedt de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) op.

Door de bodemdaling door gaswinning daalt het maaiveld ten opzichte van NAP. Indien daarbij het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstand gelijk blijven ten opzichte van NAP, nemen zowel de drooglegging als de ontwateringsdiepte af.

3. EFFECTEN WATERBERGING

3.1. Effect op waterberging

Het effect op het watersysteem c.q. de waterberging in het watersysteem Dongeradeel is in beeld gebracht voor de periode 2010-2050, omdat het watersysteem Dongeradeel in 2010 op orde is gebracht middels uitbreiding van de capaciteit van gemaal Dongeradeel.

Voor de gevolgen van de bodemdaling voor het watersysteem c.q. de waterberging is uitgegaan van de recente, door de Commissie Bodemdaling en het Wetterskip geaccordeerde aanpak van de Dienst Landelijk Gebied (rapport 'Aanvullend onderzoek waterberging Dongeradeel', september 2013, met aanvulling januari 2014). Deze aanpak bevat onder meer de volgende uitgangspunten:

- de oppervlakte open water per peilgebied is conform het advies van DLG bepaald op basis van het TOP10 vector bestand;
- berekenen van verlies aan berging in oppervlaktewater in m^3 door de gemiddelde drooglegingsafname per peilgebied (in m) te vermenigvuldigen met de oppervlakte open water (in m^2);
- indien het waterpeil ten opzichte van NAP niet verandert, is de drooglegingsafname gelijk aan de gemiddelde maaivelddaling;
- het verlies aan berging in grondwater is als volgt berekend: met MIPWA is de verandering van de GHG berekend als gevolg van de bodemdaling. Het verlies aan berging in de bodem is vervolgens berekend door conform het advies van DLG de stijging van de GHG te vermenigvuldigen met een poriënvolume van 10 % (op basis van de Staringreeksen van de bodemtypen in Dongeradeel).

De drooglegging van het gebied in de referentie situatie (2010) en de toekomstige situatie bij verwachte bodemdaling (2050) zijn op kaart weergegeven in Bijlage II. Deze kaarten zijn gebaseerd op het AHN_2, de prognose bodemdaling 2010-2050 en de winterpeilen.

De gemiddelde drooglegging neemt het meest af in de peilgebieden 16, 41, 46, 47, 48, 49 en 52. In de peilgebieden 16 en 52 neemt ook de GHG relatief gezien veel af, waardoor ook de berging in de bodem afneemt. In tabel II.1 in bijlage II is een overzicht gegeven van de afname aan bergingscapaciteit per peilgebied. Gemiddeld gezien is de bergingscapaciteit in de bodem ongeveer even groot als de bergingscapaciteit in het oppervlaktewater. De totale afname bedraagt 237.135 m^3 aan berging in oppervlaktewater en 332.429 m^3 aan berging in de bodem.

3.2. Effect op inundatiekansen

De inundatiekansen zijn in beeld gebracht door een tabel te maken waarin per peilgebied en per bemalingsgebied voor zowel 2010 als 2050 de volgende kenmerken worden beschreven (zie tabel II.2 in bijlage II):

- de gemiddelde drooglegging en de mediaan;
- de drooglegging van de laagste 5 % van de oppervlakte;
- de bemalingscapaciteit in mm/etmaal;
- de beschikbare berging in grond- en oppervlaktewater in m^3/ha (methode DLG).

Op basis van deze tabel is op basis van expert judgement beschreven welke peilgebieden en bemalingsgebieden de hoogste inundatiekansen hebben, als gevolg van een combinatie van geringe drooglegging, lage bemalingscapaciteit en beperkte beschikbare berging. De totale beschikbare bergingscapaciteit in 2050 is een resultaat hiervan, en is uiteindelijk bepalend voor de toekomstige kans op inundatie door neerslag. Hier is in de tabel een kans-

beoordeling aan gekoppeld variërend van klein tot hoog. Er zijn vijf peilgebieden met een hoge inundatiekans. Hiervan zijn er vier natte natuurgebieden, waar de schade gering zal zijn. Er is één peilgebied (DO-33) met landbouwkundig gebruik in De Kolken met een hoge inundatiekans. Zestien peilgebieden in gebruik als landbouwgrond hebben een matige kans op inundatie in 2050. Ook in de referentiesituatie scoren deze peilgebieden matig. De gebieden waar de berging relatief gezien het meest afneemt (de eerder genoemde peilgebieden DO-16 en DO-52) hebben een kleine kans op inundatie, omdat ondanks het verlies nog voldoende berging resteert.

4. VERNATTING, VERDROGING, DOELREALISATIE EN VERZILTING

4.1. Vernatting, verdroging en doelrealisatie landbouw

4.1.1. Modelinstrumentarium

De effecten op de doelrealisatie in de landbouw zijn al eerder berekend in het Watergebiedsplan Dongeradeel. Thans is echter een actualisatie uitgevoerd op basis van de nieuwste bodemdalingsprognoses. Ook is het grondwatermodel MIPWA van Noord Nederland recent geactualiseerd en verbeterd.

De effecten van bodemdaling en van de compenserende maatregelen zijn doorgerekend met de nieuwste versie van het grondwatermodel MIPWA (versie 2.1), dat nog is verbeterd ten behoeve van deze studie (zie bijlage VI). Dit is te beschouwen als het best beschikbare geschikte modelinstrument op dit moment. Het MIPWA-model is gebouwd voor Noord Nederland, en versie 2.1 bevat de meest recente en gedetailleerde maaiveldhoogtekaart (AHN2) en geohydrologische kenmerken.

Hoewel de met MIPWA berekende absolute waarden van grondwaterstanden en kwel of wegzijging lokaal kunnen afwijken (onder invloed van drains, bodemkenmerken of peilafwijkingen), worden vooral de veranderingen in grondwaterstanden, doelrealisaties en kwel en wegzijging op regionale schaal goed berekend.

In bijlage VI is nader ingegaan op de grondwatermodellering. De doelrealisatieberekeningen zijn uitgevoerd met MIPWA en Waternood, volgens een stappenplan dat Witteveen+Bos hiervoor heeft ontwikkeld voor de provincie Fryslân. Zowel de effecten van bodemdaling als van eventuele (compenserende) peilverlagingen zijn doorgerekend met dezelfde systematiek.

4.1.2. Grondwaterstanden

Kaart 1 en kaart 2 in bijlage III bevatten de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) voor de situatie zonder bodemdaling (1987). De verandering van de GHG en GLG als gevolg van de bodemaling in 2050 zijn opgenomen in kaart 3 en 4.

In de modelberekeningen zijn voor zowel de situatie in 1987 en de situatie in 2050 dezelfde oppervlaktewaterpeilen (peilbesluit 2012) gebruikt. Alleen de drainagebuizen en de greppels dalen mee met het maaiveldniveau. Op deze wijze is puur het effect van de bodemdaling in beeld gebracht.

De GLG en GHG komen in het bodemdalingsgebied 5 tot 20 cm dichter bij het maaiveld te liggen als gevolg van de bodemdaling. De berekende stijging van de GLG is groter dan de GHG. Dit komt omdat de hoogte van de GHG wordt beïnvloedt door afwatering via drainagebuizen en greppels. In het bodemdalingscenario dalen de drainagebuizen en de greppels mee met het maaiveld, waardoor de absolute grondwaterstand ook daalt. In intensief gedraineerde gebieden, zoals tussen Anjum en Morra, verandert de afstand tussen de GHG en het maaiveld daarom nauwelijks. De GLG ligt veelal onder het drainageniveau waardoor de drainage niet actief is. De daling van het maaiveldniveau resulteert daarom in een rechtstreekse verkleining van de afstand tussen de GLG en het maaiveld.

4.1.3. Doelrealisatie

Kaart 5 bevat de doelrealisatie voor de landbouw voor de situatie zonder bodemdaling (1987). Op kaart 6 en 7 is de berekende nat- en droogteschade opgenomen voor de situatie zonder bodemdaling. In het merendeel van het projectgebied is de doelrealisatie groter dan 80 %. Waar de doelrealisatie voor een peilgebied als geheel lager is dan 80 % is er sowieso sprake van een aandachtspunt. Daarnaast kunnen zich, zeker in grote peilgebieden, lokaal binnen peilgebieden aandachtspunten voor de doelrealisatie voordoen. Op basis van de berekeningen is er sprake van een aandachtspunt door natschade bij Bornwird, Oostrum, Jouswier, Wetsens, Morra. Aandachtspunten als gevolg van droogteschade treden op bij Holwerd, Engwierum, Ezingepolder en ten oosten van de Alddyk.

De verandering van de doelrealisatie als gevolg van de bodemdaling in 2050 is opgenomen in kaart 8. De berekeningsresultaten geven aan dat de doelrealisatie landbouw afneemt in de gebieden waar al een aandachtpunt door natschade optrad, bijvoorbeeld in De Kolken. Er treedt een verbetering op van de doelrealisatie door afname van de droogteschade, bijvoorbeeld ten oosten van Alddyk.

In de tabel in bijlage III is per peilgebied een samenvatting opgenomen van de berekende doelrealisatie landbouw:
- de gemiddelde nat- en droogteschade in 1987 en 2050;
- de gemiddelde doelrealisatie in 1987 en 2050;
- de verandering van de doelrealisatie;
- de bodemdaling tussen 1987 en 2050;
- het oppervlak landbouwgrond per peilgebied.

Voor de situatie zonder bodemdaling (1987) geldt dat de gemiddelde doelrealisatie per peilgebied lager is dan 80 % in drie peilgebieden: DO-2, DO-16 en DO-31. In peilgebied DO-02 en DO-31 is de lage doelrealisatie het gevolg van droogteschade. In peilgebied DO-16 is de lage doelrealisatie met name het gevolg van natschade.

Vervolgens is gekeken naar de effecten van de bodemdaling op de doelrealisatie per peilgebied. Voor de situatie met bodemdaling (2050) geldt dat de gemiddelde doelrealisatie lager is dan 80 % in vier peilgebieden: DO-2, DO-16, DO-31 en DO-46. Alleen in peilgebied DO-46 daalt de doelrealisatie dus onder de 80 % als gevolg van de bodemdaling.

4.2. Effecten op verzilting

In het Technisch achtergronddocument voor het Watergebiedsplan Dongeradeel (Deltares, 2010) wordt ingegaan op de verzilting in Dongeradeel. De belangrijkste inhoud van dit rapport wordt hierna samengevat.

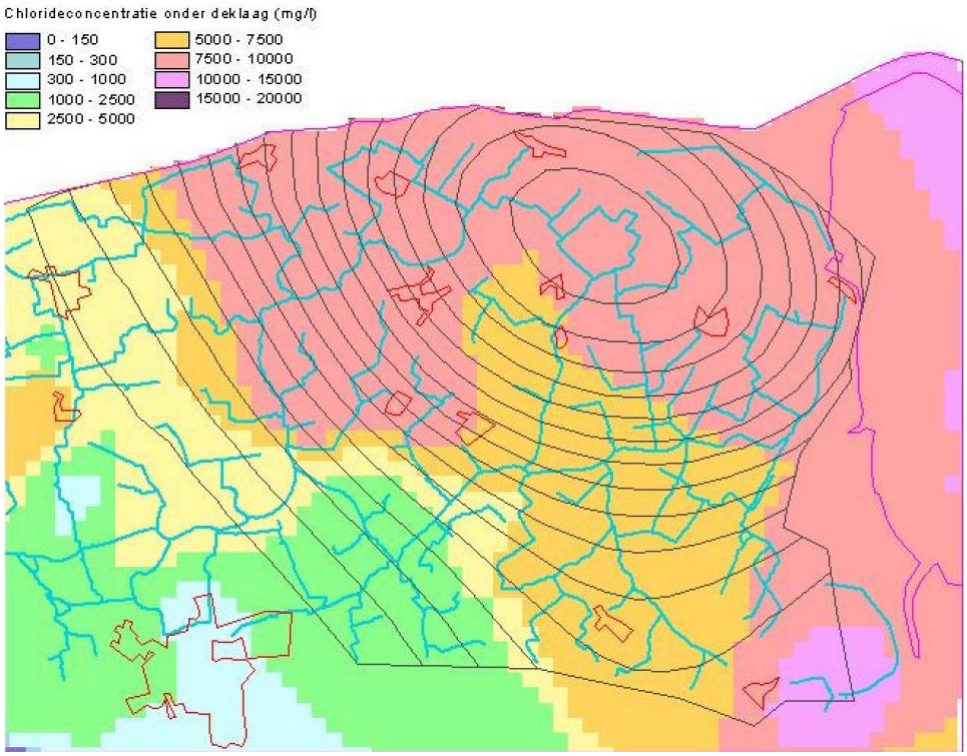
4.2.1. Huidige chloridegehaltes grond- en oppervlaktewater

Chloridegehalte grondwater
Tijdens een groot deel van het Holoceen was het noordelijke deel van Groningen en Fryslân een getijdengebied. Gedurende deze lange periode (ongeveer 7.000 jaar) heeft zout zeewater de bodem kunnen infiltreren in perioden dat de zee het gebied overstroomde (zogenaamde transgressies). Daarom wordt nu op geringe diepte brak-zout grondwater in Dongeradeel aangetroffen. Na de bedijkingen in het gebied vanaf 1200 na Christus stopte de infiltratie van zeewater.

Afbeelding 4.1 toont de gemeten chlorideconcentratie van het grondwater direct onder de deklaag in het bodemdalingsgebied. Het grondwater direct onder de deklaag bereikt uiteindelijk in kwelgebieden het oppervlak. Zichtbaar is dat het zoute grondwater ter hoogte van het Lauwersmeer verder landinwaarts reikt. Dit is het gevolg van de grotere en langere zee-invloed in dit deel van het gebied waardoor meer zout water heeft kunnen infiltreren.

Het zoutgehalte van water wordt volgens Stuyfzand (1993) ingedeeld als zoet wanneer de zoutconcentratie minder dan 150 mg/l bedraagt. Brak water heeft een zoutconcentratie tussen 150 en 1.000 mg/l. De concentratie van zout water bedraagt meer dan 1.000 mg/l.

Afbeelding 4.1. Chlorideconcentratie onderkant deklaag



(TNO, Oude Essink et al., 2005)

Afbeelding 4.1 laat alleen de chlorideconcentratie van het grondwater direct onder de deklaag zien. Echter, het zoutgehalte neemt toe met de diepte (Deltares 2010). In de toekomst zal hierdoor de verzilting toenemen omdat door de voortgaande kwelstroming er steeds dieper en dus zouter grondwater het oppervlak bereikt. Een proces dat ook wel autonome verzilting wordt genoemd en gestart is sinds de drooglegging van de polders.

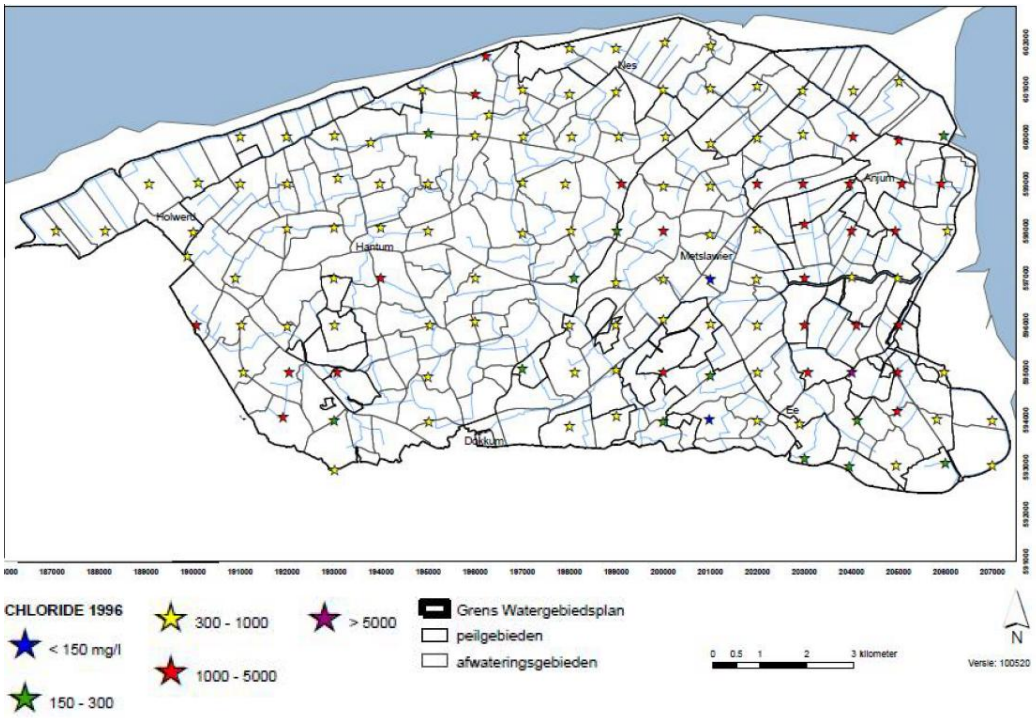
Chloridegehaltes oppervlaktewater

Zout kwelwater dat afstroomt via drains en greppels naar de sloten of zoute kwel in de sloten zelf leidt tot verzilting van het oppervlaktewater, waardoor het water minder of niet meer geschikt wordt voor beregening van landbouwgewassen, tenzij men het doorspoelen met zoet water laat toenemen.

In de zomer van 1996 heeft het Wetterskip eenmalig het chloridegehalte van het oppervlaktewater op vele locaties in het gebied bepaald. De resultaten van deze chloridemeting zijn weergegeven in afbeelding 4.2. De chlorideconcentraties van het oppervlaktewater geven geen lokaal beeld van de situatie, maar een gemiddeld beeld van het gebied stroomop-

waarts van het meetpunt. In het grootste deel van de meetpunten is brak water aangetroffen. De kolken en de Jouswierpolder, het peilgebied ten westen van Wierum, en enkele afwateringsgebieden ten zuiden en westen van Foudgum komen naar voren als gebieden met zeer hoge chlorideconcentraties.

Afbeelding 4.2. Chlorideconcentraties oppervlaktewater zomer 1996



bron: Deltares 2010, gemiddelde chlorideconcentratie voor gebied bovenstrooms van de meetlocatie.

4.2.2. Kwel en wegzijging

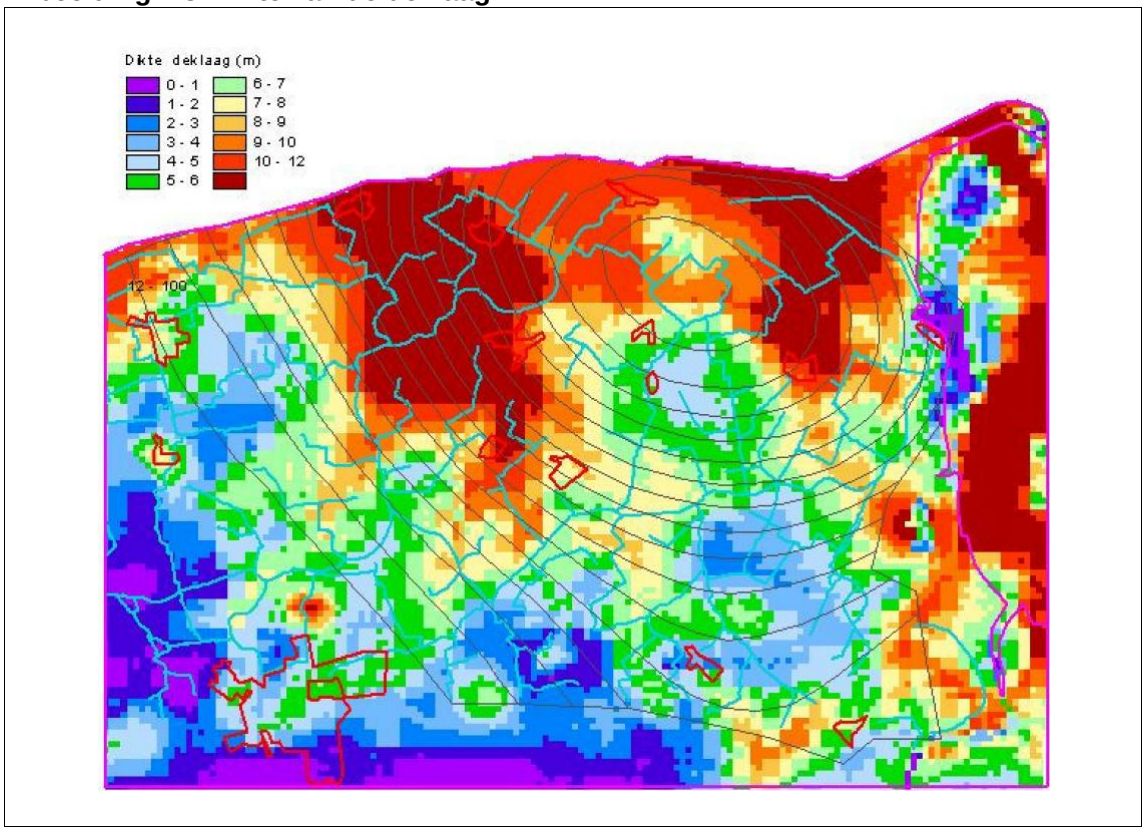
De kwel en wegzijging treedt op over de deklaag, tussen het watervoerend pakket en het freatisch pakket. Het grondwater direct onder de deklaag is zout. De zoute kwel leidt tot verzilting van het grond- en oppervlaktewater. De kwelintensiteit kan worden berekend met de formule van Darcy:

Kwel = *stijghoogteverschil* gedeeld door *weerstand deklaag*

Met het stijghoogteverschil wordt bedoeld het verschil tussen de grondwaterdruk in het eerste watervoerende pakket (stijghoogte onderkant deklaag) en de (grond)waterdruk in de deklaag (dus het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstand in de percelen). Hoe groter het stijghoogteverschil, hoe groter de kwelintensiteit. Daarnaast volgt uit bovenstaande formule dat onzekerheden in de weerstand van de deklaag één op één doorwerken in onzekerheden in de berekende kwelintensiteit.

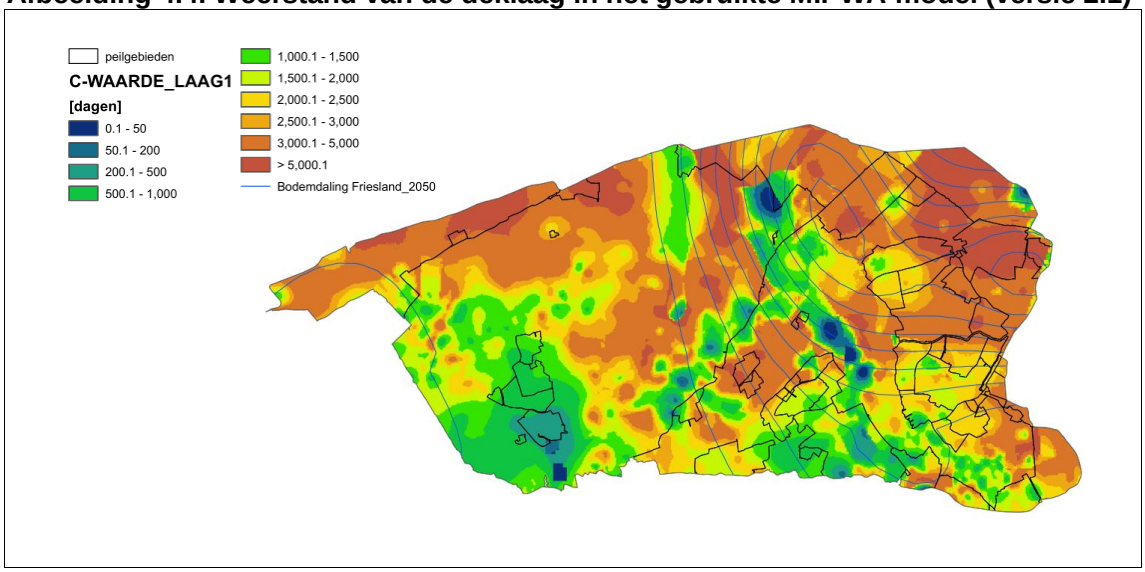
De weerstand van de deklaag neemt toe naarmate deze dikker wordt en uit waterremmende lagen bestaat, bijvoorbeeld klei en veen. Bij zand is de weerstand in het algemeen lager. Hoe lager de weerstand van de deklaag, hoe groter de kwelintensiteit. In afbeelding 4.3 is de dikte van de deklaag weergegeven.

Afbeelding 4.3. Dikte van de deklaag



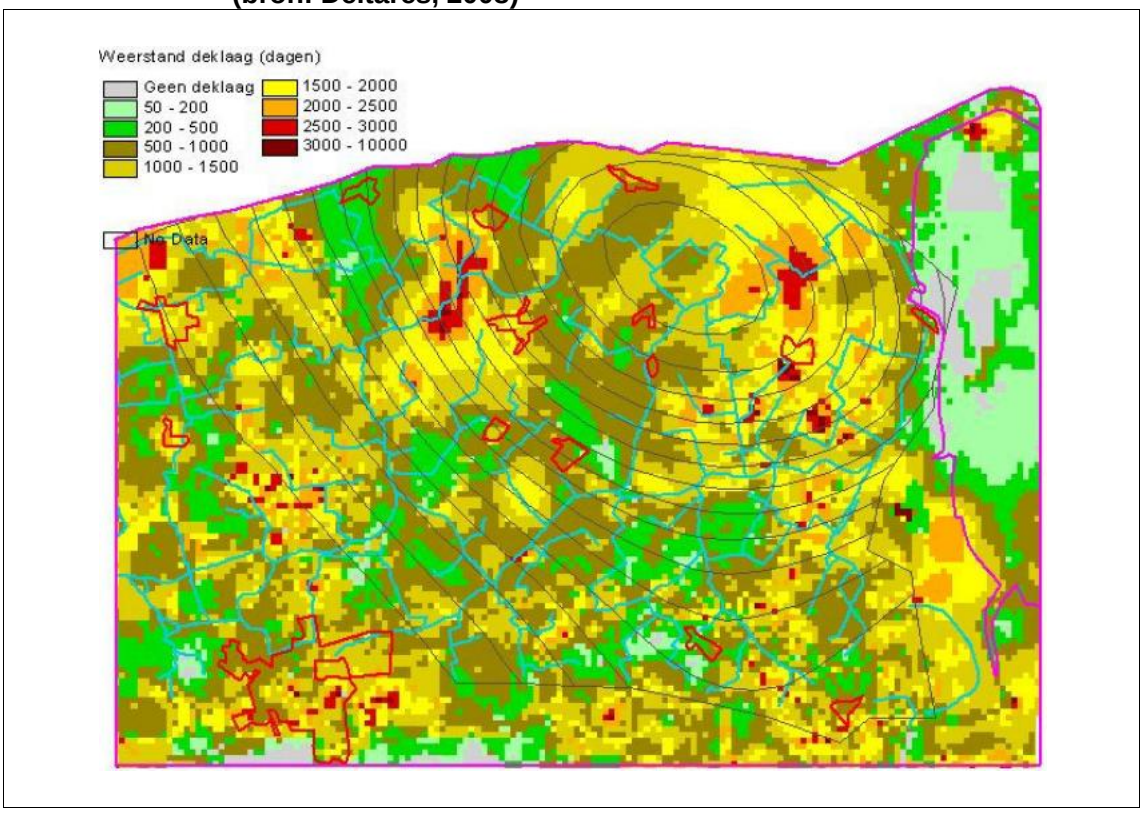
De weerstand van de deklaag zoals opgenomen in het MIPWA-model is weergegeven in afbeelding 4.4.

Afbeelding 4.4. Weerstand van de deklaag in het gebruikte MIPWA-model (versie 2.1)



De weerstand van de deklaag is moeilijk te meten en kent daarom een bepaalde onzekerheid. In afbeelding 4.5 is de deklaagweerstand weergegeven zoals opgenomen in de studie naar verzilting in Dongeradeel door Deltares (2008). Uit vergelijking met afbeelding 4.4 volgt dat de weerstand van de deklaag in het MIPWA-model (versie 2.1) op veel locaties een factor 2 tot 3 hoger is.

Afbeelding 4.5. Weerstand van de deklaag in een eerder verziltingsonderzoek (bron: Deltares, 2008)



In de gehanteerde laatste versie van MIPWA (versie 2.1) is de meest recente informatie over de weerstand van de deklaag opgenomen, en de weerstand wordt daarom als redelijke schatting verondersteld. Echter ook de laatste metingen van de weerstand kennen een onzekerheid. Daarom is aan te bevelen om rekening te houden met kwelintensiteiten die een factor 2 tot 3 hoger kunnen zijn dan thans berekend met MIPWA. Deze onzekerheid kan van locatie tot locatie verschillen.

Overigens wordt opgemerkt dat de modelberekeningen in de studie naar verzilting in Dongeradeel (Deltares, 2008) zijn uitgevoerd met MIPWA versie 1.1, waarin de deklaagweerstand vrijwel overeenkomt met de deklaagweerstand in de MIPWA versie 2.1, die gebruikt wordt in het voorliggende onderzoek. De kwel- en infiltratiefluxen in het verziltingsonderzoek van Deltares komen daardoor qua ordegrootte goed overeen met de huidige berekende kwel- en infiltratiefluxen.

Berekende kwel en wegzijging
Op kaart 10 in bijlage III is de kwel en wegzijging in een situatie zonder bodemdaling opgenomen, zoals berekend met de laatste versie van het MIPWA-model (versie 2.1).

4.2.3. Verandering kwel en wegzijging

De verandering van de kwel en wegzijging door bodemdaling (2050) is opgenomen op kaart 11 in bijlage III. Er wordt over het algemeen een toename van de kwel berekend in het bodemdalingsgebied. De kweltoename treedt vooral op in de percelen. De toename wordt veroorzaakt door de absolute daling van de grondwaterstand in de percelen, die optreedt als gevolg het meezakken van de drainagebuizen en greppels met de bodemdaling. Hierdoor wordt het drukverschil tussen de stijghoogte en de grondwaterstand groter en

neemt de kwelflux toe. Het extra kwelwater naar de drains en greppels wordt afgevoerd naar de sloten, waardoor bij brakke kwel ook het chloridegehalte in de sloten kan stijgen. De kwel direct naar de nabijgelegen waterlopen neemt af.

In De Kolken treedt volgens de MIPWA-berekening een kweltoename op van 0,01 tot 0,05 mm/dag in de percelen, dit is een toename van ca. 5-20 % ten opzichte van de kwelflux in 1987. In de waterlopen treedt een kwelafname op van ca. 0,01 mm/dag, dit is een afname van ca. 5 % of minder ten opzichte van 1987.

De gemiddelde toename van de kwel (naar percelen plus naar watergangen) in het bodemdalingsgebied in 2050 bedraagt ongeveer 0,008 mm/dag in de situatie zonder peilverlaging. Vanwege de onzekerheid in de deklaagweerstand kan de kwelintensiteit een factor 2 tot 3 hoger zijn dan berekend met MIPWA. De kweltoename bedraagt in dat geval ca. 0,024 mm/d.

Deze berekende kweltoename van circa 0,024 mm/dag is in absolute zin relatief beperkt ten opzichte van het jaarlijkse gemiddelde neerslagoverschot van circa 1 mm dag (2,4 %). Hoewel het effect op de regenwaterlenzen sterk locatie-afhankelijk is en moeilijk te voorspellen, is daarom de verwachting dat het effect van de kweltoename op de huidige regenwaterlenzen relatief beperkt zal zijn.

4.2.4. Verzilting

De effecten op verzilting zijn in beeld gebracht door een tabel te maken waarin per peilgebied voor zowel 1987 (nulsituatie) en 2050 (zonder peilverlaging) de volgende kenmerken worden beschreven (zie tabel in bijlage IX.6):
- de chlorideconcentratie onder de deklaag;
- de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater;
- de chloridebelasting vanuit kwel in kg/ha/jaar;
- de verandering van de chloridebelasting (absoluut en relatief).

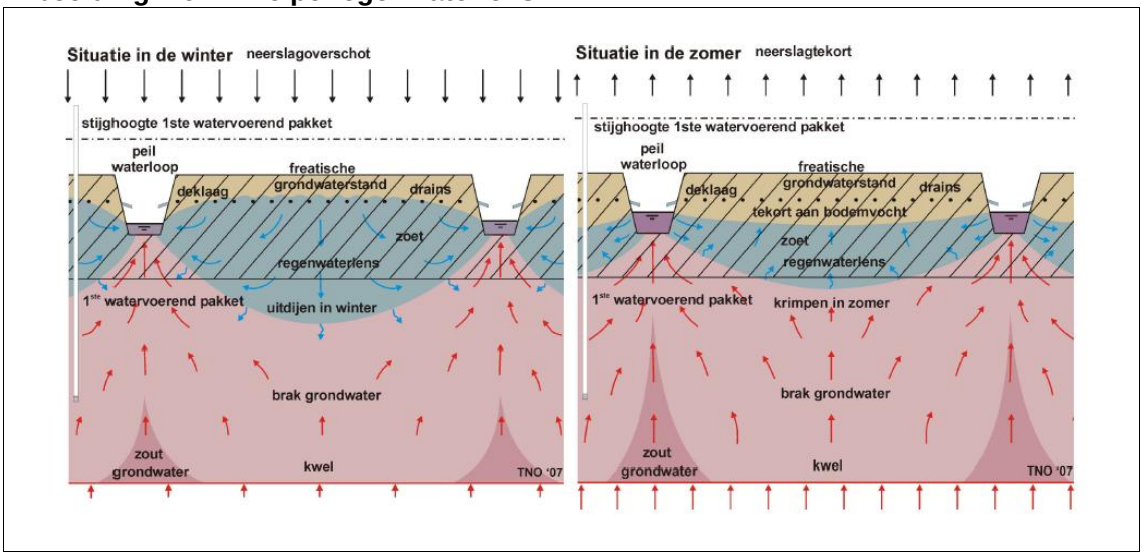
Op kaart IX.1 is de berekende chloridebelasting in de situatie voor de bodemdaling (1987) opgenomen. Uit deze kaart blijkt dat de peilgebieden met een relatief hoge chloridebelasting vanuit kwel voorkomen rond Oosternijkerk (DO-03c), in De Kolken en ten zuiden daarvan (DO-28).

Voor de situatie in 2050 is de verandering van de chloridebelasting berekend ten opzichte van 1987 (voor de bodemdaling) (zie kaart in bijlage IX.3). Hieruit blijkt dat de grootste toename in de absolute chloridebelasting door de peilverlaging optreedt in de peilgebieden in De Kolken en in DO-03C. De toename van de chloridebelasting in De Kolken bedraagt ca. 500 kg/ha/jaar. De Kolken ligt bij het centrum van de bodemdaling waardoor de kweltoename relatief hoog is. Bovendien is de chloride concentratie onder de deklaag hoog. In peilgebied DO-3C is de toename van de chloridebelasting ca. 900 kg/ha/jaar. In dit peilgebied ligt in MIPWA een plek met een opvallend lage deklaagweerstand, waardoor de berekende kweltoename vrij groot is. Dit resulteert vervolgens in een grotere toename van de chloridebelasting dan in de rest van het bodemdalingsgebied.

4.2.5. Regenwaterlenzen en hangwater onverzadigde zone

Dat de landbouw in de zoute kwelgebieden normaal gesproken beperkt hinder ondervindt van het zoute grondwater in het perceel, komt door de natuurlijke grondwateraanvulling (regen). Door het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot ontstaat een laag zoet water boven het brakke/zoute grondwater: de zogenaamde regenwaterlens (afbeelding 4.6).

Afbeelding 4.6. Principe regenwaterlens



Dit gebeurt vooral in het najaar en in de winterperiode. Tijdens dat proces wordt het omhoog kwellende zoute of brakke water opzij geduwd, waardoor het naar de sloten stroomt, samen met het overtollige regenwater dat via drains en greppels in de sloten komt.

Vanaf het voorjaar zal de grondwaterstand door drainage en gewasverdamping geleidelijk dalen. Op een gegeven moment kan de grondwaterstand lager worden dan het slootpeil. Door capillaire opstijging en gewasverdamping wordt de zoetwaterlaag in de zomer dunner. Dit heeft ook tot gevolg dat zout grondwater zich in de buurt van de wortelzone gaat bevinden. Onder normale omstandigheden blijft in de meeste gebieden over het algemeen genoeg zoet water in de wortelzone over. In erg droge periodes kan dit zoute water vervolgens naar de wortels stromen, met mogelijkerwijs zoutschade tot gevolg.

De kwelflux en de dikte van de regenwaterlens zijn afhankelijk van meerdere factoren, zoals de doorlatendheid van de deklaag, het materiaal van de top van de bodem, de mate van drainage en de oppervlaktewaterpeilen. Uit veldmetingen in het grondwater op 9 percelen in het gebied Oost Dongeradeel (Deltares, 2006) bleek dat daar op nagenoeg alle percelen geen echte regenwaterlens aanwezig was. Direct onder de grondwaterspiegel werden al chloride concentraties gemeten van brak of zout grondwater.

Hangwater in de onverzadigde zone
In de hiervoor genoemde gebieden zonder zoete regenwaterlens in de verzadigde zone zal de landbouw het vooral moeten hebben van het hangwater (afkomstig van neerslag) in de onverzadigde zone van de bodem. Een dikkere onverzadigde zone kan meer hangwater bevatten. Daarnaast is bij een dikkere onverzadigde zone de afstand tussen het eventuele zoute water in de verzadigde zone en de wortelzone groter dan bij een dunne onverzadigde zone.

4.2.6. Conclusies en onzekerheden

Met het MIPWA-model wordt berekend dat de zoute kwel en daarmee de verzilting toeneemt door de bodemdaling in 2050. In het bodemdalingsgebied is in de huidige situatie nauwelijks sprake van zoet grondwater. Het grondwater is brak of zout. Als gevolg van de bodemdaling komt het zoute grondwater ondieper aan het maaiveld te liggen, wordt de onverzadigde zone dunner en neemt de zoute kwel in het bodemdalingsgebied toe, volgens

MIPWA met gemiddeld circa 0,008 mm/dag. Maar als rekening wordt gehouden met een mogelijk drie keer lagere deklaagweerstand zou de zoute kwel in het bodemdalingsgebied met 0,024 mm/dag toenemen. De berekeningen geven aan dat de zoute kwel naar de sloten iets afneemt. Het effect op de chlorideconcentraties in de sloten is afhankelijk van hoeveel zoute kwel er via de drains naar de sloten stroomt, en hoeveel zoute kwel rechtstreeks naar de sloten stroomt. Netto wordt een toename van het chloridegehalte in de sloten verwacht.

Onzekerheden

De met het MIPWA-model berekende zoute kwelhoeveelheden kennen een aantal onzekerheden. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij de interpretatie van de modelresultaten. De belangrijkste onzekerheden betreffen:

- de weerstand van de deklaag is moeilijk te meten en is een onzekere factor, die echter wel praktisch één op één de berekende hoeveelheid zoute kwel bepaalt. In de gehanteerde laatste versie van MIPWA (versie 2.1) is ook de laatste informatie over de weerstand van de deklaag opgenomen, en de weerstand wordt daarom als redelijke schatting verondersteld. Echter ook de laatste metingen van de weerstand kennen een onzekerheid. Op basis van een eerdere inschatting van de deklaagweerstand (Deltares, 2008) wordt aanbevolen om rekening te houden met kwelintensiteiten die een factor 2 tot 3 hoger kunnen zijn dan thans berekend met MIPWA. Deze onzekerheid kan van locatie tot locatie verschillen. De berekende absolute waarden voor de hoeveelheid kwel zijn daarom beperkt betrouwbaar. De berekende procentuele veranderingen in de kwelhoeveelheid geven een betere indicatie;
- in het MIPWA-model is geen rekening gehouden met dichtheidsstroming. Zout water is zwaarder dan zoet water. Omdat in het onderzoeksgebied zowel zout, brak en zoet grondwater aanwezig zijn geeft dit afwijkingen in de berekende resultaten, die per locatie kunnen verschillen. Op locaties waar het water onder de deklaag zout is en het ondiepe (freatische) grondwater zoet, zal de zoute kweldruk in werkelijkheid wat hoger zijn dan is berekend met MIPWA;
- in het MIPWA-model is voor het gehele modelgebied buisdrainage of greppeldrainage ingevoerd. Hoewel in het gebied ook daadwerkelijk veel drainage aanwezig is, kunnen er in werkelijkheid ook locaties zonder drainage zijn. Voor percelen zonder drainage zal de toename van zoute kwel als gevolg van bodemdaling in werkelijkheid lager zijn dan is berekend met MIPWA;
- behalve bodemdaling door gaswinning is in de modelberekeningen geen rekening gehouden met andere autonome ontwikkelingen (zoals autonome verzilting, zeespiegelstijging en klimaatverandering). In de periode tot 2050 zullen ook deze ontwikkelingen naar verwachting tot een toename van de verzilting leiden.

5. EFFECTEN VOOR KUNSTWERKEN EN KADEN

5.1. Algemeen

Voor het bepalen van de effecten van bodemdaling op oevers, kaden en kunstwerken, zijn al eerder studies uitgevoerd: Effectbepaling bodemdaling voor kaden en kunstwerken in Dongerdielen (TAUW, maart 2011), en rapportage onderhoudstoestand oevers Suderie (Infram, 2009). Deze studies zijn in dit hoofdstuk geactualiseerd op basis van de volgende nieuwe de nieuwe bodemdalingsprognose voor 2050 inclusief marge (afbeelding 2.2).

De kenmerken en de locaties van de kunstwerken zijn afkomstig uit de leggergegevens van Wetterskip Fryslân van februari 2015. Daarnaast zijn in 2013 de resultaten van de DAM hoogtetoetsing van waterkeringen door het Wetterskip beschikbaar gekomen.

Op basis van deze nieuwste informatie en de informatie in de bestaande studies zijn de conclusies en maatregelen met betrekking tot oevers, kaden en kunstwerken uit de bestaande rapporten nagelopen, en geactualiseerd.

5.2. Geselecteerde waterhuishoudkundige objecten

Bodemdaling zorgt ervoor dat de kunstwerken in het gebied dalen. Dit heeft mogelijk effect op het functioneren van de kunstwerken. Hoeveel bodemdaling er plaatsvindt en op welke locaties, is weergeven in afbeelding 2.2 en kaartbijlage I.1. Voor 2050 is de verwachting dat de bodem in het centrum van de daling maximaal 24 centimeter zal dalen. Dit is overigens inclusief marge van circa 30 %. Zonder marge is de verwachte daling in het centrum 18 cm.

Voor de eerdere studie door TAUW in 2011 zijn op basis van het toetsingskader en de randvoorwaarden (van der Maarel & Seijger, 1996) door Wetterskip Fryslân de volgende kunstwerken en kaden geselecteerd:
- gemalen binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle vaste stuwen binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle inlaten binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle peilregulerende duikers binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle beweegbare stuwen binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle duikers met een vierkant dwarsprofiel of een diameter van 800 mm of groter binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle syphons binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle bruggen binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050. In de studie van TAUW in 2011 is maar één brug beschouwd, namelijk de brug over de Súd-Ie die de gemalen De Kolk en Tibster Ryd verbindt;
- alle regionale keringen en lokale kaden binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050;
- alle oeverbescherming binnen de 5 cm contour prognose bodemdaling 2050.

5.3. Effecten

5.3.1. Gemalen

Door de bodemdaling zullen gemalen ook mee gaan dalen. Dit heeft effect op de vloerhoogte en de opvoerhoogte. In de volgende twee subparagrafen worden deze effecten behandeld.

Vloerhoogte
De vloerhoogte neemt door bodemdaling af. De vloerhoogte zal in veel gevallen ook de waterkerende hoogte zijn van het voorliggende peilgebied en mag niet worden overschreden. Daarnaast zijn er elektrische installaties aanwezig in de gemaalgebouwen waarvoor het onwenselijk is dat deze in het water komen te staan. Gedachte is dat zolang de vloerhoogte niet wordt overschreden, het gemaal kan blijven functioneren. Omdat het peil gehandhaafd blijft neemt de kans op overstroming van de vloer toe. De gemalen waarbij gekeken wordt naar het effect van bodemdaling op de vloerhoogte zijn weergegeven in tabel 5.1. De locaties worden evenals de bodemdaling nabij de gemalen weergegeven in bijlage IV.1.

Opgemerkt wordt dat de toetsing van de vloerhoogte vooral voor de afvoergemalen van belang is. Voor de opmalingen vindt de waterafvoer via een stuw plaats.

Tabel 5.1. Kenmerken gemalen

naam gemaal	type	capaciteit (m^3/min)	vloerhoogte in 2010 (m NAP)	functie
Alddyk	dompelpomp	5	n.v.t.	opmaling
Dijkshorne	vijzel	8,52	n.v.t.	onderbemaling
Eysinga	vijzel	4,02	n.v.t.	opmaling
Dongerdielen	gesloten schroefpomp	912	n.v.t.	afvoergemaal
De Kolk (Anjum)	schroef- of axiaalpomp	60	-0,10	onderbemaling
Jouswier	dompelpomp	30	0,10	onderbemaling
Legerwâl	dompelpomp	1,98	1,00	opmaling
Nes	vijzel	25,02	0,30	opmaling
Tibster Ryd	open schroef	45	-0,15	onderbemaling

Voor het hoofdafvoergemaal Dongerdielen zal de vloerhoogte vanwege de renovatie in 2011 naar verwachting zeker voldoen. De gemalen Alddyk, Dijkhorne en Eysinga zullen naar verwachting qua vloerhoogte ook voldoen, omdat deze gemalen volgens de planning al volledig zijn vervangen, waarbij rekening is gehouden met de bodemdaling.

Voor de overige 5 gemalen is beoordeeld of de vloerhoogte (na bodemdaling 2050 inclusief marge) niet wordt overschreden bij een bui T=100 + 0,25 m waakhoogte. T=100 is de waterstand die eenmaal in de 100 jaar wordt verwacht (Deltares, 2010). In tabel 5.2 worden de resultaten weergeven.

Tabel 5.2. Effect en beoordeling gemalen

naam gemaal	prognose/meting 2010 (cm)	prognose 2050 incl. marge (cm)	T=100 hoogste peilvak (m NAP)	vloerhoogte in 2050 (m NAP)	verschil inclusief waakhoogte van 0,25 m (m)	voldoet vloerhoogte in 2050?
Alddyk	10	15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t., opmaling
Dijkshorne	6	8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Eysinga	10	23	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t., opmaling
Dongerdielen	8	20	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
De Kolk (Anjum)	9	16	-0,5	-0,17	0,08	ja
Jouswier	4	6	-0,44	0,08	0,27	ja
Legerwâl	5	7	0,47	0,98	0,26	n.v.t., opmaling
Nes	7	24	-0,05	0,13	-0,07	opmaling
Tibster Ryd	9	16	-0,5	-0,22	0,03	ja

- uit de resultaten van tabel 5.2 komt naar voren dat in 2050 alleen de vloerhoogte van gemaal Nes 7 cm te laag ligt. De afvoerfunctie voor het achterliggende peilgebied komt

daarmee niet in het geding, omdat de afvoer via een stuw loopt. Wel kan (circa eens per 100 jaar) schade aan het gemaal optreden door wateroverlast;
- de vloerhoogte van gemaal Tibster Ryd voldoet op 3 cm na nog net. Dit gemaal staat op de revisielijst;
- de overige gemalen hebben nog voldoende vloerhoogte.

Opvoerhoogte
Als de waterstanden ten opzichte van NAP aan de instroomzijde en aan de uitstroomzijde van een gemaal niet veranderen, blijft de theoretische opvoerhoogte van het gemaal gelijk. De werking van het gemaal kan echter wel veranderen ten opzichte van de ontwerpsituatie, omdat het gemaal zelf wel daalt ten opzichte van NAP. Hierdoor wordt de waterstand ten opzichte van het gemaal zowel aan de instroomzijde als aan de uitstroomzijde relatief hoger. Om te bepalen of dit het functioneren van het gemaal mogelijk negatief beïnvloed zou het pompontwerp opnieuw hydraulisch kunnen worden doorgerekend. Dit maakte geen onderdeel uit van dit onderzoek.

Later in dit rapport wordt ingegaan op de opvoerhoogte van gemalen De Kolk en Tibster Ryd, in relatie tot de compenserende maatregelen voor bodemdaling.

Vergelijking met TAUW onderzoek 2011 (Ebbers, 2011)
In het vergelijkbare onderzoek wat door TAUW is uitgevoerd kwam ook naar voren dat qua vloerhoogte alleen het gemaal Nes met 0,25 meter waakhoogte op 1 cm na niet voldeed. In dit onderzoek blijkt dit 7 cm te zijn, als gevolg van de nieuwste prognose voor de bodemdaling, inclusief marge.

5.3.2. Vaste stuwen

Voor vaste stuwen geldt dat de bodemdaling effect heeft op de waterkerende hoogte van de stuw. Door de daling neemt de kruinhoogte af en daarmee het maximale peil in het peilgebied. De eis is dat de kruinhoogte niet onder het hoogste streefpeil mag komen. Binnen de 5 cm bodemdalingcontour bevinden zich 3 vaste stuwen. Deze zijn weergegeven in tabel 5.3 en op kaart in bijlage IV.2.

Tabel 5.3. Effect en beoordeling vaste stuwen

naam vaste stuw	soort	constructie hoogte in m NAP	kruinhoogte 2010 in m NAP	actuele kruin-breedte in m	peilbesluit 2012 waterpeil in m NAP	daling prognose 2050 incl. marge t.o.v. 2010 (cm)
KST-F1056	overlaat	-1,032	-1,19	0,7	-1,20	1
KST-F11324	overlaat	-0,551	-0,56	1,0	-0,55	6
KST-F11038	overlaat	-0,551	-1,44	0,4	-1,442	6

De effecten van het zakken van stuw KST-F1056 met 1 cm zijn verwaarloosbaar. Het peil in peilgebied DO-14 blijft aan het peilbesluit voldoen.

Stuw KST-F11324 verzorgt het peil in een klein peilgebied DO-58, bebouwd gebied Metslawier. Het peil in het peilbesluit is een Bovenpeil van NAP -0,55 m. Bij een daling van de stuw in 2050 van 6 cm, zou dit Bovenpeil zakken naar NAP -0,61 m. Omdat het maaiveld in het betreffende peilgebied in dezelfde periode ook ongeveer 6 cm zakt, zou de drooglegging in de tijd dan gelijk blijven, en zijn de effecten binnen het peilgebied verwaarloosbaar.

Stuw KST-F11038 verzorgt het peil in peilgebied DO-32 bij Ezumazijl, met een winterpeil van NAP -1,40 m. Met de huidige kruinhoogte van NAP -1,44 m kan het winterpeil redelijk gehandhaafd worden. Bij een daling van de stuw in 2050 van 6 cm, zou de kruinhoogte

zakken naar NAP -1,50 m en kan het huidige peil ten opzichte van NAP niet meer goed gehandhaafd worden.

Vergelijking met TAUW onderzoek 2011 (Ebbers, 2011)
In het onderzoek van TAUW kwamen binnen de 5 cm bodemdalingcontour geen vaste stuwen naar voren. Met de nieuwe prognose voor 2050 inclusief marge komen de genoemde drie stuwen naar voren.

5.3.3. Beweegbare stuwen

Voor beweegbare stuwen geldt dat door de bodemdaling de maximale kruinhoogte daalt en daarmee het maximale peil ten opzichte van NAP in het peilgebied. De eis is dat de kruinhoogte niet onder het hoogste streefpeil mag komen. Binnen de 5 cm bodemdalingcontour in 2050 bevinden zich 36 beweegbare stuwen. Deze zijn weergegeven op kaart in bijlage IV.3.1 en in tabel in bijlage IV.3.2.

In het onderzoek door TAUW in 2011 is uiteindelijk door het Wetterskip aangegeven of, op basis van functie en onderhoudstoestand, de betreffende regelbare stuwen wel of niet vervangen dienen te worden, en of dat sowieso nodig is, of vanwege de bodemdaling. Een dergelijke beoordeling is ook nu aan het Wetterskip gevraagd, maar dient nog plaats te vinden.

Uit de tabel in bijlage IV.3.2 volgt dat er acht beweegbare stuwen zijn die in de huidige situatie een voldoende maximale opstuwing (hoogste stand) hebben om het hoogste peil van het betreffende peilgebied te kunnen handhaven, maar die als gevolg van de bodemdaling in 2050 niet meer aan deze eis voldoen. Deze stuwen zijn in de tabel geel gemarkeerd, het betreft stuwnummers KST-W102, KST-F9598, KST-W96, KST-F11035, KST-W95, KST-F10374, KST-F11752 en KST003482. Met deze stuwen kan door de bodemdaling in 2050 niet meer het maximale streefpeil in m ten opzichte van NAP worden gehandhaafd.

Overigens geldt voor deze acht stuwen hetzelfde effect als bij de vaste stuwen, namelijk dat het maaiveld in de betreffende peilgebieden met ongeveer dezelfde snelheid daalt als de stuw, waardoor er qua handhaving van drooglegging geen verslechtering hoeft op te treden. Alleen zou dan bij toekomstige peilbesluiten richting 2050 het peil ten opzichte van NAP neerwaarts moeten worden bijgesteld.

5.3.4. Inlaten

Bodemdaling heeft eveneens effect op de inlaten in het gebied. De inlaten beschikken over een draaimechanisme, waarmee de hoeveelheid in te laten water kan worden geregeld.

Het is onwenselijk dat deze mechanismen onder water komen te staan.

Binnen de 5 cm bodemdalingcontour bevinden zich 31 inlaten. Deze zijn weergegeven in tabel 5.4 en op kaart in bijlage IV.4.

Tabel 5.4. Effect inlaten

nummer inlaat	daling prognose 2050 ten opzichte van 1987 inclusief marge (cm)
KDU-F175454	5
KDU-F175411	5
KDU-F175470	5
KDU-W2748	6
KDU-W2946	6
KDU-F174906	6
KDU-W2943	6
KDU-W2766	6
KDU-F1171	7
KDU-F175457	7
KDU-F1170	7
KDU-W2931	8
KDU-W2925	8
KDU-W2910	8
KDU-W2758	9
KDU-F980788	10
KDU-W2750	10
KDU-W2935	13
KDU-F175414	14
KDU-W2820	15
KDU-W2940	15
KDU-W2942	15
KDU-W2808	16
KDU-W2793	17
KDU-F976974	20
KDU-F1408	21
KDU-W2873	21
KDU-F1066	22
KDU-W2884	22
KDU-W2781	23
KDU-F175687	24

Voor het vorige onderzoek door TAUW in 2011 zijn een aantal inlaten met bodemdaling beoordeeld op basis van een veldbezoek door Wetterskip Fryslân. Op basis van die beoordeling door Wetterskip Fryslân, bleek dat alle inlaten na de bodemdaling (maximaal 17 cm bij toenmalige prognose) nog te bedienen zijn. Om te verifiëren of dit nog steeds het geval is, zou het Wetterskip opnieuw een veldbezoek moeten uitvoeren.

Naar verwachting zullen er echter geen maatregelen nodig zijn om het effect van bodemdaling te compenseren.

5.3.5. Peilregulerende duikers

Peilregulerende duikers zijn duikers die het peil reguleren op basis van de aanleghoogte. De b.o.k. (binnenonderkant) fungeert daarbij als drempel. Door bodemdaling zakken ook peilregulerende duikers en daarmee het peil achter deze duikers. Dit is onwenselijk voor duikers die 5 cm of meer zijn gedaald in 2050. Binnen de 5 cm bodemdalingcontour bevinden zich 6 peilregulerende duikers. Deze zijn weergegeven in tabel 5.5 en op kaart in bijlage IV.5.

Tabel 5.5. Effect peilregulerende duikers

nummer peilregulerende duiker	vorm	actuele inwendige hoogte in m	bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge
KDU-F175464	rond	0,24	5
KDU-F175412	rond	0,22	5
KDU-F976504	rond	0,21	7
KDU-F1175	rond	0,25	7
KDU-F101219	rond	0,24	7
KDU-F175904	rond	0,37	21

Het betreft relatief kleine duikers (diameter 20 à 30 cm), die slechts een klein afwateringsgebied zullen verzorgen. Daarnaast geldt voor deze duikers hetzelfde effect als bij de vaste stuwen, namelijk dat het maaiveld in de betreffende peilgebieden met ongeveer dezelfde snelheid daalt als de peilregulerende duiker, waardoor er qua handhaving van drooglegging geen verslechtering hoeft op te treden. Alleen zou dan bij toekomstige peilbesluiten richting 2050 het peil ten opzichte van NAP neerwaarts moeten worden bijgesteld.

De grootste daling treedt op voor KDU-F175904, waar in 2050 een totale bodemdaling van 21 cm zal zijn opgetreden. Zonder aanpassing van deze duiker zal hierdoor ook het peil in het achterliggende peilgebied (bebouwde kom Anjum) met 21 cm ten opzichte van NAP zijn gedaald. Het maaiveld in Anjum zal echter met dezelfde snelheid dalen, dus ook hier zal zonder aanpassing van de duiker het effect verwaarloosbaar zijn. De drooglegging blijft dan gelijk.

5.3.6. Duikers

Onder de duikers worden alle vierkante duikers of die met een diameter groter dan 0,8 meter verstaan. Binnen de 5 cm contour bodemdaling in 2050 betreft het 41 duikers. De duikers zullen ook door bodemdaling zakken. De locaties worden evenals de bodemdaling nabij deze duikers op kaart weergegeven in bijlage IV.6. Omdat deze duikers in de regel zorgen voor de afwatering van relatief grote gebieden is beperking van deze afvoer onwenselijk.

Indien een duiker zakt, en het peil ten opzichte van NAP blijft gelijk, dan komt de duiker dieper in het water te liggen, en zal de afvoercapaciteit in het algemeen iets toenemen, omdat de natte oppervlakte toeneemt. Een uitzondering hierop is als een duiker in een afvoersituatie voor bodemdaling net niet geheel met water is gevuld, en door de bodemdaling net wel volledig met water raakt gevuld. De afvoercapaciteit kan dan afnemen doordat de weerstand van de duiker toeneemt. Er wordt echter aangenomen dat de bodemdaling geen significante bijdrage levert aan de afvoerbeperking van de duikers. Er hoeven dan ook geen maatregelen te worden genomen, er worden geen duikers vervangen (met uitzondering eventueel van de peilregulerende duikers in paragraaf 5.3.5).

5.3.7. Syphons

Binnen de 5 cm contour bodemdaling in 2050 liggen drie syphons. De syphons zullen ook door bodemdaling zakken. De locaties worden evenals de bodemdaling nabij deze syphons op kaart weergegeven in bijlage IV.7. Er wordt aangenomen dat bodemdaling geen significante bijdrage levert aan de afvoerbeperking van de syphons. Er hoeven dan ook geen maatregelen te worden genomen

5.3.8. Bruggen

Binnen de 5 cm contour bodemdaling in 2050 liggen 34 bruggen. Deze bruggen zullen ook zakken door de bodemdaling. De locaties zijn evenals de bodemdaling op kaart weergegeven in bijlage IV.8.

Indien een brug zakt, en het peil ten opzichte van NAP blijft gelijk, dan neemt de beschikbare ruimte onder de brug af. Dit kan een knelpunt vormen indien de betreffende watergang een vaarfunctie heeft, voor de recreatievaart of voor varend onderhoud (veeg/maaiboot). De doorvaarthoogten van deze bruggen alsmede een eventuele vaarfunctie van de watergang zijn niet opgenomen in de leggergegevens van het Wetterskip. Op de kaart in bijlage IV.8 is te zien dat in het centrum van het bodemdalingsgebied een serie van 9 bruggen in de Dykster Feart door Morra in totaal circa 20 cm zal zijn gedaald in 2050.

Bij het Wetterskip is nagegaan of de bruggen in het bodemdalingsgebied een doorvaartfunctie hebben voor recreatievaart of varend onderhoud. Met uitzondering van de Súd Ie is dit niet het geval voor de recreatievaart. Wel wordt er in het gebied door het Wetterskip varend onderhoud gepleegd. Tot dusverre zijn er daarbij geen problemen met de doorvaarthoogte bekend.

Brug over de Súd Ie
De brug over de Súd (nummer KBR-F10715) tussen de gemalen De Kolk en gemaal Tibster Ryd maakt het mogelijk om het gemaal Tibster Ryd per auto te bereiken. Deze brug heeft op dit moment een doorvaarthoogte van 1,60 meter. De eis is dat de huidig en/of toekomstig aangewezen vaarklasse niet gehinderd mag worden door het afnemen van de doorvaarthoogte door bodemdaling.

Op dit moment kent de Súd-Ie geen vaarklasse en er hoeven dan ook geen maatregelen getroffen te worden. Er liggen plannen om de Súd-Ie bevaarbaar te maken voor vaarklasse DM. Klasse DM, de klasse met de laagste doorvaarthoogte, heeft een doorvaarthoogte van minimaal 2,50 meter. Ook in de situatie zonder bodemdaling zal deze huidige doorvaarthoogte niet voldoende zijn en zullen maatregelen genomen moeten worden om de doorvaarthoogte te vergroten.

Wanneer de brug wordt vervangen door een brug met een hogere doorvaarthoogte dient rekening te worden gehouden met de nog op te treden bodemdaling. De nog te verwachten bodemdaling van 2010 tot 2050 (inclusief marge) bedraagt circa 8 cm.

5.3.9. Oeverbeschoeiing

Volgens de leggergegevens liggen de oeverbeschoeiingen binnen het gebied met meer dan 5 cm bodemdaling alleen langs de Súd Ie. De ligging van deze beschoeiingen, en de mate van bodemdaling zijn op kaart weergegeven in bijlage IV.9. Het eigendom ligt overwegend bij het Wetterskip. Daarnaast heeft het Wetterskip aangegeven dat de kaden langs Súd Ie een secundaire kering betreffen, waarvoor de huidige beleidsregel geldt dat de aangrenzende eigenaar het onderhoud heeft en Wetterskip Fryslân het groot onderhoud (zoals vervangen beschoeiingen).

In tabel 5.6 zijn de effecten van bodemdaling weergegeven op de oeverbeschoeiingen binnen de 5 cm contour 2050. De effecten zijn onderverdeeld naar de secties en onderhoudsklassen zoals deze zijn bepaald door Infram (bron: Onderhoudstoestand oevers Suderie en

Dokkumer Grutdjip, projectnummer 08i055, d.d. 20 januari 2009). De benaming van de onderhoudsklassen is weergegeven in afbeelding 5.1.

Afbeelding 5.1. Door Infram bepaalde onderhoudsklassen voor oeverbescherming

Onderhouds-klasse	Omschrijving	Resterende levensduur (%)
I	Oeververdediging niet of slechts in rudimentaire vorm aangetroffen	0
II	Oeververdediging kent achterstallig onderhoud en functioneert slecht of matig	0 - 33
III	Oeververdediging in redelijk tot goede staat aangetroffen en functioneert voldoende	33 - 67
IV	Oeververdediging in prima staat aangetroffen	67 - 100
V	Oeververdediging in staat van nieuw	100

Tabel 5.6. Effect Oeverbeschoeiingen

oevervak	type	lengte (m)	onderhoudsklasse					bodem-daling 2050
			1	2	3	4	5	
SZ1	natuurlijk verdedigd	695	0	0	695	0	0	5
SZ2	beschoeiing	18	0	0	18	0	0	6
5Z3	natuurlijk verdedigd	181	0	0	181	0	0	6
SZ4	beschoeiing	638	0	128	510	0	0	7
SZ5	natuurlijk verdedigd	767	0	0	767	0	0	9
SZ6	natuurlijk verdedigd	311	0	0	311	0	0	10
SZ7	natuurlijk verdedigd	822	0	0	822	0	0	15
SZ8	beschoeiing	263	0	263	0	0	0	15
SZ9	natuurlijk verdedigd	1.939	0	0	1939	0	0	17
SZ9b	hardhouten damwand	36	0	0	0	0	36	16
SZ9a	beschoeiing	33	0	33	0	0	0	16
sZ10	beschoeiing	133	0	133	0	0	0	17
SZ11	natuurlijk verdedigd	100	0	0	100	0	0	17
SZ12	houten damwand	59	0	29	29	0	0	18
SZ13	betonnen damwand	110	0	28	83	0	0	18
SN14	natuurlijk verdedigd	1.164	0	0	1164	0	0	17
SN15	beschoeiing	104	0	104	0	0	0	16
5N16	natuurlijk verdedigd	724	0	0	724	0	0	16
SN16a	beschoeiing	54	0	54	0	0	0	16
SN16b	hardhouten damwand	32	0	0	0	0	32	16
SN17	beschoeiing	362	36	326	0	0	0	15
SN18	natuurlijk verdedigd	713	0	0	713	0	0	14
SN18a	beschoeiing	76	76	0	0	0	0	15
SN19	beschoeiing	168	0	0	168	0	0	10
SN20	beschoeiing	70	0	21	49	0	0	10
SN21	natuurlijk verdedigd	55	0	0	55	0	0	10
SN22	betonnen damwand	24	0	0	0	24	0	10

oevervak	type	lengte (m)	onderhoudsklasse					bodem-
			1	2	3	4	5	daling 2050
SN23	natuurlijk verdedigd	46	0	0	46	0	0	10
SN24	beschoeiing	461	0	92	369	0	0	9
SN25	natuurlijk verdedigd	87	0	0	87	0	0	8
SN26	natuurlijk verdedigd	228	0	0	228	0	0	8
SN27	houten damwand	63	0	0	63	0	0	7
SN28	natuurlijk verdedigd	485	0	0	485	0	0	7
SN29	houten damwand	233	0	0	233	0	0	6
SN30	natuurlijk verdedigd	403	0	0	403	0	0	6
SN31	houten damwand	35	0	0	35	0	0	5
SN32	natuurlijk verdedigd	293	0	0	293	0	0	5
SN33	houten damwand	34	0	0	34	0	0	5
totaal		12.019						

Het grootste aandeel oeverbeschoeiing bestaat uit natuurlijk verdedigde oevers met onderhoudsklasse 3. De totale lengtes per klasse en de gemiddelde daling per klasse zijn samengevat in tabel 5.7.

Tabel 5.7. Samenvatting oeverbeschoeiingen

onderhoudsklasse	lengte (m)	gemiddelde bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge (cm)
1	112	15
2	1.211	14
3	10.604	12
4	24	10
5	68	16

5.3.10. Kaden

De kaden in het bodemdalingsgebied betreffen:
- de lokale kaden langs de Súd Ie;
- de noordelijke boezemkade langs het Dokkumer Grootdiep;
- de regionale kering langs het Lauwersmeer (vroegere zeekering).

In bijlage IV.11 is de daling van de kaden weergegeven. De lengtes van de kaden met de daling per cm is samengevat in tabel 5.8. Opgemerkt wordt dat een deel van deze dalingen inmiddels (2015) al heeft plaats gevonden. In bijlage IV.10 is het resultaat van de DAM toetsing van de hoogten van de regionale waterkeringen door het Wetterskip weergegeven. Hierna worden de effecten per kering beschreven.

Súd Ie
Voor de kaden langs het oostelijke deel van de Súd Ie treedt een daling op van 14 tot 18 cm. Voor de kaden langs het westelijke deel van de Súd Ie, treedt een daling op van 5 tot 10 cm.

Kering langs het Lauwersmeer
Voor de kering langs het Lauwersmeer treden dalingen op tot maximaal 24 cm. In het huidige waterhuishoudingsplan en de waterverordening van de provincie Fryslân is de Lauwersmeerkering aangewezen als regionale waterkering. De Lauwersmeerkering zorgt namelijk voor een (sterke) reductie van schade in noordoost Fryslân als de primaire waterkering rondom het Lauwersmeer faalt. Met de provincie Fryslân is afgesproken vooralsnog vanuit dit belang, en vanuit landschappelijk en cultuurhistorisch belang dat Wetterskip Frys-

lân eisen stelt aan deze kering conform de andere voormalige zeedijken. Dat is ‘het in stand houden van profiel en hoogte’ conform situatie 2010 (instandhoudingsnorm), inclusief een beschermingszone voor de stabiliteit van de dijk.

In het waterhuishoudingsplan/waterbeheerplan dat thans door provincie en waterschap wordt opgesteld, staat dat op basis van de berekeningen voor de nieuwe normering voor de omgevingsvisie (2018) gekeken zal worden of de instandhoudingnorm voldoende is of dat er een aanpassing (bijvoorbeeld richting een norm in de vorm van een kans, zoals in het huidige waterhuishoudingsplan beschreven) nodig is. De nieuwe normering voor de omgevingsvisie zal moeten worden getoetst, waarbij de verwachte bodemdaling door gaswinning in 2050 dient te worden meegenomen.

Noordelijke kade langs het Dokkumer Grootdiep
Het Dokkumer Grootdiep is meegenomen in de DAM-toetsing die door Wetterskip Fryslân in 2014 is uitgevoerd. In de hoogtetoets is rekening gehouden met bodemdaling tot 2016 (eind toetsperiode). In het Fase 2 onderzoek wordt gerekend met bodemdaling tot eind 2050. Er zit een groot verschil in tijd tussen de periodes, het verschil in bodemdaling bedraagt maximaal 6 tot 8 cm zijn (2016 vs. 2050). De kering heeft daar waar bodemdaling optreedt een forse overhoogte. Naar verwachting worden er door Wetterskip Fryslân tot 2050 geen verbeteringsprojecten uitgevoerd.

Tabel 5.8. Effect kaden

bodemdaling 1987-2050 (cm)	lengte (km) Lokaal Súd Ie	regionaal noordelijke boezem-kade Dokkumer Grootdiep	regionaal kering Lauwersmeer
5	0,5	1,3	0,0
6	0,4	2,5	1,0
7	0,4	3,8	2,8
8	0,3	0,0	0,8
9	0,3	0,0	0,3
10	0,5	0,0	0,9
11	0,0	0,0	0,6
12	0,0	0,0	0,5
13	0,0	0,0	0,7
14	0,3	0,0	0,4
15	2,2	0,0	0,3
16	1,7	0,0	0,4
17	1,9	0,0	0,3
18	0,0	0,0	0,3
19	0,0	0,0	0,3
20	0,0	0,0	0,8
21	0,0	0,0	0,6
22	0,0	0,0	0,6
23	0,0	0,0	0,7
24	0,0	0,0	0,7
eindtotaal	**8,5**	**7,6**	**12,7**

5.4. Conclusies effecten 2050, bij handhaving peilen t.o.v. NAP

Indien in de autonome situatie met bodemdaling tot 2050 de peilen ten opzichte van NAP gelijk worden gehouden, zullen de peilregelende kunstwerken die zakken door de bodemdaling daarvoor hoger moeten worden ingesteld/aangepast. De effecten in die situatie zijn

samengevat in tabel 5.9. In hoofdstuk 7 (maatregelen) wordt verder uitgewerkt welke maatregelen hiervoor getroffen worden.

Tabel 5.9. Samenvatting effecten 2050 bij handhaving peilen t.o.v. NAP

onderdeel	effecten 2050 bij gelijkblijvende peilen ten opzichte van NAP
gemalen	Negen gemalen verzakken. Gemaal Nes aanpassen in verband met te lage vloerhoogte. Overige gemalen nagaan of werking pompen niet nadelig wordt beïnvloed.
vaste stuwen	Drie vaste stuwen verzakken.
beweegbare stuwen	36 beweegbare stuwen verzakken.
inlaten	31 inlaten verzakken. Geen inlaten vervangen.
peilregulerende duikers	Zes peilregulerende duikers verzakken.
duikers	41 duikers verzakken meer dan 5 cm. Geen duikers vervangen, doorvoercapaciteit blijft voldoende.
syphons	3 syphons verzakken. Geen syphons vervangen, doorvoercapaciteit blijft voldoende.
bruggen	34 bruggen verzakken. Voor varend onderhoud tot dusverre geen problemen met de doorvaarthoogte. Bij eventuele aanpassing brug over Súd Ie in verband met toekomstige vaarfunctie rekening houden met nog maximaal 8 cm bodemdaling tot 2050.
oeverbeschoeiing	12 km oeverbeschoeiing langs de Súd Ie verzakt meer dan 5 cm. Ongeveer 9 km hiervan is natuurlijk verdedigd en ongeveer 3 km heeft een harde beschoeiing.
kaden	Van de lokale kaden langs de Súd Ie zakt 8,5 km meer dan 5 cm. Voor de oostelijke kaden bedraagt de daling 14 tot 17 cm. 12,7 km regionale waterkering langs het Lauwersmeer zakt meer dan 5 cm, tot maximaal 24 cm. De situatie van 2010 dient voor deze kering behouden te blijven. 7,6 km van de noordelijke boezemkade van het Dokkumer Grootdiep zakt 5 á 7 cm in 2050. Deze kade voldoet aan de DAM hoogtetoets van het Wetterskip van 2013.

6. COMPENSATIE BODEMDALING ZONDER PEILVERLAGING

6.1. Inleiding

Om de effecten van bodemdaling te compenseren, zonder verlaging van de waterpeilen ten opzichte van NAP toe te passen, zijn twee typen mogelijke maatregelen uitgewerkt:
1. vergroten waterberging, geen peilverlaging ten opzichte van NAP;
2. vergroten gemaalcapaciteit, geen peilverlaging ten opzichte van NAP.

Deze twee typen maatregelen worden hierna beschreven.

Voor beide typen wordt uitgegaan van een situatie waarbij de peilen volgens het peilbesluit ten opzichte van NAP ook in de toekomst tot 2050 blijven gehandhaafd. Dit betekent dat peilregulerende kunstwerken, die zakken door de bodemdaling in de periode tot 2050, regelmatig hoger zullen moeten worden ingesteld ten opzichte van het lokale maaiveld. De drooglegging neemt daardoor af.

6.2. Vergroten waterberging

6.2.1. Beschrijving maatregel

Bij deze maatregel wordt er van uitgegaan dat de oppervlaktewaterpeilen gelijk blijven ten opzichte van NAP. Om het toegenomen risico op wateroverlast als gevolg van bergingsverlies in de periode van 2010 tot 2050 te compenseren wordt extra waterberging aangelegd in de gebieden waar meer dan 5 cm totale bodemdaling in 2050 optreedt. Daarnaast dienen compenserende maatregelen te worden getroffen voor kaden en kunstwerken.

De benodigde compensatie aan nieuw te graven waterberging (oppervlaktewater dan wel retentie) is per peilgebied weergegeven in tabel II.1 in bijlage II. Hierbij is uitgegaan van de toekomstige drooglegging in 2050 van de laagste 5 % van het maaiveld per peilgebied, ten opzichte van het gemiddelde peil (gemiddelde van zomer- en winterpeil of van boven- en onderpeil). Alleen voor recreatiepark Esonstad en de natte natuurgebieden is uitgegaan van de laagste 50 % van het maaiveld. In totaal gaat het dan om circa 87 hectare aan waterberging. Een eventueel alternatief voor aanleg van waterberging is het periodiek laten inunderen van laag gelegen percelen, en daar een schadevergoeding voor uit te keren.

6.2.2. Effecten

Het verlies aan waterberging in de autonome ontwikkeling wordt gecompenseerd door aanleg van nieuwe waterberging, of door het afwaarderen van gronden die ook zonder bodemdaling al een onvoldoende doelrealisatie hebben door hoge grondwaterstanden. Ruimtelijk gezien betekent dit dat land wordt omgezet naar water.

De effecten op grondwaterstanden en doelrealisatie zijn vergelijkbaar als bij de autonome ontwikkeling. Deze effecten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

De effecten op kaden en kunstwerken zijn vergelijkbaar als bij de autonome ontwikkeling deze effecten zijn beschreven in hoofdstuk 5.

6.3. Vergroten gemaalcapaciteit

6.3.1. Beschrijving maatregel

Bij deze maatregel wordt er van uitgegaan dat de oppervlaktewaterpeilen gelijk blijven ten opzichte van NAP. Om het bergingsverlies als gevolg van bodemdaling in de periode 2010 tot 2050 te compenseren wordt extra bemalingscapaciteit gerealiseerd voor de gebieden waar meer dan 5 cm totale bodemdaling in 2050 optreedt. Daarnaast dienen compenserende maatregelen te worden getroffen voor kaden en kunstwerken.

De benodigde compensatie aan gemaalcapaciteit is per peilgebied weergegeven in tabel II.1 in bijlage II. In totaal gaat het om 11,2 m^3/s extra gemaalcapaciteit voor gemaal Dongerdielen, waar al het water zich uiteindelijk verzamelt. Dit is gelijk aan 670 m^3/min extra capaciteit, en dat is 75 % extra ten opzichte van de huidige capaciteit van 912 m^3/min. Ook de capaciteit van de inliggende kleinere (dalende) bemalingsgebieden en de toevoercapaciteit van het watersysteem naar de gemalen zal in dezelfde orde-grootte moeten worden verhoogd.

Opgemerkt wordt dat al is afgesproken dat het bergingsverlies tot en met 2010 zal worden gecompenseerd door een vergroting van de capaciteit van gemaal Dongerdielen met 300 m^3/min. De totale vergroting zou dan 970 m^3/min bedragen.

6.3.2. Effecten

Het verlies aan waterberging in de autonome ontwikkeling wordt gecompenseerd door uitbreiding van de gemaalcapaciteit. Hiertoe dienen bestaande gemalen te worden aangepast. De ruimtelijke effecten zijn beperkt.

De effecten op grondwaterstanden en doelrealisatie zijn vergelijkbaar als bij de autonome ontwikkeling. Deze effecten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

De effecten op kaden en kunstwerken zijn vergelijkbaar als bij de autonome ontwikkeling deze effecten zijn beschreven in hoofdstuk 5.

6.4. Samenvatting effecten typen maatregelen

In de navolgende tabel is een samenvatting gegeven van de belangrijkste effecten en voor- en nadelen van de typen maatregelen. Naast vergroten gemaalcapaciteit en nieuwe open waterberging aanleggen zijn daarbij ter vergelijking ook de effecten van peilverlaging in de tabel opgenomen. Deze effecten zijn in hoofdstuk 9 uitgebreider beschreven.

Tabel 6.1. Samenvatting effecten typen maatregelen gehele invloedsgebied

	geen peilverlaging ten opzichte van NAP, verlies aan berging		**peilverlaging ten opzichte van NAP (peil volgt bodemdaling per peilgebied), geen verlies aan berging**
onderdeel	**gemaalcapaciteit vergroten (600 m^3/min gemaal Dongerdielen)**	**nieuwe open water berging aanleggen (circa 87 ha)**	
Kwel	Toename kwel door zakken greppels en drains. Extra benodigde gemaalcapaciteit volgens MIPWA circa 0,4 à 1,2 m^3/min.		Toename kwel door zakken greppels en drains en lagere peilen. Extra benodigde gemaalcapaciteit circa 0-,6 à 1,9 m^3/min. Opvoerhoogte neemt toe.
Doelrealisatie landbouw	Neemt af door hogere natschade in deel van het gebied.		Blijft ongeveer gelijk, want drooglegging en GxG's blijven ongeveer gelijk.
Drooglegging	Neem af door daling maaiveld terwijl peil ten opzichte van NAP gelijk blijft.		Blijft ongeveer gelijk. Maaiveld en peil dalen ongeveer even veel.
Mondingen drains	Kunnen onder water komen bij meer dan 10 cm droogleggingsverminderingsvermindering.		Blijven op de zelfde afstand boven water.
Ontwatering/dikte onverzadigde zone	Neemt af door hogere GxG's.		Blijft ongeveer gelijk, want GxG's blijven ongeveer gelijk t.o.v. maaiveld.
Verzilting percelen	Zoute kwel neemt toe door zakken greppels en drains, met 0,008 tot 0,024 mm/dag.		Zoute kwel neemt toe door zakken greppels en drains en door peilverlaging watergangen, met 0,013 tot 0,04 mm/dag.
Verzilting watergangen	Neemt toe door toename zoute kwel naar drains en greppels, die afwateren naar de watergangen.		Neemt toe door toename zoute kwel naar drains en greppels, die afwateren naar de watergangen, en door toename zoute kwel naar de watergangen zelf.
Kunstwerken (stuwen, duikers, e.d.)	Zakkende peilregulerende kunstwerken verhogen of vervangen, afhankelijk van peilgebied en locatie kunstwerk.		Indien peilregulerende kunstwerken even veel dalen als peil dan geen vervanging nodig.
Oeverbeschoeiing	Zakkende oeverbeschoeiing > 5 cm vervangen.		Indien drooglegging ongeveer gelijk blijft geen vervanging nodig.
Kaden	Meer dan 5 cm daling compenseren in kadehoogte. Tenzij de maatgevende waterstand aan de kerende zijde omlaag gaat.		

7. MAATREGELENPAKKET 1: ACCENT OP BERGING

7.1. Algemeen

Maatregelenpakket 1 gaat uit van het realiseren van de noodzakelijke maatregelen ter compensatie van de effecten van bodemdaling, waarbij de volgende beleidsuitgangspunten van Wetterskip Fryslân worden gehanteerd:
- achteruitgang in doelrealisatie wordt voorkomen;
- toename van verzilting van grond- en oppervlaktewater wordt zoveel mogelijk voorkomen, peilverlagingen ten opzichte van NAP zijn daarbij ongewenst;
- om verlies aan bergingsruimte in grond- en oppervlaktewater als gevolg van bodemdaling te compenseren wordt de voorkeursvolgorde Vasthouden-Bergen-Afvoeren (VBA) gehanteerd. Overtollig neerslagwater wordt daarbij zoveel mogelijk in de peilgebieden vastgehouden en geborgen. Afvoeren is de laatste stap, als vasthouden en bergen onmogelijk zijn. Uitbreiding van gemaalcapaciteit past daarom niet in dit beleid;
- peilgebieden worden bij voorkeur niet opgeknipt in kleinere peilgebieden.

Deze uitgangspunten zijn in de volgende paragraaf verder uitgewerkt in een afwegingskader voor dit maatregelenpakket.

7.2. Afweging maatregelen op basis van doelrealisatie en verzilting

Doelrealisatie landbouw
De doelrealisatie voor de landbouw wordt per locatie (pixel) berekend op basis van de natschade plus de droogteschade voor de landbouw op die locatie. Het resultaat per locatie is afhankelijk van de grondwaterstanden (GHG en GLG), het bodemtype en het gewastype. De doelrealisatie is en maat voor de potentiële landbouwkundige opbrengst, en bedraagt maximaal 100 %. Een afname van de doelrealisatie met bijvoorbeeld 5 % geeft aan dat de jaarlijkse landbouwkundige opbrengst met ongeveer 5 % afneemt.

Uit de berekeningsresultaten (zie kaarten in bijlage II en III) blijkt dat de doelrealisatie afneemt op de locaties waar de drooglegging en ontwatering gering zijn. Op deze locaties treedt al in de huidige situatie jaarlijkse natschade voor de landbouw op. Indien op deze locaties het waterpeil ten opzichte van NAP gelijk zou worden gehouden, nemen door de bodemdaling de drooglegging en ontwatering verder af, en neemt de natschade toe.

Een bijkomend aandachtspunt is dat de mondingen van de drains mogelijk niet meer boven het oppervlaktewaterpeil uit komen, als de drains zakken door de bodemdaling en het waterpeil niet. Nadelen hiervan zijn dat de werking van de drains niet goed meer kan worden gecontroleerd, dat er enige tegendruk tegen afstroming van water uit de drains ontstaat, en dat in droge perioden mogelijk zout water uit de sloten de drains in kan stromen. Dergelijke effecten zijn niet meegenomen in de doelrealisatieberekeningen.

Op sommige ‘droge’ locaties, met een grote drooglegging en ontwatering, treedt een verbetering van de doelrealisatie op, door afname van de droogteschade.

Bij het berekenen van de gemiddelde doelrealisatie per peilgebied worden de negatieve effecten soms uitgemiddeld, door de grote omvang van sommige peilgebieden, en/of doordat binnen één peilgebied zowel toename van natschade als afname van droogteschade optreden. Echter, deze nat- en droogteschade binnen één peilgebied kunnen niet zomaar tegen elkaar worden uitgewisseld. Natschade wordt in de agrarische bedrijfsvoering vaak als veel erger ervaren dan droogteschade. Daarnaast zijn de percelen waar toename natschade of afname droogteschade optreedt vaak van verschillende eigenaren. Hierdoor kan een

deel van de agrariërs in een peilgebied natschade oplopen, terwijl de gemiddelde doelrealisatieverandering beperkt is. Bij handhaving van de huidige drooglegging en ontwatering zijn de effecten voor alle agrariërs binnen een peilgebied het meest neutraal.

Zoutschade voor gewassen
Verder wordt opgemerkt dat in de huidige versie van het Waternood instrumentarium (waarmee de doelrealisaties worden berekend) nog geen rekening wordt gehouden met zoutschade voor gewassen. Indien er meer brak of zout grondwater in de wortelzone van de gewassen terecht komt kunnen de planten moeilijker water opnemen, en neemt daardoor de zoutschade toe. In aanvulling op de afname van de doelrealisatie (door toenemende natschade) is daarom ook gekeken naar negatieve effecten door verzilting.

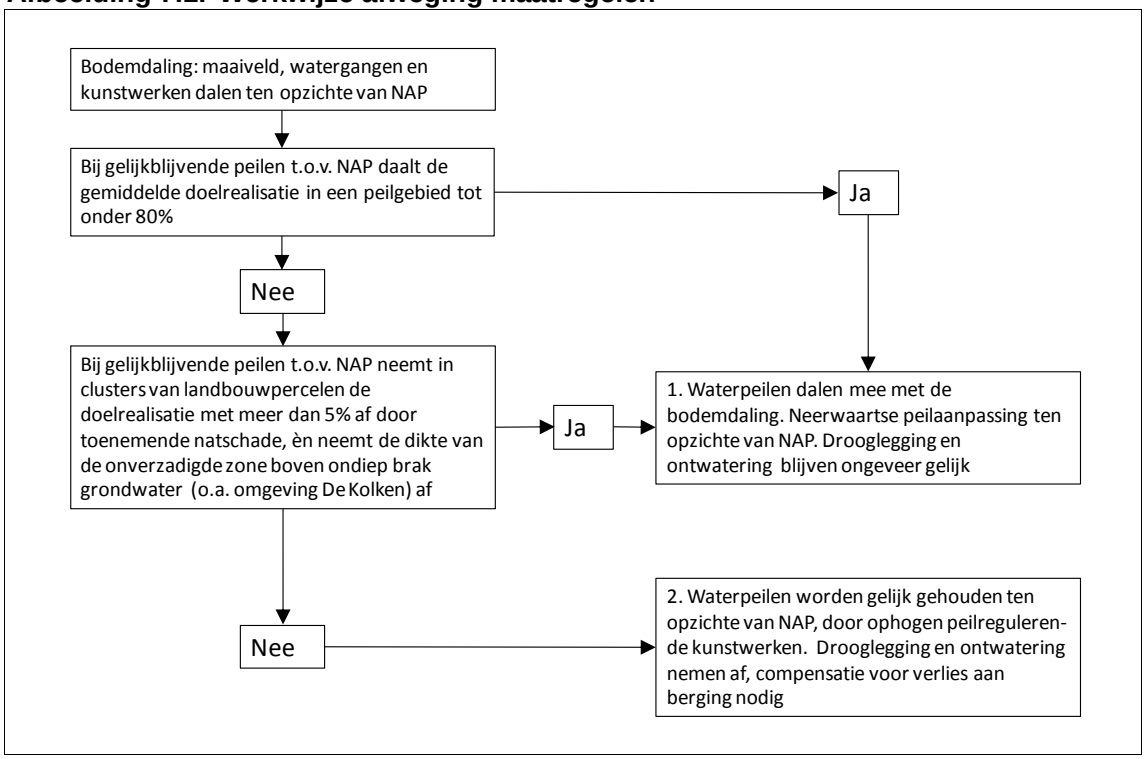
Een mogelijk negatief effect van peilverlaging ten opzichte van NAP is dat de brakke kwel naar met name watergangen, maar ook naar percelen toe kan nemen. Nadelen van brak water in watergangen zijn dat beregening en veedrenking moeilijker of onmogelijk kunnen worden. Uit de resultaten van de grondwatermodelberekeningen met MIPWA 2.1 blijkt echter dat de kweltoename door daling van drains en greppels en eventueel door peilverlaging ten opzichte van NAP in Dongeradeel relatief gering is (ten opzichte van de jaarlijkse waterbalans). Daarnaast is het huidige chloridegehalte van de watergangen in met name De Kolken al hoog en vindt er daarom thans ook praktisch geen beregening uit watergangen plaats en vindt veedrenking ook veel met leidingwater plaats. Wel moet worden opgemerkt dat er naast de bodemdaling door gaswinning ook andere autonome processen in Dongeradeel spelen, die ook leiden tot een toename van de verzilting. Dit betreft de autonome verzilting (door peilverlaging bij de inpoldering), zeespiegelstijging en klimaatverandering (vaker en langere droge perioden).

In de afgelopen jaren is uit diverse onderzoeken naar voren gekomen dat met name het handhaven van de zoete (regen)watervoorraad in de bodem belangrijk is voor de landbouwkundige opbrengst. Vooral in het gebied De Kolken komt daardoor als extra aandachtspunt naar voren dat het ondiepe grondwater daar vaak brak tot zout is. Voor de landbouw is hier de onverzadigde zone (zone tussen maaiveld en verzadigde grondwaterstand) belangrijk, omdat zich hierin een voorraad zoet hangwater (als gevolg van het jaarlijkse neerslagoverschot) bevindt. Voor De Kolken is het daarom (naast behoud van doelrealisatie) extra gewenst om de drooglegging en ontwatering te handhaven, zodat de dikte van de onverzadigde zone, die als zoetwatervoorraad dient, blijft gehandhaafd.

7.3. Werkwijze afweging

Voor de afweging van maatregelen is daarom de werkwijze gehanteerd als weergegeven in afbeelding 7.1.

Afbeelding 7.1. Werkwijze afweging maatregelen



Hierna wordt de werkwijze in stap 1 en 2 verder toegelicht, en wordt ook ingegaan op de uitvoering van de maatregelen.

Stap 1
Indien in een peilgebied bij gelijkblijvende peilen t.o.v. NAP als gevolg van de bodemdaling de doelrealisatie voor de landbouw daalt tot onder 80 % wordt het peil verlaagd. Hetzelfde wordt voorgesteld voor peilgebieden waarbinnen lokaal een duidelijke afname van de doelrealisatie als gevolg van extra natschade optreedt, in combinatie met de aanwezigheid van ondiep brak grondwater (zoals in De Kolken). Een ‘duidelijke afname’ is daarbij gekwantificeerd als de aanwezigheid van een of meer clusters van landbouwpercelen waar de doelrealisatie met meer dan 5 % afneemt.

De voorgestelde neerwaartse peilaanpassing is in dezelfde ordegrootte als de omvang van de bodemdaling in dat peilgebied. Relatief ten opzichte van het maaiveld blijft het peil dan dus gelijk. Hierdoor blijven ook de drooglegging en ontwatering ongeveer gelijk, en wordt extra nat- en zoutschade voor de landbouw als gevolg van bodemdaling voorkomen. Ook komen mondingen van drains niet lager te liggen ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil. Door de neerwaartse peilaanpassing ten opzichte van NAP zal wel de brakke kwel naar watergangen en percelen toenemen, maar volgens de grondwatermodelberekeningen met MIPWA 2.1 is dat effect beperkt.

Voor kleine peilgebieden kan een neerwaartse peilaanpassing vaak zonder noemenswaardige ingrepen worden toegepast, omdat het betreffende peilregulerende kunstwerk auto-

matisch meezakt met de bodemdaling. Voor grotere peilgebieden met daarbinnen veel verschil in mate van bodemdaling kunnen verdergaande ingrepen nodig zijn, bijvoorbeeld het opknippen van peilgebieden en daarmee samenhangende aanpassing van watergangen en kunstwerken. Dit is op zich niet gewenst door het Wetterskip, maar kan toch de beste oplossing zijn.

Stap 2
Indien in een peilgebied de effecten op de doelrealisatie neutraal of positief zijn, en er geen negatieve effecten voor de zoetwaterbeschikbaarheid in de onverzadigde zone zijn, wordt er voor gekozen om het waterpeil niet mee te laten dalen met de bodemdaling, maar de waterpeilen gelijk te houden ten opzichte van NAP. De peilgebiedsindeling hoeft dan niet te worden aangepast, en de brakke kwel naar de watergangen neemt niet toe.

Hiervoor is het nodig om de peilregulerende kunstwerken (die meedalen met de bodemdaling) hoger in te stellen ten opzichte van het lokale maaiveld, waardoor de drooglegging en ontwatering afnemen. Hierdoor treedt een verlies op van waterbergingsruimte in oppervlaktewater en in grondwater. Dit verlies aan berging dient te worden gecompenseerd door aanleg van nieuw open water. Per peilgebied wordt aangegeven hoeveel oppervlakte nieuw open water dit betreft. Deze nieuwe berging wordt bij voorkeur in het betreffende peilgebied zelf gerealiseerd, maar een alternatief is om de berging in een benedenstrooms gelegen peilgebied te realiseren.

7.4. Maatregelen

7.4.1. Algemeen

De resultaten van de afweging en de typen maatregelen per peilgebied zijn op kaart weergegeven in bijlage VI. De benodigde maatregelen per peilgebied zijn beschreven in de tabel in bijlage VII.

Hierna worden de maatregelen samengevat, en verder uitgewerkt.

7.4.2. Aanleg nieuwe open waterberging

Voor het verlies aan waterberging in de periode 2010-2050 dient in totaal 48 hectare open waterberging te worden aangelegd. Hiervan ligt 24 ha in peilgebied DO-13 en 8,6 ha in peilgebied DO-3. In de tabel in bijlage VII is per peilgebied aangegeven hoeveel hectare nieuwe open waterberging aangelegd dient te worden.

De 8,6 ha open waterberging in peilgebied DO-3 heeft een sterk theoretisch gehalte, omdat de bodemdaling hier optreedt in een relatief hoog deel van dit grote peilgebied, terwijl de maatgevende percelen voor wateroverlast in het zuidwestelijke lage deel van dit peilgebied liggen. De daadwerkelijk benodigde oppervlakte open waterberging is in dit peilgebied daarom naar verwachting aanzienlijk lager dan 8,6 ha, dit kan worden bepaald in een NBW-analyse.

7.4.3. Capaciteit gemaal Dongerdielen

Extra vergroting van de capaciteit van gemaal Dongerdielen (ten opzichte van de voor 2010 afgesproken uitbreiding van 300 m^3/min) is niet in het maatregelenvoorstel opgenomen, om de volgende redenen:

- vergroting van de gemaalcapaciteit past niet in het beleid van Vasthouden-Bergen-Afvoeren (VBA) van het Wetterskip. Hierin is afvoeren de laatste stap, als vasthouden en bergen onmogelijk zijn;
- indien het verlies aan waterberging als gevolg van bodemdaling (nieuwste prognose inclusief marge) geheel door middel van afvoercapaciteit opgelost zou moeten worden, zou de gemaalcapaciteit met 670 m^3/min extra uitgebreid moeten worden (ten opzichte van de voor 2010 afgesproken uitbreiding van 300 m^3/min). De totale uitbreiding zou dan 970 m^3/min bedragen. Dit zou meer dan een verdubbeling van de huidige (normale) gemaalcapaciteit van 912 m^3/min betekenen waardoor een buitenproportioneel grote bemalingscapaciteit per ha zou ontstaan;
- indien voor de extra capaciteit een nieuw groot gemaal gerealiseerd zou moeten worden, zouden de investeringskosten daarvoor aanzienlijk zijn. Als bandbreedte voor de kostenraming kan worden uitgegaan van de volgende twee kentallen:
  - ondergrens: op basis van DLG-notitie 2 september 2013 ‘Aanvullend onderzoek waterberging Dongeradeel’: EUR 15.000,00 per m^3/min all-in en inclusief omzetbelasting;
  - bovengrens: EUR 30.000,00 per m^3/min all-in en inclusief omzetbelasting op basis van vergelijkbare studies Witteveen+Bos);
- de kosten voor een extra gemaalcapaciteit van 11,2 m^3/s (670 m^3/min) zouden dan globaal 10 miljoen à 20 miljoen euro inclusief omzetbelasting bedragen;
- dit zijn echter niet alle kosten. Naast uitbreiding van de gemaalcapaciteit is ook vergroting van de afvoercapaciteit van het hele achterliggende watersysteem (watergangen, duikers, stuwen, bruggen, et cetera) noodzakelijk, omdat anders de waterstanden en stroomsnelheden te hoog worden in maatgevende afvoersituaties. Hierdoor zou deze maatregel erg ingrijpend worden. Voor uitwerking van deze maatregelen is een verdergaande analyse nodig met behulp van een hydraulisch afstromingsmodel (SOBEK, module Channel Flow), waarmee tevens getoetst kan worden of aan de normen voor maximale stroomsnelheden en maximale waterstanden wordt voldaan.

Opgemerkt wordt dat voor vergroting van de afvoercapaciteit van het watersysteem naar verwachting zowel verdieping als verbreding van watergangen nodig zal zijn. In geval van verbreding wordt tegelijkertijd ook meer bergingsruimte in de watergangen gerealiseerd. Er is dus een ‘dubbeling’ met de maatregel aanleg van meer open water.

Met betrekking tot de voor 2010 afgesproken uitbreiding van de capaciteit van gemaal Dongerdielen met 300 m^3/min wordt daarom aanbevolen om de daarvoor gelijktijdig benodigde vergroting van de afvoercapaciteit van het achterliggende watersysteem (watergangen, duikers, stuwen, bruggen, et cetera) te ontwerpen met behulp van een hydraulisch waterlopen model (SOBEK, module Channel Flow). Indien daarbij verbreding van watergangen noodzakelijk blijkt, kan die verbreding in mindering worden gebracht op de benodigde oppervlakte nieuw open water.

Daarom wordt aanbevolen om bij de verdere uitwerking/realisatie van de al afgesproken 300 m^3/min extra gemaalcapaciteit gelijktijdig een optimalisatiestudie uit te voeren voor een optimale verdeling tussen (minder) extra gemaalcapaciteit en (meer) nieuw open water.

7.4.4. Kunstwerken, kaden en oeverbeschoeiingen

De dalingen van kunstwerken, kaden en oeverbeschoeiingen zijn beschreven in hoofdstuk 5. Niet elke daling hoeft echter tot vervanging van een object te leiden. Voor de kostenraming zijn de te vervangen kunstwerken bepaald op basis van tabel 5.9 en de maatregelentabel per peilgebied in bijlage VII.

In totaal dienen te worden vervangen:
- drie vaste stuwen, nummers KST- F1056, KST-F11038 en KST-F11324;
- één beweegbare stuw, nummer KST-W102;
- vijf peilregulerende duikers, nummers KDU-F175464, KDU-F175412, KDU-F976504, KDU-F1175, KDU-F101219.

Voor kaden en oeverbeschoeiingen die meer dan 5 cm dalen in de periode 1987-2050 dienen compenserende maatregelen te worden getroffen.

7.4.5. Peilgebied DO-13

De meeste maatregelen zijn nodig in het grote peilgebied DO-13 (2.923 ha). Dit is het centrale peilgebied in het oosten van Dongeradeel, dat rechtstreeks wordt bemalen door gemaal Dongerdielen. Ook de Súd Ie ligt in dit peilgebied, en vormt het belangrijkste toevoerkanaal voor gemaal Dongerdielen. Voor dit peilgebied wordt voorgesteld om in de toekomst het peil ten opzichte van NAP gelijk te houden aan het huidige peil ten opzichte van NAP. Door het verlies aan drooglegging en ontwatering (de bodem daalt en het waterpeil blijft gelijk) treedt daardoor wel verlies aan waterberging op, die zal moeten worden gecompenseerd door aanleg van extra open waterberging.

Omdat peilgebied DO-13 zo uitgestrekt is, zijn er grote verschillen in de mate van bodemdaling binnen dit peilgebied. In het zuidwestelijke deel van peilgebied DO-13 is de totale bodemdaling tot 2050 minder dan 5 cm. Hier zijn geen maatregelen nodig.

In het noordelijke en oostelijke deel van DO-13 treedt in de periode 1987 tot 2050 20 tot 24 cm bodemdaling op door gaswinning. Voor twee laag gelegen zones in dit deel van het peilgebied (nabij De Kolken) wordt voorgesteld om hier twee nieuwe peilgebieden van te maken, die gaan afwateren naar gemaal De Kolk, en hier de peilen mee te laten dalen met de bodemdaling, zoals in de rest van bemalingsgebied De Kolk. Er is hierdoor ongeveer 1 ha minder nieuwe open waterberging nodig, hiermee is al rekening gehouden in de tabel in bijlage VII.

Deze twee nieuwe peilgebieden zijn met een oranje kleur op de maatregelenkaart in bijlage VI weergegeven, en hiervoor zijn de volgende maatregelen nodig:
- nieuw peilgebied creëren voor het noordelijke oranje gebied, tussen Lioessens en Anjum (oppervlakte 68 ha):
  - aanleg 400 m nieuwe hoofdwatergang langs de Ridwei;
  - plaatsen dam in zes zijsloten om verbinding met de Dykster Feart af te sluiten;
  - maken één nieuwe waterinlaat vanuit de Dykster Feart, waarmee een gebied van 600 ha in bemalingsgebied De Kolk van water kan worden voorzien;
  - vervangen huidige inlaatduiker naar peilgebied DO-46 door een nieuwe regelbare stuw, die de verbinding gaat vormen met peilgebied DO-46. Deze stuw dient circa 20 cm hoger ingesteld te worden dan het peil van DO-46, en het peil dient mee te dalen met de bodemdaling;
  - verruimen hoofdwatergangen naar gemaal De Kolk, door het natte doorstroomprofiel met circa 0,20 m^2 te verruimen. Afhankelijk van de huidige afmetingen van de

hoofdwatergangen is enige verdieping daarvoor mogelijk voldoende, er is dan geen verbreding of grondaankoop nodig. Dit betreft:
    - 900 meter hoofdwatergang in peilgebied DO-46;
    - 650 meter hoofdwatergang in peilgebied DO-45;
    - 1.600 meter hoofdwatergang in peilgebied DO-42;
  - realiseren 800 m nieuwe aanvoerwatergang naar aanvoergemaal Alddyk. Het maken van een nieuwe duiker onder de Boltawei en het opwaarderen van enkele huidige perceelsloten lijkt daarvoor de eenvoudigste oplossing;
- nieuw peilgebied creëren voor het oostelijke oranje gebied, tussen Anjum en Ezumazijl (oppervlakte 122 ha):
  - aanleg 700 m nieuwe hoofdwatergang parallel aan de Nije Feart, om afvoer sloten over te nemen;
  - plaatsen dam in vijf zijsloten om verbinding met de Nije Feart af te sluiten;
  - maken één nieuwe waterinlaat vanuit de Nije Feart, waarmee een gebied van 190 ha in bemalingsgebied De Kolk van water kan worden voorzien;
  - vervangen huidige inlaatduiker naar peilgebied DO-44 door een nieuwe regelbare stuw, die de verbinding gaat vormen met peilgebied DO-44. Deze stuw dient circa 20 cm hoger ingesteld te worden dan het peil van DO-44, en het peil dient mee te dalen met de bodemdaling;
  - verruimen hoofdwatergangen naar gemaal De Kolk, door het natte doorstroomprofiel met circa 0,35 m^2 te verruimen. Afhankelijk van de huidige afmetingen van de hoofdwatergangen is enige verdieping daarvoor mogelijk voldoende, er is dan geen verbreding of grondaankoop nodig. Dit betreft:
    - 800 meter hoofdwatergang in peilgebied DO-44;
    - 1.050 meter hoofdwatergang in peilgebied DO-42;
  - verplaatsen (mini)gemaal Eysinga (uit 2013, 4 m^3/min), naar de Grienewei ten zuidoosten van Jewier, om water vanuit de Nije Feart aan te voeren;
- voor beide oranje gebieden samen: vergroten capaciteit van gemaal De Kolk, omdat het afwateringsgebied toeneemt met 190 ha (68 ha + 122 ha), van 643 ha naar 833 ha. Bij een afvoercapaciteit van 13 mm/etmaal betekent dit een toename van de gemaalcapaciteit met 17 m^3/min. Ter vergelijking: de huidige capaciteit van gemaal De Kolk bedraagt 60 m^3/min. Daarnaast dient ook de opvoerhoogte met 20 cm te worden verhoogd. Gemaal De Kolk staat op de revisielijst.

7.4.6. Peilgebied DO-3

Naast peilgebied DO-13 is er nog een groot peilgebied: DO-3 (5.635 ha). Peilgebied DO-3 ligt in het westen van Dongeradeel en watert af via stuw Wetsens naar de Súd Ie en vervolgens naar gemaal Dongerdielen. Peilgebied DO-3 ligt grotendeels buiten het gebied met meer dan 5 cm totale bodemdaling in de periode 1987-2050. Alleen het noordoostelijke deel van het peilgebied ligt binnen de 5 cm dalingscontour. Dit deel van het peilgebied ligt echter relatief hoog, en kent een relatief grote drooglegging. De doelrealisatie voor de landbouw wordt hier dan ook niet negatief beïnvloed door de bodemdaling. Voorgesteld wordt daarom om voor het gehele peilgebied het huidige peil ten opzichte van NAP te handhaven. Door het verlies aan drooglegging en ontwatering (de bodem daalt en het waterpeil blijft gelijk) in het noordoostelijke deel van het peilgebied treedt daardoor wel verlies aan waterberging op, die zal moeten worden gecompenseerd door aanleg van extra open waterberging.

7.4.7. Verder uit te werken in fase 3

In de voorgaande paragrafen en in bijlage VII zijn een aantal zaken aangegeven die op dit moment nog niet helder zijn. Als deze vragen eenvoudig op korte termijn kunnen worden beantwoord kan dit nog in dit eindrapport worden opgenomen. Maar bij verdere uitwerking zal dit in een fase 3 onderzoek plaats dienen te vinden. Deze onderwerpen worden hierna samengevat:

- nader uitwerken locaties en inrichting nieuwe open waterberging;
- optimaliseren al afgesproken uitbreiding van gemaal Dongerdielen met 300 m^3/min met uitbreiding afvoercapaciteit watergangen. Bij verbreding van watergangen wordt daarbij tevens nieuwe open waterberging gerealiseerd;
- verder uitwerken (maatwerk) recreatiepark Esonstad (peilgebied DO-16). Dit gebied kent een specifieke problematiek, waaronder de complexiteit van de eigendomsituatie;
- bij de revisie van gemaal De Kolk rekening houden met extra bemalingscapaciteit als gevolg van toevoeging van twee nieuwe peilgebieden aan het bemalingsgebied;
- nagaan door het Wetterskip of door de invloed van de bodemdaling de volgende gemalen in hun huidige toestand mogelijk niet meer goed blijven functioneren:
  - gemaal Dongerdielen;
  - gemaal Nes;
  - gemaal Alddyk;
- nagaan of laag gelegen strook ten oosten van de Nije Feart geschikt is om in te richten als waterbergingsgebied;
- met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuwen en verdieping en/of verbreding van hoofdwatergangen nodig zijn in de peilgebieden in bemalingsgebied De Kolken, in verband met afwatering van twee nieuwe peilgebieden;
- nagaan wat het effect is van drooggleggingsvermindering voor de eendenkooien in peilgebied DO-26;
- nagaan of neerwaartse peilaanpassing ten opzichte van NAP in peilgebied DO-48 (Nes) acceptabel is voor het westelijke deel van dit peilgebied, in verband met een te grote drooglegging;
- nader uitwerken (maatwerk) peilbeheer en gevolgen voor beleving en beschoeiingen in de relatief kleine bebouwde peilgebieden DO-52, DO-56, DO-58 en DO-59.

7.5. Effecten op kwel en verzilting

De effecten van Maatregelenpakket 1 op kwel en wegzijging zijn in beeld gebracht op basis van de MIPWA-berekeningen voor de situatie in 2050 en het scenario Peil volgt bodemdaling. In de tabel in bijlage IX.6 is per peilgebied de omvang van de kwel opgenomen voor de nulsituatie in 1987 (voor bodemdaling), de situatie in 2050 (zonder peilverlaging) en Maatregelenpakket 1.

In de peilgebieden waar het peil wordt verlaagd in maatregelenpakket 1 wordt een toename van de kwel berekend ten opzichte van de situatie in 2050 zonder peilverlaging.
Uit de tabel blijkt dat door de peilverlaging in De Kolken er een kweltoename van ca. 7-15 % optreedt ten opzichte van 2050. Daarnaast treedt er een kweltoename op van 89-101 % op in de peilgebieden DO-48A en -B. In maatregelenpakket 1 is dit één peilgebied, waar het peil 20 cm wordt verlaagd.

De effecten op verzilting zijn in beeld gebracht door een tabel te maken waarin per peilgebied voor zowel 1987 (nulsituatie), 2050 (zonder peilverlaging) en Maatregelenpakket 1 de volgende kenmerken worden beschreven (zie tabel in bijlage IX.4):

- de chlorideconcentratie onder de deklaag;
- de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater;

- de chloridebelasting vanuit kwel in kg/ha/jaar;
- de verandering van de chloridebelasting (absoluut en relatief).

Voor Maatregelenpakket 1 is de verandering van de chloridebelasting berekend ten opzichte van de situatie in 2050 (zonder peilverlaging) (zie kaart IX.4 in bijlage IX). Hieruit blijkt dat de grootste toename in de absolute chloridebelasting door de peilverlaging optreedt in de peilgebieden in De Kolken en in DO-48A en B. Dit komt overeen met de peilgebieden met de grootste kwelflux. De berekende toename in de chloridebelasting vanuit kwel bedraagt ca. 500-900 kg/ha/jaar.

7.6. Mogelijkheden voor compensatie toename zoute kwel

De extra toename van zoute kwel naar het oppervlaktewater kan worden gecompenseerd door extra door te spoelen met zoet water. Hiervoor dient het zoetwateraanvoersysteem verbeterd te worden. Mogelijkheden hiervoor zijn om de aanvoercapaciteit van het huidige aanvoersysteem vanuit de Friese boezem langs de noordrand van bemalingsgebied Dongeradeel te vergroten (verruimen watergangen, kunstwerken en aanvoergemalen) en/of om de huidige aanvoerroute meer om de lage gebieden met veel zoute kwel heen te leiden, zodat het zoete aanvoerwater onderweg minder wordt opgeladen met chloride. Deze mogelijkheden kunnen in een fase 2 onderzoek verder worden uitgewerkt.

Op perceelsniveau kunnen de effecten van extra zoute kwel worden gecompenseerd door lokale maatregelen die in het kader van het Spaarwater project worden ontwikkeld, zie kader. Nader onderzocht zou kunnen worden of, en zo ja op welke wijze de NAM hier een bijdrage aan zou kunnen leveren.

Project Spaarwater

Op vier pilotlocaties in Noord-Holland, Fryslân en Groningen worden van 2013 tot en met 2016 proeven uitgevoerd met innovatieve oplossingen om verzilting van landbouwgrond tegen te gaan en zoetwatervoorraden te vergroten. Het gaat om het toepassen van zoetwaterinfiltratie, peilgestuurde drainage en druppelirrigatie. Het uiteindelijke doel van het project is het behouden en versterken van een economische levensvatbare landbouwsector in het Waddengebied, een ontwikkeling die door toekomstige verzilting gehinderd kan worden. STOWA ondersteunt dit pilotproject, omdat het aansluit bij de kennisvragen rond klimaatadaptief regionaal waterbeheer.

Bron: www.stowa.nl.

7.7. Uitgangspunten voor fasering van de maatregelen

Voor de fasering van de verschillende typen maatregelen kunnen de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- eventuele peilverlagingen worden doorgevoerd in stappen van 5 cm bij toekomstige herzieningen van het peilbesluit (elke 10 jaar). Dit dient plaats te vinden in 2022, 2032 of 2042. De peilen in het peilbesluit worden tezijnertijd definitief bepaald op basis van de daadwerkelijk opgetreden bodemdaling;
- maatregelen voor ophogen van kaden worden door het Wetterskip gecombineerd uitgevoerd met het groot onderhoud van kaden. Als door de bodemdaling eerder functieverlies dreigt op te treden zal het groot onderhoud (inclusief ophogingen) eerder in de tijd moeten worden uitgevoerd;
- maatregelen voor herstel van beschoeiingen worden door het Wetterskip gecombineerd uitgevoerd met het groot onderhoud van beschoeiingen. Als door de bodemdaling eerder functieverlies dreigt op te treden zal het groot onderhoud eerder in de tijd moeten worden uitgevoerd;

- maatregelen voor behoud van bescherming tegen wateroverlast (uitbreiden gemaalcapaciteit, realisatie nieuwe open waterberging) dienen bij voorkeur zo spoedig mogelijk te worden uitgevoerd, omdat door de al opgetreden bodemdaling door gaswinning inmiddels verlies van berginsgcapaciteit in bodem en oppervlaktewater heeft plaats gevonden. Om de prioritering en fasering in de tijd nader uit te werken wordt aanbevolen om hydraulische berekeningen met een waterstromingsmodel (SOBEK, module Channel Flow) van geheel Dongeradeel uit te voeren, waarbij de bodemdaling wordt meegenomen. De meest urgente lokaties voor realisatie van waterberging zullen daarbij naar voren komen.

7.8. Kostenraming Maatregelenpakket 1

7.8.1. Algemeen

De kostenraming is onderverdeeld in de volgende onderdelen:
- kosten nieuwe open waterberging;
- aanpassingen watersysteem DO-13 en De Kolken Noord;
- kunstwerken;
- kaden;
- beschoeiingen.

Deze onderdelen worden hierna beschreven.

7.8.2. Gebruikte eenheidsprijzen en uitgangspunten

Grondwerk en grondaankoop
In tabel 7.1 zijn de gebruikte eenheidsprijzen voor grondwerk en grondaankoop weergegeven.

Tabel 7.1. Gebruikte eenheidsprijzen kale bouwkosten

kostenpost	eenheid	eenheidsprijs bouwkosten (EUR)
ontgraven grond en afvoeren (geen rekening gehouden met verontreinigde grond)	m^3	5
grondaankoop	m^2	5

Bij de kale bouwkosten moeten nog diverse opslagposten worden opgeteld. De volgende opslagposten zijn daarbij gehanteerd:
- staartkosten 20 %;
- planonvolledigheid 20 %;
- Project Engineering, Administratie en Toezicht (PEAT) 20 %;
- omzetbelasting (BTW) 21 %.

Verder zijn de volgende mogelijke extra kosten niet meegenomen:
- reiniging verontreinigde grond;
- ingrijpende maatregelen voor kabels en leidingen;
- invloeden van marktsituatie.

Kunstwerken, beschoeiingen en kaden
Voor de eenheidsprijzen en kostenraming van het vervangen van kunstwerken en beschoeiingen en het aanpassen van kaden is zoveel mogelijk aangesloten bij de eenheidsprijzen en de SSK-methodiek die in het vorige onderzoek door TAUW (2011) zijn gehanteerd, omdat die toen zijn geaccordeerd door het Wetterskip. Wel is een indexering van 8 % op de prijzen toegepast (CBS prijsindexcijfers), voor de periode 2010-2014.

In de kostenraming is daarbij onderscheid gemaakt tussen voorziene en onvoorziene kosten. De voorziene kosten bestaan uit directe kosten (materiaal) en indirecte kosten (realisatie). Bij indirecte kosten gaat het om nadere detaillering (15 % voor civieltechnische werken en 5 % voor de gemalen), eenmalige, bouwplaats- en uitvoeringskosten (9 %), algemene kosten bouwbedrijf (AK) (8 %), winst en risico (WR) (5 %) en bijdrage aan onder ander RAW (0,3 %). Voor onvoorziene kosten is 10 % object onvoorzien opgenomen.

Verder is conform de SSK-systematiek rekening gehouden met engineering (22 % bij gemalen en 14 % bij civieltechnische werken) en bijkomende kosten (0,3 % CAR-verzekering, 1 % vergunningen en 1 % verkeersmaatregelen).

Verder zijn de volgende mogelijke extra kosten niet meegenomen in de ramingen:
- maatregelen bodemverontreinigingen;
- maatregelen bestaande kabels en leidingen;
- mitigerende of compenserende maatregelen;
- maatregelen flora en fauna;
- opnemen en herstellen verhardingen;
- legeskosten;
- afstemmings- en faseringskosten;
- kap- en rooiwerk bosschages;
- aanplant nieuwe beplantingen;
- electrowerk en telemetrie stuwen, tenzij anders vermeld.

7.8.3. Kostenraming nieuwe open waterberging

Voor diverse peilgebieden dient ter compensatie van de bodemdaling extra open waterberging te worden gerealiseerd. Omdat nog onbekend is op welke locaties deze waterberging zal worden gerealiseerd, kan in dit stadium nog niet goed rekening worden gehouden met de lokale omstandigheden, bijvoorbeeld bereikbaarheid en aanwezigheid van kabels en leidingen. Er is daarom een generieke eenheidsprijs per aan te leggen hectare open waterberging bepaald, op basis van vergelijkbare studies van Witteveen+Bos elders, en op basis van de uitgangspunten in paragraaf 7.8.2.

Voor de kale bouwkosten is uitgegaan van een eenheidsprijs van EUR 5 per m^3. Voor het grondwerk wordt uitgegaan van aanleg van berging in beginsel op laag gelegen locaties, met een drooglegging van circa 1 meter. Daarnaast wordt in de nieuwe open waterberging een gemiddelde waterdiepte van 1 m gerealiseerd. Gezamenlijk resulteert dit in 2 m^3 te ontgraven en verwerken grond per m^2 open waterberging. Er is geen rekening gehouden met verontreinigde grond. Voor een hectare betekent dit het ontgraven en afvoeren van 20.000 m^3 grond, en kale bouwkosten van EUR 100.000,00.

Bij de kale bouwkosten moeten nog diverse opslagposten worden opgeteld, zie paragraaf 7.8.2. De totale all-in bouwkosten per hectare komen dan op EUR 210.000,00.

Voor de aankoop van grond wordt uitgegaan van een gemiddelde prijs van EUR 50.000,00 inclusief omzetbelasting per hectare (Boerderij.nl, grondprijzen noordelijk Fryslân 2014-2015 en Landprijzen.nl, 2012-2014).

Het totaal van bouwkosten en grondaankoopkosten resulteert dan in een eenheidsprijs van EUR 260.000,00 inclusief omzetbelasting per hectare open waterberging. Opgemerkt wordt dat de daadwerkelijke prijs per hectare sterk afhangt van de lokale omstandigheden (locaties nu nog niet bekend) en van afstand voor vervoer, en of de aannemer wat met de grond kan doen of niet.

In de tabel in bijlage VII is de nieuwe open waterberging in ha per peilgebied weergegeven, en ook de kosten daarvan per peilgebied, op basis van de eenheidsprijs van EUR 260.000,00 inclusief omzetbelasting per ha. In totaal dient 48 ha nieuwe open waterberging te worden aangelegd. De totale kosten daarvan bedragen EUR 12.460.000,00 inclusief omzetbelasting.

7.8.4. Twee nieuwe peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk

Twee laag gelegen zones in peilgebied DO-13, direct ten noorden en ten oosten van bemalingsgebied De Kolk (de oranje gebieden op de maatregelenkaart in bijlage VI) worden op een lager oppervlaktewaterpeil ten opzichte van NAP gebracht, door hier twee nieuwe peilgebieden van te maken, en deze aan te sluiten op bemalingsgebied De Kolk. De kosten van de hiervoor benodigde maatregelen zijn weergegeven in tabel 7.2. De onderbouwing van deze kosten is opgenomen in bijlage XI.

Tabel 7.2. Kostenraming twee nieuwe peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk

onderdeel	kosten inclusief omzetbelasting (EUR)
nieuw peilgebied (68 ha) aan noordkant bemalingsgebied De Kolk	225.000,00
nieuw peilgebied (122 ha) aan oostkant bemalingsgebied De Kolk	230.000,00
totaal (afgerond)	460.000,00

Opgemerkt wordt dat deze kosten worden gecompenseerd door lagere kosten voor compensatie van waterberging, omdat in deze twee nieuwe peilgebieden door de peilverlaging geen aanleg van extra open waterberging meer nodig is. Omdat deze twee nieuwe peilgebieden praktisch in het centrum van het bodemdalingsgebied liggen, hoeft hierdoor 3,5 ha minder nieuwe open waterberging te worden aangelegd, wat een bedrag van EUR 910.000,00 bespaart in de totale kostenraming van paragraaf 7.8.3.

7.8.5. Overige kunstwerken

De kostenraming voor de aan te passen kunstwerken zijn weergegeven in tabel 7.3. Dit betreft de kunstwerken die zijn gelegen buiten de twee nieuwe peilgebieden die gaan afwateren naar bemalingsgebied De Kolk.

Tabel 7.3. Kosten door bodemdaling voor kunstwerken

type kunst-werk	code	kenmerken	rest-levens duur	maatregel	voorzien (EUR/m)	onvoorzien (EUR/m)	totaal (EUR)	per-centa-ge voor NAM (%)	kosten NAM (EUR)
peilregu-lerende duiker	KDU-175464		10*	vervangen door dui-ker met stuw	23.096,88	2.309,69	25.407	100	25.407
	KDU-175412		10*		23.096,88	2.309,69	25.407	100	25.407
	KDU-976504		10*		23.096,88	2.309,69	25.407	100	25.407
	KDU-F1175		10*		23.096,88	2.309,69	25.407	100	25.407
	KDU-101219		10*		23.096,88	2.309,69	25.407	100	25.407
beweeg-bare stuw	KST-W102	houten stuw met klep, bouwjaar 1995	5	vervangen door be-tonnen kantelstuw	28.486,08	2.848,61	31.335	10	3.133
vaste stuw	KST- F1056	onbekend	10*	vervangen door be-tonnen kantelstuw	28.486,08	2.848,61	31.335	20	6.267
	KST-F11038	onbekend	10*		28.486,08	2.848,61	31.335	20	6.267
	KST-F11324	onbekend	10*		28.486,08	2.848,61	31.335	20	6.267
subtotaal		**-**					**252.372**		**148.967**
engineering en bijkomende kosten (14 +0,3+1+1%)							41.137		24.282
totaal (excl. BTW)							293.508		
totaal (incl. BTW)							355.145		

* Aanname, nog aan te geven door het Wetterskip.

7.8.6. Gemalen De Kolk en Tibster Ryd

In het onderzoek door TAUW in 2011 is onderzocht wat de kosten zijn van vergroting van de opvoerhoogte en afvoercapaciteit van de gemalen De Kolk en Tibster Ryd. Deze kosten hebben betrekking op het vergroten van de gemaalcapaciteit/vervanging gemaal en de extra energiekosten die de grotere opvoerhoogte met zich mee brengt. In tabel 7.4 worden deze kosten samengevat. Er is hierbij rekening gehouden met 8 % inflatie in de periode 2010-2014.

Daarnaast zijn de jaarlijkse energiekosten verhoogd in verband met de toename van de oppervlakte van het afwaterend gebied doordat twee nieuwe peilgebieden worden toegevoegd aan het bemalingsgebied De Kolk. De bemalen oppervlakte van gemaal De Kolk neemt daardoor toe met 190 ha van 643 ha naar 823 ha. Voor het afmalen van het neerslagoverschot en de kwel in deze 190 ha (ca. 400 mm per jaar) is ongeveer 2.500 kWh nodig. Bij een eenheidsprijs van EUR 0,23 per kWh bedraagt de netto contante waarde hiervan over 100 jaar ongeveer EUR 12.000,00.

In 2011 is geconcludeerd dat de vergroting van de gemaalcapaciteit van De Kolk en Tibster Ryd voor extra opvoerhoogte in verband met bodemdaling niet leidt tot een bijdrage van de NAM in de investeringskosten van de revisie van deze twee gemalen. Een vraag die nog beantwoord moet worden is of de extra vergroting van de capaciteit van gemaal De Kolk in verband met de toename van de bemalen oppervlakte met 190 ha zonder extra kosten kan worden meegenomen in de revisie van gemaal De Kolk. Als de revisie daardoor duurder uitvalt, zijn de extra kosten voor rekening van de NAM.

Tabel 7.4. Kosten aanpassing gemalen De Kolk en Tibster Ryd

omschrijving	voorzien (EUR)	onvoorzien (EUR)	totaal (EUR)	percentage voor NAM (%)	kosten NAM (EUR)
aanpassen gemalen De Kolk en Tibster Ryd	486.440,00	48.644,00	535.084,00	0	0
subtotaal	486.440,00	48.644,00	535.084,00	0	0
engineering en bijkomende kosten (22 + 0,3+1+1 %)			130.025,00		
energiekosten	12.000,00*	n.v.t.	12.000,00	100	12.000,00
totaal (excl. omzetbelasting)			677.109,00		12.000,00
totaal (incl. omzetbelasting)			819.302,00		12.000,00

* Netto contante waarde op basis van toename energieverbruik over 100 jaar.

7.8.7. Kaden en oevers

Kaden Súd Ie

Voor de Súd Ie zijn de kosten opnieuw berekend (tabel 7.5). Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- er wordt rekening gehouden met het Beleidsplan lokale kaden van Wetterskip Fryslân. Hierin is vastgelegd dat de huidige vorm (2015) en afmeting (minimaal hoogte en ligging kruin) van de lokale kaden dienen te worden gehandhaafd (stand still principe). Verder wordt het ophogen van kaden als gevolg van de (historische) bodemdaling door de veroorzaker betaald;
- als basis voor de toerekening van het aandeel bodemdaling is de hoogte van de kaden in 1998 gehanteerd, de bodemdaling als gevolg van gaswinning was toen 0 of nagenoeg 0;
- in de legger van het (voormalige) waterschap Tusken Waed en Ie is bepaald dat de hoogte van de kaden langs de Súd Ie NAP -0,55 m dient te zijn, dit is 75 centimeter boven het oorspronkelijke winterpeil van NAP -1,30 m;
- voor die trajecten die in 2050 hieraan (nog) voldoen is er, op grond van de problematiek bodemdaling, geen reden tot ingrijpen/ophoging;
- voor trajecten die in 1998 nog voldeden maar in 2050 niet meer is het aandeel bodemdaling vastgesteld op 100 %. Immers, zonder bodemdaling zouden deze kaden blijven voldoen aan de in de legger vastgestelde hoogte;
- voor kadetrajecten die ook in 1998 al lager waren dan -0,55 NAP, te weten KZ1 en KZ2, is de verdeling berekend tussen Wetterskip Fryslân en de NAM. Hiervoor is de daling als gevolg van gaswinning afgezet tegen de totaal noodzakelijke ophoging;
- voor de kosten van ophoging is een aanname gedaan van EUR 60,-- per m1, verhoogd met EUR 6,-- onvoorzien. Hierbij is vervolgens nog 14 + 0,3 + 1 + 1 % gerekend voor engineering en bijkomende kosten.

Tabel 7.5. Kosten door bodemdaling voor kaden Súd Ie

segment nr.	lengte (m)	hoogte 2050 (m NAP)	berekende kosten per m1	onvoorzien	kosten aan-pak kade-segment	aandeel bo-demdaling	kosten bo-demdaling
JW1	622	-0,27	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
JW2	622	-0,44	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
JW3	354	-0,47	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
JW4	300	-0,31	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
JW5	370	-0,39	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
JW6	279	-0,59	€ 60,00	€ 6,00	€ 18.414	100%	€ 18.414
KN1	870	-0,66	€ 60,00	€ 6,00	€ 57.420	100%	€ 57.420
KN2	259	-0,31	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
KN3	844	-0,66	€ 60,00	€ 6,00	€ 55.704	100%	€ 55.704
KN4	518	-0,39	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
KN5	446	-0,63	€ 60,00	€ 6,00	€ 29.436	100%	€ 29.436
KZ1	180	-0,76	€ 60,00	€ 6,00	€ 11.880	67%	€ 7.960
KZ2	919	-0,93	€ 60,00	€ 6,00	€ 60.654	39%	€ 23.655
KZ3	332	-0,41	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
KZ4	829	-0,49	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
KZ5	468	-0,61	€ 60,00	€ 6,00	€ 30.888	100%	€ 30.888
KZ6	354	-0,21	€ 60,00	€ 6,00	n.v.t.	0	n.v.t.
Subtotaal					**€ 264.396**		**€ 223.477**
Engineering en bijkomende kosten (14 + 0,3 + 1 + 1 %)					**€ 43.097**		**€ 36.427**
Totaal exclusief BTW					**€ 307.493**		**€ 259.903**
Totaal inclusief BTW					**€ 372.066**		**€ 314.483**

In de bijeenkomst van 15 september 2015 heeft de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân ingestemd met deze berekening. Het aandeel bodemdaling in de kaden Súd Ie is vastgesteld op een bedrag van (afgerond) EUR 315.000,-- inclusief omzetbelasting.

Oevers Súd Ie

Ook voor de oevers van de Súd Ie zijn de kosten opnieuw berekend (tabel 7.6), uitgangspunten hierbij waren:

- aanpassing of vervanging van oeverconstructies is noodzakelijk indien door bodemdaling de hoogteligging van de constructie ten opzichte van het (boezem)peil met meer dan 5 centimeter verandert;
- voor de bepaling van de staat van de oevers en oeverconstructies van de Súd Ie is gebruik gemaakt van de rapportage Onderhoudstoestand oevers Suderie en Dokkumer Grutdjip (Infram, 20 januari 2009) en de in opdracht van de gemeente Dongeradeel door Anteagroup uitgevoerde inventarisatie (Onderhoudstoestand Suderie, resultaten visuele inspectie oeverconstructies, 24 april 2014);
- ten opzichte van de Infram-rapportage zijn in het onderzoek van Anteagroup de oeverdelen SZ6A, SN19a, SN19b enSN19c nieuw toegevoegd. Dit heeft als gevolg dat de totaal geïnspecteerde oeverlengte is toegenomen van 12.020 naar 14.469 meter;
- voor de berekening van het aandeel bodemdaling zijn de oevertrajecten opnieuw geclassificeerd. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:
- voor oevertrajecten die in het onderzoek van Anteagroup nieuw zijn toegevoegd is de aangegeven indeling ongewijzigd overgenomen;
- voor trajecten waarbij de beoordeling van Infram en Anteagroup overeen komen is deze klasse-indeling ongewijzigd overgenomen;

- voor het grootste deel van de oevertrajecten is een klasse-indeling gehanteerd die het midden houdt tussen de Inframrapportage en de opgave van Anteagroup;
- bestaande oeverconstructies worden vervangen door een zelfde of vergelijkbare constructie;
- voor trajecten waar nu sprake is van een natuurlijke verdediging worden geen maatregelen uit hoofde van bodemdaling door aardgaswinning getroffen;
- voor trajecten van de Súd Ie waar een beschoeiing aanwezig is wordt een nieuwe paal-schot constructie aangebracht. Afhankelijk van de situatie wordt deze voorzien van gording en verankering. De kosten hiervan zijn voor deze berekening geraamd op EUR 167,50, de kosten van verwijdering van de oude oeverconstructie worden geraamd op EUR 17,50 per meter. De totale kosten bedragen daarmee EUR 185,-- per meter;
- een houten of hardhouten damwand wordt vervangen door een houten damwand, duurzaamheidsklasse 1, incl. gording en verankering. De kosten hiervan bedragen EUR 420,- per meter, de kosten van verwijdering van de oude oeverconstructie worden geraamd op EUR 17,50 per meter. De totale kosten zijn dan EUR 437,50 per meter;
- een betonnen damwand in klasse I of II (SZ13) wordt vervangen door een betonnen damwand met betonnen deksloof en wrijfgording. De kosten hiervan bedragen EUR 925,-- per meter, de kosten van verwijdering van de oude oeverconstructie worden geraamd op EUR 17,50. De kosten per meter zijn daarmee EUR 942,50;
- voor de berekening is er van uit gegaan dat voor oevervakken met een betonnen damwand met klasseindeling III, IV of V (SN22) de deksloof wordt vervangen door een hogere. De kosten hiervan zijn, indicatief, gesteld op 50 % van de kosten van vervanging/vernieuwing van een betonnen damwand. Deze bedragen EUR 462,50 per meter.

Tabel 7.6. Kosten door bodemdaling voor oeverbeschoeiing Súd Ie

			voorstel klasse					berekening aandeel bodemdaling		
oever-vak	type	lengte (m)	1	2	3	4	5	kosten per m1	totale kosten	aandeel NAM
SZ1	natuurlijk verdedigd	695		347	348			€ 0	€ 0	€ 0
SZ2	beschoeiing	18		9	9			€ 185,00	€ 3.330	€ 1.099
SZ3	natuurlijk verdedigd	181			181			€ 0	€ 0	€ 0
SZ4	beschoeiing	638		128	510			€ 185,00	€ 118.030	€ 50.610
SZ5	natuurlijk verdedigd	767			767			€ 0	€ 0	€ 0
SZ6	natuurlijk verdedigd	311		156	155			€ 0	€ 0	€ 0
SZ6A	natuurlijk verdedigd	1250	1250					€ 0	€ 0	€ 0
SZ7	natuurlijk verdedigd	822		411	411			€ 0	€ 0	€ 0
SZ8	beschoeiing	263	131	132				€ 185,00	€ 48.655	€ 4.029
SZ9	natuurlijk verdedigd	1.939			1.939			€ 0	€ 0	€ 0
SZ9b	hardhouten damwand	36				18	18	€ 437,50	€ 15.750	€ 14.411
SZ9a	beschoeiing	33	16	17				€ 185,00	€ 6.105	€ 519
SZ10	beschoeiing	133	67	66				€ 185,00	€ 24.605	€ 2.015
SZ11	natuurlijk verdedigd	100			100			€ 0	€ 0	€ 0
SZ12	houten damwand	59	29	29				€ 437,50	€ 25.375	€ 2.093
SZ13	betonnen damwand	110		57	56			€ 942,50	€ 106.503	€ 34.990
SN14	natuurlijk verdedigd	1.164		582	582			€ 0	€ 0	€ 0
SN15	beschoeiing	104	52	52				€ 185,00	€ 19.240	€ 1.587
SN16	natuurlijk verdedigd	724		362	362			€ 0	€ 0	€ 0

oever-vak	type	lengte (m)	voorstel klasse 1	2	3	4	5	berekening aandeel bodemdaling kosten per m1	totale kosten	aandeel NAM
SN16a	beschoeiing	54	17	17				€ 185,00	€ 6.290	€ 519
SN16b	hardhouten damwand	32				16	16	€ 437,50	€ 14.000	€ 12.810
SN17	beschoeiing	362	181	181				€ 185,00	€ 66.970	€ 5.525
SN18	natuurlijk verdedigd	713			713			€ 0	€ 0	€ 0
SN18a	beschoeiing	76	76					€ 185,00	€ 14.060	€ 0
SN19	beschoeiing	168		84	84			€ 185,00	€ 31.080	€ 10.256
SN19a	paal-schot	45		45				€ 185,00	€ 8.325	€ 1.374
SN19b	natuurlijk verdedigd	955				955		€ 0	€ 0	€ 0
SN19c	paal-schot	200		200				€ 185,00	€ 37.000	€ 6.105
SN20	beschoeiing	70		35	35			€ 185,00	€ 12.950	€ 4.274
SN21	natuurlijk verdedigd	55		23	22			€ 0	€ 0	€ 0
SN22	betonnen damwand	24			12	12		€ 465	€ 11.160	€ 7.394
SN23	natuurlijk verdedigd	46		23	23			€ 0	€ 0	€ 0
SN24	beschoeiing	461		231	232			€ 185,00	€ 85.655	€ 28.297
SN25	natuurlijk verdedigd	87		44	43			€ 0	€ 0	€ 0
SN26	natuurlijk verdedigd	228		114	114			€ 0	€ 0	€ 0
SN27	houten damwand	63		31	32			€ 437,50	€ 27.563	€ 9.168
SN28	natuurlijk verdedigd	485		242	243			€ 0	€ 0	€ 0
SN29	houten damwand	233		116	117			€ 437,50	€ 101.938	€ 33.712
SN30	natuurlijk verdedigd	403		201	202			€ 0	€ 0	€ 0
SN31	houten damwand	35		18	17			€ 437,50	€ 15.313	€ 4.981
SN32	natuurlijk verdedigd	293		147	146			€ 0	€ 0	€ 0
SN33	houten damwand	34		17	17			€ 437,50	€ 14.875	€ 4.909
Totaal exclusief BTW		**14.469**							**€ 814.770**	**€ 240.676**
Totaal inclusief BTW									**€ 985.870**	**€ 291.220**

Eveneens in de bijeenkomst van 15 september 2015 heeft de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân ingestemd met deze berekening. Het aandeel bodemdaling in de oevers Súd Ie is vastgesteld op een bedrag van (afgerond) EUR 291.000,-- inclusief omzetbelasting.

7.8.8. Samenvatting kostenraming

In tabel 7.7 is een samenvatting weergegeven van de kostenraming van maatregelenpakket 1.

Tabel 7.7. Samenvatting kostenraming Maatregelenpakket 1

onderdeel	kosten inclusief omzetbelasting (EUR)	aandeel NAM inclusief omzetbelasting (EUR)
aanleg nieuwe open waterberging	12.460.000,00	12.460.000,00
twee peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk	460.000,00	460.000,00
overige kunstwerken	360.000,00	210.000,00
aanpassen gemalen De Kolk en Tibster Ryd	820.000,00	10.000,00
kaden Súd Ie	372.000,00	315.000,00
oevers Súd Ie	986.000,00	291.000,00
totaal (zonder PM-posten)	15.458.000,00	13.746.000,00
PM-posten, op dit moment nog niet te ramen: - compensatie toename zoute kwel percelen (bijvoorbeeld bijdrage aan 'Spaarwater' projecten); - compensatie toename verzilting oppervlaktewater (meer of beter doorspoelen); - eventuele bijdrage NAM in revisiekosten gemaal De Kolk i.v.m. hogere capaciteit voor groter bemalen gebied; - eventuele aanpassingen gemalen Dongerdielen, Nes en Alddyk in verband met daling gemaal zelf; - aanpassen noordelijke kade Dokkumer Grootdiep; - aanpassen waterkering langs Lauwersmeer; - maatregelen in recreatiepark Esonstad.	PM	PM

7.8.9. Mogelijkheden voor doelmatige maar soberder uitvoering maatregelen

Uit tabel 7.7 volgt dat de grootste kostenpost de aanleg van nieuwe open waterberging betreft. Voor deze kostenpost zijn diverse opties voor kostenreductie mogelijk, die in fase 3 onderzoeken verder kunnen worden uitgewerkt:

1. nader onderzoeken in hoeverre het thans berekende theoretisch bergingsverlies per peilgebied ook een daadwerkelijk bergingsverlies betekent. Hiervoor is een NBW-analyse nodig. Een duidelijk voorbeeld is peilgebied DO-3: in dit peilgebied treedt alleen meer dan 5 cm bodemdaling op in het hoog gelegen noordoostelijke deel van het peilgebied. Hier treedt daardoor theoretisch een verlies aan berging op. Echter, eventuele inundatie bij extreme buien zal in dit peilgebied niet in deze hoge hoek optreden, maar in de lager gelegen zones in het zuidwesten van het peilgebied. De bodemdaling in het noordoosten heeft hier naar verwachting geen invloed op. Sterker nog, door de bodemdaling worden de watergangen daar breder op de waterlijn, en neemt de bergingsruimte in oppervlaktewater toe. Het netto effect op de benodigde waterberging kan met een NBW-analyse worden bepaald;
2. in de kostenraming is nu uitgegaan van aanleg van nieuwe open waterberging om het bergingsverlies te compenseren. De kosten hiervan bedragen circa EUR 260.000,00 per hectare. Ervaringen van het Wetterskip elders in Fryslân laten zien dat het meestal voordeliger is om geen gronden aan te kopen en te vergraven, maar om bestaande laag gelegen gronden economisch af te waarderen en de schade af te kopen bij de bestaande eigenaren. Vooral voor grasland heeft incidentele inundatie bij extreme buien

slechts beperkte invloed op opbrengstderving. De gekapitaliseerde afkoopsom voor schade kan dan bijvoorbeeld beperkt blijven tot enkele tienduizenden euro's per hectare. Aanbevolen wordt om deze mogelijkheid voor alle peilgebieden nader te onderzoeken. Een bijkomend voordeel van deze oplossing is dat hiervoor het draagvlak in de streek vaak groter is, omdat geen land naar water hoeft te worden omgezet;

3. bij de uitvoering van maatregelen synergie zoeken met andere lopende ontwikkelingen in het gebied. Dit geldt bijvoorbeeld voor anti-verziltingsmaatregelen.

8. MAATREGELENPAKKET 2: BERGING EN PEILAANPASSING

8.1. Algemeen, uitgangspunten

In maatregelenpakket 2 is bezien in hoeverre ten opzichte van maatregelenpakket 1 een kostenreductie mogelijk is, indien het accent minder op berging wordt gelegd, en ook wordt gekeken naar neerwaartse peilaanpassingen ter compensatie van de bodemdaling. Dit is gedaan voor de peilgebieden waar het peil neerwaarts kan worden bijgesteld zonder dat daarvoor ingrijpende maatregelen (zoals nieuwe gemalen) noodzakelijk zijn.

Hoewel peilverlaging ten opzichte van NAP strijdig is met het beleid van het Wetterskip vanwege toenemende verzilting, heeft het volgen van de bodemdaling met het peil ook voordelen:
- de drooglegging, ontwatering (en daarmee de dikte van de onverzadigde zone met zoet water) en de beschikbare berging in de peilgebieden blijven ongeveer gelijk. Ook wordt voorkomen dat eventueel mondingen van drains bij voortgaande bodemdaling onder het oppervlaktewaterpeil komen;
- de kosten zijn relatief laag, omdat bij peilverlaging geen compenserende berging of extra gemaalcapaciteit hoeft te worden gerealiseerd. Daarnaast dalen zowel de peilregulerende kunstwerken als watergangen, oevers en overige kunstwerken in dezelfde mate als het waterpeil. Er zijn daarom minder aanpassingen aan kunstwerken en beschoeiingen nodig.

Voor maatregelenpakket 2 gelden de volgende uitgangspunten:
- de Súd Ie wordt niet opgeknipt en behoudt het huidige peil, vanwege de beoogde vaarwegfunctie. Daarnaast dient het peilgebied waarin de Súd Ie ligt (DO-13) zoveel mogelijk als één peilgebied te worden gehandhaafd, om gemaal Dongerdielen goed te laten blijven functioneren. De berging in dit peilgebied zorgt ervoor dat het gemaal niet te vaak aan- en uitslaat in maalperioden;
- toename van verzilting als gevolg van bodemdaling en als gevolg van compenserende maatregelen voor bodemdaling (peilverlaging ten opzichte van NAP) dient te worden gecompenseerd;
- achteruitgang in doelrealisatie wordt voorkomen;
- verlies aan bergingsruimte in grond- en oppervlaktewater als gevolg van bodemdaling dient te worden gecompenseerd;
- peilgebieden worden bij voorkeur niet opgeknipt in kleinere peilgebieden.

8.2. Beschrijving maatregelenpakket

Maatregelenpakket 2 is op kaart weergegeven in bijlage VIII.1 en nader beschreven per peilgebied in een tabel in bijlage VIII.2.

Zoals beschreven in de uitgangspunten wordt in peilgebied DO-13 geen peilverlaging doorgevoerd. Wel worden net als in het maatregelenpakket 1 twee laag gelegen gebieden ten noorden en oosten van De Kolken ingericht als nieuwe peilgebieden, waar het peil wel de bodemdaling volgt.

Voor het grote peilgebied DO-3 wordt geen peilverlaging voorgesteld, omdat dit niets oplost voor de noordoostelijke hoek van het peilgebied, maar wel leidt tot extra verzilting in het zuidwesten van het peilgebied (waar praktisch geen bodemdaling optreedt). Omdat het peil niet wordt verlaagd zijn wel kosten voor compensatie van waterberging berekend (2,2 miljoen euro). Vanwege de relatief hoge ligging van dit deel van het peilgebied treedt in werkelijkheid echter praktisch geen bergingsverlies op. De daadwerkelijke kosten voor com-

pensatie van waterberging in dit peilgebied kunnen daarom naar verwachting aanzienlijk lager zijn dan thans theoretisch is berekend. Dit kan met een NBW-analyse worden aangetoond.

Voor peilgebied DO-25 dient in fase 3 nader te worden onderzocht of het mee laten zakken van de huidige stuw met de bodemdaling wel acceptabel is. Dit is de Engwierumer polder, die vrij afwatert op het Lauwersmeer waarbij thans al regelmatig wateroverlast optreedt. Bij zakken van de stuw komt de waterafvoer verder onder druk te staan.

8.3. Extra zoute kwel en mogelijkheden voor compensatie

Nadeel van maatregelenpakket 2 is dat de zoute kwel en daarmee de verzilting van met name het oppervlaktewater toe zal nemen. In paragraaf 4.2 zijn deze effecten beschreven. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze verzilting ook bij handhaving van de huidige peilen ten opzichte van NAP al toeneemt, vanwege het dalen van greppels en buisdrainage door de bodemdaling. Volgens de berekeningen met MIPWA 2.1 zorgt het meedalen van het peil met de bodemdaling er voor dat de zoute kwel in het bodemdalingsgebied met gemiddeld een factor 1,5 keer zoveel toeneemt als wanneer het peil gelijk blijft ten opzichte van NAP.

Uit vergelijking van kaart III.10 met VIII.8 volgt dat in Maatregelenpakket 2, ten opzichte van het maatregelenpakket 1, de zoute kwel vooral toeneemt in de peilgebieden ten zuiden van de Súd Ie, waar in maatregelenpakket 2 peilverlaging is doorgerekend, en in maatregelenpakket 1 niet. Ten opzichte van het maatregelenpakket 1 dienen daarom vooral voor deze gebieden extra zoetwatervoorzieningsmaatregelen te worden getroffen.

8.4. Effecten voor de kostenraming

Open water berging
De kosten voor realisatie van nieuwe open water berging worden 4 miljoen euro lager dan in maatregelenpakket 1 (daling van 12,5 miljoen naar 8,5 miljoen euro), omdat in meer peilgebieden het peil de bodemdaling volgt. Dit is per peilgebied beschreven in de tabel in bijlage VIII.2.

Twee peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk
De kosten voor het realiseren van twee nieuwe peilgebieden, die afwateren naar bemalingsgebied De Kolk, wijzigen niet ten opzichte van het maatregelenpakket 1.

Overige kunstwerken
De kosten voor overige (peilregulerende) kunstwerken zoals beschreven bij maatregelenpakket 1, komen geheel te vervallen omdat alle peilregulerende kunstwerken meedalen met de bodemdaling, en daarom bij maatregelenpakket 2 niet hoeven te worden aangepast.

Gemalen De Kolk en Tibster Ryd
De kosten voor aanpassing van gemalen De Kolk en Tibster Ryd wijzigen niet ten opzichte van het maatregelenpakket 1.

Kaden en oevers Súd Ie
De kosten voor aanpassing van kaden en oeverbeschoeiingen langs de Súd Ie wijzigen niet ten opzichte van het maatregelenpakket 1.

Samenvatting kostenraming
In tabel 8.1 is een samenvatting weergegeven van de kostenraming.

Tabel 8.1. Samenvatting kostenraming maatregelenpakket 2

onderdeel	kosten inclusief omzetbelasting (EUR)	aandeel NAM inclusief omzetbelasting (EUR)
aanleg nieuwe open waterberging	8.500.000,00	8.500.000,00
twee peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk	460.000,00	460.000,00
overige kunstwerken	0,00	0,00
aanpassen gemalen De Kolk en Tibster Ryd	820.000,00	10.000,00
kaden Súd Ie	372.000,00	315.000,00
oevers Súd Ie	986.000,00	291.000,00
totaal (zonder PM-posten)	11.138.000,00	9.576.000,00
PM-posten, op dit moment nog niet te ramen: - verbeteren zoetwatervoorziening (hoger dan in maatregelenpakket 1); - eventuele bijdrage NAM in revisiekosten gemaal De Kolk i.v.m. hogere capaciteit voor groter bemalen gebied; - eventuele aanpassingen gemalen Dongerdielen, Nes en Alddyk in verband met daling gemaal zelf; - aanpassen noordelijke kade Dokkumer Grootdiep; - aanpassen waterkering langs Lauwersmeer; - maatregelen in recreatiepark Esonstad.	PM	PM

Uit de kostenraming volgt dat door peilverlaging in een groter aantal peilgebieden dan in maatregelenpakket 1 de kosten voor compensatie van verlies aan waterberging en voor vervanging van peilregulerende kunstwerken lager worden.

De totale (bekende) kosten dalen met 4,3 miljoen euro, van 17 miljoen (maatregelenpakket 1) naar 12,7 miljoen euro. Daar staat echter tegenover dat de verzilting in vooral het gebied ten zuiden van de Súd Ie extra toeneemt, waarvoor extra compenserende maatregelen voor zoetwatervoorziening nodig zijn.

Mogelijkheden voor doelmatige maar soberder uitvoering maatregelen
De mogelijkheden voor een doelmatige maar soberder uitvoering van de maatregelen zijn al beschreven bij maatregelenpakket 1. Deze gelden ook voor de maatregelenpakket 2, daarom wordt hiervoor verwezen naar paragraaf 7.8.9.

9. MAATREGELENPAKKET 3: PEIL VOLGT BODEMDALING

9.1. Algemeen, uitgangspunten

In maatregelenpakket 3 is bezien in hoeverre een kostenreductie mogelijk is indien in zoveel mogelijk peilgebieden het peil de bodemdaling zou volgen. Hoewel peilverlaging ten opzichte van NAP strijdig is met het beleid van het Wetterskip vanwege toenemende verzilting, heeft het volgen van de bodemdaling met het peil ook voordelen:

- de drooglegging, ontwatering (en daarmee de dikte van de onverzadigde zone met zoet water) en de beschikbare berging in de peilgebieden blijven ongeveer gelijk. Ook wordt voorkomen dat eventueel mondingen van drains onder het oppervlaktewaterpeil uit komen;
- de kosten zijn mogelijk relatief laag, omdat bij peilverlaging geen compenserende berging of extra gemaalcapaciteit hoeft te worden gerealiseerd. Daarnaast dalen zowel de peilregulerende kunstwerken als watergangen, oevers en overige kunstwerken in dezelfde mate als het waterpeil. Er zijn daarom minder aanpassingen aan kunstwerken en beschoeiingen nodig.

Voor dit maatregelenpakket gelden de volgende uitgangspunten:

- de Súd Ie wordt niet opgeknipt en behoudt het huidige peil, om de volgende redenen:
  - door de beoogde vaarwegfunctie van de Súd Ie zouden peilverschillen binnen de Súd Ie het nodig maken om één of meerdere nieuwe sluizen en stuwen in de Súd Ie aan te leggen;
  - in de lopende plannen en werkzaamheden aan de Súd Ie wordt uitgegaan van het huidige streefpeil van NAP -1,40 m;
- er worden nieuwe peilgebieden gecreëerd bij 10 cm verschil in bodemdaling. Een praktische uitwerking daarvan is:
  - minder dan 5 cm bodemdaling: geen peilverlaging;
  - 5 tot 15 cm bodemdaling: 10 cm peilverlaging;
  - 15 tot 25 cm bodemdaling: 20 cm peilverlaging.

9.2. Beschrijving maatregelenpakket

Het maatregelenpakket is op kaart weergegeven in bijlage IX.1 en nader beschreven per peilgebied in een tabel in bijlage IX.2.

Zoals beschreven in de uitgangspunten wordt in de Súd Ie geen peilverlaging doorgevoerd. Voor de overige gebieden (waar meer dan 5 cm bodemdaling optreedt) worden peilverlagingen doorgevoerd. Deze peilverlagingen worden gerealiseerd door aanleg van 13 nieuwe afvoergemalen en één nieuw aanvoergemaal. Verder dienen de sloten op de grenzen van de nieuwe peilgebieden (zoals langs de Súd Ie) te worden afgedamd. In dit pakket ontstaan ten opzichte van de huidige situatie zeven nieuwe peilgebieden. De Súd Ie wordt door de maatregelen een soort boezemsysteem, op een hoger peil dan haar omgeving.

Er is gekozen voor nieuwe gemalen als centrale maatregel, omdat dan de huidige waterhuishoudkundige inrichting (aan- en afvoerrichtingen van water) zoveel mogelijk behouden kunnen blijven. Er hoeven dan geen nieuwe watergangen en duikers en dergelijke te worden aangelegd en geen gronden te worden aangekocht (behalve de nieuwe gemaallocaties).

In fase 3 studies kunnen eventueel optimalisatiemogelijkheden worden verkend voor de nieuwe peilgebieden waar meerdere nieuwe gemalen op één peilgebied zijn geplaatst. Mogelijk kan daarbij met één nieuw gemaal per peilgebied worden volstaan, dat is qua beheer

eenvoudiger. Maar dan moet wel het watersysteem in het betreffende peilgebied worden aangepast (aanleg nieuwe watergangen en kunstwerken, verruiming bestaande watergangen en kunstwerken, grondaankoop). De investeringskosten worden daardoor naar verwachting hoger, omdat uiteindelijk per peilgebied wel dezelfde bemalingscapaciteit moet worden aangelegd, terwijl de kosten voor herinrichting van het watersysteem er bij komen.

Voor peilgebied DO-25 is er van uitgegaan dat er ook een nieuw gemaal nodig is. Dit is de Engwierumer polder, die vrij afwatert op het Lauwersmeer waarbij thans al regelmatig wateroverlast optreedt. Bij peilverlaging komt de waterafvoer verder onder druk te staan.

Peilgebied DO-36 (bij Engwierum) staat in open verbinding met de boezem. Om het peil hier te kunnen verlagen is ook een nieuw gemaal nodig, omdat het peil in de boezem niet verlaagd kan worden.

Voor peilgebied DO-51 (ten oosten van Paesens) heeft de huidige vrije afwatering naar het Lauwersmeer voldoende bandbreedte om in de toekomst een peilverlaging van 10 cm te realiseren zonder dat een gemaal nodig is.

9.3. Effecten op grondwaterstanden en doelrealisatie

Op kaart 3 en 4 in bijlage IX is de verandering van de GHG en GLG ten opzichte van de situatie in 1987 zonder bodemdaling opgenomen. De peilverlaging zorgt voor een verlaging van de GLG en GHG, en compenseert daarmee in het bodemdalingsgebied een deel van de vernatting die veroorzaakt wordt door de bodemdaling in 2050. Op enkele plaatsen wordt toch nog een vernatting berekend, namelijk tussen Morra en Oosternijkerk, in een aantal percelen ten zuiden van Nes en in peilgebied DO-13E ten zuidoosten van Anjum. In deze percelen treedt ondanks de peilverlagingen een verhoging op van de GHG met 5 tot 10 cm in 2050. Deze percelen liggen nabij het centrum van het bodemdalingsgebied, waardoor de peilverlaging niet volledig de bodemdaling compenseert.

De verandering van de doelrealisatie ten opzichte van de situatie in 1987 is weergegeven op kaart 5 in bijlage IX. De peilverlaging compenseert een groot deel van de afname in de doelrealisatie landbouw die veroorzaakt wordt door de bodemdaling in 2050. Dit is goed te zien in de peilgebieden in De Kolken DO-33, DO-35, DO-42 tot en met DO-46, en peilgebieden DO-48 en DO-49. In peilgebied DO-46 is aan de rand nog een aandachtspunt zichtbaar. In deze percelen treedt een verhoging van de grondwaterstand op met 3 tot 5 cm. Bovendien staat de grondwaterstand in deze percelen hoog aan maaiveld waardoor deze percelen gevoelig zijn voor ook een beperkte grondwaterstandsverhoging en er toch een toename van natschade wordt berekend. Bovendien ligt er deels akkerbouw op de percelen, dat drogere condities vereist dan het grasland dat in de rest van De Kolken ligt.

Een overzicht van de gemiddelde nat- en droogteschade en doelrealisatie per peilgebied voor het maatregelscenario is opgenomen in de tabel in bijlage IX.6.

9.4. Effecten op kwel

De verandering van de kwel en wegzijging ten opzichte van de situatie in 1987 is opgenomen op kaart 8 in bijlage IX. Op de kaart is het gecombineerde effect zichtbaar van de bodemdaling en de peilverlaging op de kwel en wegzijging.

Zowel de bodemdaling (inclusief dalen van greppels en drains) als de peilverlaging resulteren in een toename van de kwel vanuit het watervoerend pakket. Uit paragraaf 4.2 blijkt dat de bodemdaling resulteert in een toename van de kwel in de percelen. In de waterlopen

wordt een lichte afname van de kwel berekend. Een peilverlaging in de watergangen resulteert in een toename van de kwel naar de watergangen en de directe omgeving van de waterlopen. Kaart 8 geeft aan dat het gecombineerde effect zorgt voor een kweltoename in zowel de percelen als in de waterlopen.

De effecten van het scenario Peil volgt bodemdaling op de kwel en wegzijging per peilgebied zijn in tabel IX_6 opgenomen. Uit de tabel blijkt dat door de peilverlaging in De Kolken er een extra kweltoename van ca. 7-15 % optreedt ten opzichte van 2050 zonder peilverlaging. In de peilgebieden DO-13A, B, C, D en E neemt de kwel door de peilverlaging met 5-18 % toe ten opzichte van 2050. In de peilgebieden DO-48A en B is de kweltoename 36-80 % ten opzichte van de situatie in 2050.

Extra afvoer door kweltoename
Volgens MIPWA bedraagt de gemiddelde toename van de kwel (naar percelen plus naar watergangen) in het bodemdalingsgebied in 2050 ongeveer 0,008 mm/d zonder peilverlaging. Opgemerkt wordt dat vanwege de onzekerheid in de deklaagweerstand de kwelintensiteit een factor 3 hoger kan zijn dan berekend met MIPWA, dus kan oplopen tot 0,024 mm/dag. Voor de oppervlakte van het gebied met meer dan 5 cm bodemdaling (circa 7.100 ha) betekent dat door deze kweltoename er meer afvoer optreedt. De extra af te voeren hoeveelheid water bedraagt 600 tot 1.700 m^3 per etmaal. Om deze extra hoeveelheid kwel af te malen zou een gemaalcapaciteit nodig zijn van 0,4 à 1,2 m^3/min.

In het scenario peil volgt bodemdaling bedraagt de gemiddelde toename van de kwel (naar percelen plus naar watergangen) in het bodemdalingsgebied in 2050 ongeveer 0,017 tot 0,051 mm/dag. De toename van de kwelhoeveelheid in 2050 is dus ongeveer twee keer zo groot als bij het scenario zonder peilverlaging. Voor de oppervlakte van het gebied met meer dan 5 cm bodemdaling (circa 7.100 ha) betekent dit een extra af te voeren hoeveelheid water van 1.200 tot 3.600 m^3 per etmaal. Om deze extra hoeveelheid kwel af te malen zou een gemaalcapaciteit nodig zijn van 0,8 à 2,4 m^3/min.

9.5. Effecten op verzilting

De effecten op verzilting zijn in beeld gebracht in bijlage IX. Hierin zijn kaarten opgenomen van de chloridebelasting door kwel in de referentiesituatie (1987), zie bijlage IX.1 en het huidige landgebruik (bijlage IX.2). Het landgebruik is daarbij onderverdeeld in grasland (minst gevoelig voor verzilting), akkerbouw (matig gevoelig voor verzilting) en overige teelten zoals tuinbouw en koolteelt (meest gevoelig voor verzilting).

In bijlage IX.5 is een kaart opgenomen van de toename van de chloridebelasting in 2050 bij maatregelenpakket 3 ten opzichte van de situatie in 2050 zonder peilverlaging.

De resultaten zijn samengevat in een tabel in bijlage IX.6. In deze tabel is per peilgebied voor zowel 1987 (nulsituatie), 2050 (zonder peilverlaging) en 2050 (scenario Peil volgt bodemdaling) opgenomen:
- de chlorideconcentratie onder de deklaag;
- de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater;
- de chloridebelasting vanuit kwel in kg/ha/jaar;
- de verandering van de chloridebelasting (absoluut en relatief).

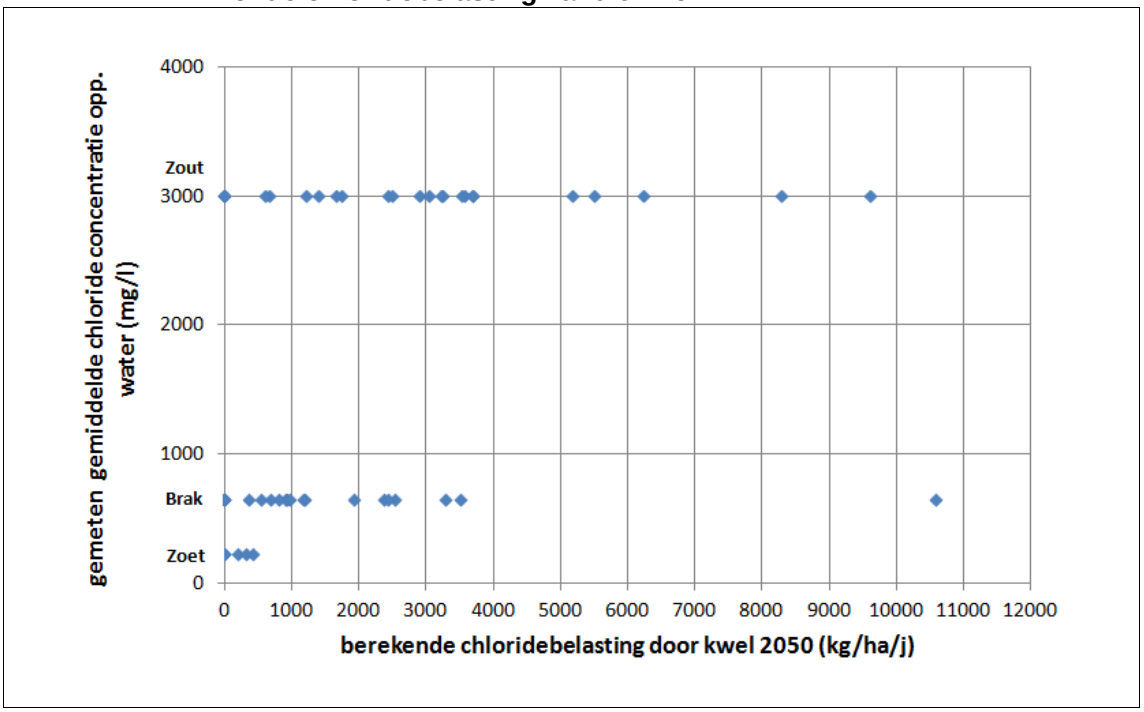
De chloridebelasting vanuit zoute kwel is berekend op basis van de gemiddelde kwelflux in het peilgebied en de chloride concentratie onder de deklaag. Opgemerkt wordt dat de chloridebelasting vanuit kwel niet overeenkomt met de gemeten chloride concentratie in het oppervlaktewater. Dit komt omdat er verdunning van de chloride concentratie optreedt in

het oppervlaktewater als gevolg van inlaat, neerslag en doorspoeling. Om de effecten op chloridegehaltes van het oppervlaktewater in beeld te brengen zouden water- en stoffenbalansen over meerdere jaren gemaakt moeten worden, die vallen nu buiten de scope van het project.

Om toch enig inzicht te krijgen in de relatie tussen de gemeten chloridegehaltes in het oppervlaktewater en de berekende chloridebelasting vanuit zoute kwel is de onderstaande grafiek gemaakt. Hierbij zijn de klasse gemiddelden van de chloridemetingen in het oppervlaktewater uitgezet tegen de berekende chloridebelasting in 2050. Uit de grafiek kan het volgende worden opgemaakt.

- in peilgebieden waar de berekende chloridebelasting groter is dan 500 kg/ha/jaar, bevatten de watergangen brak tot zout oppervlaktewater;
- in peilgebieden waar de berekende chloridebelasting groter is dan 5.000 kg/ha/jaar, bevatten de watergangen zout oppervlaktewater;
- uit de grafiek blijkt dat er geen duidelijk verband is tussen een lage berekende chloridebelasting vanuit kwel en de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater. Het blijkt dat het oppervlaktewater zoet, brak en zout kan zijn bij een lage chloridebelasting vanuit kwel. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het oppervlaktewater in gebieden met een lage chloridebelasting vanuit kwel kan worden opgeladen met zout door afvoer of doorspoeling via zoute peilgebieden;
- er is één uitschieter zichtbaar in de grafiek. In peilgebied DO-3C wordt een opvallend hoge chloridebelasting vanuit kwel berekend maar is het oppervlaktewater in de sloten slechts brak (300-1.000 mg/L) en niet zout. In dit gebied is de deklaagweerstand in MIPWA lokaal erg laag, waardoor er veel (zoute) kwel berekend wordt. Het is de vraag of dit ‘gat in de deklaag’ ook in de werkelijkheid voorkomt. Mogelijk zijn de modeluitkomsten in dit peilgebied daardoor minder betrouwbaar.

Afbeelding 9.1. Relatie tussen gemeten chloridegehaltes oppervlaktewater en berekende chloridebelasting vanuit kwel



Voor het scenario Peil volgt bodemdaling is de verandering van de chloridebelasting in 2050 berekend ten opzichte van de situatie in 2050 zonder peilverlaging (zie kaart in bijla-

ge IX.5). Hieruit blijkt dat de grootste toename in de absolute chloridebelasting in kg/ha/jaar door de peilverlaging optreedt in de peilgebieden DO-45, DO-46, DO-43, DO-03C. De relatieve toename van de chloridebelasting is hoog in DO48A, DO48B en in DO-20, DO-21 en DO-22. Voor deze laatste 3 gebieden geldt dat er in een deel van het gebied wegzijging wordt berekend, die als gevolg van de peilverlaging omslaat naar een kwelsituatie.

Kwalitatieve inschatting negatieve effecten
Op basis van de tabel in bijlage IX.6 is op basis van expert judgement een kwalitatieve inschatting gemaakt van de kans op toename van een negatief effect van verzilting op de landbouw binnen het peilgebied door de peilverlaging. In deze inschatting is de berekende toename van de chloridebelasting en het aandeel akkerbouw en overige gewassen in het peilgebied meegewogen. Dit omdat deze gewassen meer gevoelig zijn voor verzilting dan grasland. De exact gehanteerde criteria voor deze kwalitatieve inschatting zijn opgenomen in de tabel in bijlage IX.6. Het resultaat van deze analyse is de kaart in bijlage IX.7.

Opgemerkt wordt dat de procentuele verandering van de chloridebelasting in de resultaten soms een vertekend beeld geeft, als in een peilgebied de huidige kwel bijna nul is. Daarom is ook de absolute verandering in de chloridevracht in kg/ha/jaar in beeld gebracht.

Uit de kwalitatieve inschatting komen 5 peilgebieden naar voren met een hoge kans op een toename van de negatieve effecten van verzilting op landbouw in het peilgebied zelf door de peilverlaging: DO-20, DO-22, DO-43, DO48B, DO-3C. In deze peilgebieden is de relatieve of absolute toename van de chloridebelasting door de peilverlaging hoog en is er een hoog aandeel akkerbouw of overige landbouw in het gebied. Mogelijk kunnen de effecten op het oppervlaktewatersysteem worden gecompenseerd door maatregelen voor extra doorspoeling.

In 8 peilgebieden is de kans ingeschat als matig. In deze gebieden is de relatieve of absolute toename van de chloridebelasting door de peilverlaging matig, maar is er wel sprake van een hoog aandeel akkerbouw of overige landbouw. In de peilgebieden in De Kolken is de kans op een toename van negatieve effecten door verzilting als gevolg van de peilverlaging ingeschat als klein. In dit gebied komt met name grasland voor, dat minder gevoelig is voor verzilting dan andere gewassen.

In de praktijk kan onderscheid worden gemaakt tussen verzilting in de watergangen en in de percelen.

Watergangen
De peilverlaging zorgt voor een toename van zoute kwel in de watergangen. De chloride concentratie in het oppervlaktewater kan daardoor toenemen. In de praktijk is het oppervlaktewater in het gebied in de huidige situatie al brak tot zout. Er wordt praktisch niet beregend uit de sloten. Wel kan de maatregel zorgen ervoor zorgen dat veedrenking nog ongunstiger of onmogelijk wordt.

Percelen
Zoals in paragraaf 4.2 genoemd, komt het zoute grondwater door alleen de bodemdaling ondieper aan het maaiveld te liggen, waardoor de onverzadigde zone dunner wordt. Het zoute grondwater komt dichter bij de wortelzone van de gewassen. Daarnaast neemt de zoute kwel toe met circa 5-15 % (door daling van greppels en drains). De verziltingssituatie voor de landbouw wordt hierdoor ongunstiger, de zoutschade kan hierdoor toenemen.

Het uitvoeren van de peilverlaging in het bodemdalingsgebied zorgt ervoor dat de dikte van de onverzadigde zone ongeveer gelijk blijft aan de situatie in 1987. Wel neemt de intensiteit

van de zoute kwel toe met circa 10-30 %. Als de onverzadigde zone zoet blijft is er dan meer zoet hangwater beschikbaar voor opname door de gewassen, ten opzichte van de situatie zonder peilverlaging. Dit is gunstig voor de landbouwkundige opbrengst. Echter, als door de toename van de kwel er meer zout in de onverzadigde zone zou doordringen, kan dit ook ongunstig zijn voor de landbouwkundige opbrengst.

Het precieze effect op het zoutgehalte in de wortelzone is afhankelijk van de lokale situatie, waaronder de aanwezigheid van buisdrainage, de drainafstand en diepteligging van de drains en de bodemgesteldheid.

Zoutbelasting bemalingsgebied Dongerdielen
Daarnaast is er ook gekeken naar de effecten van de toegenomen zoutbelasting door kwel op het bemalingsgebied Dongerdielen als geheel. De toegenomen zoutvracht door de extra kwel bij een peilverlaging komt via de bestaande en nieuwe gemalen terecht in de Súd Ie en wordt van daar uitgeslagen op het Lauwersmeer. De chloridegehaltes in de Súd Ie zullen daardoor ook hoger worden. Dit is ongunstig voor een aantal peilgebieden in het oosten van Dongeradeel, die in droge perioden vanuit de Súd Ie van ‘zoet’ water worden voorzien. Dit betreft de peilgebieden DO13C (oostkant), DO13E, DO44, DO47 en enkele kleinere peilgebieden direct ten zuiden van de Súd Ie.

Om de verwachte chloridegehaltes van de Súd Ie beter in beeld te brengen zou een water- en stoffenbalans over een aantal jaren gemaakt moeten worden.

In de tabel in bijlage IX.6 is per peilgebied de toename van de zoutbelasting in kg/jaar weergegeven. De peilgebieden met een toename van meer dan 50.000 kg/jaar zijn gearceerd op kaart X aangegeven. Het gaat om 9 peilgebieden waarin de toename van de zoutvracht via de kwel hoog is. Dit komt door een combinatie van een hoge zoute kweldruk en veelal een groot oppervlak van deze peilgebieden. Een mogelijke mitigerende maatregel om de verzilting in de Súd Ie te verminderen is om deze meer door te spoelen vanuit de Friese boezem.

Geadviseerd wordt om de effecten van de verzilting op het oppervlaktewatersysteem nader te onderzoeken in een watersysteemanalyse, waarbij met een water- en stoffenbalans over een aantal jaren en eventueel een oppervlaktewatermodel de verspreiding van zout gedetailleerder kan worden berekend.

9.6. Mogelijkheden voor compensatie van toename verzilting

De toename van de verzilting zoals beschreven in paragraaf 9.5 kunnen mogelijk worden gecompenseerd. Bij Peil volgt bodemdaling treden de extra negatieve effecten (ten opzichte van bodemdaling zonder peilverlaging in 2050) vooral op in het oppervlaktewater. Stijging van de chloridegehaltes van het oppervlaktewater kunnen worden beperkt door meer of beter door te spoelen in droge perioden.

Hiervoor zouden de huidige doorspoelmogelijkheden met water vanuit de Friese boezem kunnen worden verbeterd. Dit betreft zowel de bestaande noordelijke aanvoerroute (via Ternaard, Wierum, Nes), de inlaatpunten en aanvoerroutes ten zuiden van de Súd Ie (vanuit het Dokkumer Grootdiep), en meer doorspoelen van de Súd Ie zelf (vanuit Dokkum of Dokkumer Grootdiep).

9.7. Effecten voor de kostenraming

Kosten nieuwe gemalen
Om peilverlagingen te kunnen realiseren binnen de huidige grote peilgebieden DO-3 en DO-13 dienen binnen deze grote peilgebieden nieuwe peilgebieden te worden gecreëerd. Omdat het peil van DO-3 en van de Súd Ie niet verlaagd worden, zijn hiervoor nieuwe gemalen nodig. Deze nieuwe gemalen zijn weergegeven op kaart in bijlage IX.1. De afwateringsgebieden per nieuw gemaal zijn op kaart weergegeven in bijlage IX.9. Op basis van deze afwaterende oppervlaktes en een kengetal van 13 mm/etmaal als norm voor de afvoercapaciteit (en 0,3 l/s/ha voor het aanvoergemaaltje) zijn in bijlage IX.10 de benodigde capaciteiten per gemaal, en de bandbreedte van de kosten bepaald.

Afdammen sloten nieuwe peilgebieden
Met name langs de Súd Ie dienen diverse perceelsloten die nu in open verbinding staan met de Súd Ie te worden afgedamd, om het peil in die sloten te kunnen verlagen (de Súd Ie blijft op het huidige peil). Ook voor het realiseren van de twee nieuwe peilgebieden DO-03B en DO-03C dienen een aantal perceelsloten te worden afgedamd. In totaal dienen 30 sloten te worden afgedamd. De kosten hiervoor zijn beschreven in bijlage IX.10.

Open water berging
Bij maatregelenpakket 3 vervallen de kosten voor realisatie van nieuwe open water berging, omdat alleen in de Súd Ie het peil niet de bodemdaling volgt. En voor de Súd Ie wordt uitgegaan van aanpassing van de kades en oevers ter compensatie van de bodemdaling, dus blijft de huidige bergingsruimte in de Súd Ie in principe beschikbaar. De kosten voor waterberging in maatregelenpakket 1 van 12,5 miljoen euro komen daarom te vervallen.

Twee peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk
De kosten voor het realiseren van twee nieuwe peilgebieden in maatregelenpakket 1, die afwateren naar bemalingsgebied De Kolk, komen ook te vervallen, omdat deze nieuwe peilgebieden bij Peil volgt bodemdaling deel gaan uitmaken van grotere nieuwe peilgebieden waar het peil wordt verlaagd.

Overige kunstwerken
De kosten voor overige (peilregulerende) kunstwerken zoals beschreven bij maatregelenpakket 1, komen geheel te vervallen omdat alle peilregulerende kunstwerken meedalen met de bodemdaling, en daarom bij maatregelenpakket 3 niet of nauwelijks hoeven te worden aangepast.

Gemalen De Kolk en Tibster Ryd
De kosten voor aanpassing van gemalen De Kolk en Tibster Ryd wijzigen niet ten opzichte van maatregelenpakket 1.

Kaden en oevers Súd Ie
De kosten voor aanpassing van kaden en oeverbeschoeiingen langs de Súd Ie wijzigen niet ten opzichte van maatregelenpakket 1.

Samenvatting kostenraming
In tabel 9.1 is een samenvatting weergegeven van de kostenraming.

Tabel 9.1. Samenvatting kostenraming maatregelenpakket 3 peil volgt bodemdaling

onderdeel	kosten inclusief omzetbelasting (EUR)	aandeel NAM inclusief omzetbelasting (EUR)
aanleg 14 nieuwe gemalen (bandbreedte kosten)	6.800.000,00 à 13.700.000,00	6.800.000,00 à 13.700.000,00
afdammen sloten nieuwe peilgebieden	85.000,00	85.000,00
aanleg nieuwe open waterberging	0,00	0,00
aanpassen gemalen De Kolk en Tibster Ryd	820.000,00	10.000,00
kaden Súd Ie (voorlopig)	372.000,00	315.000,00
oeverbeschoeiingen Súd Ie (voorlopig)	986.000,00	291.000,00
totaal (zonder PM-posten) (bandbreedte kosten)	9.063.000,00 à 15.963.000,00	7.501.000,00 à 14.401.000,00
PM-posten, op dit moment nog niet te ramen: - herinvesteringskosten en exploitatiekosten 14 nieuwe gemalen (pas te bepalen na realisatie); - verbeteren doorspoelmogelijkheden ter compensatie toename zoute kwel oppervlaktewater (hogere kosten dan in Maatregelenpakket 1 en 2); - compensatie toename zoute kwel percelen (bijvoorbeeld bijdrage aan “Spaarwater” projecten); - eventuele aanpassingen gemalen Dongerdielen, Nes en Alddyk in verband met daling gemaal zelf; - aanpassen noordelijke kade Dokkumer Grootdiep; - aanpassen waterkering langs Lauwersmeer; - maatregelen in recreatiepark Esonstad.	PM	PM

Uit de kostenraming volgt dat de grootste kostenpost bestaat uit het aanleggen van 14 nieuwe gemalen. Omdat de precieze locaties van deze nieuwe gemalen nog niet nader zijn beschouwd is de onzekerheid in de kostenraming nog groot, en is een bandbreedte aangegeven. Deze bandbreedte werkt ook door in de totale kosten.

Als ondergrens voor de investeringskosten van nieuwe gemalen is een bedrag van 15.000,00 euro per m^3/min inclusief omzetbelasting aangehouden, op basis van het DLG-rapport Aanvullend onderzoek waterberging Dongeradeel van 2 september 2013. Als bovengrens is uitgegaan van een bedrag van 30.000,00 euro per m^3/min inclusief omzetbelasting op basis van recente verkennende studies van Witteveen+Bos.

Geconcludeerd kan worden dat de bovengrens van de investeringskosten van maatregelenpakket 3 ongeveer overeenkomt met de kosten van maatregelenpakket 1. De ondergrens van de kosten van maatregelenpakket 3 ligt ongeveer 6,5 miljoen euro lager dan de kosten van maatregelenpakket 1. Wel moet daarbij worden opgemerkt dat de PM-post ‘herinvesteringskosten en exploitatiekosten 14 nieuwe gemalen’ daar nog bij zal komen, en de PM-post ‘verbeteren doorspoelmogelijkheden ter compensatie toename zoute kwel oppervlaktewater’ in maatregelenpakket 3 hoger zal zijn dan in maatregelenpakketten 1 en 2.

De exploitatiekosten en herinvesteringskosten voor de 14 gemalen zijn pas te bepalen na realisatie van de gemalen op basis van de werkelijke kosten. De benodigde maatregelen voor het verbeteren van deze doorspoelmogelijkheden dienen nog nader te worden uitgewerkt.

10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

10.1. Conclusies

10.1.1. Algemeen

In dit fase 2-onderzoek zijn de effecten van bodemdaling door gaswinning in Dongeradeel onderzocht. Bodemdaling door eventuele andere invloeden, zoals bijvoorbeeld veendaling in een deel van het onderzoeksgebied, zijn buiten beschouwing gelaten. Ook andere externe factoren zoals klimaatontwikkeling, zeespiegelrijzing en autonome verzilting zijn buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek.

Voor het aspect waterberging heeft het onderzoek zich gericht op de periode 2010-2050, omdat voor het verlies aan waterberging tot en met 2010 al eerdere afspraken zijn gemaakt. Voor de overige aspecten is voor het onderzoek uitgegaan van de periode 1987-2050. In 1987 was er nog geen bodemdaling door gaswinning in Dongeradeel en 2050 is de verwachte einddatum waarop de gaswinning in Dongeradeel is afgelopen.

Ter compensatie van de effecten van bodemdaling door gaswinning zijn drie verschillende maatregelenpakketten uitgewerkt, waarvan de effecten en kosten in beeld zijn gebracht. Hierna worden per aspect de conclusies beschreven.

10.1.2. Waterberging en kans op inundatie

Als gevolg van de bodemdaling door gaswinning in de periode 2010-2050 neemt bij gelijkblijvende peilen ten opzichte van NAP de beschikbare berging in bodem en oppervlaktewater af, dit is per peilgebied berekend. De totale afname bedraagt 237.000 m^3 aan berging in oppervlaktewater en 333.000 m^3 aan berging in de bodem. Het totale verlies bedraagt 570.000 m^3.

Op basis van expert judgement is bepaald welke peilgebieden en bemalingsgebieden de hoogste inundatiekansen hebben, als gevolg van een combinatie van geringe drooglegging, lage bemalingscapaciteit en beperkte beschikbare berging. Er zijn vijf peilgebieden met een hoge inundatiekans. Hiervan zijn er vier natte natuurgebieden, waar de schade gering zal zijn. Er is één peilgebied (DO-33) met landbouwkundig gebruik in De Kolken met een hoge inundatiekans. Zestien peilgebieden in gebruik als landbouwgrond hebben een matige kans op inundatie in 2050, deze zijn overwegend gelegen in De Kolken en bij Jouswier. Ook in de referentiesituatie (zonder bodemdaling) scoren deze peilgebieden matig.

10.1.3. Grondwaterstanden en doelrealisatie

Als gevolg van bodemdaling door gaswinning in de periode 1987-2050 komen de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in het bodemdalingsgebied 5 tot 20 cm dichter bij het maaiveld te liggen. De berekende stijging van de GLG is groter dan de GHG. Dit komt omdat de hoogte van de GHG wordt beïnvloedt door afwatering via drainagebuizen en greppels. De drainagebuizen en de greppels dalen mee met het maaiveld, waardoor de grondwaterstand ten opzichte van NAP ook daalt.

Voor de situatie zonder bodemdaling (1987) is de gemiddelde doelrealisatie voor de landbouw per peilgebied lager dan 80 % in drie peilgebieden: DO-2, DO-16 en DO-31. In peilgebied DO-02 en DO-31 is de lage doelrealisatie het gevolg van droogteschade. In peilgebied DO-16 is de lage doelrealisatie met name het gevolg van natschade. Voor de situatie

met bodemdaling (2050) geldt dat de gemiddelde doelrealisatie lager is dan 80 % in vier peilgebieden: DO-2, DO-16, DO-31 en DO-46. Alleen in peilgebied DO-46 daalt de doelrealisatie onder de 80 % als gevolg van de bodemdaling.

10.1.4. Kwel en verzilting

In De Kolken treedt volgens de berekeningen in 2050 bij gelijkblijvende peilen ten opzichte van NAP een kweltoename op van 0,01 tot 0,05 mm/dag in de percelen, dit is een toename van ca. 5-20 % ten opzichte van de kwelflux in 1987. In de waterlopen treedt een kwelafname op van ca. 0,01 mm/dag, dit is een afname van ca. 5 % of minder ten opzichte van 1987.

De gemiddelde toename van de kwel (naar percelen plus naar watergangen) in het bodemdalingsgebied in 2050 bedraagt ongeveer 0,008 mm/dag in de situatie zonder peilaanpassing. Vanwege de onzekerheid in de deklaagweerstand kan de kwelintensiteit tot een factor 3 hoger zijn dan berekend met MIPWA. De kweltoename bedraagt in dat geval ca. 0,024 mm/d. Deze berekende kweltoename van 0,008 à 0,024 mm/dag is in absolute zin relatief beperkt ten opzichte van het jaarlijkse gemiddelde neerslagoverschot van circa 1 mm/dag. Hoewel het effect op regenwaterlenzen in de bodem sterk locatie-afhankelijk is en moeilijk te voorspellen, is daarom toch de verwachting dat het effect van de kweltoename op de huidige regenwaterlenzen relatief beperkt zal zijn.

Wel moet worden opgemerkt dat er naast de bodemdaling door gaswinning ook andere autonome processen in Dongeradeel spelen, die ook leiden tot een toename van de verzilting. Dit betreft de autonome verzilting (door peilverlaging bij de inpoldering), zeespiegelstijging en klimaatverandering (vaker en langere droge perioden). In het gebied zal het gecombineerde effect van al deze processen optreden.

10.1.5. Modelonzekerheden

De effecten van bodemdaling en van de compenserende maatregelen zijn doorgerekend met de nieuwste versie van het grondwatermodel MIPWA (versie 2.1), dat nog is verbeterd ten behoeve van deze studie. Dit is te beschouwen als het best beschikbare geschikte modelinstrument op dit moment. Hoewel de berekende absolute waarden van grondwaterstanden en kwel of wegzijging lokaal kunnen afwijken (onder invloed van drains en bodemkenmerken), worden vooral de veranderingen in grondwaterstanden, doelrealisaties en kwel en wegzijging op regionale schaal goed berekend.

De met het MIPWA-model berekende zoute kwelhoeveelheden kennen een aantal onzekerheden. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij de interpretatie van de modelresultaten. De belangrijkste onzekerheden betreffen:

- de weerstand van de deklaag is moeilijk te meten en is een onzekere factor, die echter wel praktisch één op één de berekende hoeveelheid zoute kwel bepaalt. Op basis van een eerdere inschatting van de deklaagweerstand (Deltares, 2008) wordt aanbevolen om rekening te houden met kwelintensiteiten die tot een factor 3 hoger kunnen zijn dan thans berekend met MIPWA. Deze onzekerheid kan van locatie tot locatie verschillen. De berekende absolute waarden voor de hoeveelheid kwel zijn daarom beperkt betrouwbaar. De berekende procentuele veranderingen in de kwelhoeveelheid geven een betere indicatie, behalve daar waar de kwel ongeveer nul is, omdat dan de procentuele verandering een overdreven beeld kan geven;
- in het MIPWA-model is geen rekening gehouden met dichtheidsstroming. Zout water is zwaarder dan zoet water. Omdat in het onderzoeksgebied zowel zout, brak en zoet grondwater aanwezig zijn geeft dit afwijkingen in de berekende resultaten, die per loca-

tie kunnen verschillen. Op locaties waar het water onder de deklaag zout is en het ondiepe (freatische) grondwater zoet, zal de zoute kweldruk in werkelijkheid wat hoger zijn dan is berekend met MIPWA;

- in het MIPWA-model is voor het gehele modelgebied buisdrainage of greppeldrainage ingevoerd. Hoewel in het gebied ook daadwerkelijk veel drainage aanwezig is, kunnen er in werkelijkheid ook locaties zonder drainage zijn. Voor percelen zonder drainage zal de toename van zoute kwel als gevolg van bodemdaling in werkelijkheid lager zijn dan is berekend met MIPWA.

10.1.6. Effecten hoofdtypen maatregelen

In de navolgende tabel is een samenvatting gegeven van de belangrijkste effecten en voor- en nadelen van de drie hoofdtypen van maatregelen, zoals berekend voor het onderzoeksgebied als geheel.

Tabel 10.1. Samenvatting effecten typen maatregelen, gehele onderzoeksgebied

	geen peilverlaging ten opzichte van NAP, verlies aan berging		**peilverlaging ten opzichte van NAP (peil volgt bodemdaling per peilgebied, geen verlies aan berging)**
onderdeel	**gemaalcapaciteit vergroten (670 m^3/min gemaal Dongerdielen)**	**nieuwe open water berging aanleggen (circa 87 ha)**	
Kwel	Toename kwel door zakken greppels en drains. Extra benodigde gemaalcapaciteit volgens MIPWA circa 0,4 à 1,2 m^3/min.		Toename kwel door zakken greppels en drains en lagere peilen. Extra benodigde gemaalcapaciteit circa 0-,6 à 1,9 m^3/min. Opvoerhoogte neemt toe.
Doelrealisatie landbouw	Neemt af door hogere natschade in deel van het gebied.		Blijft ongeveer gelijk, want drooglegging en grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld blijven ongeveer gelijk.
Drooglegging	Neem af door daling maaiveld terwijl peil ten opzichte van NAP gelijk blijft.		Blijft ongeveer gelijk. Maaiveld en peil dalen ongeveer even veel.
Mondingen drains	Kunnen onder water komen bij meer dan 10 cm drooglegingsvermindering.		Blijven op de zelfde afstand boven water.
Ontwatering/dikte onverzadigde zone	Neemt af door hogere grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld.		Blijft ongeveer gelijk, want grondwaterstanden blijven ongeveer gelijk ten opzichte van maaiveld.
Verzilting percelen	Zoute kwel neemt toe door zakken greppels en drains, met 0,008 tot 0,024 mm/dag.		Zoute kwel neemt toe door zakken greppels en drains en door peilverlaging watergangen, met 0,013 tot 0,04 mm/dag.
Verzilting watergangen	Neemt toe door toename zoute kwel naar drains en greppels, die afwateren naar de watergangen.		Neemt toe door toename zoute kwel naar drains en greppels, die afwateren naar de watergangen, en door toename zoute kwel naar de watergangen zelf.
Kunstwerken (stuwen, duikers, e.d.)	Zakkende peilregulerende kunstwerken verhogen of vervangen, afhankelijk van peilgebied en locatie kunstwerk.		Indien peilregulerende kunstwerken even veel dalen als peil dan geen vervanging nodig.
Oeverbeschoeiing	Zakkende oeverbeschoeiing > 5 cm vervangen.		Indien drooglegging ongeveer gelijk blijft geen vervanging nodig.
Kaden	Meer dan 5 cm daling compenseren in kadehoogte. Tenzij de maatgevende waterstand aan de kerende zijde omlaag gaat.		

De in tabel 10.1 genoemde extra vergroting van de capaciteit van gemaal Dongerdielen (ten opzichte van de voor 2010 afgesproken uitbreiding van 300 m^3/min) is in dit onderzoek niet verder onderzocht, om de volgende redenen:

- vergroting van de gemaalcapaciteit past niet in het beleid van Vasthouden-Bergen-Afvoeren (VBA) van het Wetterskip;
- de kosten voor een extra gemaalcapaciteit van 670 m^3/min zouden globaal 10 à 20 miljoen euro inclusief omzetbelasting bedragen;
- daarnaast dient echter de afvoercapaciteit van het hele achterliggende watersysteem (watergangen, duikers, stuwen, bruggen, et cetera) vergroot te worden, omdat anders de waterstanden en stroomsnelheden te hoog worden in maatgevende afvoersituaties. Hierdoor zou deze maatregel erg ingrijpend worden.

10.1.7. Maatregelenpakketten

Er zijn drie maatregelenpakketten uitgewerkt op peilgebiedsniveau, die zich richten op verschillende combinaties van waterberging en peilaanpassing (peil volgt bodemdaling). In tabel 10.2 is een samenvatting gegeven van de investeringskosten van deze drie pakketten. In de volgende paragrafen wordt verder op de maatregelpakketten ingegaan.

Tabel 10.2. Investeringskosten drie maatregelenpakketten, inclusief omzetbelasting

onderdeel	**maatregelenpakket 1** accent op berging	**maatregelenpakket 2** berging en peilaanpassing	**maatregelenpakket 3** peil volgt bodemdaling
aanleg nieuwe open waterberging	12.460.000,00	8.500.000,00	0,00
twee peilgebieden naar bemalingsgebied De Kolk	460.000,00	460.000,00	0,00
overige kunstwerken	360.000,00	0,00	0,00
aanpassen gemalen De Kolk en Tibster Ryd	820.000,00	820.000,00	820.000,00
kaden Súd Ie	372.000,00	372.000,00	372.000,00
oevers Súd Ie	986.000,00	986.000,00	986.000,00
14 nieuwe gemalen	0,00	0,00	6.800.000,00 à 13.700.000,00
afdammen sloten nieuwe peilgebieden	0,00	0,00	85.000,00
totale kosten (zonder PM-posten)	15.458.000,00	11.138.000,00	9.063.000,00 à 15.963.000,00
totaal aandeel NAM	13.746.000,00	9.576.000,00	7.501.000,00 à 14.401.000,00

PM-posten, op dit moment nog niet te ramen:

- herinvesteringskosten en exploitatiekosten 14 nieuwe gemalen (alleen maatregelenpakket 3);
- verbeteren zoetwatervoorziening (kosten het hoogst in maatregelenpakket 3, dan pakket 2 en dan pakket 1);
- eventuele bijdrage NAM in revisiekosten gemaal De Kolk i.v.m. hogere capaciteit voor groter bemalen gebied;
- eventuele aanpassingen gemalen Dongerdielen, Nes en Alddyk in verband met daling gemaal zelf;
- aanpassen noordelijke kade Dokkumer Grootdiep en waterkering langs Lauwersmeer;
- maatregelen in recreatiepark Esonstad. Dit gebied kent een specifieke problematiek, waaronder de complexiteit van de eigendomsituatie.

Maatregelenpakket 2 is ongeveer vier miljoen euro goedkoper dan maatregelenpakket 1. Wel zullen de kosten voor verbetering van de zoetwatervoorziening (PM-post) voor maatregelenpakket 2 hoger zijn dan voor maatregelenpakket 1. Ook dient hierbij te worden opgemerkt dat de kosten voor maatregelenpakket 1 relatief hoog zijn door de hoge kosten

voor aanleg van nieuwe open waterberging. Mogelijk kan deze maatregel soberder en doelmatiger worden uitgevoerd, zie de volgende paragraaf.

Maatregelenpakket 3 kent een bandbreedte in de kostenraming, vanwege de onzekerheid in de daadwerkelijke kosten van 14 nieuwe gemalen. De bovengrens van de kosten van maatregelenpakket 3 komt ongeveer overeen met de kosten van maatregelenpakket 1. De ondergrens van de kosten van de maatregelenpakket 3 ligt ongeveer twee miljoen euro lager dan de kosten van maatregelenpakket 2. Wel moet daarbij worden opgemerkt dat de PM-post 'herinvesteringskosten en exploitatiekosten 14 nieuwe gemalen' hier nog bij komt. En dat de kosten voor verbetering van de zoetwatervoorziening (PM-post) in maatregelenpakket 3 hoger zullen zijn dan in maatregelenpakket 2.

10.1.8. Mogelijkheden soberder maar doelmatige uitvoering maatregelen

Uit tabel 10.2 volgt dat de grootste kostenpost in maatregelenpakketten 1 en 2 de aanleg van nieuwe open waterberging betreft. Voor deze kostenpost zijn er mogelijk opties voor kostenreductie, die in fase 3 onderzoeken verder kunnen worden uitgewerkt:

1. nader onderzoeken in hoeverre het thans berekende theoretisch bergingsverlies per peilgebied ook een daadwerkelijk bergingsverlies betekent dat (volledig) gecompenseerd moet worden. Een duidelijk voorbeeld is het grote peilgebied DO-3 (kosten nieuwe berging 2,2 miljoen euro): in dit peilgebied treedt alleen bodemdaling op in het hoog gelegen noordoostelijke deel van het peilgebied. Hier treedt daardoor theoretisch een verlies aan berging op. Echter, eventuele inundatie bij extreme buien zal in dit peilgebied niet in deze hoge hoek optreden, maar in de lager gelegen zones in het zuidwesten van het peilgebied (buiten de bodemdalingcontouren). De bodemdaling in het noordoosten heeft hier naar verwachting geen invloed op. Het netto effect op de benodigde waterberging kan met een NBW-analyse worden bepaald;
2. in de kostenraming is nu uitgegaan van aanleg van nieuwe open waterberging om het bergingsverlies te compenseren. De kosten hiervan bedragen circa EUR 260.000,00 per hectare. Ervaringen van het Wetterskip elders in Fryslân laten zien dat het meestal voordeliger is om geen gronden aan te kopen en te vergraven, maar om bestaande laag gelegen gronden economisch af te waarderen en de schade af te kopen bij de bestaande eigenaren. De gekapitaliseerde afkoopsom voor schade kan dan mogelijk beperkt blijven tot enkele tienduizenden euro's per hectare. Een bijkomend voordeel van deze oplossing is dat hiervoor het draagvlak in de streek vaak groter is, omdat geen land naar water hoeft te worden omgezet;
3. bij de uitvoering van maatregelen synergie zoeken met andere lopende ontwikkelingen in het gebied. Dit geldt bijvoorbeeld voor anti-verziltingsmaatregelen.

10.1.9. Verzilting binnen peilgebieden

Op basis van expert judgement is een kwalitatieve inschatting gemaakt van de kans op toename van een negatief effect van verzilting op de landbouw binnen de peilgebieden door neerwaartse peilaanpassing ten opzichte van NAP (peil volgt bodemdaling). Daartoe zijn de effecten van maatregelenpakket 3 (grootste invloed van neerwaartse peilaanpassingen) vergeleken met een situatie zonder neerwaartse peilaanpassingen.

In deze inschatting is de berekende toename van de chloridebelasting en het aandeel akkerbouw en overige gewassen (zoals kool) in het peilgebied meegewogen. Dit omdat deze gewassen meer gevoelig zijn voor verzilting dan grasland. Opgemerkt wordt dat de procentuele verandering van de chloridebelasting in de resultaten soms een vertekend beeld geeft, als in een peilgebied de huidige kwel bijna nul is. Daarom is ook de absolute verandering in de chloridevracht in kg/ha/jaar in beeld gebracht.

Er komen 5 peilgebieden naar voren met een hoge kans op een toename van de negatieve effecten van verzilting op landbouw in het peilgebied zelf door neerwaartse peilaanpassing: DO-20, DO-22, DO-43, DO48B, DO-3C. In deze peilgebieden is de relatieve of absolute toename van de chloridebelasting door de peilverlaging hoog en is er een hoog aandeel akkerbouw of overige landbouw in het gebied. Mogelijk kunnen de effecten op het oppervlaktewatersysteem hier worden gecompenseerd door maatregelen voor extra doorspoeling.

In 8 peilgebieden is de kans ingeschat als matig. In deze gebieden is de relatieve of absolute toename van de chloridebelasting door de peilverlaging matig, maar is er wel sprake van een hoog aandeel akkerbouw of overige landbouw. In de peilgebieden in De Kolken is de kans op een toename van negatieve effecten door verzilting als gevolg van de peilverlaging ingeschat als klein. In dit gebied komt met name grasland voor, dat minder gevoelig is voor verzilting dan andere gewassen.

Overigens zal ook bij maatregelenpakketten 1 en 2 de zoutbelasting in de peilgebieden toenemen, maar in mindere mate dan bij maatregelenpakket 3.

Zoutbelasting bemalingsgebied Dongerdielen als geheel
De chloridegehaltes in de Súd Ie zullen bij Maatregelenpakket 3 (peil volgt bodemdaling) ook hoger worden. Dit is ongunstig voor een aantal peilgebieden in het oosten van Dongeradeel, die in droge perioden vanuit de Súd Ie van ‘zoet’ water worden voorzien. Dit betreft de peilgebieden DO13C (oostkant), DO13E, DO44, DO47 en enkele kleinere peilgebieden direct ten zuiden van de Súd Ie. Er zijn 9 peilgebieden die bij Peil volgt bodemdaling een extra toename van de zoutbelasting op de Súd Ie geven van meer dan 50.000 kg/jaar. Dit komt door een combinatie van een hoge zoute kweldruk en veelal een groot oppervlak van deze peilgebieden.

Overigens zal ook bij maatregelenpakketten 1 en 2 de zoutbelasting van de Súd Ie toenemen, maar in mindere mate dan bij maatregelenpakket 3.

Bij Maatregelenpakket 3 (en in mindere mate bij maatregelenpakketten 1 en 2) treden de extra negatieve effecten op verzilting (ten opzichte van bodemdaling zonder peilverlaging in 2050) vooral op in het oppervlaktewater. Stijging van de chloridegehaltes van het oppervlaktewater kunnen worden beperkt door meer of beter door te spoelen in droge perioden. Hiervoor zouden de huidige doorspoelmogelijkheden met water vanuit de Friese boezem kunnen worden verbeterd. Dit betreft zowel de bestaande noordelijke aanvoerroute (via Ternaard, Wierum, Nes), de inlaatpunten en aanvoerroutes ten zuiden van de Súd Ie (vanuit het Dokkumer Grootdiep), en meer doorspoelen van de Súd Ie zelf (vanuit Dokkum of Dokkumer Grootdiep).

10.2. Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om bij de verdere uitwerking/realisatie van de al afgesproken 300 m^3/min extra gemaalcapaciteit bij gemaal Dongerdielen gelijktijdig een optimalisatiestudie uit te voeren voor een optimale verdeling tussen (minder) extra gemaalcapaciteit en (meer) nieuw open water, met behulp van een waterstromingsmodel (SOBEK, module Channel Flow).

Ook voor een eventuele verdere optimalisatie van maatregelen in peilgebieden (nieuwe waterberging, watergangen of gemalen) wordt aanbevolen gebruik te maken van een waterstromingsmodel.

Aanbevolen wordt de mogelijkheden voor een doelmatige maar soberder uitvoering van met name de maatregel nieuwe open waterberging nader uit te werken in fase 3 onderzoeken.

Aanbevolen wordt om de effecten van de verzilting op het oppervlaktewatersysteem nader te onderzoeken in een watersysteemanalyse, waarbij met een water- en stoffenbalans over een aantal jaren en eventueel een oppervlaktewaterstromingsmodel de verspreiding van zout beter kan worden berekend.

Aanbevolen wordt om een gezamenlijke integrale visie op de verziltingsproblematiek in het bodemdalingsgebied in Dongeradeel op te stellen, door Wetterskip Fryslân met bodemdalingscommissie/NAM en eventueel andere partijen. Reden hiervoor is dat de komende 30 jaar de verzilting in het gebied zal toenemen door zowel autonome ontwikkelingen (autonome verzilting, zeespiegelstijging, klimaatontwikkeling) als door de bodemdaling door gaswinning. Een gezamenlijke visie kan daarbij helpen om tot gerichter en doelmatiger maatregelen te komen.

11. REFERENTIES

DLG, Rapport Aanvullend onderzoek waterberging Dongeradeel, 26 september 2013. Plus aanvullend advies van 15 januari 2014.

INFRAM B.V., Onderhoudstoestand oevers Suderie en Dokkumer Grutdjip, 2009.

TAUW, Effectbepaling bodemdaling voor kunstwerken en kaden in Dongeradielen, 25 maart 2011.

Deltares, Watergebiedsplan Dongeradeel; Technisch achtergronddocument, 2010.

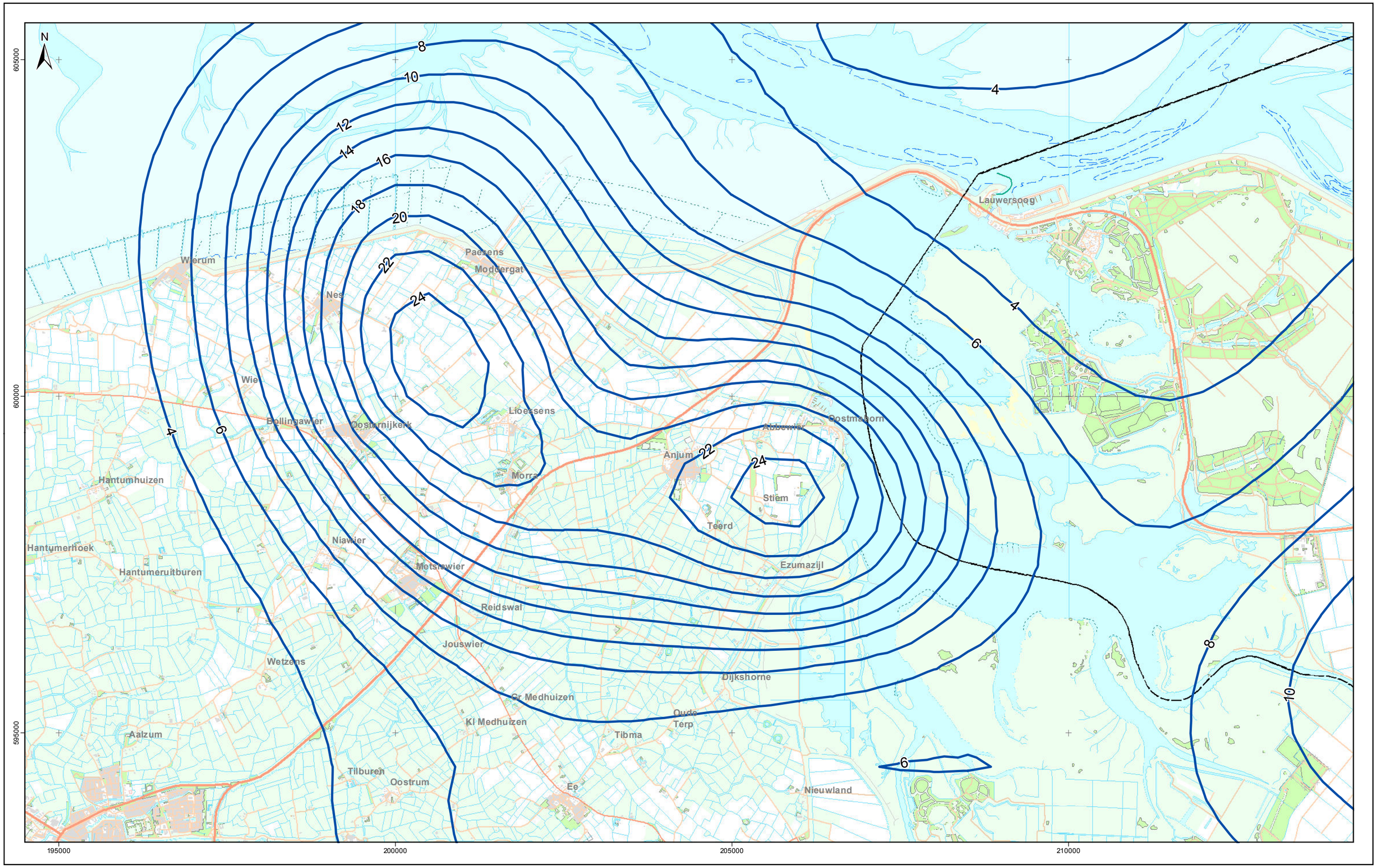
TNO Bouw en Ondergrond, Oriënterende studie verzilting Dongeradeel, 6 juni 2008.

Ingenieursbureau voor cultuurtechniek, Orienterend onderzoek naar de gevolgen van bodemdaling door aadgaswinning op de waterhuishouding in Fryslân, 1996.

Wetterskip Fryslân, Watergebiedsplan Dongeradeel, oktober 2012.

Wetterskip Fryslân, Toelichting peilbesluit Dongeradeel, april 2012.

BIJLAGE I KAARTBIJLAGE ALGEMEEN



Original page size A4

1:50 462

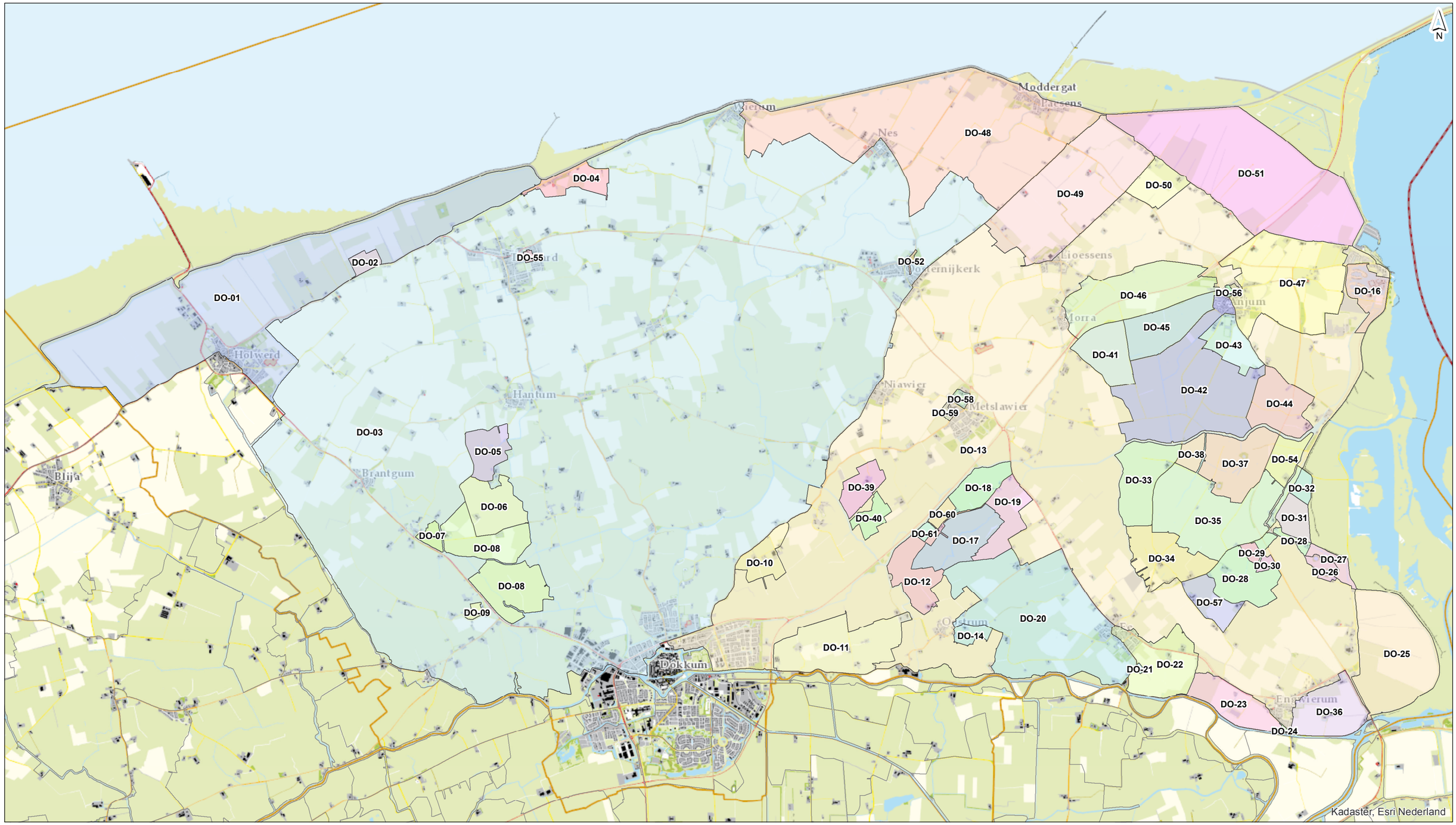
0 1 2 3 4

Kilometres

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

BODEMDALING 2050+MARGE

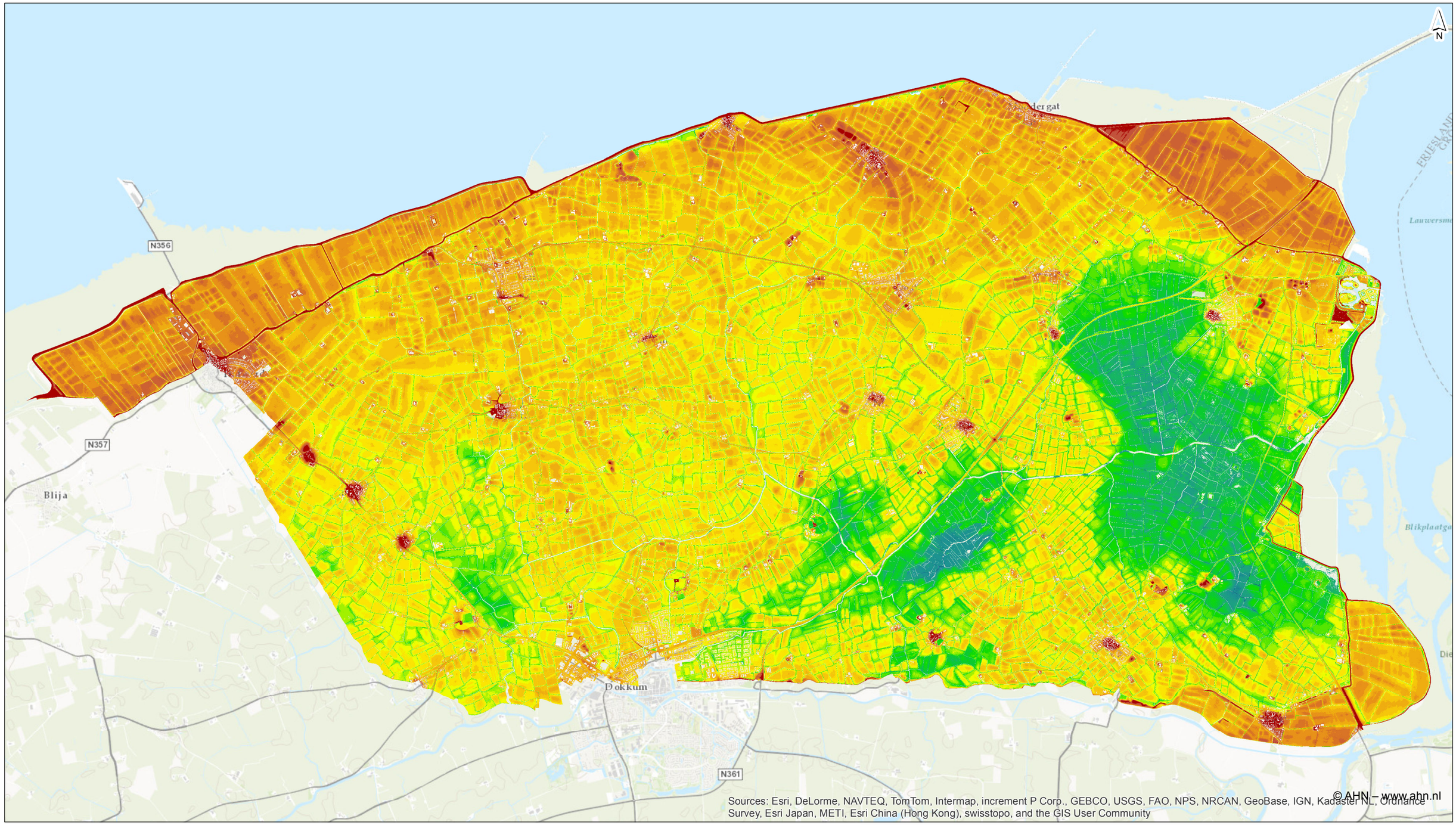
ref: NAM (30/09/2011) Wijziging winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen
NAM (30/09/2011) Wijziging winningsplan Anjum
NAM(2012) Winningsplan Metslawier-Zuid
Statusrapport 2010:EP201006302236



getekend: ing. A.P. Schoonakker **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** concept 1 **datum:** 31-03-2015 **tekeningnr:** 0	**Peilgebieden Dongeradeel**
	opdrachtgever: Wetterskip Fryslân **projectnaam:** vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 0 500 1000 1500 2000 2500 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\Peilgebieden.mxd 01-04-2015 12:19:48



AHN2 [m t.o.v. NAP]

< -225	-1.50 - -1.25	-0.25 - 0.00	1.00 - 1.25
-2.25 - -2.00	-1.25 - -1.00	0.00 - 0.25	1.25 - 1.50
-2.00 - -1.75	-1.00 - -0.75	0.25 - 0.50	1.50 - 1.75
-1.75 - -1.50	-0.75 - -0.50	0.50 - 0.75	1.75 - 2.00
	-0.50 - -0.25	0.75 - 1.00	> 2.00

Maaiveldhoogte 2010 (AHN2)

getekend: ing. A.P. Schoonakker
gecontroleerd: ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd: ir. E.S.J. van Tuinen
versie: definitief 1
datum: 24-03-2015
tekeningnr: 0

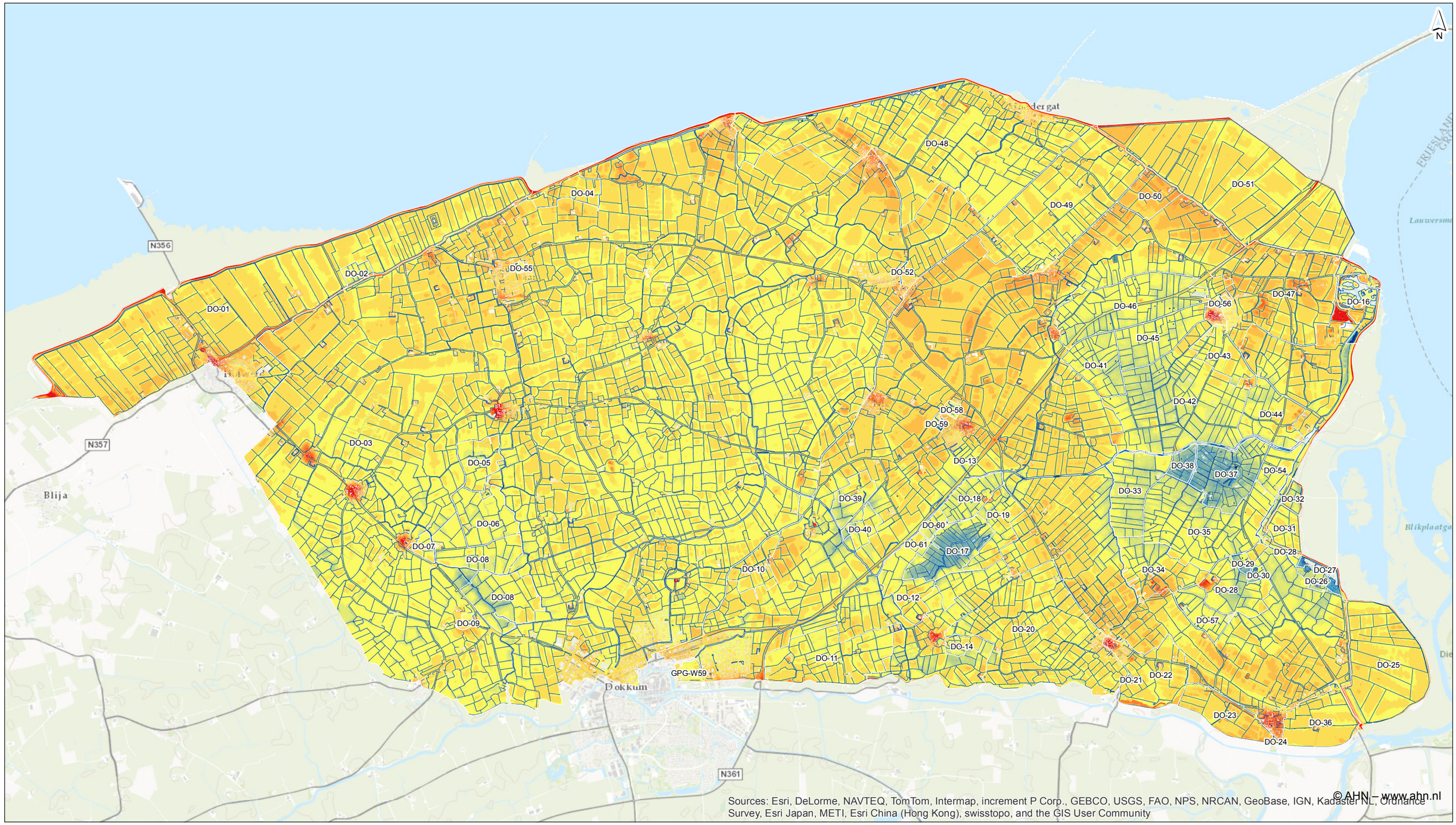
opdrachtgever: Wetterskip Fryslân
projectnaam: Bodemdaling Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal:
0 500 1000 1500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
D:\Tijdelijk\TUIE\AHN.mxd 02-04-2015 11:31:21

BIJLAGE II WATERBERGING



Drooglegging bij winterpeil [m]

- <0
- 0 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40
- 0,40 - 0,50
- 0,50- 0,75
- 0,75- 1,00
- 1,00 - 1,50
- 1,50 - 2,00
- 2,00 - 2,50
- 2,50 - 3,00
- 3,00 - 3,50
- 3,50 - 4,00
- 4,00 - 4,50
- 4,50 - 5,00

Witteveen+Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\Drooglegging.mxd 01-04-2015 12:18:21

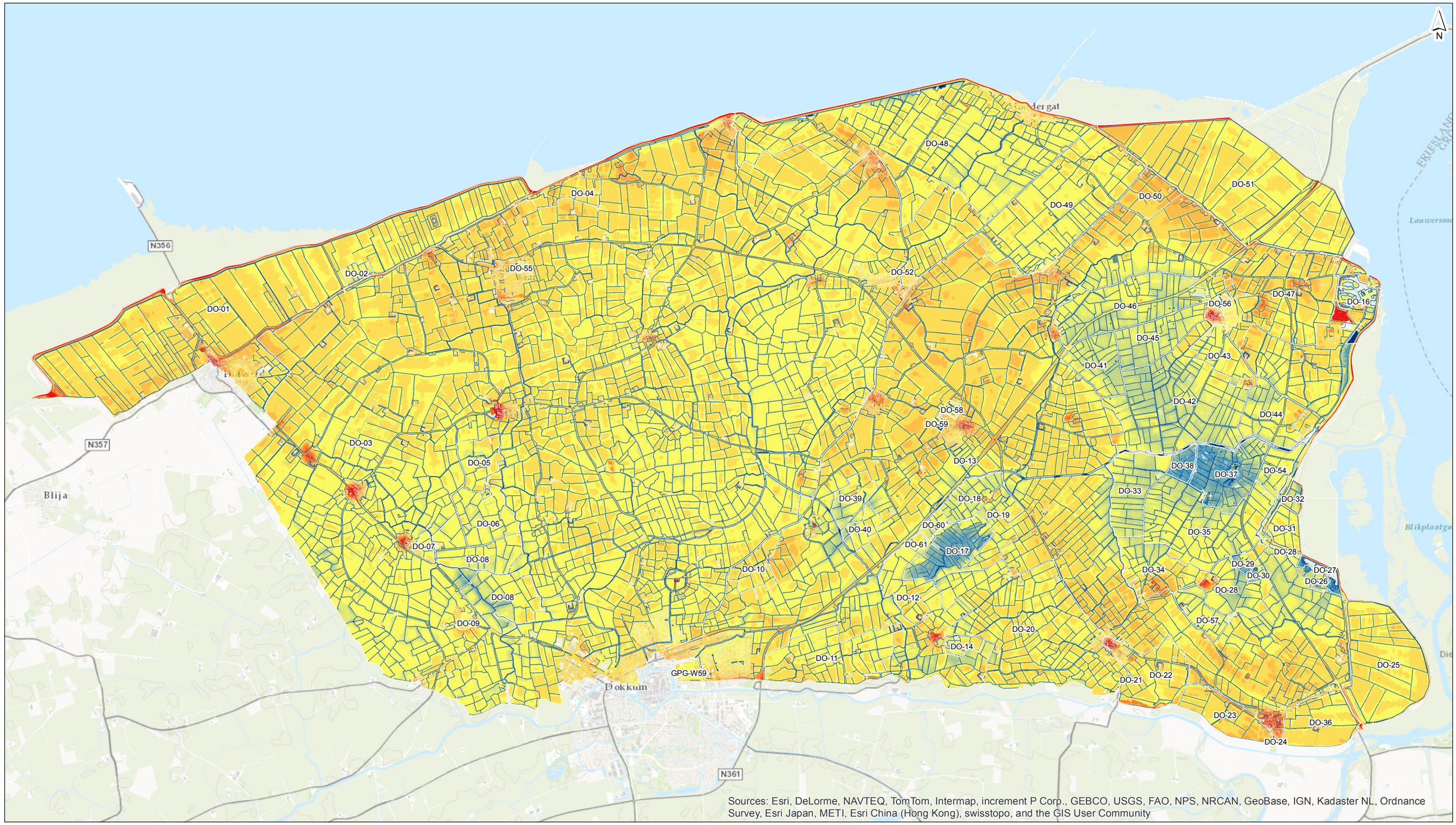
getekend:	ing. A.P. Schoonakker
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	concept 1
datum:	24-03-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	0 500 1000 1500 m

Drooglegging Dongeradeel bij winterpeil

2010

opdrachtgever: Wetterskip Fryslân
projectnaam: vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos



Drooglegging bij winterpeil [m]

- <0
- 0 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40
- 0,40 - 0,50
- 0,50- 0,75
- 0,75- 1,00
- 1,00 - 1,50
- 1,50 - 2,00
- 2,00 - 2,50
- 2,50 - 3,00
- 3,00 - 3,50
- 3,50 - 4,00
- 4,00 - 4,50
- 4,50 - 5,00

getekend:	ing. A.P. Schoonakker
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	24-03-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	0 500 1000 1500 m

Drooglegging Dongeradeel bij winterpeil

2050

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslân
projectnaam:	vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\Drooglegging_2050.mxd 01-04-2015 12:34:59

Tabel II.1: afname aan bergingscapaciteit

			Situatie 2010					Afnames 2050 tov 2010 in gebieden met > 5 cm bodemdaling					Opties compensatie totale bergingsverlies			
Peilgebied	Oppervlak [ha]	Open water [%]	Gemiddelde drooglegging, t.o.v. winterpeil [m]	Gemiddelde GHG ten opzichte van maaiveld [m]	berging oppervlaktewater [m3]	berging grondwater [m3]	berging totaal [m3]	Gemiddelde drooglegging, [cm]	GHG [cm]	berging oppervlakte-water [m3]	berging grondwater [m3]	Totale bergingsverlies [m3]	Benodigde vergroting gemaalcapaciteit [m3/s] *	drooglegging laagste 5% maaiveld in 2050 t.o.v. gemiddeld peil [m]	drooglegging laagste 50% maaiveld in 2050 t.o.v. gemiddel peil [m]	benodigde vergroting oppervlaktewater [ha] **
DO-01	769	3,0%	1,78	0,89	405.100	666.272	1.071.372									
DO-02	12	3,3%	1,07	0,64	4.093	7.228	11.321									
DO-03	5635	3,1%	1,46	0,72	2.533.163	3.951.706	6.484.870	9	5	25.523	48.983	74.506	1,21	0,87		8,56
DO-04	36	3,6%	1,88	1,00	24.613	34.874	59.487									
DO-05	39	2,9%	1,30	0,57	14.508	21.673	36.181									
DO-06	61	2,0%	1,13	0,51	13.642	30.361	44.002									
DO-07	10	1,2%	1,40	0,61	1.638	5.959	7.596									
DO-08	139	2,3%	1,09	0,44	35.212	60.091	95.302									
DO-09	4	0,6%	1,37	0,41	367	1.690	2.058									
DO-10	36	3,7%	1,50	0,79	20.155	27.514	47.669									
DO-11	129	3,1%	1,35	0,61	53.459	75.706	129.165									
DO-12	56	2,8%	1,32	0,44	20.582	24.027	44.608							0,71		0,15
DO-13	2923	3,9%	1,62	0,80	1.846.077	2.260.547	4.106.623	9	5	77.937	113.913	191.850	3,67	0,70		27,41
DO-14	13	4,8%	1,34	0,45	8.208	5.516	13.724	4	1	233	160	393	0,01	0,68		0,06
DO-16	40	30,5%	1,61	0,79	196.015	21.950	217.965	14	11	17.233	3.188	20.421	0,80		1,22	1,67
DO-17	70	8,3%	0,53	0,09	30.640	5.538	36.178	4	1	2.114	733	2.848	0,10		0,27	1,05
DO-18	39	3,6%	0,96	0,40	13.205	14.930	28.135	5	3	673	1.024	1.697	0,03	0,51		0,33
DO-19	49	3,7%	1,25	0,55	22.696	25.852	48.549	5	2	843	1.076	1.919	0,04	0,57		0,34
DO-20	348	3,5%	1,38	0,67	166.306	224.346	390.652	4	2	4.796	6.964	11.760	0,23	0,72		1,63
DO-21	1	6,4%	1,50	1,13	1.078	1.186	2.264	4	3	26	30	56	0,00	0,12		0,05
DO-22	90	2,5%	1,66	0,89	38.160	78.550	116.710	3	2	779	1.611	2.390	0,04	0,90		0,27
DO-23	60	2,6%	1,79	1,00	27.739	58.717	86.457	3	1	396	870	1.266	0,02	1,12		0,11
DO-24	1	6,1%	1,65	1,53	1.354	1.925	3.279	3	3	24	32	56	0,00	0,51		0,01
DO-25	181	2,1%	1,57	0,70	60.997	124.348	185.345	3	1	1.274	2.128	3.402	0,06	1,01		0,34
DO-26	11	12,4%	0,70	0,23	9.582	2.216	11.798	4	1	598	113	711	0,03	0,16		0,44
DO-27	15	7,3%	1,43	0,22	15.071	2.985	18.056	4	1	449	150	599	0,02	0,17		0,35
DO-28	73	3,4%	1,24	0,45	30.702	31.778	62.479	5	2	1.136	1.240	2.376	0,05	0,47		0,51
DO-29	6	5,1%	0,63	0,23	2.079	1.413	3.493	5	3	172	173	345	0,01		0,31	0,11
DO-30	5	4,4%	0,66	0,30	1.371	1.370	2.740	5	2	102	109	211	0,00		0,33	0,06
DO-31	25	2,5%	1,48	0,63	9.465	15.666	25.131	6	2	410	612	1.022	0,02	0,69		0,15
DO-32	11	3,6%	1,33	0,66	5.287	7.077	12.364	8	3	317	361	678	0,01	0,29		0,23
DO-33	77	2,8%	0,88	0,28	18.959	20.785	39.743	7	2	1.602	1.698	3.300	0,08	0,43		0,77
DO-34	75	3,0%	1,42	0,61	32.599	44.413	77.012	5	2	1.105	1.310	2.415	0,05	0,57		0,42
DO-35	183	4,3%	1,06	0,37	82.551	64.409	146.960	7	2	5.080	4.226	9.306	0,24	0,48		1,94
DO-36	76	1,9%	1,57	0,93	23.084	69.887	92.971	3	2	490	1.256	1.746	0,02	1,09		0,16
DO-37	85	5,6%	0,46	0,09	21.937	7.494	29.431	9	4	4.344	2.969	7.313	0,20		0,23	3,18
DO-38	16	2,3%	0,33	0,04	1.172	627	1.799	9	4	329	561	890	0,02		0,14	0,64
DO-39	31	1,9%	1,10	0,45	6.676	13.707	20.383									
DO-40	20	2,0%	1,06	0,42	4.072	8.144	12.215									
DO-41	58	3,6%	0,98	0,27	20.493	15.118	35.611	14	4	2.880	2.284	5.164	0,13	0,42		1,23
DO-42	260	3,9%	1,05	0,40	106.745	100.906	207.651	12	4	12.240	10.958	23.199	0,57	0,40		5,80
DO-43	43	2,6%	1,32	0,53	14.488	22.209	36.697	13	5	1.472	2.091	3.562	0,07	0,64		0,56
DO-44	67	3,1%	1,24	0,44	26.013	28.825	54.838	13	5	2.759	2.965	5.725	0,13	0,52		1,10
DO-45	71	3,9%	0,98	0,29	27.399	19.645	47.044	13	4	3.636	2.998	6.634	0,17	0,43		1,54
DO-46	144	3,5%	1,05	0,36	52.314	49.511	101.825	14	5	6.814	6.767	13.580	0,32	0,43		3,16
DO-47	215	2,9%	1,81	0,91	112.136	190.622	302.758	13	7	8.099	13.578	21.677	0,38	1,00		2,17
DO-48	587	3,1%	1,53	0,78	278.332	445.294	723.626	17	9	30.857	52.715	83.572	1,46	0,66		12,66
DO-49	267	2,2%	1,46	0,73	87.241	190.330	277.572	17	9	9.921	22.253	32.174	0,47	0,77		4,18
DO-50	40	1,9%	2,16	1,16	16.109	45.180	61.289	10	7	780	2.885	3.665	0,04	1,46		0,25
DO-51	410	2,0%	1,64	0,82	137.862	327.980	465.842	8	4	6.673	14.945	21.618	0,32	1,02		2,12
DO-52	2	27,9%	1,15	1,06	5.102	1.224	6.326	15	12	658	139	797	0,03	0,52		0,15
DO-54	29	3,4%	1,13	0,45	11.145	12.488	23.633	10	5	975	1.310	2.284	0,05	0,58		0,39
DO-55	3	10,0%	1,13	0,97	3.006	2.338	5.344									
DO-56	2	14,9%	1,00	0,66	2.789	1.055	3.843	12	5	344	77	421	0,02	0,45		0,09
DO-57	35	3,2%	1,08	0,41	12.140	14.128	26.268	4	1	440	390	829	0,02	0,56		0,15
DO-58	5	5,5%	1,11	0,78	3.077	3.753	6.830	8	6	223	270	494	0,01	0,55		0,09
DO-59	3	13,8%	1,16	0,87	4.787	2.265	7.053	7	3	271	84	356	0,01	0,31		0,11
DO-60	9	2,1%	1,01	0,39	1.949	3.577	5.526	4	2	69	191	260	0,00	0,57		0,05
DO-61	5	2,2%	1,24	0,46	1.420	2.380	3.800	3	1	37	39	76	0,00	0,63		0,01
totaal gemiddeld		3,4%	1,26		-	-	-							0,62		
totaal som	13.705				6.728.160	9.501.303	16.229.463			237.135	332.429	569.564	11,16			87

* de benodigde vergroting van de gemaalcapaciteit is berekend door het bergingsverlies in oppervlaktewater te delen door 6 uur en in grondwater door 21 dagen (conform advies DLG 2014).

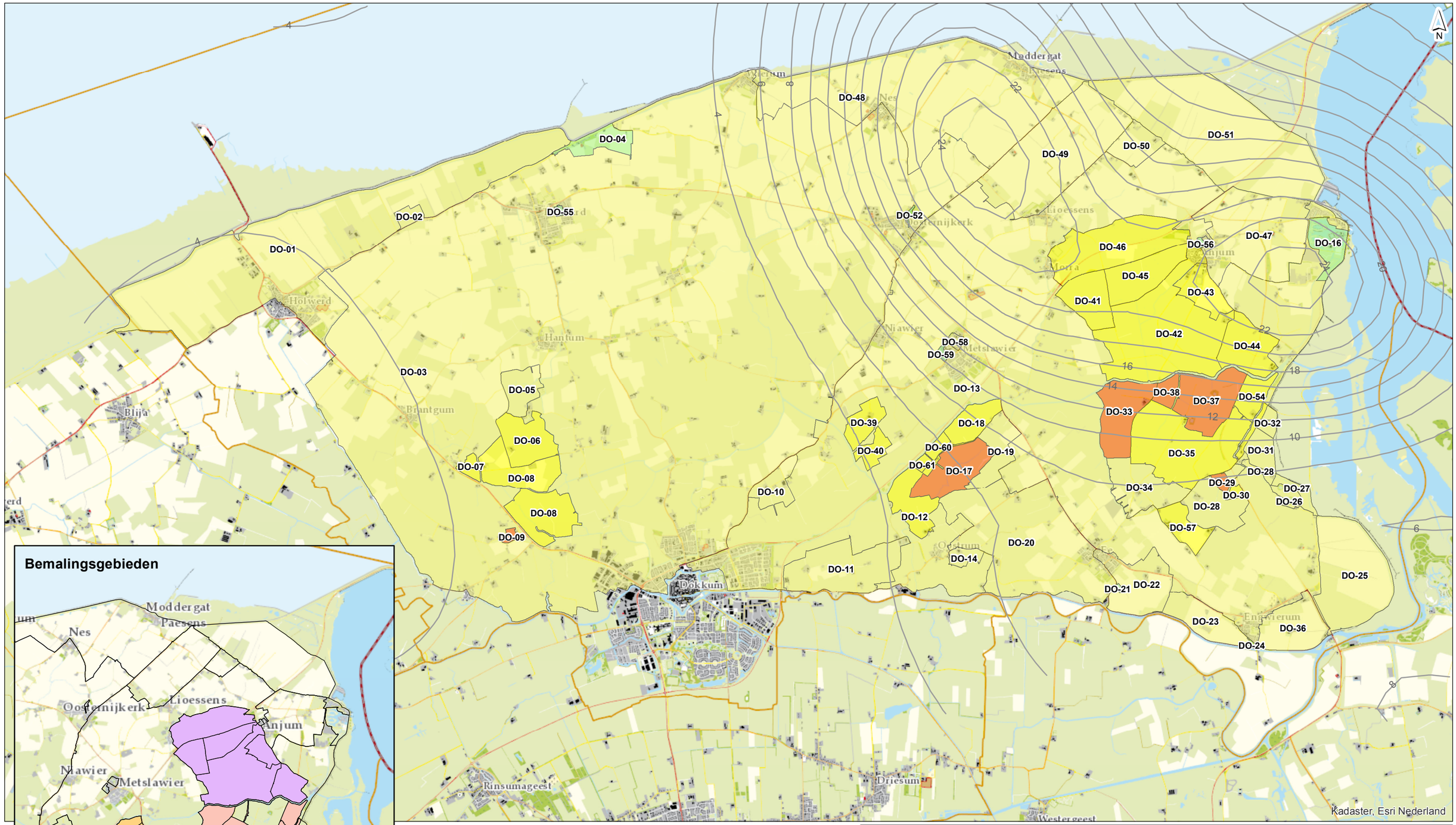
** de benodigde vergroting oppervlaktewater is berekend door het totale bergingsverlies (in oppervlaktewater + bodem) in 2050 te delen door de drooglegging van de laagste 5% maaiveld bij gemiddeld peil in 2050.
alleen voor recreatiepark Esonstad en voor natte natuuurgebieden is uitgegaan van het 50% laagste maaiveld omdat daar enige vernatting geen probleem is

Tabel II.2: analyse inundatiekansen

				Situatie 2010				Situatie 2050						
Peilgebied	Oppervlak [ha]	Open water [%]	Bemalings-capaciteit [mm/etmaal]	Gemiddelde drooglegging [m]	Mediaan drooglegging [m]	drooglegging laagste 5% [m]	berging totaal [m3/ha]	Gemiddelde drooglegging [m]	Mediaan drooglegging [m]	drooglegging laagste 5% [m]	berging totaal [m3/ha]	Totale bergingsverlies [m3/ha]	Conclusie inundatie kans a.g.v. neerslag	Omerking
DO-01	769	3.0%	10.20	1.8	1.6	1.2	1420	1.8	1.6	1.2	1409	11	Gemiddeld	
DO-02	12	3.3%	10.20	1.1	1.0	0.7	990	1.1	1.0	0.6	979	11	Gemiddeld	
DO-03	5635	3.1%	10.20	1.5	1.5	1.0	1173	1.4	1.4	1.0	1149	24	Gemiddeld	
DO-04	36	3.6%	10.20	1.9	1.7	1.2	1680	1.9	1.7	1.2	1660	20	Klein	
DO-05	39	2.9%	10.20	1.3	1.3	0.8	946	1.3	1.3	0.8	936	10	Gemiddeld	
DO-06	61	2.0%	10.20	1.1	1.2	0.8	729	1.1	1.1	0.8	721	9	Matig	Onder Hantum, buiten 5 cm contour
DO-07	10	1.2%	10.20	1.4	1.3	1.0	775	1.4	1.3	1.0	764	11	Matig	Bij Foudgum, buiten 5 cm contour
DO-08	139	2.3%	10.20	1.1	1.1	0.6	693	1.1	1.1	0.5	677	16	Matig	Bij Bornwird,buiten 5 cm contour
DO-09	4	0.6%	10.20	1.4	1.4	1.0	497	1.3	1.4	1.0	466	31	Hoog	Bij Bornwird,buiten 5 cm contour
DO-10	36	3.7%	10.20	1.5	1.6	1.0	1347	1.5	1.6	0.9	1330	17	Gemiddeld	
DO-11	129	3.1%	10.20	1.4	1.4	0.9	1022	1.3	1.4	0.9	1001	21	Gemiddeld	
DO-12	56	2.8%	18.95	1.3	1.3	0.8	814	1.3	1.3	0.8	795	19	Matig	Landbouwgebied, Jouswier
DO-13	2923	3.9%	10.20	1.6	1.7	0.9	1437	1.5	1.6	0.8	1364	72	Gemiddeld	
DO-14	13	4.8%	10.20	1.3	1.5	0.7	1088	1.3	1.4	0.7	1057	31	Gemiddeld	
DO-16	40	30.5%	10.20	1.6	1.4	0.2	5705	1.5	1.2	0.1	5158	547	Klein	
DO-17	70	8.3%	18.95	0.5	0.4	0.2	523	0.5	0.4	0.2	481	42	Hoog	Nat natuurgebied, Jouswier
DO-18	39	3.6%	18.95	1.0	0.9	0.7	743	0.9	0.9	0.6	698	45	Matig	Landbouwgebied, Jouswier
DO-19	49	3.7%	18.95	1.3	1.2	0.7	1011	1.2	1.2	0.7	971	40	Gemiddeld	
DO-20	348	3.5%	10.20	1.4	1.5	0.9	1146	1.3	1.4	0.8	1112	35	Gemiddeld	
DO-21	1	6.4%	10.20	1.5	2.0	0.2	2091	1.5	1.9	0.1	2039	52	Klein	
DO-22	90	2.5%	10.20	1.7	1.6	1.0	1317	1.6	1.6	1.0	1290	27	Gemiddeld	
DO-23	60	2.6%	10.20	1.8	1.8	1.3	1456	1.8	1.8	1.2	1435	21	Gemiddeld	
DO-24	1	6.1%	10.20	1.7	1.9	0.5	2545	1.6	1.8	0.5	2502	43	Klein	
DO-25	181	2.1%	-	1.6	1.6	1.1	1039	1.5	1.5	1.1	1020	19	Gemiddeld	
DO-26	11	12.4%	10.20	0.7	0.7	0.2	1096	0.7	0.7	0.2	1030	66	Gemiddeld	
DO-27	15	7.3%	10.20	1.4	0.3	0.0	1260	1.4	0.2	-0.1	1218	42	Gemiddeld	
DO-28	73	3.4%	10.22	1.2	1.2	0.5	867	1.2	1.2	0.5	834	33	Gemiddeld	
DO-29	6	5.1%	10.22	0.6	0.5	0.2	553	0.6	0.4	0.1	498	55	Hoog	Nat natuurgebied, ten zuiden De Kolken
DO-30	5	4.4%	10.22	0.7	0.6	0.3	592	0.6	0.6	0.3	546	46	Matig	Nat natuurgebied, ten zuiden De Kolken
DO-31	25	2.5%	10.20	1.5	1.4	0.9	1006	1.4	1.4	0.8	965	41	Gemiddeld	
DO-32	11	3.6%	10.20	1.3	0.9	0.5	1139	1.2	0.9	0.4	1077	62	Gemiddeld	
DO-33	77	2.8%	17.82	0.9	0.9	0.6	522	0.8	0.8	0.5	479	43	Hoog	Landbouwgebied, De Kolken
DO-34	75	3.0%	17.82	1.4	1.4	0.7	1045	1.4	1.3	0.7	1012	33	Gemiddeld	
DO-35	183	4.3%	17.82	1.1	1.1	0.7	821	1.0	1.0	0.6	769	52	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-36	76	1.9%	10.20	1.6	1.6	1.1	1237	1.5	1.6	1.1	1214	23	Gemiddeld	
DO-37	85	5.6%	10.20	0.5	0.4	0.2	352	0.4	0.3	0.1	264	88	Hoog	Nat natuurgebied, ten oosten De Kolken
DO-38	16	2.3%	10.20	0.3	0.3	0.2	116	0.2	0.2	0.1	58	58	Hoog	Nat natuurgebied, ten oosten De Kolken
DO-39	31	1.9%	10.20	1.1	1.1	0.6	658	1.1	1.1	0.5	645	12	Matig	Landbouwgebied, gemaal Wetsens
DO-40	20	2.0%	10.20	1.1	1.1	0.6	630	1.0	1.1	0.6	614	16	Matig	Landbouwgebied, gemaal Wetsens
DO-41	58	3.6%	13.44	1.0	1.0	0.7	618	0.8	0.8	0.5	529	90	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-42	260	3.9%	13.44	1.1	1.0	0.6	815	0.9	0.8	0.5	724	91	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-43	43	2.6%	13.44	1.3	1.4	0.9	869	1.2	1.2	0.7	785	84	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-44	67	3.1%	13.44	1.2	1.2	0.8	831	1.1	1.1	0.6	745	87	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-45	71	3.9%	13.44	1.0	1.0	0.7	674	0.8	0.8	0.5	579	95	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-46	144	3.5%	13.44	1.1	1.0	0.7	720	0.9	0.9	0.5	624	96	Matig	Landbouwgebied, De Kolken
DO-47	215	2.9%	10.20	1.8	1.8	1.2	1434	1.7	1.7	1.1	1331	103	Gemiddeld	
DO-48	587	3.1%	10.20	1.5	1.4	0.9	1258	1.4	1.3	0.8	1113	145	Gemiddeld	
DO-49	267	2.2%	10.20	1.5	1.5	1.0	1054	1.3	1.3	0.9	932	122	Gemiddeld	
DO-50	40	1.9%	10.20	2.2	2.1	1.7	1571	2.1	2.0	1.6	1477	94	Gemiddeld	
DO-51	410	2.0%	10.20	1.6	1.6	1.2	1153	1.6	1.5	1.1	1100	54	Gemiddeld	
DO-52	2	27.9%	10.20	1.1	1.2	0.5	4265	1.0	1.1	0.3	3731	534	Klein	
DO-54	29	3.4%	17.82	1.1	1.2	0.8	835	1.0	1.1	0.7	754	81	Matig	Landbouw, ten oosten De Kolken
DO-55	3	10.0%	10.20	1.1	1.2	0.8	2099	1.1	1.2	0.8	2090	9	Klein	
DO-56	2	14.9%	10.20	1.0	1.0	0.6	2141	0.9	0.9	0.5	1910	231	Klein	
DO-57	35	3.2%	10.22	1.1	1.1	0.7	754	1.0	1.1	0.7	730	24	Matig	Landbouw, ten zuiden De Kolken
DO-58	5	5.5%	10.20	1.1	1.1	0.6	1386	1.0	1.0	0.6	1286	100	Gemiddeld	
DO-59	3	13.8%	10.20	1.2	1.3	0.4	2468	1.1	1.2	0.3	2345	123	Klein	
DO-60	9	2.1%	18.95	1.0	1.0	0.7	605	1.0	1.0	0.7	576	29	Matig	Zeer klein peilgebied, Jouswier
DO-61	5	2.2%	18.95	1.2	1.3	0.8	726	1.2	1.2	0.7	712	14	Matig	Zeer klein peilgebied, Jouswier

Gewogen gemiddeld:	1184

Beoordeling inundatiekans op totale bergingsruimte per peilgebied:
Hoog = < 500 m3/ha
Matig = 500 - 800 m3/ha
Gemiddeld = 800 - 1.500 m3/ha
Klein = > 1.500 m3/ha



Dongerdielen
Dongerdielen/De Kolk
Dongerdielen/Tibster Ryd
Dongerdielen/Dijkshorne
Dongerdielen/Jouswier
Legerwâl (vrij afwaterend)

Prognose bodemdaling 2050

Inundatiekans

Hoog
Matig
Gemiddeld
Klein

getekend:	ing. A.P. Schoonakker
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	Concept 1
datum:	08-04-2015
tekeningnr:	0

formaat: A3 liggend

schaal:

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Inundatiekansen a.g.v. neerslag, 2050

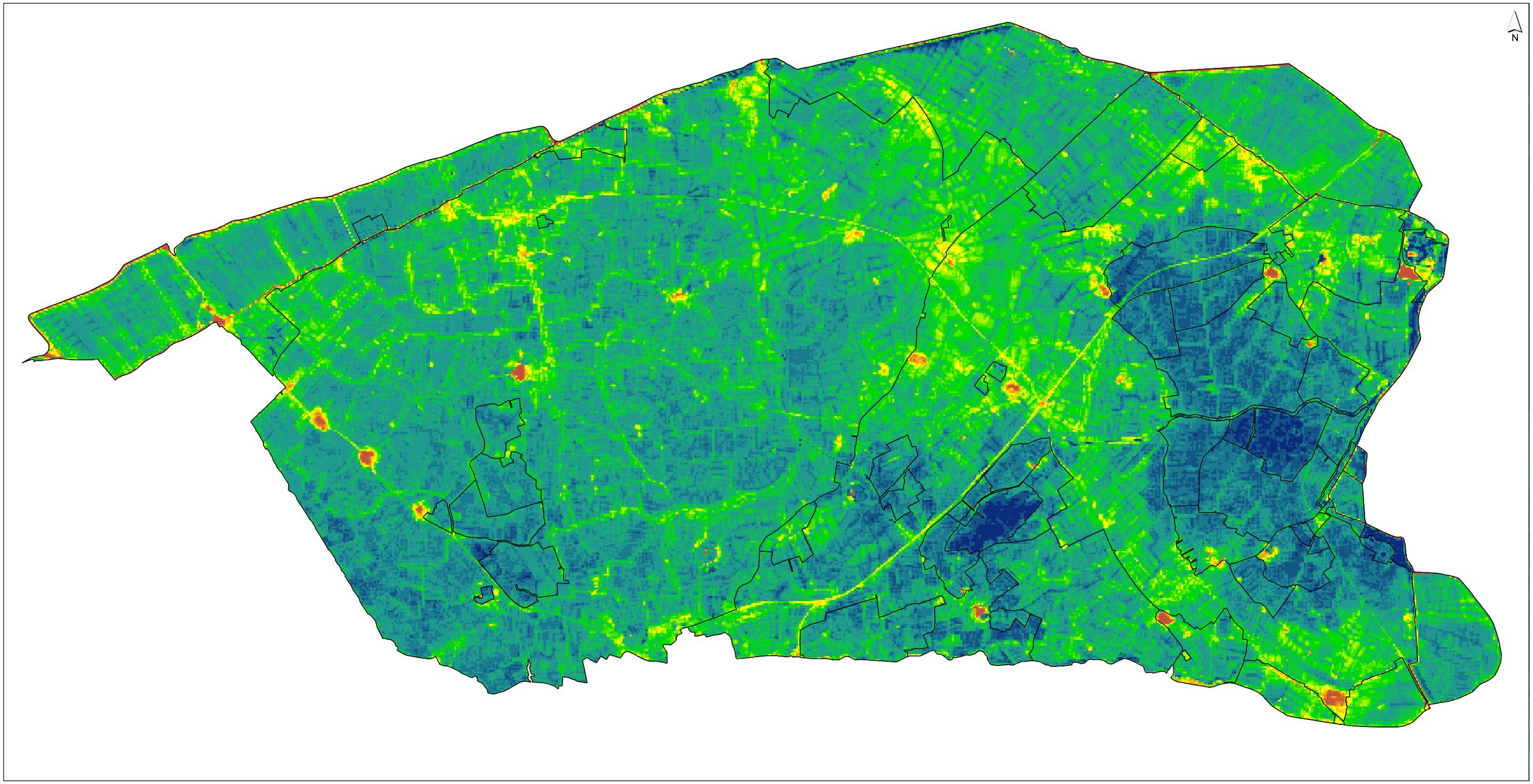
Beoordeling inundatiekansen op basis van bergingscapaciteit

opdrachtgever: Wetterskip Fryslân
projectnaam: vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW 289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
D:\Tijdelijk\TUIE\Risico_2050.mxd 08-04-2015 13:27:03

BIJLAGE III VERNATTING, VERDROGING EN DOELREALISATIE



ghg_1987

[m-mv]

- boven maaiveld
- 0 - 0.2
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.6
- 0.6 - 0.8
- 0.8 - 1
- 1 - 1.2
- 1.2 - 1.4
- 1.4 - 1.6
- 1.6 - 2
- 2.0 - 2.2
- 2.2 - 2.4
- 2.4 - 2.6
- 2.6 - 2.8
- 2.8 - 3
- > 3
- peilgebieden

GHG 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

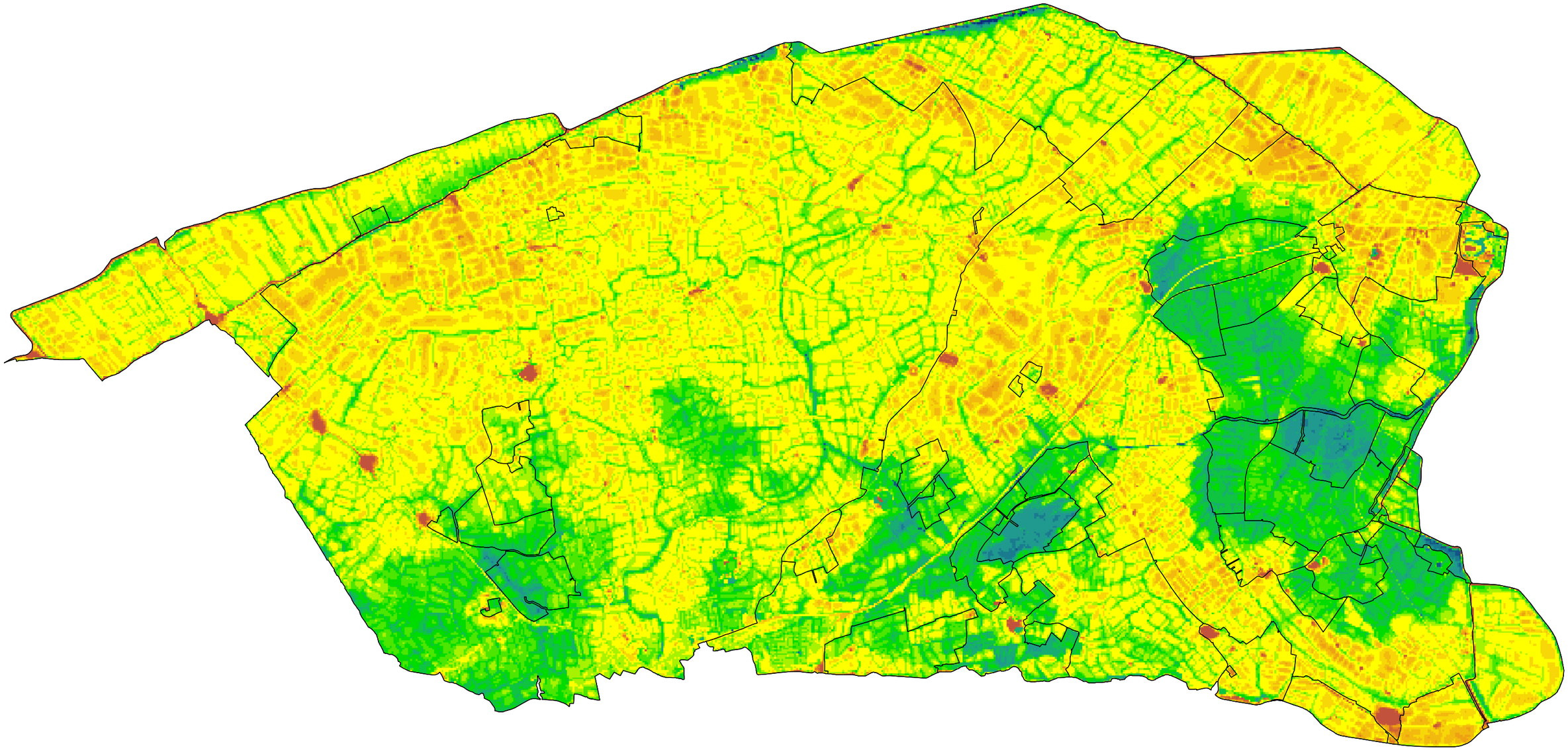
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\pelen.mxd 30-03-2015 17:35:55



glg_1987

[cm-mv]

- boven maaiveld
- 0 - 0.2
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.6
- 0.6 - 0.8
- 0.8 - 1
- 1 - 1.2
- 1.2 - 1.4
- 1.4 - 1.6
- 1.6 - 2
- 2.0 - 2.2
- 2.2 - 2.4
- 2.4 - 2.6
- 2.6 - 2.8
- 2.8 - 3
- > 3
- peilgebieden

GLG 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

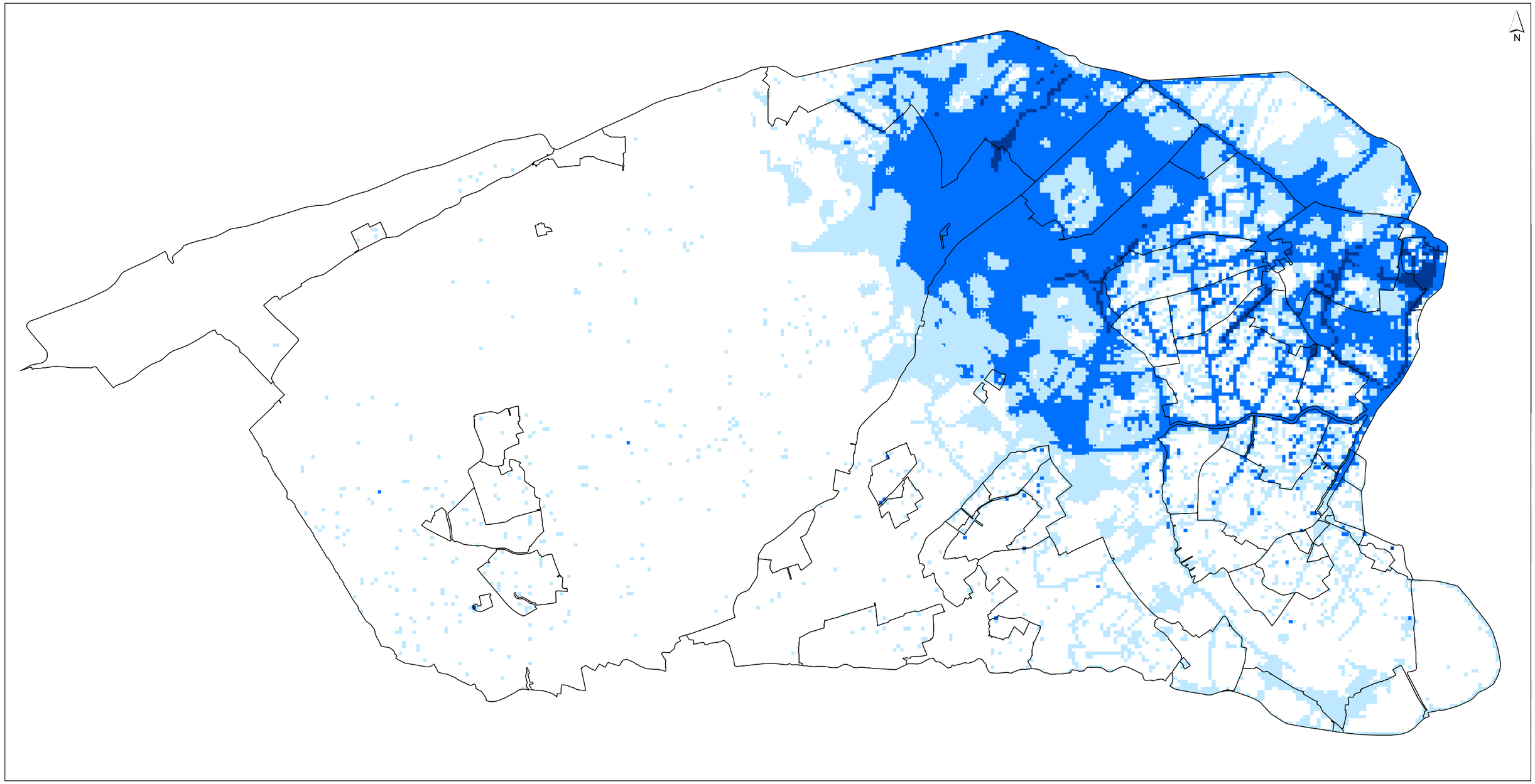
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\peilen.mxd 30-03-2015 17:36:12



verandering GHG

[m]

- < -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0
- peilgebieden

Verandering GHG

tussen scenario 2050 en 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

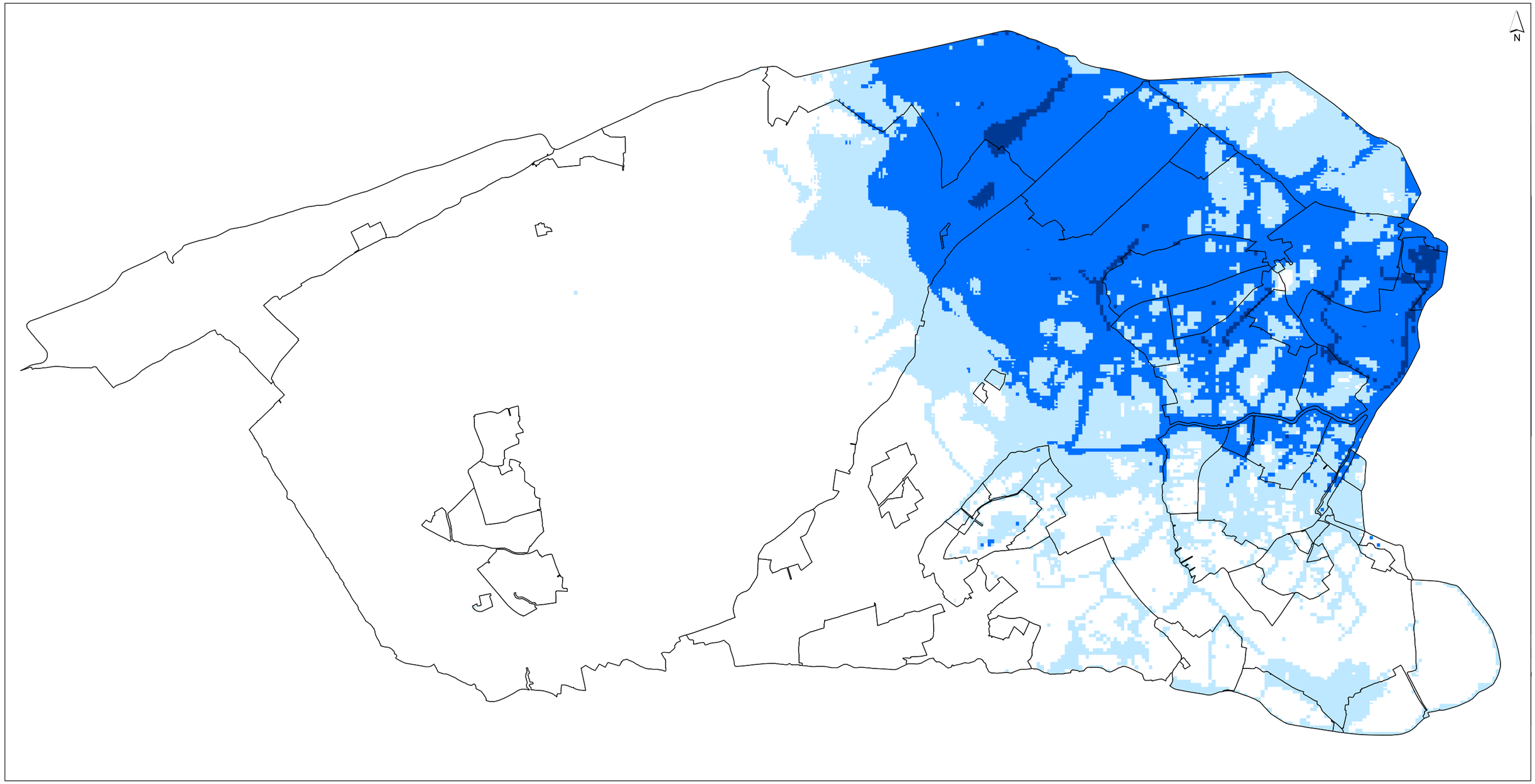
opdrachtgever:
projectnaam: Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\peilen.mxd 27-03-2015 12:39:50



verandering GLG

[m]

- < -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0
- peilgebieden

Verandering GLG

tussen scenario 2050 en 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

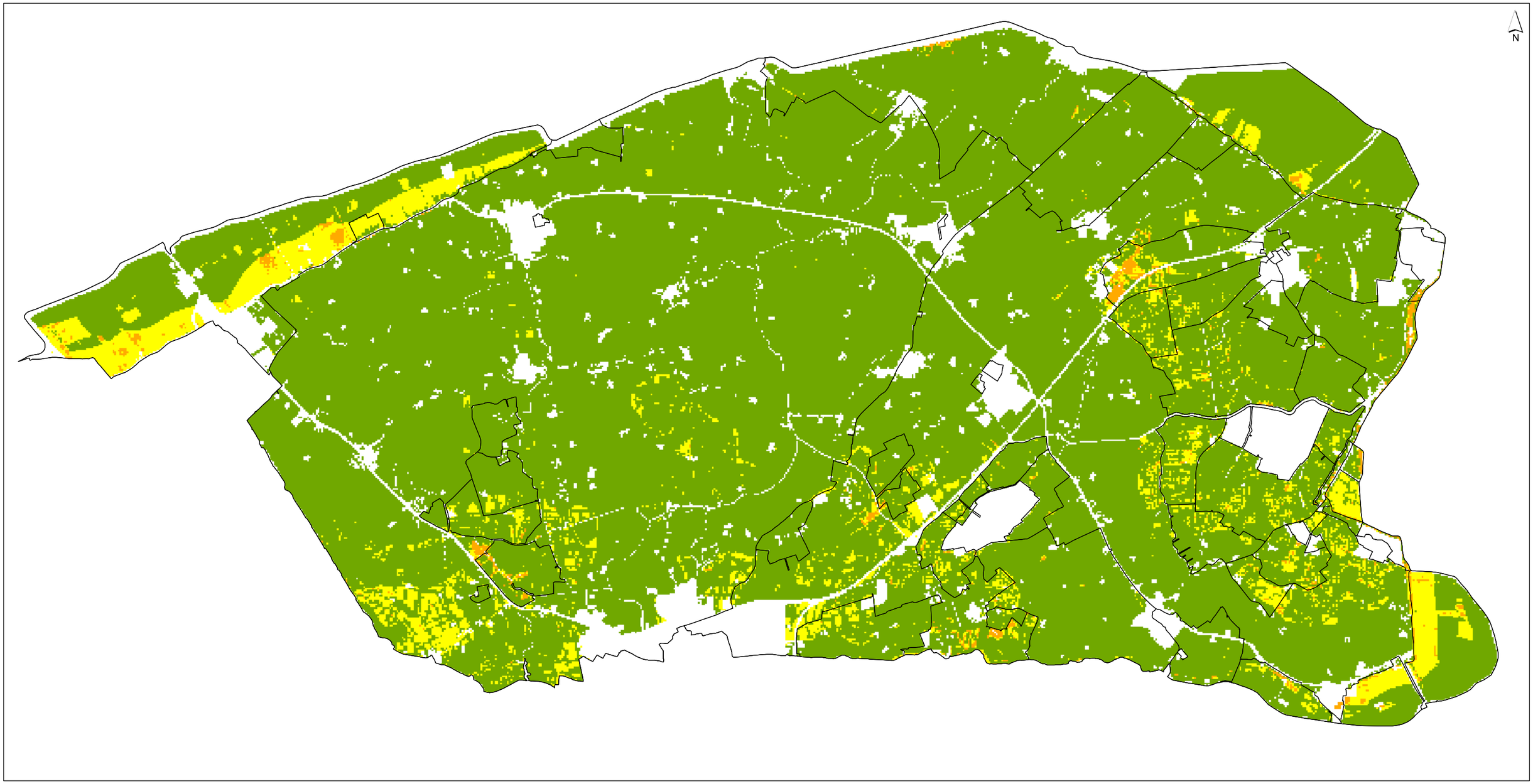
opdrachtgever:
projectnaam: Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\peilen.mxd 27-03-2015 12:40:42



doelrealisatie landbouw 1987

[%]

- < 70
- 70 - 80
- 80 - 100
- peilgebieden

Doelrealisatie

situatie 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

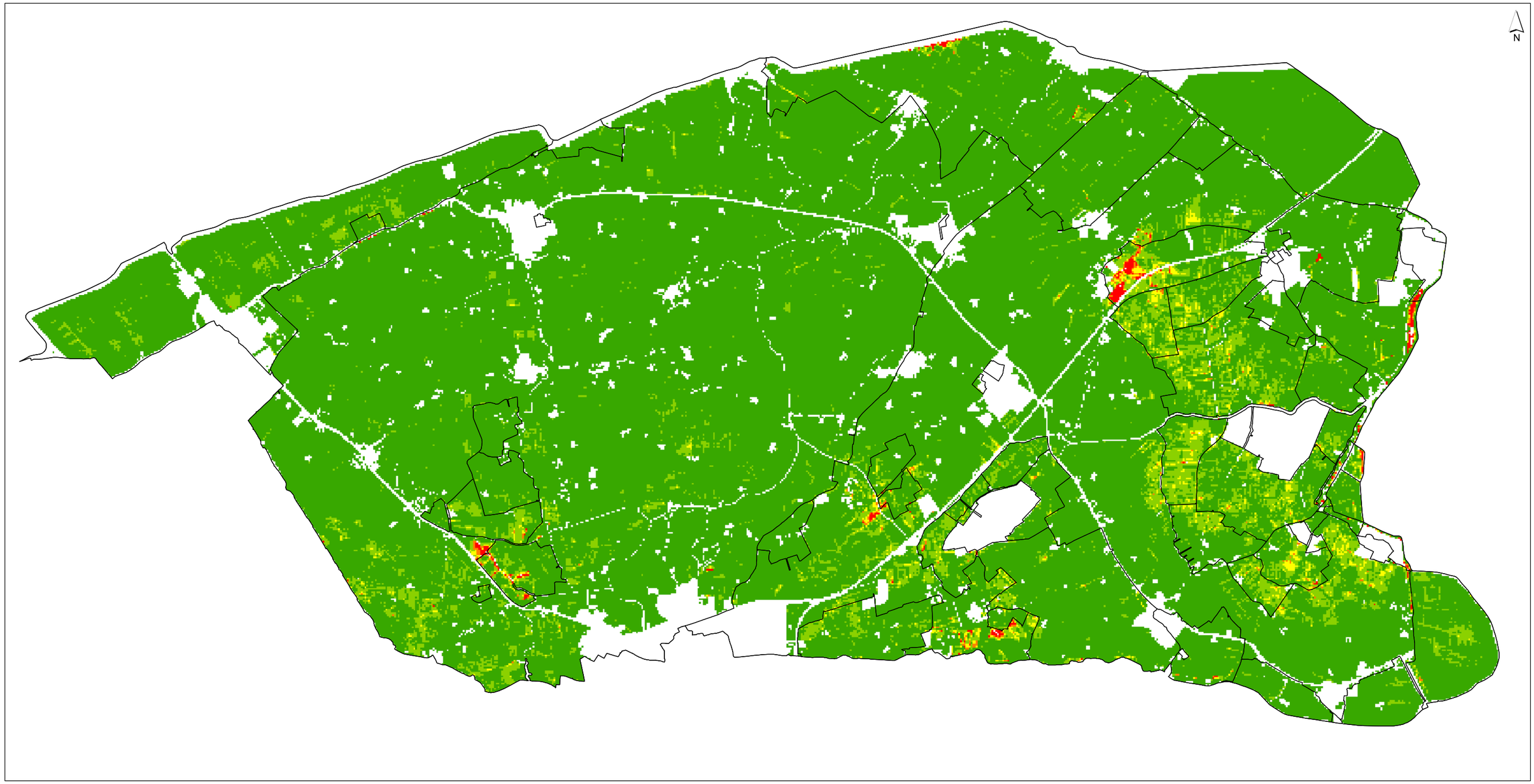
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\peilen.mxd 30-03-2015 17:07:16



natschade 1987

[%]

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40- 100
- peilgebieden

Natschade

situatie 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

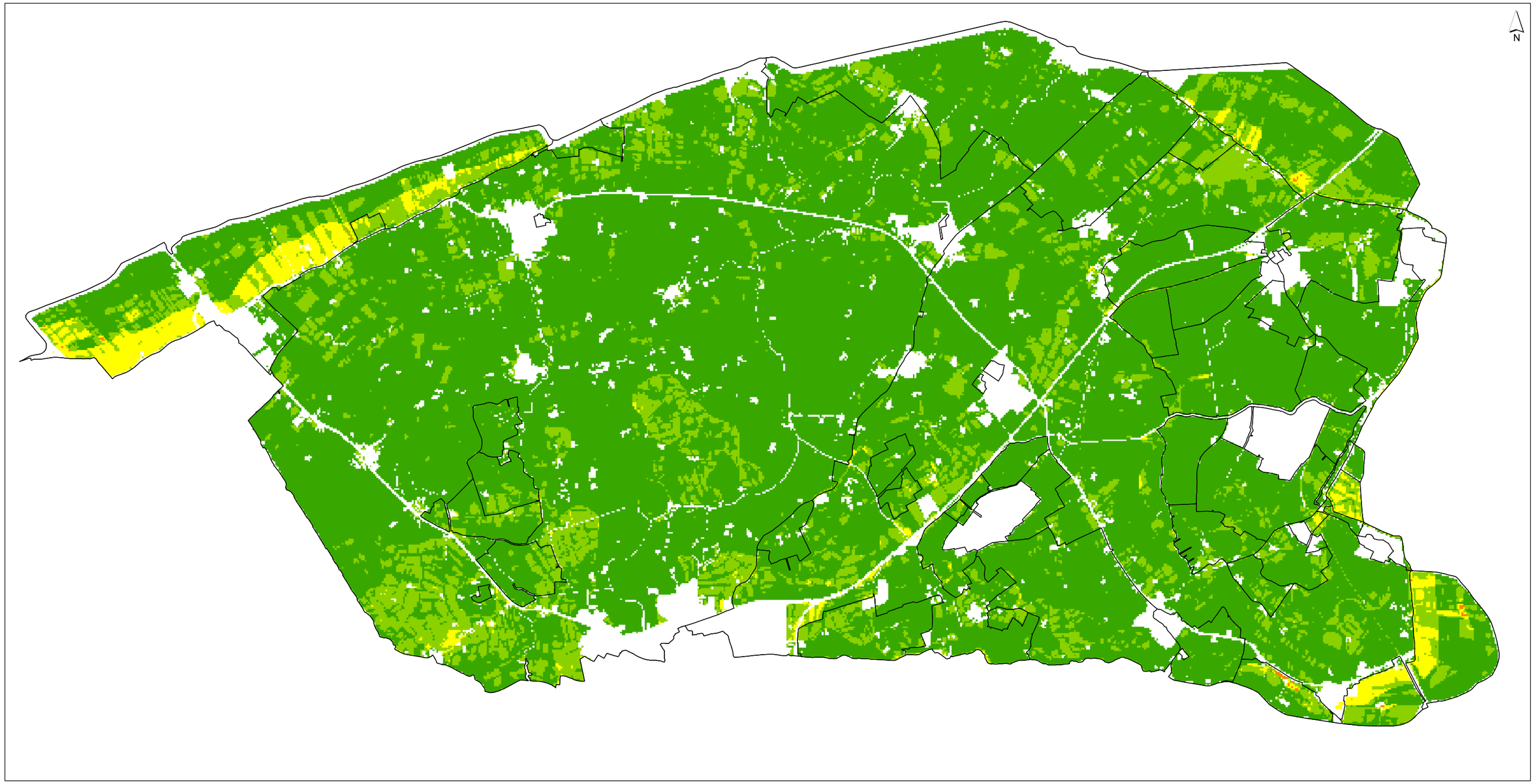
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\peilen.mxd 30-03-2015 17:06:36



droogteschade 1987

[%]

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40- 100
- peilgebieden

Droogteschade

situatie 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

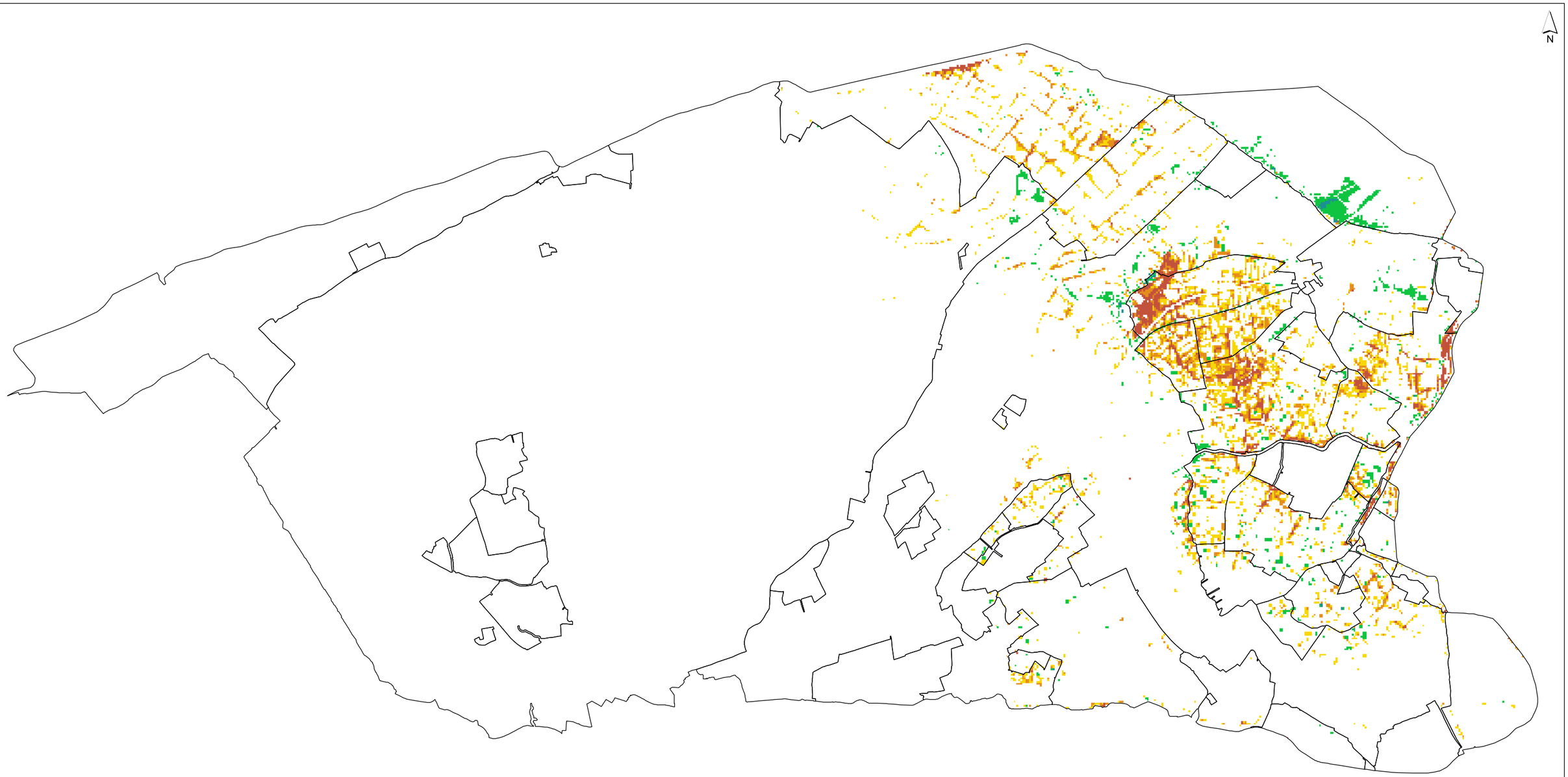
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\peilen.mxd 30-03-2015 17:05:55



peilgebieden

verandering doelrealisatie

[%]

- < -10 (verlaging)
- -10 - -5
- -5 - -2.5
- -2.5 - 2.5
- 2.5 - 5
- 5 - 10
- > 10 (verhoging)

Verandering doelrealisatie landbouw

tussen 2050 en 1987

getekend:	M. Duineveld MSc.	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	27-02-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

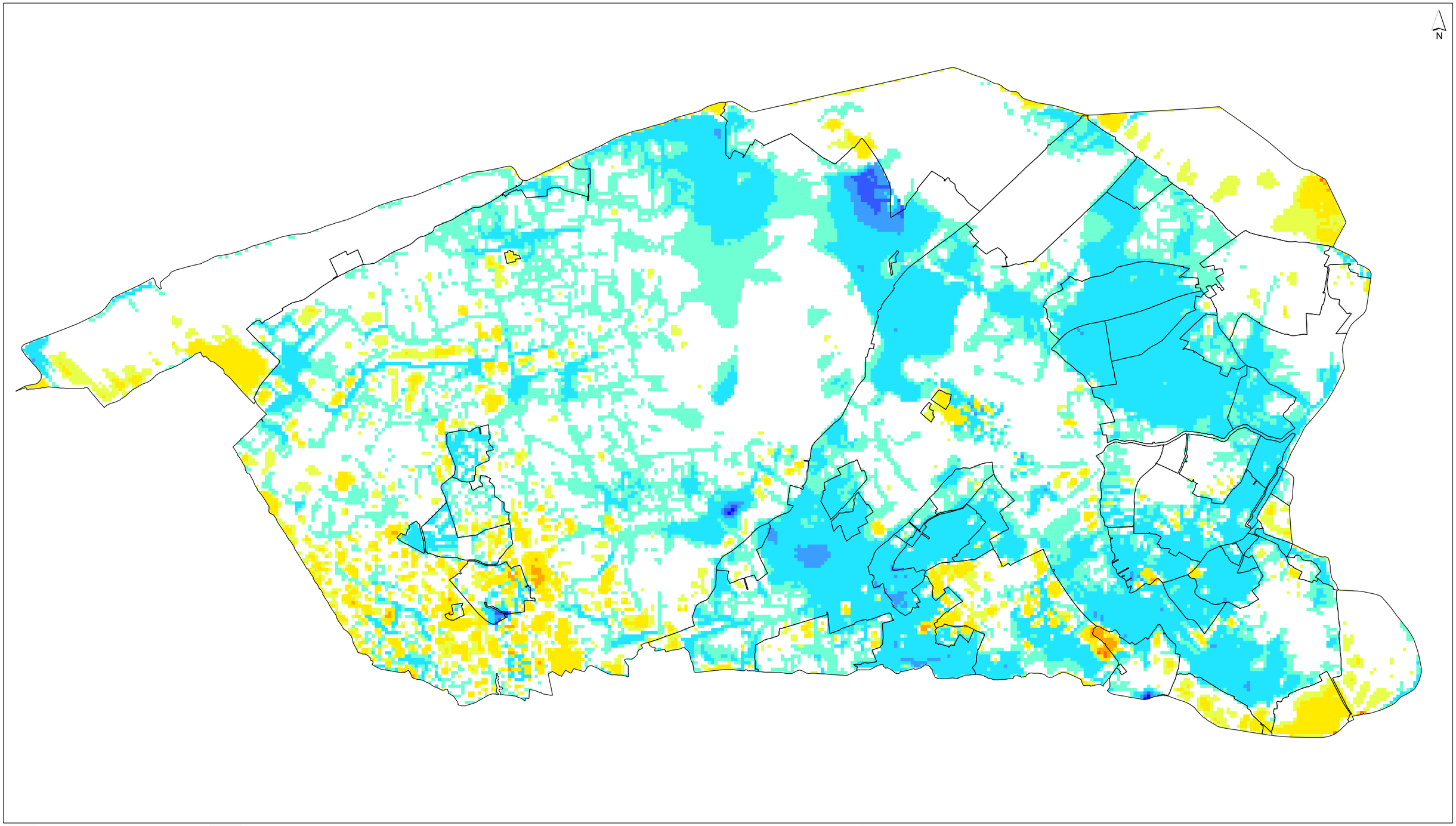
formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
K:\LW289-109\gis\resultaten.mxd 21-05-2015 14:15:43

gebied	natschade (%)	natschade (%)	natschade (%)	droogteschade (%)	droogteschade (%)	droogteschade (%)	doelrealisatie (%)	doelrealisatie (%)	doelrealisatie (%)	verschil doelrealisatie (%)	verschil doelrealisatie (%)	bodemdaling (cm)	opp. landbouw (%)
	1987	2050	sc. peilverlaging	1987	2050	sc. peilverlaging	1987	2050	sc. peilverlaging	2050-1987	scenario -1987	1987-2050	
DO-01	5	5	5	12	12	12	84	84	84	0,2	0,2	3,8	82
DO-02	7	8	8	16	15	15	78	78	78	0,1	0,1	3,7	93
DO-03	3	3	3	6	5	5	92	92	92	0,1	0,1	4,5	92
DO-04	3	3	3	7	6	6	91	91	91	0,2	0,1	2,6	78
DO-05	2	2	2	5	5	5	93	93	93	0,1	0,1	3,2	98
DO-06	4	4	4	7	7	7	89	90	90	0,1	0,1	3,3	99
DO-07	4	4	4	8	7	7	89	89	89	0,2	0,2	3,8	98
DO-08	9	10	10	7	7	7	85	84	84	-0,3	-0,3	3,4	98
DO-09	4	5	5	1	1	1	94	94	93	-1,0	-1,0	3,7	98
DO-10	1	1	1	4	4	4	95	95	95	0,1	0,1	2,6	95
DO-11	5	6	5	7	7	7	88	88	88	0,0	0,0	3,4	95
DO-12	9	9	9	6	5	5	86	86	86	-0,1	0,0	4,7	91
DO-13	4	5	4	6	5	6	90	90	90	0,0	0,0	11,5	86
DO-14	6	7	6	8	7	8	86	86	86	-0,2	0,0	5,4	98
DO-16	19	21	17	14	15	15	67	64	68	-3,0	1,1	22,8	11
DO-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5,5	0,0	5,9	0
DO-18	6	8	6	4	3	4	90	89	90	-1,2	0,0	7,9	98
DO-19	4	5	4	3	3	3	93	92	93	-0,4	0,0	7,5	96
DO-20	3	3	3	5	5	5	92	92	92	0,1	0,0	6,4	93
DO-21	6	7	6	6	5	6	89	88	89	-0,2	0,0	6,6	17
DO-22	4	4	4	4	4	4	92	92	92	0,0	0,0	6,7	81
DO-23	4	4	4	10	9	10	87	88	87	0,6	0,1	7,0	93
DO-24	3	3	3	5	4	5	92	93	92	0,7	0,3	7,3	9
DO-25	6	6	6	11	11	11	84	84	84	0,1	0,0	6,7	95
DO-26	0	0	10	0	0	5	0	0	0	0,0	0,0	7,2	0
DO-27	0	0	17	0	0	13	0	0	0	0,0	0,0	7,3	0
DO-28	9	10	9	7	6	7	84	84	84	-0,5	-0,1	7,4	94
DO-29	0	0	2	0	0	6	0	0	0	0,0	0,0	7,9	0
DO-30	0	0	11	0	0	6	0	0	0	0,0	0,0	7,6	0
DO-31	6	7	6	18	17	18	77	77	77	0,8	0,1	9,4	94
DO-32	15	17	15	4	4	4	82	80	81	-1,9	-0,5	11,9	77
DO-33	12	14	12	5	4	5	84	82	84	-1,3	0,1	11,9	98
DO-34	6	6	6	5	5	5	90	89	90	-0,2	0,0	8,0	96
DO-35	9	11	9	6	5	6	86	85	86	-0,9	-0,1	10,0	96
DO-36	5	5	5	15	14	15	81	82	81	0,4	0,2	7,2	91
DO-37	0	0	3	0	0	13	0	0	0	0,0	0,0	13,9	0
DO-38	0	0	15	0	0	3	0	0	0	0,0	0,0	14,2	0
DO-39	5	5	5	5	5	5	91	91	91	-0,1	0,0	4,5	99
DO-40	9	9	8	8	7	8	84	84	85	-0,5	0,3	4,3	99
DO-41	12	17	13	5	3	4	84	80	83	-3,8	-0,3	20,5	100
DO-42	8	11	8	4	3	4	89	86	89	-2,9	-0,1	19,0	94
DO-43	4	6	5	3	2	2	93	92	93	-0,9	-0,1	22,0	80
DO-44	4	6	4	4	3	4	92	91	92	-1,3	-0,1	20,0	97
DO-45	9	13	9	3	3	3	88	85	88	-3,1	-0,3	20,8	98
DO-46	13	19	15	3	2	3	84	79	82	-4,8	-1,4	21,0	86
DO-47	3	4	3	6	5	6	91	91	91	0,6	0,1	22,2	86
DO-48	4	6	4	5	4	5	91	91	91	-0,4	0,0	19,6	86
DO-49	3	5	4	5	4	5	92	92	92	-0,1	0,0	21,2	96
DO-50	1	2	1	9	8	9	89	90	89	1,2	0,1	16,0	96
DO-51	3	4	3	8	7	8	89	89	89	0,7	0,1	14,4	92
DO-52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	18,6	0
DO-54	7	9	7	6	5	6	88	87	88	-0,8	0,1	14,8	98
DO-55	0	0	0	5	5	5	95	95	95	0,2	0,2	2,7	5
DO-56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	21,6	0
DO-57	11	12	11	6	6	6	84	83	84	-0,4	0,0	7,0	94
DO-58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	12,3	0
DO-59	5	6	5	3	2	3	92	92	92	-0,3	0,0	10,5	37
DO-60	7	8	7	5	4	5	88	88	88	-0,7	-0,1	5,9	97
DO-61	8	9	8	9	9	10	83	83	83	0,3	0,0	5,3	99



peilgebieden

kwel gemiddeld 1987

[mm/d]

- < -2 (infiltratie)
- -2 - -1
- -1 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 (kwel)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	22-06-2015
tekeningnr:	0

kwel en infiltratie gemiddelde situatie

situatie 1987

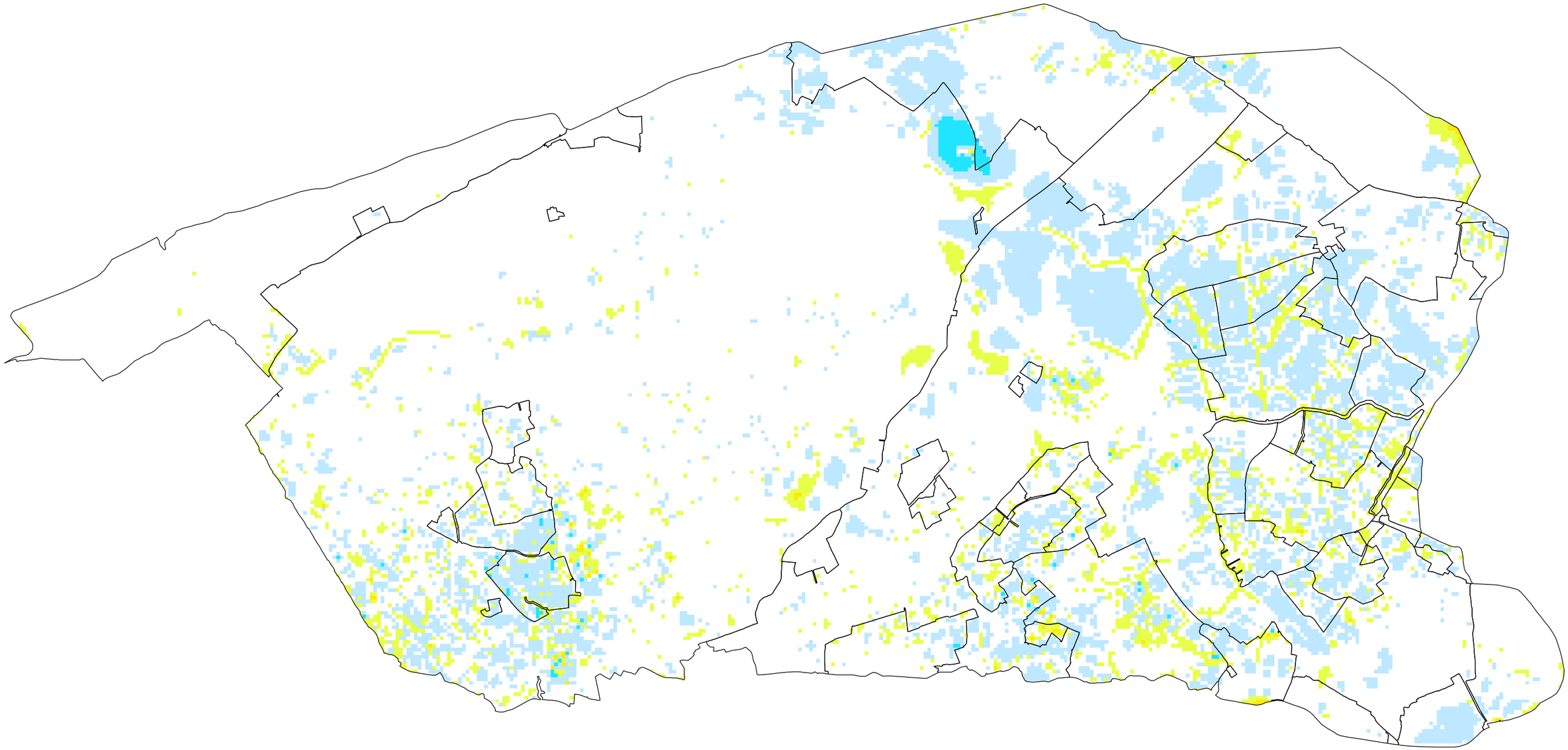
opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

Witteveen + Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 22-06-2015 11:30:29



peilgebieden

verandering kwel 2050 tov 1987

[mm/d]

- < -2 (afname kwel / toename infiltratie)
- -2 - -1
- -1 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - -0.01
- -0.01 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 (toename kwel / afname infiltratie)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	22-06-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

verandering kwel en infiltratie gem situatie

situatie 2050 tov 1987

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 22-06-2015 11:46:25

BIJLAGE IV EFFECTEN VOOR KADEN EN KUNSTWERKEN

Effect op gemalen (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5 tot 10
- 10 tot 15
- 15 tot 20
- 20 tot 25
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

gemalen

opdrachtgever:	Wetterskip fryslân
projectnaam:	Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

T:\LB\L\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 09:39:29

Effect op vaste stuwen (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5
- 12
- 13
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

vaste stuwen

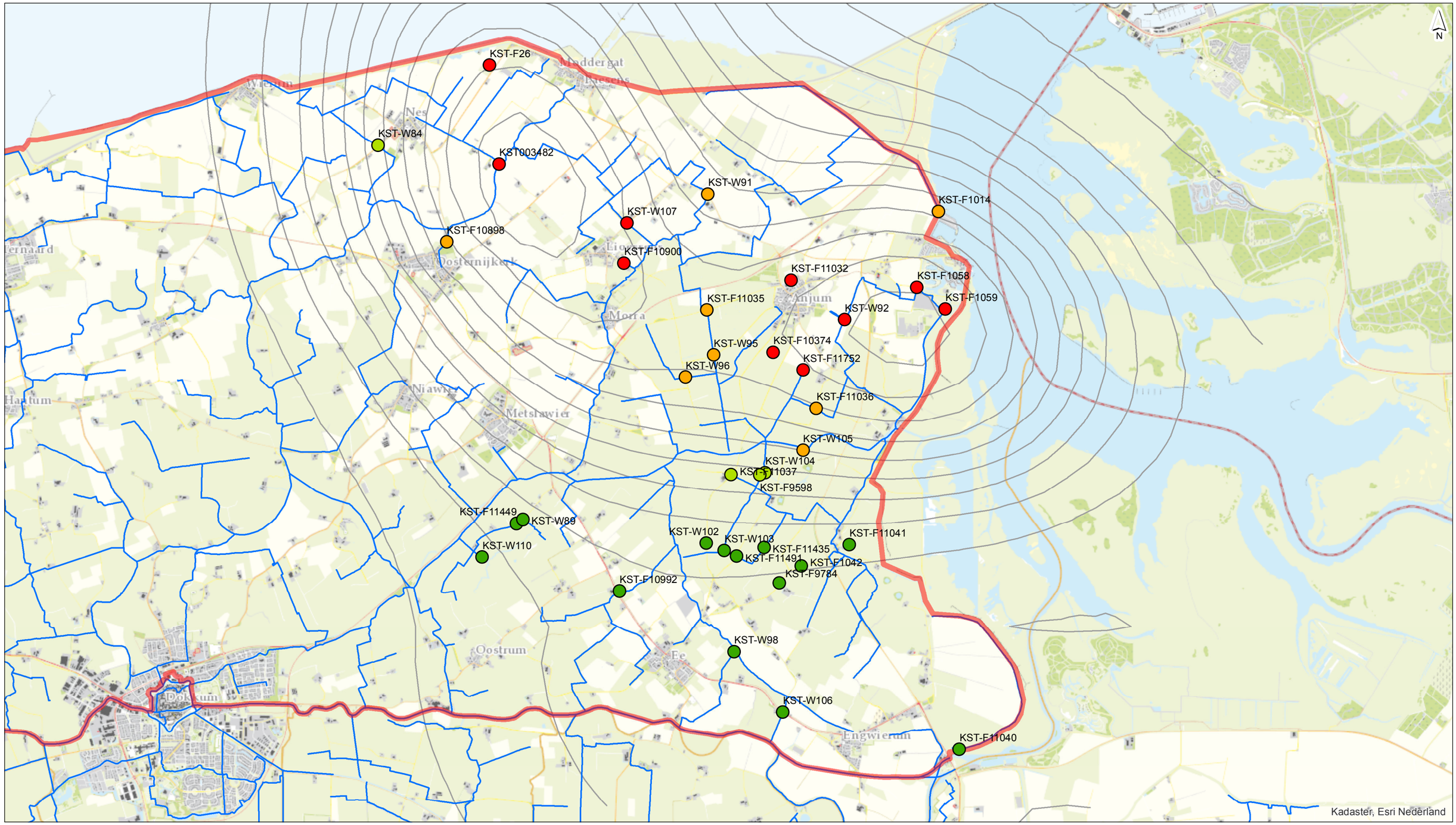
opdrachtgever: Wetterskip fryslân
projectnaam: Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

T:\LB\L\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 09:42:16

Nummer regelbare stuw	Type	Bouwjaar	Datum inmeting	Daling 1987-2010 in cm	Daling prognose 2050 incl. marge (cm)	Maximale kruinhoogte ca. 2010 in m NAP	Hoogste streefpeil voor stuw in m NAP	Maximale opstuwing na bodemdaling 2010 (cm)	Maximale opstuwing na bodemdaling 2050 incl. marge (cm)	Vervangen zonder bodemdaling	Vervangen vanwege bodemdaling
KST-W110	stuw met schuif	onbekend	dec-08	2	5	-1,81	-1,70	-11	-14	invullen WF	Ja
KST-W98	stuw met klep	1975 - 1980	dec-08	3	6	-0,58	-1,20	62	59	invullen WF	invullen WF
KST-W106	stuw met klep	1975 - 1980	dec-08	4	6	-0,27	-0,68	41	39	invullen WF	invullen WF
KST-F11449	stuw met schuif	invullen WF	invullen WF	3	7	-1,35	-1,50	15	11	invullen WF	invullen WF
KST-F9784	schotbalk stuw	invullen WF	invullen WF	3	7	-0,58	-1,63	105	101	invullen WF	invullen WF
KST-F10992	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	3	7	-0,33	-1,23	90	86	invullen WF	invullen WF
KST-W89	stuw met schuif	1990	dec-08	3	7	-1,44	-1,60	16	12	invullen WF	invullen WF
KST-F11040	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	4	7	-0,46	-0,86	40	37	invullen WF	invullen WF
KST-F11041	schotbalk stuw	invullen WF	invullen WF	3	8	-0,36	-1,14	78	73	invullen WF	invullen WF
KST-W103	stuw met klep	1995	jul-05	4	8	-1,29	-1,42	14	10	invullen WF	invullen WF
KST-F11435	schotbalk stuw	invullen WF	invullen WF	3	8	-1,08	-1,80	73	68	invullen WF	invullen WF
KST-F11491	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	3	8	-1,07	-1,68	61	56	invullen WF	invullen WF
KST-F1042	schotbalk stuw	invullen WF	dec-08	3	8	-1,30	-1,75	44	39	invullen WF	invullen WF
KST-W102	stuw met klep	1995	dec-08	4	9	-1,49	-1,51	2	-3	invullen WF	Ja
KST-W104	stuw met schuif	1990	dec-08	5	13	-1,28	-1,60	32	24	invullen WF	invullen WF
KST-F11037	stuw met schuif	invullen WF	invullen WF	5	13	-1,49	-1,60	11	3	invullen WF	invullen WF
KST-F9598	stuw met schuif	invullen WF	invullen WF	4	13	-1,37	-1,42	5	-4	invullen WF	Ja
KST-W84	stuw met klep	1980	2005	2	15	0,34	-0,50	84	71	invullen WF	invullen WF
KST-W105	schotbalk stuw	1987	dec-08	6	16	-1,20	-1,69	49	39	invullen WF	invullen WF
KST-W91	stuw met schuif	1980	2010	6	17	0,00	-1,20	120	109	invullen WF	invullen WF
KST-F1014	stuw met schuif	2000	aug-10	8	17	0,51	-0,22	73	64	invullen WF	invullen WF
KST-F10898	schotbalk stuw	invullen WF	invullen WF	4	19	-0,23	-0,56	34	19	invullen WF	invullen WF
KST-W96	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	7	19	-1,69	-1,75	6	-6	invullen WF	Ja
KST-F11036	stuw met schuif	invullen WF	invullen WF	7	19	-1,29	-1,58	29	17	invullen WF	invullen WF
KST-F11035	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	7	20	-1,48	-1,50	2	-11	invullen WF	Ja
KST-W95	stuw met klep	1995	dec-08	7	20	-1,73	-1,80	7	-6	invullen WF	Ja
KST-F10374	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	8	21	-1,26	-1,30	4	-9	invullen WF	Ja
KST-F11032	schotbalk stuw	invullen WF	invullen WF	9	21	-0,37	-0,92	55	43	invullen WF	invullen WF
KST-F26	onbekend	invullen WF	onbekend	2	21	0,00	0,00	0	-19	invullen WF	onbekend
KST-F11752	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	8	21	-1,20	-1,30	10	-3	invullen WF	Ja
KST-W107	stuw met klep	1980	2010	5	21	0,00	-0,60	60	44	invullen WF	invullen WF
KST-F10900	schotbalk stuw	invullen WF	invullen WF	6	22	0,27	-0,40	67	51	invullen WF	invullen WF
KST-F1059	stuw met schuif	1990 - 1995	dec-08	9	23	0,00	-0,45	45	31	invullen WF	invullen WF
KST-W92	stuw met klep	1978	jul-05	9	23	-0,83	-1,00	17	3	invullen WF	invullen WF
KST-F1058	stuw met klep	2000	dec-08	9	23	-0,77	-1,00	24	10	invullen WF	invullen WF
KST003482	stuw met klep	invullen WF	invullen WF	3	24	-0,16	-0,30	13	-8	invullen WF	Ja



Effect op beweegbare stuwen (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5 tot 10
- 10 tot 15
- 15 tot 20
- 20 tot 25
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

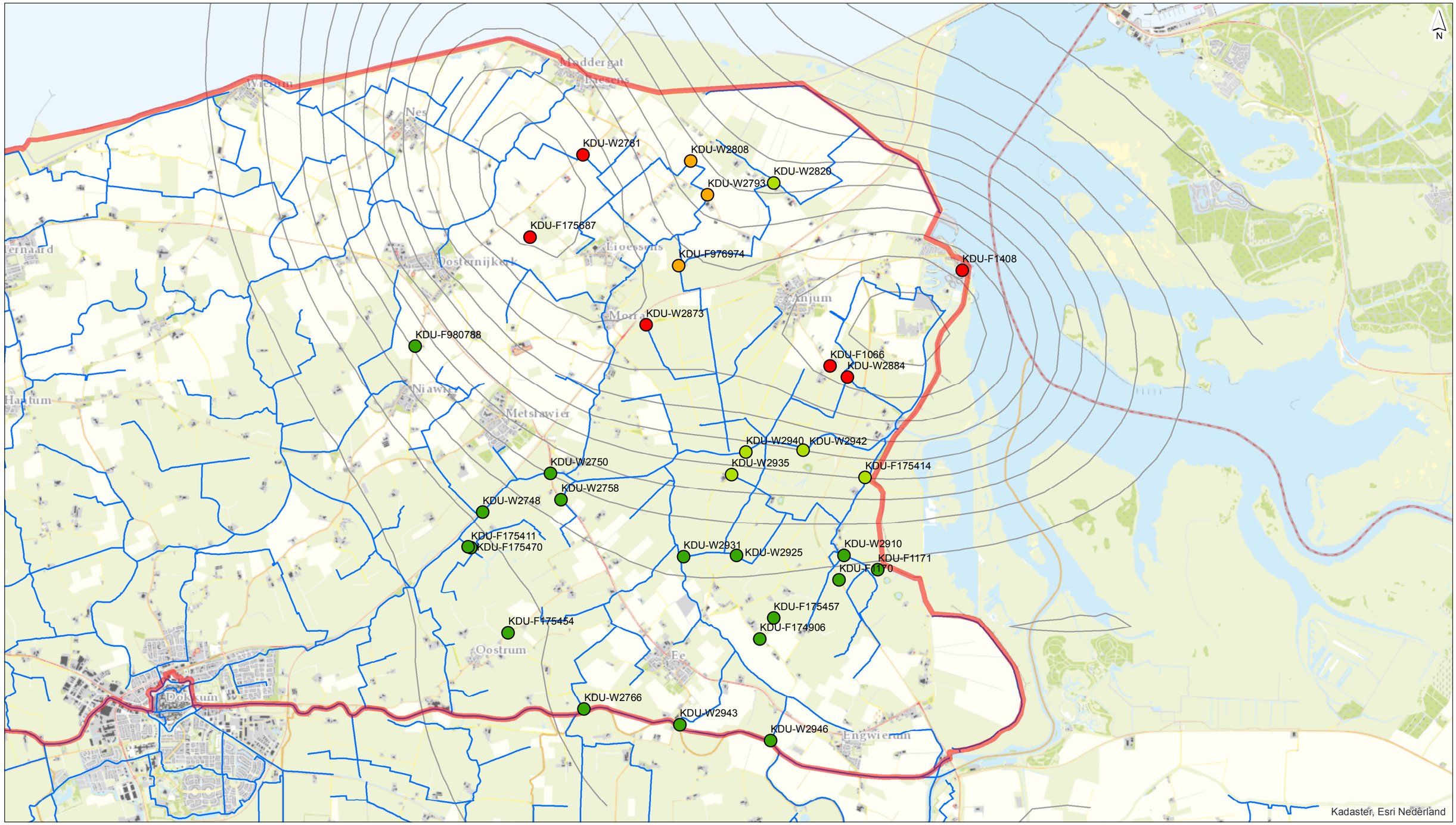
beweegbare stuwen

opdrachtgever:	Wetterskip fryslân
projectnaam:	Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

T:\LB\L\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 09:44:56



Effect op inlaten (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5 tot 10
- 10 tot 15
- 15 tot 20
- 20 tot 25
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

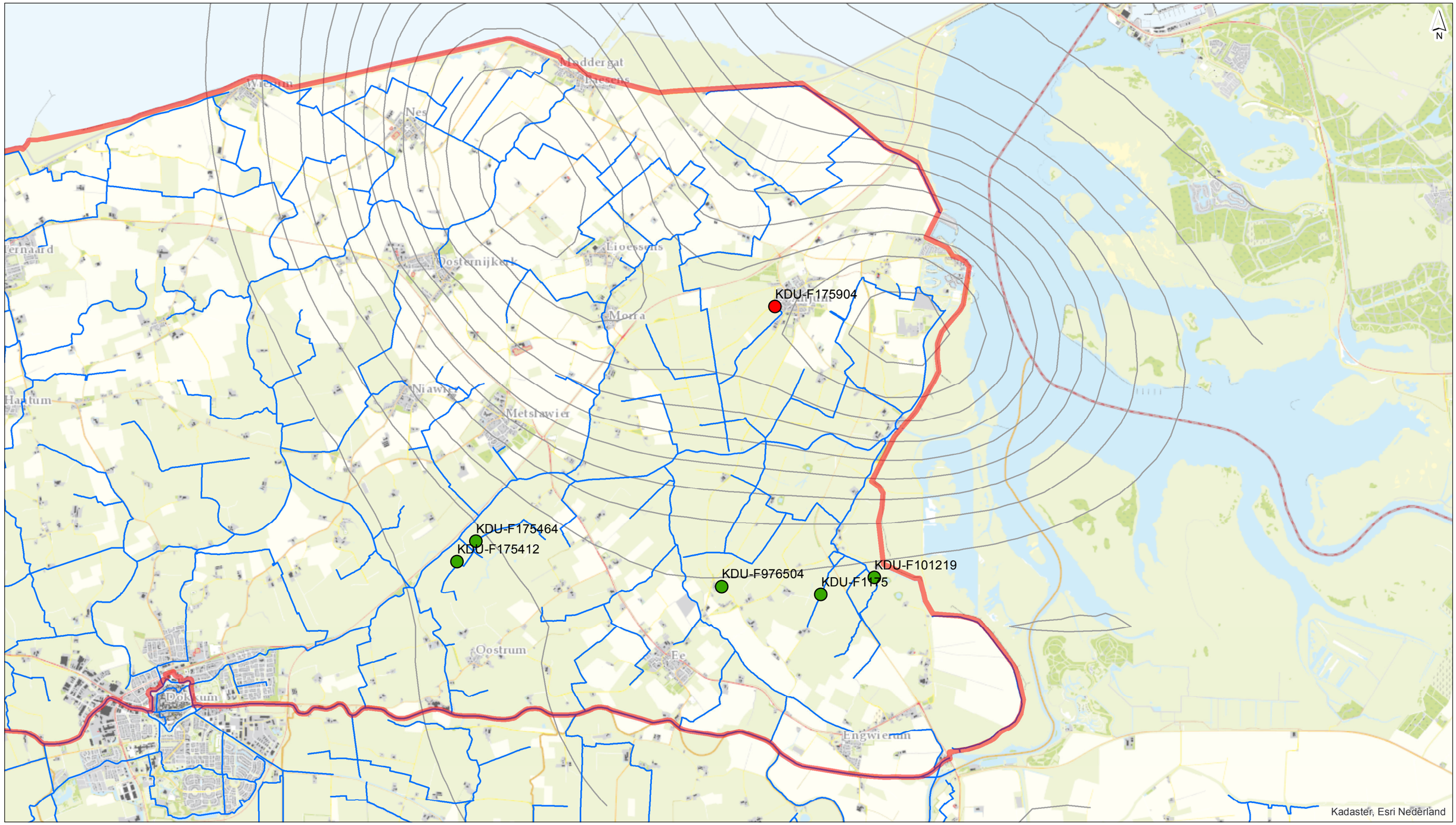
inlaten

opdrachtgever:	Wetterskip fryslân
projectnaam:	Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

T:\LB\L\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 09:47:00



Effect op peilregulerende duikers (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5 tot 10
- 10 tot 15
- 15 tot 21
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

Witteveen+Bos

T:\LBIL\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 09:50:45

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

peilregulerende duikers

opdrachtgever: Wetterskip fryslân
projectnaam: Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Effect op duikers (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5 tot 10
- 10 tot 15
- 15 tot 20
- 20 tot 25
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

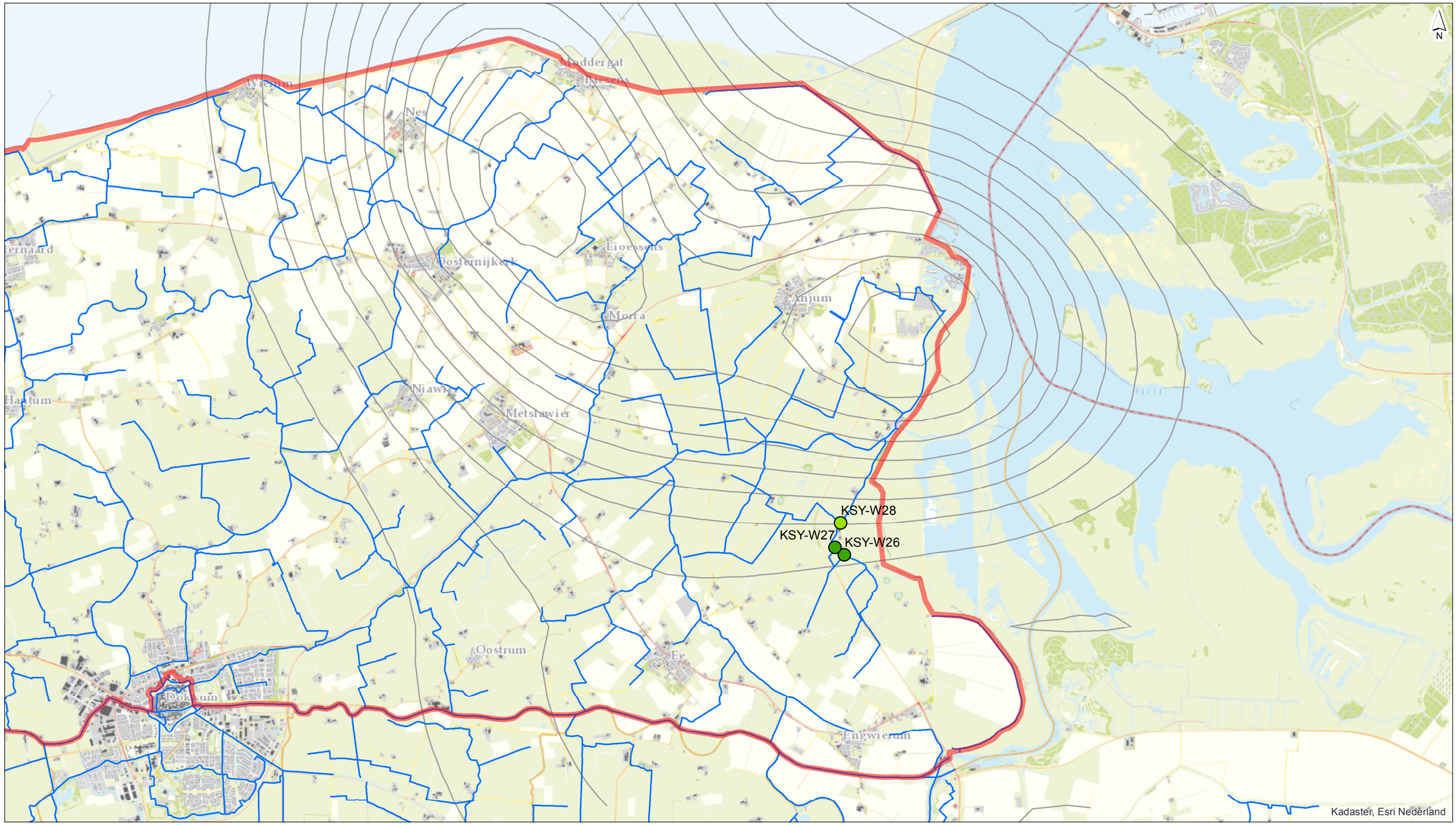
Effectbepaling bodemdaling

duikers

opdrachtgever: Wetterskip fryslân
projectnaam: Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
T:\LB\LU\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 09:52:38



Effect op syphons (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 8
- 10
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

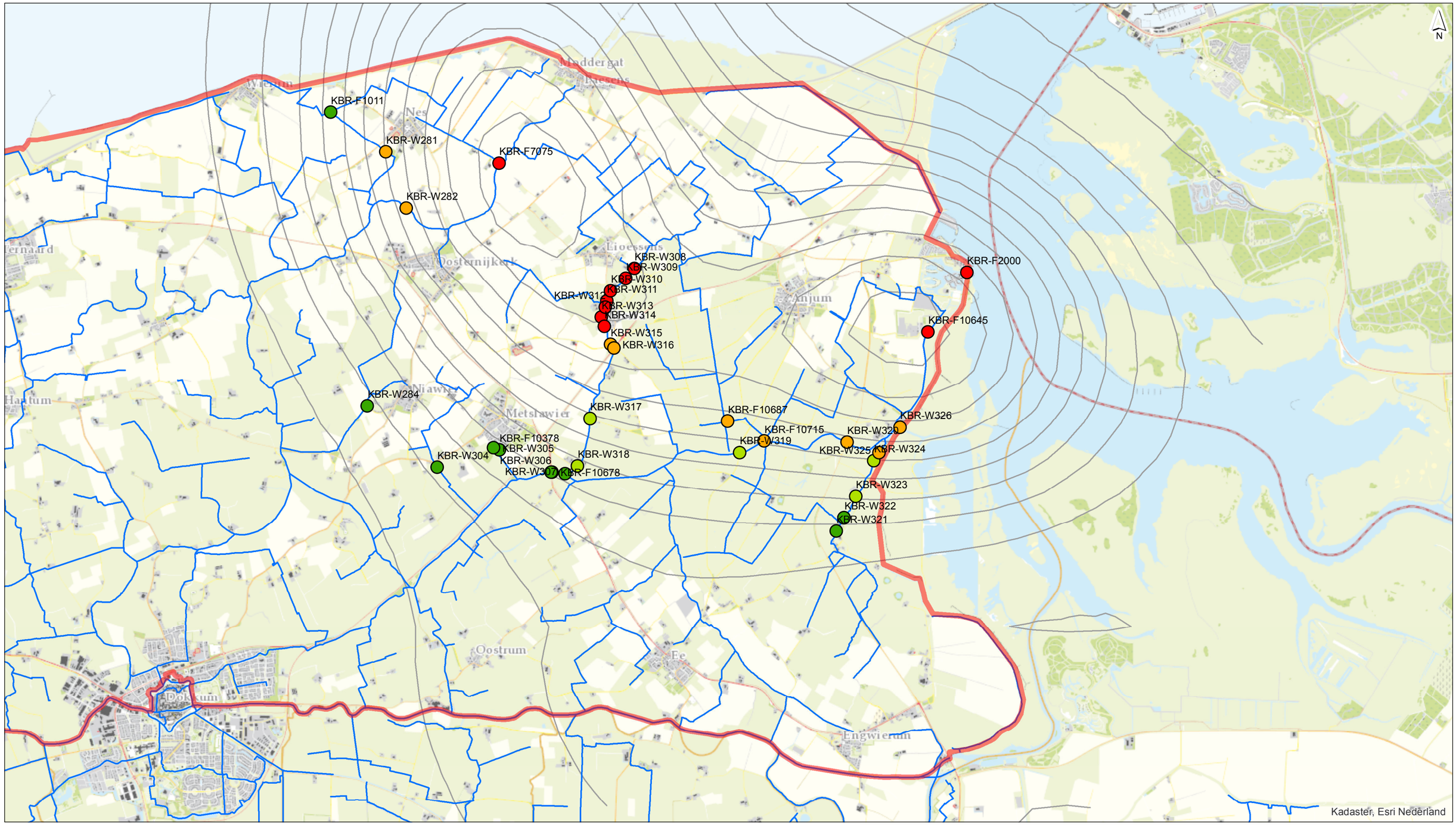
syphons

opdrachtgever:	Wetterskip fryslân
projectnaam:	Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

T:\LB\L\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 10:04:48



Effect op bruggen (in cm)

Bodemdaling prognose 1987 tot 2050 incl. marge

- 5 tot 10
- 10 tot 15
- 15 tot 20
- 20 tot 25
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

Witteveen+Bos

T:\LB\L\LW\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\dongeradeel.mxd 02-04-2015 10:06:32

getekend:	J. Akkerman
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	definitief 1
datum:	20-02-2015
tekeningnr:	30
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:50000

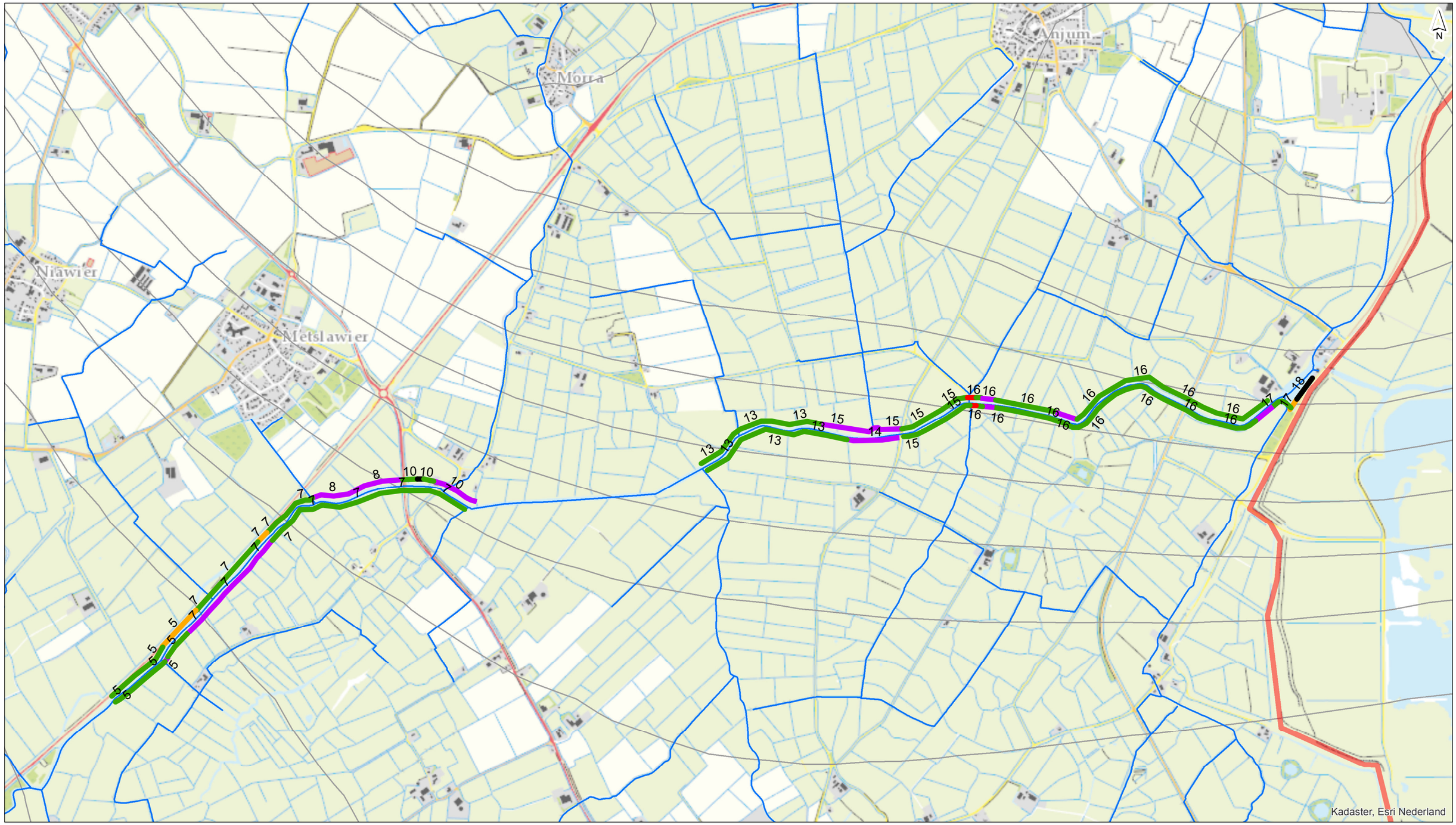
0 400 800 1200 1600 2000 m

Effectbepaling bodemdaling

bruggen

opdrachtgever:	Wetterskip fryslân
projectnaam:	Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos



Effect oeverbeschoeiing Suderie

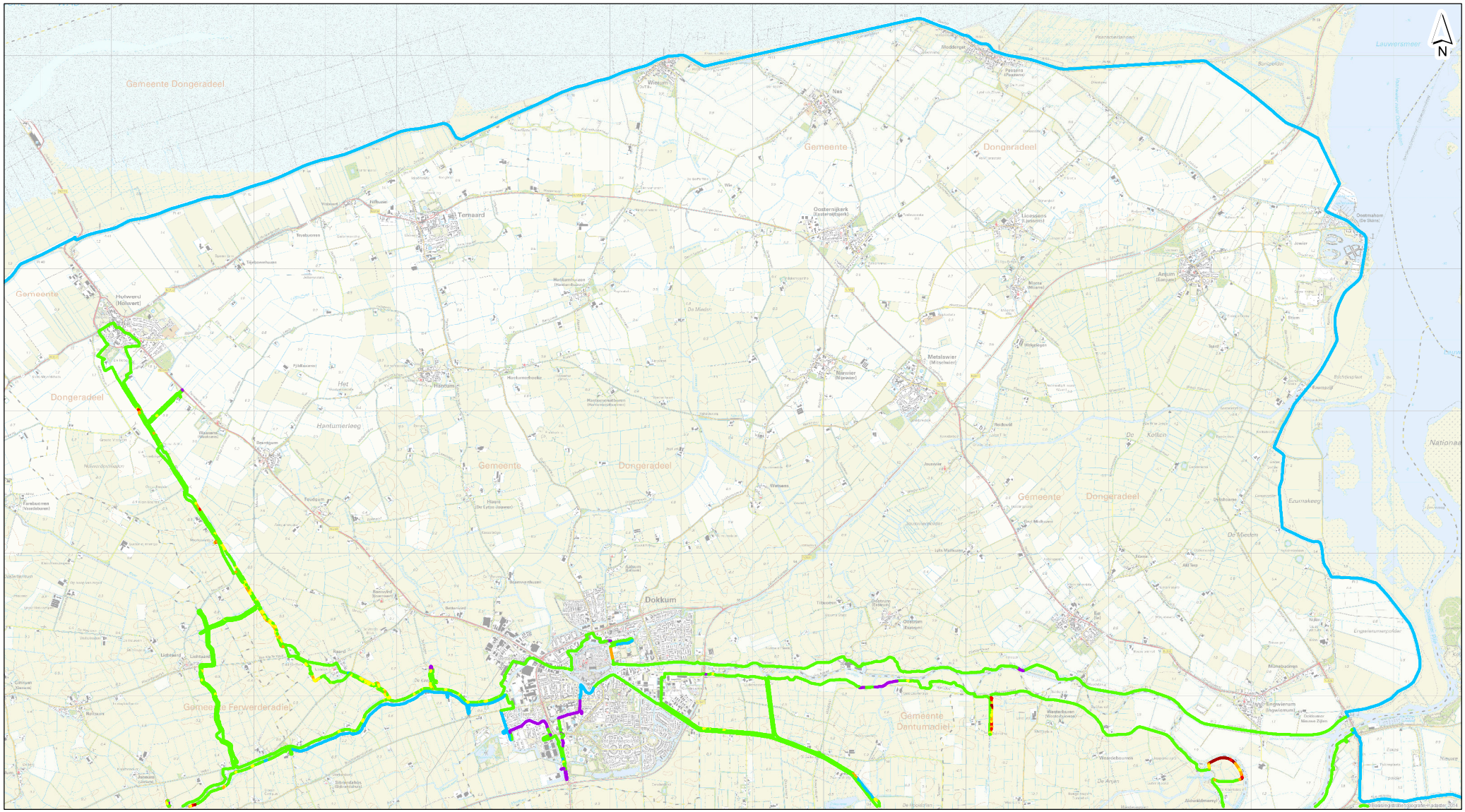
Type oeverbeschoeiing

- beschoeiing
- bodemdaling in cm
- betonnen damwand
- hardhouten damwand
- houten damwand
- natuurlijk verdedigd
- Contouren daling 2050 incl. marge
- Hoofdwaterloop
- Gebiedsgrens Dongeradeel

getekend: J.A **gecontroleerd:** E.v.T **goedgekeurd:** **versie:** definitief 1 **datum:** 20-02-2015 **tekeningnr:** 30	**Effectbepaling bodemdaling** **oeverbeschoeiing Suderie** **opdrachtgever:** Wetterskip fryslân **projectnaam:** Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 1:18942 0 400 800 1200 1600 20	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

T:\DV\LIL\W\LW289-109\Jeen Akkerman\GIS\effect oevers suderie.mxd 10-03-2015 15:04:22



DAM_lijnen

EINDOORDEEL

- NOK > -0.30
- NOK -0.29 - -0.20
- NOK -0.19 - -0.10
- NOK -0.09 - 0.00
- OK
- Revisieproject
- Nader onderzoek

getekend:	ing. A.P. Schoonakker
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	concept 1
datum:	01-04-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A4 liggend
schaal:	0 0.5 1 1.5 km

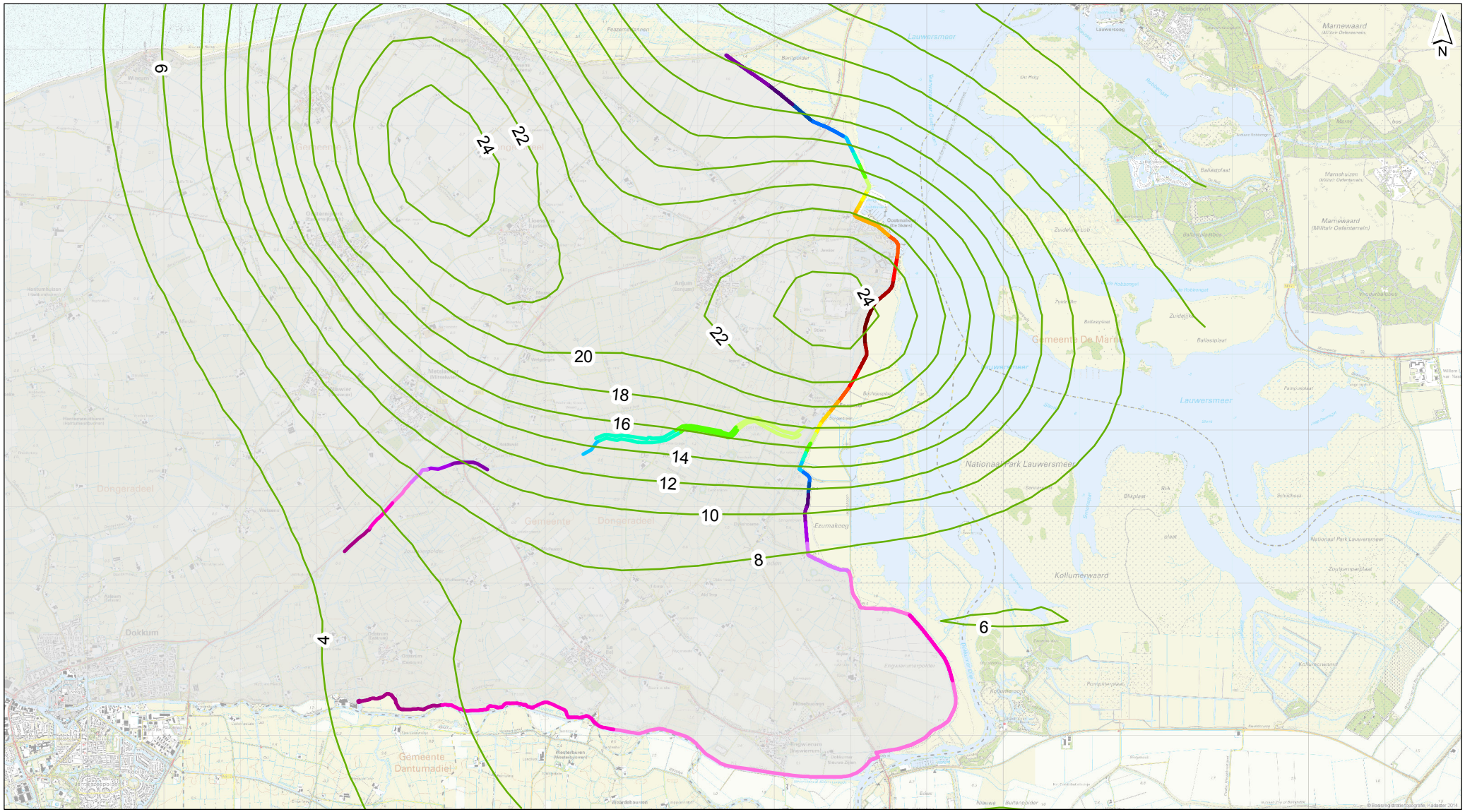
DAM toetsing keringen Dongeradeel

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslân
projectnaam:	vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen + Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\DAM_Keringen.mxd 01-04-2015 16:56:03


N
6
24
22
20
18
16
14
12
10
8
4
Lauwersmeer
Marnewaard
Gemeente De Marne
Nationaal Park Lauwersmeer
Kollumerwaard
Dongeradeel
Gemeente Dongeradeel
Dokkum
Gemeente Dantumadiel
Ezumakoog
Engwierumerpolder
Oostmahorn
Lioessens
Anjum
Westerburen
Weardeburen
Nieuwe Buitenpolder
Zuidelijk Lob
Ballastplaat
Zuidelijke
Bilaplaat
Schiehoek
Zoutkamperplaat
Kollumerwaard
Pompsterplaat
Kollumeroog
Marnestruizen
Marne
Bos
Vogelenwaarden
Famjoplaat
Bolhuisplaat
Bantpolder
Feazemarkenen
Wiarden
Metalleer
Wilsehoek
Hartumhuizen
Hartumhuizenpolder
Hemmemmuiden
Hemmemmuidenpolder
Kalkum
Dokkumerpolder
Oosterum
Dokkumerpolder
Ee
Ee
Ee

BIJLAGE V GRONDWATERMODELLERING

V.1. Modelversie

De grondwatermodelberekeningen zijn uitgevoerd met het MIPWA-modelinstrumentarium versie 2.1. Dit is thans de meest recente, vrijgegeven, MIPWA versie. De maaiveldhoogte in deze versie is gebaseerd op het AHN2.

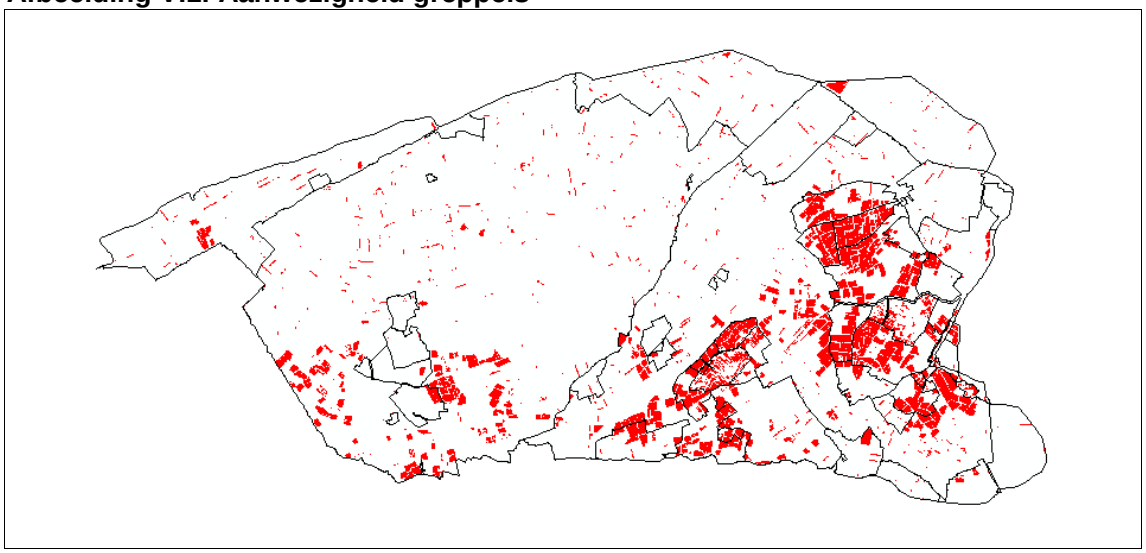
V.2. Aanpassingen model

In overleg met de hydrologen van het Wetterskip Fryslân zijn een aantal aanpassingen doorgevoerd in de invoerbestanden van het MIPWA-model.

Oppervlaktewaterpeilen
De oppervlaktewaterpeilen in het grondwatermodel zijn aangepast aan de peilen volgens het peilbesluit van 2012. In het basis model zijn de niet-hoofdwatergangen in Dongeradeel in de wintersituatie als drainerend gemodelleerd. Er kan dan geen infiltratie naar het grondwater plaatsvinden. Er is daarbij verondersteld dat het peil niet gegarandeerd kan worden. Het Wetterskip heeft aangegeven dat de peilen in Dongeradeel in zowel de zomer- als wintersituatie gegarandeerd kunnen worden. In het model zijn daarom alle waterlopen in zowel de zomer- als wintersituatie als infiltrerend gemodelleerd. De bodemhoogte van de watergangen is daarbij ook aangepast (minimaal 25 cm onder waterpeil). Voor de infiltratie-factor is uitgegaan van een waarde 0,33 voor alle waterlopen.

Drainage
Het gebied Dongeradeel wordt in het model gedraineerd door buisdrainage en greppels. De drainage is nagenoeg vlakdekkend aanwezig. Het Wetterskip heeft een tool die op basis van het AHN2 lijnvormige greppels herkent. De resultaat van de tool is weergegeven in afbeelding V.1. In de rode percelen zijn greppels aanwezig. Aan de hand van deze informatie is het bestand met greppeldrainage in MIPWA aangepast. Voor de diepte van de greppels is 30 cm-maaiveld aangehouden. Ook is de buisdrainage in deze rode percelen verwijderd. Voor de overige buisdrainage in het modelgebied is gecontroleerd of de hoogte minimaal 10 cm boven het zomerpeil ligt. Op enkele plaatsen waar dit niet het geval was, is dit aangepast.

Afbeelding V.1. Aanwezigheid greppels



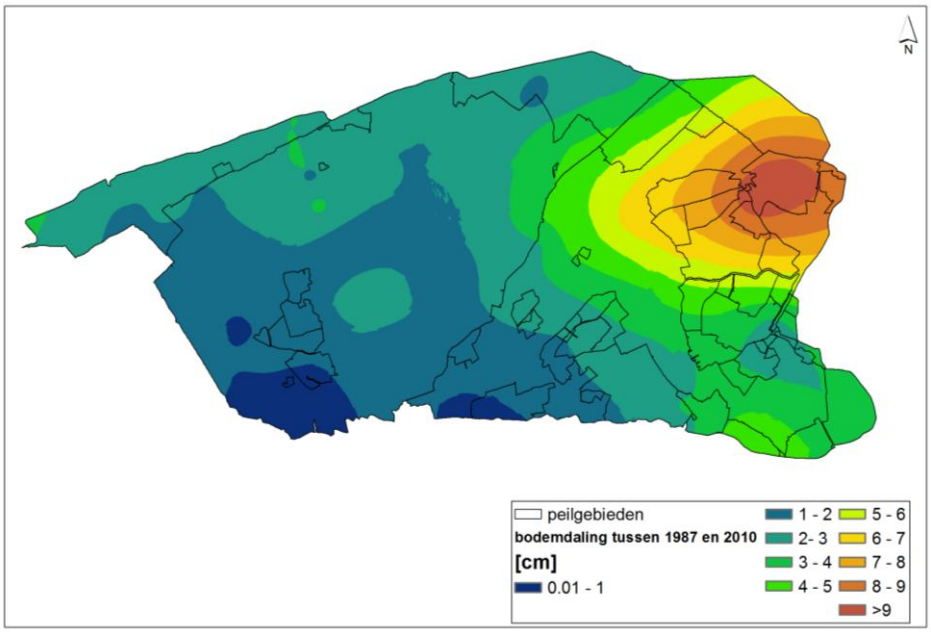
V.3. Scenarioberekeningen

De volgende scenario's zijn doorgerekend met het aangepaste grondwatermodel:
- de situatie in 2010;
- de situatie voor de start van de gaswinning (1987);
- de situatie na bodemdaling in 2050;
- maatregel peilverlaging in 2050.

De peilenkaart van het peilbesluit uit 2012 is gebruikt voor zowel de situatie 2010, de situatie voor de start van de gaswinning (1987), als de situatie na bodemdaling in 2050 (inclusief marge). Op deze wijze wordt puur het effect van de bodemdaling in beeld gebracht. Voor het maatregelscenario zijn peilverlagingen doorgerekend.

Voor de situatie in 2010 is uitgegaan van het maaiveldbestand AHN2. Voor de maaiveldhoogte in 1987 is gebruik gemaakt van hoogtemetingen in Dongeradeel tussen 1987 en 2010 (afbeelding V.2). Voor de maaiveldhoogte in 2050 is gebruik gemaakt van de prognose bodemdaling 2050 inclusief marge (afbeelding 2.2).

Afbeelding V.2. Bodemdaling tussen 1987 en 2010



Bij de bodemdaling dalen de drainagebuizen en de greppels mee met het maaiveld. Om de bodemdaling te simuleren zijn de volgende bestanden in het grondwatermodel aangepast:
- hoogteligging oppervlakkige afstroming (overlandflow);
- hoogteligging buisdrainage en greppeldrainage.

BIJLAGE VI KAART MAATREGELENPAKKET 1: ACCENT OP BERGING

peilgebieden, met codering

hoofdwatergangen

bodemdalingscontouren 2050, inclusief marge (cm)

Maatregelen per peilgebied:

peilgebied waarbinnen minder dan 5 cm bodemdaling, geen maatregelen

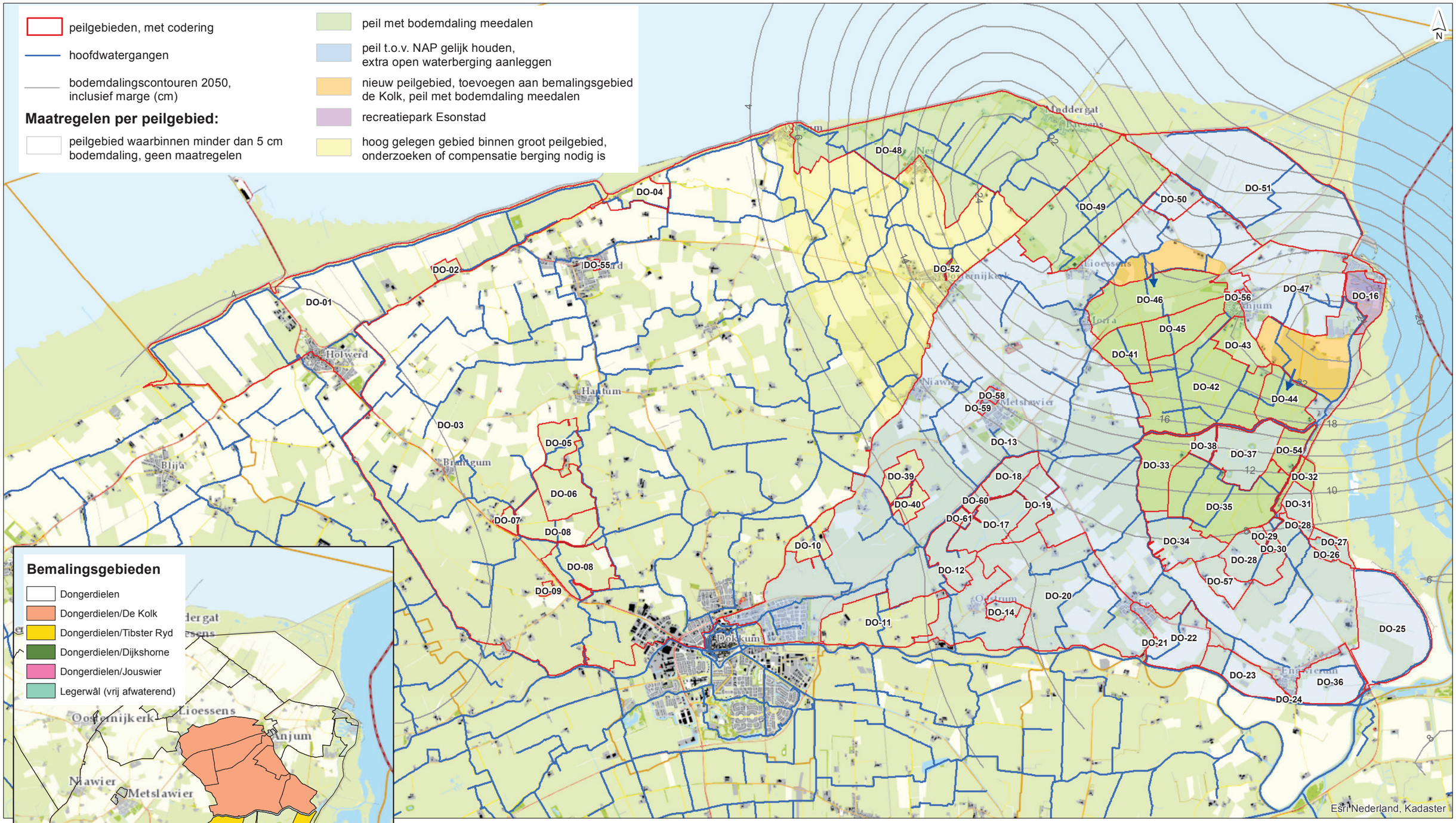
peil met bodemdaling meedalen

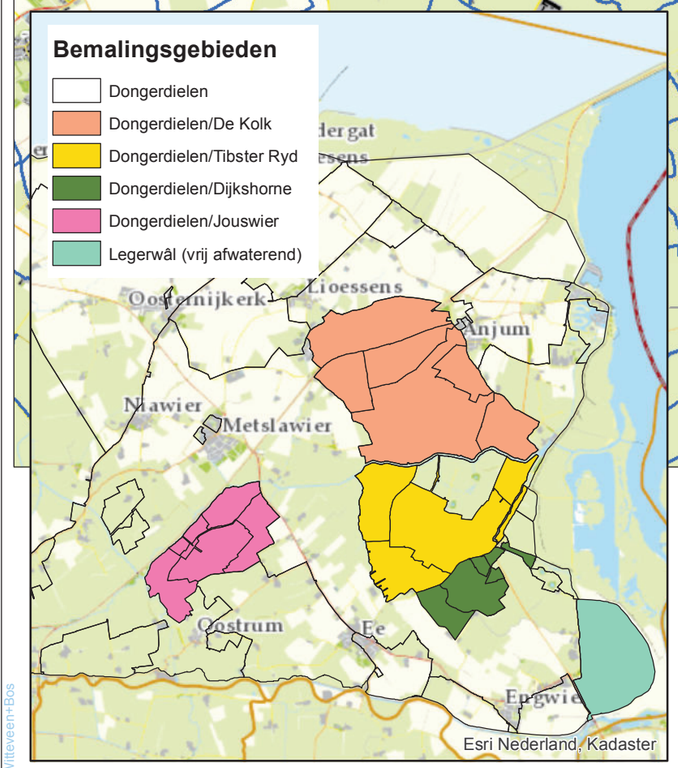
peil t.o.v. NAP gelijk houden, extra open waterberging aanleggen

nieuw peilgebied, toevoegen aan bemalingsgebied de Kolk, peil met bodemdaling meedalen

recreatiepark Esonstad

hoog gelegen gebied binnen groot peilgebied, onderzoeken of compensatie berging nodig is





getekend: ing. A.P. Schoonakker **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** Concept 2 **datum:** 23-06-2015 **tekeningnr:** 0	Maatregelenpakket 1: accent op berging
formaat: A3 liggend **schaal:** 0 1000 2000 m	**opdrachtgever:** Wetterskip Fryslân **projectnaam:** vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW 289-109 Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\Maatregelen.mxd 23-06-2015 15:13:15

BIJLAGE VII TABEL TOELICHTING PER PEILGEBIED MAATREGELENPAKKET 1

Maatregelenpakket 1: accent op berging

				Voorstel maatregelen periode 2010-2050								
				Peil mee laten dalen met bodemdaling, drooglegging blijft ongeveer gelijk (peil blijft relatief gelijk t.o.v. maaiveld)		Peil ten opzichte van NAP gelijk houden, drooglegging wordt kleiner : relatieve peilverhoging t.o.v. maaiveld, compenseren verlies aan berging					
Peilgebied nr.	Kleur op kaart	Oppervlak [ha]	**Afweging**	Bodemdaling 1987 -2050 in cm in gebied met > 5 cm bodemdaling [cm]	Neerwaartse peilaanpassing 1987 - 2050 in cm ten opzichte van NAP [cm]	Aantal m3 te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Aantal ha te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Kosten open water berging (euro incl. BTW)	Peilregulerende kunstwerken (lokaal maaiveld = maaiveldhoogte ter plaatse van het kunstwerk)	Overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen	Opmerking
DO-01		769	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-02		12	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-03		5.635	In noordoostelijke hoek van dit grote peilgebied tot 24 cm bodemdaling, maar in die hoek geen verlies aan doelrealisatie en waarschijnlijk ook geen daadwerkelijk verlies aan berging. Peilverlaging ongewenst om verzilting in niet-dalende zuidwestelijk deel van het peilgebied te voorkomen.	9	n.v.t.	74.506	8,56	2.227.000,00	Stuw Wetsens daalt 3 cm ten opzichte van NAP door de bodemdaling. Om peil tov NAP gelijk te houden dient de stuw in de loop der jaren 3 cm hoger te worden ingesteld ten opzichte van lokaal maaiveld.		De gemiddelde bodemdaling in geheel peilgebied DO-3 bedraagt 3 cm in de periode 2010-2050. In een fase 3 onderzoek dient nader te worden onderzocht in hoeverre de bodemdaling in het noordoostelijke deel van dit peilgebied daadwerkelijk tot bergingsverlies leidt.
DO-04		36	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-05		39	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-06		61	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-07		10	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-08		139	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-09		4	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-10		36	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-11		129	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-12		56	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	5	n.v.t.	1.053	0,15	39.000,00	Peil gemaal Jouswier gelijk houden ten opzichte van N.A.P., 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.		Deel minder dan 5 cm bodemdaling, afvoerkunstwerk/gemaal zakt wel 5 cm
DO-13	blauw en oranje	2.923	In dit grote peilgebied gemiddeld geen verlies aan doelrealisatie. Lokaal ten noorden en ten oosten van De Kolken wel verlies aan doelrealisatie en brak grondwater, daar behoud drooglegging en ontwatering door realisatie twee nieuwe peilgebieden (oranje op kaart)	11	Peil DO-13 blijft gelijk t.o.v. NAP. Alleen twee lokale gebieden ten noorden en ten oosten van De Kolken twee nieuwe peilgebieden maken en daar het peil mee laten zakken met ca. 20 cm bodemdaling.	166.909	23,86	6.204.000,00	Peil t.o.v. NAP gelijk houden. Gemaal Dongerdielen daalt ca. 20 cm, inslagpeil 20 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Werking gemaal Dongerdielen i.v.m. bodemdaling verifiëren. Voor twee nieuwe peilgebieden ten noorden en oosten van De Kolken nieuwe verbindingen (stuw) maken met bemalingsgebied De Kolk.	In Súd Ie 3 km oeverbeschoeiing vervangen. Nieuwe peilgebieden ten noorden en oosten van De Kolken aanpassen watergangen en kunstwerken ivm neerwaartse peilaanpassing. 27 bruggen dalen meer dan 5 cm. 20 duikers dalen meer dan 5 cm. Dykster Feart en Nije Feart blijven op peil DO-13.	Nieuwe aanvoer naar gemaal Alddyk realiseren. Gemaal Eysinga verplaatsen. Dykster Feart en Nije Feart blijven op peil hoofdpeilgebied DO-13. Laag gelegen strook ten oosten van de Nije Feart wordt natter, extensief landbouwkundig gebruik, nagaan of hier waterberging te realiseren is.
DO-14		13	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	5	n.v.t.	393	0,06	15.000,00	Vaste stuw 5 cm ophogen		particulier peilgebied, maximum peil vastgesteld.
DO-16		40	Esonstad, recreatiepark, in fase 3 studie uitwerken	23	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	recreatiefunctie, veel beschoeiingen
DO-17		70	Nat natuurgebied, verdere vernatting gewenst	6	n.v.t.	2.848	1,05	274.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-18		39	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	8	n.v.t.	1.697	0,33	87.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		stuw zakt ca. 7 cm
DO-19		49	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	8	n.v.t.	1.919	0,34	88.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		stuw zakt ca. 7 cm
DO-20		348	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	6	n.v.t.	11.760	1,63	425.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld	Vier duikers dalen 5 tot 10 cm	
DO-21		1	Zeer klein peilgebied, begraafplaats, drooglegging handhaven	7	5	n.v.t.	n.v.t.	-	Verbinding met DO-22 zakt mee met de bodemdaling		
DO-22		90	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	2.390	0,27	69.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-23		60	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	1.266	0,11	29.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-24		1	Zeer klein peilgebied, begraafplaats, drooglegging handhaven	7	5,0	n.v.t.	n.v.t.	-	Particulier, zeer klein peilgebiedje, peilr. kunstwerk zakt mee met bodemdaling		
DO-25		181	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	3.402	0,34	88.000,00	Beweegbare stuw 5 cm hoger instellen t.o.v maaiveld	1 duiker daalt circa 6 cm. Aanvoergemaal Legerwâl wordt binnenkort vervangen, rekening houden met 5 cm extra opvoerhoogte.	
DO-26		11	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	711	0,44	116.000,00	Verbinding met DO-27 5 cm ophogen t.o.v. lokaal maaiveld		Eendenkooien, effect peilverhoging op kooien onderzoeken
DO-27		15	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	599	0,35	92.000,00	Verbinding met DO-28 5 cm ophogen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-28		73	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	2.376	0,51	131.000,00	Gemaal Dijkshorne zakt mee met bodemdaling. Inslagpeil 5 cm verhogen t.o.v. lokaal maaiveld.		
DO-29		6	Natuurgebied Cuperuspolder, verdere vernatting gewenst	8	n.v.t.	345	0,11	29.000,00	Beweegbare stuw 10 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-30		5	Natuurgebied Cuperuspolder, verdere vernatting gewenst	8	n.v.t.	211	0,06	17.000,00	Verbinding met DO-28 met 10 cm ophogen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-31		25	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	9	n.v.t.	1.022	0,15	39.000,00	Beweegbare stuw 10 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld		
DO-32		11	Afname doelrealisatie, oostkant De Kolken (brak grondwater)	12	10	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt mee met de bodemdaling, geen aanpassing		
DO-33		77	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	12	10	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt mee met de bodemdaling, geen aanpassing		
DO-34		75	Gelegen in bemalingsgebied De Kolken, maar wel grote drooglegging, verwaarloosbaar effect op doelrealisatie,	8	n.v.t.	2.415	0,42	110.000,00	Twee beweegbare stuwen 10 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.		

				Voorstel maatregelen periode 2010-2050							
				Peil mee laten dalen met bodemdaling, drooglegging blijft ongeveer gelijk (peil blijft relatief gelijk t.o.v. maaiveld)		Peil ten opzichte van NAP gelijk houden, drooglegging wordt kleiner : relatieve peilverhoging t.o.v. maaiveld, compenseren verlies aan berging					
Peilgebied nr.	Kleur op kaart	Oppervlak [ha]	**Afweging**	Bodemdaling 1987 -2050 in cm in gebied met > 5 cm bodemdaling [cm]	Neerwaartse peilaanpassing 1987 - 2050 in cm ten opzichte van NAP [cm]	Aantal m3 te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Aantal ha te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Kosten open water berging (euro incl. BTW)	Peilregulerende kunstwerken (lokaal maaiveld = maaiveldhoogte ter plaatse van het kunstwerk)	Overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen	Opmerking
DO-35		183	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	10	10,0	n.v.t.	n.v.t.	-	Gemaal Tibster Ryd zakt 16 cm mee met bodemdaling. Inslagpeil 6 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Opvoerhoogte naar Súd Ie neemt met 10 cm toe. Rekening mee houden bij revisie (gemaal staat.op revisielijst)		
DO-36		76	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	1.746	0,16	42.000,00	Dit gebied ten oosten van Engwierum staat in open verbinding met het Dokkumer Grutdjip (Friese boezem).		
DO-37		85	Nat natuurgebied, verdere vernatting gewenst	14	n.v.t.	7.313	3,18	827.000,00	Twee beweegbare stuwen 15 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.		
DO-38		16	Nat natuurgebied, verdere vernatting gewenst	14	n.v.t.	890	0,64	165.000,00	Eén beweegbare stuw 15 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.		
DO-39	0	31	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-40	0	20	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-41		58	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt mee met de bodemdaling, geen aanpassing. Wel peilverlaging in benedenstroomse peilgebied DO-42 nodig	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	
DO-42		260	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	19	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Vergroten capaciteit gemaal De Kolk Anjum. Gemaal staat op revisielijst. Gemaal zakt 16 cm mee met de bodemdaling. Inslagpeil t.o.v. lokaal maaiveld nog met 4 cm verlagen. Opvoerhoogte naar Súd Ie neemt toe met 20 cm. Rekening mee houden bij revisie.	Verruimen hoofdwatergangen indien afwatering gebieden ten noorden en ten oosten van De Kolken worden toegevoegd	
DO-43		43	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	22	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	Peilgebied heeft wel grote drooglegging: volledige peilverlaging mogelijk niet noodzakelijk
DO-44		67	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	20	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Verruimen hoofdwatergang vanwege afwatering nieuw peilgebied van 122 ha via dit peilgebied	Met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuw en verdieping en/of verbreding hoofdwatergang nodig zijn
DO-45		71	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Verruimen hoofdwatergang vanwege afwatering nieuw peilgebied van 68 ha via dit peilgebied	Met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuw en verdieping en/of verbreding hoofdwatergang nodig zijn
DO-46		144	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Verruimen hoofdwatergang vanwege afwatering nieuw peilgebied van 68 ha via dit peilgebied	Met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuw en verdieping en/of verbreding hoofdwatergang nodig zijn
DO-47		215	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	22	n.v.t.	21.677	2,17	564.000,00	Beweegbare stuw 20 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Aanvoergemaal Eysinga verplaatsen	8,0	Opmaling kan geen water uit De Kolken halen vanwege hoog chloridegehalte, verplaatsen aanvoergemaal Eysinga (mini-gemaal van 2013).
DO-48		587	Lokaal afname doelrealisatie, brak grondwater	20	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Afvoerstuw en aanvoergemaal Nes dalen 24 cm mee met de bodemdaling. Stuw ten opzichte van lokaal maaiveld met 5 cm verhogen, om ongeveer 20 cm neerwaartse peilaanpassing t.o.v. NAP te realiseren. Nagaan of aanvoergemaal Nes goed blijft functioneren.	In westen peilgebied, waar minder dan 15 cm bodemdaling, watergangen verdiepen. Aan oostkant dalen drie duikers ruim 20 cm, maar peil t.o.v. NAP daalt ook 20 cm, dus geen aanpassingen nodig.	In fase 3 nader bekijken. Het westelijk deel ligt nu al hoog en hier treedt geen bodemdaling op.
DO-49		267	Lokaal afname doelrealisatie, brak grondwater	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Geen aanpassingen	
DO-50		40	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	16	n.v.t.	3.665	0,25	65.000,00	Beweegbare stuw 15 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.	Geen aanpassingen	
DO-51		410	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	14	n.v.t.	21.618	2,12	551.000,00	Beweegbare stuw 15 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Opvoerhoogte aanvoergemaal Alddyk wordt 15 cm hoger. Dit gemaal daalt ook ongeveer 15 cm, nagaan of werking goed blijft.	Aan oostkant dalen drie duikers 10 tot 15 cm, raken meer gevuld met water, niet aanpassen.	
DO-52		2	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	19	n.v.t.	797	0,15	40.000,00	Beweegbare stuw 20 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.	Geen aanpassingen	peilvak ligt in stedelijk gebied/beleving en bos van SBB, past niet in afwegingsschema --> maatwerk in fase 3
DO-54		29	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken	15	15	n.v.t.	n.v.t.	-	Verbinding met DO-35 zakt ca. 15 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	
DO-55		3	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-56		2	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	22	n.v.t.	421	0,09	24.000,00	Beweegbare stuw 20 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.	Geen aanpassingen	stedelijk gebied, beleving, gevolgen beschoeiing e.d., maatwerk in fase 3
DO-57		35	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	n.v.t.	829	0,15	39.000,00	Vaste stuw 5 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.	Geen aanpassingen	
DO-58		5	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	12	n.v.t.	494	0,09	23.000,00	Vaste stuw 10 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.	Geen aanpassingen	stedelijk gebied, beleving, gevolgen beschoeiing e.d., maatwerk in fase 3
DO-59		3	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	10	n.v.t.	356	0,11	30.000,00	Vaste stuw 10 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld.	Geen aanpassingen	stedelijk gebied, beleving, gevolgen beschoeiing e.d., maatwerk in fase 3
DO-60		9	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	6	n.v.t.	260	0,05	12.000,00	Peilregulerende duiker 5 cm verhogen t.o.v. lokaal maaiveld	Geen aanpassingen	
DO-61		5	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	5	n.v.t.	76	0,01	3.000,00	Peilregulerende duiker 5 cm verhogen t.o.v. lokaal maaiveld	Geen aanpassingen	
totaal som		**13.705**				**335.964**	**47,93**	**12.460.000,00**			

BIJLAGE VIII MAATREGELENPAKKET 2: BERGING EN PEILAANPASSING

peilgebieden, met codering

hoofdwatergangen

bodemdalingscontouren 2050, inclusief marge (cm)

Maatregelen per peilgebied:

peilgebied waarbinnen minder dan 5 cm bodemdaling, geen maatregelen

peil met bodemdaling meedalen

peil t.o.v. NAP gelijk houden, extra open waterberging aanleggen

nieuw peilgebied, toevoegen aan bemalingsgebied de Kolk, peil met bodemdaling meedalen

recreatiepark Esonstad

hoog gelegen gebied binnen groot peilgebied, onderzoeken of compensatie berging nodig is

Bemalingsgebieden

- Dongerdielen
- Dongerdielen/De Kolk
- Dongerdielen/Tibster Ryd
- Dongerdielen/Dijkshorne
- Dongerdielen/Jouswier
- Legerwâl (vrij afwaterend)

Esri Nederland, Kadaster

getekend: ing. A.P. Schoonakker **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** Concept 1 **datum:** 23-06-2015 **tekeningnr:** 0	Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing
	opdrachtgever: Wetterskip Fryslân **projectnaam:** vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW 289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 0 1000 2000 m	Witteveen + Bos

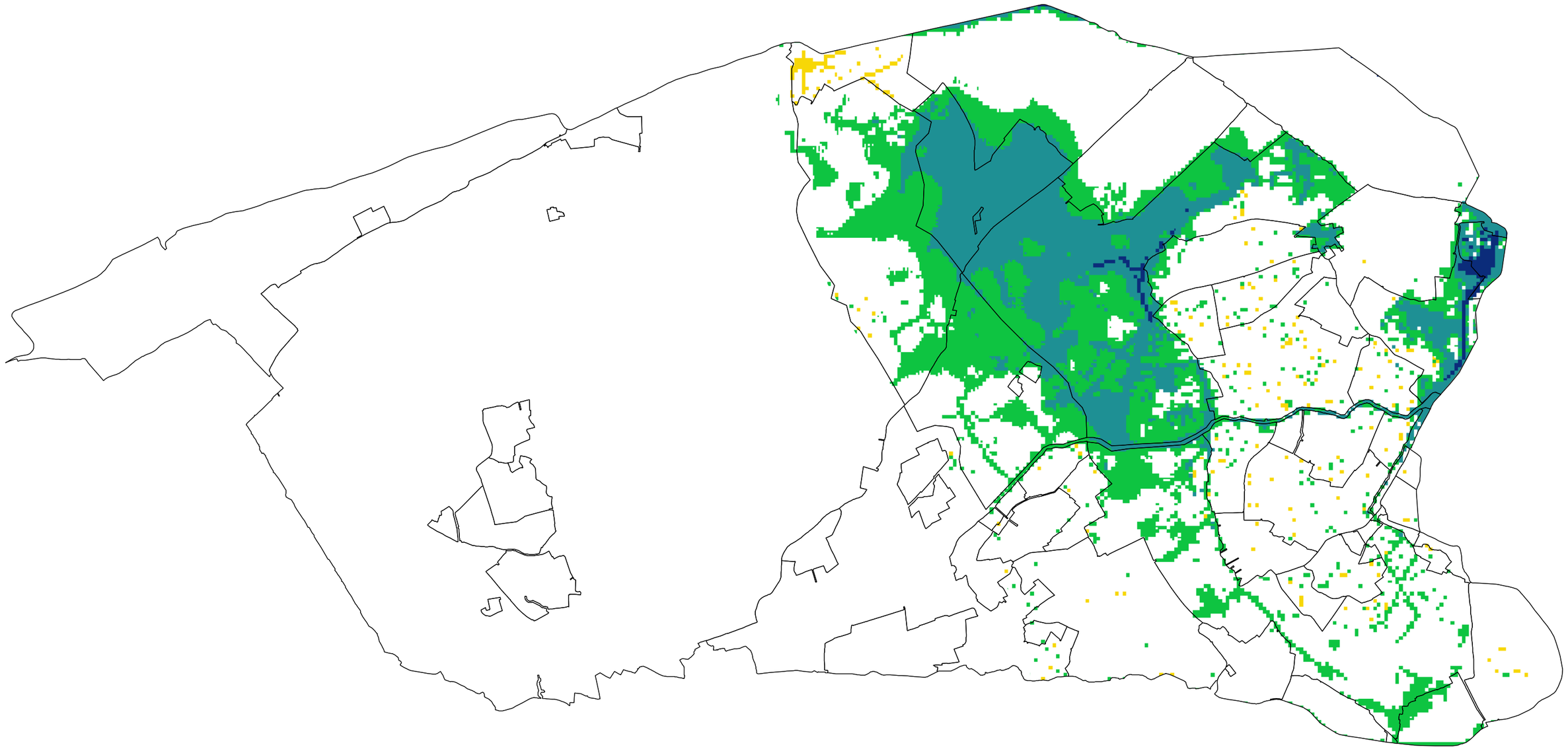
Witteveen+Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\Maatregelen_PM.mxd 23-06-2015 13:24:08

Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing

				Voorstel maatregelen periode 2010-2050							
				Peil mee laten dalen met bodemdaling, drooglegging blijft ongeveer gelijk (peil blijft relatief gelijk t.o.v. maaiveld)		Peil ten opzichte van NAP gelijk houden, drooglegging wordt kleiner : relatieve peilverhoging t.o.v. maaiveld, compenseren verlies aan berging					
Peilgebied nr.	Kleur op kaart	Oppervlak [ha]	**Afweging**	Bodemdaling 1987 -2050 in cm in gebied met > 5 cm bodemdaling [cm]	Neerwaartse peilaanpassing 1987 - 2050 in cm ten opzichte van NAP [cm]*	Aantal m3 te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Aantal ha te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Kosten open water berging (euro incl. BTW)	Peilregulerende kunstwerken (lokaal maaiveld = maaiveldhoogte ter plaatse van het kunstwerk)	Overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen	Opmerking
DO-01		769	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-02		12	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-03		5.635	In noordoostelijke hoek van dit grote peilgebied tot 24 cm bodemdaling, maar in die hoek geen verlies aan doelrealisatie en waarschijnlijk ook geen daadwerkelijk verlies aan berging. Peilverlaging ongewenst om verzilting in niet-dalende zuidwestelijk deel van het peilgebied te voorkomen.	9	n.v.t.	74.506	8,56	2.227.000,00	Stuw Wetsens daalt 3 cm ten opzichte van NAP door de bodemdaling. Om peil tov NAP gelijk te houden dient de stuw in de loop der jaren 3 cm hoger te worden ingesteld ten opzichte van lokaal maaiveld.		De gemiddelde bodemdaling in geheel peilgebied DO-3 bedraagt 3 cm in de periode 2010-2050. In een fase 3 onderzoek dient nader te worden onderzocht in hoeverre de bodemdaling in het noordoostelijke deel van dit peilgebied daadwerkelijk tot bergingsverlies leidt.
DO-04		36	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-05		39	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-06		61	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-07		10	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-08		139	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-09		4	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-10		36	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-11		129	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-12		56	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	5	5	-	-	-	Peil gemaal Jouswier gelijk houden t.o.v. maaiveld. Geen aanpassing.		Gemaal Jouswier zakt 5 cm
DO-13	blauw en oranje	2.923	In dit grote peilgebied gemiddeld geen verlies aan doelrealisatie. Lokaal ten noorden en ten oosten van De Kolken wel verlies aan doelrealisatie en brak grondwater, daar behoud drooglegging en ontwatering nodig	11	Peil DO-13 (inclusief Súd Ie) blijft gelijk t.o.v. NAP. Alleen twee lokale gebieden ten noorden en ten oosten van De Kolken twee nieuwe peilgebieden maken en daar het peil mee laten zakken met ca. 20 cm bodemdaling.	166.909	23,86	6.204.000,00	Peil t.o.v. NAP gelijk houden. Gemaal Dongerdielen daalt ca. 20 cm, inslagpeil 20 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Werking gemaal Dongerdielen i.v.m. bodemdaling verifiëren. Voor twee nieuwe peilgebieden ten noorden en oosten van De Kolken nieuwe verbindingen (stuw) maken met bemalingsgebied De Kolk. (optie: oostelijke nieuwe peilgebied niet via Kolken, maar eigen gemaaltje naar Nije Feart (DO-13)).	In Súd Ie 3 km oeverbeschoeiing vervangen. Nieuwe peilgebieden ten noorden en oosten van De Kolken aanpassen watergangen en kunstwerken ivm neerwaartse peilaanpassing. 27 bruggen dalen meer dan 5 cm. 20 duikers dalen meer dan 5 cm. Dykster Feart en Nije Feart blijven op peil DO-13.	Nieuwe aanvoer naar gemaal Alddyk realiseren. Gemaal Eysinga verplaatsen (niet nodig bij optie eigen afvoergemaaltje naar Nije Feart?). Laag gelegen strook ten oosten van de Nije Feart wordt natter, extensief landbouwkundig gebruik, nagaan of hier waterberging te realiseren is.
DO-14		13	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie en verzilting	5	5	-	-	-	Vaste stuw zakt 5 cm mee met de bodemdaling. Geen aanpassing.		particulier peilgebied, maximum peil vastgesteld.
DO-16		40	Esonstad, recreatiepark, in fase 3 studie uitwerken	23	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	recreatiefunctie, veel beschoeiingen
DO-17		70	Nat natuurgebied	6	5	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 5 cm tov NAP
DO-18		39	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	8	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-19		49	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	8	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-20		348	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	6	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.	Vier duikers dalen 5 tot 10 cm, maar peil zakt ongeveer evenveel t.o.v. NAP	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-21		1	Zeer klein peilgebied, begraafplaats, drooglegging handhaven	7	5	-	-	-	Verbinding met DO-22 zakt mee met de bodemdaling. Geen aanpassing.		
DO-22		90	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-23		60	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-24		1	Zeer klein peilgebied, begraafplaats, drooglegging handhaven	7	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-25		181	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP. Nader onderzoeken of dit acceptabel is in relatie tot de waterstand van het Lauwersmeer
DO-26		11	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-27		15	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	-	-	-	Geen aanpassing afwaterend kunstwerk		afw. kunstwerk zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-28		73	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	-	-	-	Geen aanpassing gemaal Dijkshorne. 8 cm extra opvoerhoogte naar verwachting geen probleem.		Gemaal Dijkshorne zakt mee met bodemdaling, ca. 8 cm tov NAP
DO-29		6	Natuurgebied Cuperuspolder, verdere vernatting gewenst	8	8	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 8 cm tov NAP
DO-30		5	Natuurgebied Cuperuspolder, verdere vernatting gewenst	8	8	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 8 cm tov NAP
DO-31		25	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	9	9	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 9 cm tov NAP
DO-32		11	Afname doelrealisatie, oostkant De Kolken (brak grondwater)	12	12	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 12 cm tov NAP
DO-33		77	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	12	10	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 10 cm tov NAP
DO-34		75	Gelegen in bemalingsgebied De Kolken, maar wel grote drooglegging, verwaarloosbaar effect op doelrealisatie,	8	9	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 9 cm tov NAP
DO-35		183	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	10	10	n.v.t.	n.v.t.	-	Gemaal Tibster Ryd zakt 16 cm mee met bodemdaling. Inslagpeil 6 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Opvoerhoogte naar Súd Ie neemt met 10 cm toe. Rekening mee houden bij revisie (gemaal staat.op revisielijst)		
DO-36		76	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie. Peil kan niet verlaagd worden vanwege verbinding met boezem	7	n.v.t.	1.746	0,16	42.000,00	Dit gebied ten oosten van Engwierum staat in open verbinding met het Dokkumer Grutdjip (Friese boezem).		
DO-37		85	Nat natuurgebied	14	14	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 14 cm tov NAP

				Voorstel maatregelen periode 2010-2050							
				Peil mee laten dalen met bodemdaling, drooglegging blijft ongeveer gelijk (peil blijft relatief gelijk t.o.v. maaiveld)		Peil ten opzichte van NAP gelijk houden, drooglegging wordt kleiner : relatieve peilverhoging t.o.v. maaiveld, compenseren verlies aan berging					
Peilgebied nr.	Kleur op kaart	Oppervlak [ha]	**Afweging**	Bodemdaling 1987 -2050 in cm in gebied met > 5 cm bodemdaling [cm]	Neerwaartse peilaanpassing 1987 - 2050 in cm ten opzichte van NAP [cm]*	Aantal m3 te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Aantal ha te compenseren berging vanaf 2010 binnen 5 cm contour	Kosten open water berging (euro incl. BTW)	Peilregulerende kunstwerken (lokaal maaiveld = maaiveldhoogte ter plaatse van het kunstwerk)	Overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen	Opmerking
DO-38		16	Nat natuurgebied	14	14	-	-	-	Geen aanpassing stuw.		stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 14 cm tov NAP
DO-39	0	31	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-40	0	20	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-41		58	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw. Wel peilverlaging in benedenstroomse peilgebied DO-42 nodig	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 20 cm tov NAP
DO-42		260	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	19	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Vergroten capaciteit gemaal De Kolk Anjum. Gemaal staat op revisielijst. Gemaal zakt 16 cm mee met de bodemdaling. Inslagpeil t.o.v. lokaal maaiveld nog met 4 cm verlagen. Opvoerhoogte naar Súd Ie neemt toe met 20 cm. Rekening mee houden bij revisie.	Verruimen hoofdwatergangen indien afwatering gebieden ten noorden en ten oosten van De Kolken worden toegevoegd	
DO-43		43	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	22	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	
DO-44		67	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	20	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Verruimen hoofdwatergang vanwege afwatering nieuw peilgebied van 122 ha via dit peilgebied	Met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuw en verdieping en/of verbreding hoofdwatergang nodig zijn
DO-45		71	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Verruimen hoofdwatergang vanwege afwatering nieuw peilgebied van 68 ha via dit peilgebied	Met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuw en verdieping en/of verbreding hoofdwatergang nodig zijn
DO-46		144	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Verruimen hoofdwatergang vanwege afwatering nieuw peilgebied van 68 ha via dit peilgebied	Met hydraulische berekeningen nagaan of verbreding stuw en verdieping en/of verbreding hoofdwatergang nodig zijn
DO-47		215	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	22	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 24 cm mee met de bodemdaling, in loop der tijd 4 cm hoger instellen ten opzichte van lokaal maaiveld	Geen aanpassingen	
DO-48		587	Lokaal afname doelrealisatie, brak grondwater	20	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Afvoerstuw en aanvoergemaal Nes dalen 24 cm mee met de bodemdaling. Stuw ten opzichte van lokaal maaiveld met 5 cm verhogen, om ongeveer 20 cm neerwaartse peilaanpassing t.o.v. NAP te realiseren. Nagaan of aanvoergemaal Nes goed blijft functioneren.	In westen peilgebied, waar minder dan 15 cm bodemdaling, watergangen verdiepen. Aan oostkant dalen drie duikers ruim 20 cm, maar peil t.o.v. NAP daalt ook 20 cm, dus geen aanpassingen nodig.	In fase 3 nader bekijken. Het westelijk deel ligt nu al hoog en hier treedt geen bodemdaling op.
DO-49		267	Lokaal afname doelrealisatie, brak grondwater	21	20	n.v.t.	n.v.t.	-	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Geen aanpassingen	
DO-50		40	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie. Gewenste peilverlaging kan niet geheel gerealiseerd worden.	16	10	1374	0,09	24.000,00	Stuw verwijderen, op één peil brengen met DO-13.	Geen aanpassingen	Omdat peil maximaal 10 cm verlaagd kan worden (tot aan peil DO-13) nog beperkte compensatie bergingsverlies nodig
DO-51		410	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	14	15	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing afvoerstuw en aanvoergemaal Alddyk.	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	Stuw en aanvoergemaal zakken mee met bodemdaling, ca. 15 cm tov NAP
DO-52		2	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	19	19	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	Stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 19 cm.
DO-54		29	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken	15	15	n.v.t.	n.v.t.	-	Verbinding met DO-35 zakt ca. 15 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Zakken mee met de bodemdaling, geen aanpassingen	
DO-55		3	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					-			
DO-56		2	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	22	22	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	Stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 22 cm tov NAP
DO-57		35	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	7	7	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-58		5	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	12	12	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 12 cm tov NAP
DO-59		3	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	10	10	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 10 cm tov NAP
DO-60		9	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	6	6	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 6 cm tov NAP
DO-61		5	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	5	5	n.v.t.	n.v.t.	-	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 5 cm tov NAP
totaal som		**13.705**				**244.535**	**32,68**	**8.500.000,00**			



verandering GHG maatregelenpakket 2 tov 1987

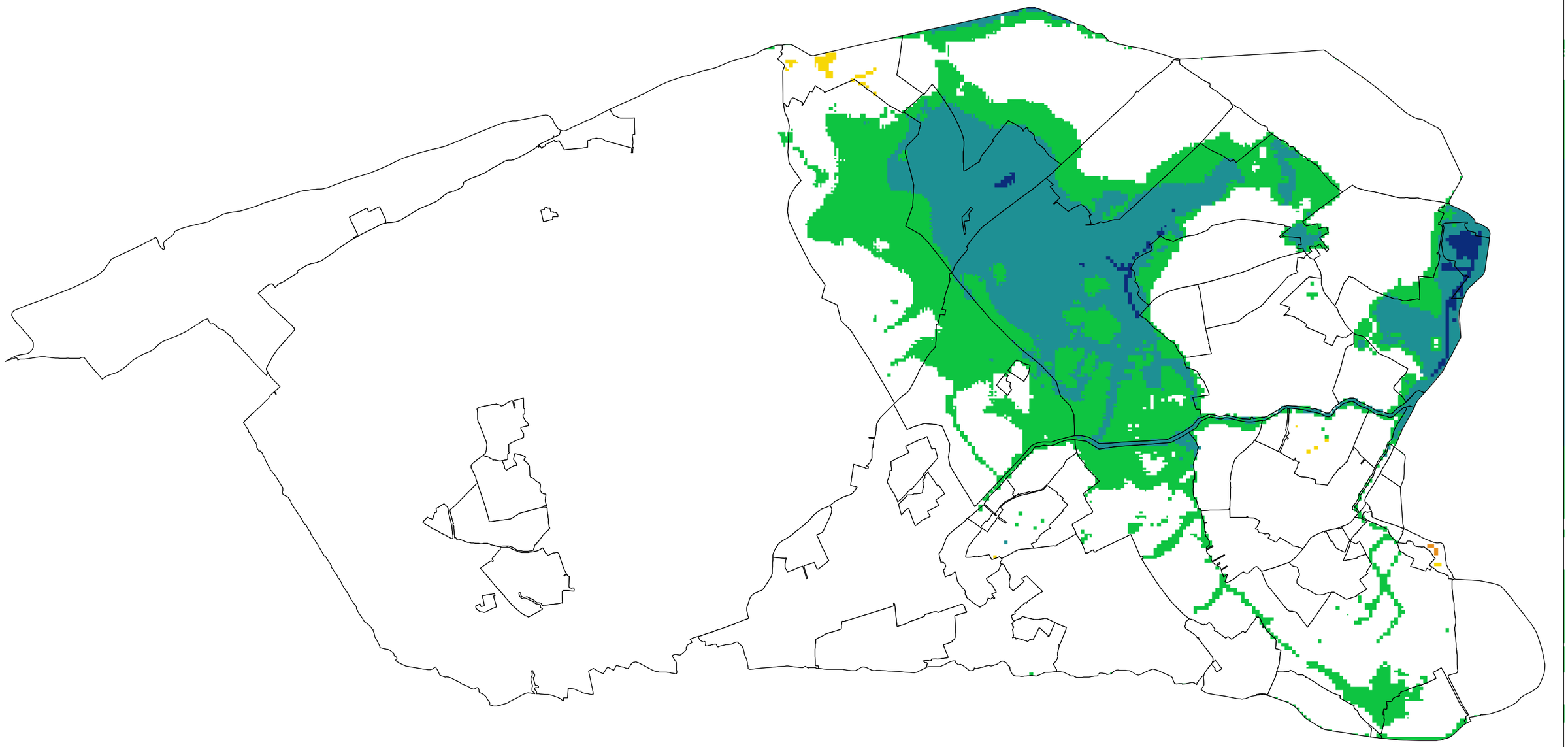
[m]

- < -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1- -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- > 0.2

getekend: M. Duineveld MSc. **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** 1 **datum:** 18-08-2015 **tekeningnr:** 0	**verandering GHG** **Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing tov 1987** **opdrachtgever:** Wetterskip Fryslan **projectnaam:** bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 1:55000 0 500 1000 1500 2000 2500 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:55:37



verandering GLG maatregelenpakket 2 tov 1987

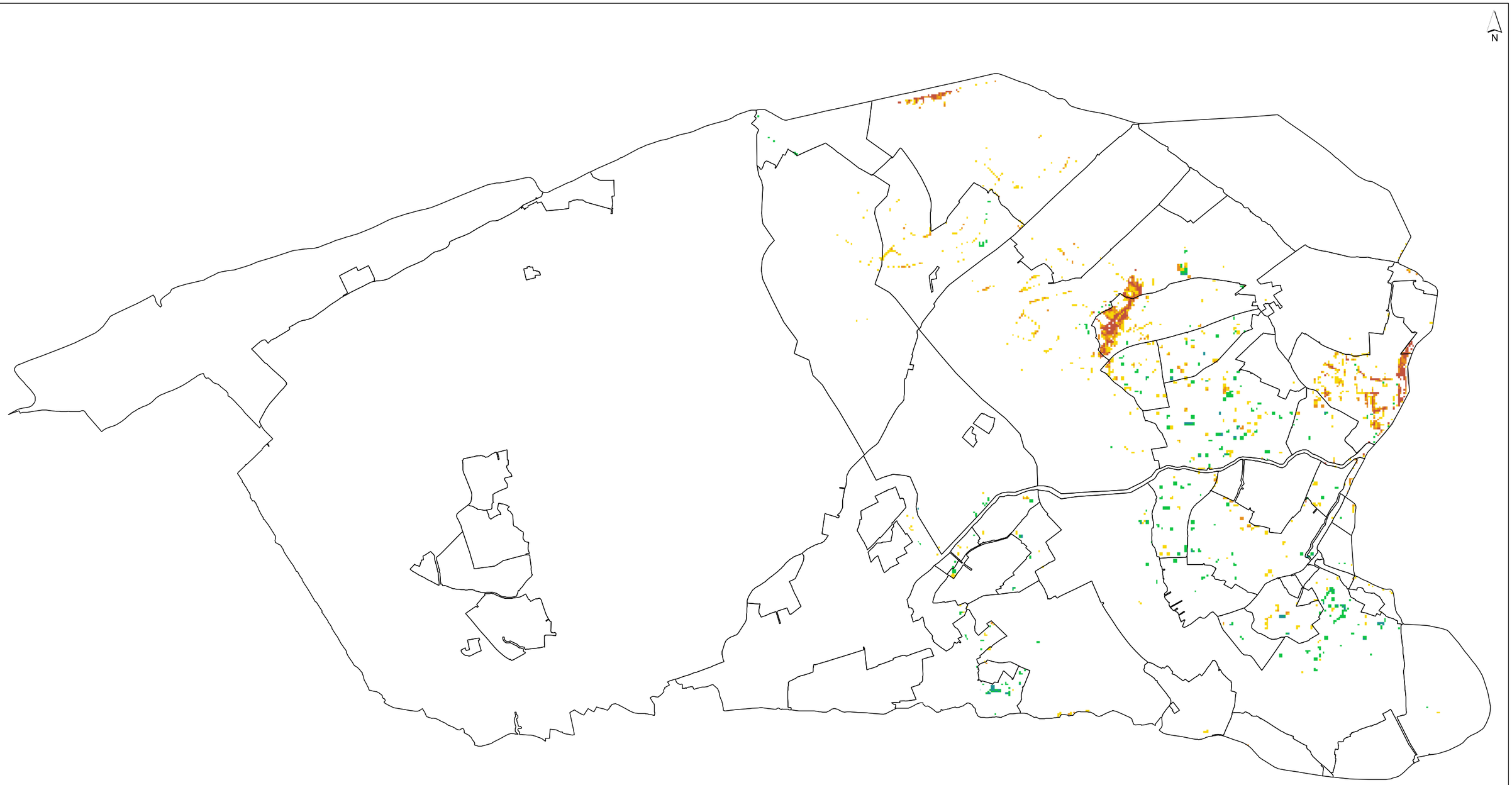
[m]

- < -0.2
- -0.2 - -0.1
- -0.1- -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- > 0.2

getekend: M. Duineveld MSc. **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** 1 **datum:** 18-08-2015 **tekeningnr:** 0	**verandering GLG** **Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing tov 1987** **opdrachtgever:** Wetterskip Fryslan **projectnaam:** bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 1:55000 0 500 1000 1500 2000 2500 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:56:09



verandering doelrealisatie maatregelenpakket 2

[%]

- < -10 (verlaging)
- -10 - -5
- -5 - -2.5
- -2.5 - 2.5
- 2.5 - 5
- 5 - 10
- > 10 (verhoging)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

verandering doelrealisatie landbouw

Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing tov 1987

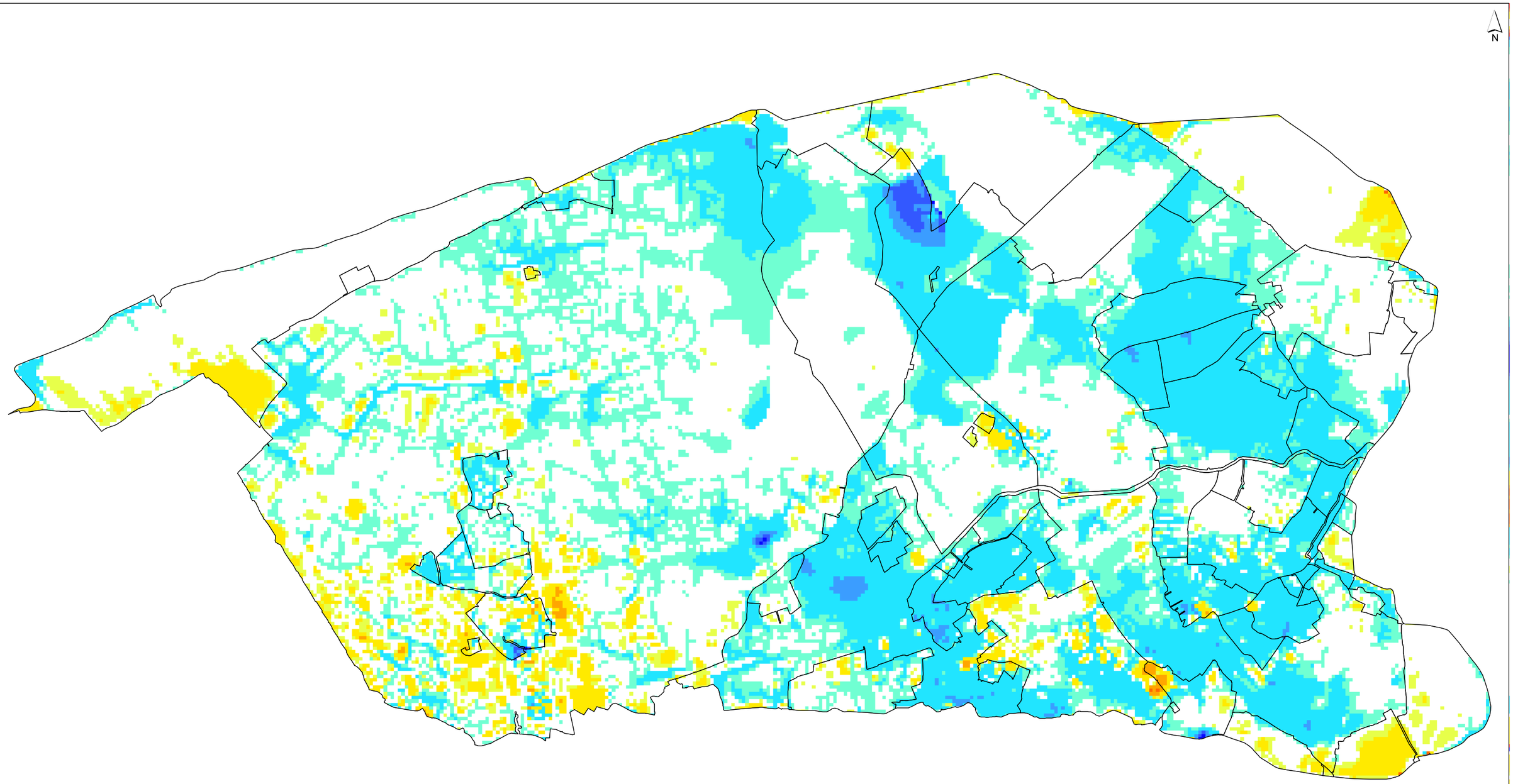
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:57:58

gebied	natschade (%)	natschade (%)	natschade (%)	droogteschade (%)	droogteschade (%)	droogteschade (%)	doelrealisatie (%)	doelrealisatie (%)	doelrealisatie (%)	verschil doelrealisatie (%)	verschil doelrealisatie (%)	bodemdaling (cm)	opp. landbouw (%)
	1987	2050	MP2	1987	2050	MP2	1987	2050	MP2	2050-1987	MP2 -1987	1987-2050	
DO-01	5	5	5	12	12	12	84	84	84	0.2	0.1	3.8	82
DO-02	7	8	8	16	15	15	78	78	78	0.1	0.1	3.7	93
DO-03	3	3	3	6	5	5	92	92	92	0.1	0.1	4.5	92
DO-04	3	3	3	7	6	6	91	91	91	0.2	0.1	2.6	78
DO-05	2	2	2	5	5	5	93	93	93	0.1	0.1	3.2	98
DO-06	4	4	4	7	7	7	89	90	90	0.1	0.2	3.3	99
DO-07	4	4	4	8	7	7	89	89	89	0.2	0.2	3.8	98
DO-08	9	10	10	7	7	7	85	84	84	-0.3	-0.4	3.4	98
DO-09	4	5	5	1	1	1	94	94	93	-1.0	-1.2	3.7	98
DO-10	1	1	1	4	4	4	95	95	95	0.1	0.1	2.6	95
DO-11	5	6	5	7	7	7	88	88	88	0.0	0.1	3.4	95
DO-12	9	9	9	6	5	5	86	86	86	-0.1	-0.1	4.7	91
DO-13	4	5	4	6	5	6	90	90	90	0.0	0.0	11.5	86
DO-14	6	7	6	8	7	8	86	86	86	-0.2	-0.1	5.4	98
DO-16	19	21	17	14	15	15	67	64	64	-3.0	-3.3	22.8	11
DO-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5.5	0.0	5.9	0
DO-18	6	8	6	4	3	4	90	89	90	-1.2	-0.3	7.9	98
DO-19	4	5	4	3	3	3	93	92	93	-0.4	0.0	7.5	96
DO-20	3	3	3	5	5	5	92	92	92	0.1	0.0	6.4	93
DO-21	6	7	6	6	5	6	89	88	88	-0.2	-0.2	6.6	17
DO-22	4	4	4	4	4	4	92	92	92	0.0	-0.1	6.7	81
DO-23	4	4	4	10	9	10	87	88	87	0.6	0.1	7.0	93
DO-24	3	3	3	5	4	5	92	93	93	0.7	0.7	7.3	9
DO-25	6	6	6	11	11	11	84	84	84	0.1	0.0	6.7	95
DO-26	0	0	10	0	0	5	0	0	0	0.0	0.0	7.2	0
DO-27	0	0	17	0	0	13	0	0	0	0.0	0.0	7.3	0
DO-28	9	10	9	7	6	7	84	84	84	-0.5	-0.2	7.4	94
DO-29	0	0	2	0	0	6	0	0	0	0.0	0.0	7.9	0
DO-30	0	0	11	0	0	6	0	0	0	0.0	0.0	7.6	0
DO-31	6	7	6	18	17	18	77	77	77	0.8	0.2	9.4	94
DO-32	15	17	15	4	4	4	82	80	81	-1.9	-0.6	11.9	77
DO-33	12	14	12	5	4	5	84	82	83	-1.3	-0.5	11.9	98
DO-34	6	6	6	5	5	5	90	89	90	-0.2	-0.1	8.0	96
DO-35	9	11	9	6	5	6	86	85	85	-0.9	-0.2	10.0	96
DO-36	5	5	5	15	14	15	81	82	82	0.4	0.4	7.2	91
DO-37	0	0	3	0	0	13	0	0	0	0.0	0.0	13.9	0
DO-38	0	0	15	0	0	3	0	0	0	0.0	0.0	14.2	0
DO-39	5	5	5	5	5	5	91	91	91	-0.1	0.0	4.5	99
DO-40	9	9	8	8	7	8	84	84	84	-0.5	-0.4	4.3	99
DO-41	12	17	13	5	3	4	84	80	83	-3.8	-0.7	20.5	100
DO-42	8	11	8	4	3	4	89	86	88	-2.9	-0.2	19.0	94
DO-43	4	6	5	3	2	2	93	92	93	-0.9	0.0	22.0	80
DO-44	4	6	4	4	3	4	92	91	92	-1.3	-0.1	20.0	97
DO-45	9	13	9	3	3	3	88	85	88	-3.1	-0.3	20.8	98
DO-46	13	19	15	3	2	3	84	79	82	-4.8	-2.1	21.0	86
DO-47	3	4	3	6	5	6	91	91	91	0.6	0.1	22.2	86
DO-48	4	6	4	5	4	5	91	91	91	-0.4	-0.1	19.6	86
DO-49	3	5	4	5	4	5	92	92	92	-0.1	0.1	21.2	96
DO-50	1	2	1	9	8	9	89	90	90	1.2	0.4	16.0	96
DO-51	3	4	3	8	7	8	89	89	89	0.7	0.1	14.4	92
DO-52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	18.6	0
DO-54	7	9	7	6	5	6	88	87	87	-0.8	-0.2	14.8	98
DO-55	0	0	0	5	5	5	95	95	95	0.2	0.3	2.7	5
DO-56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	21.6	0
DO-57	11	12	11	6	6	6	84	83	83	-0.4	-0.1	7.0	94
DO-58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	12.3	0
DO-59	5	6	5	3	2	3	92	92	92	-0.3	-0.1	10.5	37
DO-60	7	8	7	5	4	5	88	88	88	-0.7	-0.1	5.9	97
DO-61	8	9	8	9	9	10	83	83	83	0.3	-0.2	5.3	99

MP2 Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing



kwel gemiddeld maatregelenpakket 2

[mm/d]

- < -2 (infiltratie)
- -2 - -1
- -1 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 (kwel)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

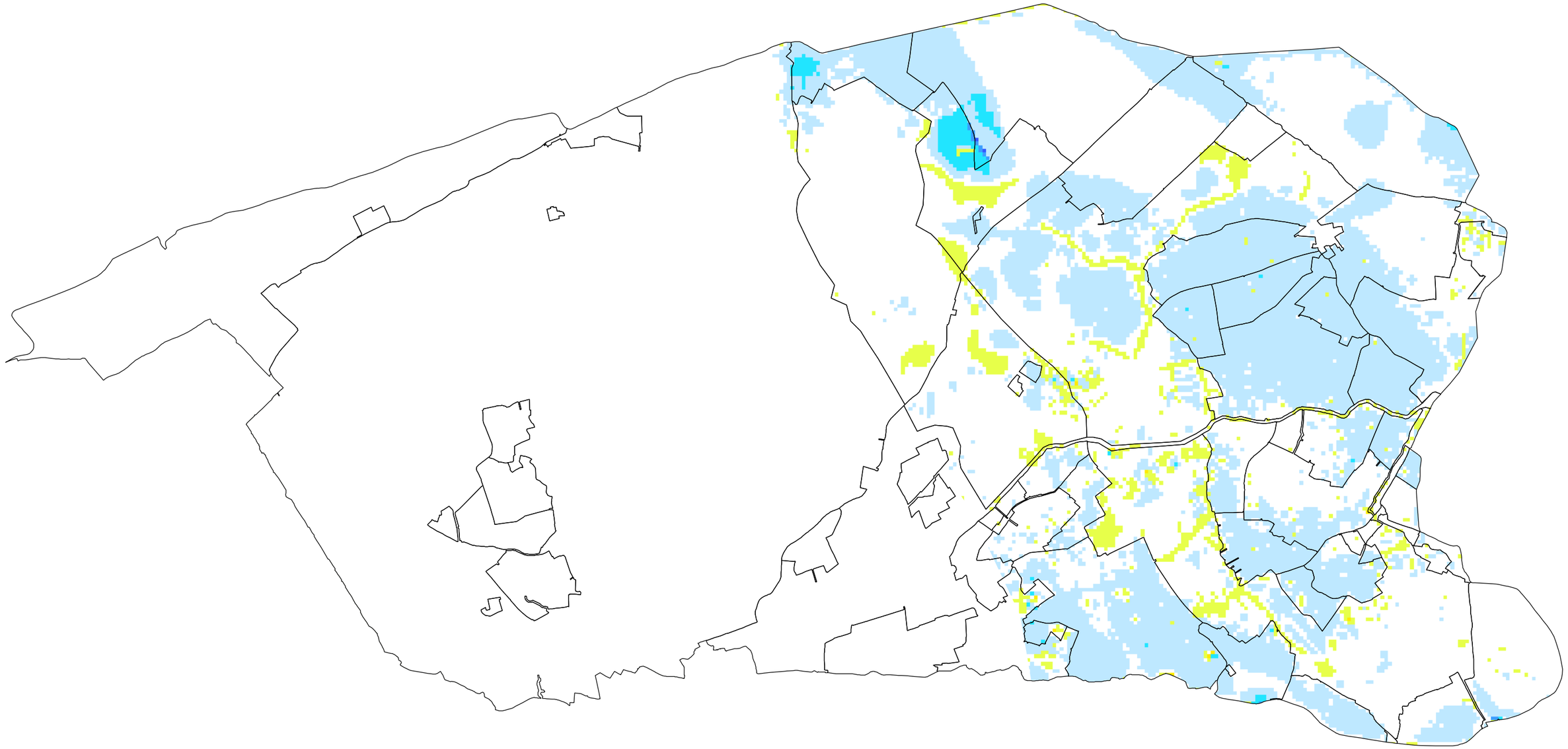
kwel en infiltratie gemiddelde situatie

Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:59:44



verandering kwel maatregelenpakket 2 tov 1987

[mm/d]

- < -2 (afname kwel / toename infiltratie)
- -2 - -1
- -1 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - -0.01
- -0.01 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 (toename kwel / afname infiltratie)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

verschil kwel en infiltratie gemiddelde situatie

Maatregelenpakket 2: berging en peilaanpassing tov 1987

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 16:00:58

BIJLAGE IX MAATREGELENPAKKET 3: PEIL VOLGT BODEMDALING

peilgebieden, met codering

nieuwe peilgebieden (gearceerd)

hoofdwatergangen

bodemdalingscontouren 2050, inclusief marge (cm, 5 en 15 cm stippellijn)

nieuw gemaal

nieuw inlaatwerk

Maatregelen per peilgebied:

peilgebied waarbinnen minder dan 5 cm bodemdaling, geen maatregelen

peil met bodemdaling meedalen (5-15 cm)

peil met bodemdaling meedalen (15-25 cm)

recreatiepark Esonstad

Bemalingsgebieden

Dongerdielen

Dongerdielen/De Kolk

Dongerdielen/Tibster Ryd

Dongerdielen/Dijkshorne

Dongerdielen/Jouswier

Legerwâl (vrij afwaterend)

Esri Nederland, Kadaster

Esri Nederland, Kadaster

getekend: ing. A.P. Schoonakker gecontroleerd: ir. E.S.J. van Tuinen goedgekeurd: ir. E.S.J. van Tuinen versie: Concept 1 datum: 10-08-2015 tekeningnr: 0	Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveldaling
	opdrachtgever: Wetterskip Fryslân projectnaam: vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel projectcode: LW 289-109
formaat: A3 liggend schaal: 0 1000 2000 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

D:\Tijdelijk\TUIE\Maatregelen_V3\Maatregelen_PVB_5aug.mxd 10-08-2015 16:17:21

Maatregelenpakket 3:
peil volgt maaiveldaling

Voorstel maatregelen periode 2010-2050

Peil mee laten dalen met bodemdaling, drooglegging blijft ongeveer gelijk (peil blijft relatief gelijk t.o.v. maaiveld)

Peilgebied nr.	Kleur op kaart	Oppervlak [ha]	**Afweging**	Bodemdaling 1987 -2050 in cm in gebied met > 5 cm bodemdaling [cm]	Neerwaartse peilaanpassing 1987 - 2050 in cm ten opzichte van NAP [cm]*	Peilregulerende kunstwerken (lokaal maaiveld = maaiveldhoogte ter plaatse van het kunstwerk)	Overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen	Opmerking
DO-01		769	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-02		12	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-03A		4.776	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling			Stuw Wetsens zakt door bodemdaling ca. 3 cm. Dit is een automatische stuw, die zodanig dient te worden ingesteld dat het peil t.o.v. NAP in de toekomst niet verandert	Geen aanpassingen nodig**	Dit is het oorspronkelijke peilgebied DO-3, dat kleiner wordt door afsplitsing van DO-3B en DO-3C (gebied met meer dan 5 cm bodemdaling).
DO-03B		602	Meer dan 5 cm bodemdaling	10	10	Om een lager peil te kunnen realiseren is een nieuw gemaal naar DO-3A nodig voor waterafvoer. Daarnaast is een nieuw inlaatwerk nodig op de grens met peilgebied DO-03A om de noordelijke zoetwateraanvoerroute te handhaven	Geen aanpassingen nodig**	
DO-03C		256	Meer dan 15 cm bodemdaling	20	20	Om een lager peil te kunnen realiseren is een nieuw gemaal naar DO-3B nodig voor waterafvoer.	Geen aanpassingen nodig**	Het nieuwe gemaal dient ook water te kunnen inlaten, om de noordelijke zoetwateraanvoerroute te kunnen handhaven
DO-04		36	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-05		39	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-06		61	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-07		10	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-08		139	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-09		4	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-10		36	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-11		129	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-12		56	Meer dan 5 cm bodemdaling	5	5	Peil gemaal Jouswier gelijk houden t.o.v. maaiveld. Geen aanpassing.	Geen aanpassingen nodig**	Gemaal Jouswier zakt 5 cm
DO-13A		683	De Súd Ie moet op gelijk peil blijven vanwege de vaarwegfunctie en ook in het (zuidwestelijke) gedeelte buiten de 5 cm bodemdaling is geen peilaanpassing nodig			Peil t.o.v. NAP gelijk houden. Gemaal Dongerdielen daalt ca. 20 cm, inslagpeil 20 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Werking gemaal Dongerdielen i.v.m. bodemdaling verifiëren.	In Súd Ie oeverbeschoeiing vervangen en kaden versterken ter compensatie van de bodemdaling. Indien kaden en oevers weer op orde, dan berging binnen de Súd Ie zelf ook weer op orde.	De huidige berging in het grote peilgebied DO-13 is bij realisatie van nieuwe gemalen voor peilgebieden DO-13 B t/m E niet meer direct beschikbaar voor de Súd Ie en voor gemaal Dongerdielen. Aanbevole wordt om hydraulisch te onderzoeken wat daarvan de effecten zijn op peilverloop en stroomsnelheden in de Súd Ie en op eventueel "pendelen" van gemaal Dongerdielen.
DO-13B		357	5 tot 15 cm bodemdaling	10	10	twee nieuwe gemalen nodig voor afwatering op de Súd Ie	Geen aanpassingen nodig**	
DO-13C		754	5 tot 15 cm bodemdaling	8	10	drie nieuwe gemalen nodig voor afwatering op de Súd Ie	Geen aanpassingen nodig**	
DO-13D		937	15 tot 25 cm bodemdaling	20	20	twee nieuwe gemalen nodig voor afwatering op de Súd Ie	Geen aanpassingen nodig**	
DO-13E		193	15 tot 25 cm bodemdaling	22	20	één nieuw gemaal nodig voor afwatering op de Súd Ie	Geen aanpassingen nodig**	
DO-14		13	Meer dan 5 cm bodemdaling	5	5	Vaste stuw zakt 5 cm mee met de bodemdaling. Geen aanpassing.	Geen aanpassingen nodig**	particulier peilgebied, maximum peil vastgesteld.
DO-16		40	Esonstad, recreatiepark, in fase 3 studie uitwerken	23	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	In fase 3 bepalen	recreatiefunctie, veel beschoeiingen, verbinding met Lauwersmeer
DO-17		70	Meer dan 5 cm bodemdaling, nat natuurgebied	6	5	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 5 cm tov NAP
DO-18		39	Meer dan 5 cm bodemdaling, nat natuurgebied	8	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-19		49	Meer dan 5 cm bodemdaling	8	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-20		348	Meer dan 5 cm bodemdaling	6	5	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-21		1	Zeer klein peilgebied, begraafplaats, drooglegging handhaven	7	5	Verbinding met DO-22 zakt ca. 7 cm mee met de bodemdaling. Geen aanpassing.	Geen aanpassingen nodig**	
DO-22		90	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-23		60	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-24		1	Zeer klein peilgebied, begraafplaats, drooglegging handhaven	7	5	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-25		181	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Hier is mogelijk een nieuw gemaal nodig voor afwatering bij hoge buitenwaterstanden.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP. Nader onderzoeken of dit acceptabel is in relatie tot de waterstand van het Lauwersmeer of dat gemaal nodig is
DO-26		11	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-27		15	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Geen aanpassing afwaterend kunstwerk	Geen aanpassingen nodig**	afw. kunstwerk zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-28		73	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Geen aanpassing gemaal Dijkshorne. 8 cm extra opvoerhoogte naar verwachting geen probleem.	Geen aanpassingen nodig**	Gemaal Dijkshorne zakt mee met bodemdaling, ca. 8 cm tov NAP
DO-29		6	Meer dan 5 cm bodemdaling, nat natuurgebied	8	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 8 cm tov NAP
DO-30		5	Meer dan 5 cm bodemdaling, nat natuurgebied	8	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 8 cm tov NAP
DO-31		25	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie	9	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 9 cm tov NAP
DO-32		11	Meer dan 5 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, oostkant De Kolken (brak grondwater)	12	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 12 cm tov NAP
DO-33		77	Meer dan 5 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, oostkant De Kolken (brak grondwater)	12	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 10 cm tov NAP

Maatregelenpakket 3:
peil volgt maaiveldaling

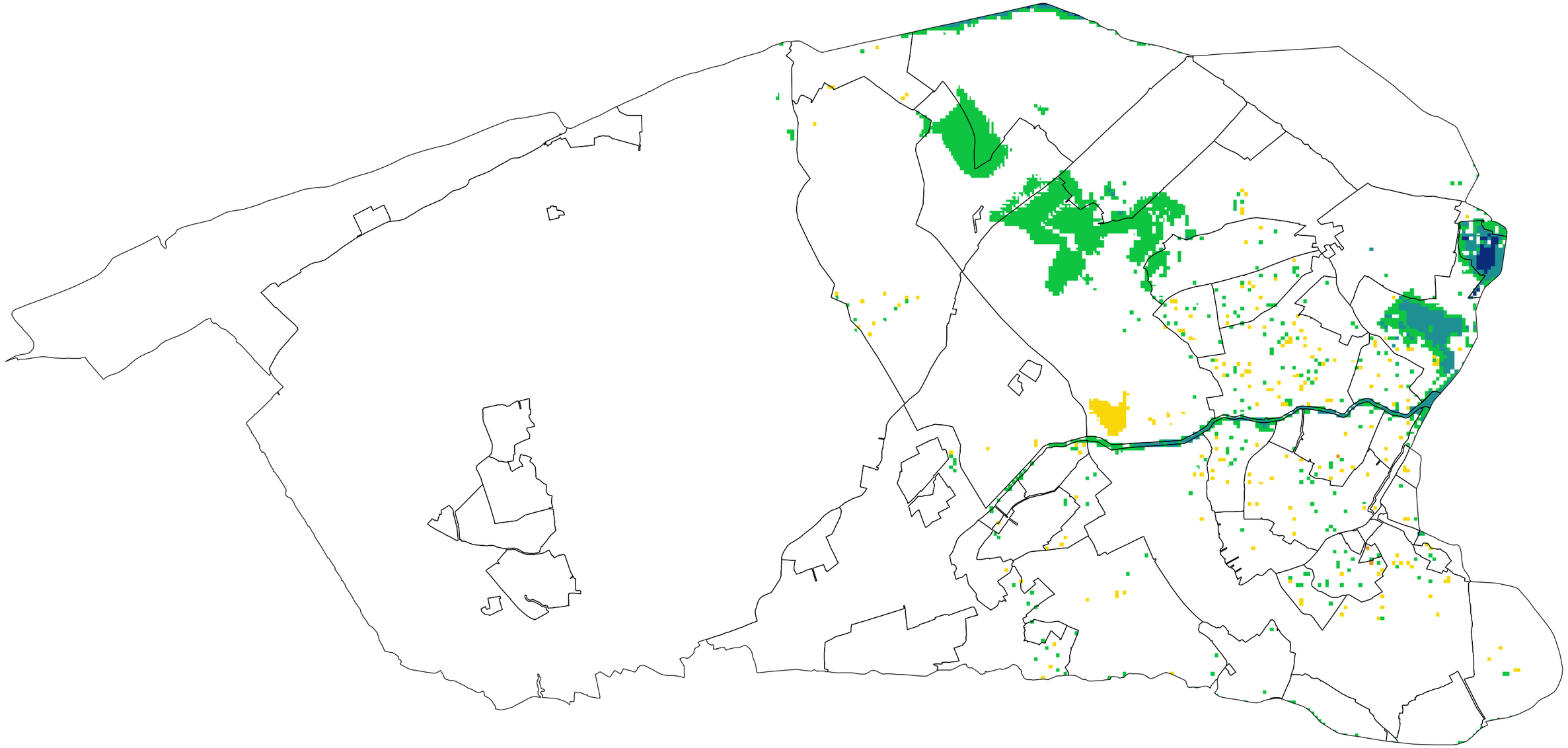
Voorstel maatregelen periode 2010-2050

Peil mee laten dalen met bodemdaling, drooglegging blijft ongeveer gelijk (peil blijft relatief gelijk t.o.v. maaiveld)

Peilgebied nr.	Kleur op kaart	Oppervlak [ha]	**Afweging**	Bodemdaling 1987 -2050 in cm in gebied met > 5 cm bodemdaling [cm]	Neerwaartse peilaanpassing 1987 - 2050 in cm ten opzichte van NAP [cm]*	Peilregulerende kunstwerken (lokaal maaiveld = maaiveldhoogte ter plaatse van het kunstwerk)	Overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen	Opmerking
DO-34		75	Meer dan 5 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, oostkant De Kolken (brak grondwater)	8	10	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 9 cm tov NAP
DO-35		183	Meer dan 5 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, oostkant De Kolken (brak grondwater)	10	10	Gemaal Tibster Ryd zakt 16 cm mee met bodemdaling. Inslagpeil 6 cm hoger instellen t.o.v. lokaal maaiveld. Opvoerhoogte naar Súd Ie neemt met 10 cm toe. Rekening mee houden bij revisie (gemaal staat.op revisielijst)	Geen aanpassingen nodig**	
DO-36		76	Verwaarloosbaar effect op doelrealisatie.	7	5	Dit gebied ten oosten van Engwierum staat in open verbinding met het Dokkumer Grutdjip (Friese boezem). Bij verlaging van het peil is een nieuw gemaal nodig voor afwatering	Geen aanpassingen nodig**	
DO-37		85	Meer dan 5 cm bodemdaling, nat natuurgebied	14	15	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 14 cm tov NAP
DO-38		16	Meer dan 5 cm bodemdaling, nat natuurgebied	14	15	Geen aanpassing stuw.	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 14 cm tov NAP
DO-39		31	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-40		20	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-41		58	Afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	Geen aanpassing stuw. Wel peilverlaging in benedenstroomse peilgebied DO-42 nodig	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 20 cm tov NAP
DO-42		260	Meer dan 15 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	19	20	Vergroten capaciteit gemaal De Kolk Anjum. Gemaal staat op revisielijst. Gemaal zakt 16 cm mee met de bodemdaling. Inslagpeil t.o.v. lokaal maaiveld nog met 4 cm verlagen. Opvoerhoogte naar Súd Ie neemt toe met 20 cm. Rekening mee houden bij revisie.	Geen aanpassingen nodig**	
DO-43		43	Meer dan 15 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	22	20	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Geen aanpassingen nodig**	
DO-44		67	Meer dan 15 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	20	20	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Geen aanpassingen nodig**	
DO-45		71	Meer dan 15 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Geen aanpassingen nodig**	
DO-46		144	Meer dan 15 cm bodemdaling, afname doelrealisatie, gelegen in De Kolken (brak grondwater)	21	20	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling. Mogelijk wel verbreding stuw nodig.	Geen aanpassingen nodig**	
DO-47		215	Meer dan 15 cm bodemdaling.	22	20	Stuw zakt ca. 24 cm mee met de bodemdaling, in loop der tijd 4 cm hoger instellen ten opzichte van lokaal maaiveld	Geen aanpassingen nodig**	
DO-48A		112	5 tot 15 cm bodemdaling	11	10	Er is een nieuw gemaal nodig voor de aanvoer van water vanuit DO-48B	Geen aanpassingen nodig**	
DO-48B		474	15 tot 25 cm bodemdaling	20	20	Afvoerstuw en aanvoergemaal Nes dalen 24 cm mee met de bodemdaling. Stuw met 5 cm verhogen, om ongeveer 20 cm neerwaartse peilaanpassing t.o.v. NAP te realiseren.	Geen aanpassingen nodig**	Aanvoergemaal Nes zal goed blijven functioneren, omdat het peil in zowel peilgebied DO-48B als DO-03C 20 cm daalt.
DO-49		267	15 tot 25 cm bodemdaling	21	20	Stuw zakt ca. 20 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Geen aanpassingen nodig**	
DO-50		40	15 tot 25 cm bodemdaling	16	15	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	Stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 17 cm tov NAP
DO-51		410	Meer dan 5 cm bodemdaling	14	15	Geen aanpassing aflaatwerk naar Lauwersmeer en aanvoergemaal Alddyk, zakken mee met de bodemdaling	Geen aanpassingen nodig**	Aflaatwerk naar Lauwersmeer zakt circa 17 cm mee met bodemdaling. Dit aflaatwerk in de loop der tijd 2 cm ophogen, zodat peildaling 15 cm bedraagt.
DO-52		2	15 tot 25 cm bodemdaling	19	20	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	Stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 19 cm.
DO-54		29	Meer dan 5 cm bodemdaling	15	15	Verbinding met DO-35 zakt ca. 15 cm mee met de bodemdaling, geen aanpassing	Geen aanpassingen nodig**	
DO-55		3	N.v.t., minder dan 5 cm bodemdaling					
DO-56		2	15 tot 25 cm bodemdaling	22	20	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	Stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 22 cm tov NAP
DO-57		35	Meer dan 5 cm bodemdaling	7	5	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 7 cm tov NAP
DO-58		5	Meer dan 5 cm bodemdaling	12	10	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 12 cm tov NAP
DO-59		3	Meer dan 5 cm bodemdaling	10	10	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 10 cm tov NAP
DO-60		9	Meer dan 5 cm bodemdaling	6	5	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 6 cm tov NAP
DO-61		5	Meer dan 5 cm bodemdaling	5	5	Geen aanpassing stuw	Geen aanpassingen nodig**	stuw zakt mee met bodemdaling, ca. 5 cm tov NAP
totaal som		**13.705**						

* De neerwaartse peilaanpassing is in cm weergegeven, overeenkomend met de daling in het peilgebied, en afgerond op 5 cm zoals gebruikelijk in peilbesluiten.

** Indien de verandering van de drooglegging minder dan 5 cm bedraagt is het uitgangspunt dat geen aanpassingen van overige kunstwerken, beschoeiingen en watergangen nodig zijn.



verandering GHG maatregelenpakket 3 tov 1987

[m]

- < -0.2 (natter)
- -0.2 - -0.1
- -0.1- -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- > 0.2 (droger)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

verandering GHG

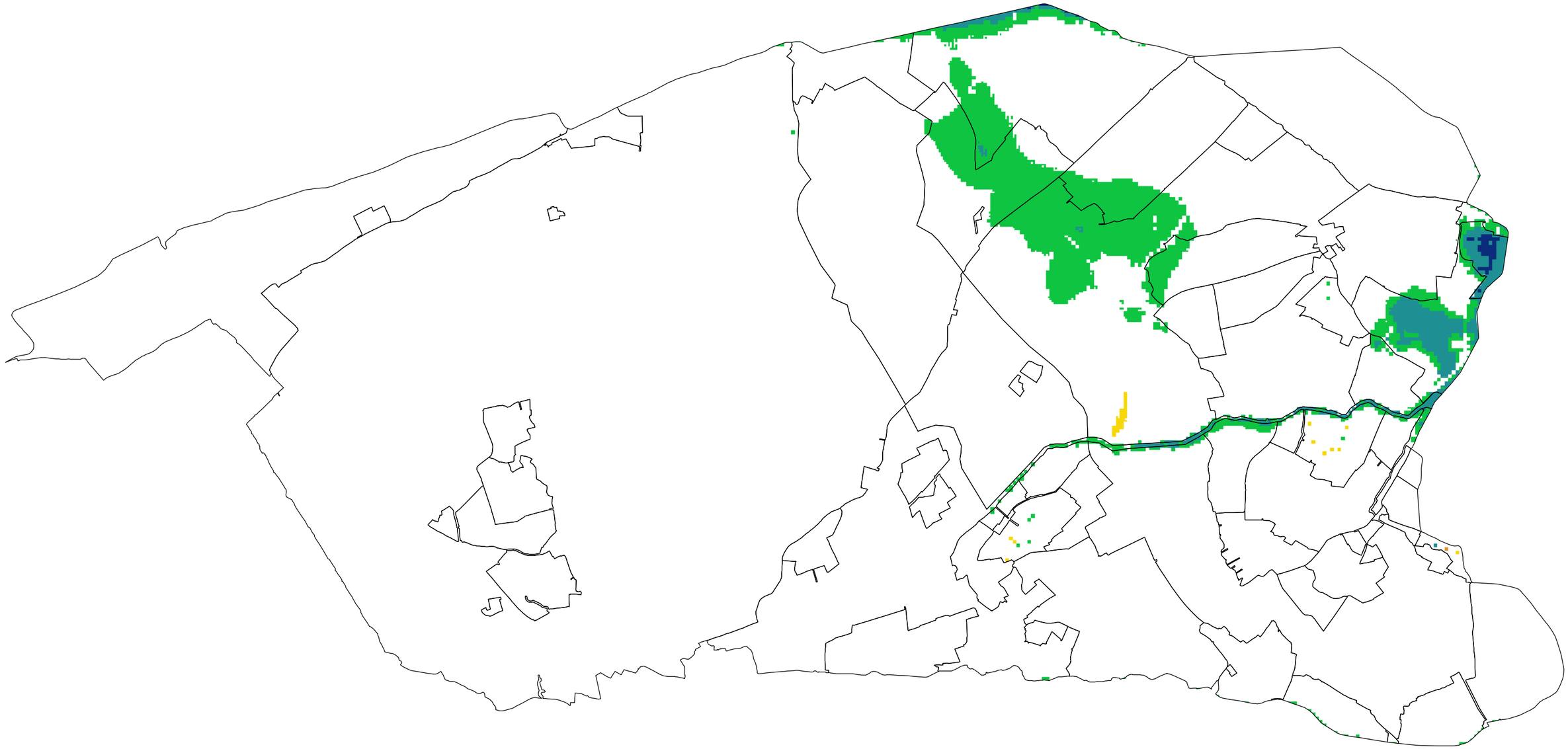
door Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling tov 1987

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:25:07



verandering GLG maatregelenpakket 3 tov 1987

[m]

- < -0.2 (natter)
- -0.2 - -0.1
- -0.1- -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- > 0.2 (droger)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

verandering GLG

door Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling tov 1987

opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:26:01

verandering doelrealisatie maatregelenpakket 3

[%]

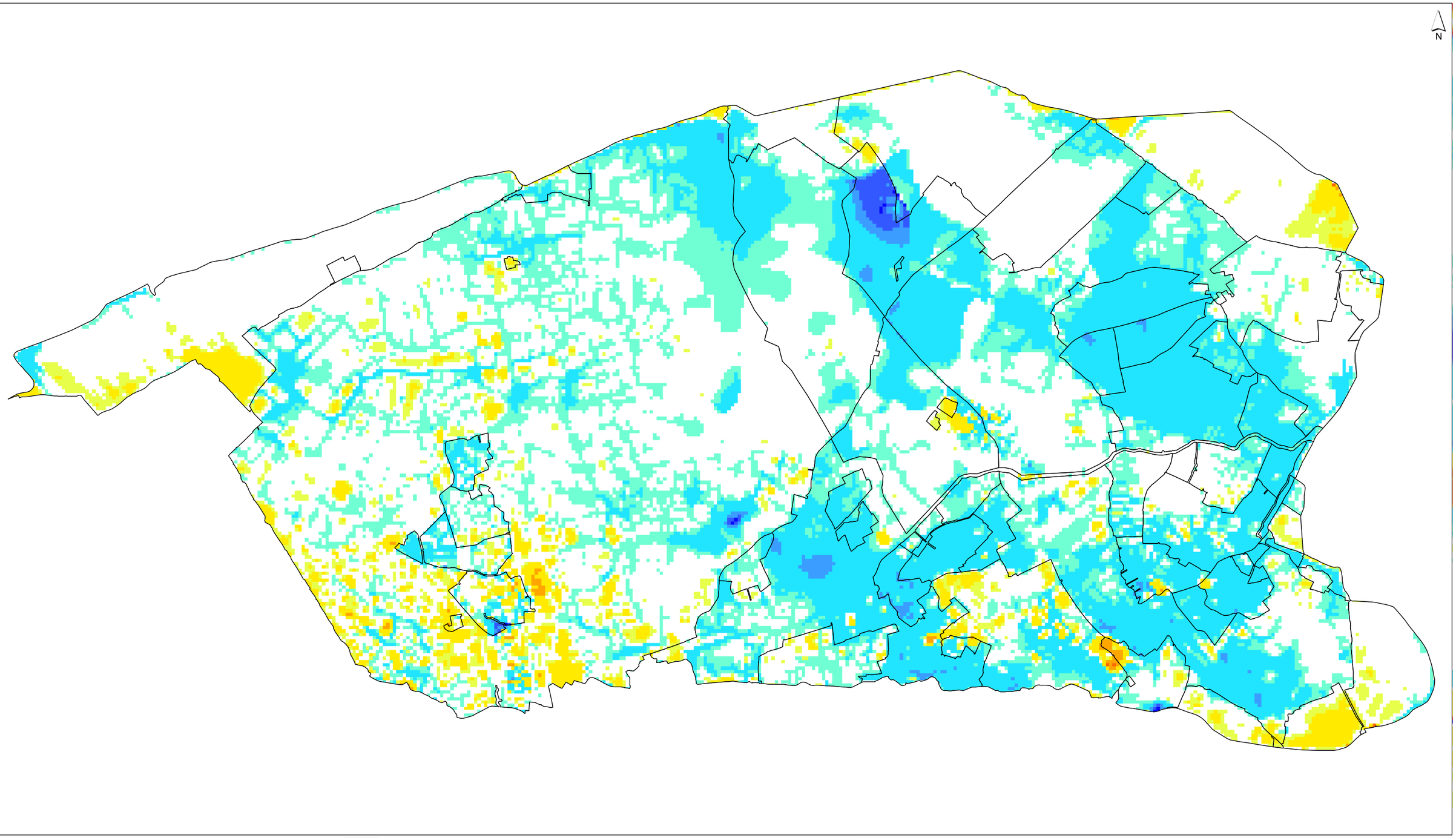
- < -10 (verlaging)
- -10 - -5
- -5 - -2.5
- -2.5 - 2.5
- 2.5 - 5
- 5 - 10
- > 10 (verhoging)

getekend: M. Duineveld MSc. **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** 1 **datum:** 18-08-2015 **tekeningnr:** 0	**verandering doelrealisatie landbouw** **door Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling tov 1987** **opdrachtgever:** Wetterskip Fryslan **projectnaam:** bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 1:55000 0 500 1000 1500 2000 2500 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:26:46

gebied	natschade (%)	natschade (%)	natschade (%)	droogteschade (%)	droogteschade (%)	droogteschade (%)	doelrealisatie (%)	doelrealisatie (%)	doelrealisatie (%)	verschil doelrealisatie (%)	verschil doelrealisatie (%)	bodemdaling (cm)	opp. landbouw (%)
	1987	2050	MP3	1987	2050	MP3	1987	2050	MP3	2050-1987	MP3 -1987	1987-2050	
DO-01	5	5	5	12	12	12	84	84	84	0.2	0.1	3.8	82
DO-02	7	8	8	16	15	15	78	78	78	0.1	0.1	3.7	93
DO-03	3	3	3	6	5	5	92	92	92	0.1	0.4	4.5	92
DO-04	3	3	3	7	6	6	91	91	91	0.2	0.1	2.6	78
DO-05	2	2	2	5	5	5	93	93	93	0.1	0.1	3.2	98
DO-06	4	4	4	7	7	7	89	90	90	0.1	0.2	3.3	99
DO-07	4	4	4	8	7	7	89	89	89	0.2	0.2	3.8	98
DO-08	9	10	10	7	7	7	85	84	84	-0.3	-0.4	3.4	98
DO-09	4	5	5	1	1	1	94	94	93	-1.0	-1.0	3.7	98
DO-10	1	1	1	4	4	4	95	95	95	0.1	0.1	2.6	95
DO-11	5	6	6	7	7	7	88	88	88	0.0	0.1	3.4	95
DO-12	9	9	9	6	5	6	86	86	86	-0.1	-0.1	4.7	91
DO-13	4	5	4	6	5	6	90	90	90	0.0	-0.2	11.5	86
DO-14	6	7	7	8	7	7	86	86	86	-0.2	-0.1	5.4	98
DO-16	19	21	18	14	15	16	67	64	67	-3.0	-0.7	22.8	11
DO-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5.5	0.0	5.9	0
DO-18	6	8	6	4	3	4	90	89	90	-1.2	0.0	7.9	98
DO-19	4	5	4	3	3	4	93	92	93	-0.4	0.2	7.5	96
DO-20	3	3	3	5	5	5	92	92	92	0.1	0.1	6.4	93
DO-21	6	7	6	6	5	6	89	88	88	-0.2	-0.2	6.6	17
DO-22	4	4	4	4	4	4	92	92	92	0.0	-0.1	6.7	81
DO-23	4	4	4	10	9	10	87	88	87	0.6	0.1	7.0	93
DO-24	3	3	3	5	4	5	92	93	92	0.7	0.3	7.3	9
DO-25	6	6	6	11	11	11	84	84	84	0.1	0.0	6.7	95
DO-26	0	0	8	0	0	5	0	0	0	0.0	0.0	7.2	0
DO-27	0	0	17	0	0	13	0	0	0	0.0	0.0	7.3	0
DO-28	9	10	10	7	6	7	84	84	84	-0.5	-0.2	7.4	94
DO-29	0	0	2	0	0	6	0	0	0	0.0	0.0	7.9	0
DO-30	0	0	10	0	0	7	0	0	0	0.0	0.0	7.6	0
DO-31	6	7	6	18	17	18	77	77	77	0.8	0.1	9.4	94
DO-32	15	17	15	4	4	4	82	80	81	-1.9	-0.6	11.9	77
DO-33	12	14	13	5	4	4	84	82	83	-1.3	-0.4	11.9	98
DO-34	6	6	6	5	5	5	90	89	89	-0.2	-0.1	8.0	96
DO-35	9	11	9	6	5	6	86	85	86	-0.9	-0.2	10.0	96
DO-36	5	5	5	15	14	15	81	82	81	0.4	0.2	7.2	91
DO-37	0	0	3	0	0	15	0	0	0	0.0	0.0	13.9	0
DO-38	0	0	14	0	0	3	0	0	0	0.0	0.0	14.2	0
DO-39	5	5	5	5	5	5	91	91	91	-0.1	0.0	4.5	99
DO-40	9	9	9	8	7	7	84	84	84	-0.5	-0.3	4.3	99
DO-41	12	17	13	5	3	4	84	80	83	-3.8	-0.5	20.5	100
DO-42	8	11	8	4	3	4	89	86	88	-2.9	-0.2	19.0	94
DO-43	4	6	5	3	2	2	93	92	93	-0.9	-0.1	22.0	80
DO-44	4	6	5	4	3	4	92	91	92	-1.3	-0.2	20.0	97
DO-45	9	13	9	3	3	3	88	85	88	-3.1	-0.3	20.8	98
DO-46	13	19	15	3	2	3	84	79	82	-4.8	-1.4	21.0	86
DO-47	3	4	3	6	5	6	91	91	91	0.6	0.1	22.2	86
DO-48	4	6	4	5	4	5	91	91	91	-0.4	-0.2	19.6	86
DO-49	3	5	4	5	4	5	92	92	92	-0.1	0.0	21.2	96
DO-50	1	2	1	9	8	9	89	90	89	1.2	0.0	16.0	96
DO-51	3	4	3	8	7	8	89	89	89	0.7	0.0	14.4	92
DO-52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	18.6	0
DO-54	7	9	7	6	5	6	88	87	87	-0.8	-0.2	14.8	98
DO-55	0	0	0	5	5	5	95	95	95	0.2	0.3	2.7	5
DO-56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	21.6	0
DO-57	11	12	11	6	6	6	84	83	83	-0.4	-0.2	7.0	94
DO-58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	12.3	0
DO-59	5	6	5	3	2	3	92	92	92	-0.3	-0.1	10.5	37
DO-60	7	8	7	5	4	5	88	88	88	-0.7	-0.1	5.9	97
DO-61	8	9	9	9	9	9	83	83	83	0.3	-0.2	5.3	99

MP3 Maatregelenpakket 3: peil volgt maaivelddaling



kwel gemiddeld maatregelenpakket 3

[mm/d]

- < -2 (infiltratie)
- -2 - -1
- -1 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 (kwel)

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

kwel en infiltratie gemiddelde situatie

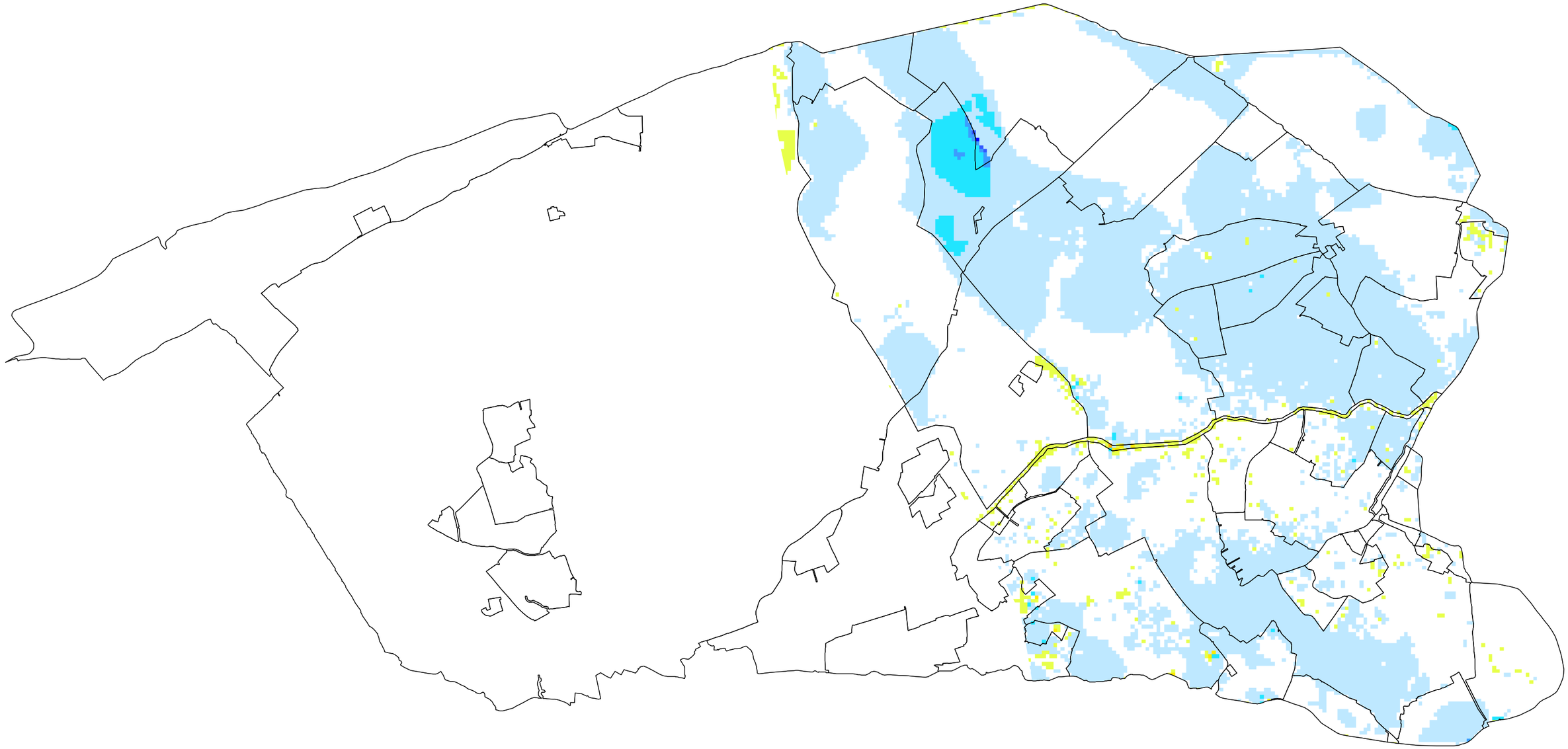
Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:31:25



verandering kwel scenario tov 1987

[mm/d]

- < -2 (afname kwel / toename infiltratie)
- -2 - -1
- -1 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - -0.01
- -0.01 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 (toename kwel / afname infiltratie)

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:32:34

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0

formaat: A3 liggend
schaal: 1:55000

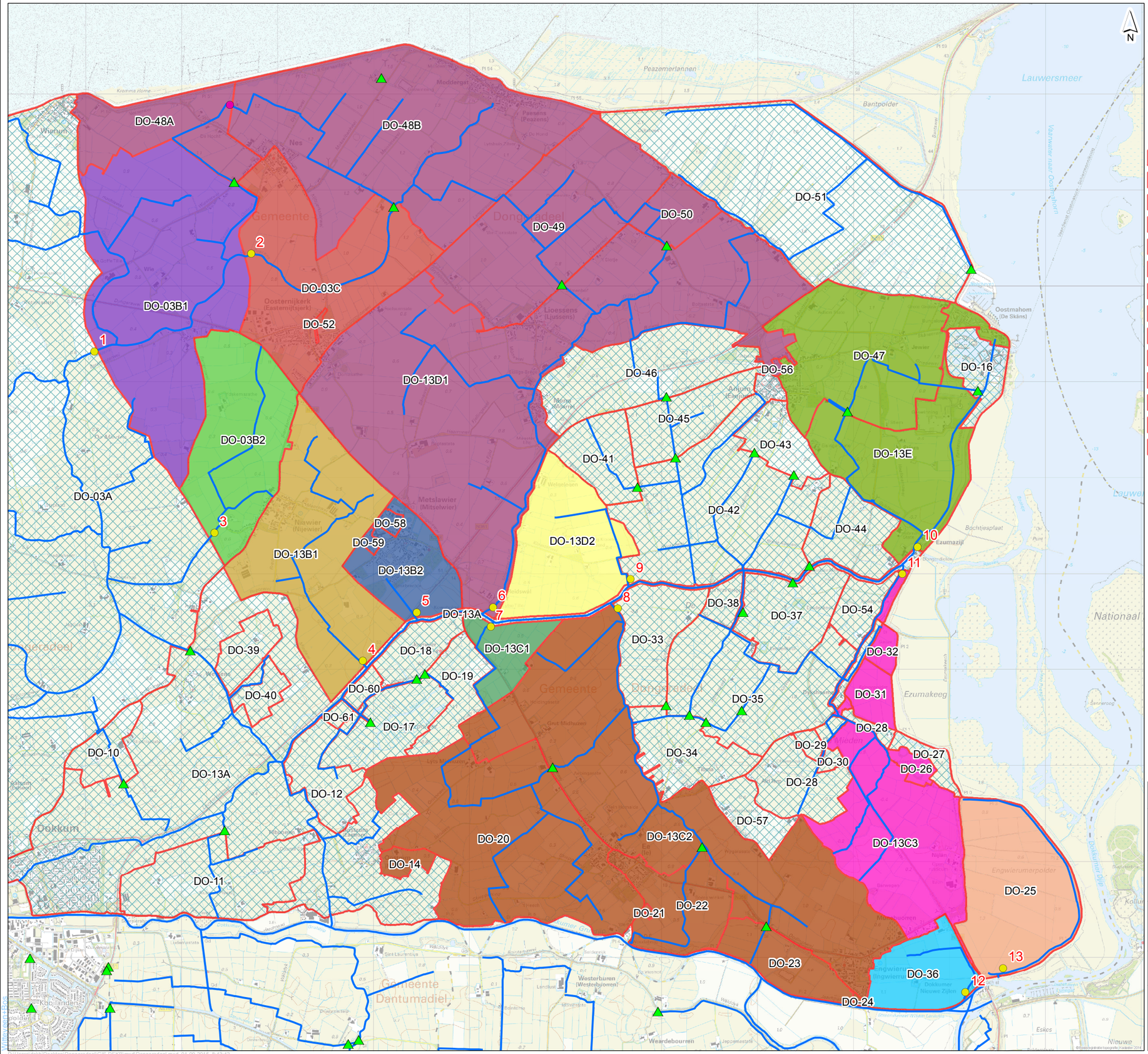
0 500 1000 1500 2000 2500 m

verschil kwel en infiltratie gemiddelde situatie

Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling tov 1987

opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos



Legenda

- hoofdwatergangen
- nieuw aanvoergemaal voor peilgebied DO48A
- nieuw afvoergemaal
- stuw

peilgebied behorend bij nieuw afvoergemaal

- niet behorend bij nieuw gemaal
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13

Afwateringsgebieden per nieuw gemaal

getekend:	ir. B. Dekens	**versie:**	1
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**datum:**	01-09-2015
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen	**tekeningnr:**	0

opdrachtgever: Wetterskip Fryslân
projectnaam: vervolg fase 2 bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

formaat: A3 liggend
schaal: 1:40000

0 500 1000 1500 m

Witteveen + Bos

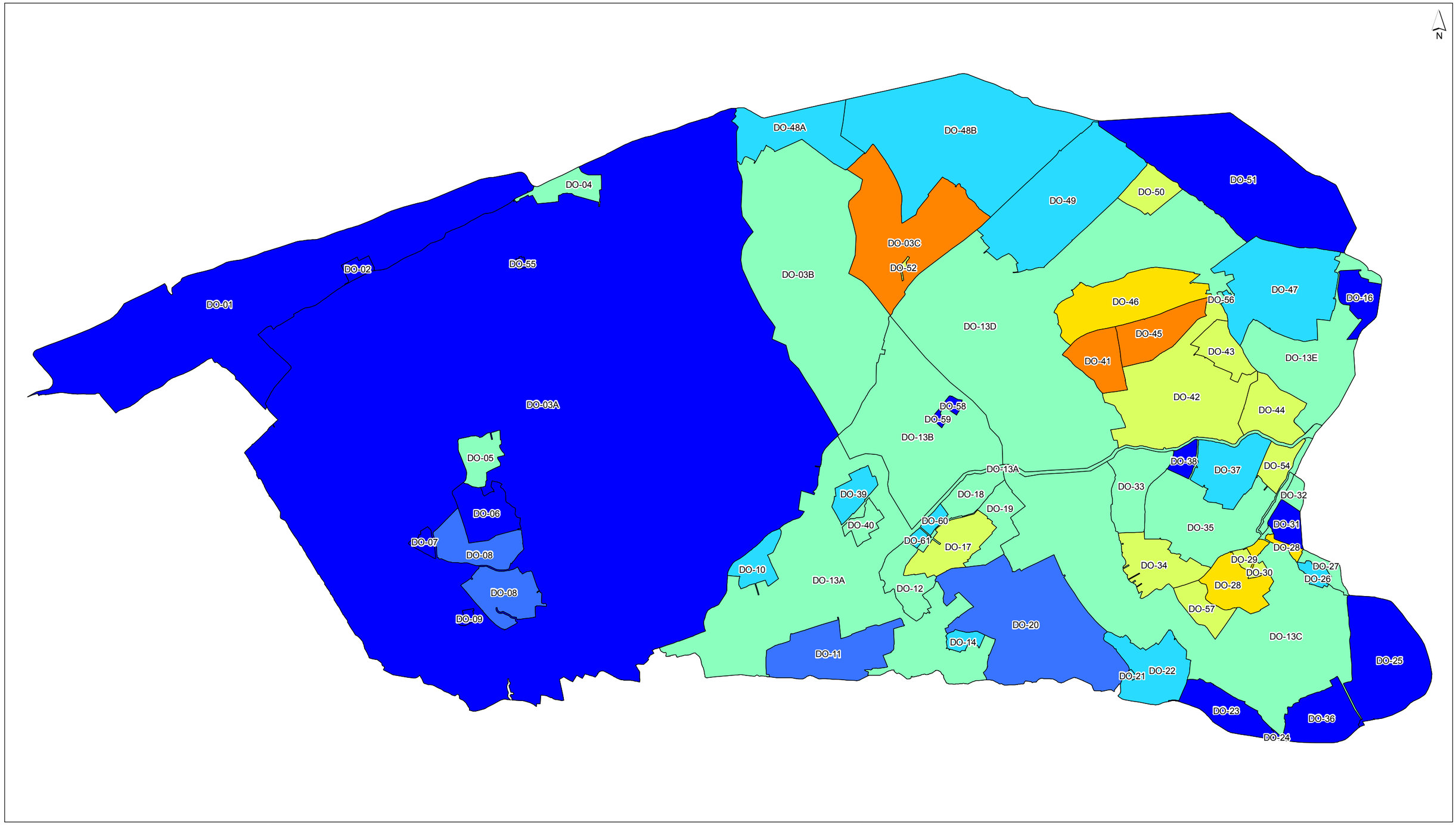
D:\Users\dekb\Desktop\Dongeradeel\GIS DEKB\mxd\Dongeradeel.mxd 01-09-2015 8:43:42

	Kosten gemalen								TOTAAL (ha)	afvoernorm	Ontwerp debiet (m3/s)	Ontwerp debiet (m3/min)	Kosten "laag"*	Kosten "Hoog"
gemaal 1	peilgebieden	DO-03B1												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	412,82							413	13 mm/etmaal	0,62	37	559.034	1.118.067
gemaal 2	peilgebieden	DO-52	DO-03C											
	oppervlakte afvoergebied (ha)	1,59	256,28						258	13 mm/etmaal	0,39	23	349.207	698.414
gemaal 3	peilgebieden	DO-03B2												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	189,55							190	13 mm/etmaal	0,29	17	256.676	513.353
gemaal 4	peilgebieden	DO-13B1												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	269,96							270	13 mm/etmaal	0,41	24	365.575	731.150
gemaal 5	peilgebieden	DO-59	DO-58	DO-13B2										
	oppervlakte afvoergebied (ha)	3,00	5,08	87,05					95	13 mm/etmaal	0,14	9	128.832	257.664
gemaal 6	peilgebieden	DO-48B	DO-50	DO-49	DO-56	DO-48A	DO-13D1							
	oppervlakte afvoergebied (ha)	474,12	39,57	267,39	1,88	112,42	783,02		1.678	13 mm/etmaal	2,53	152	2.272.850	4.545.700
gemaal 7	peilgebieden	DO-13C1												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	48,01							48	13 mm/etmaal	0,07	4	65.010	130.021
gemaal 8	peilgebieden	DO-24	DO-14	DO-22	DO-20	DO-23	DO-21	DO-13C2						
	oppervlakte afvoergebied (ha)	1,34	12,87	90,15	347,80	60,42	1,12	482,81	997	13 mm/etmaal	1,50	90	1.349.430	2.698.860
gemaal 9	peilgebieden	DO-13D2												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	153,90							154	13 mm/etmaal	0,23	14	208.401	416.802
gemaal 10	peilgebieden	DO-47	DO-13E											
	oppervlakte afvoergebied (ha)	215,09	192,80						408	13 mm/etmaal	0,61	37	552.353	1.104.706
gemaal 11	peilgebieden	DO-31	DO-26	DO-32	DO-13C3									
	oppervlakte afvoergebied (ha)	25,39	11,05	11,08	222,82				270	13 mm/etmaal	0,41	24	366.102	732.203
gemaal 12	peilgebieden	DO-36												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	76,26							76	13 mm/etmaal	0,11	7	103.274	206.548
gemaal 13	peilgebieden	DO-25												
	oppervlakte afvoergebied (ha)	181,07							181	13 mm/etmaal	0,27	16	245.200	490.399
aanvoergemaal DO48A	peilgebieden	DO-48A												
	oppervlakte aanvoergebied (ha)	112,42							112	0,30 l/s/ha	0,03	2	30.354	60.708
Totale kosten inclusief BTW													6.852.298	13.704.597

* Kosten "laag": DLG-rapport Aanvullend onderzoek waterberging Dongeradeel, 2 september 2013, 15.000,00 euro per m3/min incl. BTW
* Kosten "hoog": schatting bovengrens, Witteveen+Bos 2015, 30.000,00 euro incl. BTW per m3/min

Kosten afdammen sloten	
Aantal dammen	30
Kosten incl. BTW per dam	2.815,00
Totale kosten dammen	**84.450,00**

BIJLAGE X EFFECTEN VERZILTING



chloride belasting 1987

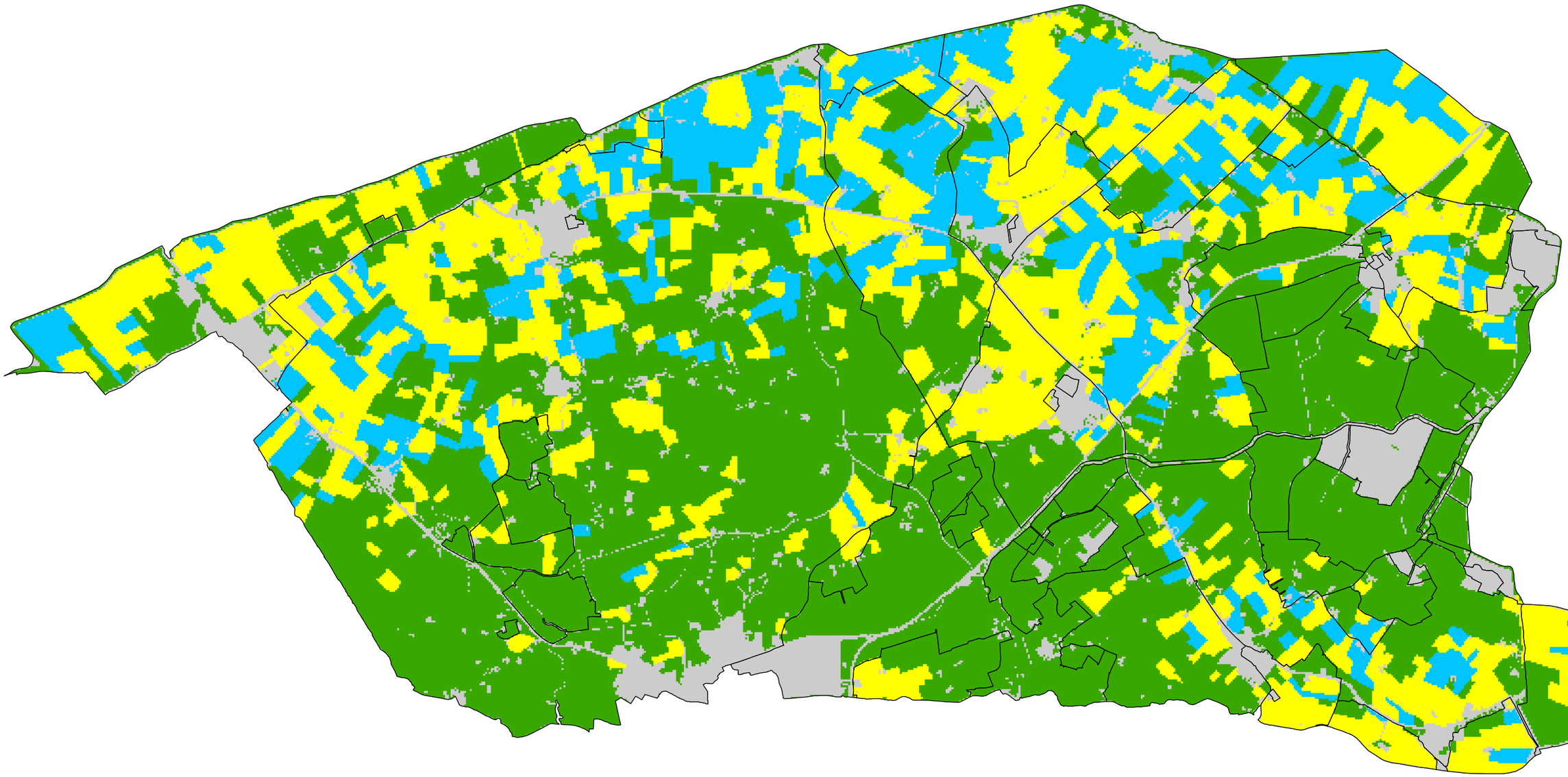
[kg/ha/jaar]

- < 150
- 150 - 300
- 300 - 1000
- 1000 - 2500
- 2500 - 5000
- 5000 - 7500
- 7500 - 10000
- >10000
- Peilgebieden

getekend: M. Duineveld MSc. **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** 1 **datum:** 18-08-2015 **tekeningnr:** 0	**chloride belasting vanuit kwel** **situatie 1987 (voor bodemdaling)** **opdrachtgever:** Wetterskip Fryslan **projectnaam:** bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 1:55000 0 500 1000 1500 2000 2500 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

F:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 25-08-2015 11:50:43



Landgebruik

- grasland (LGN6-code 1)
- akkerbouw (LGN6-code 2, 3, 4, 5)
- overige gewassen (LGN6-code 6)
- overige LGN6-codes
- Peilgebieden

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

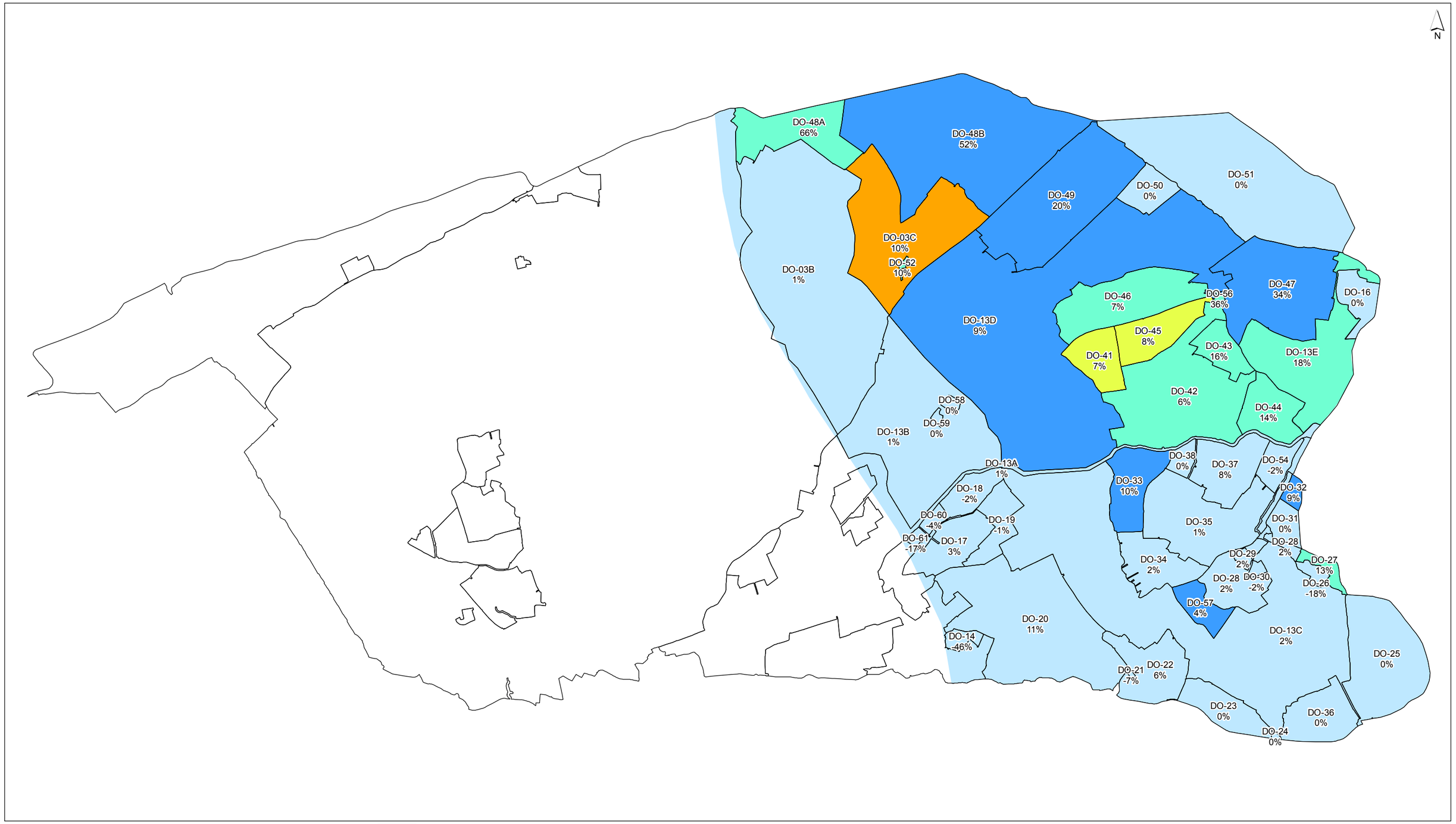
Landgebruik

obv LGN6

opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
F:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 24-08-2015 12:17:22



toename chloride belasting 2050

[kg/ha/jaar]

- < 100
- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 750
- 750 - 1000
- > 1000
- Peilgebieden

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

toename chloride belasting vanuit kwel

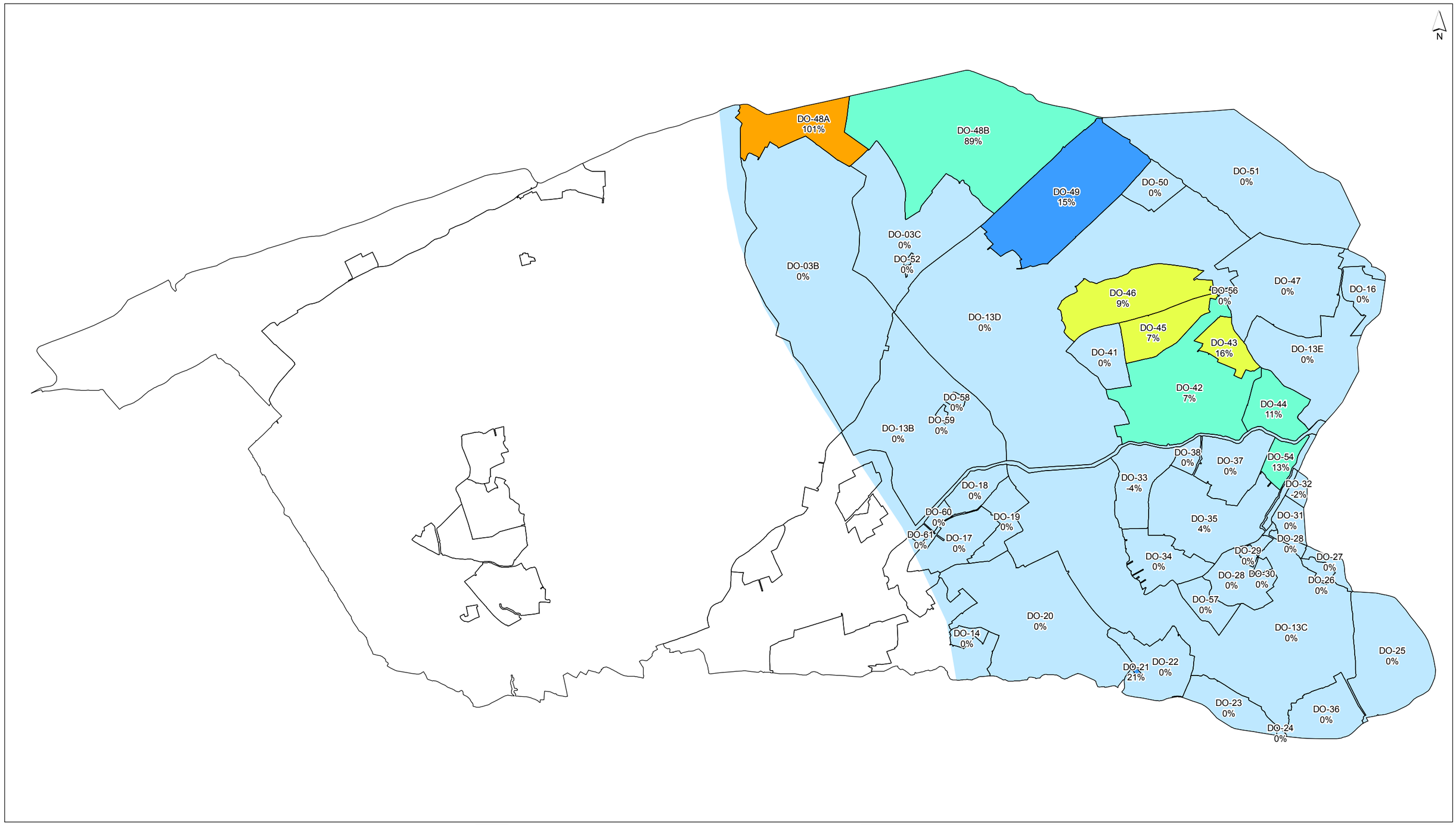
situatie 2050 (geen peilverlaging) tov 1987

opdrachtgever:	Wetterskip Fryslan
projectnaam:	bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode:	LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

F:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 25-08-2015 11:55:34



toename chloride belasting Maatregelenpakket 1

[kg/ha/j]

- < 100
- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 750
- 750 - 1000
- > 1000

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

toename chloride belasting vanuit kwel

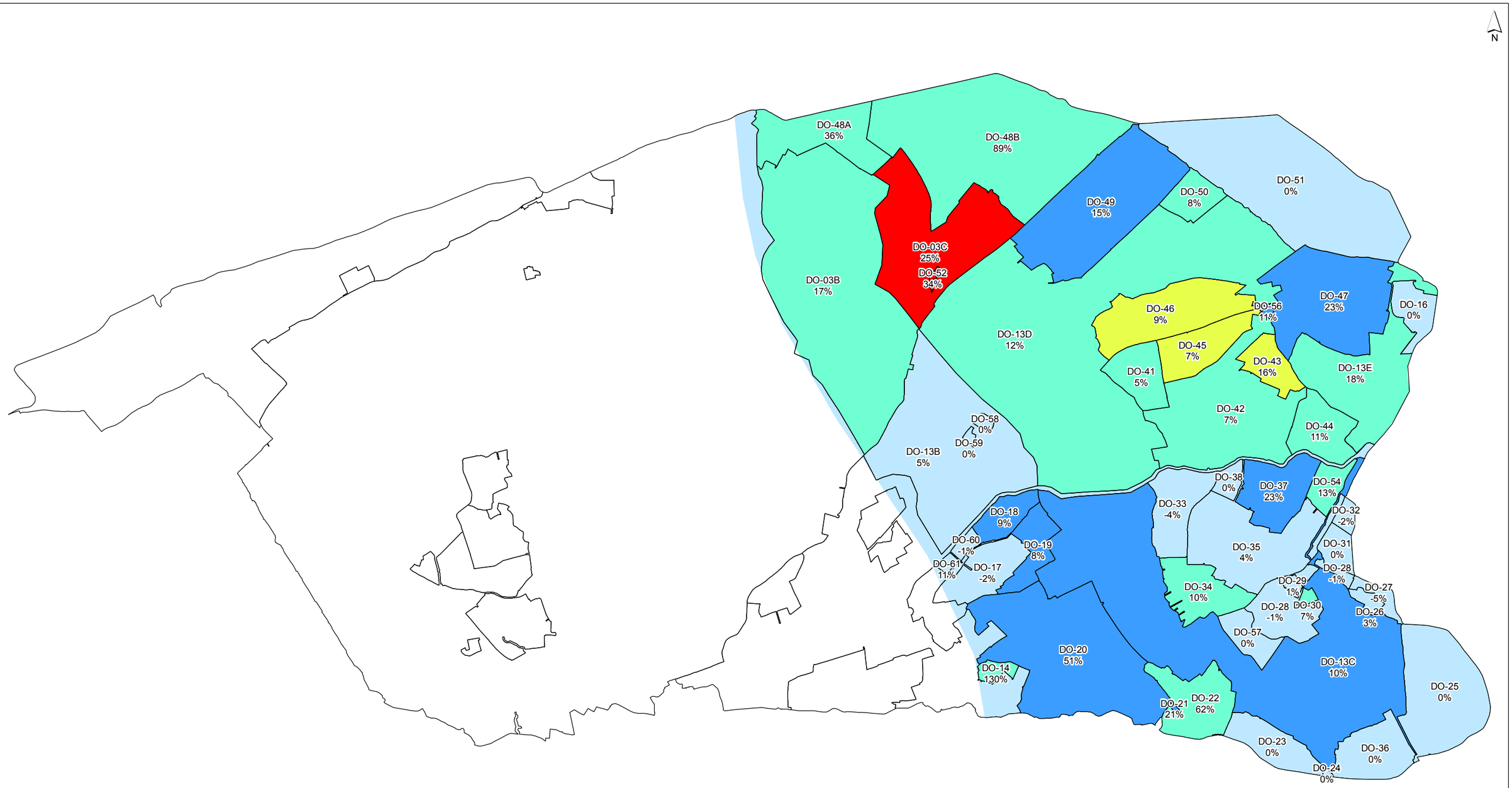
door Maatregelenpakket 1: accent op berging tov 2050

opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 14:43:00



toename chloride belasting Maatregelenpakket 3

[kg/ha/j]

- < 100
- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 750
- 750 - 1000
- > 1000

getekend: M. Duineveld MSc. **gecontroleerd:** ir. E.S.J. van Tuinen **goedgekeurd:** ir. E.S.J. van Tuinen **versie:** 1 **datum:** 18-08-2015 **tekeningnr:** 0	**toename chloride belasting vanuit kwel door Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling tov 2050** **opdrachtgever:** Wetterskip Fryslan **projectnaam:** bodemdalingsonderzoek Dongeradeel **projectcode:** LW289-109
formaat: A3 liggend **schaal:** 1:55000 0 500 1000 1500 2000 2500 m	Witteveen + Bos

Witteveen+Bos

E:\LW289-109\gis\resultaten2.mxd 04-11-2015 15:06:35

gebied	oppervlak (ha)	peilverlaging (cm)		landgebruik (ha)			gem. kwel* (mm/d)				som kwel* (m3/d)				verschil absoluut (m3/d)			verschil relatief (%)		
		MP3	MP1	grasland	akkerbouw	overig gewas	1987	2050	MP3	MP1	1987	2050	MP3	MP1	2050-1987	MP3-2050	MP1-2050	2050-1987	MP3 -2050	MP1-2050
DO-01	770			296	319	66														
DO-02	12			9	2	0														
DO-03A	4773			2713	1067	616														
DO-03B	601	10		191	218	166	0.06	0.06	0.07	0.06	359	363	424	363	4	61	0	1	17	0
DO-03C	257	20		41	105	65	0.30	0.33	0.41	0.33	772	850	1058	850	78	208	0	10	25	0
DO-04	37			11	11	11														
DO-05	38			36	3	0														
DO-06	61			58	3	0														
DO-07	10			10	0	0														
DO-08	142			121	16	0														
DO-09	4			4	0	0														
DO-10	36			25	9	0														
DO-11	129			86	39	0														
DO-12	57	5		54	0	0														
DO-13A	684			519	22	0														
DO-13B	358	10		127	159	8	0.05	0.05	0.06	0.05	186	188	198	188	2	10	0	1	5	0
DO-13C	753	10		381	210	95	0.09	0.09	0.10	0.09	698	715	788	715	17	73	0	2	10	0
DO-13D	937	20		249	342	275	0.08	0.09	0.10	0.09	789	863	965	863	74	102	0	9	12	0
DO-13E	192	20		113	29	11	0.05	0.05	0.06	0.05	89	105	124	105	16	19	0	18	18	0
DO-14	13	5		13	0	0	0.06	0.03	0.07	0.03	7	4	9	4	-3	5	0	-46	130	0
DO-16	40			4	0	0	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-6	-6	-6	-6	0	-1	0	-8	15	0
DO-17	70	5		54	0	0	0.21	0.22	0.22	0.22	149	154	151	154	5	-2	0	3	-2	0
DO-18	39	10		38	0	0	0.07	0.06	0.07	0.06	26	25	27	25	-1	2	0	-2	9	0
DO-19	49	10		42	6	0	0.13	0.13	0.14	0.13	64	63	68	63	0	5	0	-1	8	0
DO-20	348	5		258	53	11	0.02	0.02	0.03	0.02	53	58	88	58	6	30	0	11	51	0
DO-21	1	5	5	0	0	0	0.04	0.04	0.05	0.05	1	1	1	1	0	0	0	-7	21	21
DO-22	90	5		20	50	5	0.02	0.02	0.03	0.02	15	16	27	16	1	10	0	6	62	0
DO-23	60	5		9	46	1	-0.04	-0.04	-0.03	-0.04	-25	-25	-20	-25	0	5	0	-1	-19	0
DO-24	1	5	5	0	0	0	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-3	-3
DO-25	181	5		59	81	32	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-34	-33	-30	-33	1	4	0	-2	-11	0
DO-26	11	5		0	0	0	0.03	0.02	0.02	0.02	3	2	2	2	-1	0	0	-18	3	0
DO-27	15	5		3	1	0	0.07	0.08	0.07	0.08	10	11	11	11	1	-1	0	13	-5	0
DO-28	72	5		67	3	0	0.24	0.24	0.24	0.24	171	174	173	174	3	-1	0	2	-1	0
DO-29	7	10		0	0	0	0.12	0.13	0.13	0.13	8	8	8	8	0	0	0	2	1	0
DO-30	5	10		2	0	0	0.16	0.16	0.17	0.16	8	7	8	7	0	1	0	-2	7	0
DO-31	26	10		24	0	0	-0.04	-0.05	-0.04	-0.05	-11	-12	-9	-12	-1	3	0	12	-21	0
DO-32	11	10	10	9	0	0	0.06	0.06	0.06	0.06	6	7	7	7	1	0	0	9	-2	-2
DO-33	79	10	10	76	0	0	0.05	0.05	0.05	0.05	38	42	40	40	4	-2	-2	10	-4	-4
DO-34	74	10		60	8	3	0.14	0.14	0.16	0.14	103	105	115	105	2	10	0	2	10	0
DO-35	183	10	10	175	0	0	0.11	0.11	0.11	0.11	198	199	207	207	1	7	7	1	4	4
DO-36	76	5		11	45	13	-0.15	-0.14	-0.13	-0.14	-112	-106	-101	-106	6	5	0	-6	-4	0
DO-37	85	15		1	0	0	0.03	0.03	0.04	0.03	23	25	30	25	2	6	0	8	23	0
DO-38	16	15		0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	-53	-165	0
DO-39	31			31	0	0														
DO-40	20			19	0	0														
DO-41	58	20		58	0	0	0.28	0.30	0.32	0.30	165	176	186	176	12	10	0	7	5	0
DO-42	260	20	20	245	2	0	0.18	0.19	0.20	0.20	465	491	527	527	26	36	36	6	7	7
DO-43	42	20	20	15	20	2	0.09	0.10	0.12	0.12	37	42	49	49	6	7	7	16	16	16
DO-44	67	20	20	66	0	0	0.10	0.12	0.13	0.13	68	77	85	85	9	8	8	14	11	11
DO-45	71	20	20	70	0	0	0.28	0.30	0.32	0.32	199	214	228	228	15	15	15	8	7	7
DO-46	143	20	20	108	12	8	0.19	0.20	0.22	0.22	267	285	310	310	18	25	25	7	9	9
DO-47	215	20		39	112	36	0.01	0.02	0.02	0.02	30	40	49	40	10	9	0	34	23	0
DO-48A	114	10	20	7	31	67	0.02	0.03	0.04	0.06	20	32	44	65	13	12	33	66	36	101
DO-48B	473	20	20	44	208	177	0.01	0.02	0.03	0.03	53	80	152	152	28	71	71	52	89	89
DO-49	268	20	20	51	103	99	0.02	0.03	0.03	0.03	56	67	77	77	11	10	10	20	15	15
DO-50	40	15		13	11	13	0.10	0.10	0.11	0.10	41	41	44	41	0	3	0	0	8	0
DO-51	409	15		106	171	125	-0.05	-0.05	-0.04	-0.05	-209	-202	-169	-202	7	33	0	-3	-16	0
DO-52	2	20		0	0	0	0.10	0.11	0.15	0.11	1	2	2	2	0	1	0	10	34	0
DO-54	29	15	15	28	0	0	0.16	0.15	0.17	0.17	46	45	51	51	-1	6	6	-2	13	13
DO-55	3			0	0	0														
DO-56	2	20		0	0	0	0.03	0.04	0.05	0.04	1	1	1	1	0	0	0	36	11	0
DO-57	36	5		17	6	10	0.16	0.16	0.16	0.16	56	58	58	58	2	0	0	4	0	0
DO-58	5	10		0	0	0	-0.16	-0.16	-0.16	-0.16	-8	-8	-8	-8	0	0	0	-3	3	0
DO-59	4	10		0	1	0	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-2	-2	-2	-2	0	0	0	-6	3	0
DO-60	9	5		9	0	0	0.07	0.07	0.07	0.07	6	6	6	6	0	0	0	-4	-1	0
DO-61	5	5		5	0	0	0.07	0.06	0.06	0.06	4	3	3	3	-1	0	0	-17	11	0

*) infiltratie is negatief / kwel is positief

MP1: Maatregelenpakket 1: accent op berging

MP3: Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveldaling

gebied	chloride conc.*	chloride conc.**	chloridevracht (kg/ha/j)				verandering absoluut (kg/ha/j)			verandering relatief (%)		
	onder deklaag (mg/l)	opp. water (mg/l)	1987	2050	MP3	MP1	2050-1987	MP3-2050	MP1-2050	2050-1987	MP3-2050	MP1-2050
DO-01		300-1000										
DO-02		300-1000										
DO-03A		300-1000										
DO-03B	8750	300-1000	1907	1930	2251	1930	22	322	0	1	17	0
DO-03C	8750	300-1000	9608	10585	13178	10585	976	2594	0	10	25	0
DO-04		300-1000										
DO-05		300-1000										
DO-06		300-1000										
DO-07		300-1000										
DO-08		1000-5000										
DO-09		1000-5000										
DO-10		150-300										
DO-11		300-1000										
DO-12		300-1000										
DO-13A		300-1000										
DO-13B	6250	300-1000	1186	1198	1263	1198	12	64	0	1	5	0
DO-13C	7000	300-5000	2369	2427	2675	2427	58	248	0	2	10	0
DO-13D	7500	300-1000	2306	2523	2820	2523	216	297	0	9	12	0
DO-13E	8750	300-5000	1481	1745	2053	1745	264	308	0	18	18	0
DO-14	1750	150-300	367	199	458	199	-168	259	0	-46	130	0
DO-16	8750	1000-5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-17	3750	1000-5000	2935	3031	2983	3031	96	-49	0	3	-2	0
DO-18	5000	300-1000	1187	1158	1266	1158	-29	107	0	-2	9	0
DO-19	5000	300-1000	2373	2360	2545	2360	-13	185	0	-1	8	0
DO-20	5000	150-300	276	306	462	306	30	156	0	11	51	0
DO-21	6250	300-1000	993	927	1118	1118	-66	191	191	-7	21	21
DO-22	6250	150-300	394	418	677	418	24	259	0	6	62	0
DO-23	7000	150-300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-24	8750	150-300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-25	10000	300-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-26	8750	300-1000	844	690	711	690	-154	20	0	-18	3	0
DO-27	8750	300-1000	2148	2430	2301	2430	281	-128	0	13	-5	0
DO-28	6250	1000-5000	5397	5487	5455	5487	90	-32	0	2	-1	0
DO-29	6250	1000-5000	2846	2903	2940	2903	57	37	0	2	1	0
DO-30	6250	1000-5000	3628	3562	3822	3562	-66	260	0	-2	7	0
DO-31	7500	1000-5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-32	7500	1000-5000	1515	1654	1626	1626	138	-27	-27	9	-2	-2
DO-33	6250	1000-5000	1094	1203	1151	1151	109	-52	-52	10	-4	-4
DO-34	6250	1000-5000	3188	3244	3554	3244	56	310	0	2	10	0
DO-35	6250	1000-5000	2477	2493	2582	2582	15	89	89	1	4	4
DO-36	12500	150-300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-37	6250	1000-5000	613	660	813	660	47	153	0	8	23	0
DO-38	6250	1000-5000	0	0	9	0	0	9	0	0	0	0
DO-39		300-1000										
DO-40		300-1000										
DO-41	7500	1000-5000	7739	8280	8732	8280	541	452	0	7	5	0
DO-42	7500	1000-5000	4896	5167	5542	5542	271	375	375	6	7	7
DO-43	8750	1000-5000	2784	3222	3731	3731	438	508	508	16	16	16
DO-44	8750	1000-5000	3231	3680	4067	4067	449	387	387	14	11	11
DO-45	8750	1000-5000	8932	9606	10261	10261	674	655	655	8	7	7
DO-46	8570	1000-5000	5833	6220	6760	6760	387	540	540	7	9	9
DO-47	8750	1000-5000	439	590	726	590	151	136	0	34	23	0
DO-48A	8750	300-1000	549	911	1236	1826	361	325	915	66	36	101
DO-48B	8750	300-1000	357	543	1024	1024	186	482	482	52	89	89
DO-49	8750	300-1000	669	800	916	916	131	116	116	20	15	15
DO-50	8750	300-1000	3304	3289	3542	3289	-15	252	0	0	8	0
DO-51	8750	300-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-52	8750	300-1000	3175	3507	4702	3507	331	1195	0	10	34	0
DO-54	6250	1000-5000	3605	3528	3979	3979	-78	451	451	-2	13	13
DO-55		300-1000										
DO-56	8750	1000-5000	1018	1386	1541	1386	368	155	0	36	11	0
DO-57	6250	1000-5000	3545	3688	3672	3688	144	-16	0	4	0	0
DO-58	8750	300-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-59	8750	300-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO-60	3750	300-1000	998	960	952	960	-38	-7	0	-4	-1	0
DO-61	1750	300-1000	432	358	398	358	-74	40	0	-17	11	0

*) chloridecocentratie onder deklaag per peilgebied (TNO, Oude Essink et al., 2005) **) o.b.v. kaart met chloride metingen in 1996 (Deltares)

gebied	akkerland en overig gewas (ha)	toename chloridevracht (kg/ha/j)		toename zoutbelasting	kans op toename negatief effect verzilting	kans op toename negatief effect
	groot aandeel	matig	hoog	MP3 (kg/jaar)	op landbouw binnen peilgebied	op verzilting bemalingsgebied
DO-01	385				0	0
DO-02					0	0
DO-03A	1682				0	0
DO-03B	384	322		193,437	2	1
DO-03C	170		2594	665,242	3	1
DO-04	22				0	0
DO-05					0	0
DO-06					0	0
DO-07					0	0
DO-08					0	0
DO-09					0	0
DO-10					0	0
DO-11					0	0
DO-12					0	0
DO-13A					0	0
DO-13B	166			23,081	0	0
DO-13C	305	248		187,120	2	1
DO-13D	616	297		278,611	2	1
DO-13E		308		59,199	1	1
DO-14			259	3,298	1	0
DO-16					0	0
DO-17				-3,386	0	0
DO-18		107		4,218	1	0
DO-19		185		9,044	1	0
DO-20	64		156	54,238	3	1
DO-21		191		238	1	0
DO-22	55		259	23,281	3	0
DO-23	47				0	0
DO-24					0	0
DO-25	113				0	0
DO-26				215	0	0
DO-27				-1,926	0	0
DO-28				-2,280	0	0
DO-29				242	0	0
DO-30		260		1,235	1	0
DO-31					0	0
DO-32				-298	0	0
DO-33				-4,119	0	0
DO-34		310		22,965	1	0
DO-35				16,309	0	0
DO-36	58				0	0
DO-37		153		13,001	1	0
DO-38				143	0	0
DO-39					0	0
DO-40					0	0
DO-41		452		26,338	1	0
DO-42		375		97,618	1	1
DO-43	21		508	21,357	3	0
DO-44		387		25,913	1	0
DO-45			655	46,470	1	0
DO-46			540	77,355	1	1
DO-47	148	136		29,227	2	0
DO-48A	98	325		36,923	2	0
DO-48B	384		482	227,784	3	1
DO-49	202	116		31,174	2	0
DO-50	25	252		10,032	2	0
DO-51	296				0	0
DO-52			1195	1,793	1	0
DO-54		451		13,087	1	0
DO-55					0	0
DO-56		155		348	1	0
DO-57				-573	0	0
DO-58					0	0
DO-59					0	0
DO-60				-62	0	0
DO-61		40		210	1	0

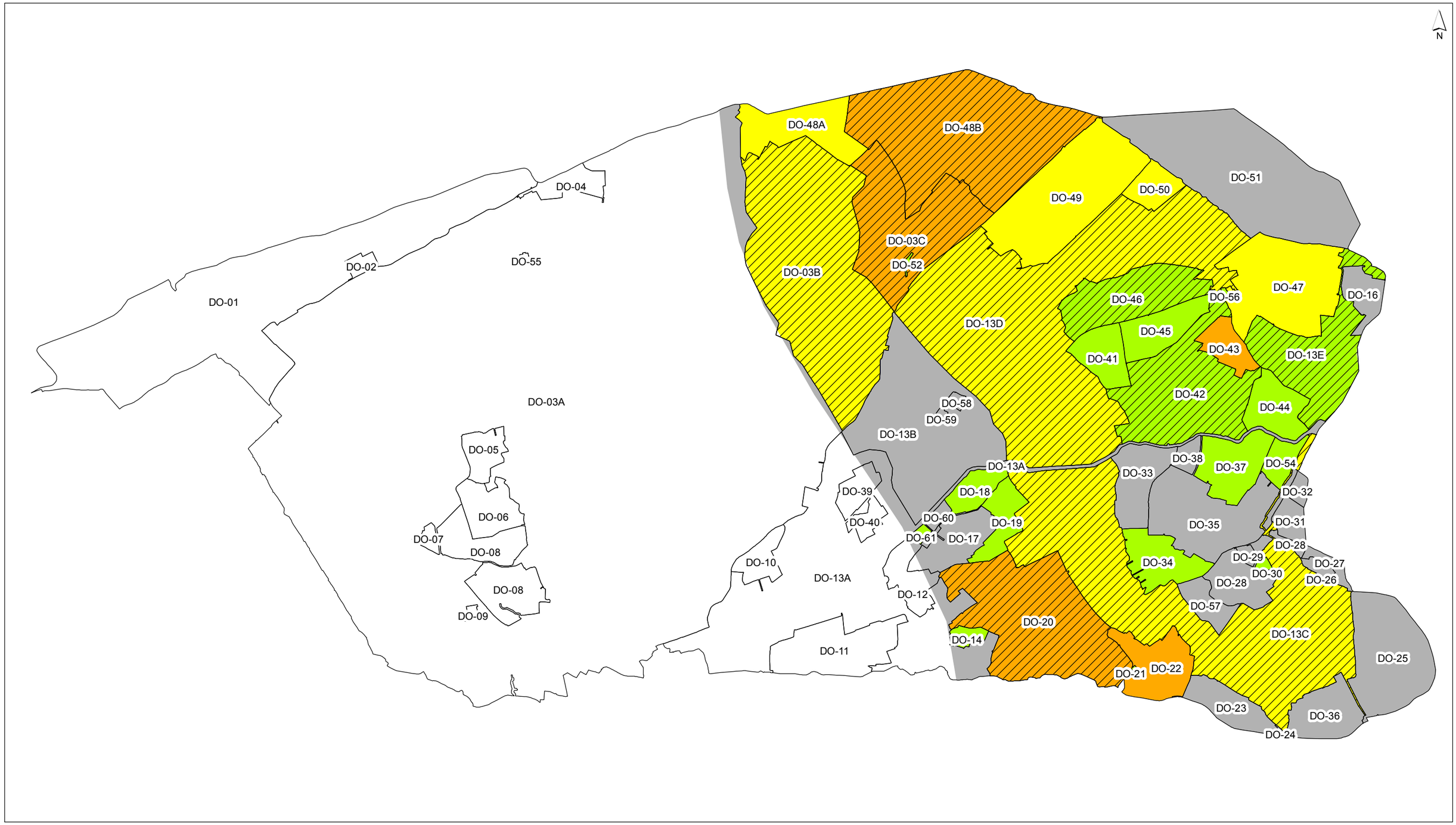
Criteria kwalitatieve inschatting kans op toename negatief effect verzilting door scenario PVM

Aandeel akkerland en overig gewas
groot aandeel akkerland en overig gewas: > 50 ha of > 50% van het oppervlak van het peilgebied
klein aandeel akkerland en overig gewas: < 50 ha of < 50% van het oppervlak van het peilgebied

Toename chloridevracht vanuit kwel
hoge toename chloridevracht: > 500 kg/ha/jaar of >50%
matige toename chloridevracht: > 100 kg/ha/jaar of >10%
kleine toename chloridevracht: <100 kg/ha/jaar of <10%

Conclusie kans op toename negatief effect verzilting binnen het peilgebied
Geen (0) = geen peilverlaging of combinatie kleine toename chloridevracht en klein aandeel akkerland en overig gewas
Klein (1) = matige of grote toename chloridevracht maar klein aandeel akkerland en overig gewas
Matig (2) = matige toename chloridevracht & groot aandeel akkerland en overig gewas
Hoog (3) = grote toename chloridevracht & groot aandeel akkerland en overig gewas

Conclusie kans op toename negatief effect verzilting bemalingsgebied
Hoog (1) = toename zoutbelasting vanuit kwel > 50.000 kg/jaar



Kans op toename negatief effect op verzilting in het bemalingsgebied

zoutbelasting vanuit kwel > 50.000 kg/jaar

Kans op toename negatief effect verzilting op landbouw binnen het peilgebied

- geen
- klein
- matig
- hoog

getekend:	M. Duineveld MSc.
gecontroleerd:	ir. E.S.J. van Tuinen
goedgekeurd:	ir. E.S.J. van Tuinen
versie:	1
datum:	18-08-2015
tekeningnr:	0
formaat:	A3 liggend
schaal:	1:55000

0 500 1000 1500 2000 2500 m

kans op toename negatief effect landbouw

door Maatregelenpakket 3: peil volgt maaiveld-daling tov 2050

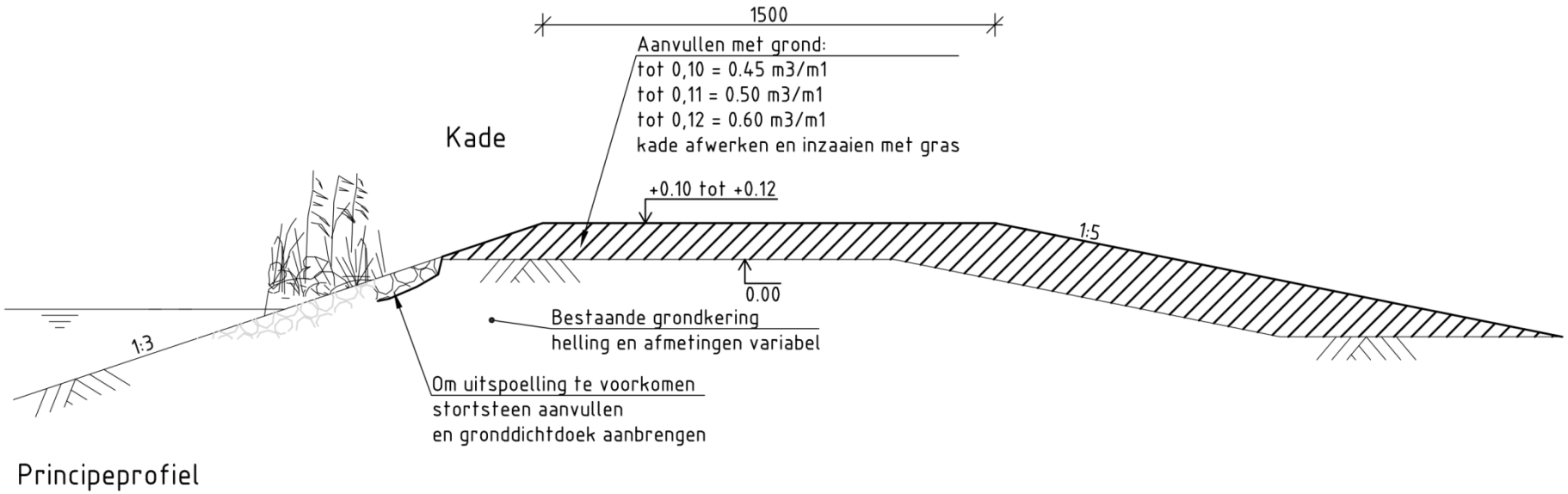
opdrachtgever: Wetterskip Fryslan
projectnaam: bodemdalingsonderzoek Dongeradeel
projectcode: LW289-109

Witteveen + Bos

Witteveen+Bos
L:\LW289-109\gis\resultaten.mxd 04-11-2015 15:05:20

BIJLAGE XI PRINCIPETEKENING KADEOPHOGING

Principetekening kadeophoging



Bron: TAUW, Effectbepaling bodemdaling voor kunstwerken en kaden in Dongeradielen, 25 maart 2011.

BIJLAGE XII KOSTENRAMING 2 NIEUWE PEILGEBIEDEN NAAR BEMALINGSGEBIED DE KOLK

Kostenraming nieuw peilgebied (noord)

eenheidsprijzen:

ontgraven grond en afvoeren (kale bouwkosten)	€5 per m3	Geen rekening gehouden met verontreinigde grond
grondaankoop (incl. BTW)	€5 per m2	

Nieuw peilgebied noord (68 ha)

kale bouwkosten aanpassing	eenheid	hoeveelheid	eenheidsprijs	tussentotaal	**opslagen** staartkosten	planonvolledigheid	PEAT	BTW	totaal incl. BTW	**opmerkingen**
Watergangen										
Aanleg 400 m nieuwe hoofdwatergang langs de Ridwei, profiel: 0,5 m bodembreedte, waterdiepte 0,50 m, taluds 1:1,5, drooglegging 1 m. Ontgraven 4,1 m2 per m.	m3 ontgraven	1640	€ 5	€ 8.200	20%	20%	20%	21%	€ 17.145	
Aankoop 400 m nieuwe hoofdwatergang langs de Ridwei, aan te kopen: 5 m2 per m.	m2	2000	€ 5	€ 10.000					€ 10.000	
Aanleg 800 m nieuwe aanvoerwatergang naar aanvoergemaal Alddyk, profiel: 0,5 m bodembreedte, waterdiepte 0,50 m, taluds 1:1,5, drooglegging 1 m. Ontgraven 4,1 m2 per m.	m3 ontgraven	3280	€ 5	€ 16.400	20%	20%	20%	21%	€ 34.290	
Aankoop 800 m nieuwe hoofdwatergang naar gemaal Alddyk, aan te kopen: 5 m2 per m.	m2	4000	€ 5	€ 20.000					€ 20.000	
Verruimen 3.150 m bestaande hoofdwatergangen, door deze te verdiepen met 0,20 m2 per strekkende m watergang	m3 ontgraven	630	€ 5	€ 3.150	20%	20%	20%	21%	€ 6.586	
Kunstwerken										
Plaatsen zes dammen in zijsloten om verbinding met de Dykster Feart af te sluiten	stuks	6	€ 2.000	€ 12.000			16,3%	21%	€ 16.887	
Plaatsen nieuwe waterinlaat vanuit de Dykster Feart, 600 ha x 0,3 l/s/ha = 0,20 m3/s capaciteit	stuks	1	€ 25.000	€ 25.000			16,3%	21%	€ 35.181	
Verwijderen huidige inlaatduiker naar peilgebied DO-46	stuks	1	€ 2.000	€ 2.000			16,3%	21%	€ 2.814	
Nieuwe regelbare stuw naar peilgebied DO-46	stuks	1	€ 32.012	€ 32.012			16,3%	21%	€ 45.049	Conform berekening regelbare stuwen
Nieuwe duiker onder de Boltawei tbv wateraanvoer naar gemaal Alddyk	stuks	1	€ 25.407	€ 25.407			16,3%	21%	€ 35.753	Conform berekening duikers
Totaal				**€ 154.169**					**€ 223.706**	

Kostenraming nieuw peilgebied (oost)

eenheidsprijzen:

ontgraven grond en afvoeren (kale bouwkosten)	€5 per m3	Geen rekening gehouden met verontreinigde grond
grondaankoop (incl. BTW)	€5 per m2	

Nieuw peilgebied noord (68 ha)

kale bouwkosten aanpassing	eenheid	hoeveelheid	eenheidsprijs	tussentotaal	**opslagen** staartkosten	planonvolledigheid	PEAT	BTW	totaal incl. BTW	**opmerkingen**
Watergangen										
Aanleg 700 m nieuwe hoofdwatergang parallel aan de Nije Feart, profiel: 0,5 m bodembreedte, waterdiepte 0,50 m, taluds 1:1,5, drooglegging 1 m. Ontgraven 4,1 m2 per m.	m3 ontgraver	2870	€ 5	€ 14.350	20%	20%	20%	21%	€ 30.004	
Aankoop 700 m nieuwe hoofdwatergang parallel aan de Nije Feart aan te kopen: 5 m2 per m.	m2	3500	€ 5	€ 17.500					€ 17.500	
Verruimen 1.850 m bestaande hoofdwatergangen, door deze te verdiepen met 0,35 m2 per strekkende m watergang	m3 ontgraver	648	€ 5	€ 3.238	20%	20%	20%	21%	€ 6.769	
Kunstwerken										
Plaatsen vijf dammen in zijsloten om verbinding met de Nije Feart af te sluiten	stuks	5	€ 2.000	€ 10.000			16,3%	21%	€ 14.072	
Plaatsen nieuwe waterinlaat vanuit de Nije Feart, 190 ha x 0,3 l/s/ha = 0,10 m3/s capaciteit	stuks	1	€ 20.000	€ 20.000			16,3%	21%	€ 28.145	
Verwijderen huidige inlaatduiker naar peilgebied DO-44	stuks	1	€ 2.000	€ 2.000			16,3%	21%	€ 2.814	
Nieuwe regelbare stuw naar peilgebied DO-44	stuks	1	€ 24.984	€ 24.984			16,3%	21%	€ 35.158	Conform berekening regelbare stuwen
Verplaatsen minigemaal Eysinga (4 m3/min)	stuks	1	€ 65.000	€ 65.000			24%	21%	€ 97.762	Globale raming, nader te bepalen in fase 3
Totaal				**€ 157.071**					**€ 232.224**	

BIJLAGE XIII SAMENSTELLING BEGELEIDINGSGROEP

Begeleidingsgroep

Wetterskip Fryslân	ir. J. Muntinga (vz.), ir. J. Jansen, A. Steegstra, drs. A. Hartman, B. van Aalst (gedeeltelijk)
Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân	ir. ing. G.J. Steendam, ir. drs. P. Lap, ir. ing. E. van Hijum, ing. H. Roskam
Witteveen+Bos	ir. E.S.J. van Tuinen