

Notitie

Projectnummer/Kenmerk

681

Datum

26 juli 2018

Van

Anne van der Heijden en Jouke Velstra

Onderwerp

Spaarwater, verziltingsrisicokaart voor de waddenregio (versie J_2018)

1 Inleiding

Deze notitie betreft de beschrijving van de verziltingsrisicokaarten die zijn gemaakt als onderdeel van het project Spaarwater. Het betreft kaarten die het risico op het verdwijnen van de zoete neerslag in een perceel weergeven. Deze notitie geeft informatie over het tot stand komen van de verziltingsrisicokaarten en een nadere toelichting op de kaarten.

De verziltingsrisicokaarten percelen bestaan uit:

1. Verziltingsrisicokaart huidige situatie
2. Verziltingsrisicokaart 2050 – bodemdaling en zeespiegelstijging
3. Verziltingsrisicokaart 2050 – bodemdaling, zeespiegelstijging en klimaatverandering

Deze notitie betreft de kaarten 1 en 2.

2 Achtergrond en context

Uit de onderzoeken “Verziltig Noord-Nederland” (Acacia Water, 2013) en de bevindingen uit het onderzoek “Klimaat en Landbouw Noord-Nederland” (Acacia Water, 2013) is geconcludeerd dat de oplossing voor het tegengaan van verziltig, toenemende droogte en andere afvoerhoeveelheden dicht bij de huidige landbouwpraktijk te vinden (moet) zijn. Voor het klimaatbestendig maken en versterken van de economisch belangrijke landbouwsector in Laag Nederland is zekerstelling van zoetwaterbeschikbaarheid en bestrijden van verziltig van groot belang.

In 2013 is een breed consortium van vier waterschappen, drie provincies, LTO Noord, STOWA, Achmea agro, e.a. onder penvoering van Acacia Water met het project Spaarwater de uitdaging aangegaan. Spaarwater richt zich op zelfvoorzienende zoetwaterberging en bestrijden van verziltig op perceel- en bedrijfsniveau. Ontwikkeld zijn *Eigen zoetwatervoorziening* door ondergrondse zoetwateropslag, *Zuinig met zoetwater* door druppelbevloeiing en *Versterken zoetwaterlens* door systeemgerichte drainage. Spaarwater telt vier pilot locaties in het Waddengebied. Alle vier de locaties hebben hun eigen kenmerken, profiel en technische toepassingen.

Het systeem van ondergrondse opslag, een combinatie van innovatieve technieken, biedt handelingsperspectief door zelfvoorzienende zoetwaterberging en waterzuivering in de bodem. Opvangen van drainwater beperkt de afvoer van nutriënten en bestrijdingsmiddelen naar oppervlaktewater. Ondergrondse opslag dient voor het opslaan van zoet water, maar ook voor afbraak van nutriënten (en vastleggen ervan) en bestrijdingsmiddelen. Het toepassen van

druppelbevloeiing en fertigatie resulteert in zuiniger gebruik van zoetwater, opbrengstverhoging en minder mestgebruik.

De regenwaterlenzen die drijven op het zoute grondwater zijn kwetsbaar voor veranderende omstandigheden (klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelstijging). Hierdoor neemt in de toekomst het risico op verzilting in delen van het Waddengebied toe. Een innovatieve manier om dit te voorkomen is het optimaliseren van de drainage doormiddel van systeemgerichte drainage. Door de diepte en de afstand van de drainage te optimaliseren in combinatie met peilsturing kan het grondwaterniveau dynamisch gestuurd worden. Systeemgerichte drainage beoogt de ontwikkeling van regenwaterlenzen te bevorderen, bestaande lenzen te versterken of nieuwe lenzen te vormen en tevens de zout- en nutriëntenbelasting richting het oppervlaktewater te reduceren.

Spaarwater koppelt lange termijn urgentie van zoetwaterbeschikbaarheid aan baten op de korte termijn. Naast het belang van voldoende zoetwater in een verziltende omgeving worden door toepassing van de maatregelen gewasziekten zoals Bruinrot (pootaardappelteelt) en Erwinia (pootaardappel en bollenteelt) teruggedrongen. Deze ziekten verblijven voornamelijk in het oppervlaktewater en daarmee de primaire bron van beregeningswater. Door ondergrondse opslag sterven naar verwachting de ziektekiemen af en kan het water gebruikt worden voor beregening in droge perioden. Deze methode maakt beregenen binnen de aardappelteelt (waarvoor nu een beregeningsverbod geldt) op termijn weer mogelijk.

In de pilots worden bepaald wat de succescriteria zijn voor de maatregelen. Technisch maar ook praktische inzichten zoals aanleg en beheer & onderhoud. De resultaten zijn een opmaat voor een verdere uitrol. Twee terugkerende vragen vanuit de agrariër zijn onder andere inzicht in de kosten en baten van de in dit project ontwikkelde systemen, en of deze oplossingen kunnen worden toegepast binnen het bedrijf van de desbetreffende ondernemer. De mate van toepassing is uitgewerkt in 'kansenkaarten maatregelen'. Antwoord op de vraag hoeveel het kost en oplevert (baten) wordt eveneens uitgewerkt en vormt tevens een randvoorwaarde voor de latere uitwerking van de maatschappelijke kosten en baten voor bedrijf en waterbeheer. Dit wordt uiteindelijk ook vertaald in wat de economisch en fysisch kansrijke toepassingen van de Spaarwatermaatregelen zijn in hun deel van het gebied.

Binnen elke provincie is een pilotgebied geselecteerd waar de ontwikkelde methodiek concreet wordt toegepast. De volgende pilotgebieden zijn (voorlopig) geselecteerd; Oostpolder (NH), polder Oude en Nieuwe Bildtpollen en Noorderleegpolder (Fr) en Negenboerenpolder (Gr).

De scenario's worden voor deze pilotgebieden doorgerekend om een beeld te geven van de invloed van de toepassing van de Spaarwatermaatregelen op de waterkwaliteit, de doorspoelbehoefte en de zoetwatervraag. De verandering in de concentratie van het oppervlaktewater zal in de voorbeeldgebieden worden doorvertaald naar beleidsdoelstellingen voor de natuur en de landbouw. Er zijn workshops georganiseerd met gebiedsspecialisten en agrariërs, waarmee de resultaten voor de specifieke gebieden worden getoetst en geïnterpreteerd.

Dit alles leidt tot handreikingen voor beleidsmakers over hoe de regionale beleidsdoelstellingen voor de natuur als de landbouw optimaal kunnen worden ingevuld en welke fysische en economische effecten de maatregelen hebben. Voor de agrariërs in de Waddenregio wordt inzichtelijk gemaakt wat de kansrijke toepassingen van de Spaarwatermaatregelen zijn in hun deel van het gebied. Dit wordt uitgevoerd in een 5 tal stappen.

1. Kaartbeelden waterbeschikbaarheid, verzilting en kansen
2. Verkennen scenario's bedrijf en waterbeheer
3. Gemonetariseerde scenario's bedrijf en waterbeheer
4. Kansrijke strategieën regionaal waterbeheer en beleid
5. Regionale economische onderbouwde beleidsdoelen

Het Spaarwater project (Spaarwater 1 en 2) wordt gepresenteerd in het Spaarwater II hoofdrapport (Oord et al. 2018)

3 Uitwerking verziltingsrisicokaart

In de 'Verziltingsstudie Noord-Nederland' 2013, is voor de eerste keer een verziltingsrisicokaart voor Friesland en Groningen gemaakt. Sindsdien is de kennis over verzilting toegenomen. In Spaarwater 1 is bijvoorbeeld voor verschillende bodemtypes een relatie gemaakt tussen de bodemopbouw en het risico op verzilting. Daarnaast is het zo dat deze versie van de verziltingsrisicokaart voor de toekomstige situatie alleen rekening houdt met effecten van klimaatverandering op de neerslag en verdampingskarakteristieken. In de (nabije) toekomst is echter ook sprake van bodemdaling en zeespiegelstijging dat van invloed is op de verzilting. De verziltingsrisicokaart is binnen Spaarwater 2 verbeterd en uitgebreid met deze aspecten en tevens naar de gehele Waddenregio, inclusief de kop van Noord-Holland en Texel. De kaart is geschikt voor gebruik op regionaal niveau, daar het risico in werkelijkheid lokaal kan afwijken.

Om het verziltingsrisico op kaart weer te kunnen geven, zijn er verschillende stappen doorlopen. Deze stappen worden verder toegelicht in dit hoofdstuk, hieronder een overzicht:

1. **Kwelflux.** Voor Noord-Nederland is er een nieuwe kwelkaart ontwikkeld.
2. **Risicogebied.** Tevens is er bepaald hoe diep het zoet-zout grensvlak in de ondergrond voorkomt, om te kunnen bepalen waar een zoute kwelflux voorkomt.
3. **Bodemtypen.** De bodemopbouw in combinatie met de kwelflux is van groot belang voor de ontwikkeling van de neerslaglens. Daarom is Noord-Nederland onderverdeeld in verschillende bodemtypen.
4. **Modelsimulatie.** Voor elke combinatie van de bodemtypen en mogelijke kwelflux is een modelsimulatie opgezet. Met deze simulatie is voor elke combinatie de dikte van regenwaterlens vastgesteld.
5. **Risicoclassificatie.** Om de mate van het verziltingsrisico op kaart weer te geven is er een risicoclassificatie ontwikkeld gebaseerd op de modelsimulaties.
6. **Toekomstscenario.** Als laatste is er ook een nieuwe kwelkaart ontwikkeld die rekening houdt met bodemdaling en zeespiegelstijging. Op deze manier kan er ook een verziltingsrisico voor een toekomstscenario worden bepaald.

Informatiebronnen

Om een ruimtelijk beeld te verkrijgen van het verziltingsrisico is gebruikt gemaakt van datasets die de waddenregio dekken. Datasets van de kwelflux en bodemopbouw zijn nodig voor informatie op perceel schaal.

Er zijn in deze studie twee datasets gebruikt voor de kwelflux:

- Voor het beheergebied van HHNK in Noord-Holland is gebruik gemaakt van de kwelkaart uit het HHNK grondwatermodel (Acacia Water, 2016).
- Voor Texel en de provincies Friesland en Groningen is een nieuwe kwelkaart geproduceerd door Acacia Water. Voor deze kaart is de kwelflux berekend gebruikt makend van 1) de voorjaarsstijghoogte van het eerste watervoerend pakket, 2) een

gemiddeld voorjaars grondwaterstand mbv het AHN, en 3) een deklaagweerstand gebaseerd op GeoTOP.

Het model GeoTOP¹ geeft een gedetailleerd driedimensionaal beeld van de ondergrond van Nederland tot een diepte van maximaal 50 meter onder NAP. In GeoTOP wordt de ondergrond onderverdeeld in miljoenen voxels (cellen) van 100 bij 100 meter in de horizontale richtingen en 50 centimeter verticaal. Aan elke voxel zijn eigenschappen gekoppeld, zoals lithostratigrafische eenheid en grondsoort (lithoklasse). In 2016 is GeoTOP versie 1.3 gepubliceerd welke ook Friesland en Groningen dekt. De ondergrondgegevens van GeoTOP worden gebruikt om een deklaag weerstand te berekenen, en daarnaast de regio op te delen in verschillende typen bodemprofielen.

Voor deze studie is de bovenste 5 meter van GeoTOP uitgelezen en onderverdeeld in verschillende profielen met een opbouw van klei, veen en zand. Deze bewerking resulteerde in 22 vaak voorkomende bodemprofielen die zorgen voor een kaart met een grote ruimtelijke variabiliteit in bodemsoorten.

Locaties waar de lithoklasse antropogeen voorkomt zijn geclassificeerd als stedelijk of bebouwd gebied. De locaties waar de uitgelezen bodemprofielen meer dan 1 voxel afweken of niet overeenkwamen met een van de bodemprofielen bleven ongeclassificeerd. Het percentage geclassificeerde bodemprofielen van de regio was >80% en er is voor gezorgd dat de ongeclassificeerde locaties geen grote clusters vormden. De ongeclassificeerde gebieden zijn opgevuld met de ArcGIS tool 'nearest neighbour' zodat ze dezelfde classificatie toegewezen krijgen als de naastgelegen pixel. Dit resulteerde in een dekkende kaart voor de waddenregio.

Naast deze bodemclassificatie is er een kaart nodig van het zoet-zout grensvlak om een beeld te geven waar het grondwater binnen 5 meter brak of zout is. Er is alleen een risico op verzilting als de kwelflux brak of zout is. De grens tussen zoet en brak water is genomen op 1000 mg/l. Het toegepaste zoet-zout grensvlak is gebaseerd op geofysica metingen van Dinoloket. Daarnaast zijn aanvullende metingen van Acacia Water en het TNO grensvlak gebruikt om voor de gehele waddenregio een gebied aan te geven met een ondiep grensvlak. Voor een aantal gebieden is het lastig te bepalen of het zoet-zout grensvlak binnen 5 m-mv ligt. Deze gebieden zijn toegevoegd aan het gebied 'onzeker grensvlak', welke gearceerd weergegeven wordt op de kaart. Tot dit gebied behoort ook de Anna Paulowna polder, het kassen gebied in de Wieringermeer polder, het buitendijks gebied de nieuwe Rijd.

[Modelstudie naar regenwaterlens op perceelschaal](#)

De vraag blijft nu, hoe kunnen deze datasets worden gecombineerd tot één kaart die een verziltingsrisico aangeeft voor de waddenregio? Omdat er een complexe samenhang is tussen de verschillende factoren (kwelflux, doorlatendheid, drainafstand, neerslagoverschot) en de dikte van de regenwaterlens, is het niet simpelweg mogelijk om de kaarten en factoren over elkaar heen te leggen. Daarom is er voor elke combinatie van de GeoTop bodemtype en mogelijke kwelflux een modelsimulatie opgezet waarmee meer dan honderd berekeningen zijn uitgevoerd.

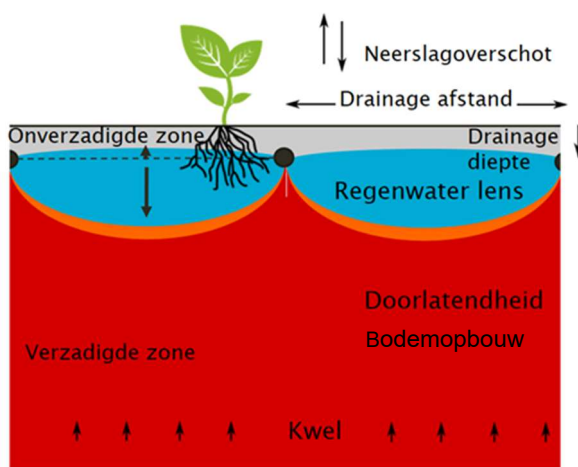
Om de regenwaterlenzen te simuleren wordt gebruik gemaakt van modelcode op basis van SVOoffice (FlexPDE). Het voordeel van deze software is dat het volledig geïntegreerd én

¹ www.dinoloket.nl

dichtheidsafhankelijk de verzadigde en onverzadigde grondwaterstroming simuleert. Hiermee kunnen de kwetsbare regenwaterlenzen tot in detail worden gesimuleerd. De modellen zijn gevalideerd met een 26 metingen van neerslaglenzen in de Waddenregio.

3.1 Risicoclassificatie

Er is een risico op verzilting als de regenwaterlens verdwijnt, of als brak kwelwater de wortelzone van een gewas bereikt. Onderstaand figuur geeft de vorm van de regenwaterlens weer en de parameters die van invloed zijn op de regenwaterlens. Er komen dikke en dunne regenwaterlenzen voor in noord Nederland. De lens verandert door het jaar heen dynamisch van vorm maar kan gemiddeld gezien getypeerd worden als een dunne of dikke regenwaterlens. De dikte van de regenwaterlens is voornamelijk tijdens het groeiseizoen van belang. Het groeiseizoen loopt globaal van april tot oktober.

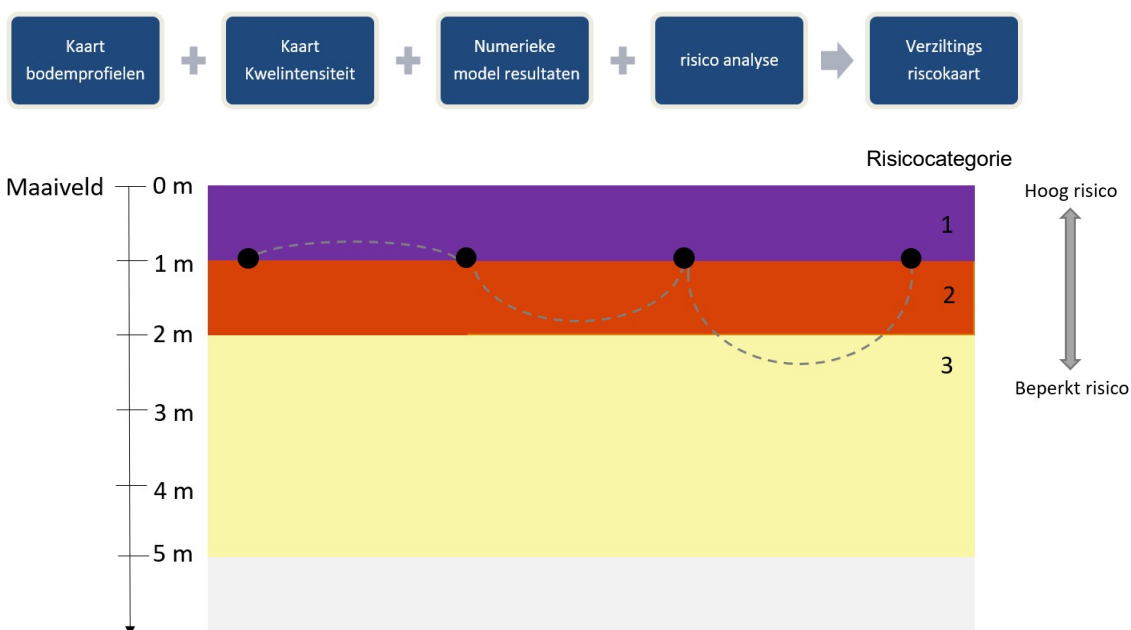


Figuur 1. Concept tekening van twee regenwaterlenzen (blauw) in een 2D doorsnede met zout grondwater (rood). Weergegeven zijn drie drainagebuizen, twee regenwaterlenzen en de veld karakteristieken die van invloed zijn op de vorm en dikte van de regenwaterlens.

Een risico zal voornamelijk in droge jaren voorkomen als het neerslagoverschot laag is. Bij een verminderde opbrengst in droge jaren is het lastig onderscheid te maken of dit komt door een watertekort enerzijds of aan brak water in de wortelzone anderzijds. Bekend is dat als de kwelintensiteit op het perceel hoog is dat de aanwezige regenwaterlens zeer klein is. De mengzone tussen zoet en zout grondwater kan dan zelfs rond of boven het drainageniveau liggen. Dit geeft een hoog risico op brak water in de wortelzone.

Om een indicatie te kunnen geven van het verziltingsrisico op kaart is er een risicocode toegekend op basis van de diepte van het zoet-zout grensvlak t.o.v. maaiveld. De jaargemiddelde dikte van de regenwaterlenzen geeft de diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water ten opzichte van maaiveld. Dit zijn de resultaten van de eerste modelsimulaties behorende bij een gegeven kwelintensiteit en GeoTOP bodemprofiel.

De hoogste risicocategorie (1) is toebedeeld aan de percelen waar het grensvlak zich boven het drainage niveau bevindt (Figuur 2, gelegen tussen de 0- 1 m-mv). Een hoger categoriecijfer geeft aan dat het grensvlak dieper in het perceel ligt en daarmee een lager risico op verzilting heeft.



Figuur 2. Verschillende risico categorieën gebaseerd op de jaargemiddelde dikte van de regenwaterlens. Als de gesimuleerde dikte (stippellijn) boven het drainage niveau (van 1 m-mv) uitkomt, is risicoklasse 1 toegekend. Tussen 1 en 2 m-mv, risicoklasse 2. Risicoklasse 3 wordt toegekend aan de overige gebieden waar volgens de zoet-zout grensvlak kaart van Acacia Water het grensvlak binnen 5 m -mv voorkomt.

3.2 Toekomstscenario regenwaterlenzen

De regenwaterlenzen zijn kwetsbaar voor veranderende omstandigheden (klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelstijging) die van invloed zijn op de kweldruk. Door de verlaging van het maaiveld (door gas en zoutwinning) en de stijging van de zeespiegel is er een toename in kweldruk. Een toename in de kwelflux zorgt voor de grootste veranderingen in gebieden waar de huidige kwelflux gering is of waar infiltratie nog het dominante proces is. De toename in kwelflux is hier van belang omdat het mogelijke infiltratie gebieden kan veranderen in kwelgebieden. Hierdoor neemt het verziltingsrisico in de regio toe.

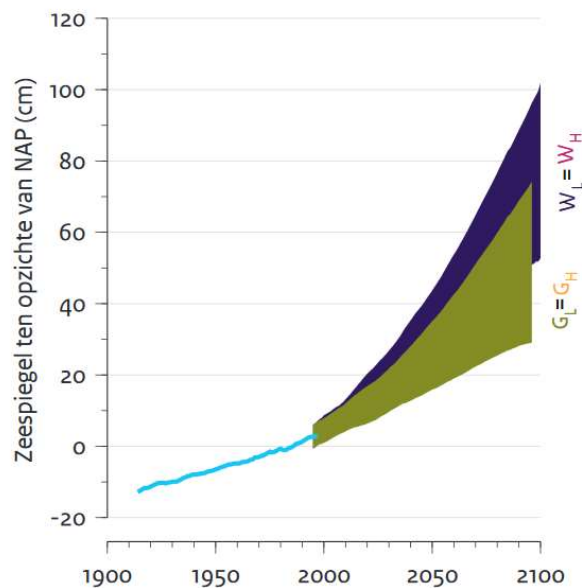
Zeespiegelstijging

Voor de toekomstige verziltingsrisicokaart is het effect van de zeespiegelstijging op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (en daarmee de kweldruk op het perceel) berekend met de analytische formule van Mazure (1936). Deze formule hangt af van de toename van het waterpeil buitendijks, de afstand tot de dijk, de weerstand van de deklaag, doorlatendheid en dikte van het 1^e watervoerend pakket (kD). Voor de kD waarden zijn gegevens van het NHI en GeoTOP gebruikt.

De toename in kwel is hierna berekend door middel van de volgende formule:

$$\Delta \text{kwel (m/d)} = \frac{\Delta \text{stijghoogte (m)}}{\text{verticale weerstand (d)}}$$

De toename van het waterpeil buitendijks voor het jaar 2050, de zeespiegelstijging, is bepaald in het KNMI 2014 klimaatscenario. Voor de toekomstige kwelkaart is er gewerkt met een zeespiegelstijging van 40 cm. De toename in kwel is na berekening opgeteld bij de huidige kwelflux. Met de nieuwe kwelkaart is het verziltingsrisico bepaald.



Figuur 3. Zeespiegel aan de Nederlandse kust zoals waargenomen en volgens de KNMI'14 scenario's. In plaats van 30-jaar gemiddelden worden gladgestreken curves getoond, omdat zeespiegelstijging een proces is met een regelmatige verandering. Om de band voor W_L en W_H zichtbaar te maken is deze iets verder doorgetrokken (Brochure KNMI 2014 scenario's, 2015).

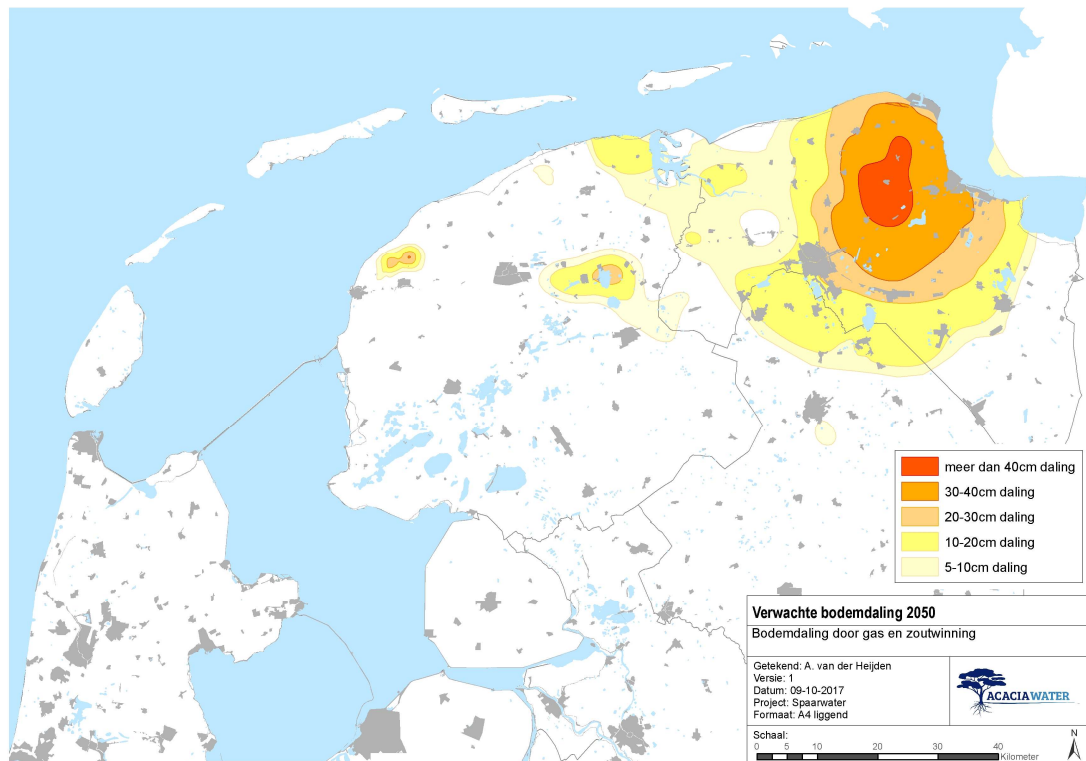
Bodemdaling

Naast zeespiegelstijging heeft de bodemdaling in noord Nederland een groot invloed op de kweldruk. In Friesland draagt voornamelijk de zoutwinning ten noorden van Franeker bij aan de bodemdaling. In Groningen is een groot gasveld aanwezig nabij Slochteren. Na gaswinning uit het zandsteen pakket, brokkelt de zandsteenstructuur af met maaiveld daling tot gevolg. Het Groninger gasveld is groot en het pakket en de gaswinning varieert ruimtelijk, wat zorgt voor een ruimtelijke variatie in bodemdaling. Figuur 4 toont de verwachte bodemdaling voor het jaar 2050 zoals deze is meegenomen in de toekomstige verziltingsrisico kaart.

De verandering in bodemdaling is eveneens berekend met de formule:

$$\Delta \text{kwel (m/d)} = \frac{\Delta \text{stijghoogte (m)}}{\text{verticale weerstand (d)}}$$

De aanname is gedaan dat wanneer bodemdaling plaatsvindt het maaiveld verlaagt en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket onveranderd blijft. In de formule is daarom aangenomen dat de toename van de stijghoogte gelijk is aan de bodemdaling in meters. De toename in kwel is hierna opgeteld bij de kwelflux in de huidige situatie. Met een nieuwe kwelkaart is het verziltingsrisico opnieuw bepaald.



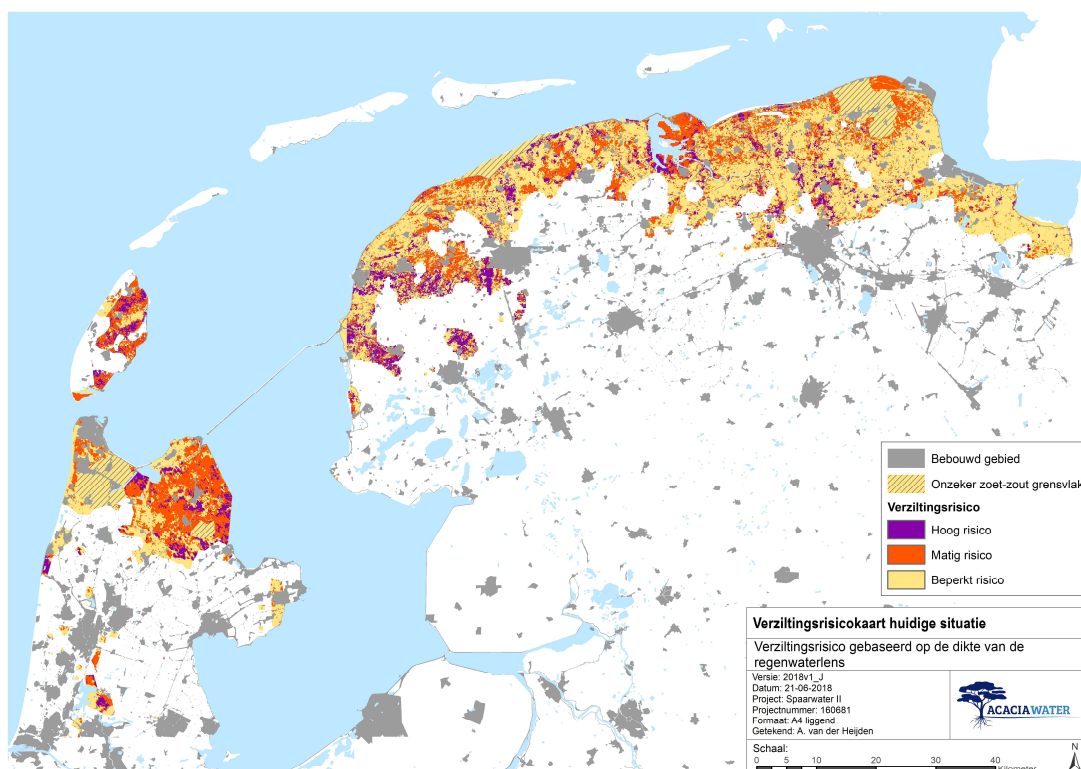
Figuur 4. De verwachte bodemdaling voor het jaar 2050 rekening houdend met de gas en zoutwinning in noord Nederland.

4 Verziltingsrisicokaarten

4.1 Huidige situatie

Deze kaart geeft het verziltingsrisico weer gebaseerd op de gemiddelde dikte van de regenwaterlens op perceelschaal. De risicocategorieën worden toegelicht in Figuur 2.

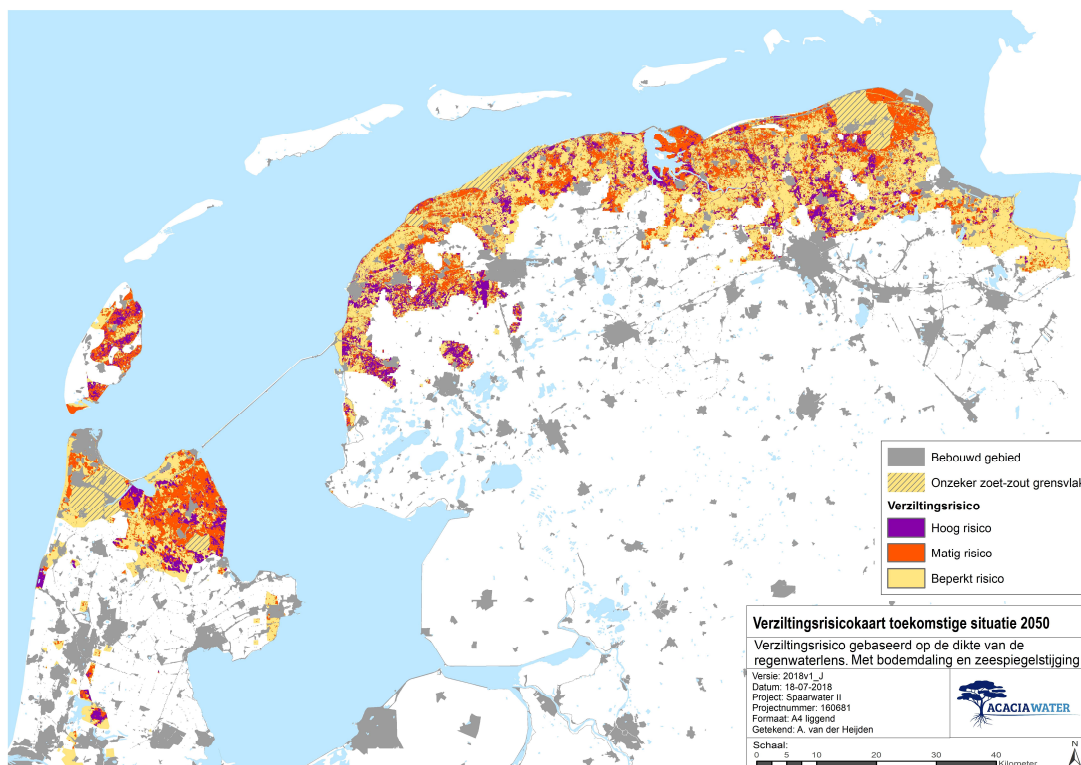
Voor een aantal gebieden blijft het verziltingsrisico onzeker gezien het gebrek aan data; deze gebieden zijn aangegeven met een arcering op de kaart. Stedelijk gebied is aangegeven met een grijze kleur, aangezien het verziltingsrisico niet voor stedelijke gebieden is berekend.



Figuur 5. Verziltingsrisico voor de huidige situatie gebaseerd op de dikte van de regenwaterlens. Het risico is weergegeven voor het vaste land van Friesland & Groningen, Texel en de kop van Noord-Holland. De kaart is geschikt voor gebruik op regionaal niveau, daar het risico in werkelijkheid lokaal kan afwijken.

4.2 Situatie 2050 – bodemdaling en zeespiegelstijging

Deze kaart geeft het verziltingsrisico weer, rekening houdend met de verwachte bodemdaling en zeespiegelstijging voor het jaar 2050.



Figuur 6 Verziltingsrisico voor de toekomstige situatie gebaseerd op de dikte van de regenwaterlens. De kaart is geschikt voor gebruik op regionaal niveau, daar het risico in werkelijkheid lokaal kan afwijken.

Vergeleken met het verziltingsrisico in de huidige situatie is het risico toegenomen in de gebieden met bodemdaling. Het effect van zeespiegelstijging is beperkt en beïnvloedt ongeveer de eerste 300m vanaf de kustlijn. Op de meeste locaties is het effect beperkt tot 100m vanaf de kustlijn. De percelen in die zone kunnen een kweltoename verwachten evenals als een toename van de kwelflux in sloten langs de zeedijk.