

**TRECHTERING 5 VARIANTEN NAAR 2
ALTERNATIEVEN OOST
DEEL B MER ZOUTWINNING**

FRISIA ZOUT B.V.

2 juli 2010
074902356:0.1
C01022.100163.0500

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doelstelling	7
1.3	Beoordelingskader	8
1.4	Alternatieven	12
1.5	Vraagstellingen	14
1.6	Leeswijzer	14
2	Onderzoeksopzet	15
2.1	Algemeen	15
2.2	Aanpak uitwerking beoordelingscriteria	16
2.2.1	Bodemdaling	16
2.2.2	Waterkwaliteit/verzilting	17
2.2.3	Waterhuishouding	20
2.2.4	Ontwatering	22
3	Referentiesituatie	25
3.1	Bodemdaling	25
3.2	Waterkwaliteit/verzilting	28
3.3	Waterhuishouding	37
3.4	Ontwatering	41
4	Effectbepaling zonder maatregelen	45
4.1	Ingreep	45
4.1.1	Winning	45
4.1.2	Bodemdaling	46
4.2	Directe effecten bodemdaling	47
4.3	Uitwerking effecten	51
4.3.1	Waterkwaliteit/verzilting	52
4.3.2	Waterhuishouding	53
4.3.3	Verandering ontwatering	58
5	Maatregelen	71
5.1	Uitgangspunten Wetterskip	71
5.1.1	Uitgangspunten waterhuishoudingsplan landelijke gebieden	71
5.1.2	Richtlijn compensatie bodemdaling door delfstoffenwinning	71
5.2	Knelpunten	72
5.3	Maatregelen oppervlaktewaterhuishouding	72
5.4	Maatregelen ontwatering	76
6	Effectbepaling met maatregelen	79
6.1	Waterkwaliteit/verzilting	79
6.2	Waterhuishouding	81

6.3	Verandering ontwatering	86
7	Trechtering varianten winningsgebied Oost	95
7.1	Effecten zonder maatregelen	95
7.1.1	Effectscores	95
7.2	Effecten met maatregelen	96
8	Conclusies	97
8.1	Inleiding	97
8.2	Knelpunten	97
8.3	Effectbeschrijving	98
Bijlage 1	Literatuur	101
Colofon		103

HOOFDSTUK 1

Inleiding

1.1

AANLEIDING

1 inleiding

2 onderzoeksopzet

3 referentiesituatie

4 effectbepaling zonder maatregelen

5 maatregelen

6 effectbepaling met maatregelen

7 trechtering varianten

8 conclusies

Frisia Zout B.V. (verder: Frisia) produceert en verkoopt kwalitatief hoogwaardige zoutproducten gewonnen uit de ondergrondse zoutvoorraden in de nabije omgeving van Harlingen. De locatie waar het zout wordt verwerkt, is gevestigd in de industriehaven van Harlingen.

Frisia beschikt voor de winning van zout over winningsvergunningen en winningsplannen voor de gebieden Barradeel en Barradeel II, beide gelegen in de nabijheid van Harlingen. Aan bodemdaling ten gevolge van zoutwinning is in deze gebieden, in de bestaande vergunningen, een limiet gesteld van respectievelijk 35 en 30 cm in het diepste punt van de winning. Deze bodemdaling is in Barradeel nagenoeg bereikt en zal in Barradeel II naar verwachting rond 2016 bereikt zijn. Met het zicht op de toekomst is in 2013 een aanvullende put nodig voor doorgang van de productie.

Voor de continuering van de zoutproductie is het daarom noodzakelijk om tijdig een nieuw gebied voor zoutwinning te vinden en in productie te nemen.

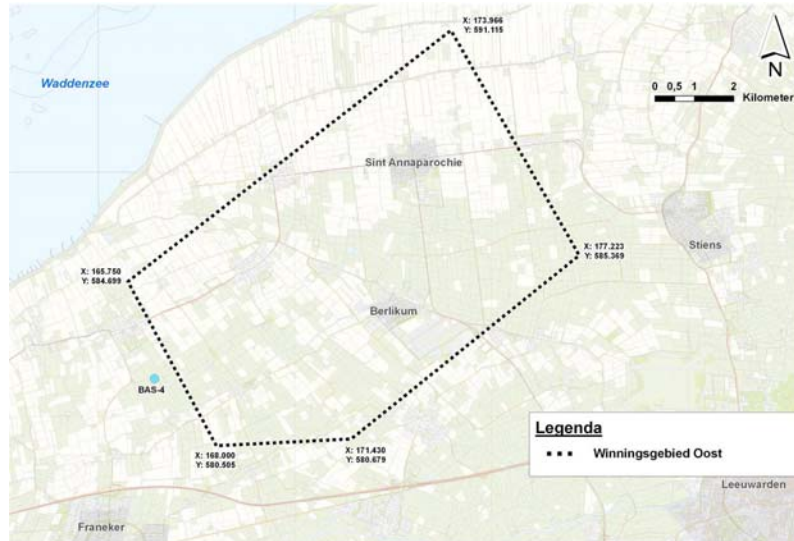
Frisia heeft een verkenning uitgevoerd naar gebieden in de omgeving die mogelijk in aanmerking komen voor de continuering van de zoutwinning. Uit deze verkenning zijn twee gebieden naar voren gekomen:

- winningsgebied Havenmond;
- winningsgebied Oost.

Dit rapport omvat de resultaten uit het eerste fase onderzoek waarin voor winningsgebied Oost (zie afbeelding 1.1) een trechtering van 5 varianten naar 2 alternatieven is uitgevoerd. Het onderzoeksgebied is gelegen ten noorden van Franeker en Dronrijp, rond Berlikum en Sint Annaparochie binnen de gemeentegrenzen van Franekeradeel, Het Bildt en Menaldumadeel, in de provincie Fryslân. Winningsgebied Oost heeft een oppervlakte van 66 vierkante kilometer. Het gebied sluit aan bij het winningsgebied Barradeel II. Tussen de bestaande winningslocatie Bethanië in het winningsgebied Barradeel II en de nieuwe winningslocaties worden ondergrondse leidingen en kabels aangelegd. De uiteindelijke invulling van de plaats en het aantal cavernes, winningslocaties en de leidingen en kabeltracés zal mede afhankelijk zijn van de uitkomsten van de milieueffectrapportage.

afbeelding 1.1

Ligging Winningsgebied Oost



Een keuze voor één van de twee winningsgebieden of een combinatie van beide winningsgebieden is nog niet gemaakt. Wel heeft Frisia voor beide gebieden een zogenaamde winningsvergunningaanvraag (concessieaanvraag) in het kader van de Mijnbouwwet ingediend. De twee winningsgebieden kunnen daarom gezien worden als twee locatiealternatieven voor één initiatief. Frisia wil tevens de mogelijkheid onderzoeken om deels uit Havenmond en deels uit Oost zout te gaan winnen (combinatiealternatief).

In dit onderzoek is uitgewerkt hoe de vijf varianten uit de Startnotitie voor gebied Oost worden afgewogen. Dit om te komen tot een voorkeurs- en/of meest milieuvriendelijk alternatief Oost dat gebaseerd is op de bodem- en watereffecten. Deze zijn leidend om te komen tot een alternatief waarbij zoutwinning in Oost duurzaam in te passen is, zonder sterk nadelige gevolgen voor de aanwezige hoogwaardige landbouw en de waterhuishouding in gebied Oost.

De effecten op het bodem- en watersysteem door zoutwinning komen voort uit optredende maaiveldafval. De effecten van de bodemdaling zijn in deze rapportage inzichtelijk gemaakt. Daarnaast zijn maatregelen uitgewerkt die nadelige gevolgen voor de aanwezige functies kunnen voorkomen. Deze maatregelen vormen gezien de omvang van het gebied een wezenlijk onderdeel van de ingreep.

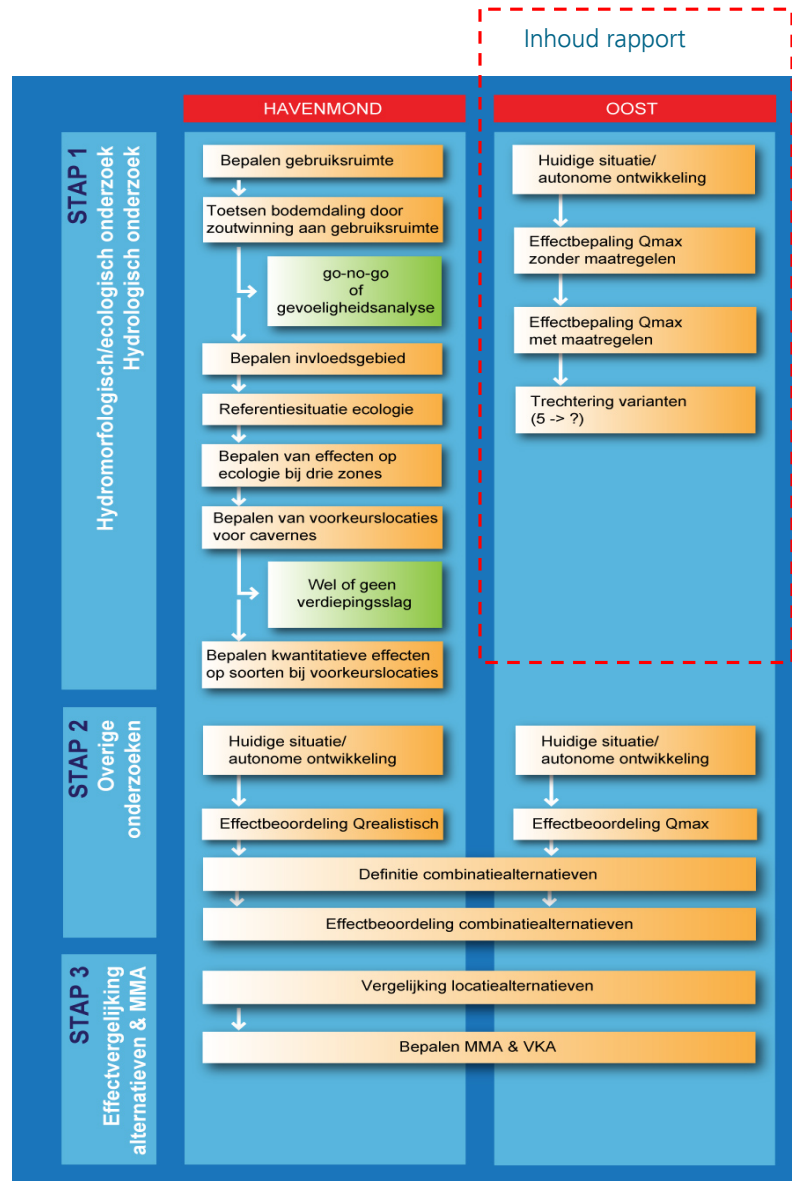
Vanuit de startnotitie en advies voor richtlijnen is een eerste kader voor de ingreep met de wijze van effectbeschrijving en beoordeling aangegeven:

- “Startnotitie Zoutwinning” met kenmerk 110312/CE8/002/000345.
- “Zoutwinning Frisia Zout B.V. Harlingen, Richtlijnen voor het milieueffectrapport” 3 november 2008 rapportnummer 2150-59.

In afbeelding 1.2 staat dit eerste fase onderzoek weergegeven in relatie tot de overige activiteiten in het MER.

afbeelding 1.2

Stap 1 voor Oost in relatie tot de MER



1.2

DOELSTELLING

Doelstelling van dit onderzoek is om inzicht te geven in de bodem- en watereffecten van de in de startnotitie gedefinieerde 5 varianten voor gebied Oost. Op basis hiervan wordt duidelijk wat het meest gunstige alternatief is voor Oost vanuit de winningdoelstelling *en* de effecten van bodemdaling op de aanwezige landgebruikfuncties, in het bijzonder de effecten op de landbouw en de waterhuishouding.

1.3

BEOORDELINGSKADER

Startnotitie

In de Startnotitie is het volgende beoordelingskader opgenomen:

tabel 1.1

Bodem en water
beoordelingskader uit de
Startnotitie

Thema	Aspect	Criterium
Bodem	Bodemdaling	Verandering in maaiveldhoogte
Water	Watersysteem	Verandering functies watersysteem (afvoer, berging, doorvaart)
	Verziltig*	Toename verziltig en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater voor de functies
	Waterkwaliteit	Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW**)
Landbouw	Landbouw	Verandering opbrengst (droogteschade / natschade)
		Landbouwschade door wateroverlast (inundatie)
		Landbouwschade door verziltig

*) Van verziltig is sprake wanneer het water niet meer voldoet aan de zoetwaternorm voor de aanwezige functies.

** KRW: Kader Richtlijn Water, een Europese richtlijn, die bedoeld is om de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in Europa op goed niveau te houden.

In dit beoordelingskader zijn de voornaamste effecten opgenomen. In afbeelding 1.3 zijn de ingreep en effectrelaties opgenomen ten gevolge van de ingreep.

Richtlijnen

Het beoordelingskader zoals in tabel 1.1 is weergegeven geeft aan waarop de effecten beoordeeld worden. In de richtlijnen van Economische Zaken wordt geadviseerd specifiek inzicht te bieden in wat de mogelijke effecten op de waterhuishouding zijn. Dit uitgewerkt voor zowel een situatie met als een situatie zonder maatregelen.

De hoofdpunten hierbij zijn:

- Verandering in (nutriëntenrijke) zoute kwel
- Verdroging en vernatting
- Verandering doorspoeling

Voor de referentiesituatie en maatregelen dient beschreven te worden:

- Verandering in grondwaterstand en kwel
- Verandering in peilen en debieten (afvoercapaciteit in de winter)
- Verandering waterkwaliteit (verziltig van het oppervlaktewatersysteem)
- De landgebruiksfuncties
- Onderbouwing van de maatregelen

Op basis van de te verkrijgen kennis zullen de mitigerende maatregelen uitgewerkt worden.

Op voorhand kan daarbij gedacht worden aan:

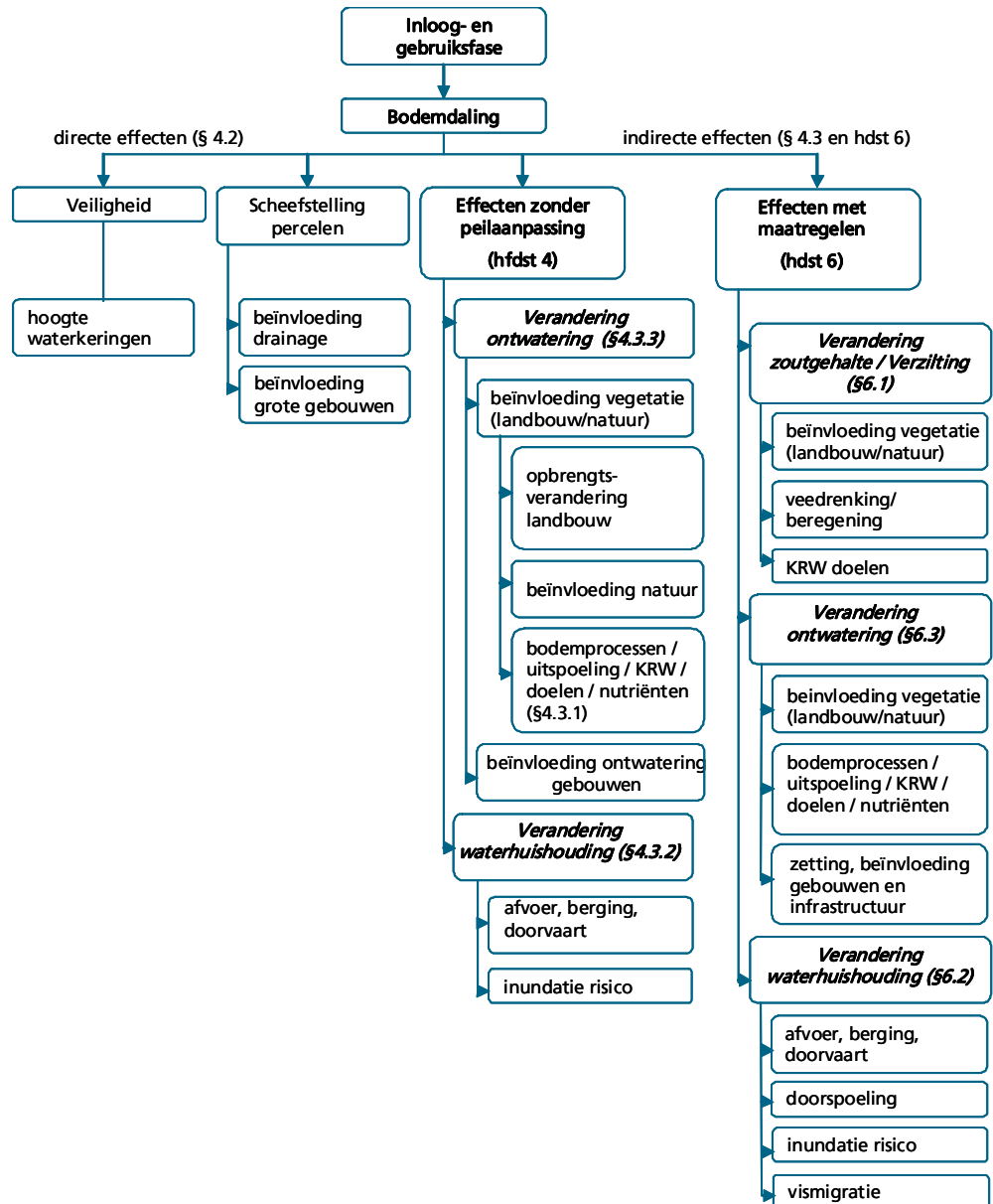
- Peilaanpassing.
- Maatregelen die de doorstroming van het watersysteem verhogen.
- Het beperken van de invloed van zoute (nutriëntenrijke) kwel wanneer dit tot een toename leidt die de functies schaadt.

Samenvattend

In de Startnotitie is een afbeelding opgenomen met de ingreep en effectrelaties. Op basis van de bovenstaande aanvullingen vanuit de Richtlijnen is deze figuur geactualiseerd. In afbeelding 1.3 zijn de effecten en de samenhang met de ingreep weergegeven. De pijlen geven oorzaak en gevolg relaties aan. Hieruit wordt duidelijk hoe de aangehouden criteria zich tot de effecten verhouden. Deze afbeelding laat de opbouw zien die in de verdere uitwerking van dit rapport gevolgd gaat worden. Verwijzingen naar de hoofdstuk- en paragraafnummers zijn voor de criteria opgenomen.

afbeelding 1.3

ingreep- en effectrelaties



Op basis van afbeelding 1.3 zijn de criteria samengevat tot de belangrijkste hoofdonderwerpen:

1. Directe effecten samenhangend met de bodemdaling.
2. Waterkwaliteit (verzilting, KRW-doelen en nutriënten).
3. Ontwateringsdiepte.
4. Waterhuishouding.

Deze criteria vormen de kapstok voor het uitwerken van de referentiesituatie, maatregelen en effecten.

Toelichting op afbeelding 1.3

In onderstaande beschrijving is een toelichting gegeven op de relaties die er zijn tussen ingreep en effect. Het is een kwalitatieve beschrijving. Op basis van de referentiesituatie en effectbepaling die volgen uit het onderzoek worden vervolgens in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 de weergegeven relaties gekwantificeerd.

Bodemdaling

Het belangrijkste effect dat optreedt bij zoutwinning is bodemdaling. Als gevolg van bodemdaling zal een verandering optreden in maaiveldhoogte. Dit heeft direct een effect op functies die samenhangen met hoogte en de scheefstelling (directe effecten). De maaiveld daling leidt daarnaast tot een aantal met waterhuishouding samenhangende effecten op de functies (de indirecte effecten).

Directe gevolgen veiligheid en scheefstelling

Een direct gevolg van de bodemdaling is een afname in maaiveldhoogte. Bodemdaling kan gevolgen hebben voor de veiligheid indien daardoor de kerende hoogte van kades en dijken afneemt tot onder de norm. Bij deze bodemdaling door zoutwinning zal daarnaast scheefstelling van het maaiveld optreden. Dit wordt veroorzaakt door de schotelvormige bodemdaling binnen het invloedsgebied van de winning. De scheefstelling heeft theoretisch een effect op aanwezige drainage, bebouwing en leidingen. Bij de aangehouden mate van bodemdaling bereikt deze scheefstelling geen waarden waarbij schade kan optreden. Wel kan het functioneren van drainage en leidingen verminderen. Dit door verandering in verhang en daarmee invloed op stromingen in de drainage en leiding.

Bij de indirecte effecten gerelateerd aan de waterhuishouding is onderscheid gemaakt in:

- effecten die optreden zonder dat de waterhuishoudkundige situatie aangepast wordt;
- effecten die optreden in de situatie waarbij maatregelen worden getroffen om de effecten te compenseren.

Indirecte effecten zonder peilaanpassing

Een gevolg van de bodemdaling is dat bij gelijkblijvende waterpeilen de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld stijgt en de ontwatering van de percelen afneemt. Dit leidt tot een verandering in draagkracht van de bodem en verandering in groeiprestatie van aanwezige vegetatie (landbouw of natuur). Voor landbouw leidt dit tot een opbrengstverandering. Tevens zal door vernatting de zuurstofhuishouding in de bodem leiden tot een ander evenwicht waarbij uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater verandert.

Een afname van ontwatering kan leiden tot vochtoverlast bij bebouwing wanneer deze de kritische waarden gaat overschrijden.

Omdat zonder peilaanpassing de waterpeilen gelijk blijven aan het huidig streefpeil zal er geen verschil in potentiaal optreden ten opzichte van de referentiesituatie. De kwel- en infiltratiekarakteristieken blijven daarmee gelijk en zal niet leiden tot een verandering in chloridenconcentraties in zowel grond- als oppervlaktewater.

Een gevolgeffect van bodemdaling is een relatieve stijging van het grondwaterpeil ten opzichte van maaiveld. Dit leidt tot een afname in bergingsmogelijkheden van hemelwater in de bodem. Als gevolg van deze afname zal de aanvoer naar de watergangen toenemen. Dit leidt tot een veranderende afvoer karakteristiek van de watergangen. Rekening houdend met een groot aandeel oppervlakkige afstroming (in deze overwegend kleigebieden) zal de verandering bij neerslagpieken ten opzichte van de huidige situatie niet groot zijn. Wel is de drooglegging minder waardoor de peilen ten opzichte van maaiveld toenemen. Dit kan in afvoersituaties tot een tekort in drooglegging leiden. De risico's op inundaties nemen daarom toe bij bodemdaling.

Wanneer de bodem daalt en de boezempeilen gelijk blijven dan zullen bruggen dalen ten opzichte van het waterpeil. Hierdoor neemt de doorvaarbare of doorschaatsbare hoogte van de aanwezige bruggen af.

Bij optredende bodemdaling kunnen peilen aangepast worden om een goede drooglegging en ontwatering voor de landgebruikfuncties te behouden. Afhankelijk van de toe- of afname in landbouwkundige opbrengst of effecten op andere functies zal peilaanpassing aan de orde zijn. Wanneer peilaanpassing wel of niet gedaan wordt, ontstaan er verschillende effecten.

Indirecte effecten met maatregelen

Peilaanpassing om een goede droogleggingsituatie na bodemdaling te creëren, heeft een vergroting van het potentiaalverschil tussen de Waddenzee en het bodemdalingsgebied tot gevolg. Hierdoor kan de zoute kwelstroom mogelijk toenemen. De hoeveelheid zoute kwel is afhankelijk van het potentiaalverschil tussen de Waddenzee en de polders, de dikte van de deklaag en het zoutgehalte van het grondwater. De verwachting is dat de van nature aanwezige zoute kwelstroom in de zone rond de Wadden toe zal nemen door bodemdaling. Dit hoeft echter geen effect op het functioneren van de functies te betekenen wanneer de zoetwatervoorraad waarvan de functie afhankelijk is niet verzilt.

De toename van chloridgehalten in het oppervlaktewater kan leiden tot een afname in bruikbaarheid van dit water voor veedrenking en beregening. Het oppervlaktewater wordt voor dit laatste doel beperkt ingezet, dit door de in dit gebied aanwezige bruinrot problematiek. Een toename van het chloridgehalte in de wortelzone leidt tot verandering in groei van zoutintolerante vegetaties landbouwkundig en zouttolerante natuurwaarden.

Afhankelijk van de voorgestelde peilaanpassingen zal het grondwaterverloop veranderen. Dit leidt tot een verandering in de zuurstofhuishouding van de bodem. Dit kan leiden tot een ander evenwicht waarbij uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater veranderen. De effecten hiervan op de waterkwaliteit in het watersysteem worden beoordeeld (KRW-doelen).

Door peilaanpassing neemt afhankelijk van de bodemweerstand de aanwezige kwel toe. Hierdoor zal de afvoer uit het gebied toenemen. Ook zal de zoutlast op het

oppervlaktewater toe kunnen nemen. In gebieden waar de zoutlast te hoog wordt, moet de frequentie van doorspoeling dan toenemen. Bij opdeling van peilvakken kunnen effecten optreden die samenhangen met de doorspoeling en afvoer vanuit het gebied. Hiervan afgeleid kunnen obstakels opgeworpen worden voor de doorvaart en vismigratie.

De effecten van de afvoerverandering, verzilting en doorstroming van oppervlaktewater leiden tot veranderingen in de werking van het watersysteem en de hiervan afhankelijke functies.

Als gevolg van peilaanpassingen binnen peilgebieden vindt door de schotelvormige bodemdaling lokaal zowel een af- als toename plaats in drooglegging. Dit heeft tot gevolg dat de grondwaterstand en waterspanning lokaal zullen dalen. Hierdoor kan zetting optreden. Afhankelijk de lokale bodemopbouw en aard van de bebouwing kan deze zetting schade aan gebouwen veroorzaken.

1.4

ALTERNATIEVEN

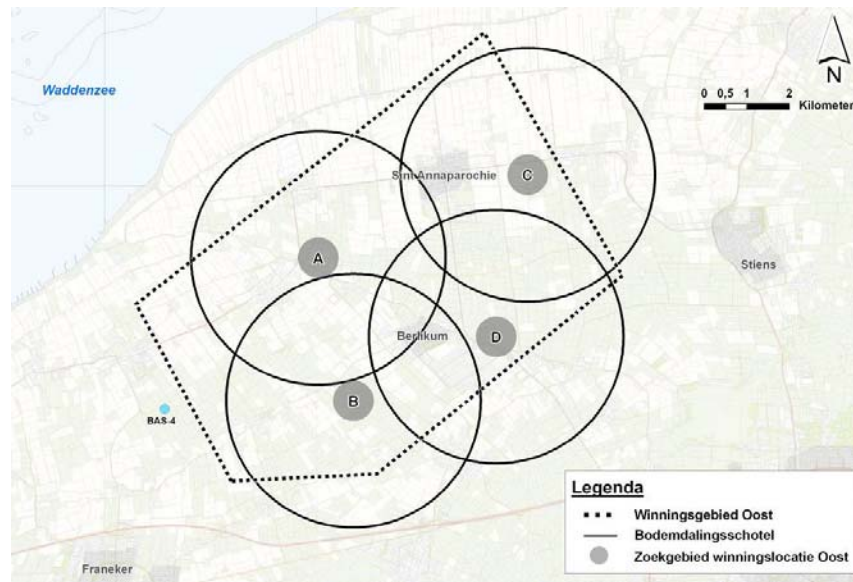
Voor Oost zijn de vier meest geschikte locaties voor zoutwinning in de analyse in de Startnotitie al naar voren gekomen (zie afbeelding 1.4). In de eerste stap van het hydrologisch onderzoek voor de MER wordt de referentiesituatie (huidige situatie en autonome ontwikkeling) wat betreft bodem- en watersysteem voor deze vier locaties in beeld gebracht.

Bodemdaling is het belangrijkste effect dat met zoutwinning samenhangt. De alternatieven ten behoeve van het MER worden daarom opgebouwd met behulp van twee bouwstenen: de locatie van de winningsputten en de verdeling van de winhoeveelheid over deze winningsputten. Een derde factor (installatie en tracékeuze) zijn wel relevant voor de beschrijving van de milieueffecten, maar niet bepalend voor de vormgeving van de varianten voor Oost.

De totale benodigde winhoeveelheid staat vast, maar de verdeling van de hoeveelheid over de verschillende winningsputten binnen het zoekgebied Oost is variabel gekozen voor deze trechtering.

afbeelding 1.4

Locaties winningsputten



Aan de hand van de vier geschikte locaties voor de winningsputten in gebied Oost en mogelijke verdeling van de totale winningsomvang over deze locaties zijn vijf varianten in de Startnotitie geformuleerd (zie tabel 1.2).

tabel 1.2

Varianten Oost

Varianten	Aantal putten	Locatie winningsput(ten)	Bodemdaling (cm)
1	4	A-B-C-D	30-30-30-30
2	3	A-C-D	40-40-40
3	3	B-C-D	40-40-40
4	2	B-C	60 - 60
5	2	B-D	60 - 60

Voor deze varianten worden vervolgens de effecten van zoutwinning en daarvan afgeleide bodemdaling op het bodem- en watersysteem van locaties inzichtelijk gemaakt. Dit zowel voor een situatie zonder maatregelen als een situatie waarbij maatregelen worden genomen (bijvoorbeeld peil aanpassingen, vergroting doorstroming of herinrichting). Aan de hand van de onderzoeksresultaten vindt een selectie (trechtering) plaats van de vijf varianten naar één of twee alternatieven. Dit worden meest haalbare alternatieven voor de volledige winning in gebied Oost in de effectbeoordeling. Voor deze alternatieven worden de overige criteria zoals natuur en archeologie uitgewerkt.

Te doorlopen stappen ten behoeve van MER:

- Bepalen referentiesituatie
- Effectbepaling zonder maatregelen
- Bepaling maatregelen
- Effectbepaling met maatregelen
- Trechtering varianten naar één alternatief

Dit op de volgende onderstaande criteria:

1. Waterkwaliteit (verzilting en nutriënten)
2. Ontwatering
3. Waterhuishouding

Daarnaast zijn er nog twee criteria die direct afgeleid worden van de bodemdaling, dit zijn veiligheid en scheefstelling van de percelen. Deze criteria komen in paragraaf 4.1.2 aan de orde.

1.5

VRAAGSTELLINGEN

Door verschillende instanties zijn specifieke vraagstellingen ten aanzien van het onderzoek in de MER gesteld. Deze zijn opgenomen in de Richtlijnen en in paragraaf 1.3 samengevat weergegeven.

Per criterium komen de volgende punten uit de richtlijnen aan de orde (zie ook afbeelding 1.3).

Waterkwaliteit/verzilting

- de gevolgen voor de huidige functies van deze gebieden zoals landbouw, natuur en bebouwing;
- (eventuele) veranderingen in de waterkwaliteit (concentraties nutriënten en zout).

Ontwatering

- in welke gebieden veranderingen in de grondwaterstand en kwel te verwachten zijn;
- de gevolgen voor de huidige functies van deze gebieden zoals landbouw, natuur en bebouwing.

Waterhuishouding

- de veranderingen in peilen en debieten, van de diverse peilgebieden;
- de gevolgen voor de huidige functies van deze gebieden zoals landbouw, natuur en bebouwing;
- of in de winterperioden voldoende afvoercapaciteit van water aanwezig is;
- of in de zomerperioden, bij mogelijk onvoldoende zoet water voor doorspoeling, problemen met zoute (nutriëntrijke) kwel kunnen optreden.

Maatregelen

- een onderbouwing van de gemaakte keuzes bij de aangehouden maatregelen. Deze bestaan uit peilaanpassing, aanpassing van peilgebieden en maatregelen die samenhangen met verbeteringen in de ontwatering.

1.6

LEESWIJZER

In dit rapport is allereerst in hoofdstuk 2 de algemene onderzoeksopzet beschreven. Deze is uitgewerkt in een aanpak voor de beoordelingscriteria bodemdaling, waterkwaliteit/verzilting, waterhuishouding en ontwatering. Vervolgens is in hoofdstuk 3 de referentiesituatie voor de genoemde criteria uitgewerkt. Hierna volgt in hoofdstuk 4 een omschrijving van de ingreep en de daaruit volgende effecten. Hierbij is onderscheid gemaakt naar directe effecten van het winnen van zout en de indirecte effecten die afgeleid kunnen worden van de optredende bodemdaling. In hoofdstuk 5 is een voorzet gedaan voor maatregelen waarmee de knelpunten die volgen uit de ingreep gecompenseerd of gemitigeerd kan worden. Deze maatregelen zijn per beoordelingscriterium uitgewerkt. De effecten van de ingreep met compenserende maatregelen zijn beschreven in hoofdstuk 6. Op basis van de effecten is in hoofdstuk 7 een trechtering van de varianten beschreven. Ten slotte zijn in hoofdstuk 8 de conclusies en aanbevelingen weergegeven.

HOOFDSTUK 2 Onderzoeksopzet

2.1

ALGEMEEN

1 inleiding
2 onderzoeksopzet
3 referentiesituatie
4 effectbepaling zonder maatregelen
5 maatregelen
6 effectbepaling met maatregelen
7 trechtering varianten
8 conclusies

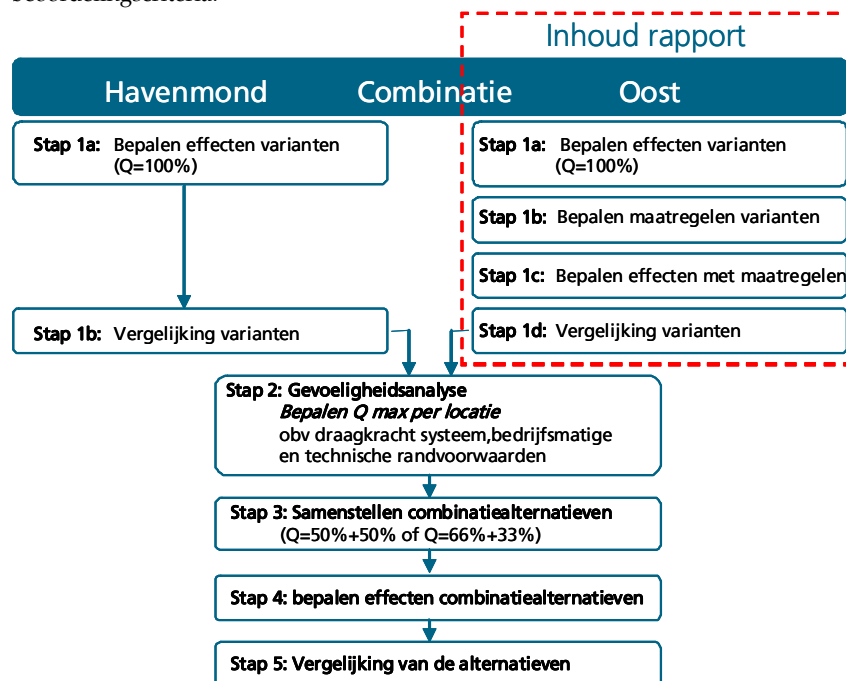
Voor de te beoordelen criteria is in onderstaande paragrafen de onderzoeksopzet beschreven. Bij de uitwerking worden de te doorlopen stappen van het MER aangehouden zoals weergegeven in de Startnotitie.

- referentiesituatie
- effectbepaling zonder maatregelen voor vijf varianten (stap 1a)
- bepalen maatregelen ter mitigatie (stap 1b)
- effectbepaling met maatregelen voor vijf varianten (stap 1c)
- trechtering varianten met en zonder maatregelen naar een alternatief Oost vanuit bodem en water (stap 1d)
- gevoeligheden putlocaties voor meest milieuvriendelijk alternatief (MMA), en combinatiealternatief (stap 2)

Bij het laatste punt dient opgemerkt te worden dat dit vooral aandachtspunten betreft vanuit bodem en water. Stap 2 wordt in het MER doorlopen op basis van alle gedefinieerde beoordelingscriteria.

afbeelding 2.5

Aandeel onderzoek Oost in opstellen combinatiealternatief



2.2

AANPAK UITWERKING BEOORDELINGSCRITERIA

In navolgende paragrafen is aangegeven hoe het beoordelingskader zoals aangegeven in paragraaf 1.3 uitgewerkt gaat worden.

2.2.1

BODEMDALING

In deze paragraaf is beschreven hoe de effecten van bodemdaling bepaald zijn.

Inleiding

Zoutwinning leidt tot een afname in maaiveldhoogte. Dit heeft direct effect op veiligheid en scheefstelling van percelen.

In onderstaande paragraaf is verkort weergegeven hoe de zoutwinning zich aan het maaiveld manifesteert. De onderbouwing van de bodemdaling is opgenomen in het rapport Bakker en Duquesnoy (2009).

Door zoutwinning ontstaat een bodemdalingskom. De straal van een dalingskom is gelijk aan de diepte waarop het zout gewonnen wordt. Uitgaande van zoutwinning op 3000 meter diepte zal de straal van de kom ook ongeveer 3000 meter zijn. De diepte van de dalingskom, en dus het volume van de kom, is in tijd gelijk aan het gewonnen zoutvolume. In het huidige winningsgebied Barradeel II, waar op het ogenblik een bodemdalingsgrens is vastgesteld op 30 cm, geldt op een kom met een straal van 3 kilometer een hellingshoek van 1 centimeter per 100 meter.

Veiligheid

Voor de aanwezige primaire en secundaire keringen geven we aan wat de verandering in kerende hoogte is. Ervan uitgaande dat de keringen in de referentiesituatie voldoen aan de eisen van het waterschap, is een afname in hoogte per definitie negatief. Deze afname in hoogte is voor de waterkeringen weergegeven op kaart.

Scheefstelling

Bebouwing

Voor de effecten op bebouwing zijn twee vormen van scheefstelling te onderkennen:

- Lokale scheefstelling veroorzaakt door zettingsverschillen bij toename in ontwatering die met peilaanpassingen samenhangen.
- Regionale scheefstelling door bodemdaling veroorzaakt bij zoutwinning.

De lokale scheefstelling is in het hoofdstuk directe effecten bodemdaling (paragraaf 4.2) beschreven. Regionale scheefstelling is bepaald met de bodemdalingprognose. Deze prognose zal in mm per m uitgedrukt worden. De effecten van scheefstelling zijn gebaseerd op de resultaten van Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning (1987) en Geodelft (2001).

Drainage

Voor een analyse van de verandering in verhang van de drainage dient bekend te zijn waar deze aanwezig is, wat de huidige hoogteligging is en wat de uitstroomrichting is. Deze gegevens van de drainage zijn niet beschikbaar omdat aanleg van drainage niet geregistreerd wordt. Wel is bekend dat drainage overwegend onder een verhang van vlak tot 10 cm per 100 meter wordt aangelegd (Kooistra, K., 2009). Een verandering in afname in scheefstelling van drainage leidt niet direct tot een afname in de werking ervan. Het

potentiaalverschil is bepalend voor de werking van drainage. Dit potentiaalverschil wordt bepaald door de stroming naar de drainage en de hoogte van het uitstroompunt. Een afname in verhang leidt indirect tot een grotere kans op vervuiling door neerslag van sediment of concreties, deze verkorten de effectiviteit en daarmee de levensduur van de drainage. Door de beperkte gegevens van de aanwezigheid van drainage is deze niet onderscheidend te maken voor de varianten en zal scheefstelling niet verder uitgewerkt worden. De verandering in werking van drainage komt aan de orde in paragraaf 3.4.

2.2.2

WATERKWALITEIT/VERZILTING

Het onderzoek naar de waterkwaliteit omvat alle onderwerpen die samenhangen met de verandering in grond- en oppervlaktewaterkwaliteit.

Het gaat hier specifiek om:

- Verzilting van grond en oppervlaktewater
- Invloed op de KRW doelen
- Nutriënten

Verzilting van grond en oppervlaktewater

Doel

Bij de uitwerking van het criterium waterkwaliteit is in beeld gebracht wat de verandering in waterkwaliteit is door de ingreep. In het bijzonder wat de verandering in verzilting van het watersysteem is ten opzichte van de referentiesituatie.

Op basis hiervan kunnen de effecten bepaald worden op:

- Aanwezige landgebruiksfuncties zoals landbouw, natuur en bebouwing.
- Waterkwaliteit in het watersysteem (concentraties nutriënten en zout).

Aangezien de verzilting van het oppervlaktewater voornamelijk een grondwater gestuurd proces is, zullen veranderingen in grondwaterstanden leidend zijn.

De referentiesituatie wat betreft verzilting bestaat uit:

- Huidige chloridengehalten in zowel grond- als oppervlaktewater.
- Historische ontwikkeling en autonome toename in verzilting ten gevolge van ontwaterende maatregelen die in het verleden zijn genomen (na-ijleffect).
- Toename in verzilting door zeespiegelstijging.
- Doorspoeling van het oppervlaktewater.

Voor waterkwaliteit gaat het om doelen zoals opgenomen in de KRW-doelstellingen van het aanwezige oppervlakte- en grondwater.

De verandering in waterkwaliteit is zowel bepaald in de tijd (hoe ontwikkelt de zoutgradiënt zich in de loop van de tijd) alsmede ruimtelijk (om welke gebieden gaat het, welke zijn gevoelig).

Aandachtspunt: het glastuinbouwgebied Berlikum heeft een specifieke waterhuishouding die onder andere gericht is op het behoud van een specifieke gietwaterkwaliteit. Deze is zeer gevoelig op een eventuele verandering in chloridengehalten.

Uitwerking

Voor het MER is een onderzoek opgesteld dat tot doel heeft vanuit de kennis van de werking van het watersysteem te komen tot een effectbepaling. Gezien de beperkte ruimtelijke beschikbaarheid van chloridengehalten in het grondwater binnen het gebied is

het niet mogelijk om één allesomvattend rekeninstrument op te bouwen. Het onderzoek is daarom uitgevoerd in twee stappen. Allereerst de bepaling van tijdsafhankelijke veranderingen in chloridenconcentraties in de diepte zodat effecten van waterhuishoudkundige veranderingen met de tijd geanalyseerd kunnen worden. Vervolgens wordt gekeken welke gebieden binnen het plangebied het meest gevoelig zijn voor veranderingen. Dit door een ruimtelijke analyse van de parameters die bepalend zijn voor de verandering in kwel- en infiltratie. Op basis van deze systeemkennis is te bepalen wat de effecten zijn van verandering in chloridengehalten op de functies, en daarvan af te leiden eventuele effecten op verzilting. In onderstaande paragrafen volgt een toelichting.

Tijd

Veranderingen van chloridengehalten in de loop van de tijd zijn bepaald op basis van een 2D-grondwater modellering met MODFLOW. Hiervoor zijn twee representatieve lijnmodellen opgesteld door de potentiële winningslocaties. Met deze lijnmodellen zijn zowel de referentiesituatie, de veranderingen door bodemdaling bij de verschillende varianten alsook de maatregelen doorgerekend.

Ruimtelijk

Voor de ruimtelijke verandering in verzilting is de bodemopbouw (in het bijzonder de deklaag) en de oppervlaktewaterhuishouding bepalend. Daarom is hiervoor gebruik gemaakt van de meest actuele en gedetailleerde bodemgegevens zoals opgenomen in grondwatermodel Noord Nederland (MIPWA). Vertaling naar ruimtelijke effecten is op basis van verandering in de tijd en de ruimtelijke variatie in deklaag en waterhuishouding bepaald.

Gebieden waar de deklaag dun is en de watergangen een sterk drainerende werking hebben, zijn potentieel gevoelig in verandering van mogelijke zoute kwel. Gebieden waar infiltratie plaatsvindt en een relatief dikke zone van zoet water aanwezig is, zijn niet gevoelig.

Detailgegevens van chloridenconcentraties in de diepte zijn in het algemeen en dit gebied specifiek, zeer beperkt aanwezig. Voor de afweging van de varianten heeft daarmee een uitgebreide 3D zoet zout modellering en daarbij komend onderzoek naar detailgegevens van chloride in de diepte geen meerwaarde. De resultaten van het onderzoek naar de chloridenconcentraties zijn daarom gepresenteerd als verandering ten opzichte van de referentiesituatie. De verandering in het ondiepe grondwater is het meest relevant aangezien daarvan de functies in dit gebied afhankelijk zijn. Hier zijn de peilen en bodemopbouw het meest bepalend.

Invloed op de KRW-doelen

De volgende beleidsstukken vormen het uitgangspunt voor de analyse van de referentiesituatie.

- Samenvatting adviezen KRW-gebiedsgroepen beheergebied Wetterskip Fryslân, bijlage van Wetterskip Fryslân bij de Beslisnota “Schoon en gezond water in Noord-Nederland” april 2008.
- Basisdocument 4^e ronde KRW-gebiedsgroepen, Noordwest: Eindversie 18 oktober 2007.

Voor de effectbepaling op ecologische, fysische en chemische toestand wordt de referentiesituatie gevormd door de parameters bij de gestelde KRW-doelen. Voor de beoordeling van de ecologische toestand is de biologie leidend. De chemische en

hydromorfologische kwaliteitselementen zijn toegevoegd als stuurvariabelen om ervoor te zorgen dat de juiste omstandigheden voor de flora en fauna bereikt worden. Deze laatstgenoemde heeft dus een indicatief karakter en is niet maatgevend.

De volgende typeringen vanuit KRW zijn binnen het studiegebied aanwezig:

1. Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart, code M3.
2. Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen, code M30.

ECOLOGISCHE TOESTAND

De ecologische toestand is opgebouwd uit een aantal biologische, chemische en hydromorfologische indicatoren.

Biologische indicatoren zijn algen (fytoplankton), waterplanten (macrofyten), kleine waterdierjes (macrofauna) en vissen.

Chemische indicatoren zijn zeven door het Wetterskip Fryslân geselecteerde kwaliteitselementen.

Hydromorfologische parameters bestaan uit de aanwezigheid van stuwen en sluizen, waardoor de continuïteit in stroming wordt onderbroken (continuïteit), stroming en peilbeheer (hydrologie) en oeverinrichting en diepteverdeling (morfologie).

Redenerend vanuit de ingreep zijn er geen directe effecten op de biologische parameters. Wel worden de chemische en hydromorfologische toestand beïnvloed. Het gaat om de volgende parameters die kunnen veranderen:

Chemie

- Verandering gehalten nutriënten uitspoeling naar het oppervlaktewater, deze wordt bepaald door de redox-omstandigheden in de bodem (zie paragraaf nutriënten).

Hydromorfologie

- Oppervlaktewatersysteem door aanpassing peilvakken (stuwen) en afstroming (gemalen).
- Diepte van het oppervlaktewater door bodemdaling of peilaanpassing.
- Verandering van kwel/wegzijging door peilaanpassing.

Deze veranderingen in chemische en fysische parameters zijn voor de varianten bepaald.

De chemische parameters waar op getoetst wordt, zijn de nutriënten fosfaat en stikstof (zie ook onderstaande paragraaf over nutriënten).

Nutriënten

Voor de verandering in nutriënten in het oppervlaktewater is het effect op uitspoeling vanuit de bodem bepalend. Uitspoelingsprocessen zijn complexe processen. De effecten die het gevolg zijn van peilwisselingen op de redox-omstandigheden zullen worden geanalyseerd op basis van algemeen aangehouden processen die plaatsvinden bij peilstijging en bij peildaling. De relevante parameters in dit voornamelijk door landbouw gekenmerkte gebied bestaan uit stikstof en fosfaat.

Stikstof

Mineralisatie is de omzetting van organische gebonden stikstof in anorganisch stikstof. Een grote beschikbaarheid van zuurstof zorgt voor meer mineralisatie. De gevormde anorganische stikstof is beschikbaar als ammonium, dit spoelt in zeer geringe mate uit en zal de waterkwaliteit dus ook nauwelijks beïnvloeden.

De stap die plaatsvindt na de mineralisatie is nitrificatie. Indien er voldoende zuurstof in de bodem aanwezig is, wordt ammonium omgezet in nitraat en nitriet. Deze beide verbindingen spoelen in tegenstelling tot ammonium zeer gemakkelijk uit. Bij een lager grondwaterpeil en daarmee hoger zuurstofgehalte zal stikstof gemakkelijker tot uitspoeling komen.

Daarnaast treedt denitrificatie op in anaerobe omstandigheden bij voornamelijk hogere grondwaterstanden. Onder deze omstandigheden wordt in de bodem stikstof door bacteriën omgezet naar stikstofgas.

Fosfaat

De mineralisatie van organisch gebonden fosfaat is afhankelijk van temperatuur, zuurgraad en zuurstofvoorziening. Het verloop van fosfaat mineralisatie verloopt evenredig met de mineralisatie van stikstof. Anorganisch fosfaat bindt zich bij een goede zuurstofvoorziening vaak aan een driewaardig ijzerion. Bij een slechte beschikbaarheid van zuurstof wordt driewaardig ijzer gereduceerd tot tweewaardig ijzer. Het aanwezige fosfaat is hierdoor minder sterk gebonden en lost dus makkelijker op. Bij hogere grondwaterpeilen zal fosfaat dus makkelijker tot uitspoeling komen.

Conclusie

Uit bovenstaande blijkt dat stikstof en fosfaat tegengesteld reageren op verandering in redox-omstandigheden en daarmee peilbeheer. Voor de verschillende deelgebieden zal daarom een analyse gemaakt worden welke parameter het meest maatgevend is voor een goede waterkwaliteit. De veranderingen in deze chemische parameters worden voor de varianten bepaald.

2.2.3

WATERHUISHOUDING

Deze paragraaf omvat de aanpak voor een analyse van de waterhuishouding. Dit zijn alle onderwerpen die samenhangen met de verandering in het waterhuishoudkundige systeem. Het gaat hier specifiek om:

- de veranderingen in peilen en debieten, van de diverse peilgebieden;
- de gevolgen voor de huidige functies van deze gebieden zoals landbouw, natuur en bebouwing;
- of in de winterperioden voldoende afvoercapaciteit van water aanwezig is;
- of in de zomerperioden, bij mogelijk onvoldoende zoet water voor doorspoeling, problemen met zoute, potentieel nutriëntrijke, kwel kunnen optreden.

Doel

Doel van het onderzoek is inzicht te krijgen in de veranderingen in afvoer, de mogelijke afname in drooglegging, de toename in inundatierisico's en in de wateraanvoermogelijkheden. Deze effectbepaling is vooral gericht op de aanwezige landbouw, infrastructuur en natuurfuncties in het gebied. Bij natuur worden vooral de effecten op de potentiële beleidsmatig vastgestelde vismigratie bepaald.

Uitwerking

De ingreep en mitigerende maatregelen hebben effect op de waterhuishouding. In de uitwerking van de effecten is onderscheid gemaakt naar bodemdaling zonder maatregelen en de situatie met maatregelen.

Bodemdaling zonder maatregelen

De situatie zonder maatregelen geeft inzicht in de aard en omvang van de knelpunten en daarmee in de te nemen maatregelen. Bij de situatie van zoutwinning zonder maatregelen verandert de maaiveldhoogteligging ten opzichte van de door het waterschap nagestreefde peilen. De hoogte van de aanwezige kunstwerken als gemalen, stuwen en duikers neemt ook af en kunnen aanpassing behoeven om het streefpeil te handhaven. Bij gelijkblijvend peil zal de afvoer karakteristiek niet wezenlijk veranderen. Afvoer wordt voornamelijk bepaald door het waterpeil en het doorstroomde oppervlak. Het doorstroomde oppervlak van watergangen in een bodemdalinggebied wordt daarbij uiteindelijk groter (de toename neemt naar verloop van tijd weer wat af wanneer slib ingevangen wordt). Voornaamste effect zal daarmee in de situatie zonder maatregelen bestaan uit een afname in drooglegging, een toename in inundatierisico en toe- of afname in gewasopbrengst.

Bodemdaling met maatregelen

Nadat de gevolgen/effecten bekend zijn, zullen de te treffen maatregelen worden bepaald. Daarna zal door middel van de modellering worden getoetst of deze maatregelen de juiste resultaten geven wat betreft drooglegging en ontwatering.

De te beoordelen maatregelen bestaan uit:

- Peilverlaging
- Peilvakaanpassing
- Aanpassing waterhuishoudkundige systeem
- Vergroten doorstroming
- Detailontwatering

Met het MIPWA-model kunnen effecten van veranderend (grondwater) peilbeheer worden doorgerekend naar extra toevoer op oppervlaktewater. Voor grondwatereffecten is dat model ook ingezet.

Voor de effecten op de afvoer is gebruik gemaakt van een analytische benadering waarbij de afstroming vanuit de peilvakken wordt beoordeeld. Voor de verandering in inundatierisico is een analyse van de verandering in drooglegging uitgevoerd.

Op basis van deze methodes is goed inzichtelijk te maken of de afwatering en drooglegging verandert ten opzichte van de referentiesituatie. Daarnaast komt naar voren of er sprake is van een verslechtering in afvoermogelijkheden per peilvak en of de inundatierisico's toenemen.

BESCHIKBAARHEID GEGEVENS OPPERVLAKTEWATER

Voor een modelmatig onderzoek naar de waterhuishouding en de veranderingen daarin zijn niet voldoende gedetailleerde gegevens beschikbaar. De waterbalans van het watersysteem waar het deelgebied Oost onderdeel van uitmaakt, is niet sluitend te maken. Dit wordt veroorzaakt door het niet voorhanden zijn van debiet en waterstandmetingen bij stuwen en gemalen. Het Wetterskip maakt hierin een inhaalslag door beschikbare analoge gegevens te ontsluiten en nieuwe meetpunten aan te maken. In het kader van het MER komt geen waterbalans beschikbaar van het gebied. De gevolgde aanpak biedt echter wel inzicht hoe de verschillende varianten zich tot elkaar verhouden en wat de ordegrootte is van een eventueel negatief effect.

Voor het na de MER op te stellen inrichtingsplan zal gebruik worden gemaakt van beschikbaar te komen gegevens en een hydraulisch model om de verandering in afvoer van de hoofdwatgangen uit de legger in samenhang te beschouwen.

Vismigratie

Onderdeel van het duurzaam watersysteem na maatregelen is ook de vismigratie binnen het waterhuishoudkundige systeem. Hierbij wordt getoetst of de gewenste route van vismigratie binnen het gebied obstakelvrij blijft. Het betreft hierbij vooral een beschrijvende, kwalitatieve analyse van de gewenste situatie en de effecten van de maatregelen hierop.

Doorspoeling

Binnen het studiegebied en het watersysteem waar deze onderdeel van is, bestaat de mogelijkheid tot doorspoelen van het watersysteem. Doorspoeling wordt ingezet om de waterkwaliteit op orde te hebben in een situatie wanneer de waterkwaliteit ontoelaatbaar verslechtert. De boezem wordt met IJsselmeerwater aangevuld. Via de boezem vindt met inlaatwerken vulling van het systeem onder vrij verval plaats. In een analyse van peilveranderingen wordt bepaald of de benodigde peilverschillen ten opzichte van de boezem negatief worden beïnvloed.

2.2.4

ONTWATERING

De onderzoeken naar de verandering in ontwatering omvat alle onderwerpen die samenhangen met de verandering in de grondwaterstanden en kwel.

Het gaat hier specifiek om:

- in welke gebieden veranderingen in de grondwaterstand en kwel te verwachten zijn;
- de aanpak om de gevolgen op de huidige functies van deze gebieden zoals landbouw, natuur en bebouwing.

De opzet van de onderzoeken wordt in deze paragraaf beschreven.

Doel

In beeld brengen wat de verandering in ontwatering is bij de verschillende varianten. De effecten van deze verandering in ontwatering dienen op de verschillende functies inzichtelijk gemaakt te worden.

Het gaat hierbij om de functies:

- landbouw
- bebouwing
- natuur
- infrastructuur

Uitwerking

De ontwatering verandert bij bodemdaling. De mate van de verandering in ontwatering berekenen we met het modelinstrument MIPWA. We bepalen de initiële grondwaterstanden, het grondwaterstandsverloop na bodemdaling en verloop van de grondwaterstanden na uitvoering van maatregelen.

De veranderingen van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) berekenen we gebiedsdekkend.

Landbouw

Op basis van de HELP-tabel in het Waternoodinstrument worden voor de landgebruikvormen zoals weergegeven in Landgebruik Nederland (LGN) de opbrengstveranderingen door nat- en droogteschade bepaald. Hierbij is rekening gehouden

met gebieden waar wisselteelt plaatsvindt. Dit is bepaald op basis van de bodemgeschiktheid van verschillende bodemsoorten in dit gebied zoals aangegeven in de bodemkaart. De opbrengstverandering is berekend uit de nat- en droogteschade. Naast de opbrengstverandering wordt een analyse gemaakt van verandering in betreedbaarheid van de percelen (draagkracht). De aanpak voor het bepalen van de verandering in draagkracht komt in paragraaf 3.4 aan de orde.

HELP-TABELLEN EN WATERNOOD

Waterlood is een methode om de planning, inrichting en beheer van regionale watersystemen te baseren op een integrale afweging van belangen. Een belangrijke opgave daarbij is een relatie te leggen tussen een actueel of een veranderd grondwaterregime en de mate waarin de onderscheiden vormen van landgebruik functioneren. Voor de landbouw is hiervoor een methode beschikbaar, de zogenoemde HELP-tabel, die veelvuldig werd en wordt toegepast. De achterliggende kennis en ervaring over de relatie tussen grondwaterstand en landbouwkundige bedrijfsvoering en opbrengsten is gebaseerd op veeljarig gemiddelde nat- en droogteschades. (Bakel, P.J.T., van, 2002).

Bebouwing

Effecten van stijging van grondwaterstanden en daarmee mogelijke afname in ontwatering van woningen zal meegenomen moeten worden. Hiervoor wordt een verschilkaart gemaakt tussen de ontwatering voor en na bodemdaling. Daar waar de ontwatering toeneemt door de peilaanpassing, is potentieel risico aanwezig op de bebouwing. Deze gebieden worden aangegeven en het areaal is maatgevend voor de afweging van de varianten. Voor deze gebieden waar de ontwatering toeneemt, is de ontwatering getoetst aan de normen zoals opgenomen door Segeren. W.A en H. Hengeveld (1984). Naar de bebouwing wordt geen detailonderzoek verricht maar wel een beschrijvende analyse op basis van de verandering in ontwatering.

tabel 2.3

Ontwateringseisen

belang	ontwateringsniveau
woningen met kruipruimte	0,70 m -mv.
woningen zonder kruipruimte	0,30 m -mv.
tuinen en groenvoorzieningen	0,50 m -mv.
primaire wegen	1,00 m -mv.
secundaire wegen en woonstraten	0,70 m -mv.
bedrijventerreinen	0,70 m -mv.

Infrastructuur

Effecten van stijging van grondwaterstanden en daarmee mogelijke afname in ontwatering van wegen wordt getoetst aan de ontwateringseisen uit bovenstaande tabel. Hiervoor wordt een verschilkaart gemaakt tussen de ontwatering vóór en na bodemdaling.

Natuur

In de aanwezige peilvakken met een natuurfunctie of toekomstige natuurfunctie wordt een hoger peil gehanteerd. De effecten van een stijging van grondwaterstanden wordt over het algemeen als positie ervaren. Daar waar de grondwaterstanden gaan dalen, zal een vervolganalyse plaatshebben waarbij de eisen van de natuur worden getoetst aan het grondwaterstandsverloop.

HOOFDSTUK 3

Referentiesituatie

Na beschrijving van de aanpak van het onderzoek naar de beoordelingscriteria in hoofdstuk 2 wordt in dit hoofdstuk de referentiesituatie beschreven. De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie en de autonome ontwikkeling. Deze is representatief voor de periode gedurende de ingreep. Ten opzichte van deze referentiesituatie worden in hoofdstuk 4 en 6 de effecten van de ingreep bepaald.

3.1

BODEMDALING

1 inleiding

2 onderzoeksopzet

3 referentiesituatie

4 effectbepaling zonder maatregelen

5 maatregelen

6 effectbepaling met maatregelen

7 trechtering varianten

8 conclusies

Natuurlijke bodemdaling

Nederland bevindt zich al ruim zestig miljoen jaar in de randzone van een dalend Noordzeebekken. Het noordwesten van ons land en het Nederlandse deel van de Noordzee dalen, terwijl de oost- en zuidranden van het bekken omhoog komen. De scheidslijn tussen het dalings- en het stijgingsgebied, de as van kanteling, ligt ruwweg langs de lijn Breda-Amersfoort-Emmen. Het noordwesten daalt hierdoor gemiddeld 2,5 cm per eeuw of meer. In het zuidwesten stijgt de bodem gemiddeld enkele millimeters per eeuw [TNO Bouw en Ondergrond].

Aangenomen wordt dat deze bodemdaling [TNO Bouw en Ondergrond] in noordwest Nederland gemiddeld 20 cm per eeuw is. De looptijd van de aangevraagde winningsvergunning is 60 jaar. De natuurlijke bodemdaling gedurende deze looptijd zou hiermee circa 12 cm bedragen. Deze grootschalige tektonisch bepaalde bodemdaling wordt echter verdisconteerd in de relatieve zeespiegelstijging die bepaald wordt ten opzichte van het landniveau.

Naast deze grootschalige veranderingen treedt er maaiveld daling op ten gevolge van klink en oxidatie. De maaiveld daling die dit tot gevolg heeft, is voor het plangebied en omgeving weergegeven in de deelstroomgebiedsvisie Fryslân 2050. In de periode van 2000 tot 2030 is de bodemdaling over de te beschouwen periode geraamd op 0,2 à 0,5 mm per jaar voor gebied Oost. Over de periode tot 2030 betekent dit een daling van 4 tot 10 mm ten gevolge van klink en oxidatie [Provincie Fryslân, 2003]. Verschillen binnen het gebied ontstaan door de aanwezige bodemopbouw, intensiteit van de ontwatering en mate van gerijpheid van de aanwezige bodem. Deze daling is ruimtelijk zeer variabel en beperkt van omvang ten opzichte van de nauwkeurigheidsmarge van de beschikbare bronnen dat deze geen onderdeel van de referentiesituatie is [algemeen hoogtebestand Nederland AHN].

Zoutwinning Barradeel II

Zuidwestelijk van het plangebied ligt het zoutwinningsgebied Barradeel II. Caverne BAS-4 binnen dit concessiegebied Barradeel II ligt circa 500 meter uit de grens van het plangebied. De te verwachten daling van de caverne BAS-4 heeft invloed op de maaiveldhoogte in

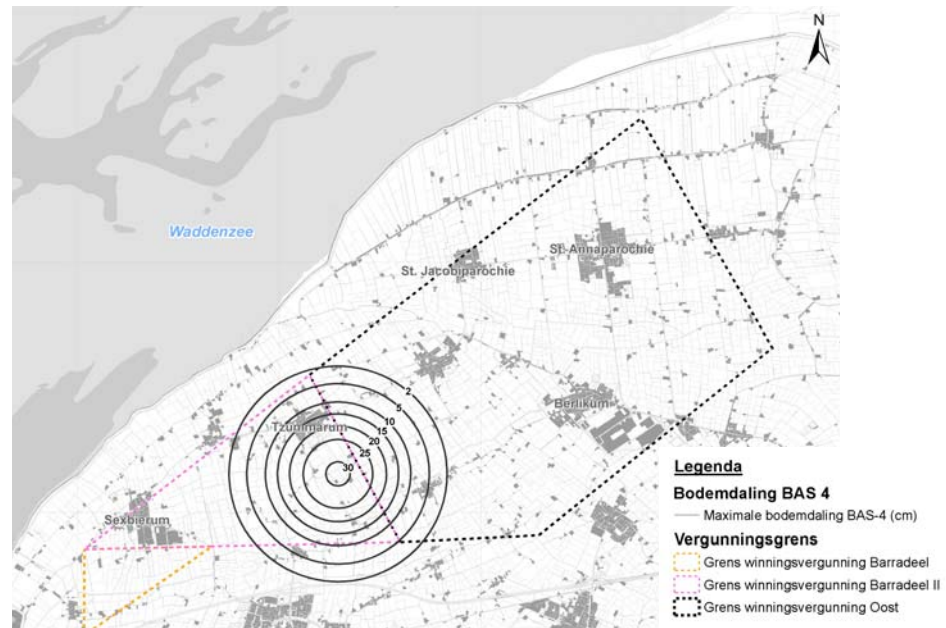
gebied Oost. De berekende bodemdalingsschotel door BAS-4 wordt daarom beschouwd als referentiesituatie. De te verwachten maximale bodemdaling in het plangebied, door de winning uit BAS-4, varieert van circa 25 cm aan de rand van het plangebied tot nihil op circa 3000 m binnen het gebied.

Na beëindiging van de zoutwinning uit caverne BAS-4 zal deze caverne onder hoge druk worden afgesloten. Uit onderzoek van Deltares en TNO volgt dat de daling in het centrale gedeelte van het gebied stopt, en op termijn zelfs een stijging te verwachten is. Een en ander houdt echter wel in dat in de rand van de bodemdalingsschotel van BAS-4 wel additionele bodemdaling zal optreden en dat het gebied met bodemdaling wat groter wordt. Deze conclusie is gebaseerd op het feit dat het zout aan de randen naar het centrum toe kruipt. Dit zal echter gezien de oppervlakteverhoudingen gering zijn [L.C.P.M. Stuyt, J. van den Akker, D.W. Bruil en P.J.T. van Bakel, 2006].

In afbeelding 3.6 is de referentiesituatie van bodemdaling door winning uit caverne BAS-4 weergegeven.

afbeelding 3.6

Bodemdaling als gevolg van winning BAS-4.



Bodemdaling als gevolg van gaswinning

Binnen het plangebied of directe omgeving is geen bodemdaling ten gevolge van gaswinning in het Harlingerveld (HRL-7) te verwachten.

Veiligheid en scheefstelling

Primaire en secundaire waterkeringen

Primaire waterkeringen worden door de bodemdaling veroorzaakt door zoutwinning niet beïnvloed. Bij het bepalen van de begrenzing van de concessie en de locaties van de winningsputten is rekening gehouden met het voorkomen van beïnvloeding op primaire waterkeringen en autosnelwegen (daarin aanwezige kunstwerken). De hoogte van deze infrastructuur wordt niet aangetast door bodemdaling ten gevolge van de beoogde ingreep.

Dit geldt echter niet voor de aanwezige kades rond de boezem en secundaire wegen met de daarin aanwezige kunstwerken. In het Waterhuishoudingsplan Fryslân 2010-2015 [Provincie Fryslân, 2009] is de functie en de ligging van de waterkeringen opgenomen. Een deel van de keringen in het plangebied voldoet in de huidige situatie nog niet aan de door het Wetterskip gestelde beleidsmatige eisen. Het is vooralsnog niet bekend om welke kades dat gaat. Omdat verwacht mag worden dat deze op termijn zullen gaan voldoen, is voor de referentiesituatie de streefhoogten zoals aangegeven door het Wetterskip aangehouden.

Drainage

Voor drainage is de hoogteligging ten opzichte van waterpeil bepalend. De scheefstelling heeft geen invloed op de drainerende werking, wel kan scheefstelling leiden tot een grotere kans op dichtslibben en verkorting van de levensduur van drainage. Het huidige verhang waarop de drainage wordt aangelegd, varieert daarom van vlak tot een helling van 10 centimeter per 100 meter.

Bij aanleg van drainage of vervanging van oude drainage gedurende de bodemdalingsperiode kan op de scheefstelling geanticipeerd worden.

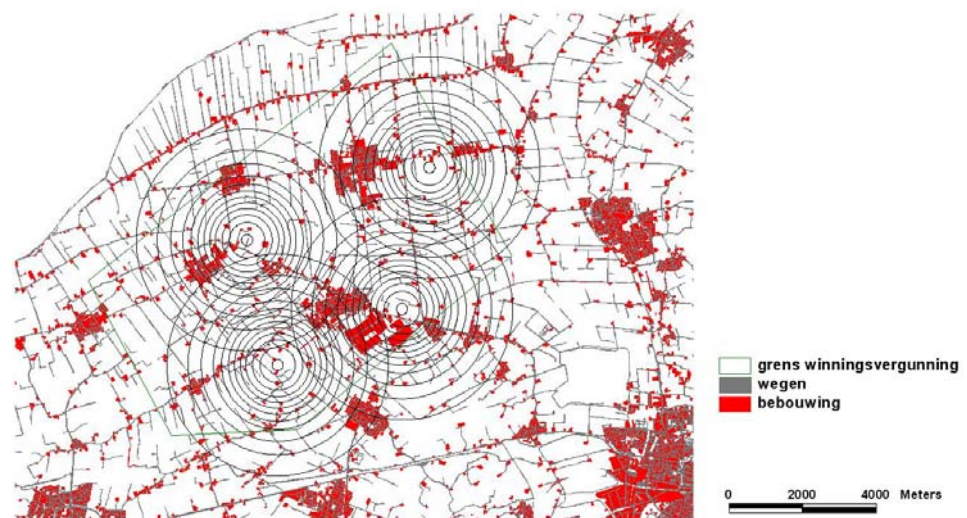
Drainage komt verder aan de orde bij ontwatering in paragraaf 3.4.

Bebouwing

In afbeelding 3.7 is de bebouwing en de aanwezige infrastructuur (wegen) binnen het plangebied opgenomen. Aangezien de afbakening van bebouwing op het aangegeven schaalniveau wegvalt, zijn de gehele bebouwde percelen weergegeven. Daarmee wordt tevens de ontwatering van tuinen meegenomen in de analyse.

afbeelding 3.7

Bebouwing en infrastructuur



Infrastructuur

In afbeelding 3.7 zijn de wegen opgenomen en met een grijze kleur aangegeven.

3.2

WATERKWALITEIT/VERZILTING

Verzilting

In deze paragraaf is de referentiesituatie wat betreft waterkwaliteit en verzilting beschreven.

Ondiep grondwater en oppervlaktewater

Van verzilting is sprake wanneer het water door een verhoogd chloridegehalte niet meer voldoet aan de zoetwaternorm die geldt voor de waterafhankelijke functies in het gebied. De functies in dit gebied die afhankelijk zijn van zoet water zijn: landbouw en natuur. Dit zowel wat betreft ondiep grondwater als oppervlaktewater.

De verzilting leidt tot problemen wanneer zout oppervlaktewater wordt aangewend voor beregning en veedrenking. Het chloridengehalte van het grondwater in de bouwvoor is namelijk vrijwel overal van een voldoende laag niveau. Waarom een te hoog chloridengehalte in het oppervlaktewater schadelijk is voor plant en dier wordt in het eerste gedeelte van deze paragraaf beschreven. De chloridengehalten waarboven schade kan optreden, worden hierbij eveneens vermeld.

Schade bij planten

Wanneer oppervlaktewater met een te hoog chloridengehalte wordt aangewend voor beregning van gewassen, ondervinden de gewassen hiervan schade. De schade wordt voornamelijk veroorzaakt door het chloride-ion. Bij hoge concentraties chloride ontstaat brandschade, waarbij droge lucht - door invloed van de zon - de beschadiging verergert. Bij lage concentraties wordt de gewasschade vooral veroorzaakt door osmose. Osmose is een proces in de cellen van een organisme, waarbij water zich van een lage naar een hoge zoutconcentratie via de celmembranen verplaatst. Zout onttrekt daardoor vocht aan de gewassen, met als gevolg dat de cellen van de plant beschadigd raken.

Per gewas is de zouttolerantie evenals de beregeningsbehoefte verschillend. Er zijn verscheidene bepalingen van chloridetoleranties van gewassen uitgevoerd, als voorbeeld is er hier één vermeld.

tabel 3.4

Maximaal toelaatbare
concentratie chloride bij
beregning

Gewas	Toelaatbare concentratie mg Cl-/l
glastuinbouw, substraatteelt	0-200
aardappelen, sla, stambonen, uien, bloemkool	300-600
peen, prei, bloembollen	600-900
graan, bieten, witlof, gras	900-1200
niet geschikt voor beregning	> 1200

[bron: InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, Zilte perspectieven, 2003].

Schade bij dieren

Drinkwater met een te hoog zoutgehalte verstoort de water- en zouthuishouding bij dieren. Door osmose zal het in de darmen aanwezige zout namelijk vocht naar zich toetrekken, dit kan diarree en uitdroging tot gevolg hebben. Ook voor dieren zijn meerdere zouttoleranties bepaald, in onderstaande tabel staat een voorbeeld van de tolerantiegrenzen voor vee.

tabel 3.5

Maximaal toelaatbare
concentratie chloride voor vee

Parameter	Herkauwers		Varkens		Pluimvee	
	goed	afwijkend	goed	afwijkend	goed	afwijkend
chloride (mg/l)	<250	>2000	<250	>2000	<200	>2000

Diep grondwater

Diep grondwater heeft in dit gebied vanwege de hoge chloridgehalten geen functie van drink-, beregenings- of proceswater. Wanneer chloridgehalten in de diepte toenemen, is daarmee geen sprake van verzilting. Wel heeft het ondiepe grondwater een functie ten behoeve van gewasgroei. Oppervlaktewater wordt gebruikt voor veedrenking en heeft lokaal een functie voor beregening. Vooral de veranderingen in ondiep grondwater en oppervlaktewater zijn daarmee bepalend voor de functies in dit gebied.

De huidige verzilting kan in hoofdzaak verklaard worden aan de hand van een tweetal factoren:

- Geologische ontstaansgeschiedenis van het gebied.
- Menselijke activiteiten die hebben plaatsgevonden.

Daarnaast kan er een toekomstige autonome verzilting optreden ten gevolge van een toename van zoute kwel door de zeespiegelstijging.

Ontstaansgeschiedenis

Zout grondwater is van nature aanwezig doordat het ingesloten is geraakt in marine afzettingen. Afhankelijk van de lokale omstandigheden zoals aanwezigheid van waterlopen en type bodemprofiel zal in de loop der tijd een verzoeting hebben opgetreden door infiltratie van regenwater.

Menselijke activiteiten

Na de afsluiting van de Zuiderzee is door inlaat van IJsselmeerwater een deel van het watersysteem in dit gebied zoeter geworden. Doordat peilen in het oppervlaktewater zijn verlaagd voor een beter landbouwkundig gebruik is in de lager gelegen gebieden een sterkere zoutere kwelstroom naar het oppervlaktewater ontstaan. Onder invloed van stijghoogteverschillen tussen oppervlaktewater en (diep) grondwater is de stroming van zout water vanuit de ondergrond naar het oppervlaktewater versterkt. Onderscheid wordt hierbij gemaakt naar een lokaal en regionaal effect.

Het gebied bestaat voornamelijk uit infiltratiegebieden, lokaal vindt drainage door watergangen plaats. Het neerslagoverschot heeft daarmee de grootste invloed op de waterkwaliteit in de wortelzone. Door de infiltratie van neerslag ontstaat een zoetwaterlaag. De zoutvracht naar het voor het gewas beschikbare vocht neemt niet toe. In perioden met een neerslagtekort treedt er capillaire opstijging op waardoor de zoetwatervoorraad in de bodem afneemt. Gezien de dikte van de zoetwaterlaag zal deze niet afnemen tot een dikte waarbij verzilting van de wortelzone gaat optreden.

Van zoete of brakke gebieden die door lokale kwel met zout water worden gevoed, is sprake wanneer een gebied een relatief laag oppervlaktewaterpeil kent in vergelijking met de directe omgeving. Het lokale grondwatersysteem zorgt hierbij voor de aanvoer van relatief zout water met als gevolg stijgende chloridgehalten in de ondergrond.

In zoete of brakke gebieden die door regionale kwel met zout water worden gevoed, komt regionale kwel vanuit de diepe ondergrond naar het oppervlaktewater. Het zoute water in de diepe ondergrond wordt aangevoerd via de diepe watervoerende pakketten vanuit de richting van de Waddenzee. De Waddenzee fungeert hierbij als een grote zoutleverancier met een bijna onbegrensde capaciteit. De drijvende kracht achter de stroming vanuit de diepe ondergrond naar het oppervlaktewater is het stijghoogteverschil tussen het diepe grondwater en het oppervlaktewater. Dit stijghoogteverschil wordt veroorzaakt door het

feit dat er in Fryslân veelal sprake is van lage polderpeilen, terwijl de stijghoogte van het diepe grondwater aan de Waddenzee-zijde van Fryslân bij benadering NAP bedraagt. [Bron: vrij naar www.wetterskipfryslan.nl]

Er kan dus geconstateerd worden dat het verziltingsproces versneld is sinds het moment dat de mens de waterhuishoudkundige situatie naar zijn hand probeerde te zetten met de daarmee gepaard gaande relatief (ten opzichte van het buitenwater de Waddenzee) lage oppervlaktewaterpeilen.

Gegevens

Er zijn verschillende bronnen over de huidige zoutgehalten in grond- en oppervlaktewater. Door het Wetterskip worden oppervlaktewaterkwaliteitsbemonsteringen uitgevoerd. De Provincie bemonstert het grondwater, de gegevens hiervan worden opgenomen in de DINO-database van NITG-TNO.

Een stukje geschiedenis

In de periode 1952-1955 heeft een grootschalige monitoring plaatsgevonden naar het functioneren van de waterhuishouding in Fryslân. Dit is gepubliceerd in 1958 [J.F. Koolhaas en B. Vrijhof, De landbouwwaterhuishouding in de provincie Fryslân, Commissie onderzoek landbouwwaterhuishouding TNO, rapport 3, 1958]. In het vervolg afgekort tot COLN Fryslân.

Onderzoek naar verzilting van open water was hier één van de twee onderzoeksthema's. Hieronder is een samenvatting gemaakt van de relevante bevindingen. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze dateren uit 1958 en vanuit het toenmalige tijdsbeeld naar voren kwamen.

COLN FRYSLÂN

Verzilting werd vooral voor de afsluiting van de Zuiderzee als probleem ervaren, daarna werd namelijk IJsselmeerwater ingelaten om het oppervlaktewater door te spoelen. De inlaat van IJsselmeerwater vormt een groot aandeel in de zoetwatervoorziening. Enkele polders langs de Waddenzee hebben een te hoog chloridgehalte voor veedrenking. Dit beeld uit de jaren 50 is in de huidige situatie nog actueel. Percelen in de polders nabij gemaal Zwarte Haan kennen perioden van hoge chloridenconcentraties, bij de doorspoeling is hiervoor extra aandacht. De rest van het onderzoeksgebied kent deze verziltingproblematiek niet. Dit hangt samen met:

- De beperkte doorlatendheid van de deklaag (grote weerstand).
- De relatief hoge maaiveldligging waardoor beperkt kwel naar de watergangen plaatsvindt.

In de meeste zomers neemt de verzilting van de boezem en enkele polderwaters toe. Dit ondanks de verversing van de boezem. In de winter vindt door grondwateraanvulling vanuit de neerslag een ontziltingsproces plaats, hierdoor worden de laagste chloridgehalten in het voorjaar gemeten.

In 1958 waren er weinig klachten over de chloridgehalten vanuit de landbouwsector.

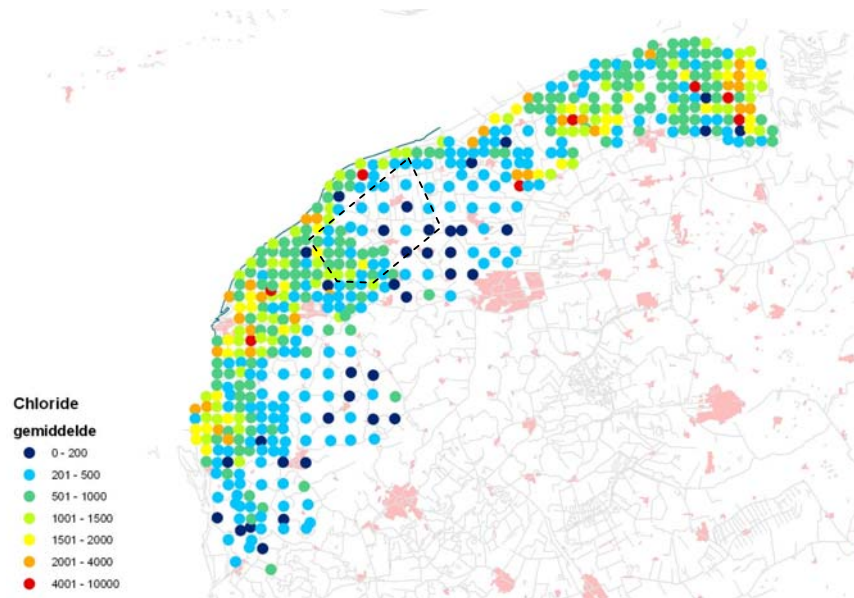
Oppervlaktewater

In het waterbeheersplan [Wetterskip Fryslân, 2009] zijn gemiddelde chloridgehalten opgenomen voor de zomer van 1996. In de zomerperiode is door een beperkte neerslaaanvulling de ontzilting beperkt en worden dus de hoogste concentraties waargenomen. In afbeelding 3.8 is de begrenzing van de concessie opgenomen ter oriëntatie.

Verziltiging speelt vooral een rol in de lager gelegen delen nabij de Waddenzee, die zich tevens kenmerken als gebieden met een beperkte drooglegging. Het gaat dan vooral om de gebieden buitendijks van de Bildtdijkstervaart nabij gemaal de Zwarte Haan. Daarnaast zijn er lokaal poldergebieden waar verhoogde gehalten gemeten zijn. Het gaat hier om gebieden nabij voorgenomen winningslocatie A en in het bijzonder polderwater Bethaniëleane.

afbeelding 3.8

Chloridengehalten
oppervlaktewater in mg/l

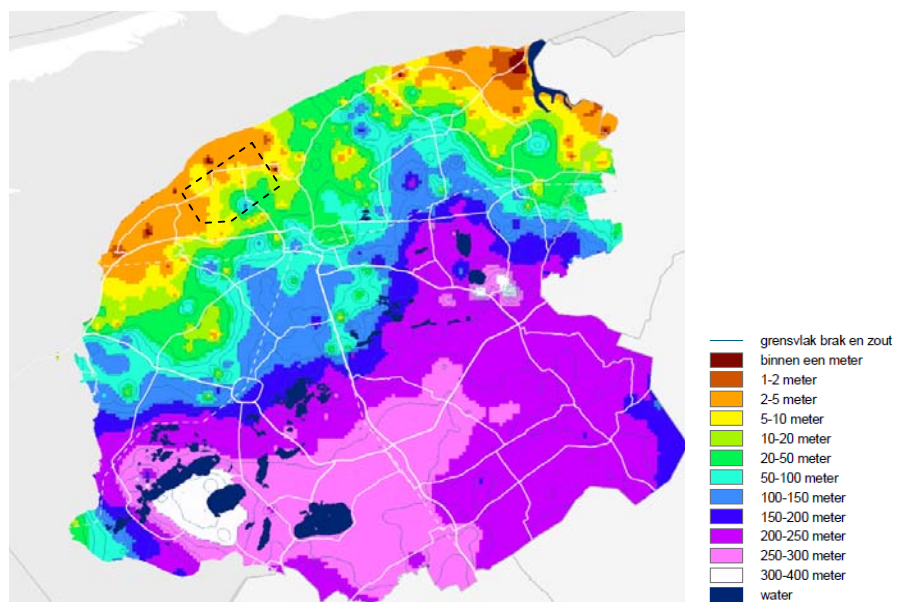


Grondwater

In afbeelding 3.9 is de diepte van het zoet-zout grensvlak in het grondwater weergegeven. Deze is afkomstig uit deelstroomgebiedsvisie Fryslân 2050 [Provincie Fryslân, 2003]. De grens van de concessie is ter indicatie weergegeven.

afbeelding 3.9

Grensvlak zoet-zout



[Bron: Provincie Fryslân, 2009].

Binnen het plangebied in de kustnabije zone is de grens zoet zout overwegend dieper dan 2 meter aanwezig. In de overige delen is het zoute water dieper dan 5 à 10 meter beneden maaiveld. Met deze gegevens kan geconcludeerd worden dat in de huidige situatie het grondwater in de wortelzone niet zout is.

Kwelintensiteit ruimtelijk

De intensiteit van de verticale stroming in de ondergrond is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van (verticaal) slecht doorlatende lagen zoals de vaak aanwezige kleideklaag die in het Holoceen is gevormd, en dieper gelegen keileemlagen. Menselijke activiteiten hebben de weerstand van de slecht doorlatende lagen in de loop van de laatste eeuwen doen afnemen. Uit eerder door provincie Fryslân uitgevoerd onderzoek [provincie Fryslân, 1991] kwam naar voren dat deze verminderde weerstand bijvoorbeeld wordt aangetroffen waar de aanwezige deklaag wordt doorsneden door watergangen, en waar de aanwezige deklaag geheel of gedeeltelijk is afgegraven.

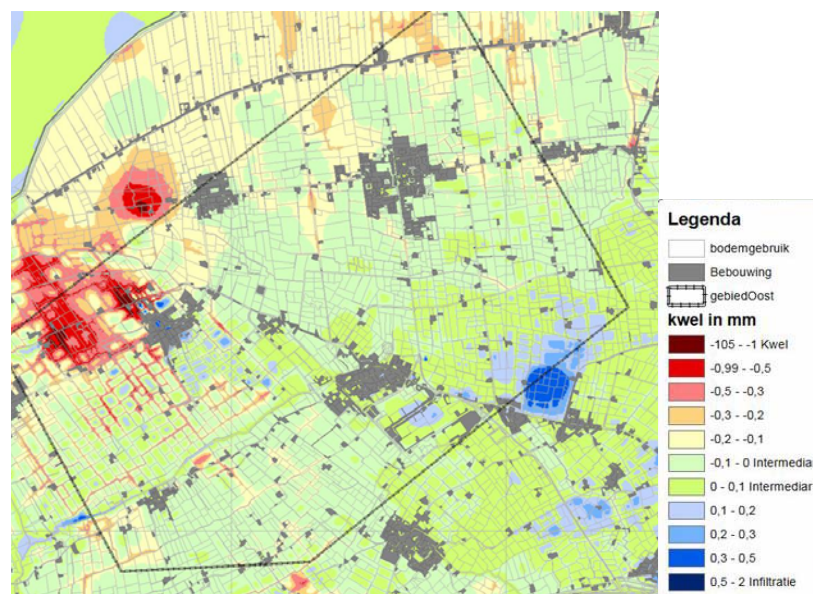
Voor de bodemopbouw is gebruikt gemaakt van de meest actuele en gedetailleerde gegevens. Het ruimtelijke beeld is daarmee goed. Vertaling naar effecten is op basis van berekeningen te maken (niet exact omdat geen zoet zout in het model zit, maar waar de effectgebieden liggen).

In MIPWA zijn berekeningen gemaakt van stijghoogteverschillen over de deklaag. Hieruit is inzicht verkregen over de ruimtelijke variatie van kwel en infiltratie. De aanwezige kwelgebieden zijn gevoeliger voor verzilting dan de overige gebieden.

De effecten van bodemdaling op kwel en infiltratie zijn berekend in het model. In afbeelding 3.10 zijn de potentiële kwel en infiltratiegebieden weergegeven. De kwelgebieden zijn potentieel gevoelig voor een toename van chloride vanuit de diepte. In deze gebieden ontstaat een toename in het chloridegehalte van het oppervlaktewater. Of dit ook tot verzilting leidt, is afhankelijk van de optredende concentraties en de invloed hiervan wanneer het water aangewend wordt voor beregning en veedrenking.

afbeelding 3.10

Kwel- en infiltratie

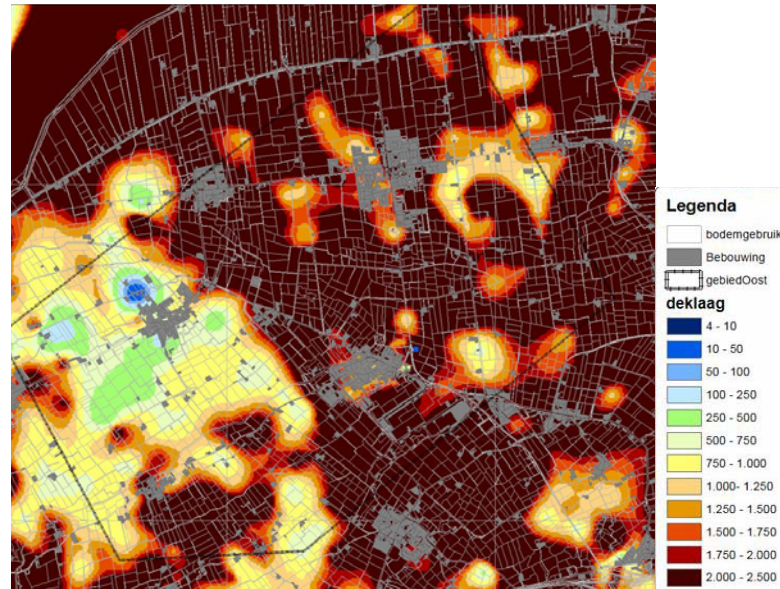


[Bron: MIPWA].

Een ruimtelijke zoet zout modellering is vooralsnog door de afwezigheid van basisgegevens (chloride) en de gevoeligheid (dikte deklaag) weinig betrouwbaar of heeft weinig toegevoegde waarde.

afbeelding 3.11

Weerstand deklaag in dagen



[Bron: MIPWA].

De weerstand van de deklaag is een bepalende factor voor de mate waarin kwel optreedt. In afbeelding 3.11 is de variatie in weerstand weergegeven.

Conclusie voor de ruimtelijke gevoeligheid

Wanneer de kwel toeneemt ten gevolge van zeespiegelstijging dan dient rekening gehouden te worden met de weerstand van de deklaag. Deze weerstand is in afbeelding 3.11 weergegeven. Wanneer de resultaten van de te verwachten kwelintensiteit en de weerstand van de deklaag vergeleken worden dan is hieruit te concluderen dat het westelijke deel van de locatie rond winningslocatie A het meest gevoelig moet zijn voor de doorwerking van een peilverandering op de kwel en infiltratie.

Chlorideverdeling in de diepte

Een chlorideverdeling in de diepte is binnen het gebied lastig te bepalen omdat het aantal metingen beperkt is. Dit zeker in vergelijking met de andere kustgebieden in Nederland. Dit hangt waarschijnlijk samen met het niet zoute grondwater en daarmee samenhangende afwezige schade op de functies en geringe noodzaak om te meten. Ook de lage bemonsteringsdichtheid in het plangebied en gemeten concentraties in het oppervlaktewater wijzen in deze richting, en wordt bevestigd in eerder onderzoek.

De chlorideverdeling in de diepte is bepaald op basis van een 2D-grondwatermodellering met MODFLOW. Hiervoor zijn twee representatieve lijnmodellen opgesteld door de potentiële winningslocaties.

afbeelding 3.12 geeft de ligging van de lijnmodellen weer en in afbeelding 3.13 is de geconstrueerde chlorideverdelingen voor twee profielen weergegeven. Deze zijn verkregen door een aantal bewerkingen:

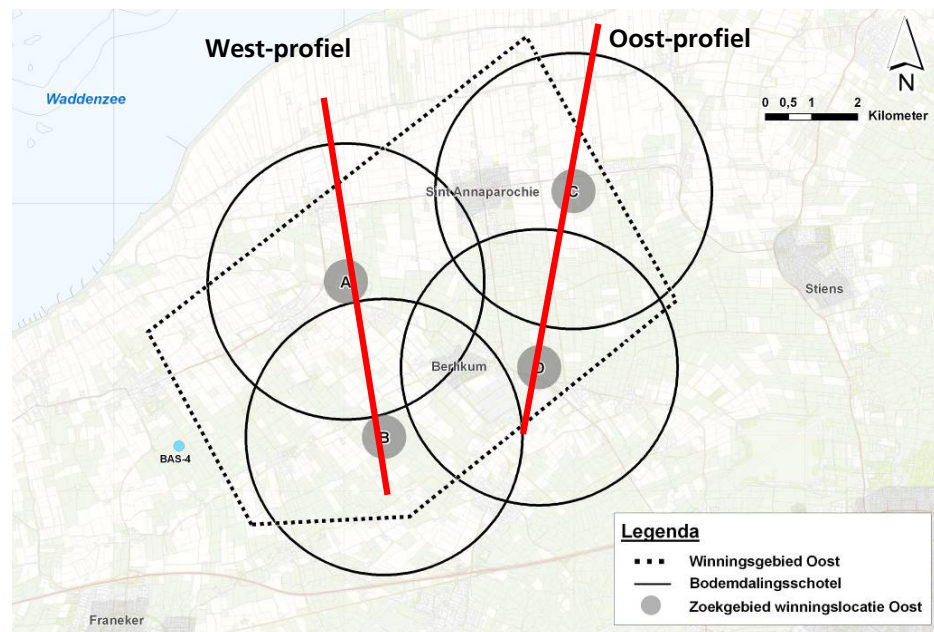
- ruimtelijke interpolatie van chloridemetingen (van o.a. 'verticale elektrische sonderingen'-metingen);
- het op basis van expert judgement aanbrengen van de chloridengradiënt van de zouttong in de diepte;
- het verwijderen van met berekening samenhangende onnauwkeurigheden.

Vervolgens zijn de berekende verdelingen als uitgangsverdelingen gebruikt voor het bepalen van de concentraties in de diepte in de autonome scenario's van zeespiegelstijging.

Zoals eerder is aangegeven vindt door een na-ijl effect van de ontwaterende maatregelen in de huidige situatie een doorgaande verzilting plaats (interne verzilting). Voor deze autonome ontwikkeling zijn berekeningen uitgevoerd met een zoet-zout grondwaterberekening.

afbeelding 3.12

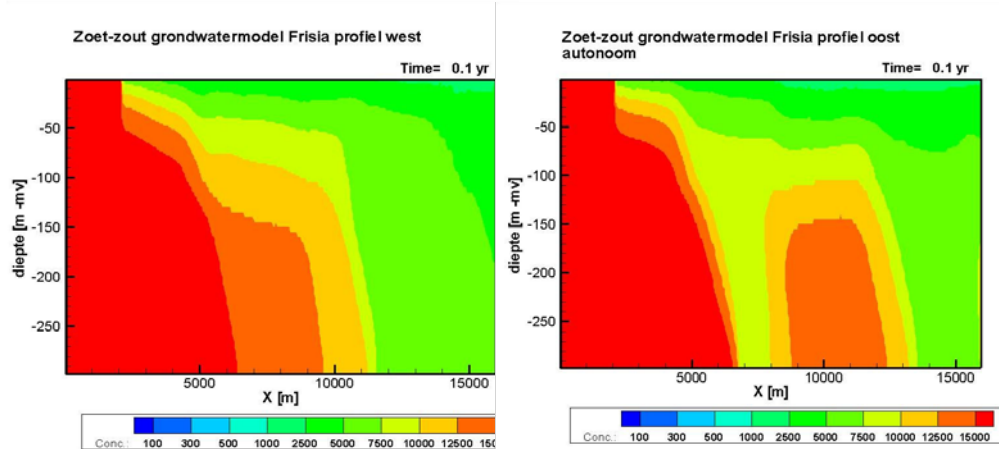
Ligging profielen



In onderstaande afbeeldingen zijn voor het oost en west-profiel de berekende concentraties chloride in de diepte weergegeven ten opzichte van de waddenkust.

afbeelding 3.13

Chloridenconcentraties met de diepte zoals aangehouden in de modellering.



Zeespiegelstijging geeft een maximale kweltoename van circa 0,015 à 0,02 mm/dag, een maximale concentratieverhoging van circa 1500 mg/l in de diepte en een maximale zoutvrachtoename van ~600 kg/ha/jr. Dit heeft een uitstraling tot circa 9 km vanuit de kust. Omdat de concentratieverhoging vooral in de diepte plaatsvindt en de kwel beperkt toeneemt, zijn de effecten op de functies nihil.

Conclusie

De toename in chlorideconcentraties in de diepte heeft geen effect op het beschikbare zoete grondwater waarvan de landgebruikfuncties afhankelijk zijn. Dit omdat:

- de diepte van het zoet-zout grensvlak buiten het bereik van de functies valt (afbeelding 3.9);
- de hydrologische situatie op de percelen voornamelijk intermediair tot infiltratie is;
- het zoete neerslagoverschot vooral tot aanvulling van de zoetwatervoorraad leidt (afbeelding 3.10);
- de voornamelijk zoete gehalten van het oppervlaktewater (afbeelding 3.8).

Waterkwaliteit KRW-doelen

Bij de beoordeling van de ecologische toestand is de biologie leidend. De chemische en hydromorfologische kwaliteitselementen zijn toegevoegd als stuurvariabelen om ervoor te zorgen dat de juiste omstandigheden voor de flora en fauna bereikt worden.

De algemene conclusie is dat de huidige biologische toestand van de meeste waterlichamen matig is. Over het algemeen zijn de algenconcentraties nog te hoog.

Redenerend vanuit de ingreep zijn er echter geen directe effecten op de biologische parameters. Wel worden de chemische en hydromorfologische toestand beïnvloed. Bij de voorgenomen ingreep zijn de veranderingen in de volgende parameters van belang:

Chemie

- nutriënten in het oppervlaktewater, deze wordt bepaald door de redox-omstandigheden in de bodem (zie paragraaf nutriënten).

Hydromorfologie

- peilvakken en afstroming (zie paragraaf 3.3 waterhuishouding);
- diepte van het oppervlaktewater;

- aanwezigheid van kwel/infiltratie (zie paragraaf 3.2 waterkwaliteit/verzilting).

De referentiesituatie voor deze relevante parameters komt overwegend aan bod in andere paragrafen. De verwijzing is in bovenstaande opsomming per parameter weergegeven.

Gegevens over de diepte van het oppervlaktewater zijn niet bekend. Bepalend voor de ecologische en biologische kwaliteit is het optreden van droogval van watergangen. In de vrij afstromende gebieden die onderdeel zijn van het afstromend gebied Zwarte Haan (afbeelding 3.13) komt droogval voor. Omdat bodemdaling geen negatief effect heeft op droogval, en de gegevens ontbreken, wordt de waterdiepte niet verder uitgewerkt.

Nutriënten

In 2005 heeft het Wetterskip Fryslân een eutrofiëringsonderzoek laten uitvoeren [Witteveen&Bos, 2006]. Uit het onderzoek blijkt dat er een gestage afname is van de stikstof en fosfaatconcentraties. De afname in fosfaat is eerder ingezet dan de afname van stikstof, tevens is de afname in concentraties groter.

Voor de Friese boezem is de belasting met fosfaat en stikstof vanuit de afwaterende polders de grootste bron van nutriënten. Deze is sterk afhankelijk van natte en droge jaren. Het gehalte in het IJsselmeerwater dat ingelaten wordt, is lager dan de gebiedseigen gemeten gehalten.

Binnen het studiegebied voldoen de gehalten aan stikstof en fosfaat aan de watertype gerichte chemische normen. Deze zijn gebiedspecifiek waarbij rekening is gehouden met de natuurlijke emissies zoals de aanwezige fosfaatrijke kwel in zoute en brakke gebieden.

Voor onderstaande deelgebieden binnen het studiegebied zijn de aandachtspunten voor nutriënten weergegeven.

Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart (M3)

Vanuit waterkwaliteit liggen hier geen beperkingen om een goede ecologische toestand te bereiken. De toestroom van stikstof en fosfaat wordt bepaald door op de boezem afwaterende gebieden. Door de in het verleden genomen maatregelen is de waargenomen afname in concentraties van fosfaat sterker dan van stikstof.

De volgende concentraties zijn voor dit deelgebied waargenomen en als doelstelling opgenomen: Het zomergemiddeld gehalte fosfaat bedraagt 0,14 mg P/l. De aangehouden norm voor een goed ecologisch potentieel is <0,15 mg P/l. Het zomergemiddeld gehalte stikstof bedraagt 1,7 mg N/l. De norm voor een goed ecologisch potentieel is <2,8 mg N/l. De gehalten voldoen hier dus in zowel huidig- als referentiesituatie.

Het waterschap zet voor deze gebieden in om te gaan voldoen aan de norm van de stikstofrichtlijn in het grondwater. De gehalten in het grondwater worden bepaald door de emissie/bemestingsgiften van stikstof. Of stikstof mobiel is in het grondwater wordt bepaald door het zuurstofgehalte. Bij een hoger zuurstofgehalte door een lage grondwaterstand zal stikstof makkelijker tot uitspoeling komen.

Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen (M30)

In dit gebied dient rekening te worden gehouden met natuurlijke emissies zoals de aanwezige fosfaatrijke kwel. Door de overmaat aan fosfaat wordt de algengroei voornamelijk bepaald door de aanwezige stikstof. Een toename in afstroming van stikstofrijk water in de deelgebieden op het watersysteem is vanuit de KRW-doelen

ongewenst. Vanuit de ingreep geredeneerd kan stikstofbelasting ontstaan door nalevering vanuit de bodem. Bij een lager grondwaterpeil en daarmee hoger zuurstofgehalte zal stikstof gemakkelijker tot uitspoeling komen.

De volgende concentraties zijn voor dit deelgebied in het beleid opgenomen: Het zomergemiddeld gehalte fosfaat bedraagt 1,46 mg P/l in dit gebied. In de hier aanwezige brakke wateren is echter geen fosfaatsnorm gesteld. Fosfaat is in overmaat aanwezig, maar de gehalten zijn niet richtinggevend voor de ecologische kwaliteit. Het zomergemiddeld gehalte stikstof bedraagt 3,8 mg N/l. De norm voor een goed ecologisch potentieel is $\leq 1,8$ mg N/l. Stikstof is daarmee in de huidige situatie verhoogd aanwezig en maatgevend voor de algengroei.

Conclusie

De gehalten aan fosfaat voldoen aan de door het Wetterskip Fryslân gewenste situatie. De gehalten aan stikstof vormen een aandachtspunt. Zeker ook met het oog op de samenhang met de ontwikkeling van algen.

3.3

WATERHUISHOUDING

Voor het vaststellen van de referentiesituatie is het waterbeleid van het waterschap en de provincie van belang.

Beleid

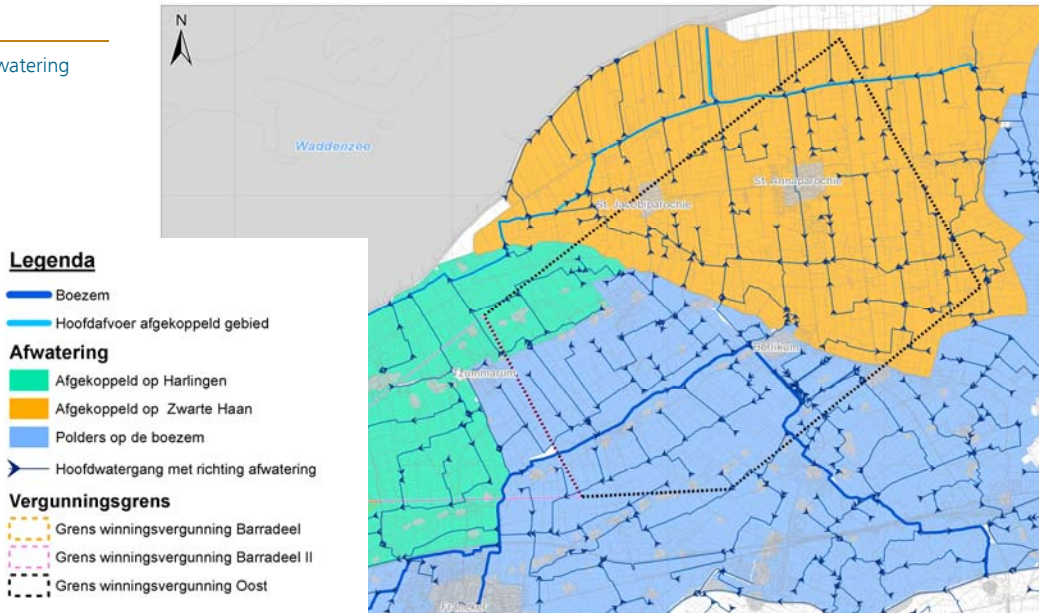
Het wettelijke kader voor de waterhuishouding is zeer divers. Zo dient ondermeer rekening te worden gehouden met de Europese Kaderrichtlijn Water, Waterwet, Nationaal Waterplan als opvolger van de Vierde nota Waterhuishouding, Waterbeleid voor de 21^e eeuw (WB-21), het Provinciale Waterhuishoudingsplan en Waterbeheersplan van het Wetterskip Fryslân. Ten aanzien van het aspect waterhuishouding zijn zowel het functioneren van oppervlaktewater als het grondwater van belang. Op termijn wordt door Wetterskip en Provincie het grond- en oppervlaktewatersysteem in samenhang verder uitgewerkt en in het Gewenst Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) vastgelegd.

Een duurzaam en robuust watersysteem heeft volgens Wetterskip Fryslân de volgende kenmerken:

- afwatering vindt zoveel mogelijk onder vrij verval plaats;
- streven naar grote peileenheden, voldoende berging- en afvoercapaciteit (Vasthouden-Bergen-Afvoeren principe), conform het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW).

afbeelding 3.14

Huidige situatie afwatering

Afwatering

Globaal is onderscheid te maken naar een afgekoppeld watersysteem en een op de boezem afwaterend systeem. De polders binnen het afgekoppelde watersysteem zijn aangesloten op het gemaal Ropta ten noorden van Harlingen en gemaal H.G. Miedema nabij Zwarte Haan. De peilvakken rond de boezem wateren in vrij verval af naar daar aanwezige gemalen voordat het op de boezem komt. De boezem wordt vervolgens gespuid via het Van Harinxmakanaal. Deze boezem heeft naast een waterafvoerfunctie ook een scheepvaartfunctie.

Waterberging

Waterberging wordt nagestreefd om een bijdrage te leveren aan het voorkomen van wateroverlast. Hierbij de problemen niet af te wentelen, maar op te lossen binnen het stroomgebied. Berging wordt gecreëerd door verbreding van watergangen, combineren van functies of verandering van functies.

Het waterschap gaat het in het Streekplan vastgestelde extra bergend vermogen van de boezem en de waterbergingsgebieden realiseren. De exacte uitwerking is niet aangegeven. Waterberging in het systeem wordt bepaald door de grondwaterstanden en de mate van drooglegging die aanwezig is.

Drooglegging

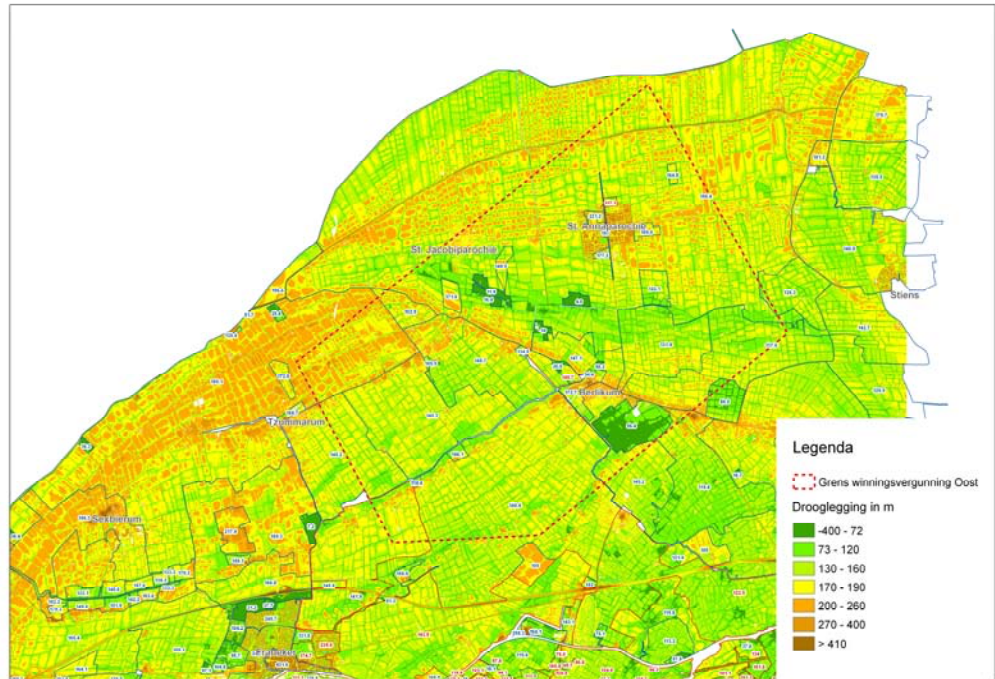
Drooglegging is het verschil tussen maaiveld en waterpeil in de watergangen. De gewenste oppervlaktewaterstand en daarvan afgeleide grondwaterstand voor landbouwkundige functies wordt vaak in drooglegging uitgedrukt.

Maatgevend is de afvoerende wintersituatie, dan zijn echter de oppervlaktewaterpeilen lager dan zomerpeil. Voor de toetsing aan de normen en verandering in drooglegging van de peilvakken gaan we uit van het winterpeil (de afvoersituatie).

In de zomersituatie is de drooglegging kleiner. In afbeelding 3.15 is de huidige situatie met betrekking tot drooglegging weergegeven voor de maatgevende wintersituatie.

afbeelding 3.15

Drooglegging bij winterpeil



Of de drooglegging voldoet, is afhankelijk van de wensen van de functie, de aanwezige bodemopbouw en ontwateringsmiddelen. Deze laatste twee factoren bepalen hoe de oppervlaktewaterpeilen doorwerken naar de grondwaterstanden. De drooglegging varieert binnen het gebied van 0,6 m in de voormalige slenken tot groter dan 2 m op de ruggen (kwelderwallen). Hierbij dient opgemerkt te worden dat in het verleden de drooglegging in het gebied over-gedimensieerd is om natschade te voorkomen. De meer recente aangehouden normen houden rekening met het in balans brengen van nat- en droogteschade om te komen tot een optimalere opbrengst.

De eisen en wensen komen uit het Cultuur Technisch Vademecum [Elsevier&Vereniging voor landinrichting, 2000] en publicatie Bouwrijp maken van terreinen [Segeren, prof. ir. W.A en ir. H. Hengeveld, 1984]. De droogleggingswensen die een optimum vormen voor de aanwezige functies zijn in tabel 3.6 weergegeven.

tabel 3.6

Aangehouden
droogleggingswensen

landgebruik	droogleggingswens [m -mv.]	bodemeenheid
akkerbouw	1,05	Mo20A, pMn55A, pMn55C, pMo50
	1,10	gMn15C, gMn25C
	1,15	gMn83C, gMn85C, kMn43C, Mn25A, Mn25C, Mn45A, pMo80
	1,20	Mn15A, Mn15C, Mn35A
grasland	0,80	alle
bebouwing	1,30	alle
primaire wegen	1,00	alle
secundaire wegen	0,70	alle

De verandering in drooglegging wordt bij de effectbeschrijving bepaald ten opzichte van de in deze paragraaf beschreven drooglegging.

Functies waterhuishouding

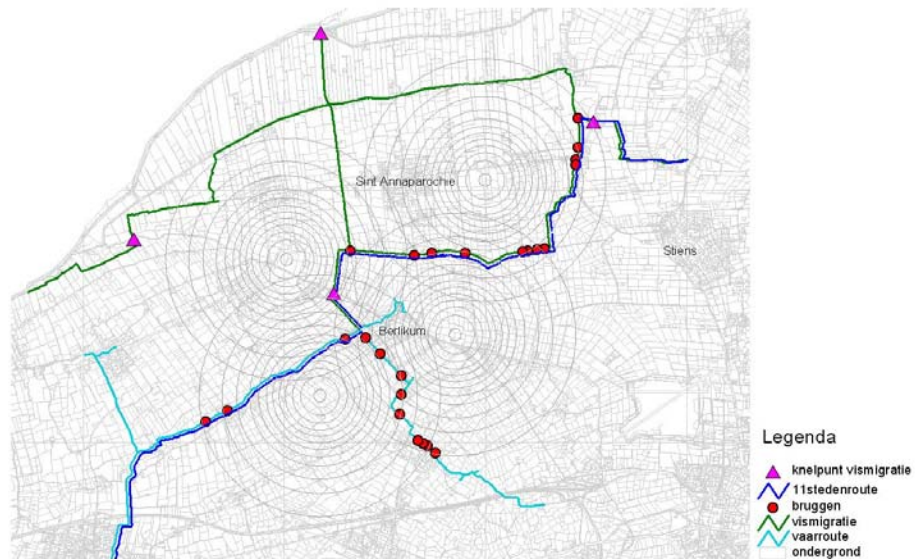
Doorvaart

Binnen het gebied dat onder invloed van bodemdaling staat, is een vaarroute aanwezig. Deze Kleiroute is een vaarroute voor boten met een maximale hoogte van 2,5 m en diepgang van 1,0 meter. Deze route loopt vanaf de Ballensvaart nabij Deinum, via Menaldum naar de Berlikummervaart bij Berlikum. Vanaf Berlikum volgt de route het Ried en de Djongumervaart richting Franeker en uiteindelijk het van Harinxmakanaal.

Effecten op de doorgaande vaarroute kunnen bestaan uit het niet obstakelvrij worden van de route. Uitgaande van peilhandhaving van de Boezem zullen deze bestaan uit het lager worden van bruggen door bodemdaling, ten opzichte van het waterpeil. Op de route binnen het plangebied bevinden zich circa 10 bruggen.

afbeelding 3.16

11 stedenroute, vaarroute, en
vismigratie



Schaatsroute

Binnen het gebied zijn routes van twee schaatstochten aanwezig. Dit zijn de Menaldumadeeltocht en de Elfstedentocht. De Menaldumadeeltocht volgt grotendeels de Kleiroute. De Elfstedentocht volgt vanaf Franeker de Djongumervaart en Ried naar Berlikum. Daar over het Moddergat naar de stuw bij Wier. Hier wordt de boezem verlaten en gaat de route via Wierzijlsterak, Blikvaart en Zuidhoekstervaart naar Stiens. Op dat deel van de route bevinden zich verder geen obstakels in de vorm van stuwen. Wel bevinden zich bruggen over de route.

Op dit moment wordt er in gebied Oost en omstreken gewerkt aan de realisatie van de Noordelijke Elfstedenvaarroute ten noorden van Berlikum. Hierbij wordt een deel van de

Elfstedentocht bevaarbaar gemaakt voor boten tot 2,50 meter hoogte. Er vinden uitgebreid werkzaamheden en ingrepen plaats om deze doelstellingen te realiseren.

Bruggen worden opgehoogd en stuwen vervangen door sluizen. Deze werkzaamheden zijn voor aanvang van bodemdaling door zoutwinning afgerond.

Vismigratie

Binnen het gebied is een (beoogde) vismigratieroute aanwezig vanaf gemaal Zwarte Haan. De route is vanaf het gemaal naar de Koude Vaart in zuidelijke richting, overgaand in het Wierzijlster Rak. Hier bevindt zich een stuw naar benedenstrooms peilvak. Deze wordt vispasseerbaar gemaakt. Tevens is een vismigratieroute aanwezig vanaf het gemaal naar de Bildtdijkseervaart in oostelijke richting, overgaand in het Oude Rijd. Bij de Oude Leije dient vervolgens een stuw passeerbaar gemaakt te worden. Binnen het afwaterende peilvak is het aantal obstakels voor vismigratie in de hoofdwatergangen beperkt.

Doorspoeling

Om het moment van noodzakelijke doorspoeling vast te stellen, wordt door het Wetterskip de chloridengehalten in het oppervlaktewater bemonsterd. Het doorspoelen start doorgaans wanneer de concentratie chloride in het oppervlaktewater hoger komt dan 600 mg/l. Met het doorspoelen wordt gestreefd naar een chloridenconcentratie tussen de 600 en 800 mg/l. In laag gelegen polders waar veel zoute kwel naar boven komt, zijn deze waarden niet haalbaar.

De zwak brakke wateren (300-3000mg/Cl) in de afwateringsgebieden van de Ropta en Zwarte Haan worden doorgespoeld met zoet boezemwater.

Specifiek binnen dit plangebied bevinden zich geen gebieden waar actief doorspoeling plaatsvindt, omdat de chloridegehalten in het oppervlaktewater te hoog zijn. Wel zijn er aan de rand buitendijks van de Bildtdijkseervaart nabij gemaal de Zwarte Haan gebieden die periodiek behoefte hebben aan doorspoeling. Deze gebieden zijn afhankelijk van water uit het studiegebied.

In het overwegend vrij afwaterende gebied kan te weinig water vastgehouden worden. Water zal hier uitzakken en er blijft te weinig water over voor beregening of doorspoeling om verzilting te bestrijden. Hierdoor dient aanvoer vanuit de boezem plaats te vinden wanneer voldoende IJsselmeerwater beschikbaar is.

3.4

ONTWATERING

In deze paragraaf is de referentiesituatie voor de ontwatering beschreven. Dit op basis van het grondwaterstandsverloop en de aanwezige ontwateringsmiddelen (drainage) op de percelen.

Grondwaterstandsverloop

Er zijn verschillende bronnen van grondwatergegevens beschikbaar om een representatief grondwaterstandsverloop in zowel ruimte als tijd te bepalen:

- COLN Fryslân
- grondwatertrappenkaart (Stiboka)
- rekenregels op basis van ervaring
- gegevens uit MIPWA

Deze gegevensbronnen hebben voordelen en kennen beperkingen. In onderstaande paragrafen worden deze toegelicht.

COLN Fryslân

In de periode 1952 tot en met 1956 zijn stijghoogten in peilbuizen gebieddekkend opgenomen. Sinds deze periode is het aandeel gedraineerde percelen toegenomen en zijn waterhuishoudkundige ingrepen uitgevoerd. Het beeld is daarmee niet meer representatief. Wel zijn er een aantal karakteristieken van het gebied die nog actueel zijn.

De aanwezige kleigronden hebben de eigenschap om in de winter te nat te zijn en in de zomer te droog. Oorzaken van deze wisselvochtigheid zijn niveauverschillen in het grondwater en een profielopbouw met slechte doorlatendheid. De te natte akkerbouwpercelen in de kleigebieden waren vooral de bolle percelen, door de grote verschillen in hoogteligging zijn hier natte perceelranden aanwezig. Daarnaast kunnen kleigebieden ook zeer droog zijn, dit door de geringe doorlatendheid (infiltratie) in combinatie met het indrogen waardoor geen capillaire opstijging plaatsvindt. Dit vooral bij de knipkleigronden die in dit gebied overwegend als grasland in gebruik zijn.

De begaanbaarheid van de percelen is sterk afhankelijk van de kleibovengrond. Vooral in de vrij afwaterende en de ongedraineerde percelen kan bij een goede drooglegging de draagkracht slecht zijn.

CONCLUSIE

Deze gegevensbron leert ons dat de bodemsamenstelling zowel leidt tot een te natte als een te droge situatie. Een goede drooglegging is hierbij niet de bepalende randvoorwaarde voor goede begaanbaarheid, een goede ontwatering is hiervoor maatgevend.

Grondwatertrappenkaart (Stiboka)

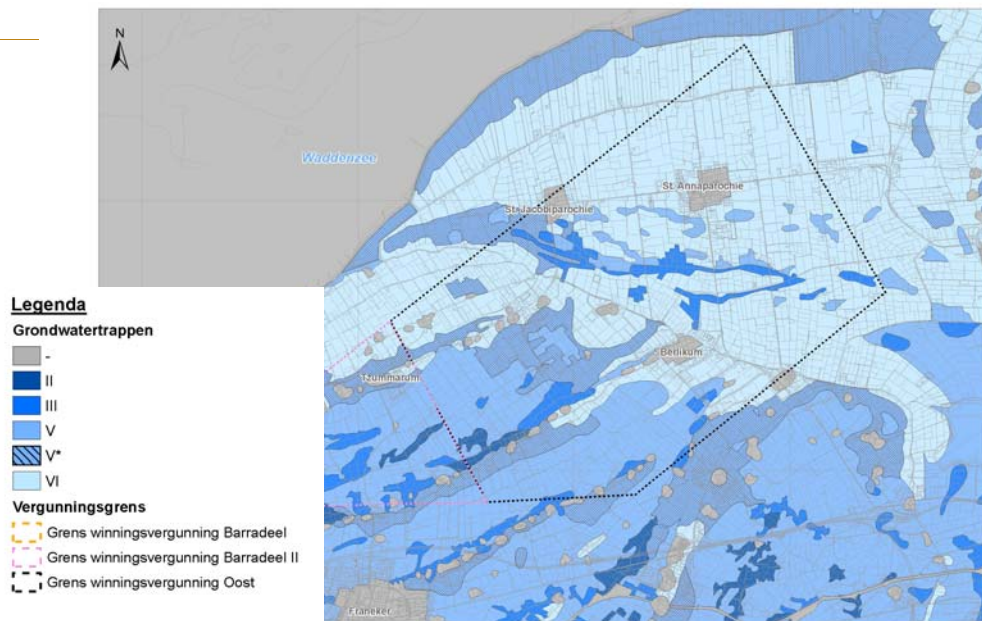
De grondwatertrappenkaart is een gedateerde bron van gegevens maar wel goed als indicatie. Vooral ook omdat deze is gebaseerd op veldwaarnemingen en gebiedsdekkend is gemaakt, ook op basis van de bodemgegevens.

De grondwatertrappen zijn weergegeven in afbeelding 3.17. De grondwatertrap geeft de diepte en dynamiek weer van de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld. Deze wordt uitgedrukt in de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

De gebiedsindeling die op basis van de bodemeenheden te maken is, wordt ook aangetroffen in het grondwaterstandverloop. In het gebied van de voormalige Middelzee wordt een grondwatertrap VI aangetroffen. Hier hoort een GHG bij tussen de 40 en 80 cm -mv., de GLG is dieper dan 120 cm -mv. In de delen ten zuiden daarvan bevindt zich een grondwatertrap V en daar waar drainage aanwezig is V*. Hier hoort een GHG bij die kleiner is dan 40 cm -mv., de GLG is dieper dan 120 cm -mv. V* geeft aan dat dit een droger deel is, de GHG is hier dieper van 25 cm -mv.

afbeelding 3.17

Grondwatertrappen in het studiegebied



Rekenregel op basis van ervaring

Een rekenregel is toegepast in eerdere verkennende studies voor zoutwinning Barradeel II. De regel bestond uit een relatie tussen het gemiddeld oppervlaktewaterpeil en de GHG en GLG. Voor het in Barradeel II voornamelijk oppervlaktewater gestuurde systeem kwam het resultaat overeen met de waarnemingen. Dit is echter een ander gebied wat betreft werking van het watersysteem (groot aandeel vrij afstromend gebied). De regel is daarom getoetst in dit gebied. Per peilvak is daarvoor een differentiatie gemaakt, het oppervlaktewaterpeil lijkt ook hier maatgevend voor de “basisgrondwaterstand”. De dynamiek van het grondwaterstandsverloop wordt echter voor 70% verklaard door de neerslag. De rekenregel is daarmee niet geldend voor dit gebied.

In afbeelding 3.18 is met rode stippen de ligging van de beschikbare peilbuizen weergegeven in en rond het zoekgebied uit de aanvraag van de winningsvergunning.

afbeelding 3.18

Beschikbare waarnemingen grondwaterstand



Gegevens uit MIPWA

Met het instrumentarium is een benadering beschikbaar waardoor modelmatig de waarnemingen zijn doorvertaald naar een vlakdekkende GHG en GLG. Gekozen is voor het MIPWA-model, deze is gebaseerd op de meest actuele gegevens, ruimtelijk het meest gedifferentieerd en zal in de toekomst ook het best geaccepteerd zijn wanneer het instrumentarium zich verder ontwikkelt.

MIPWA staat voor Methodiekontwikkeling Interactieve Planvorming ten behoeve van het Waterbeheer. Het is een gebiedsdekkend grondwatermodel voor Noord-Nederland. Het doel van dit MIPWA-model is in eerste instantie het ondersteunen van de vaststelling van het GGOR. De provincies moeten dit Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime uitvoeren in samenwerking met de waterschappen en in samenspraak met alle belanghebbende waterpartners.

In het MIPWA-model zit een geactualiseerd bestand van grondwaterstanden en een berekend grondwaterstandsverloop. Dit biedt een meer gedetailleerd gebiedsdekkend beeld van het grondwaterstandsverloop.

Conclusie referentie situatie grondwaterstandsverloop

Voor de analyse van ontwatering is gebiedsdekkende informatie nodig. Het beeld dat naar voren komt uit de grondwatertrappenkaart van Stiboka en de gegevens uit MIPWA komen overeen. De gegevens uit MIPWA vormen de meest recente bron van gebiedsdekkende gegevens. De grondwatergegevens uit MIPWA wordt daarom gebruikt als referentiesituatie.

Ontwateringsmiddelen

In een groot deel van het gebied is drainage aanwezig. 85 tot 90 procent van de akkerbouwpercelen is gedraineerd op 1,2 tot 1,5 m -mv. Hoge graslanddelen zijn wel gedraineerd 0,9 tot 1,5 m -mv., lage delen niet. Op termijn neemt het aandeel gedraineerde percelen toe en zal ook de intensiteit toenemen [Drainage in Fryslân, inventarisatie].

In de gebiedsbijeenkomsten hebben de agrariërs naar voren gebracht dat in dit gebied 100 procent van de percelen gedraineerd zijn. De informatie uit het gebied en de uitgevoerde studie zijn daarmee in overeenstemming wat betreft het hoge aandeel van gedraineerde percelen.

Voor een goede borging van de gewenste ontwatering op de percelen zijn drooglegging en ontwatering maatgevend.

De drooglegging bepaalt in hoeverre het water afgevoerd gaat worden en bepaald tevens de opbolling tussen de watergangen. Drainage is een manier om de gewenste ontwatering met een grotere intensiteit te borgen dan alleen met de watergangen. Omdat de drainage relatief diep ligt, zal tot relatief diep ontwaterd worden.

De aanwezigheid van gedraineerde percelen is alleen indicatief bekend. Gegevens hiervan worden niet bijgehouden. In de vervolganalyse is ervan uitgegaan dat alle akkerbouw- en graslandpercelen gedraineerd zijn.

HOOFDSTUK

4 Effectbepaling zonder maatregelen

Volgend op de in hoofdstuk 3 beschreven referentiesituatie zijn in dit hoofdstuk de effecten voor de optredende bodemdaling beschreven. Dit biedt inzicht in de aard en omvang van de effecten van de varianten en de gevoeligheden van de verschillende winningslocaties.

4.1

INGREEP

De ingreep bestaat uit winning van zout. Dit heeft als direct gevolg dat de bodem daalt. Omdat beide onlosmakelijk met elkaar samenhangen, is de bodemdaling beschouwd als een ingreep die leidt tot de effecten op functies binnen het gebied Oost.

4.1.1

WINNING

1 inleiding

Frisia wil maximaal 32 miljoen ton zout winnen in het gebied Oost. Uitgaande van een zoutdichtheid van 2,16 ton/m³ (2,16 kg/l) betekent dit een volume van 14,8 Mm³.

2 onderzoekopzet

3 referentiesituatie

4 effectbepaling zonder maatregelen

Wanneer Frisia 32 miljoen ton zout gaat winnen met vier putten betekent dit per put een maximale bodemdaling van 30 cm. Wanneer Frisia deze hoeveelheid gaat winnen met drie putten betekent dit een bodemdaling van 40 cm per put. Wanneer de keuze gemaakt wordt om met 2 putten 32 miljoen ton te winnen dan komt dit neer op 60 cm bodemdaling per put. De bodemdaling die deze winningen veroorzaken aan het maaiveld wordt berekend met behulp van een 2D-gauss kromme, die het volume van een vloeiende kegelvorm beschrijft. Deze bodemdaling is niet een daling die ineens optreedt. Naast de totale volumeafname door winning is de winningshoeveelheid per jaar van belang. Deze bepaalt de afname van het maaiveldniveau in de tijd [Bakker en Duquesnoy, 2009].

5 maatregelen

6 effectbepaling met maatregelen

7 trechtering varianten

8 conclusies

Uitgangspunten

- Totale winningshoeveelheid van 32 miljoen, dit verdeeld over maximaal vier locaties. De maximale daling treedt in het midden van de schotel op, aflopend naar <2 cm over een afstand van 3 km. De onderlinge putten mogen elkaar niet versterken in het diepste punt. Dit leidt namelijk tot een grotere bodemdaling dan de aangeven maximum daling per put.
- De zeedijk wordt niet beïnvloed.
- Het waterhuishoudingssysteem dient robuust en veerkrachtig (duurzaam) te zijn. Dit houdt in, voorkomen kleine peilvakken, voorkomen noodzaak extra onderbemalingen, goede doorstroming en waterhuishouding gericht op een goed functioneren van de functies.

- Voor de landbouw dient geen verslechtering van de landbouwkundige situatie op te treden, bij de maatregelen wordt gestreefd naar een verbetering.
- Herstelmaatregelen worden verkend, de technische uitwerking van de maatregelen zal pas later worden opgenomen binnen het inrichtingsplan voor het gebied.
- Randvoorwaarden verzilting: netto mag er geen toename van de verzilting plaatsvinden waardoor de functies worden geschaad.

4.1.2

BODEMDALING

In onderstaande tabel staat de bodemdaling weergegeven voor de verschillende varianten. Voor de locaties van de winningsputten verwijzen we naar afbeelding 1.4.

Varianten	Aantal putten	Winningsput(ten)	Bodemdaling (cm)
1	4	A-B-C-D	30-30-30-30
2	3	A-C-D	40-40-40
3	3	B-C-D	40-40-40
4	2	B-C	60 - 60
5	2	B-D	60 - 60

Voor variant 1 en 5 zijn in afbeelding 4.19 en afbeelding 4.20 voor winningslocatie B de bodemdalingscontouren weergegeven. De daling is aangegeven in cm.

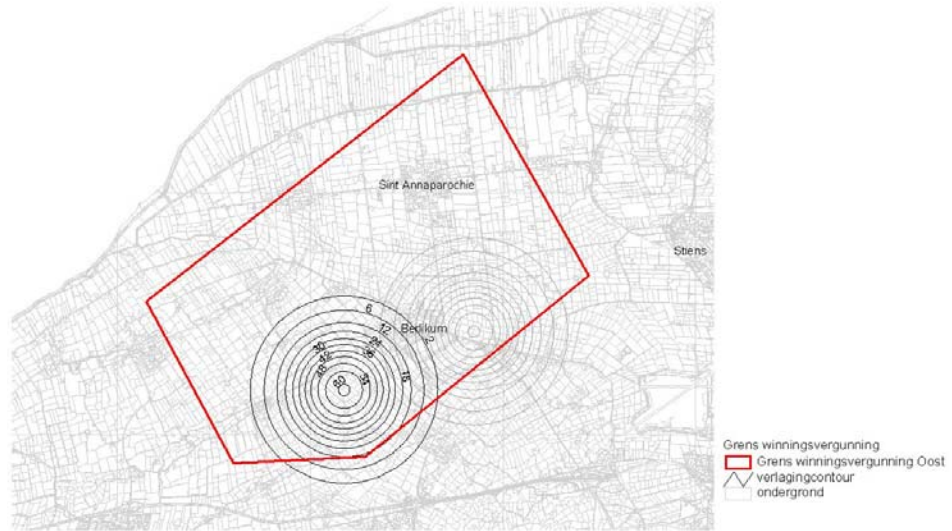
afbeelding 4.19

Bodemdalingscontouren voor
locatie B bij 30 cm
bodemdaling



afbeelding 4.20

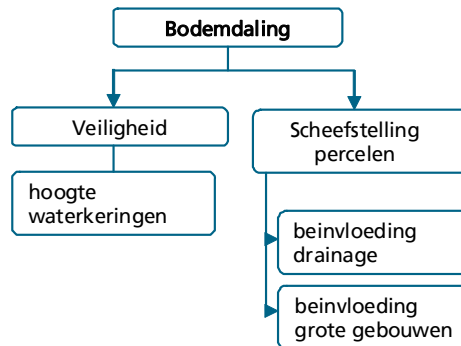
Bodemdalingscontouren voor
locatie B bij 60 cm
bodemdaling

**4.2****DIRECTE EFFECTEN BODEMDALING**

In onderstaande figuur zijn de primaire gevolgen van bodemdaling weergegeven. Onder primaire effecten verstaan we de onafwendbare effecten die direct samenhangen met bodemdaling.

afbeelding 4.21

Directe effecten bodemdaling



In navolgende paragrafen zijn deze verder uitgewerkt.

Veiligheid

De primaire waterkering langs de Waddenzee wordt niet beïnvloed door de bodemdaling.

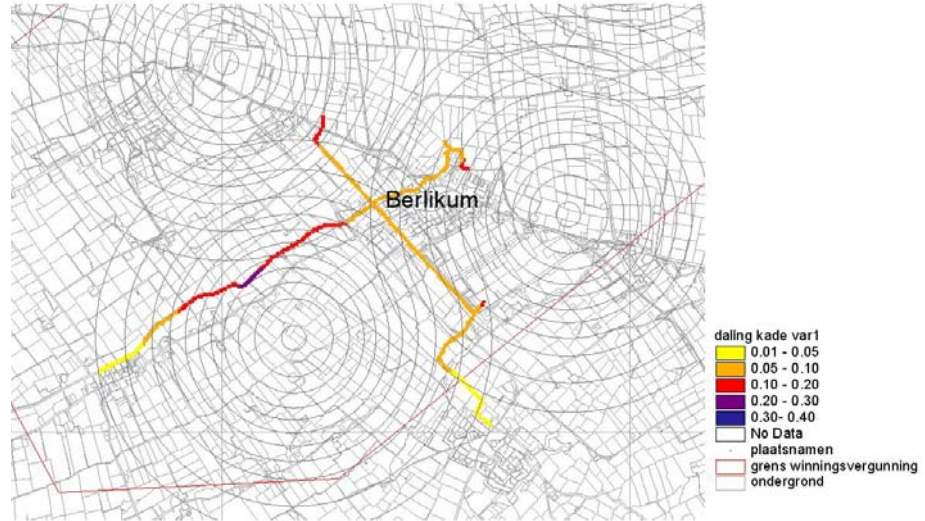
De secundaire kering (Slaperdijk) ten zuiden van de waddendijk ondervindt door zoutwinning op locatie C een daling van circa 1 cm.

In afbeelding 4.22 tot en met afbeelding 4.26 is voor de varianten de beïnvloeding van de secundaire keringen rond de boezem weergegeven. De gekozen aanname ten behoeve van vergelijking is dat de keringen in de referentiesituatie zich precies op normhoogte bevinden, zodat (in die aanname) de afname in kerende hoogte door bodemdaling, een negatief effect heeft op de veiligheid.

In de afbeeldingen is met kleur weergegeven wat de bodemdaling in centimeters is ter plaatse van de kering. Ook zijn de bodemdalingscontouren van de verschillende varianten opgenomen.

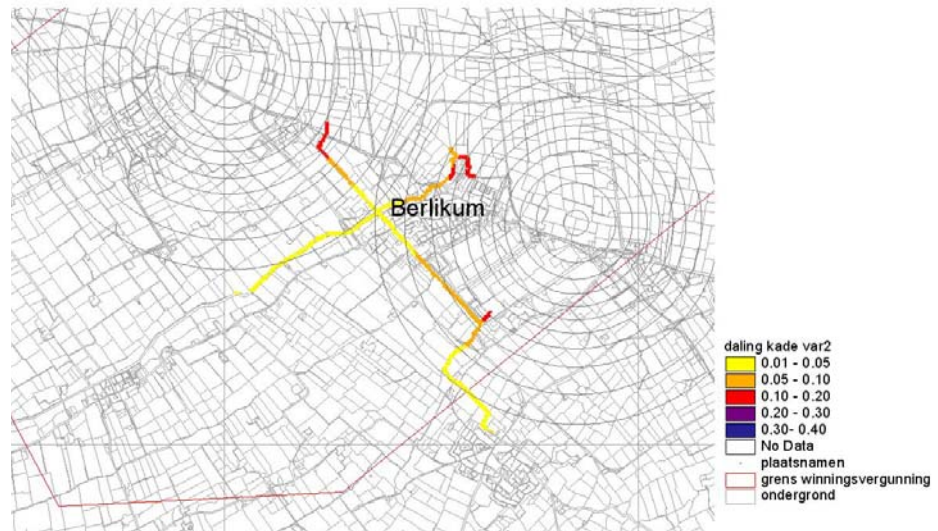
afbeelding 4.22

Daling secundaire keringen
variant 1



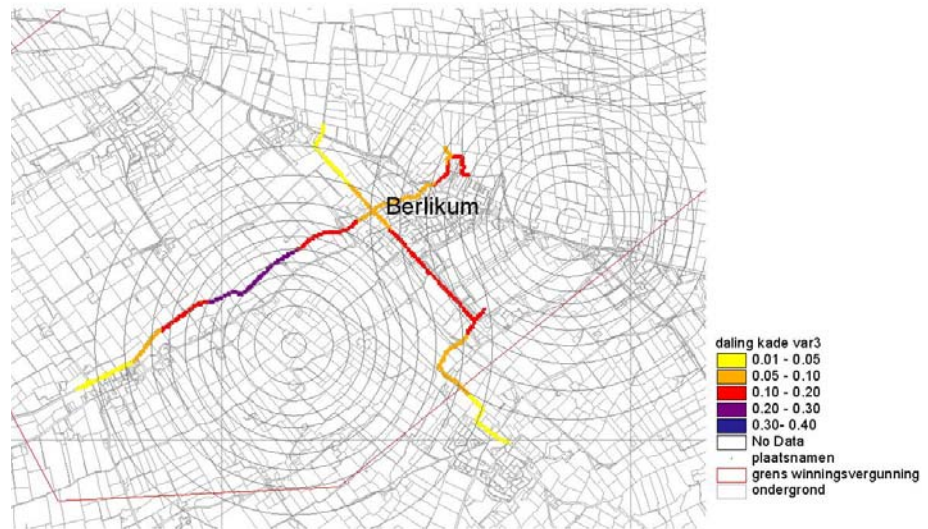
afbeelding 4.23

Daling secundaire keringen
variant 2

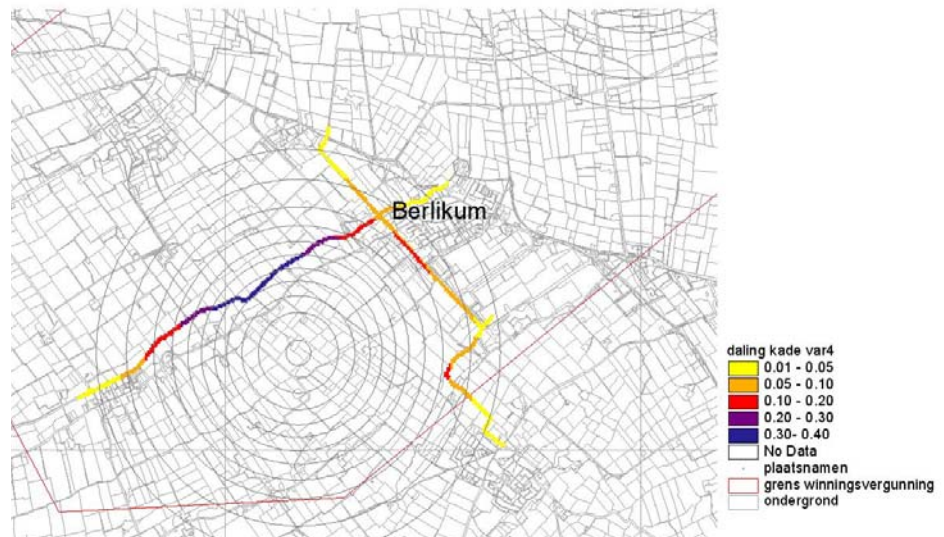


afbeelding 4.24

Daling secundaire keringen
variant 3

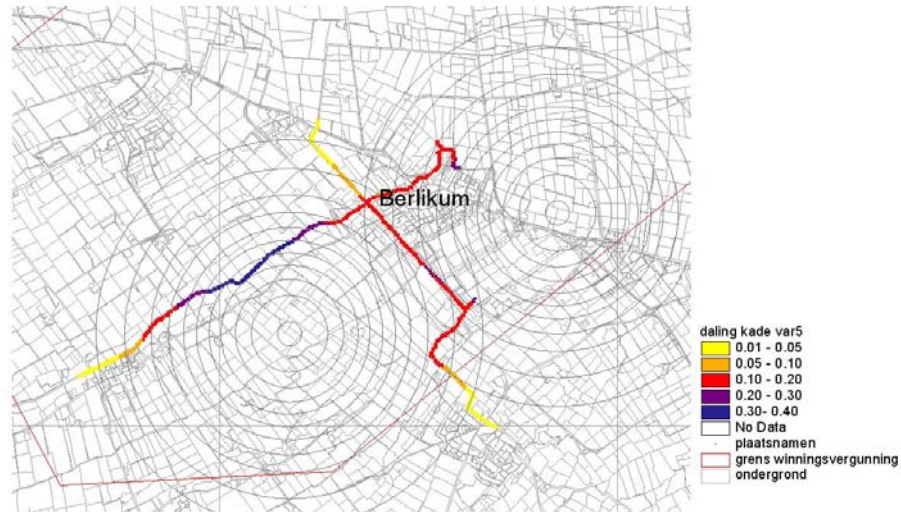
**afbeelding 4.25**

Daling secundaire keringen
variant 4



afbeelding 4.26

Daling secundaire keringen
variant 5



Beschouwing op daling kades

Bij variant 1 vindt over de grootste lengte van de kade een verlaging plaats. De maximale verlaging bedraagt 0,25 meter. Bij variant 2 blijft de lengte die beïnvloed wordt het meest beperkt. De maximale daling bedraagt 0,20 meter. De daling vindt echter voornamelijk plaats binnen/nabij de bebouwde gebieden van Berlikum en Wier. Variant 3 is vergelijkbaar met variant 1 wat betreft te beïnvloeden lengte en maximale dalingen. Enige verschil is dat de kades binnen bebouwd gebied minder beïnvloed worden. Varianten 4 en 5 zijn vergelijkbaar met variant 3 maar kennen een grotere verlaging tot maximaal 0,40 meter.

Om een rangorde aan te brengen tussen de varianten hebben we een raming gemaakt van de hoeveelheid grond die benodigd is om de daling van de kades te compenseren. Dit eenmalig of verdeeld over de periode van bodemdaling. Bij de score van varianten 3 en 4 is er verder onderscheid gemaakt naar de locatie. Bij variant 3 dient er in vergelijking tot variant 4 meer nabij bebouwd gebied opgehoogd te worden.

tabel 4.7

Raming aanvulling kades

Score	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
Raming aanvulling [m³]	8.000	4.000	10.000	10.000	15.000
score	-	0/-	--	-	--

Scheefstelling

Bebouwing

In het onderzoek Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning (1987) is naar voren gekomen dat bij een verhang groter dan 5 mm per meter er risico is op schade aan gebouwen zonder fundering. Voor alle varianten is een analyse gemaakt wat het grootst optredende maaiveldverhang is. Het maximale verhang bedraagt 2 mm per m en treedt op bij varianten 4 en 5 waarbij de bodem daalt met maximaal 60 cm. Op basis van deze waarde is geen schade te veronderstellen. Ook heeft Geodelft, voor een eerdere zoutwinning van Frisia, de vervorming van de bovengrond door zoutwinning uitgerekend. Daarbij zijn de aspecten scheefstand, kromming en horizontaal rekken nagegaan. Deze berekende waarden zijn vervolgens vergeleken met beïnvloedingscriteria. Wanneer de berekende vervormingen

worden vergeleken met de beïnvloedingscriteria blijkt dat vervormingen van de bovengrond als direct gevolg van de zoutwinning veel lager zijn dan de waarde voor beïnvloedingscriteria.

Binnen het plangebied zijn kassen aanwezig met een grote omvang. Deze zullen door de gelijkmatige daling geen schade ondervinden. Wel kan de afwatering beïnvloed worden. Om de mogelijke verandering hierin te bepalen, is een worstcase analyse gemaakt.

Afwatering

De lengte van de grootste kassen is maximaal 620 meter. Op basis van de bodemdalingsprognose voor varianten 4 en 5 is in de meest ongunstige situatie een verschil in daling gemeten over deze lengte van 30 cm. Afhankelijk van hoe de afwatering van het dakwater en de afwatering in de kas is vormgegeven kan hier mogelijk een knelpunt optreden. Omdat dit bij alle varianten aan de orde is, vormt het geen onderscheidend criterium. Uit nader onderzoek moet blijken of effecten op afwatering in grote kassen aan de orde zijn.

Voor de 5 varianten geldt dat scheefstelling van bebouwing niet tot schade leidt. Alle varianten scoren daarom neutraal.

Drainage

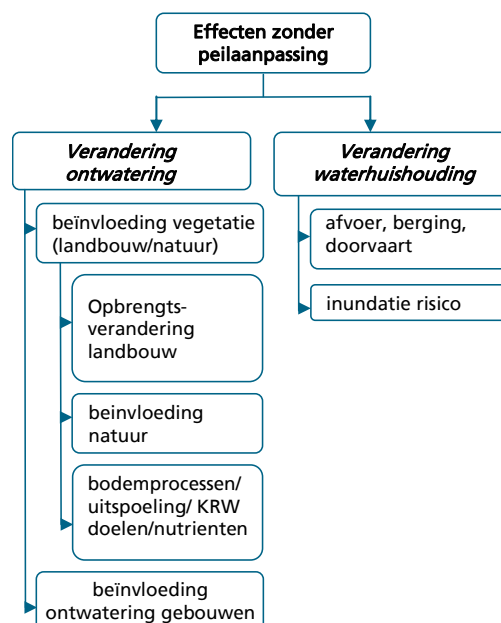
Zoals aangegeven in paragraaf 3.4. is de scheefstelling van drainage door de beperkte gegevens van de aanwezige drainage niet uitgewerkt. In de effectbeoordeling is afname van levensduur van de drainage door een snellere verstopping als negatief beoordeeld.

Drainage komt verder aan de orde bij de ontwatering in paragraaf 4.3.3.

4.3

UITWERKING EFFECTEN

In onderstaand figuur is weergegeven hoe de effecten met elkaar samenhangen. Per criterium zijn de effectrelaties beschreven.



4.3.1

WATERKWALITEIT/VERZILTING

Door de ingreep zonder aanpassingen in het watersysteem zal er geen verandering van het potentiaalverschil tussen oppervlaktewater en grondwater optreden. Hierdoor zal de kwel niet veranderen ten opzichte van de huidige situatie. Op verzilting hebben de varianten daarmee geen invloed.

Wel zal door de bodemdaling de waterkwaliteit vanuit KRW-doelen en de uitspoeling van nutriënten veranderen.

Waterkwaliteit KRW-doelen

Zoals aangegeven in paragraaf 2.2.2 veranderen redenerend vanuit de ingreep een aantal parameters relevant voor de ecologische toestand. Ervan uitgaande dat er geen maatregelen genomen worden in de waterhuishouding zijn de parameters hydromorfologie en chemie aan verandering onderhevig.

Hydromorfologie

In dit gebied is de diepte van het oppervlaktewater relevant in de vrij afwaterende gebieden waar droogvallende sloten aanwezig zijn. Droogval is daarom als maatgevend gekozen voor de effecten op hydromorfologie.

Door de bodemdaling en de daardoor optredende relatieve peilstijging van het grond- en oppervlaktewater zal het aandeel droogvallende sloten afnemen. Deze afname leidt tot een betere ecologische kwaliteit van het oppervlaktewatersysteem. Dit positieve effect is bij varianten met putten die een bodemdaling veroorzaken in het op Zwarte Haan afwaterende peilvak aan de orde.

De peilvakken en afstroming tussen watergangen verandert niet bij handhaven huidige waterhuishoudkundige structuur en peilen. Er is geen effect op kwel/wegzijging omdat bij handhaving van de peilen de stroming tussen grond en oppervlaktewater gelijk blijft.

Chemie

Naast hydromorfologie vormt de chemische kwaliteit een randvoorwaarde voor de KRW. Deze wordt voornamelijk bepaald door de redoxomstandigheden in de bodem en uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater (zie onderstaande kopie nutriënten)

Nutriënten

De verandering van gehalten aan nutriënten wordt beïnvloed door de redox-omstandigheden (verdeling zuurstof/grondwater in de bodem). Bij een bodemdaling en daarmee relatieve peilstijging in grond- en oppervlaktewater neemt het zuurstofgehalte in de bodem af. Dit leidt tot:

- driewaardig ijzer wordt gereduceerd tot tweewaardig ijzer. Het aanwezige fosfaat is hierdoor minder sterk gebonden en lost dus makkelijker op. Bij hogere grondwaterpeilen zal fosfaat dus makkelijker tot afstroming komen.
- omzetting van ammonium naar het oplosbare nitraat en nitriet neemt af. De emissies van stikstof naar het oppervlaktewater nemen daarmee af.

Voor de twee te onderscheiden KRW-eenheden in dit gebied zijn de effecten beschreven.

Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart (M3)

Fosfaat uitspoeling neemt toe, maar dat is in dit gebied niet de kritische parameter. Het waterschap streeft voor deze gebieden na om te voldoen aan de norm van de stikstofrichtlijn in het grondwater. Een afname van emissies aan stikstof door de hogere peilen heeft een positief effect.

Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen (M30)

In dit gebied wordt door de overmaat aan fosfaat in de aanwezige zoute/brakke kwel de algengroei voornamelijk bepaald door de aanwezige stikstof. Bij een hoger grond- en oppervlaktewaterpeil zal stikstof moeilijker tot uitspoeling komen. Dit leidt daarmee tot een afname in algengroei en daarmee positief effect.

Conclusie

Voor de vergelijking van de varianten op de waterkwaliteit is de mate van verandering in ontwatering en het areaal waarover het plaatsvindt van belang. De mate van verlaging en het areaal waarover dit plaatsvindt zijn vanuit de zoutwinning van elkaar afhankelijk. Er is niet nauwkeurig aan te geven hoe uitspoeling van nutriënten verandert bij verschillende ontwatering en areaal waarover dit plaatsheeft. Het effect op de nutriëntengehalten van de verschillende varianten is daarmee voor alle varianten in vergelijkbare mate positief.

tabel 4.8

Afweging varianten op
waterkwaliteit

Score	Variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
KRW-doelen	0/+	+	0/+	+	+
nutriënten	+	+	+	+	+

4.3.2

WATERHUISHOUDING

*Verandering waterhuishouding**Afvoer en berging*

Doordat de oppervlaktewaterpeilen en de peilvakindeling gelijk blijven aan de huidige situatie zal het verhang tussen de peilvakken niet veranderen. Door de afname in ontwatering en de daarmee samenhangende afname in de dikte van de onverzadigde zone zal de berging in de bodem afnemen. Dit leidt tot grotere piekafvoeren en pieken in waterstand. Dit is een negatief effect. Verschil tussen de verschillende varianten is dat bij variant 1 de stijging van de grondwaterstanden per locatie beperkter is, maar dat de stijging wel over een groter oppervlak optreedt. Hierdoor is de afname in bodemberging kleiner en meer verdeeld over het totale gebied. Bij de varianten met minder winningputten en grotere lokale bodemdalingen zal de afname in bodemberging groter zijn en meer lokaal. Het ruimtebeslag van de afname in bodemberging is kleiner. Dit leidt bij varianten 4 en 5 tot een grotere lokale afvoertoe name en een grotere toename in piekafvoeren. Bij variant 1 is de afname in bodemberging meer verdeeld over het gebied en is de afvoertoe name beperkter.

Doorvaart

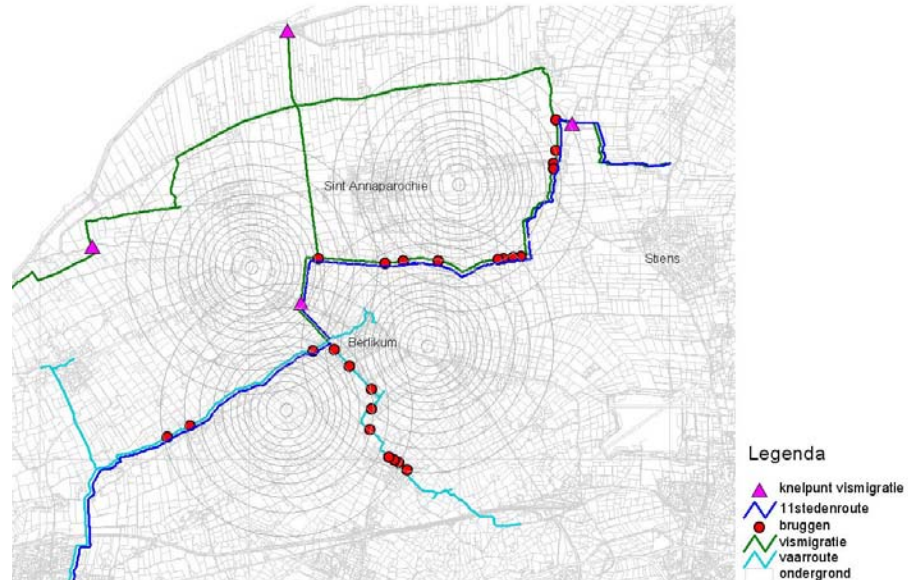
In afbeelding 4.27 zijn de bruggen op de aanwezige vaarroutes weergegeven.

Bij bodemdaling zonder ingreep in het watersysteem is de doorvaart wat betreft obstakels in de watergang (stuwen en sluizen) gelijk aan de referentiesituatie. Er zijn daarmee geen effecten op vismigratie en afvoermogelijkheden.

Van de uitgangspunten van Wetterskip Fryslân ten aanzien van bodemdaling is af te leiden dat een ondergrens van 5 cm gesteld kan worden voordat er sprake is van een effect.

afbeelding 4.27

Doorvaart, schaatsroute en vismigratie.



In tabel 4.9 staat voor de bruggen waar de bodemdaling groter is dan 5 cm de daling weergegeven. Relevant is het aantal bruggen dat aangepakt moet worden en de doorvaarbare hoogte die gecompenseerd moet worden. Of door de bodemdaling de bruggen dalen tot beneden de norm van doorvaarthoogte is voornamelijk nog niet bekend. De afname in doorvaarthoogte moet daarmee als indicatie gezien worden als een omvangbepaling bij de afweging van de varianten.

tabel 4.9

Daling bruggen op de vaar- en schaatsroute

Brug	Daling [cm]				
	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
KBR-F287			6.3	6.3	8.6
KBR-F288	7.1	5.1	9.5	6.5	14.2
KBR-F289	9.6	6.0	12.7	10.1	19.1
KBR-F290	7.6		9.8	9.9	14.4
KBR-F291	10.1		12.5	17.3	18.2
KBR-W43	9.8	9.2	13.1	5.8	19.6
KBR-W52				6.3	
KBR-W53		5.9	5.9	7.1	
KBR-W54	8.1	10.8	10.8	9.8	6.4
KBR-W55		7.0	7.0		5.6
KBR-W60	7.6	10.2			
aantal bruggen	7	7	9	9	8
totale daling brug [cm]	60	54	88	79	106

De vergelijking van de varianten is niet gebaseerd op de kosten van de maatregelen die naar voren komen om deze daling te compenseren. Dit vergt een meer detailanalyse per brug.

tabel 4.10

Afweging varianten op
doorvaart

Score	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
doorvaart	-	-	--	--	--

Doorspoeling

Doordat de oppervlaktewaterpeilen en de peilvakindeling gelijk blijven aan de huidige situatie zal het verhang tussen de peilvakken niet veranderen. Dit leidt ertoe dat doorspoeling niet verandert. Deze wordt bepaald door het potentiaal over de inlaatmogelijkheden vanuit de boezem en de doorvoermogelijkheden in de watergangen.

Inundatie risico (drooglegging)

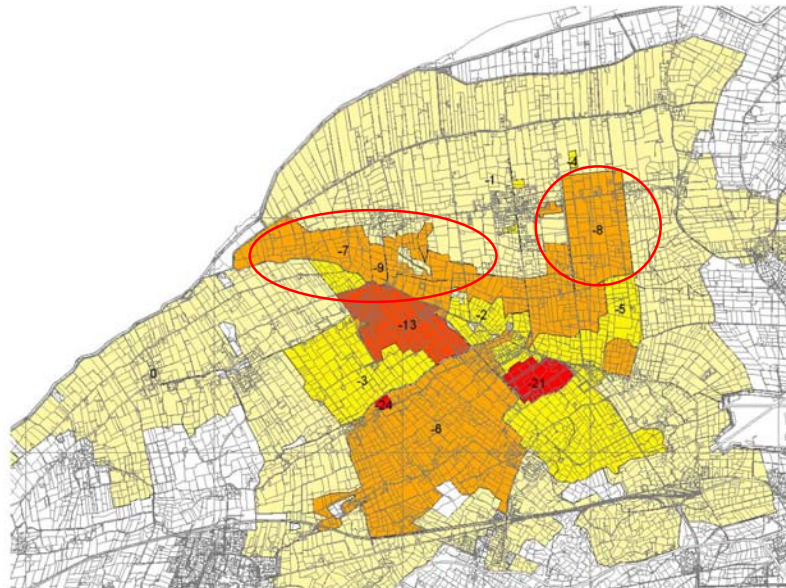
Door de daling van het maaiveldniveau ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil neemt de drooglegging in bodemdalinggebieden af. Een afname in drooglegging leidt tot een toename in inundatierisico's. In hoeverre een afname in drooglegging leidt tot een ongewenst inundatierisico wordt bepaald door de functieafhankelijke eisen in drooglegging. Deze zijn weergegeven in tabel 3.6 van paragraaf 3.3.

Voor de verschillende peilvakken en delen daarvan binnen het te beïnvloeden gebied is in navolgende afbeeldingen de verandering ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven. Dit als percentage van het deelgebied waarvoor de drooglegging niet meer voldoet aan de wens van de landgebruiksfuncties. Hoe groter het aandeel van het peilvak dat ten opzichte van de referentiesituatie minder voldoet aan de eisen, hoe groter de toename in inundatierisico.

Bij deze afbeeldingen dient te worden opgemerkt dat een aantal peilvakken is opgedeeld. Dit om inzichtelijk te kunnen maken dat er lokale effecten optreden waardoor de drooglegging afneemt. Wanneer opgenomen in een groter peilvak valt de lokale verslechtering deels weg. In afbeelding 4.28 zijn deze gebieden omcirkeld. De percentages zijn weergegeven in de afbeelding. De kleurstelling geeft een beeld weer van de mate van verandering.

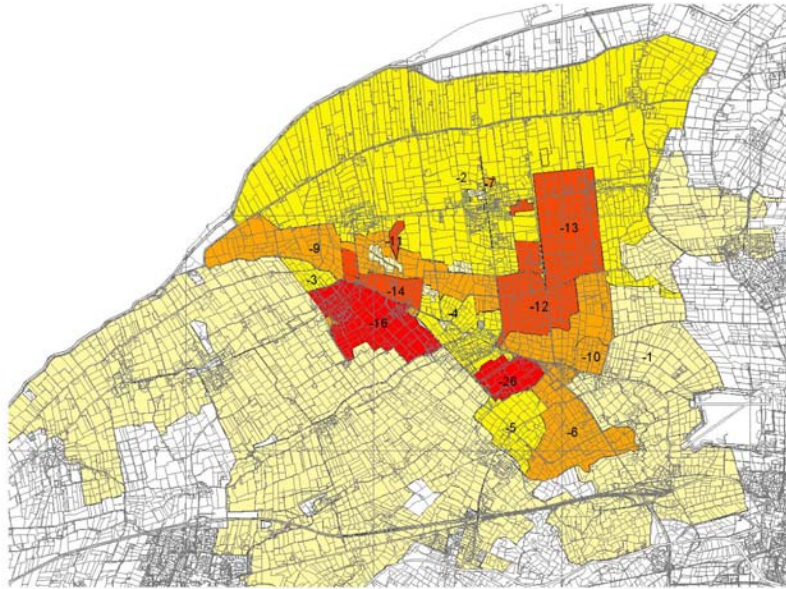
afbeelding 4.28

Verandering areaal dat niet
voldoet aan drooglegging, in
procenten, variant 1.

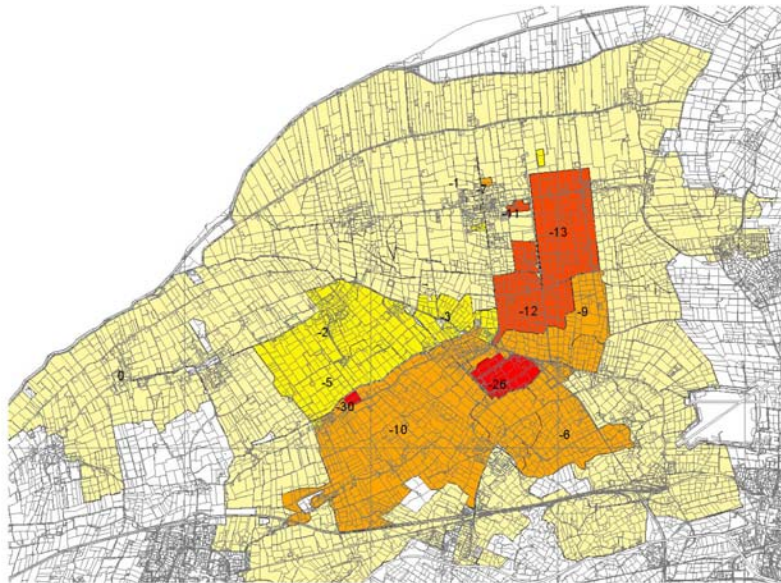


afbeelding 4.29

Verandering areaal dat niet voldoet aan drooglegging, in procenten, variant 2.

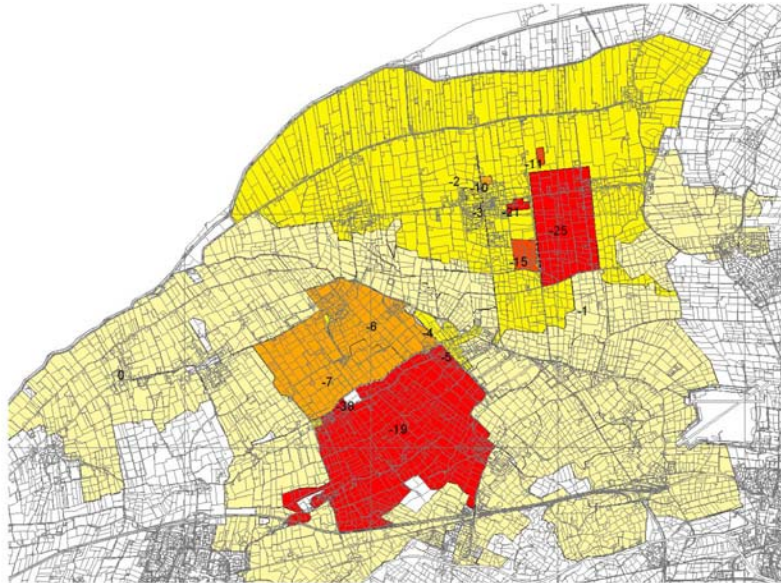
**afbeelding 4.30**

Verandering areaal dat niet voldoet aan drooglegging, in procenten, variant 3.

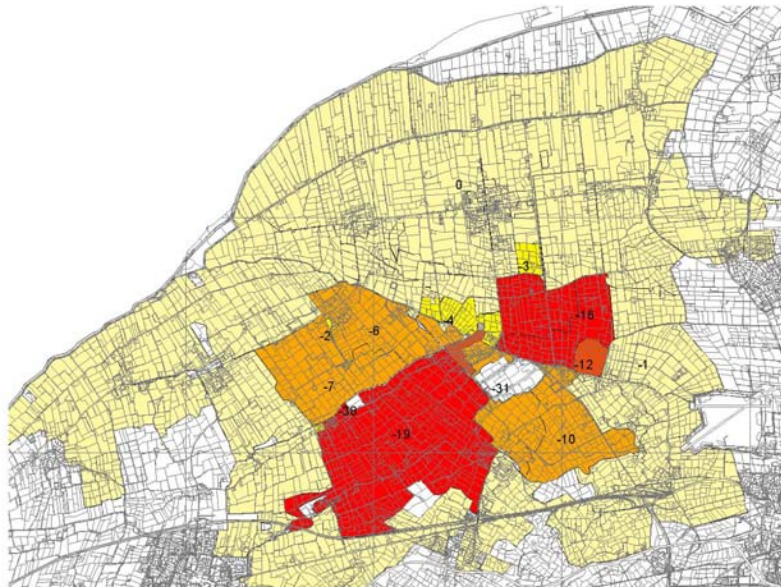


afbeelding 4.31

Verandering areaal dat niet voldoet aan drooglegging, in procenten, variant 4.

**afbeelding 4.32**

Verandering areaal dat niet voldoet aan drooglegging, in procenten, variant 5.



Voor alle varianten treedt er een afname in drooglegging en daarmee een toename in inundatierisico op. Bij het peilvak waarin het glastuinbouwgebied Berlikum gelegen is, dient echter een voorbehoud te worden gemaakt. In de referentiesituatie wordt daar een kunstmatig hoger peil aangehouden. Deze kan meebewegen met de bodemdaling zonder dat er maatregelen anders dan een stuwpeilverlaging genomen hoeven te worden. De peilen blijven daarbij hoger dan de omgeving. Een infiltratiesituatie blijft hierdoor bestaan op deze locatie.

Wanneer de varianten vergeleken worden, valt op dat in variant 1 het aandeel dat niet meer voldoet aan de eis in drooglegging het meest beperkt blijft. Voor varianten 2 en 3 neemt het aandeel waar de drooglegging niet voldoet toe. Voor de varianten 4 en 5 neemt het aandeel dat niet voldoet sterk toe. In navolgende tabel staat de areaaltoename in procenten van de oppervlakte dat niet meer voldoet aan de droogleggingsnorm weergegeven.

tabel 4.11

Afweging varianten op
drooglegging

Score	variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5
verslechtering x1000 m ²	15	17	18	21	23
max. toename percentage per peilvak dat niet voldoet	24	26	30	38	38
score	-	-	-	--	--

Naast de areaaltoename is ook het percentage per peilvak van belang. Bij de varianten 3, 4 en 5 is het aantal peilvakken dat beïnvloed wordt kleiner. Het areaal dat niet meer voldoet is voor de varianten 4 en 5 groot.

Rekening houdend met de droogleggingseisen van het Wetterskip Fryslân zal geen van de varianten zonder de inzet van mitigerende maatregelen leiden tot acceptabele effecten.

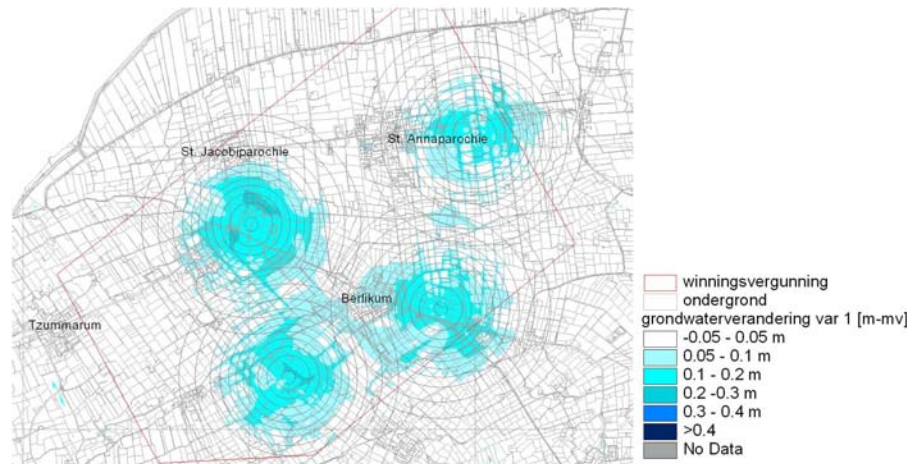
4.3.3

VERANDERING ONTWATERING

Door de bodemdaling neemt de maaiveldhoogte af ten opzichte van de peilen in de watergangen (drooglegging ten opzichte van oppervlaktewater). De drainage zakt wel mee met het maaiveld en dit resulteert in een vergelijkbare ontwateringsdiepte (ontwatering van grondwater) op de percelen. Wanneer de drainage verdrinkt omdat het oppervlaktewaterpeil hoger is dan het uitstroompunt zal dit beperkingen kunnen opleveren voor het functioneren van de drainage. De bodemdaling is in het grondwatermodel gebracht. De verandering in ontwatering ten opzichte van de gemiddelde stationaire grondwaterstand is in afbeelding 4.33 tot en met afbeelding 4.37 weergegeven. Met de blauwtinten is de verhoging van de grondwaterstand in meters weergegeven.

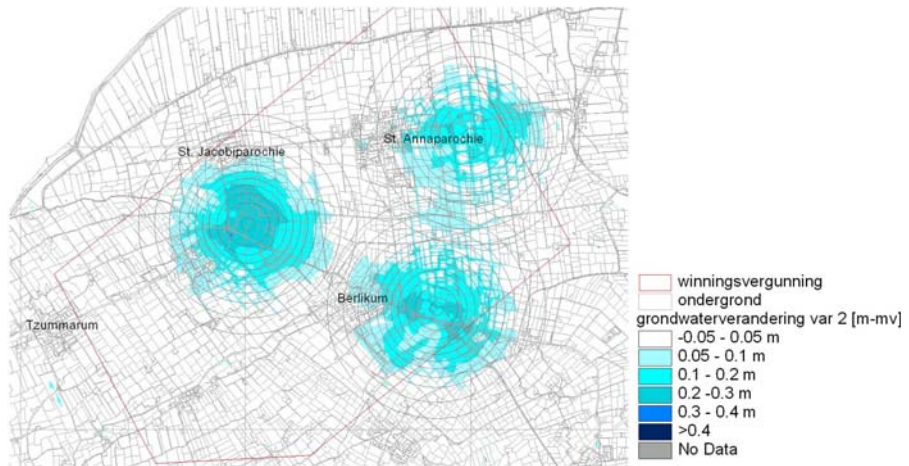
afbeelding 4.33

Verandering ontwatering
variant 1

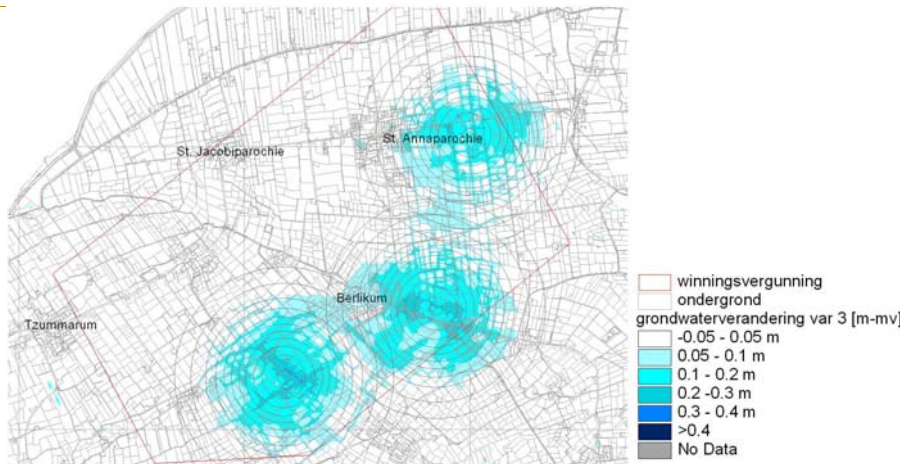


afbeelding 4.34

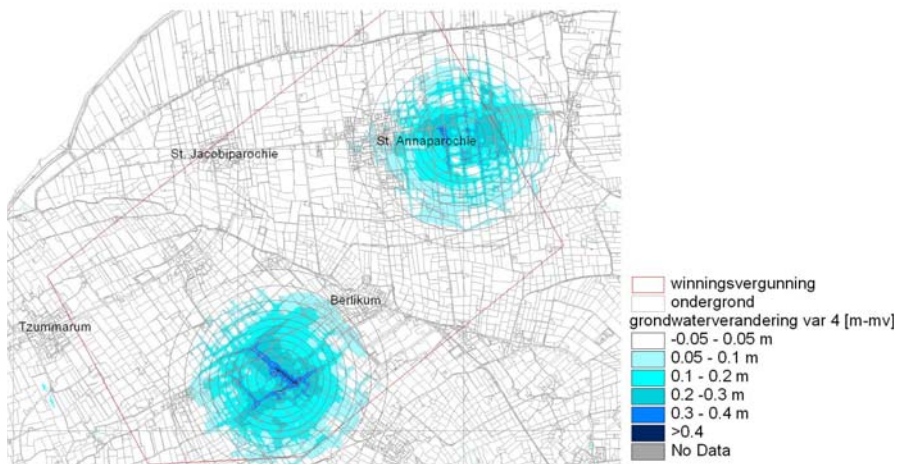
Verandering ontwatering
variant 2

**afbeelding 4.35**

Verandering ontwatering
variant 3

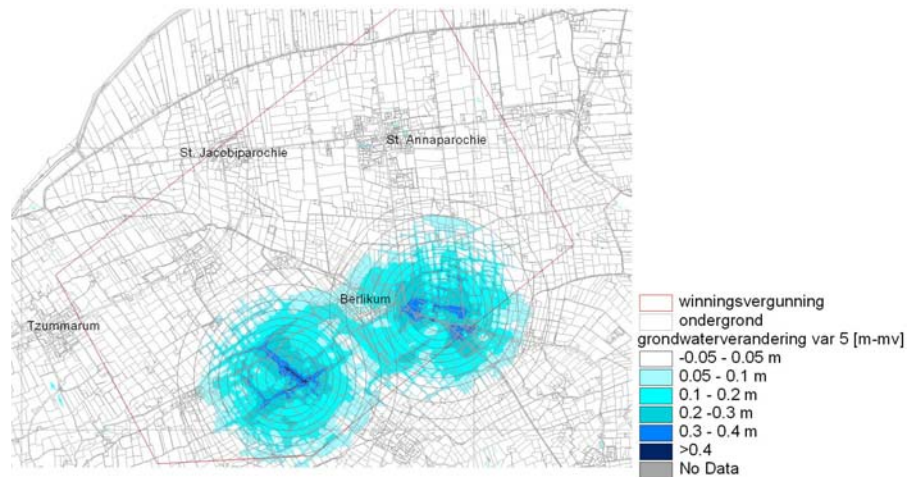
**afbeelding 4.36**

Verandering ontwatering
variant 4



afbeelding 4.37

Verandering ontwatering
variant 5



De weergegeven afname in ontwatering leidt tot effecten op de aanwezige functies. Deze effecten zijn in de volgende paragrafen uitgewerkt en beoordeeld.

Vernatting vegetatie (landbouw/natuur)

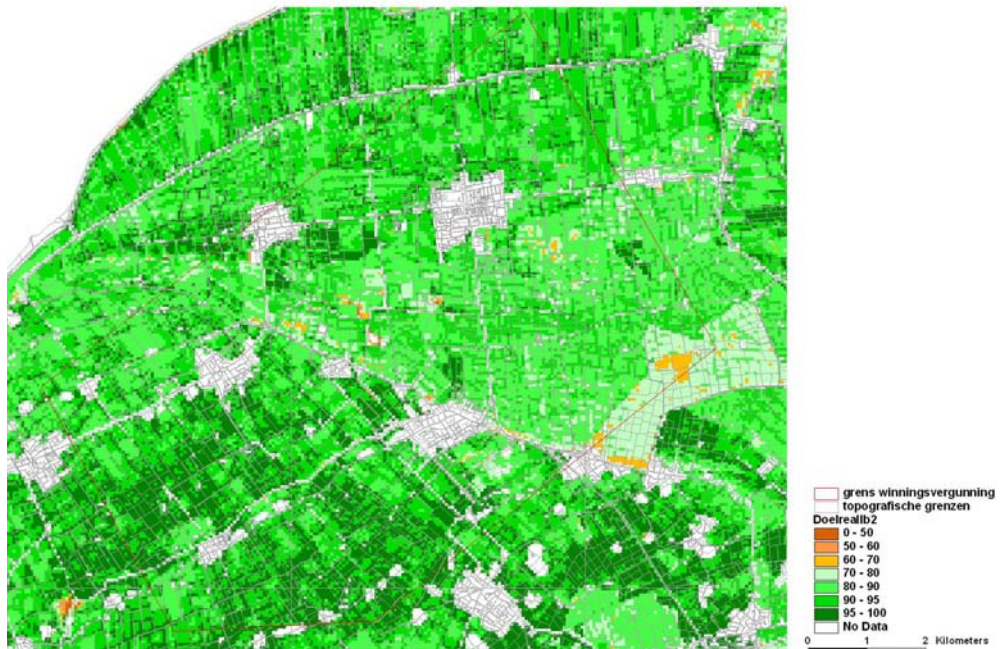
Door de maaiveldddaling treedt een afname van de ontwatering op waardoor de grondwaterstanden op de standplaatsen van vegetatie dichterbij het maaiveld komen. Dit heeft voor de na te streven natuurgebieden die bestaan uit natte graslanden een positief effect.

Voor landbouwkundige effecten zijn de effecten van een grondwaterstijging niet direct af te leiden. Het functioneren van de vegetatie en de effecten van waterhuishouding op de vegetatie is afhankelijk van het grondwaterstandsverloop. De landbouwkundige opbrengst is afhankelijk van zowel de hoge als de lage grondwaterstanden. Deze opbrengst wordt in doelrealisatie uitgedrukt. Dit is de potentiële opbrengst van een gewastype op een bodemeenheid minus de natschade en droogteschade.

In afbeelding 4.38 is de berekende doelrealisatie voor de huidige situatie in procenten weergegeven. Hoe hoger het percentage hoe beter de maximaal mogelijke opbrengst gerealiseerd kan worden.

afbeelding 4.38

Doelrealisatie landbouw
referentie situatie



Vanuit het verleden is bij de waterhuishoudkundige inrichting en peilen gekozen voor een relatief groot aandeel droogteschade en beperkte natschade. Dit leidt ertoe dat de doelrealisatie niet optimaal is. Bij een optimalisatieslag van de doelrealisatie worden nat- en droogteschade meer in evenwicht gebracht. Op deze van oudsher goed ontwaterde percelen leidt een peilverhoging tot een afname in droogteschade en een geringe toename in natschade.

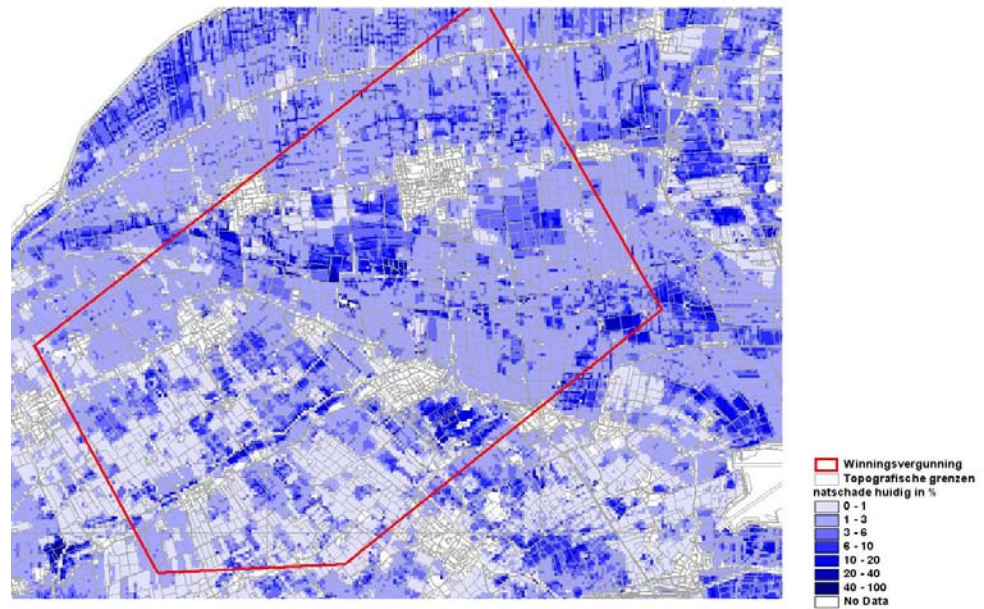
DOELREALISATIE

De term doelrealisatie geeft aan in welke mate een vorm van landbouwkundig grondgebruik wordt gerealiseerd. Het is de opbrengst van het gewas bij het huidige grondwaterstandsverloop en bodemtype afgezet tegen hetzelfde gebruik onder optimale hydrologische omstandigheden. De huidige opbrengst kan bepaald worden door het theoretische maximum bij het optimale grondwaterstandverloop te verminderen met de optredende nat- en droogteschade.

Uit ervaring blijkt dat de berekende droogteschade gevoelsmatig niet aanwezig is in de beleving van de agrariërs. Voor de afweging van de varianten gaan we daarom uit van zowel de doelrealisatie als de natschade. In afbeelding 4.39 en afbeelding 4.40 is de nat- en droogteschade voor de referentiesituatie weergegeven. Deze zijn in percentages weergegeven en vormen de afname in optimale opbrengst op het aanwezige bodemtype bij het huidige landgebruik.

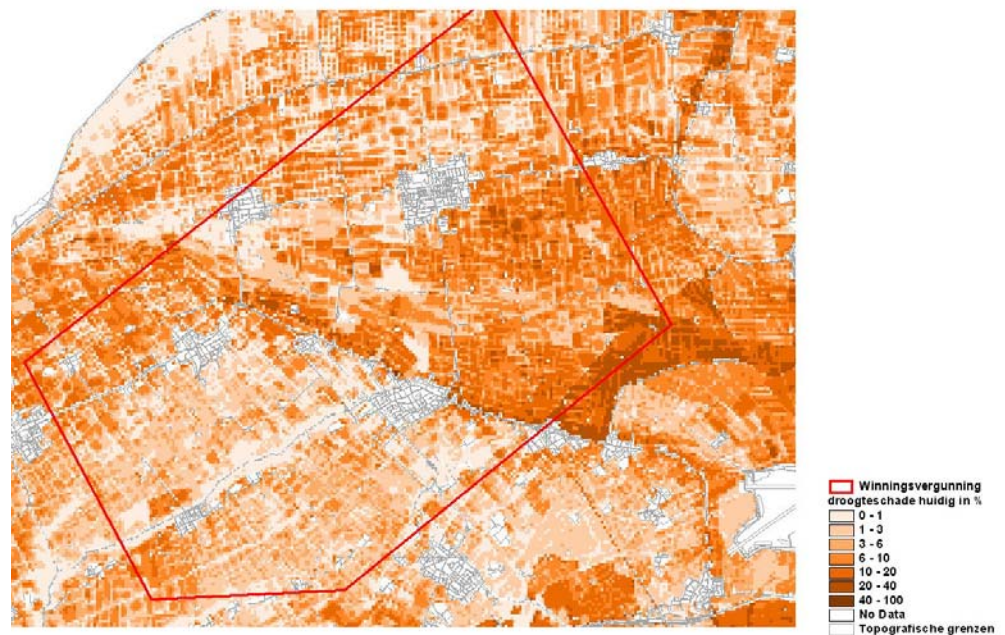
afbeelding 4.39

Natschade referentiesituatie



afbeelding 4.40

Droogteschade referentiesituatie



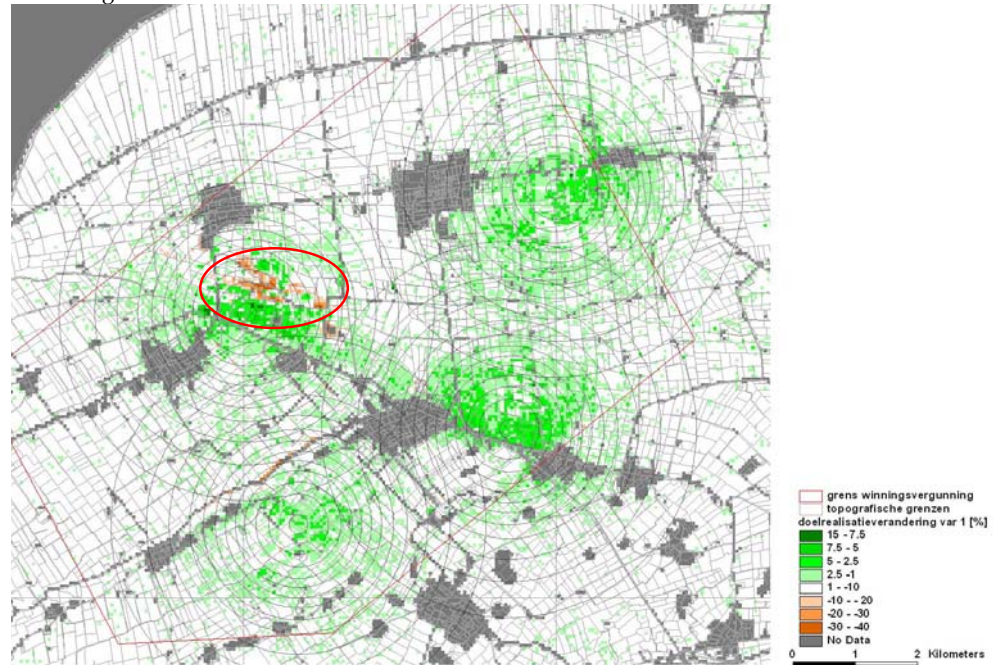
Uit de afbeeldingen met nat- en droogteschade is af te leiden dat de percentages droogteschade relatief hoog zijn en dat de droogteschade daarmee een grote invloed heeft op de doelrealisatie van de landbouw.

In de hiernavolgende afbeeldingen staat de verandering in landbouwkundige opbrengst door de bodemdaling en daarmee samenhangende stijging van de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld.

In de afbeeldingen staat voor de uiterste varianten 1 en 5 de verandering in doelrealisatie weergegeven. Uit de afbeeldingen blijkt dat de doelrealisatie ten gevolge van de maaiveldddaling toeneemt. Dit wordt veroorzaakt door de afname in droogteschade. Deze toename geldt voor alle varianten.

afbeelding 4.41

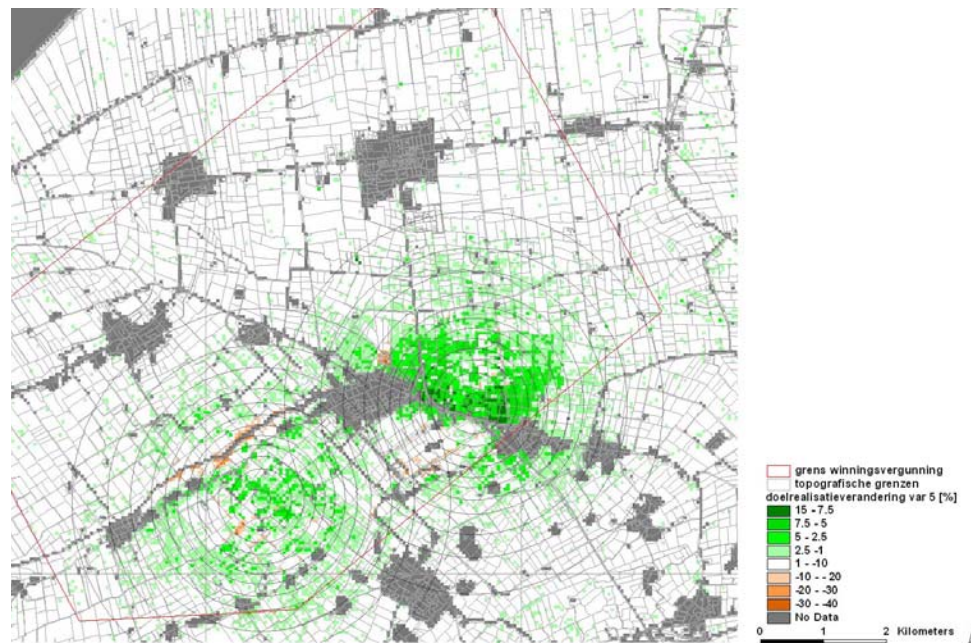
Verandering doelrealisatie
variant 1 in %



De afname in doelrealisatie zoals aangegeven tussen Minnertsga en Jacobiparochie wordt veroorzaakt door een toename in natschade. Dit vindt echter plaats in de gebieden die aangewezen zijn als gebieden met een hoger op natuur gericht peil. Een toename in de berekende "landbouwkundige natschade" is in die natuurgebieden positief.

afbeelding 4.42

Verandering doelrealisatie
variant 5 in %



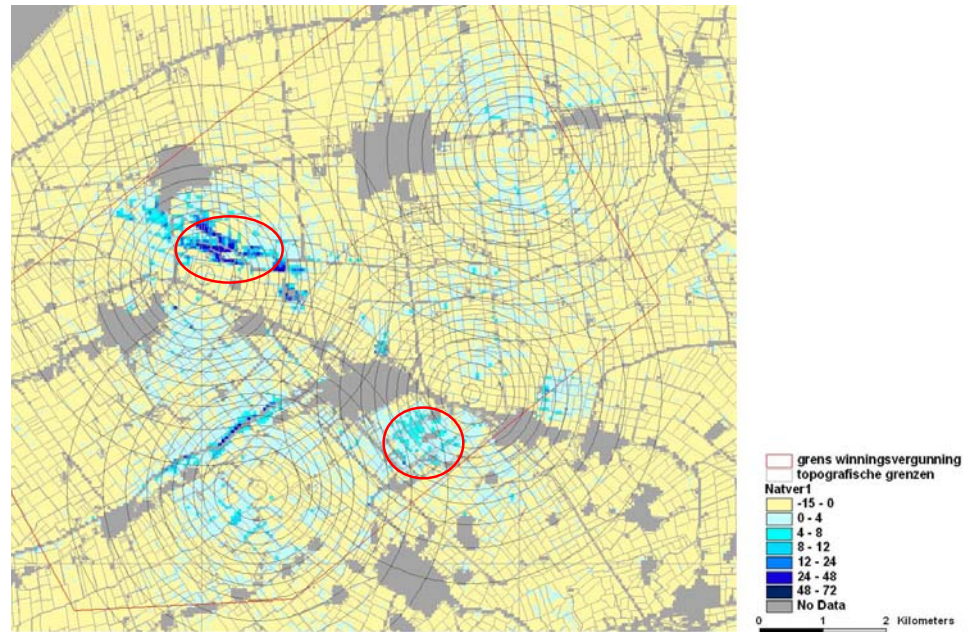
Dit is een theoretische benadering die echter wel bevestigd kan worden met waarnemingen uit de COLN-studie. Door de agrariërs in het gebied is echter aangegeven dat droogteschade in dit gebied niet als probleem wordt ervaren.

De voorlopige conclusie ten aanzien van doelrealisatie is dat er een verbetering voor alle varianten optreedt door een grotere afname droogteschade ten opzichte van de toename in natschade.

Voor de verdere uitwerking is een analyse op natschade gemaakt.

afbeelding 4.43

Toename natschade variant 1
in %

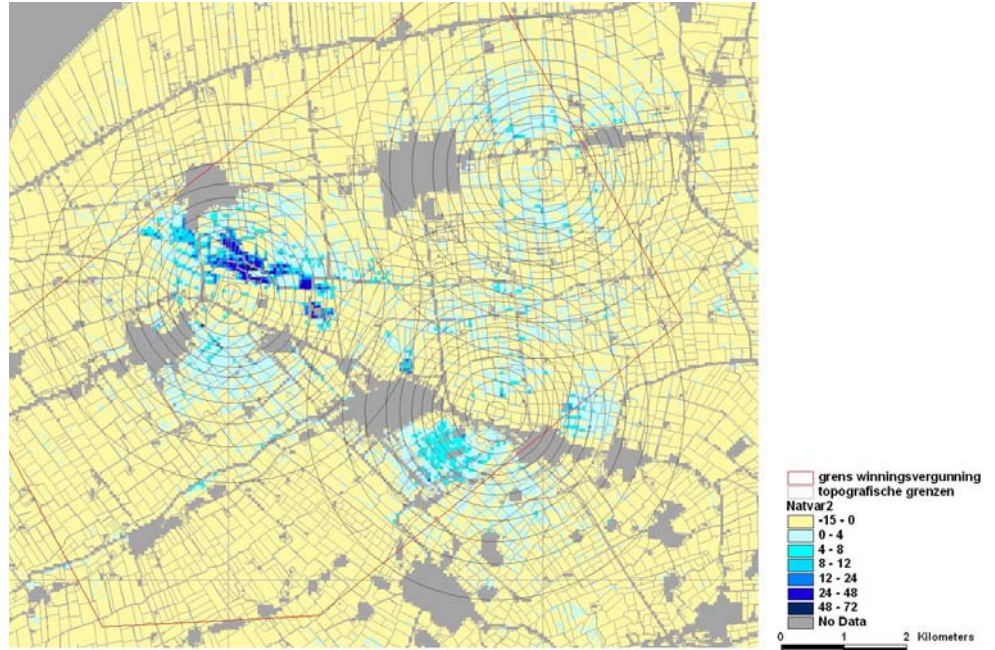


In afbeelding 4.43 zijn twee gebieden waar de toename in natschade niet werkelijk optreedt omdat daar een hoger peil wordt aangehouden dan de omgeving. Hier heeft bodemdaling geen negatief effect. Deze zijn rood omcirkeld en het gaat om:

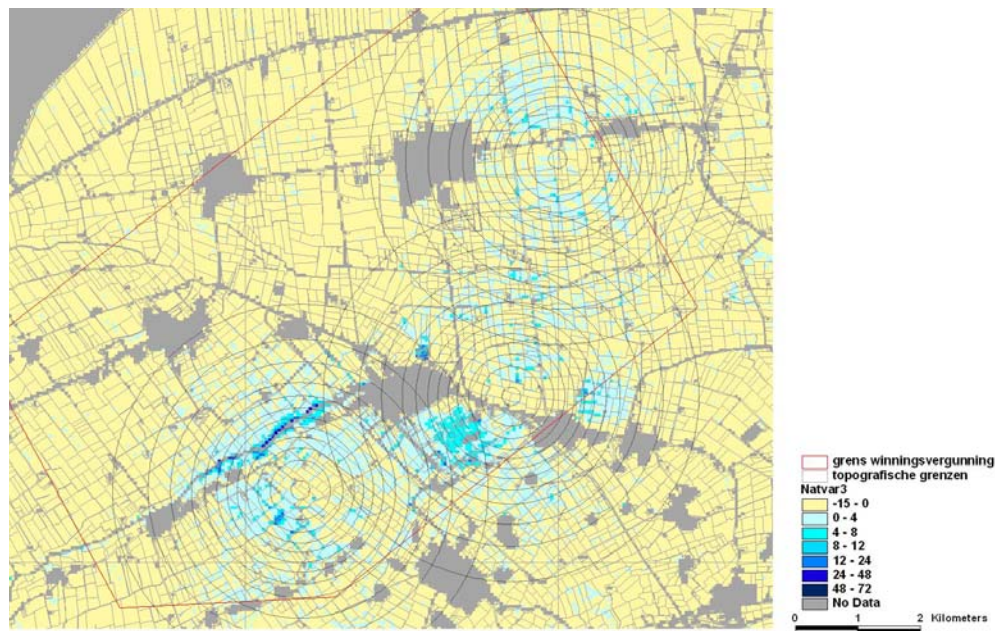
- Glastuinbouwgebied Berlikum
- Op natuur gestuurde peilvakken tussen Minnertsga en Jacobiparochie

afbeelding 4.44

Toename natschade variant 2
in %

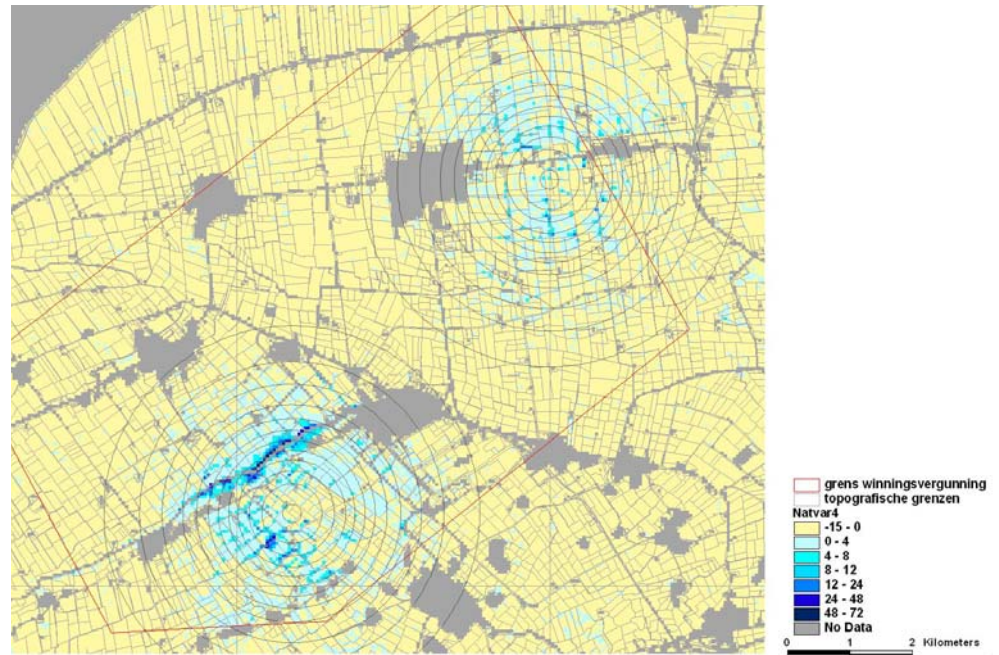
**afbeelding 4.45**

Toename natschade variant 3
in %

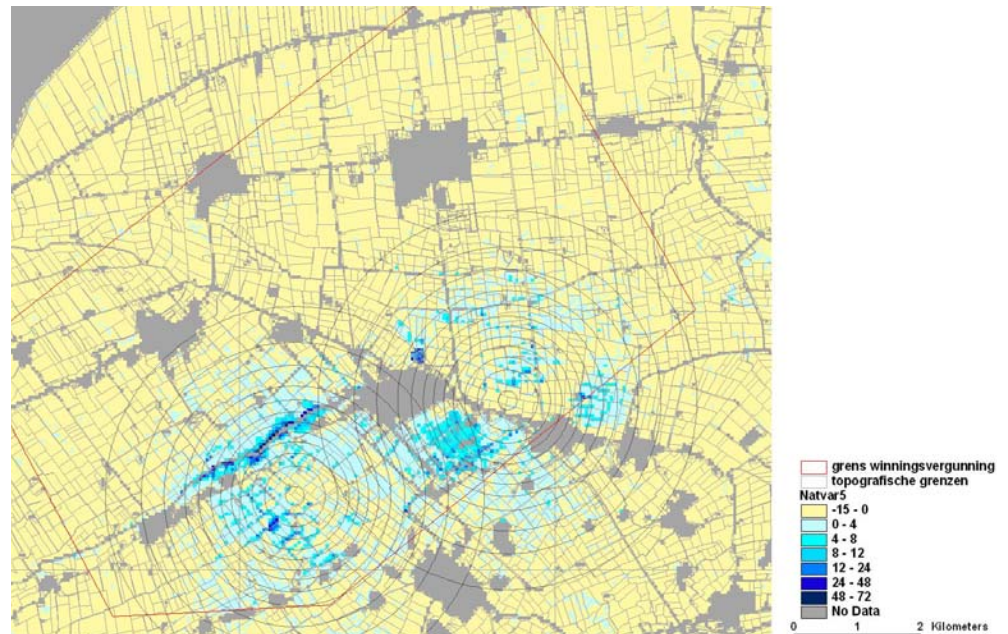


afbeelding 4.46

Toename natschade variant 4
in %

**afbeelding 4.47**

Toename natschade variant 5
in %



Bij variant 1 is de toename areaal natschade van alle varianten het grootst. De percentages toename zijn echter minder dan bij de andere scenario's. Rond noordwestelijk gelegen putlocatie A (afbeelding 1.4) neemt de natschade het sterkst toe. Dit gebeurt echter bij peilvakken waar vernatting wordt nagestreefd. Rond Het Ried bij putlocatie B neemt de natschade ook toe. Bij de varianten 1 en 2 blijft de toename echter relatief beperkt (in vergelijking met varianten 3, 4 en 5).

Variant 2 scoort positiever dan variant 1 op het areaal dat beïnvloed wordt. Ook de toename in natschade rond Het Ried treedt niet op. Wel is de natschade rond locatie A groter. Deze treedt echter net als bij variant 1 op waar peilen nu ook al opgezet worden.

Bij de varianten 3, 4 en 5 is het areaal waar de natschade toeneemt beperkter dan de varianten met meer winningslocaties. De toename in de grootte van de natschade is echter hoger. Vooral rond Het Ried is de toename groter. Daarom scoren deze varianten negatiever.

Conclusie

Redenerend vanuit de landbouwkundige opbrengst treedt er een verbetering op met de toename in grondwaterstanden. Deze wordt veroorzaakt door een afname in droogteschade.

Redenerend vanuit de optredende natschade scoort variant 2 het best. Ten opzichte van variant 1 treedt daar niet de toename op rond Het Ried. De varianten 3, 4 en 5 scoren vergelijkbaar slechter.

tabel 4.12

Afweging varianten op
landbouwkundige opbrengst

Score	Referentie	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
doelrealisatie	0	+	+	+	+	+
natschade	0	-	0/-	-	- -	- -
droogteschade	0	+	+	+	+	+

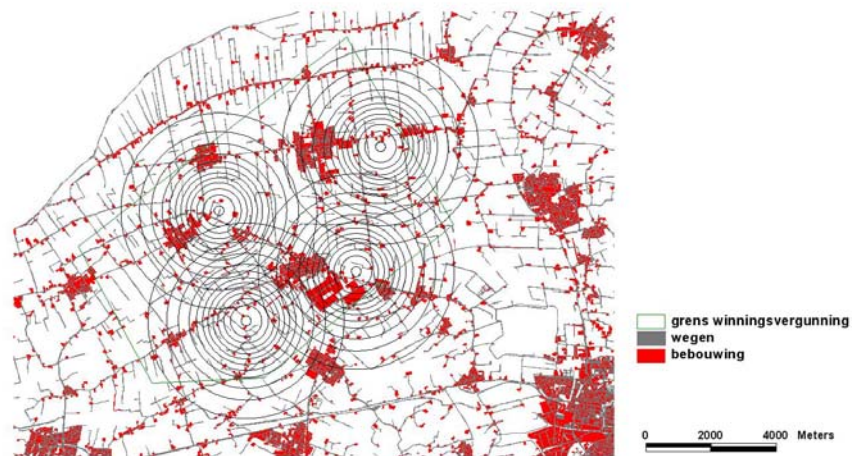
Ontwatering wegen en gebouwen

Effecten op de functies door bodemdalingsvarianten zijn bepaald. Dit met een grondwaterstand na bodemdaling die berekend is met MIPWA.

In afbeelding 4.48 zijn de wegen en bebouwing weergegeven. Deze hebben specifieke ontwateringseisen. Voor wegen is voldoende ontwatering nodig om vorstschade te voorkomen. We houden op basis van de eisen weergegeven in paragraaf 2.2.4. als minimaal benodigde ontwatering 0,70 m -mv. voor secundaire wegen en 1,00 m -mv. voor primaire wegen aan. Voor bebouwing is vochtschade relevant. De minimale ontwatering bedraagt 0,7 m -mv.

afbeelding 4.48

Aanwezige bebouwing en
infrastructuur



In afbeelding 4.49 is de ontwatering van wegen en bebouwing voor variant 1 weergegeven. Hierbij is met de gele kleur de ontwateringsklasse van 0,7 tot en met 1,0 meter beneden maaiveld aangegeven. Met de overige klassen zijn de gebieden aangegeven waarvoor de ontwatering voor gebouwen niet voldoet. Binnen de bebouwde gebieden en losstaande bebouwing voldoet de ontwatering overwegend. Een aantal wegen, openbare terreinen en waterpartijen binnen het stedelijk gebied voldoen niet aan de ontwateringseis. Door de celgrootte van het AHN is deze analyse goed genoeg om verschillen van de varianten binnen de stedelijke gebieden te bepalen.

Dit is een analyse op hoofdlijnen op basis van het AHN. Rekening houdend met de nauwkeurigheid en detailniveau van het AHN is dit een indicatie van de optredende ontwatering ter plaatse van bebouwing en wegen. Gezien de gewenste nauwkeurigheid voor effecten op bebouwing zal een onderdeel van het maatregelenplan moeten bestaan uit een gedegen analyse van de huidige ontwateringssituatie ter plaatse van bebouwing en de invloed van de ingreep hierop.

afbeelding 4.49

Ontwatering bebouwd gebied



Wel is duidelijk dat er binnen verschillende delen ter plaatse van de infrastructuur en bebouwing een afname in ontwatering aanwezig is. De mate van afname in ontwatering is voor alle varianten negatief. Vooralsnog is niet aan te geven in welke mate deze afname ter plaatse van de belangen precies is.

Tabel 4.13

Afweging varianten voor ontwatering bebouwing

Score	referentie	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
Ontwatering bebouwing en infrastructuur	0	-	-	-	-	-

HOOFDSTUK 5

Maatregelen

5.1 UITGANGSPUNTEN WETTERSKIP

Wetterskip Fryslân hanteert een aantal uitgangspunten voor waterhuishouding en bodemdaling in het landelijk gebied. In onderstaande paragrafen 5.1.1 en 5.1.2 zijn deze weergegeven. De uitgangspunten vormen een leidraad voor de op te stellen maatregelen die onderdeel zijn van het MER.

5.1.1 UITGANGSPUNTEN WATERHUISHOUDINGSPLAN LANDELIJKE GEBIEDEN

1 inleiding	Wetterskip Fryslân heeft een aantal uitgangspunten aangeleverd voor het opstellen van een waterhuishoudingsplan in landelijke gebieden. Deze zijn als uitgangspunten van het Wetterskip gepresenteerd voor de stuurgroep gebiedsontwikkeling Franeker/Harlingen. Het opstellen van een waterhuishoudingsplan is geen onderdeel van het op te stellen MER. Wel vormen de uitgangspunten van het Wetterskip een goede leidraad voor de op te stellen maatregelen. In onderstaande opsomming zijn de relevante uitgangspunten samengevat: ▪ Geen toename in verzilting, peilverlaging dient voorkomen te worden. ▪ Gebieden moeten voldoen aan de nieuwste normen voor wateroverlast. ▪ De drooglegging is geoptimaliseerd voor de functie, gestreefd wordt naar minimalisatie van nat- en droogteschade. ▪ Versnippering van peilgebieden blijft beperkt. ▪ Berging wordt gecreëerd door verbreding van watergangen, combineren van functie of verandering van functie. ▪ Nieuwe en te herprofilen watergangen moeten zoveel mogelijk natuurvriendelijk worden ingericht. ▪ Aanleg van vispassages bij nieuwe kunstwerken. In de uitwerking van de maatregelen worden deze punten gehanteerd als uitgangspunten voor deze op te stellen maatregelen.
2 onderzoeksopzet	
3 referentiesituatie	
4 effectbepaling zonder maatregelen	
5 maatregelen	
6 effectbepaling met maatregelen	
7 trechtering varianten	
8 conclusies	

5.1.2 RICHTLIJN COMPENSATIE BODEMDALING DOOR DELFSTOFFENWINNING

In de richtlijn “Compensatie bodemdaling door delfstofwinning” zijn de uitgangspunten van het waterschap opgenomen. Hieronder volgt een samenvatting:

- Een verandering in drooglegging van maximaal 5 cm mag optreden, bij meer wordt de schade door het Wetterskip geclaimd op de veroorzaker.
- Bij primaire en secundaire waterkeringen wordt volledige compensatie van de oorspronkelijke kerende hoogte geëist, vanaf 1 cm bodemdaling wordt herstel geclaimd. Dit houdt overigens niet in dat per cm ophoging plaatsheeft. Het moment van compensatie wordt samen met het Wetterskip bepaald.

- Een verandering in hoogte van de oever van maximaal 5 cm mag optreden, bij meer wordt de schade door het Wetterskip geclaimd op de veroorzaker.
- In geval van cumulatieve bodemdaling door meerdere winners dienen de bovenstaande grenzen als totaal maximum gezien te worden.

5.2

KNELPUNTEN

Uit de effectbepaling zonder maatregelen komen knelpunten naar voren. Samenhangend met de bodemdaling zijn er effecten die bij alle varianten als knelpunt aan te merken zijn. Het gaat dan om:

- Daling waterkeringen.
- Verandering doorvaart door daling bruggen.
- Op locaties afname levensduur drainage door scheefstelling percelen.
- Toename natschade (met als positief effect een toename in doelrealisatie).

Deze knelpunten hangen direct samen met de bodemdaling en zijn niet te voorkomen. Door ophoging, vergroting doorvaart bruggen en vernieuwing drainage zijn negatieve effecten van de daling wel aan te pakken (mitigeren of compenseren).

In onderstaande opsomming is voor de varianten weergegeven welke knelpunten volgen uit de indirecte effecten van bodemdaling.

Varianten 1 en 2

- De drooglegging in een aantal peilvakken is onvoldoende voor de aanwezige functies.
- Toename natschade van de landbouwkundige productie.
- Afname ontwatering van wegen en bebouwing.

Varianten 3, 4 en 5

- De drooglegging in een aantal peilvakken is sterk onvoldoende voor de aanwezige functies.
- Sterke toename natschade van de landbouwkundige productie.
- Sterke afname ontwatering van wegen en bebouwing.

Deze knelpunten bepalen dat de varianten 3, 4 en 5 vanuit droogleggingswensen en inundatierisico zonder maatregelen de landgebruiksfuncties niet duurzaam kunnen functioneren.

Bij compenserende maatregelen kan gedacht worden aan:

- Waterhuishoudkundige ingrepen ter verbetering van de afwatering en ontwatering voor de landgebruiksfuncties.
- Vergroting drainage-intensiteit voor waarborgen ontwatering.
- Functiewijzigingen om mee te bewegen met de effecten.
- Waterberging creëren ter compensatie van verzilting en wateroverlast.

5.3

MAATREGELEN OPPERVLAKTEWATERHUISHOUDING

Bij het toekomstig peilbeheer dient rekening gehouden te worden met klimaatverandering. Binnen de planperiode wordt specifieke aandacht gegeven aan verzilting en aantasting van bebouwing en natuur.

Wat betreft klimaat zijn de volgende aandachtspunten van belang:

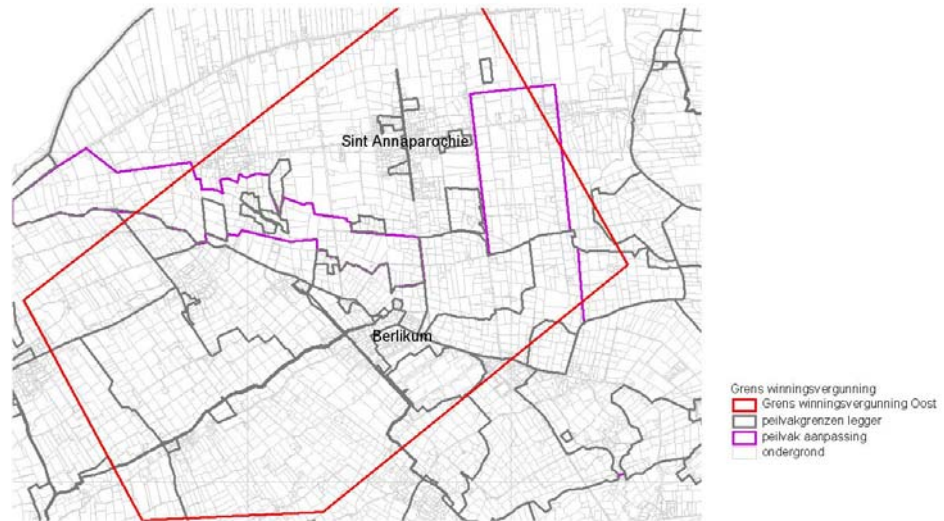
- Een robuust en veerkrachtig watersysteem wordt nagestreefd. Dit systeem is voldoende uitgerust om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen door technische en ruimtelijke maatregelen.
- Het minimaliseren van wateroverlast. In 2015 wordt voldaan aan de normen voor regionale wateroverlast. De eindsituatie van bodemdaling in combinatie met de voorgestelde maatregelen leiden tot een verbetering van drooglegging in het plangebied. De voorgestelde maatregelen zijn dan ook niet strijdig met dit voornemen.

Door de afname in drooglegging die gaat optreden door bodemdaling neemt het inundatierisico toe. Wanneer het areaal dat niet meer aan de droogleggingswens voldoet groter is dan de eisen van het Wetterskip, dan dient peilaanpassing plaats te vinden. Doordat bodemdaling door zoutwinning een gestaag proces is, kunnen gedurende de winningsperiode een aantal peilaanpassingen plaatsvinden.

In afbeelding 5.50 zijn met de grijze lijnen de huidige peilvakgrenzen aangegeven. In paars zijn aanpassingen weergegeven die voor de optimalisatie van de drooglegging voor de varianten overwogen kunnen worden. In de verdere uitwerking en analyses zijn deze grenzen aangehouden.

afbeelding 5.50

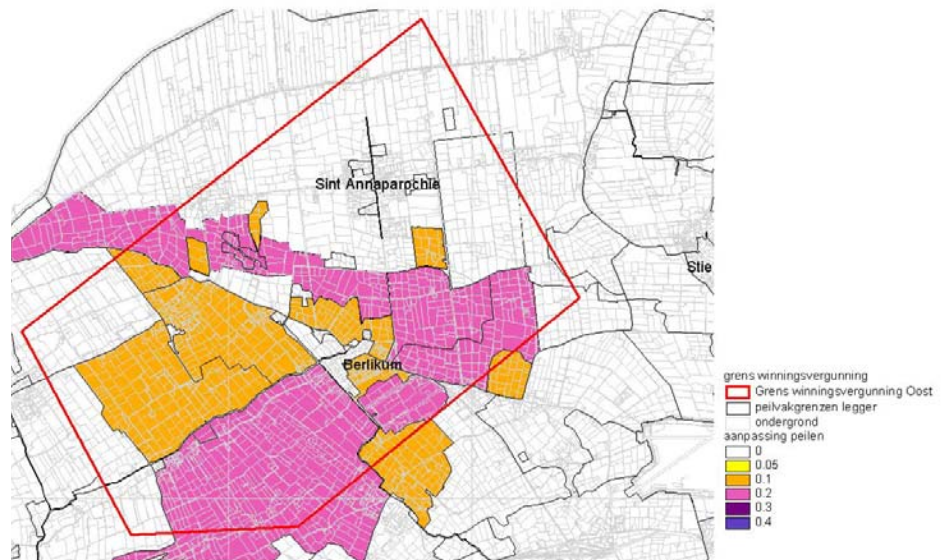
Peilvakaanpassing



In afbeelding 5.51 tot en met afbeelding 5.55 is per variant de benodigde cumulatieve peilaanpassing weergegeven in meters. Dit is de peilaanpassing die voor de eindsituatie van bodemdaling benodigd is om de gewenste drooglegging te realiseren. Het vormt een indicatie. Zo wordt niet bij alle peilvakken de afname in drooglegging of ontwatering geheel gecompenseerd. Voor het gebied als geheel wordt compensatie nagestreefd. Onderdeel hiervan kan ook opdeling van een peilvak zijn om beter aan de eisen van de functies te voldoen. Niet alleen peilaanpassingen voor de bodemdaling zijn opgenomen, een aantal komen voort uit knelpunten die ook in de referentiesituatie aanwezig zijn.

afbeelding 5.51

Peilaanpassing en
peilvakindeling variant 1

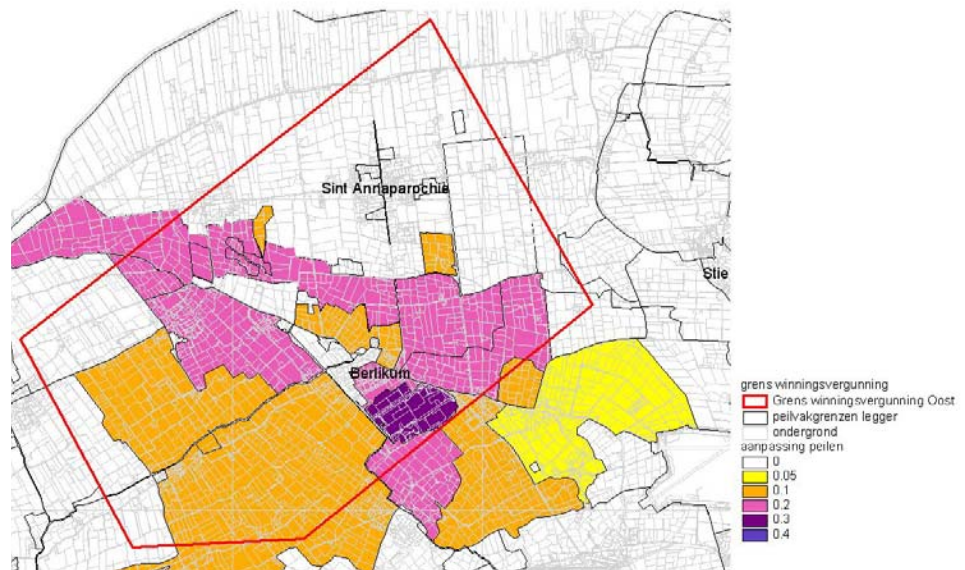


In variant 1 wordt in het lager gelegen gebied ten noorden van Berlikum en Minnertsgea een extra peilvak gecreëerd. Dit om de huidige drooglegging in de referentiesituatie voor deze zone te optimaliseren. En de afname in drooglegging na bodemdaling is in deze zone lokaal op te lossen.

De peilverlagingen zijn in meters weergegeven in de aangegeven legenda.

afbeelding 5.52

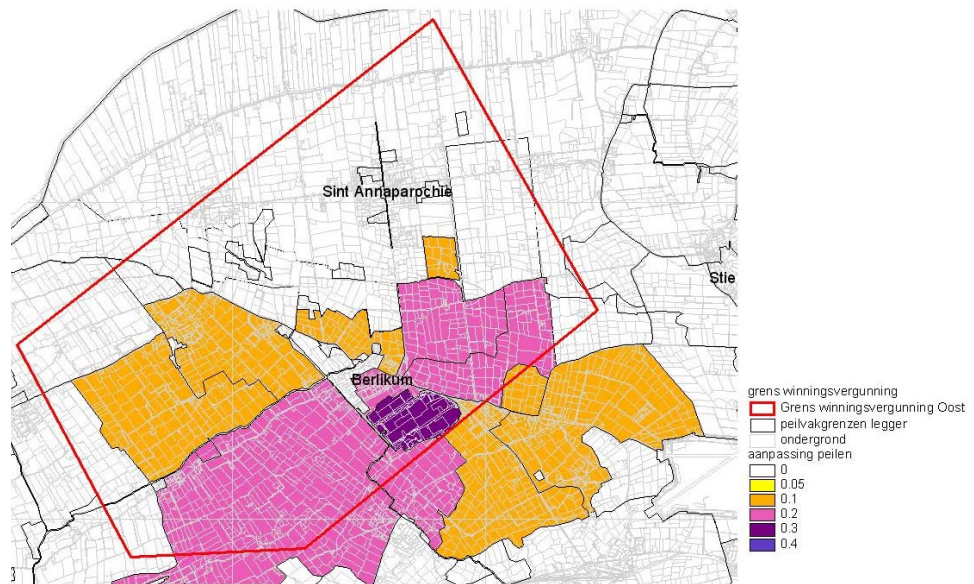
Peilaanpassing en
peilvakindeling variant 2



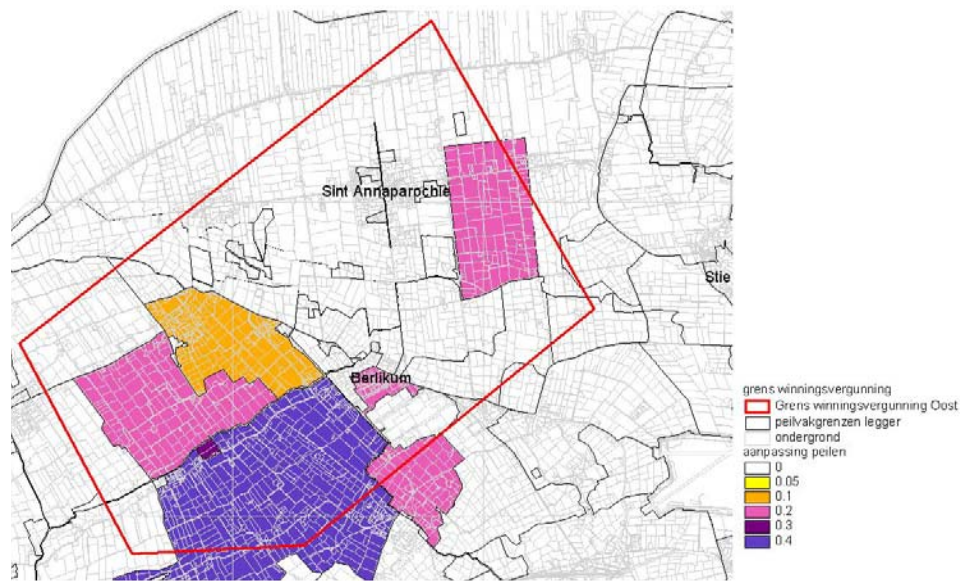
In het peilvak waarin het glastuinbouwgebied Berlikum is gelegen wordt de oppervlaktewaterstand op scherp gestuurd. Een peilaanpassing in dit gebied zal de bodemdaling min of meer volgen.

afbeelding 5.53

Peilaanpassing en
peilvakindeling variant 3

**afbeelding 5.54**

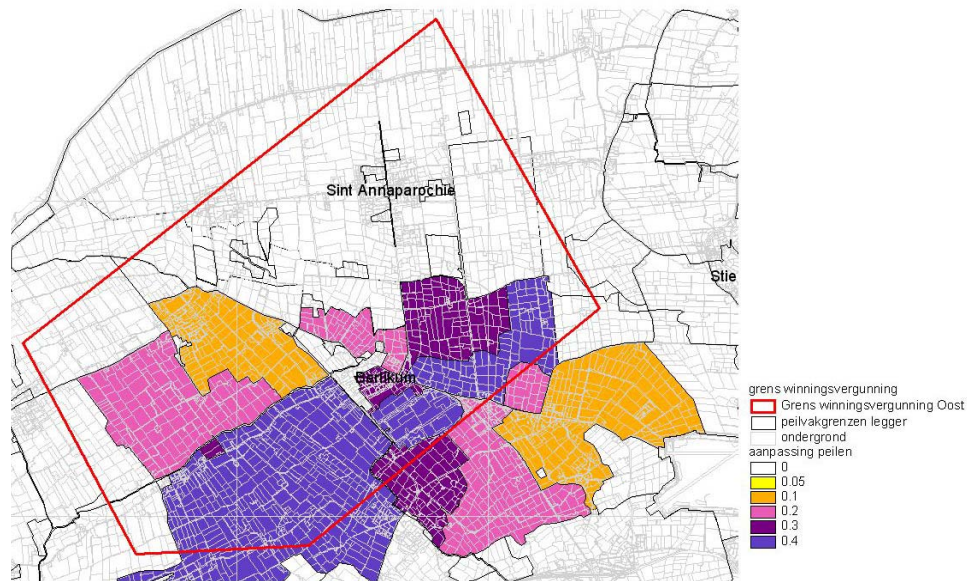
Peilaanpassing en
peilvakindeling variant 4



In de noordoosthoek van het gebied is rond de noordelijk gelegen winningslocatie C (zie afbeelding 1.4) een extra peilvak opgenomen. Hier dient het peil te dalen met 0,20 meter voor een acceptabele drooglegging. Dit impliceert tevens een onderbemaling omdat afwatering onder vrij verval niet mogelijk is naar de omliggende peilvakken.

afbeelding 5.55

Peilaanpassing en
peilvakindeling variant 5



5.4

MAATREGELEN ONTWATERING

De maatregelen om de ontwatering te verbeteren bestaan uit:

- Wanneer drooglegging afneemt, kan drainage ondieper en intensiever aangelegd worden om een goede ontwatering te realiseren.
- Wanneer de drooglegging gelijk blijft kan door het intensiveren van drainage de ontwatering verbeterd worden.

In veel van de gebieden is de ontwatering voldoende. Dit blijkt ook uit de analyse van doelrealisatie (nat- en droogteschade). Daar waar nu knelpunten in de ontwatering worden ervaren zijn twee oplossingen mogelijk:

1. De percelen zijn in de huidige situatie gedraineerd. Afhankelijk van moment van aanleg en levensduur is vernieuwing op termijn aan de orde. Door bodemdaling kan het moment van afschrijving van huidige drainage op locaties eerder aan de orde zijn. In het maatregelenplan worden deze locaties in beeld gebracht en maatregelen getroffen. In lijn met de huidige ontwikkelingen zal de nieuwe drainage intensiever worden aangelegd. Binnen een bodemdalingsgebied kan dit op termijn zelfs anticiperend op de bodemdaling waardoor de levensduur gewaarborgd blijft.
2. De percelen die in de huidige situatie niet gedraineerd. Bij het optreden van bodemdaling zal aanleg van drainage overwogen moeten worden. Binnen een bodemdalingsgebied zelfs anticiperend op de bodemdaling waardoor de levensduur gewaarborgd blijft.

Drainage

In een groot deel van het gebied is drainage aanwezig. Op termijn neemt het aandeel gedraineerde percelen toe en zal ook de intensiteit toenemen [Drainage in Fryslân, inventarisatie]. Voor een goede borging van de gewenste grondwatersituatie op de percelen zijn drooglegging en ontwatering maatgevend.

De drooglegging bepaalt in hoeverre het water afgevoerd gaat worden en bepaalt tevens de opbolling tussen de watergangen. Drainage is een manier om de gewenste ontwatering met een grotere intensiteit te borgen dan alleen met de watergangen. Omdat de drainage relatief diep ligt, zal tot relatief diep ontwaterd worden.

Door bij vernieuwing te kiezen voor een intensievere en hogere drainage met instandhouding van de afvoer (drooglegging) kan de ontwatering op een meer gewenst peil geborgd worden. Het aanpassen van drooglegging om te sturen op ontwatering is in deze gebieden gezien de doorlatendheid minder succesvol.

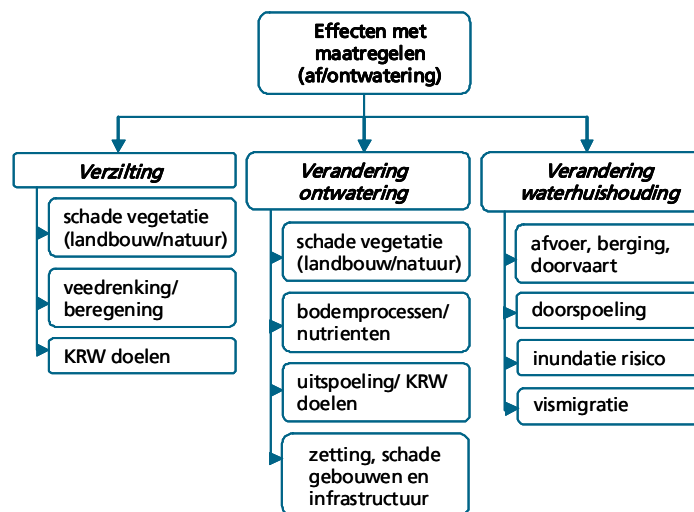
HOOFDSTUK HOOFDSTUK

6 Effectbepaling met maatregelen

1 inleiding
2 onderzoekopzet
3 referentiesituatie
4 effectbepaling zonder maatregelen
5 maatregelen
6 effectbepaling met maatregelen
7 trechtering varianten
8 conclusies

De directe effecten zijn voor de situatie met maatregelen zijn gelijk aan de directe effecten zoals beschreven in paragraaf 4.2.

In onderstaand figuur is weergegeven hoe de indirecte effecten na het nemen van maatregelen met elkaar samenhangen. Per criterium zijn de effectrelaties beschreven.



6.1 WATERKWALITEIT/VERZILTING

Of effecten die door een toename in chlorideconcentraties optreden, is afhankelijk van de chloridenconcentraties en de functie-eisen;

- Het ondiepe grondwater (bepalend voor de vegetatie).
- In het oppervlaktewater (bepalende voor veedrenking).

Wanneer de referentiesituatie (hoofdstuk 3) vergeleken wordt met de landbouwkundige eisen dan valt op:

- Het zoet-zout grensvlak ligt overwegend dieper dan 5 m -mv. Het grondwater is daardoor als zoet aan te merken. Het voldoet daarmee aan de functie-eisen zoals aangegeven in tabel 2.3.
- Het oppervlaktewater voldoet vooral buiten het plangebied niet aan de eisen. Het gaat hier om gebieden ten noorden van de Oudebildtdijk (op enkele locaties concentraties groter dan 4000 mg/l). Ook het gebied ten zuiden van de voormalige Middellzee kent

hogere concentraties chloride in het oppervlaktewater. Het gaat in dit laatste gebied om waarden tussen 500 en 1500 mg/l. Binnen het plangebied zijn lokaal op enkele locaties verhoogde gehalten waargenomen in een droge zomer. Zie ook afbeelding 3.8.

Door de peilaanpassing en bodemdaling treedt een verandering op in kwel en infiltratie. Dit is modelmatig berekend voor de lijnmodellen zoals aangegeven in paragraaf 3.2.

Uit de berekeningen met deze profielen valt het volgende te concluderen:

- Bodemdaling (0,30 meter) en peilverlaging heeft vooral effect op de waterlopen waar peilverlaging is toegepast. Dit resulteert in een maximale kweltoename van ongeveer 0,06 mm/dag, een maximale chloridenconcentratie toename van ongeveer 300 mg/l. Dit maximum treedt op in de drainerende watergangen ten zuiden van de voormalige Middelzee.
- Ruimtelijke verschillen in gevoeligheid voor verzilting komen naar voren, deze zijn afhankelijk van bodemopbouw, nabijheid Waddenzee en peil oppervlaktewater. In nadere uitwerking worden deze locatiespecifieke factoren meegenomen in de afweging van varianten.

Uit de berekeningen komt naar voren dat in het gebied met drainerende watergangen, gelegen in de slenk ten zuiden van de voormalige Middelzee bij peilverlaging de stroming naar het oppervlaktewater toeneemt. In het grondwater dat door de watergangen gedraineerd wordt, neemt de concentratie toe met maximaal 300 mg/l. Dit leidt tot een toename van de behoefte aan doorspoeling. De huidige berekende maximale kwelhoeveelheid in dat gebied varieert van 0,5 tot 1,0 mm/dag. Met een maximale toename van 0,06 mm/dag omvat dit een lokale toename van kwel naar het oppervlaktewater met circa 5 à 10 procent. Ten opzichte van de benodigde aanvoer door open water verdamping die ordegrootte mm's per dag is, blijft deze maximale toename in vracht beperkt.

Verder blijkt uit de berekeningen dat het oostelijk profiel minder gevoelig is voor de toename in chloridgehalten en de fluxen naar het oppervlaktewater. Dit wordt met name veroorzaakt door de zuidelijke winningslocatie. Dit valt waarschijnlijk te verklaren door de hogere deklaagweerstand voor het zuidelijke gebied (locaties B en C).

Conclusies

Op het ondiepe grondwater zijn er voor geen van de varianten negatieve effecten. Er treedt geen verzilting op van de voor functies benodigde zoetwatervoorraad.

In het oppervlaktewater kunnen de chloridgehalten toenemen wanneer er geen sprake is van doorspoeling. De toename in gehalten chloride is dankzij de beperkte toename in kwelflux beperkt. Er is echter wel sprake van een lokale toename in chloridgehalten die bestaat voor variant 1 uit een fluxtoename van 0,06 mm/dag (toename 5 à 10 procent) met een gehalte van 300 mg/l. Dit leidt niet tot gebruiksbeperkingen (verzilting). Omdat het een potentiële toename is in gehalten is dit voor varianten 1 en 3 als licht negatief beoordeeld (ten opzichte van de autonome situatie).

Bij varianten 4 en 5 is de benodigde peilverlaging het grootst, dit is beoordeeld als negatief omdat de toename in chloridgehalten naar het oppervlaktewater het grootst is.

tabel 6.14

Afweging varianten na ingreep

Score	referentie	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
grondwater	0	0	0	0	0	0
oppervlaktewater	0	0/-	-	0/-	--	--

Waterkwaliteit KRW

De effecten op de waterkwaliteit zijn vergelijkbaar als beschreven in paragraaf 4.3.1.

Door de afname in ontwatering treedt een afname in uitspoeling op van nutriënten waar het gebied gevoelig op is. Doordat maatregelen genomen worden om de ontwatering voor de functies te optimaliseren is de verbeteringen in waterkwaliteit beperkter dan bij de beschreven situatie zonder maatregelen.

tabel 6.15

Afweging varianten op waterkwaliteit KRW

Score	referentie	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
KRW/Droogval	0	0	0/+	0	0/+	0/+
nutriënten	0	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+

6.2**WATERHUISHOUDING**

De peilaanpassing is gericht op een optimale drooglegging die aansluit op de functiewensen. Zoals eerder aangegeven is niet voor alle peilvakken compensatie ten opzichte van de referentiesituatie nagestreefd.

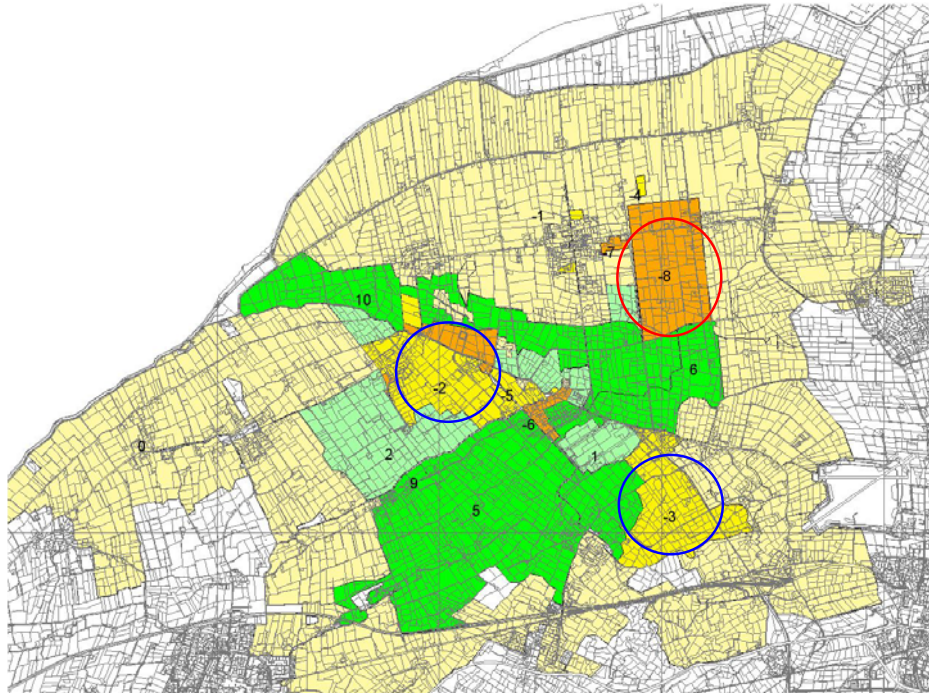
Drooglegging

De nieuw voorgestelde peilen na bodemdaling zijn getoetst aan de huidige drooglegging. Per peilvak is vast te stellen of er een verbetering of verslechtering plaatsvindt.

In onderstaande afbeeldingen is weergegeven wat de procentuele verandering tussen de referentiesituatie en bodemdaling met maatregelen is van het areaal dat niet voldoet aan de droogleggingwens. Een positieve waarde is een toename in areaal dat voldoet aan de droogleggingwens van de functies. Bij negatieve waarden was een aanpassing niet aan de orde of leidde tot negatieve effecten op een goede afwatering.

afbeelding 6.56

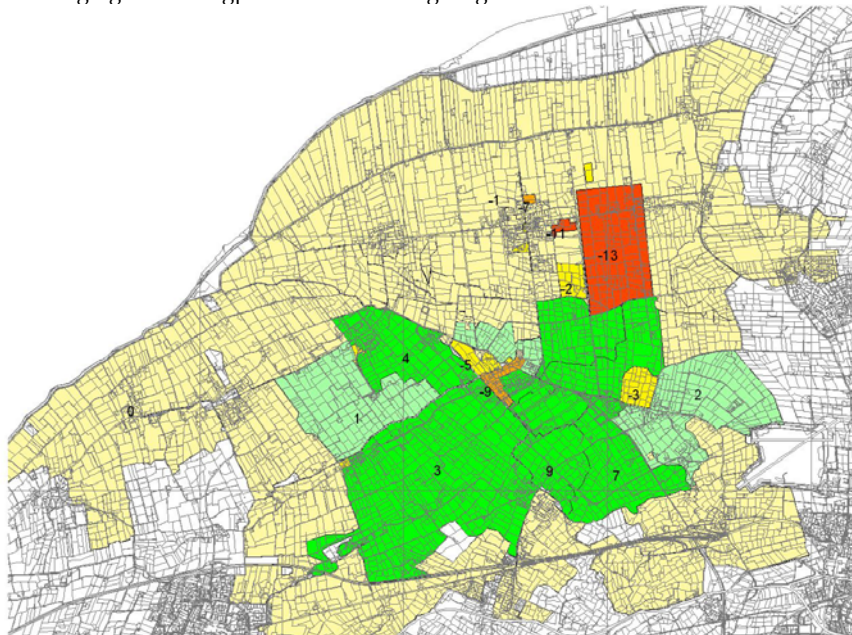
Verandering areaal dat voldoet
aan droogleggingwens
variant 1



In rood omcirkeld zijn de gebieden aangegeven waar geen verbetering mogelijk was zonder een onderbemaling. Aan de blauw omcirkelde gebieden is geen of een beperkte peilverlaging vanuit oogpunt van afwatering toegekend.

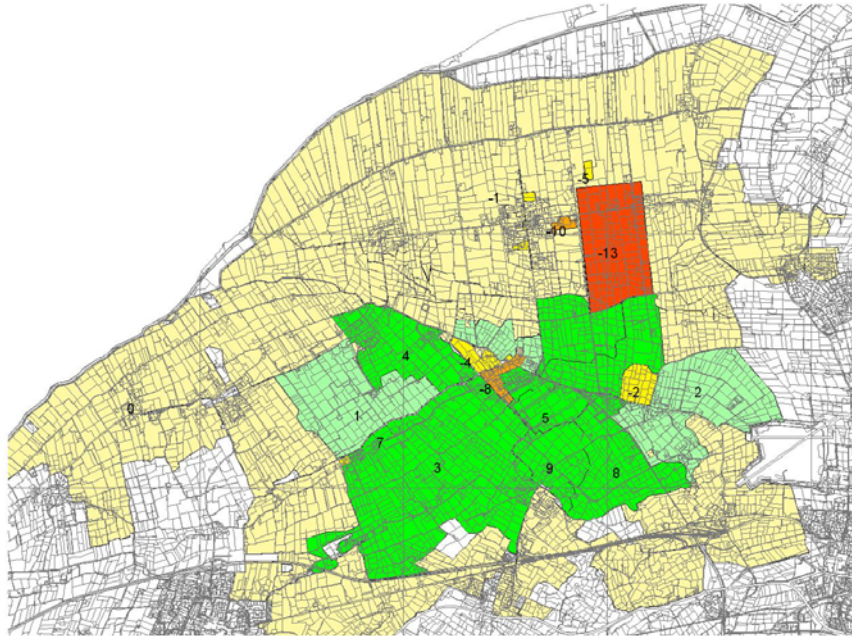
afbeelding 6.57

Verandering areaal dat voldoet
aan droogleggingwens
variant 2

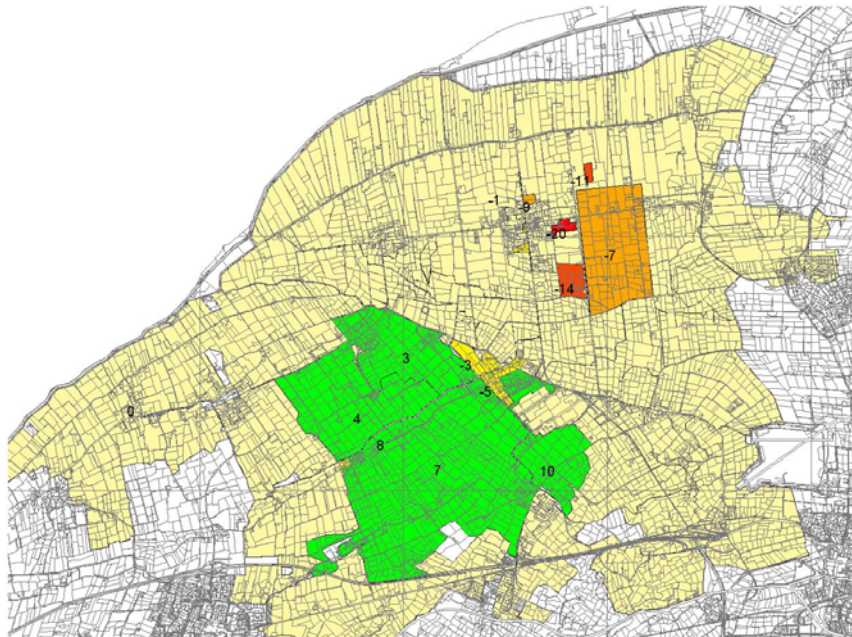


afbeelding 6.58

Verandering areaal dat voldoet
aan droogleggingwens
variant 3

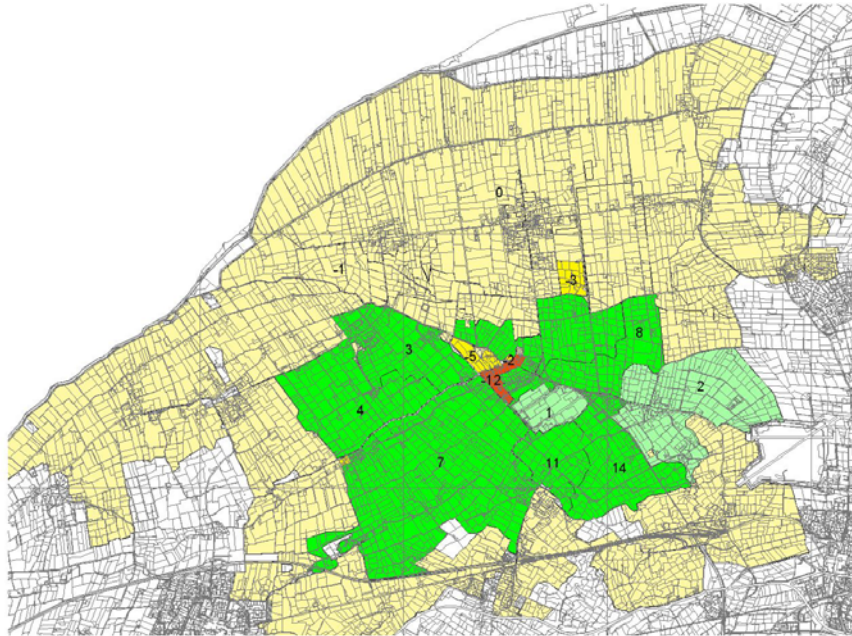
**afbeelding 6.59**

Verandering areaal dat voldoet
aan droogleggingwens
variant 4



afbeelding 6.60

Verandering areaal dat voldoet
aan droogleggingwens
variant 5

**HAALBAARHEID**

Om aan de droogleggingwens te voldoen, moeten de peilen verlaagd worden met de in paragraaf 5.3 weergegeven waarden.

Vanuit het streven naar een duurzaam watersysteem zijn deze verlagingen echter niet bij alle varianten mogelijk. Een vergelijking tussen het winterpeil van de verschillende peilvakken laat zien dat niet op alle locaties de benodigde peilaanpassing mogelijk is zonder de huidige afwatering te verslechteren (verhang tussen peilvakken neemt af of wordt negatief). De voor variant 4 en 5 benodigde peilaanpassing voor het peilvak ten zuiden van Berlikum leidt ertoe dat dit peilvak niet meer onder vrij verval kan afwateren.

Afwatering

Voor het beoordelen van de effecten op de oppervlaktewaterhuishouding is een analyse uitgevoerd van de gevolgen van de peilaanpassingen op de oppervlaktewaterhuishouding. Met behulp van de aanwezige gegevens is het niet mogelijk een kwantitatieve analyse uit te voeren voor deze effecten en aanwezige knelpunten te berekenen.

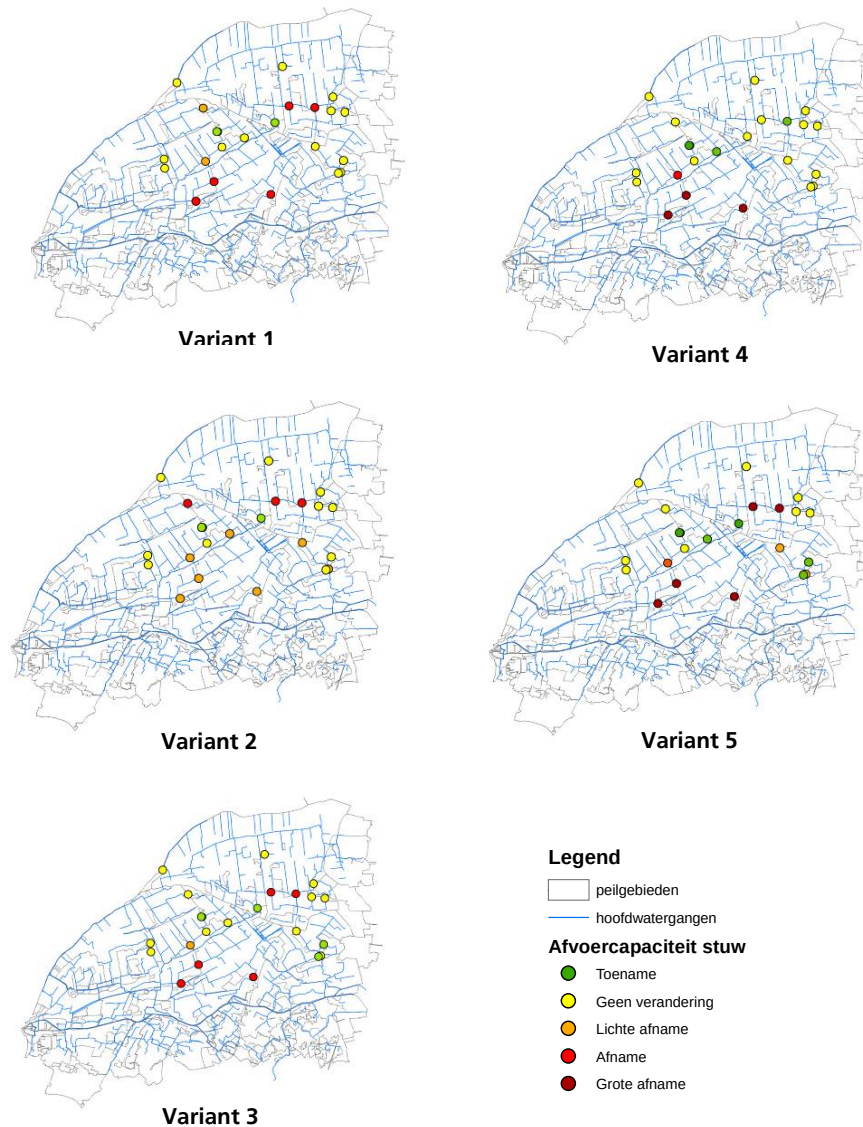
De verandering in afvoercapaciteit van het watersysteem is daarom kwalitatief bepaald door het peilverschil tussen de peilgebieden vast te stellen. Dit verschil is berekend voor de vijf varianten op de locaties van stuwen. Uitgangspunt is dat de stuwen veelal het beperkende criterium zijn voor de afvoercapaciteit. Bij de voorgestelde aanpassing van peilgebieden neemt het peilverschil tussen de peilgebieden af. Dit leidt er toe dat stuwen ten opzichte van de huidige situatie eerder verdrinken waardoor de afvoercapaciteit daalt. Dit kan een beperking vormen voor de mogelijkheid water aan te voeren naar de gemalen zonder een peilstijging ten opzichte van de huidige situatie.

De aanpassing van de peilgebieden heeft gevolgen voor de afvoercapaciteit. Voor de stuwen (scheidingen van een peilgebied) in het onderzoeksgebied is de verandering in

afvoercapaciteit als gevolg van de peilaanpassingen bepaald. In afbeelding 6.61 is deze verandering weergegeven.

afbeelding 6.61

Knelpunten afwatering



Bij deze varianten dient opgemerkt te worden dat de aangegeven afname in afvoercapaciteit van de stuwen in het meest zuidelijke peilvak als knelpunt is aangegeven. Hierbij is echter geen rekening gehouden met de peilaanpassingen die nog zullen volgen in het bodemdalingsgebied Barradeel II. Het is voornamelijk nog niet bekend wat deze daling is, maar deze zal in ieder geval voldoende ruimte voor afwatering opleveren.

De knelpunten bij de stuwen rond winningslocatie A zijn alleen met aanvullende maatregelen op het zelfde niveau te brengen als de referentiesituatie. Variant 2 scoort om deze reden negatiever dan varianten 1 en 3.

Naast de afvoer van water zal in droge perioden aanvoer van water nodig zijn om het oppervlaktewatersysteem te doorspoelen. Aanvoer vindt plaats vanaf de boezem. Binnen het peilgebied nabij gemaal Zwarte Haan waar verzilting als probleem wordt ervaren, en waar actief doorspoeling plaatsvindt, treden geen veranderingen op. Het peilverschil met de boezem blijft ook gelijk. In het gebied rond winningslocatie A volgt uit de berekeningen een potentiële toename in chloridenconcentraties naar het oppervlaktewater. Aangezien deze gebieden direct grenzen aan de boezem en het peilverschil niet verandert, blijft doorspoeling gewaarborgd. Door de directe ligging naast de boezem is er voldoende kwaliteit en kwantiteit voorhanden.

In geval van watertekort binnen het gehele gebied veranderen de inlaatmogelijkheden niet. De peilverschillen tussen de peilvakken blijven vergelijkbaar, stromingsrichtingen keren niet om en ook blijft het peil op de boezem hoger dan de peilen in de omliggende gebieden.

tabel 6.16

Afweging varianten op
waterhuishoudkundige
effecten

Score	referentie	variant1	Variant2	Variant3	Variant4	Variant5
drooglegging/inundatie	0	0	0	0	0	0
afwatering	0	0/-	-	0/-	--	--
doorspoeling	0	0	0	0	0	0

6.3

VERANDERING ONTWATERING

Effecten op de grondwaterstanden voor de verschillende bodemdalingsvarianten zijn berekend met een grondwatermodel. Dit is uitgevoerd voor een gemiddelde grondwaterstand in de stationaire situatie. In onderstaande afbeeldingen is de verandering in grondwaterstand weergegeven ten opzichte van de referentiesituatie. Met groentinten is de toename in grondwaterstand weergegeven en in oranje tinten de afname.

afbeelding 6.62

Verandering ontwatering
variant 1

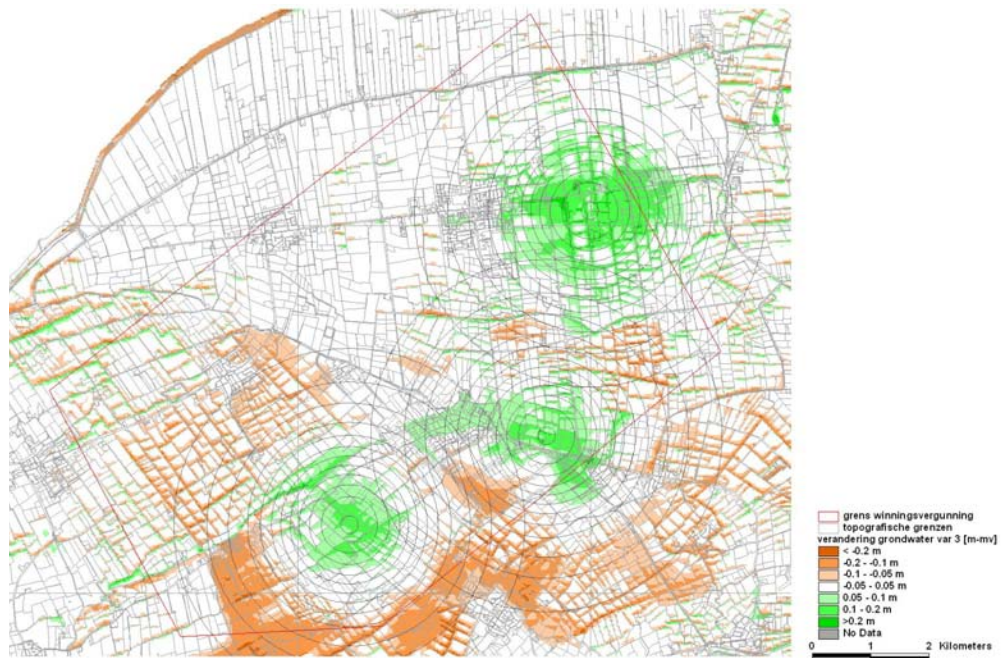


Afbeelding 6.63

Verandering ontwatering
variant 2

**afbeelding 6.64**

Verandering ontwatering
variant 3



afbeelding 6.65

Verandering ontwatering
variant 4



afbeelding 6.66

Verandering ontwatering
variant 5



Deze verandering in grondwaterstanden leidt tot effecten op ontwatering van de aanwezige functies. Hierna zijn de effecten van deze verandering uitgewerkt.

Vernatting vegetatie (landbouw/natuur)

Door de maaiveldaling treedt een afname van de ontwatering op waardoor de grondwaterstanden op de standplaatsen van vegetatie dichter aan het maaiveld komen. Dit heeft voor de na te streven natuurgebieden die bestaan uit natte graslanden een positief effect.

Voor de meest gunstige varianten 1 en 3 die vanuit waterhuishouding haalbaar zijn, zijn de effecten op de landbouwkundige opbrengst bepaald.

Variant 1: HELP-tabel perspectief

Door de stijging van grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld (afname ontwatering) neemt in perioden met hoge grondwaterstanden zonder maatregelen de natschade in de gebieden rond het centrum van de dalingsschotel toe (afbeelding 6.68). Aan de rand van de bodemdalingsschotel neemt deze af. Gevolg is dat in periodes met lage grondwaterstanden de droogteschade in het centrum van de winningslocaties kleiner wordt (afbeelding 6.69). De toename in natschade is kleiner dan de afname in droogteschade. Dit leidt tot een afname in totale schade en daarmee toename in doelrealisatie in de gebieden rond het centrum van de bodemdalingsschotel. Aan de rand van de bodemdalingsschotels vindt een afname in doelrealisatie plaats ten gevolge van een meer overheersende toename in droogteschade.

Voor variant 1 treedt een nettoverbetering in doelrealisatie op, voornamelijk door een relatief grote afname in droogteschade ten opzichte van de toename in natschade.

Variant 1: Perspectief agrariërs

In tegenstelling tot bovenstaande benadering conform HELP-tabel, waarbij doelrealisatie afhankelijk is van de nat- en droogteschade, hebben de agrariërs aangegeven de droogteschade niet te ervaren. De toename in natschade weegt daarbij bij de agrariërs zwaarder dan de afname in droogteschade. De toename in doelrealisatie wordt dus gevoelsmatig anders ervaren.

afbeelding 6.67

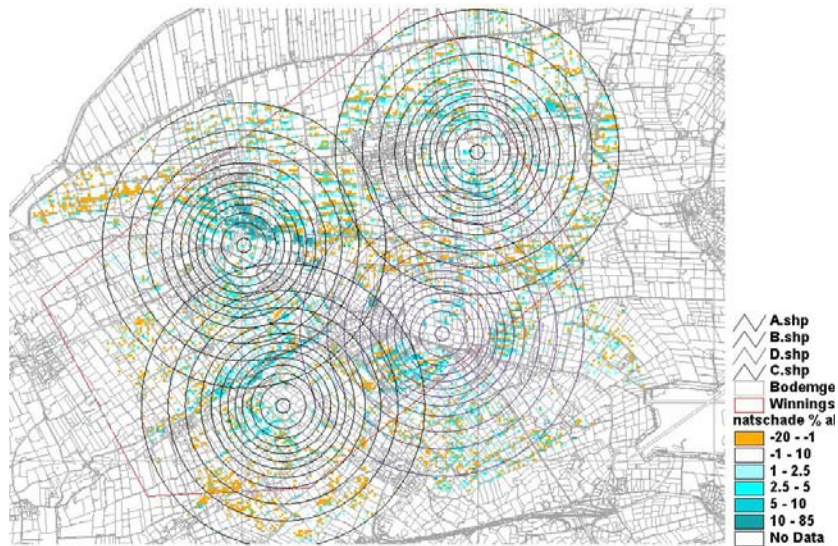
Verandering doelrealisatie
variant1



afbeelding 6.68

Verandering natschade variant

1



afbeelding 6.69

Verandering droogteschade

variant 1

**Variant 3: HELP-tabel perspectief**

Rond het centrum van de dalingsschotels B en D is de afname in ontwatering beperkt. Hierdoor neemt in perioden met hoge grondwaterstanden de natschade in de gebieden rond het centrum van de schotel beperkt toe. In het noordelijke deel binnen bodemdalingsschotel C neemt de natschade over een groter oppervlak binnen de schotel toe.

Door de daling van grondwaterstanden in de droge periode in de zuidelijke gebieden buiten het centrum van de bodemdalingsschotels B en D neemt de droogteschade toe. In het noordelijke deel binnen bodemdalingsschotel C neemt de droogteschade af.

Dit leidt in het noordelijke deel (locatie C) tot de toenemende doelrealisatie ten gevolge van een sterkere afname in droogteschade ten opzichte van de toename in natschade. In het

zuidelijke deel (locaties B en D) neemt de doelrealisatie af door een toename in droogteschade aan de randen van de bodemdalingschotel.

Voor variant 3 leidt de verandering in nat- en droogteschade niet tot een verandering in doelrealisatie voor het totale gebied.

Variant 3: Perspectief agrariërs

In tegenstelling tot bovenstaande benadering conform HELP-tabel hebben de agrariërs aangegeven de droogteschade niet te ervaren. De toename in natschade weegt daarbij bij de agrariërs zwaarder dan de afname in droogteschade. Gevoelsmatig zal deze variant waarbij de afname in doelrealisatie voor een groot deel veroorzaakt wordt door de toename in droogteschade daarom als positief worden beoordeeld.

afbeelding 6.70

Verandering doelrealisatie
variant 3



afbeelding 6.71

Verandering natschade variant
3



afbeelding 6.72

Verandering droogteschade
variant 3

**Conclusie doelrealisatie**

Voor variant 1 treedt een nettoverbetering in doelrealisatie op, voornamelijk door een relatief grote afname in droogteschade ten opzichte van de toename in natschade.

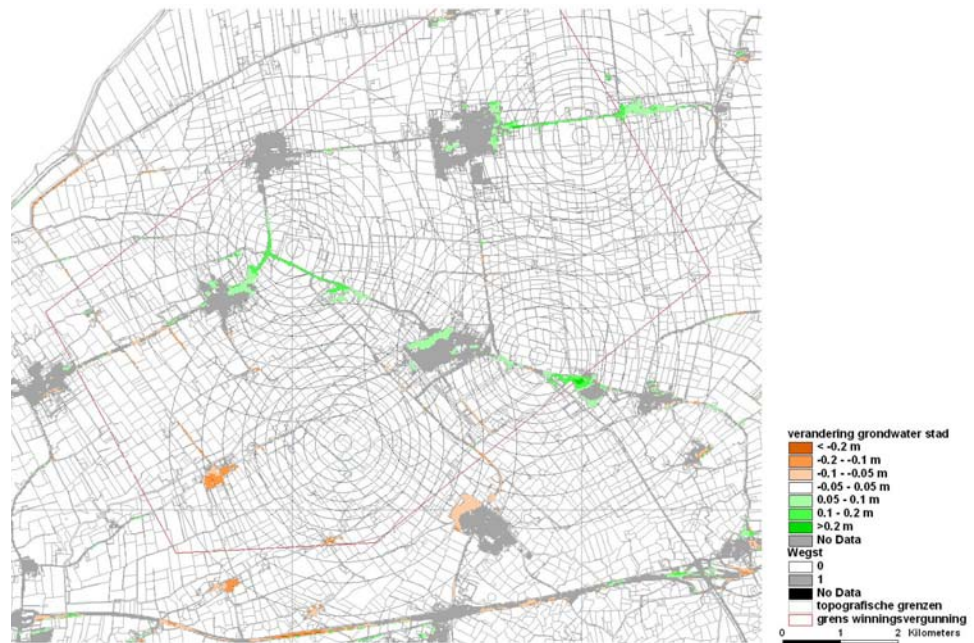
Voor variant 3 leidt de verandering in nat- en droogteschade niet tot een verandering in doelrealisatie voor het totale gebied.

Ontwatering wegen en gebouwen

In afbeelding 6.73 is de verandering in ontwatering van wegen en bebouwing voor variant 1 weergegeven. In het overgrote deel vindt er geen verandering plaats.

afbeelding 6.73

Verandering grondwaterstand
ter plaatse van bebouwing en
wegen voor variant 1

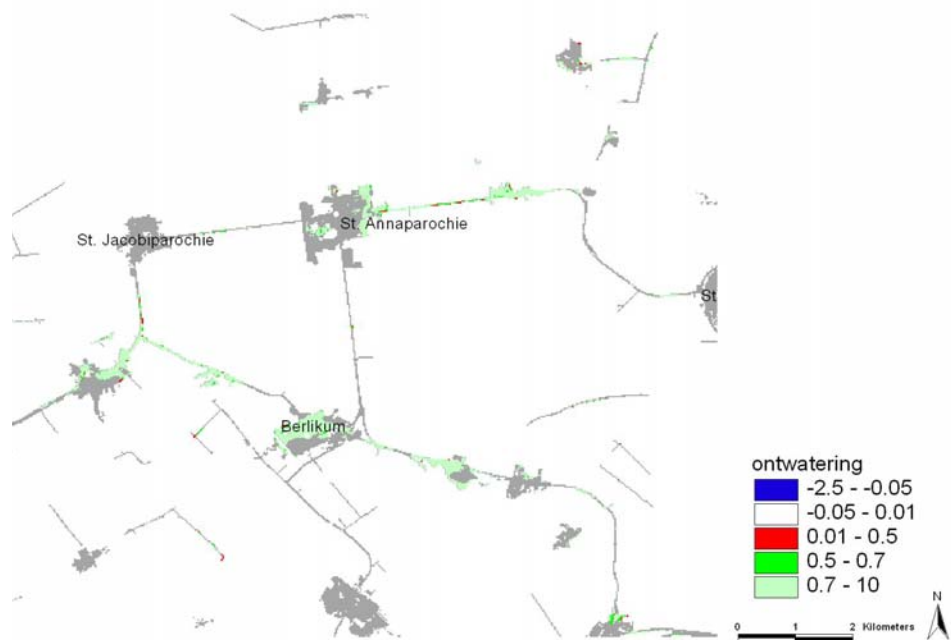


De veranderingen in ontwatering zoals weergegeven in afbeelding 6.73 zijn getoetst aan de ontwatering na de ingreep. In afbeelding 6.74 is de ontwatering ter plaatse van de bebouwing weergegeven voor de gebieden waar een verandering in grondwaterstand optreedt. Binnen de stedelijke gebieden en losstaande bebouwing voldoet de ontwatering overwegend aan de eis van 0,7 m -mv. Met de lichtgroene kleur is deze klasse aangegeven. De overige kleuren zijn een indicatie voor een ontwatering die kleiner is.

De gebieden waar niet aan de ontwateringseis voldaan wordt, blijken overwegend buiten de bebouwde gebieden te liggen. Lokaal wordt bij wegen niet aan de norm voldaan. Het niet voldoen aan de norm wordt daarbij niet veroorzaakt door de afname in ontwatering maar hierdoor versterkt. In het op te stellen inrichtingsplan na de m.e.r. dient in detail naar de ontwatering van de wegen gekeken te worden en waar nodig de ontwatering verbeterd.

afbeelding 6.74

Toetsing ontwatering bij
bebouwing variant 1



Vooralsnog is met de hoogteskaart niet meer dan met een indicatie aan te geven in welke mate deze afname ter plaatse van de belangen plaatsheeft.

HOOFDSTUK 7

Trechtering varianten winningsgebied Oost

1 Inleiding

2 onderzoeksopzet

3 referentiesituatie

4 effectbepaling zonder maatregelen

5 maatregelen

6 effectbepaling met maatregelen

7 trechtering varianten

8 conclusies

In dit hoofdstuk is de trechtering van de varianten tot alternatieven beschreven. Het doel van de trechtering is om de effecten van varianten én de locaties inzichtelijk te maken. Wanneer voor de varianten en de locaties daarbinnen de gevoeligheden duidelijk zijn dan kan vanuit dat inzicht input geleverd worden voor een later in het MER op te stellen meest milieuvriendelijk alternatief (MMA)

Allereerst is de situatie zonder maatregelen weergegeven. Hieruit komt de gevoeligheid voor de effecten in de referentiesituatie op bodem en water naar voren voor de alternatieven en de afzonderlijke locaties.

Vervolgens worden de effecten met maatregelen voor de alternatieven en de locaties vergeleken.

7.1 EFFECTEN ZONDER MAATREGELEN

7.1.1 EFFECTSCORES

In onderstaande tabel zijn de effectscores weergegeven van de beoordelingscriteria voor de situatie zonder maatregelen.

tabel 7.17

Effectscores zonder maatregelen

Veiligheid	ref	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5
raming aanvulling waterkeringen		8	4	10	10	15
score	0	-	0/-	-	--	--
Scheefstelling						
bebouwing	0	0	0	0	0	0
drainage	0	-	-	-	-	-
Waterkwaliteit/verziltig						
KRW/droogval	0	0/+	+	0/+	+	+
nutriënten	0	+	+	+	+	+
Doorvaart						
aantal bruggen		7	7	9	9	8
totale daling brug [cm]		60	54	88	79	106
score	0	-	-	--	--	--
Drooglegging/inundatierisico						
verslechtering areaal x1000 m ²		15	17	18	21	23
max. toename percentage per peilvak dat niet voldoet		24	26	30	38	38
score	0	-	-	-	--	--

Ontwatering	ref	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5
doelrealisatie landbouw	0	+	+	+	+	+
natschade landbouw	0	-	0/-	-	--	--

Beoordeling van de varianten zonder maatregelen

Variant 2 scoort overwegend het meest gunstig op de waterhuishoudkundige effecten.

Variant 1 scoort op een aantal punten minder, is afhankelijk van de weging van de criteria vergelijkbaar met variant 3. Varianten 4 en 5 scoren het meest negatief.

7.2

EFFECTEN MET MAATREGELEN

In tabel 7.18 zijn de effectscores weergegeven van de beoordelingscriteria voor de situatie met maatregelen.

tabel 7.18

Effectscores met maatregelen

Veiligheid	ref	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5
raming aanvulling waterkeringen		8	4	10	10	15
score	0	-	0/-	-	--	--
Scheefstelling						
bebouwing	0	0	0	0	0	0
drainage	0	-	-	-	-	-
Waterkwaliteit/verzilting						
verzilting grondwater	0	0	0	0	0	0
verzilting oppervlaktewater	0	0/-	-	0/-	--	--
KRW/droogval	0	0	0/+	0	0/+	0/+
nutriënten	0	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Doorvaart						
aantal bruggen		7	7	9	9	8
totale daling brug [cm]		60	54	88	79	106
score	0	-	-	--	--	--
Drooglegging/inundatierisico						
drooglegging/inundatie	0	0	0	0	0	0
afwatering	0	0/-	-	0/-	--	--
Ontwatering						
doelrealisatie landbouw	0	0/+	0	0	0	0
natschade landbouw	0	0/-	0	0	-	-

Beoordeling van de varianten met maatregelen

Variant 1 scoort overwegend het meest gunstig op de waterhuishoudkundige effecten. De effecten zijn het sterkst verspreid over het gebied. Met de mogelijkheden in het watersysteem zijn de compenserende maatregelen duurzaam in te passen. Variant 2 scoort op een aantal punten minder en is vergelijkbaar met variant 3. Variant 2 is echter gevoeliger voor verzilting. Wanneer daarnaast de waterhuishoudkundige criteria als leidend beschouwd worden dan is variant 3 gunstiger. Hier zijn meer mogelijkheden aanwezig om maatregelen te treffen voor een duurzame invulling van de functies (meer ruimte in afwatering). Vooral voor variant 2 zijn er beperkt mogelijkheden om aan de functiewensen te voldoen. Varianten 4 en 5 scoren het meest negatief en daar is zonder het uitvoeren van kunstmatige afwatering (gemaal, pomp) geen duurzame invulling van de landgebruiksfuncties mogelijk.

HOOFDSTUK 8 Conclusies

8.1 INLEIDING

1 inleiding
2 onderzoekopzet
3 referentiesituatie
4 effectbepaling zonder maatregelen
5 maatregelen
6 effectbepaling met maatregelen
7 trechtering varianten
8 conclusies

Uit de effectbeoordeling volgt dat de bodemdaling zonder herstelmaatregelen leidt tot een niet duurzame invulling van de landgebruiksfuncties. De mate waarin voldaan wordt aan de droogleggingseisen van het Wetterskip zal zonder maatregelen bij geen van de varianten leiden tot acceptabele effecten. Vooral de varianten 3, 4 en 5 vergen waterhuishoudkundige maatregelen om het inundatierisico niet te laten toenemen.

Dit leidt ertoe dat de maatregelen om de effecten van bodemdaling op de functies te mitigeren onderdeel worden van de ingreep.

De maatregelen volgen uit een analyse van de effecten voor de maximale bodemdaling per variant gedurende de winningsperiode.

Allereerst zijn hieronder de knelpunten samengevat. Vervolgens zijn hiervan de maatregelen kort beschreven. Ten slotte zijn de effecten en effectbeoordeling beschreven.

8.2 KNELPUNTEN

Directe effecten die zijn te compenseren

Samenhangend met de bodemdaling zijn er effecten die bij alle varianten als knelpunt aan te merken zijn. Deze knelpunten treden op en zijn niet te voorkomen, maar wel te compenseren en mitigeren. Door ophoging, vergroting doorvaart bruggen en vernieuwing drainage zijn negatieve effecten van de daling aan te pakken. De mate waarin deze effecten optreden per variant bepaalt de inpassing die nodig is om de effecten te compenseren.

Indirecte effecten die zijn te voorkomen

Er zijn ook effecten die wel te voorkomen zijn. De knelpunten zijn hieronder per variant beschreven.

Varianten 1 en 2

- De drooglegging in een aantal peilvakken is onvoldoende voor de aanwezige functies.
- Toename natschade van de landbouwkundige productie.
- Afname ontwatering van wegen en bebouwing.

Varianten 3, 4 en 5

- De drooglegging in een aantal peilvakken is sterk onvoldoende voor de aanwezige functies.
- Sterke toename natschade van de landbouwkundige productie.
- Sterke afname ontwatering van wegen en bebouwing.

Om deze knelpunten aan te pakken, zijn de volgende maatregelen opgesteld:

- Aanpassen oppervlaktewaterpeil die voor de eindsituatie van bodemdaling voor de functies benodigd is.
- Verbetering ontwatering door het intensiveren en eventueel ondieper aanleggen van de drainage.

8.3

EFFECTBESCHRIJVING

Bodemdaling en veiligheid

De primaire waterkering langs de Waddenzee wordt niet beïnvloed door de bodemdaling. Voor de keringen rond de boezem geldt dat bij varianten 3, 4 en 5 de grootste inspanning geleverd moet worden voor herstel van de waterkerende hoogte.

Waterkwaliteit/verziltting

Verziltting

De toename in chlorideconcentraties in de diepte heeft geen effect op het beschikbare zoete grondwater waarvan de landgebruikfuncties afhankelijk zijn. Dit omdat:

- de diepte van het zoet-zout grensvlak buiten het bereik van de functies valt;
- de hydrologische situatie op de percelen voornamelijk intermediair- tot infiltratie is;
- het zoete neerslagoverschot vooral tot aanvulling van de zoetwatervoorraad leidt;
- de voornamelijk zoete gehalten van het oppervlaktewater.

Dit maakt dat voor het ondiepe grondwater er voor geen van de varianten negatieve effecten te verwachten zijn. In het oppervlaktewater kunnen de chloridgehalten toenemen wanneer er geen sprake is van doorspoeling. Dit leidt echter niet tot beperkingen in het gebruik van het oppervlaktewater.

KRW

De peilaanpassing en grondwaterpeilverandering ten opzichte van maaiveld is beperkt. In het deelgebied Friese boezem leidt een afname van emissies aan stikstof door de hogere peilen tot een positief effect. In het Friese kleigebied zal bij een hoger grond- en oppervlaktewaterpeil stikstof moeilijker tot uitspoeling komen. Dit leidt daarmee tot een afname in algengroei en daarmee positief effect. De mate van verlaging en areaal zijn vanuit de zoutwinning van elkaar afhankelijk. Er is niet nauwkeurig aan te geven hoe de effecten van mate in ontwatering en areaal zich tot elkaar verhouden. Het effect op de nutriëntengehalten is daarmee voor alle varianten in vergelijkbare mate positief.

Ontwatering

Natuur

De verhoging in grondwaterstanden ter plaatse van de na te streven natuurgebieden die bestaan uit natte graslanden heeft een positief effect.

Landbouw

Op de van oudsher goed ontwaterde percelen leidt een peilverhoging tot een afname in droogteschade en een geringe toename in natschade. De doelrealisatie in de referentiesituatie is hierdoor niet optimaal. De berekende droogteschade is echter niet aanwezig in de beleving van de agrariërs. Voor de afweging van de varianten is daarom uitgegaan van zowel de doelrealisatie als de natschade.

Voor de landbouwkundige opbrengst treedt er een verbetering op met de toename in grondwaterstanden. Deze wordt veroorzaakt door een afname in droogteschade.

Voor de natschade scoort variant 2 het best. Ten opzichte van variant 1 treedt daar niet de toename op rond Het Ried. Bij variant 2 dient echter opgemerkt te worden dat er rond winningslocatie A minder mogelijkheden zijn om de afvoer duurzaam te realiseren. In deze slenk is de ruimte in afwatering beperkter dan in de overige gebieden.

De varianten 3, 4 en 5 scoren minder vergeleken met variant 1.

Ontwatering wegen en gebouwen

Binnen de stedelijke gebieden en losstaande bebouwing voldoet de ontwatering overwegend. Een aantal wegen, openbare terreinen en waterpartijen binnen het stedelijk gebied voldoen niet aan de ontwateringseis. Voor de varianten met de grootste daling scoort bodemdaling in deze gebieden negatief.

Waterhuishouding

Afvoer en berging

Bij variant 1 zijn relatief beperkte aanpassingen noodzakelijk om de huidige situatie en de toekomstige situatie beter aan de functie-eisen te laten voldoen.

Vanuit het streven naar een duurzaam watersysteem zijn de voor de functies benodigde peilaanpassingen niet bij alle varianten mogelijk. Dit vanuit het handhaven van de huidige afwatering. Zo zijn de verlagingen benodigd bij variant 4 en 5 vanuit het huidige watersysteem niet mogelijk.

Doorvaart

Op de vaar- en schaatsroutes bevinden zich bruggen die op hoogte zijn voor doorvaart en schaatstochten. Het aantal bruggen waar een verlaging groter dan 5 centimeter plaats heeft varieert van 7 voor de varianten 1 en 2 tot 8 of 9 voor varianten 3, 4 en 5.

Inundatierisico

Voor de verschillende varianten treedt door de maatregelen geen verslechtering op van de drooglegging en daarmee inundatierisico.

Weging varianten

In deze paragraaf zijn de belangrijkste bevindingen uit de effectbeoordeling per variant samengevat. Ze zijn weergegeven in afnemende geschiktheid vanuit milieueffecten.

Variant 1

Variant 1 scoort overwegend het meest gunstig op de waterhuishoudkundige effecten. De bodemdaling is het kleinst maar omvat wel het grootste gebied. Deze combinatie biedt mogelijkheden om de waterhuishoudkundige maatregelen duurzaam in te passen. De wensen vanuit waterhuishouding en landbouw worden hierdoor niet geschaad.

Variant 3

Variant 3 biedt goede mogelijkheden om maatregelen te treffen voor een duurzame invulling van de functies (meer ruimte in afwatering). Dit vooral in combinatie met de huidige winning Barradeel II.

Variant 2

Variant 2 is vergelijkbaar met variant 3 maar hier is minder ruimte in de waterhuishouding om op een duurzame wijze de effecten te verzachten. Er zijn beperkte mogelijkheden om aan de functiewensen te voldoen.

Varianten 4 en 5

Varianten 4 en 5 scoren het meest negatief en daar is zonder het uitvoeren van kunstmatige afwatering (gemaal, pomp) geen duurzame invulling van de landgebruiksfuncties mogelijk.

BIJLAGE 1

Literatuur

ARCADIS B.V., 2008, Startnotitie Zoutwinning" met kenmerk 110312/CE8/002/000345.

Bakker T.W. en A.J.H.M. Duquesnoy, 2009, Informatie Bodemdaling door Zoutwinning v.2.1, kenmerk: Bodemdaling FRISIA, 4 december 2009.

Bakel, P.J.T. van, 2002, Help-tabellen landbouw, Aanpassingen en operationalisering van de doelrealisatie landbouw, Stowa, rapportnummer 2002-40, ISBN nummer 90-5773-198-3.

Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning, 1987, Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen.

Commissie MER, 2008, "Zoutwinning Frisia Zout B.V. Harlingen, Richtlijnen voor het milieueffectrapport, rapportnummer 2150-59, 3 november 2008.

Drainage in Fryslân, inventarisatie.

Elsevier&Vereniging voor landinrichting, 2000, Cultuur Technisch Vademecum, Handboek voor inrichting en beheer van het landelijk gebied.

Geodelft 2001, Bodemdaling door diepe zoutwinning en effecten op gebouwen in de Barradeel concessie van FRISIA Zout, november 2001.

InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, Zilte perspectieven, 2003.

Kooistra, K. 2009, Aanleg en onderhoud van drainage.

Koolhaas, J.F. en B. Vrijhof, 1958, De landbouwwaterhuishouding in de provincie Fryslân, Commissie onderzoek landbouwwaterhuishouding TNO, rapport 3.

L.C.P.M. Stuyt, J. van den Akker, D.W. Bruil en P.J.T. van Bakel, 2006, Alterra, Transparantie effecten Zoutwinning Fryslân.

Provincie Fryslân, 1991, Zout en verzilting; van (on)oplosbaar naar hanteerbaar verschijnsel.

Provincie Fryslân, 2003, Deelstroomgebiedsvisie Fryslân 2050, 17 juni 2003.

Provincie Fryslân, 2009, Waterhuishoudingsplan Fryslân 2010-2015, 'Wiis mei Wetter' 7 november 2009.

Segeren, prof. ir. W.A en ir. H. Hengeveld, 1984, Bouwrijp maken van terreinen, Stichting Bouwresearch publicatie 99.

TNO Bouw en Ondergrond, bijdrage in natuurinformatie: www.natuurinformatie.nl.

Wetterskip Fryslân, 2007, Basisdocument 4e ronde KRW-gebiedsgroepen, Noordwest: Eindversie 18 oktober 2007.

Wetterskip Fryslân, 2008, Samenvatting adviezen KRW-gebiedsgroepen beheergebied.

Wetterskip Fryslân 2008, bijlage van Wetterskip Fryslân bij de Beslisnota "Schoon en gezond water in Noord-Nederland" april 2008.

Wetterskip Fryslân, 2009, waterbeheerplan 2010-2015, november 2009.

Witteveen&Bos, 2006, Themaonderzoek eutrofiering.

COLOFON

DEEL B MER ZOUTWINNING TRECHTERING 5 VARIANTEN NAAR 2 ALTERNATIEVEN OOST

OPDRACHTGEVER:

FRISIA ZOUT B.V.

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

B.D. de Jong

GECONTROLEERD DOOR:

C.N. de Boer

VRIJGEGEVEN DOOR:

J. Boer

2 juli 2010

074902356:0.1

ARCADIS NEDERLAND BV
Zendmastweg 19
Postbus 63
9400 AB Assen
Tel 0592 392 111
Fax 0592 353 112
www.arcadis.nl
Handelsregister
9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.