

**Methodiek jaarrapportage  
Rijn-Maasmonding**

Onderdeel van "Advies beheer rivierbodem RMM"





# **Methodiek jaarrapportage Rijn- Maasmonding**

Onderdeel van "Advies beheer rivierbodembodem RMM"

Olav van Duin  
Ymkje Huismans  
Ane Wiersma

1208925-000



**Titel**  
Methodiek jaarrapportage Rijn-Maasmonding

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Arjan Sieben (RWS-WVL) Arie Broekhuizen (RWS-WNZ)	1208925-000	1208925-000-ZWS-0031	43

## Trefwoorden

RMM, jaarrapportage, bodempeilingen, kabels en leidingen, NGD, ondergrens, geologische lagen, stabiliteit, bodemtrend

## Samenvatting

In dit rapport wordt beschreven wat de methodiek van de jaarrapportage ten behoeve van het beheer van de Rijn-Maasmonding is. Het uitgangspunt hierbij was de aanpak die door Aad Fioole (RWS-CIV) ontwikkeld is en gebruikt wordt. Deze aanpak is in diverse documenten beschreven. De verschillende onderdelen van de aanpak worden in dit rapport als een geheel beschreven, zodat in de toekomst door anderen consistente jaarrapportages gemaakt kunnen worden. De achterliggende handleidingen van Aad Fioole zijn wel nog steeds van belang.




Er wordt een globale opzet van de jaarrapportage gepresenteerd, waarbij de nadruk vooral ligt op de verschillende kaartlagen die uiteindelijk in Geoweb getoond zullen worden. Deze worden voor de actuele bodem gegenereerd, en in enkele gevallen ook voor de voorspelde bodem.

Om de kaartlagen van het jaarrapport te maken, zijn ten eerste de basislagen nodig. Deze bevatten de vrijwel statische informatie van het gebied, zoals de nautisch gegarandeerde diepte (NGD) en de gewenste taluds in verband met het tegengaan van zettingsvloeiing. De actuele metingen vormen het eerste deel van de variabele kaartlagen. Op basis van de metingen en de informatie in de basislagen worden de rest van de variabele kaartlagen gemaakt. Dit betreft vooral verschilkaarten, bijvoorbeeld ten opzichte van NGD, maar bijvoorbeeld ook de trend in bodemontwikkeling.

Dit soort methodes en metingen zijn inherent onzeker. Een gebiedsexpert kan samen met een morfoloog op basis van de risicokaarten en de andere meer algemene kaarten schatten waar mogelijk ingegrepen moet worden. Vooral de interpretatie van de kaartlagen op basis van de ondergrens, bovengrens, trend, Laag van Wijchen en de ligging van kabels en leidingen dient zeer zorgvuldig te gebeuren. Op basis van de beschikbaarheid van data en de wensen van de gebiedsbeheerders zijn er nog uitbreidingen van de methodiek mogelijk. Dit gaat vooral om de ondergrens en bovengrens van de bodem.

## Referenties

1208925-000-ZWS-0011-o-Offerte Advies beheer rivierbodem RMM, 2014-2016

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	feb. 2016	O.J.M. van Duin		E. Mosselman		G. Blom	
		Y. Huismans					
		A.P. Wiersma					

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Achtergrond	1
1.2 Dit rapport	1
<b>2 Globale opzet jaarrapportage</b>	<b>3</b>
2.1 Indeling	3
2.2 Format	3
2.3 Automatisering	4
2.4 Uit te voeren onderdelen	5
2.5 Naamgeving bestanden jaarrapportage	7
<b>3 Basislagen</b>	<b>9</b>
3.1 Rekenpunten van het watersysteem	9
3.2 Kenmerken coördinaten watersystemen	10
3.3 Vaarwegmeubilair	11
3.4 Kilometering	11
3.5 Ligging visdetectiekabels	11
3.6 Ligging kabels en leidingen	11
3.6.1 Diepteligging kabels en leidingen	11
3.6.2 Diepteligging vereiste afdekkingen kabels en leidingen	12
3.7 Ligging baggervakken	13
3.8 Dieptes NGD	13
3.9 Geologische kaartlagen	14
3.9.1 Aanwezigheid en diepte van de "Laag van Wijchen"	15
3.9.2 Aanwezigheid en diepte van de Formatie van Boxtel	16
3.9.3 Aanwezigheid en diepte van de Formatie van Kreftenheye	16
3.9.4 Aanwezigheid en diepte van de kleilaag van de Waalre Formatie	16
3.9.5 Ligging zandbanen in het RMM-gebied	16
3.10 Bestorte oevers	17
3.11 Theoretische onderwatertaluds	17
3.12 Trapjeslijn Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas	19
3.13 Ondergrens	20
<b>4 Variabele kaartlagen</b>	<b>23</b>
4.1 Laatst gepeilde diepte	23
4.2 Moment van meten laatste peiling	25
4.3 Verschil tussen NGD en bodem (ondiepte)	26
4.4 Dekking op leidingen	27
4.4.1 Slechtste toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag	27
4.5 Maximale hellingshoek in een rooster cel van de laatst gepeilde diepte	28
4.6 Verschil tussen bodem en top Laag van Wijchen	29
4.7 Verschil tussen bodem en onderkant laag van Wijchen	29
4.8 Verschil tussen bodem en theoretisch talud	30
4.9 Verschil tussen laatste 2 dieptemetingen	30

4.10	Laatste significante trend in de bodemhoogte	31
4.10.1	Interpolatie over ruimte	31
4.10.2	Interpolatie over tijd	31
4.10.3	Trendberekening	32
4.11	Begindatum van de laatste significante trend	33
4.12	Spreiding om de laatste significante trend	34
4.13	Verschil met de bovengrens van de bodem	34
4.14	Verschil met de ondergrens van de bodem	34
<b>5</b>	<b>Interpretatie van de variabele kaartlagen</b>	<b>37</b>
5.1	Concept ondergrens-bovengrens bodem	37
5.2	Discussie ten aanzien van de minimale bodem	37
5.3	Discussie ten aanzien van de trendberekening	38
5.4	Vergelijking met Laag van Wijchen	39
5.5	Kabels en leidingen	39
<b>6</b>	<b>Mogelijke uitbreidingen jaarrapportage</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>43</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De Rijn-Maasmonding (RMM) is het gebied waar Rijn en Maas uitmonden in zee en is gelegen in het dichtstbevolkte en meest intensief gebruikte deel van Nederland. Ter bescherming van kabels en leidingen en de stabiliteit van waterkeringen in het RMM-gebied en ten behoeve van een goede doorgang voor de scheepvaart zijn inzichten ten aanzien van de dynamiek van de rivierbodem van groot belang. Betreffende de dynamiek van de rivierbodem kan onderscheid worden gemaakt tussen veel verschillende aspecten, zoals de grootschalige veranderingen in hydrodynamica, sedimenttransporten en bodemtrends, de opbouw van de bodem en het ontstaan van lokale ontgrondingskuilen. Het overkoepelende project "Advies beheer rivierbodem RMM" is daartoe verdeeld in verschillende deelonderzoeken. In de huidige rapportage worden de resultaten van Deelproject I gepresenteerd. Dit deelproject is gericht op het in kaart brengen van de huidige toestand van de bodem en een prognose van de toekomstige ligging, op basis van de nieuwst beschikbare peilingen.

## 1.2 Dit rapport

Rijkswaterstaat en andere beheerders van de Rijn-Maasmonding (RMM) hebben behoefte aan een jaarlijks rapport om een actueel inzicht in de risico's van de morfodynamiek te krijgen binnen de RMM. Hiervoor is een methodiek ontwikkeld die het pad beschrijft van het verwerken van de nieuwste ingewonnen multibeam-peiling tot en met de uitvoer wat betreft waar welke risico's bestaan. Het uitgangspunt hierbij was de huidige aanpak die door Aad Fioole (RWS-CIV) ontwikkeld is en gebruikt wordt (zie referenties in literatuurlijst). Om dit rapport overzichtelijk te houden is niet de volledige inhoud van de handleidingen van Aad Fioole overgenomen. Deze dienen dus als bij dit rapport geleverd te worden om het mogelijk te maken een jaarrapportage op te leveren.

De methodiek is zo opgezet dat aan de hand van de informatie beschreven in deze handleiding, en aanvullend materiaal waarnaar verwezen wordt, een externe partij een overzicht van actuele en verwachte risico's in het RMM-gebied kan opleveren. Hierbij wordt verondersteld dat de externe partij algemene expertise heeft op het gebied van ruimtelijke dataverwerking (onder andere binnen GIS-applicaties) op de schaal van riviersystemen en over basiskennis beschikt ten aanzien van riviermorfologie en het statistiekprogramma SPSS. Voor automatisering van verwerkingsstappen is Python-kennis een pre.

Het jaarrapport bestaat uit kaartinformatie, welke in verschillende vormen opgeleverd kan worden maar uiteindelijk ontsloten moet kunnen worden via GeoWeb. Binnen GeoWeb zullen de kaarten met een bepaald format worden weergegeven (kleurstelling, raaien, enzovoorts). Het gebruikte format in dit rapport wijkt daarvan af. Met de methodiek zijn kaarten gemaakt met door RWS geleverde bodemgegevens van 2013 en 2014 van het hele gebied. Hierbij zijn per rivierdeel de meest recente data gebruikt (2013 of 2014).

In hoofdstuk 2 wordt de globale opzet van het jaarrapport beschreven. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de kaartlagen die per jaar niet of nauwelijks veranderen, zoals de nautisch gegarandeerde diepte (NGD), verkregen en eventueel bewerkt moeten worden. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe de lagen die per jaar veranderen, en waar dus de actuele risico's van de morfodynamiek zichtbaar gemaakt worden, verkregen moeten worden. In hoofdstuk 5 wordt beschreven waarop gelet moet worden bij de interpretatie van de verschillende kaartlagen. In hoofdstuk 6 worden nog enkele aanbevelingen gegeven voor toekomstige uitbreidingen.

### 1.3 Organisatie

Het project "Advies beheer rivierbodembodem RMM", projectnummer 1208925, is opgedeeld in verschillende onderdelen en, zoals aangegeven in onderstaande tabel. De projectleiding van het gehele project is in handen van Rolien van der Mark (tot mei 2015) en Ymkje Huismans (vanaf mei 2015). Vanuit Rijkswaterstaat (RWS) begeleiden Arjan Sieben en Arie Broekhuizen het project.

Voorliggend rapport beschrijft onderdeel 3a. Aan dit rapport hebben Olav van Duin, Ymkje Huismans en Ane Wiersma bijgedragen.

Tabel 1.1 Onderdelen van het project "Advies beheer rivierbodembodem RMM"

Project "Advies beheer rivierbodembodem RMM", 1208925	Behandeld in dit rapport
<b>Onderdeel 1: Beschrijven en verklaren van historische en huidige bodemtrends</b>	
1a Ontstaan en ontwikkeling van kuilen	Nee
1b Beschrijving en kartering van type en sterkte van de ondergrond	Nee
1c Opstellen ondergrondatlas	Nee
<b>Onderdeel 2: Inschatten van toekomstige bodemontwikkelingen</b>	
2a Analyse grootschalige bodemveranderingen met behulp van Delft3D-berekeningen	Nee
2b Opstellen sedimentbalans 2000-2012	Nee
2c Opstellen sedimentbalans 2012-2022	Nee
2d Analyse toekomstige dynamiek van ontgrondingskuilen	Nee
<b>Onderdeel 3: Advies sedimentbeheer</b>	
3a Methodiek jaarrapportage	Ja
3b Risico-identificatie en advies sedimentbeheer	Nee

## 2 Globale opzet jaarrapportage

De jaarrapportage is in de basis een controle of de actuele en voorspelde bodem functies als scheepvaart, tegengaan zoutindringing, ondergrondse infrastructuur et cetera kan vervullen. De actuele bodem wordt verkregen door multibeam-metingen te verwerken en waar nodig de bodem te actualiseren (zie 4.1 voor meer details). De voorspelde bodem wordt bepaald op basis van de trend in verticale bodemontwikkeling (zie 0). Deze wordt lineair doorgetrokken om de verwachte bodemligging over vijf jaar te voorspellen. De bodems worden beoordeeld aan de hand van bepaalde data die in de basislagen te vinden is: gegevens als nautisch gearandeerde diepte (NGD), ligging van kabels en leidingen, gewenste onderwaterbodems voor stabiliteit enzovoorts. Een deel van de gegevens in de basislagen wordt uiteindelijk slechts als extra visuele informatie gebruikt.

### 2.1 Indeling

De volgende kaartlagen worden in het rapport getoond voor de actuele en de voorspelde bodem:

Tabel 2.1 Kaartlagen jaarrapportage

	Actueel	Voorspeld
Laatst gepeilde diepte	■	
Moment van meten laatste peiling	■	
Verschil tussen NGD en bodem		■
Slechtste toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag		■
Maximale hellingshoek in een gridcel		■
Verschil tussen bodem en top Laag van Wijchen	■	■
Verschil tussen bodem en onderkant Laag van Wijchen	■	■
Verschil tussen bodem en theoretisch vlak (stabiliteit)		■
Verschil tussen laatste 2 dieptemetingen	■	
Laatste significante trend in de bodemhoogte	■	
Begindatum van de laatste significante trend	■	
Spreiding om de laatste significante trend	■	
Verschil tussen de bovengrens en de bodem		■
Verschil tussen de ondergrens en de bodem		■

Hoe deze lagen bepaald worden is te vinden in hoofdstuk 4. Waar de bewerking met de voorspelde bodem plaats moet vinden kan dat precies hetzelfde plaatsvinden als voor de actuele bodem.

### 2.2 Format

De jaarrapportage wordt uiteindelijk via GeoWeb getoond. Ter referentie wordt hier het gewenste format kort beschreven. Precieze kleurenschema's en dergelijke zullen bij Rijkswaterstaat zelf bepaald moeten worden. In alle kaarten moeten de kilometerraaien, een schaal en vaargeullijnen getoond worden. Eventueel kunnen de resultaten die voor de voorspelde bodem bepaald worden niet in aparte kaartlagen getoond worden, maar als contourlijnen bij de resultaten van de actuele bodem geplot worden.

- Laatst gepeilde diepte
  - Kleurgradiënt om goed de details in de bodem te kunnen zien
  - Hillshade van de bodem berekenen en er met een hoge transparantie overheen leggen om diepteverschillen te benadrukken
- Moment van meten laatste peiling
  - Een aantal kleurklassen, zo mogelijk een voor elk meetmoment. Voor de drie meest recente jaren een meer opvallende kleur dan voor de voorgaande.
- Verschil tussen NGD en bodem
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = bodem ligt er meer dan 0.5 m onder, oranje = bodem ligt er minder dan 0.5 m onder, rood = bodem ligt er boven
- Slechtste toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = dekkingslaag is volledig aanwezig, oranje = dekkingslaag is deels geërodeerd, rood = kabel ligt bloot
- Maximale hellingshoek in een roostercel
  - Kleur per helling in enkele klassen; voorbeeld 1:1, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:4, 1:7, 1:10
- Verschil tussen bodem en top Laag van Wijchen
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = bodem ligt er meer dan 5 m boven, oranje = bodem ligt er minder dan 2 m boven, rood = bodem ligt er onder
- Verschil tussen bodem en onderkant Laag van Wijchen
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = bodem ligt er meer dan 5 m boven, oranje = bodem ligt er minder dan 2 m boven, rood = bodem ligt er onder
- Verschil tussen bodem en theoretisch vlak (stabiliteit)
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = bodem ligt er meer dan 0.5 m boven, oranje = bodem ligt er minder dan 0.5 m boven, rood = bodem ligt er boven
- Verschil tussen laatste 2 dieptemetingen
  - Kleurgradiënt om goed de details in het verschil te kunnen zien
- Laatste significante trend in de bodemhoogte
  - Kleurgradiënt om goed de details in de trend te laten zien
- Begindatum van de laatste significante trend
  - Een aantal kleurklassen, een voor elkaar jaar.
- Spreiding om de laatste significante trend
  - Kleurgradiënt om goed de details in de spreiding te kunnen zien
- Verschil tussen de bovengrens en de bodem
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = bodem ligt er meer dan 0.5 m onder, oranje = bodem ligt er minder dan 0.5 m onder, rood = bodem ligt er boven
- Verschil tussen de ondergrens en de bodem
  - Enkele kleurklassen; bijvoorbeeld groen = bodem ligt er meer dan 0.5 m boven, oranje = bodem ligt er minder dan 0.5 m boven, rood = bodem ligt er boven

### 2.3 Automatisering

Enkele onderdelen van het proces lenen zich goed voor automatisering. Deltares heeft hiervoor wat scripts geschreven, maar deze zijn niet zo ver doorontwikkeld dat ze als product geleverd kunnen worden. Eventueel kunnen deze scripts wel geleverd worden, met het voorbehoud dat deze alleen door Python-experts gebruikt worden. In het algemeen geldt dat een goede organisatie van data het proces veel soepeler laat verlopen. Hieronder volgt een kort overzicht met de goed te automatiseren onderdelen.

- Omzet van de data in comma-separated-value-bestanden naar rasters (geotiff). Gezien de grote aantallen data is dit handmatig uitvoeren een zeer langdurig proces. Hiervoor zijn scripts beschikbaar om het te automatiseren.

- Berekenen van het verschil tussen twee rasters en een nieuw raster uitvoeren. Als de rasters in QGIS ingelezen zijn kunnen ze binnen dat programma van elkaar afgetrokken worden. Dit kan ook met rasters met een verschillende resolutie. Er zijn scripts beschikbaar die bijvoorbeeld het verschil tussen de NGD en de bodem automatisch voor alle rivieren bepalen.
- Bewerking en uitvoer van data in SPSS. Met syntaxfiles kunnen series bewerkingen worden opgezet. In een syntaxfile zouden alle nodige stappen voor alle gebieden gedefinieerd kunnen worden, zodat deze in een reeks uitgevoerd worden.

## 2.4 Uit te voeren onderdelen

Voor het jaarrapport zijn gegevens in basislagen (lage frequentie van updaten) en variabele lagen (op basis van de meest recente bodempeiling) nodig. De basislagen hoeven dus niet per jaar bijgewerkt te worden, en de variabele lagen alleen als er een nieuwe meting beschikbaar is. Een overzicht van de uit te voeren onderdelen inclusief de benodigde software wordt hieronder gegeven, op basis van Fioole (2015b).

Basislagen:

- Watersysteemindeling
  - Polygonenshapes omzetten en SPSS-bestanden met rekenpunten
  - Software: ARCMAP/QGIS, SURFTRANS-RASTER, SPSS
- Kenmerken coördinaten watersystemen
  - Toekennen kilometerwaarde en afstand tot rivieras aan rekenpunten
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS
- Vaarwegmeubilair
  - Op basis van het DTB updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS
- Kilometrerering
  - Op basis van het DTB updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS
- Ligging visdetectiekabels
  - Updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS
- Ligging alle kabels en leidingen (2d, 3d en overig)
  - Op basis van gegevens van WNZ/ vergunningverlening updaten en omzetten naar punten
  - Software: ARCMAP/QGIS, SURFZINKER, SPSS
- Diepteligging kabels en leidingen (2d en 3d)
  - Updaten op basis van voorgaande
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS
- Diepteligging vereiste afdeklagen kabels en leidingen (2d en 3d)
  - Updaten op basis van voorgaande
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS
- Ligging baggervakken
  - Op basis van gegevens van WNZ/districten updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS
- Dieptes NGD
  - Op basis van gegevens van WNZ/districten updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS
- Ligging zandbanen in RMM gebied
  - Polygonenshapes van Deltares beschikbaar, eventueel updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS

- Geologische kaartlagen (o.a. laag van Wijchen, Formatie van Boxtel)
  - Geo-TIFFs van Deltares beschikbaar, eventueel updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS
- Theoretisch vlak (stabiele onderwaterbodem)
  - Gewenste taluds van vaargeulen en oevers bepalen
  - Software: ARCMAP/QGIS, SURFTALUD, SPSS
- Bestorpingen oevers en onderwaterbodem
  - Gegevens omzetten naar gewenste bestorte taluds
  - Software: ARCMAP/QGIS, SURFTALUD, SPSS
- Bodemligging trapjeslijn Nieuwe Waterweg/Nieuwe Maas
  - Meest recente gegevens komen uit Deltares (2009) en staan in paragraaf 3.12 in dit rapport, eventueel updaten
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS
- Ondergrens
  - Combineren taluds, trapjeslijn en gegevens kabels en leidingen tot ondergrens bodem
  - Software: ARCMAP/QGIS, SPSS

Variabele lagen (software is ARCMAP/QGIS en SPSS tenzij anders vermeld):

- Laatst gepeilde diepte
  - Omzetten metingen naar SPSS-bestanden en roosters. Hier volgen ook de volgende gegevens uit.
    - Moment van meten laatste peiling
    - (Gecorrigeerde) standaardafwijking in de laatste gepeilde diepte
    - Maximale hellingshoek van de laatst gepeilde diepte in een roostercel
  - Software: ARCMAP/QGIS, SURFGRID, SPSS
- Verschil tussen NGD en laatst gepeilde diepte (ondiepte) bepalen
- Slechtste toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag per roostercel bepalen. Hiervoor zijn ook de volgende twee stappen nodig.
  - Verschil tussen laatst gepeilde diepte en afdeklaag leidingen bepalen
  - Verschil tussen laatst gepeilde diepte en diepteligging leidingen bepalen
- Verschil tussen laatst gepeilde diepte en top laag van Wijchen bepalen
- Verschil tussen laatst gepeilde diepte en onderkant laag van Wijchen bepalen
- Verschil tussen laatst gepeilde diepte en theoretisch vlak (stabiliteit) bepalen
- Verschil tussen laatste 2 dieptemetingen bepalen
- Laatste significante trend in de bodemhoogte.
  - Bepalen op basis van jaarlijks gemiddelde bodem en op basis daarvan de toekomstige bodem voorspellen. Hier volgen ook de volgende gegevens uit.
    - Begindatum van de laatste significante trend
    - Spreiding om de laatste significante trend
  - Software: ARCMAP/QGIS, SURFIS-DIR/SURFIS2d, SURFTIME, SURFTREND, SPSS
- Verschil tussen minimale bodem (som van alle functies) en actuele bodem bepalen
- Verschil tussen maximale bodem (som van alle functies) en actuele bodem bepalen
- Verschil tussen NGD en *voorspelde* diepte (ondiepte) bepalen
- *Voorspelde* minimale dikte afdeklaag bepalen
- Verschil *voorspelde* diepte en top laag van Wijchen bepalen
- Verschil *voorspelde* diepte en onderkant laag van Wijchen bepalen
- Verschil tussen *voorspelde* diepte en theoretisch vlak (stabiliteit) bepalen
- Verschil tussen minimale bodem (som van alle functies) en *voorspelde* bodem bepalen
- Verschil tussen maximale bodem (som van alle functies) en *voorspelde* bodem bepalen

## 2.5 Naamgeving bestanden jaarrapportage

Voor de jaarrapportage van 2014 heeft Deltares kaartlagen opgeleverd (deels direct overgenomen van Aad Fioule). Voor de belangrijke kaartlagen zijn de volgende bestandsnamen gebruikt.

Tabel 2.2 Gebruikte SPSS-bestandsnamen jaarrapportage 2014

Naam SPSS-bestand	Inhoud
GEBIED_raster_1.sav	Rekenpunten op een 1 bij 1 meter rooster
GEBIED_z_min.sav	De ondergrens van het gebied
GEBIED_z_talud_vaargeul	Gewenst talud van de vaargeul
GEBIED_z_talud_oever	Gewenst talud van de oever
GEBIED_metingen_JAAR.sav	Bodemdata per meting van het jaar
GEBIED_z_laatste_JAAR.sav	De laatste bodemdata van het jaar
GEBIED_z_JAAR_gem.sav	Jaargemiddelde bodemligging van het jaar
GEBIED_z_JAAR1_JAAR2_1_gem.sav	Alle jaargemiddelde dieptes tussen JAAR1 en JAAR2 op een 1 bij 1 meter rooster
GEBIED_z_actueel_JAAR.sav	De actuele bodemligging van het jaar
GEBIED_z_actueel_JAAR_selectie.sav	De actuele bodemligging van het jaar met alleen de punten waar een meting beschikbaar is
GEBIED_z_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3.sav	Toekomstige bodem in JAAR1, op basis van de trend in bodemmeting tussen JAAR2 en JAAR3

Tabel 2.3 Gebruikte raster-bestandsnamen jaarrapportage 2014

Naam raster-bestand	Inhoud
GEBIED_z_actueel_JAAR	Laatste gepeilde diepte
GEBIED_hs_actueel_JAAR	Hillshade behorende bij de actuele bodem
GEBIED_z_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Toekomstige bodem in JAAR1, op basis van de trend in bodemmeting tussen JAAR2 en JAAR3
GEBIED_hs_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Hillshade behorende bij de toekomstige bodem
GEBIED_jm_laatste_JAAR	Moment van meten laatste peiling
v_ngd_GEBIED_z_actueel_JAAR	Verskil tussen NGD en actuele bodem
v_ngd_GEBIED_z_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Verskil tussen NGD en toekomstige bodem
GEBIED_toets2d_actueel_JAAR	Slechtste actuele toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag 2d leidingen
GEBIED_toets3d_actueel_JAAR	Slechtste actuele toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag 3d leidingen
GEBIED_toets2d_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Slechtste toekomstige toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag 2d leidingen
GEBIED_toets3d_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Slechtste toekomstige toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag 3d leidingen
v_lww_top_GEBIED_z_actueel_JAAR	Verskil tussen actuele bodem en top Laag van Wijchen
v_lww_top_GEBIED_z_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Verskil tussen toekomstige bodem en top Laag van Wijchen
v_lww_basis_GEBIED_z_actueel_JAAR	Verskil tussen actuele bodem en onderkant Laag van Wijchen
v_lww_basis_GEBIED_z_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Verskil tussen toekomstige bodem en onderkant Laag van Wijchen
GEBIED_v_z_talud_oevers_actueel_JAAR	Verskil tussen actuele bodem en theoretisch vlak oevers (stabiliteit)

GEBIED_v_z_talud_oevers_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Vershil tussen toekomstige bodem en theoretisch vlak oevers (stabiliteit)
GEBIED_v_z_talud_vaargeul_actueel_JAAR	Vershil tussen actuele bodem en theoretisch vlak vaargeul (stabiliteit)
GEBIED_v_z_talud_vaargeul_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Vershil tussen toekomstige bodem en theoretisch vlak vaargeul (stabiliteit)
GEBIED_v_vorig_actueel_JAAR	Vershil tussen laatste 2 actuele bodems
GEBIED_rc_JAAR1_JAAR2	Laatste significante trend in de bodemhoogte tussen JAAR1 en JAAR2
GEBIED_bperiode_JAAR1_JAAR2	Begindatum van de laatste significante trend in de bodemhoogte tussen JAAR1 en JAAR2
GEBIED_sresid_JAAR1_JAAR2	Spreiding om de laatste significante trend in de bodemhoogte tussen JAAR1 en JAAR2
GEBIED_v_z_max_actueel_JAAR	Vershil tussen de bovengrens en de actuele bodem
GEBIED_v_z_max_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Vershil tussen de bovengrens en de toekomstige bodem
GEBIED_v_z_min_actueel_JAAR	Vershil tussen de ondergrens en de actuele bodem
GEBIED_v_z_min_toekomst_JAAR1_JAAR2_JAAR3	Vershil tussen de ondergrens en de toekomstige bodem



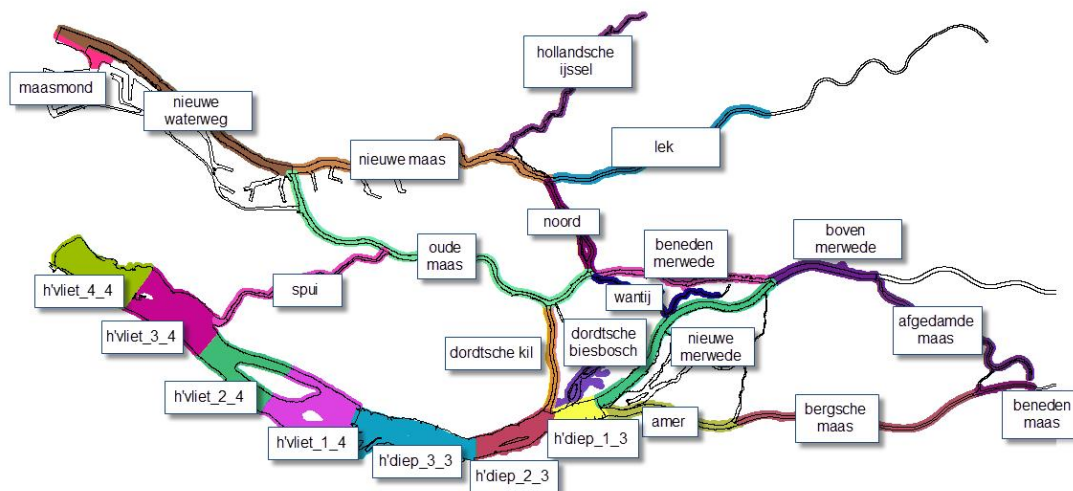
### 3 Basislagen

De basislagen bevatten (kaart)informatie die niet of nauwelijks verandert per jaar.

#### 3.1 Rekenpunten van het watersysteem

De data van vorige jaren zijn op punten gezet met coördinaten met een halve meter (bijv. 64447.5, 445182.5) en met een afstand in de x- en y-richting van 1 meter. Deze punten zijn dus de middelpunten van een equivalent raster van vierkante cellen van 1 meter bij 1 meter waarvan de hoekpunten op coördinaten met een hele meter (bv. 64447, 445182) liggen. Het gebruikte coördinaatsysteem was *EPSG: 28992 - Amersfoort/RD New*. Om de vergelijking met eerder bepaalde bodemligging etc. netjes uit te kunnen voeren is het nodig de voorgaande principes aan te houden voor elke nieuwe jaarrapportage.

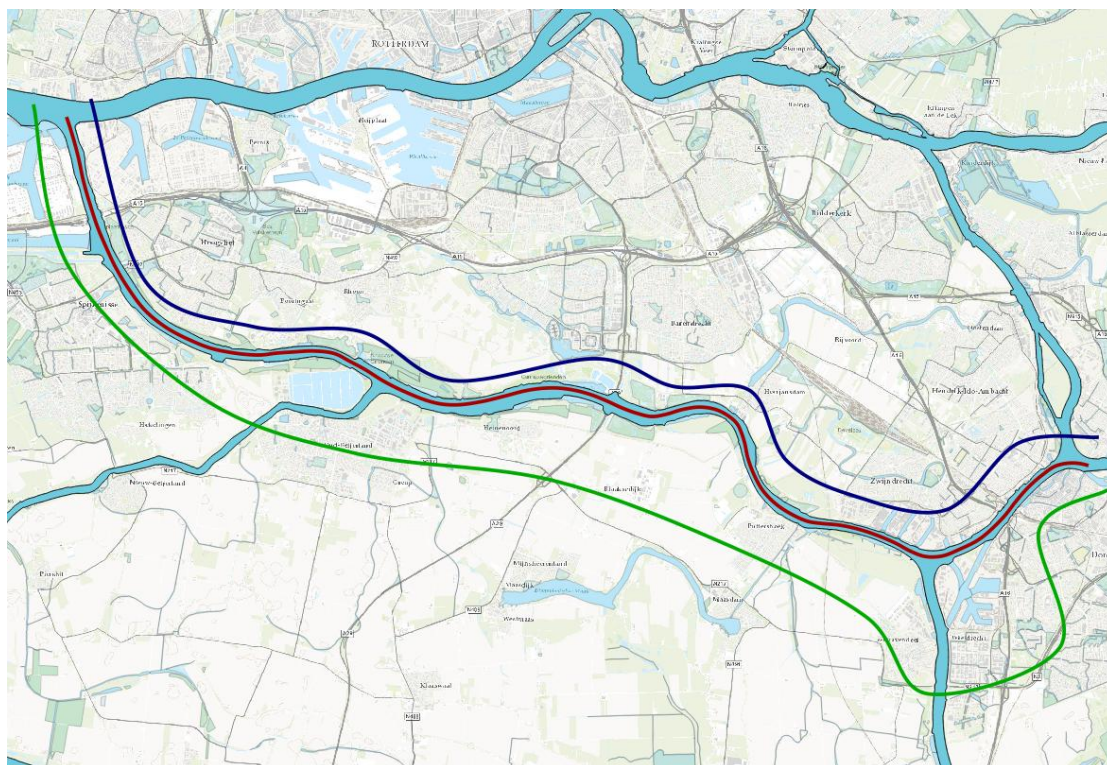
Voor de verwerking van data (o.a. met de verschillende SURFTOOLS-programma's) is dus een 1 m bij 1 m punten-shape van het gebied nodig. De shape wordt voor verschillende andere lagen gebruikt om rekenroosters voor de verschillende bewerkingen en opslag van data te genereren. De punten-shape wordt gemaakt door polygonen van het watersysteem (voor de Kaderrichtlijn Water) binnen een GIS-applicatie om te zetten. Omdat het om een omvangrijke hoeveelheid punten gaat is het handig om de punten-shape per tak (Amer, Lek, Oude Maas, etc.) te maken. Sommige takken kunnen zelfs beter onderverdeeld worden in drie delen (Hollands Diep) of vier delen (Haringvliet). Zie onderstaande afbeelding voor een mogelijke onderverdeling van het hele gebied.



Figuur 3.1 Onderverdeling Rijn-Maasmonding (bron: Aad Fioole)

Het maken van het raster kan ook met het programma SURFRASTER (meer details in Fioole, 2012) gedaan worden. Hiervoor moeten de as en de linker- en rechtergrens van de rivier als vloeiende lijnen getekend worden binnen een GIS-applicatie. Deze drie lijnen worden naar drie aparte punten-shapes met een afstand van 1 meter omgezet en uitgevoerd naar drie tekstbestanden met de coördinaten. Zie hieronder een afbeelding waarbij de as (rode lijn), linkergrens (groene lijn) en rechtergrens (blauwe lijn) voor de Oude Maas zijn ingetekend. SURFRASTER voert een bestand uit met daarin de coördinaten van het raster, de afstand tot de as en de afstand tot het begin van het watersysteem langs de as. Eventueel kan dit weer

ingevoerd worden in een GIS-applicatie om de punten te verwijderen die buiten de polygoon van het watersysteem vallen (bv. met een clipping-functie).



Figuur 3.2 De as (rood), linkergrens (groen) en rechtergrens (blauw) van de Oude Maas ten behoeve van SURFTRANS-RASTER

### 3.2 Kenmerken coördinaten watersystemen

Voor selectie van data kan het handig zijn om naast de x,y-coördinaten ook per punt in het raster te weten wat de kilometerwaarde is. Hiervoor is een shapefile met raaien nodig, of kan het TOP25raster van PDOK<sup>1</sup> gebruikt worden. Kies langs de eerder getekende as een aantal punten die op een raai liggen, en voeg de kilometer waarde toen aan een attribuut (bv. *kmr*). Als dit met een redelijke spreiding gedaan wordt, kan er een goede lineaire relatie gelegd worden tussen de kilometerwaarde en de afstand tot het begin van het watersysteem (uitvoer SURFRASTER of het resultaat van de gebruikte lijn naar punt-conversie van de GIS-applicatie). Hiermee kan voor de rest van de punten de kilometerwaarde geïnterpoleerd worden.

Eventueel kan dit ook gedaan worden met SURFTRANS-RASTER. De rivieras wordt opgedeeld in delen van een meter (wat mogelijk voor laag 3.1 al gedaan is), waaraan per punt de kilometerwaarde wordt toegevoegd. Deze gegevens, in combinatie met de eerder gemaakte puntenshape van het watersysteem, worden gebruikt om met SURFTRANS-RASTER de relatieve positie per coördinaat te bepalen (de kilometerwaarde plus de afstand tot de rivieras).

<sup>1</sup> <https://www.pdok.nl/nl/producten/pdok-downloads/basis-registratie-topografie/topraster/topraster-actueel/top25raster>

### 3.3 Vaarwegmeubilair

Het vaarwegmeubilair komt van het Digitaal Topografisch Bestand (DTB) en is een shapefile. Dit wordt niet verder verwerkt en dus alleen als aanvullende visuele informatie gebruikt.

### 3.4 Kilometrerig

De kilometrerig komt van het DTB en is een shapefile. Dit wordt gebruikt om de kilometerwaarden aan het raster toe te voegen onder 3.2.

### 3.5 Ligging visdetectiekabels

De ligging van de visdetectiekabels is een shapefile. Dit wordt niet verder verwerkt en dus alleen als aanvullende visuele informatie beschikbaar gemaakt.

### 3.6 Ligging kabels en leidingen

De ligging van kabels en leidingen en aanvullende gegevens komen van WNZ-afdeling vergunningverlening. Voor de verdere verwerking is minimaal de ligging van de kabel of leiding in het horizontale en verticale vlak nodig, en van de bijbehorende afdeklaag de hoogte, breedte aan de top en de breedte van de hellingen aan de zijanten. Voor veel leidingen ontbreken echter deze gegevens en is alleen de ligging (positie horizontale vlak) bekend. Dit betekent dus dat het goed kan dat bij de verdere analyse problemen met deze leidingen niet opgemerkt worden.

#### 3.6.1 Diepteligging kabels en leidingen

De gegevens van kabels en leidingen worden gebruikt om te bepalen op welke diepte de afdeklaag van de kabels en leidingen liggen met het programma SURFZINKER (zie Fioole, z.j. c). Om de diepteligging van de kabels en leidingen door te geven aan SURFZINKER zijn wat bewerkingen in een GIS-applicatie nodig. De lijnen van de kabels in het gebied worden omgezet naar punten-shapes met een afstand van 1 meter. Merk op dat het hierbij niet noodzakelijk is dat deze punten samenvallen met de in 3.1 beschreven rekenpunten. Hieraan kunnen direct de id van de kabel, de hoogteligging van de kabel (in m NAP) en de dekking, breedte van de top en breedte van de helling van de afdeklaag worden toegevoegd in zoverre deze informatie in de lijnen-shape beschikbaar is. Breedte, top en breedte helling kunnen op 4 gezet worden als deze nog niet gedefinieerd zijn.

De punten-shape wordt vervolgens uitgevoerd als dBase-bestand (.dbf). Met een externe applicatie (bv. SPSS of Open Office) moet de volgorde van de kolommen als volgt gezet worden: id, x, y, z, dekking, breed, helling. De variabelen x, y, z en dekking moeten format (12,2) krijgen. Uiteindelijk moet het bestand uitgevoerd worden als een tekstbestand met constante kolommen, spaties als scheiding en zonder kopjes. Zie Figuur 3.3 voor hoe het bestand eruit moet zien.

1	86	82006.40	432251.90	-20.100	3.000	4.000	4.000
2	86	82007.35	432252.20	-20.100	3.000	4.000	4.000
3	86	82008.30	432252.50	-20.100	3.000	4.000	4.000
4	86	82009.25	432252.80	-20.100	3.000	4.000	4.000
5	86	82010.20	432253.10	-20.100	3.000	4.000	4.000
6	86	82011.15	432253.40	-20.100	3.000	4.000	4.000
7	86	82012.10	432253.70	-20.100	3.000	4.000	4.000
8	86	82013.05	432254.00	-20.100	3.000	4.000	4.000
9	86	82014.00	432254.40	-20.100	3.000	4.000	4.000
10	86	82014.95	432254.70	-20.100	3.000	4.000	4.000

Figuur 3.3 Voorbeeld formattering kenmerken kabels en leidingen

### 3.6.2 Diepteligging vereiste afdeklaag kabels en leidingen

Op basis van de gegevens in de vorige stap wordt met SURFZINKER bepaald wat de ligging en dikte van de (vereiste) afdeklaag per kabel is. Aanvullend op het uitgevoerd tekstbestand is daarbij een tekstbestand nodig met de rasterpunten die rond de leidingen liggen. De rasterpunten moeten dus een dusdanig gebied rond elke leiding afdekken dat de ligging van de afdeklaag in het horizontale vlak volledig beslagen wordt. Zie Figuur 3.4 voor hoe het bestand eruit moet zien.

```

1 X,Y
2 82058.5,432281.5
3 82057.5,432281.5
4 82056.5,432281.5
5 82055.5,432281.5
6 82054.5,432281.5
7 82053.5,432281.5
8 82052.5,432281.5
9 82051.5,432281.5
10 82050.5,432281.5
    
```

Figuur 3.4 Voorbeeld formattering rasterpunten voor SURFZINKER

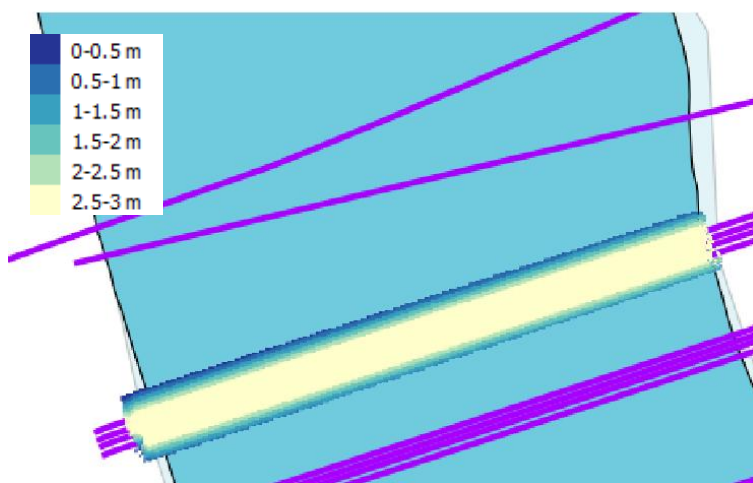
Het programma voert een tekstbestand uit waar per rasterpunt en per leiding het gewenste niveau van de zinker, het gewenste niveau van de afdeklaag en de gewenste dikte van de dekking staan. Zie Figuur 3.5 voor een voorbeeld van de uitvoer van SURFZINKER.

```

1 x,y,id,z_afdeklaag,z_zinker,dekking
2 82058.50 , 432281.50 , 86. , -19.3500 , -20.1000 , 0.7500
3 82058.50 , 432281.50 , 85. , -19.3500 , -20.1000 , 0.7500
4 82058.50 , 432281.50 , 84. , -18.8500 , -20.1000 , 1.2500
5 82058.50 , 432281.50 , 83. , -19.1000 , -20.1000 , 1.0000
6 82058.50 , 432281.50 , 82. , -18.8500 , -20.1000 , 1.2500
7 82058.50 , 432281.50 , 81. , -19.6000 , -20.1000 , 0.5000
8 82058.50 , 432281.50 , 80. , -19.1000 , -20.1000 , 1.0000
9 82058.50 , 432281.50 , 79. , -19.6000 , -20.1000 , 0.5000
10 82058.50 , 432281.50 , 78. , -19.1000 , -20.1000 , 1.0000
    
```

Figuur 3.5 Voorbeeld uitvoer SURFZINKER

Deze informatie kan vervolgens in een GIS-applicatie ingelezen en weergegeven worden. Omdat de gewenste afdeklaag van de rasterpunten rond verschillende leidingen kunnen overlappen kan het wenselijk zijn om de informatie per leiding of alleen het meest ongunstige resultaat (bv. de hoogste ligging van een kabel per roosterpunt) weer te geven. Zie Figuur 3.6 voor een voorbeeld van de hoogste gewenste dikte van de afdeklaag van een kabel.



Figuur 3.6 Voorbeeld minimum dikte afdeklaag rond een aantal kabels

### 3.7 Ligging baggervakken

De ligging van de baggervakken komt van WNZ-districten en is een shapefile met polygonen. Dit wordt gebruikt bij de bepaling van de nautisch gegarandeerde diepte (NGD).

### 3.8 Dieptes NGD

De shape met de nautisch gegarandeerde diepte (NGD) en bijbehorende onderhoudsdiepte wordt beheerd door het CIV, en met een GIS-applicatie geactualiseerd naar aanleiding van aanpassing van baggervakken. Als de shape weer up-to-date is, wordt de benodigde diepte voor de binnenvaart en zeevaart overgezet naar een 1 bij 1 meter punten-shape. Omdat dit een omvangrijke dataset is, wordt aangeraden deze shape uit te voeren naar een database die door een andere applicatie gelezen kan worden (bv. SPSS). Per punt wordt met die applicatie de laagste diepte gekozen die uit de NGD voor binnenvaart en zeevaart volgt. De database kan dan weer in een GIS-applicatie ingelezen worden te maken om een rooster te maken met de laagste NGD-dieptes. In Figuur 3.7 is het resultaat hiervan te zien voor de Oude Maas.



Figuur 3.7 NGD-waarden in de Oude Maas

### 3.9 Geologische kaartlagen

De kaartlagen die relevant worden geacht voor rivierbeheer zijn slecht erodeerbare lagen, de afwezigheid daarvan en de aanwezigheid van goed erodeerbare lagen. Onderstaande schets geeft een schematische Zuid-Noord doorsnede over het Rijn-Maasmondingsgebied en daarin de voor erosie belangrijke eenheden. De groene kleuren staan voor slecht erodeerbare lagen, de gele/oranje kleuren staan voor zanden.

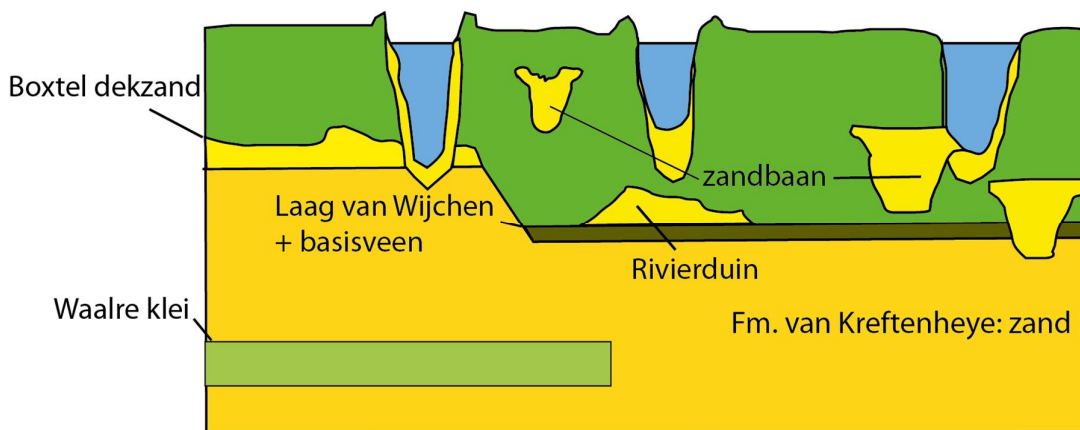


Figure 3.8 Schematische Zuid-Noord doorsnede over het Rijn-Maasmondingsgebied en daarin de voor erosie belangrijke eenheden

Om roosters te maken van de verbreiding en diepte van de relevante lagen zijn boringen voor het GeoTOP ondergrondmodel (Stafleu et al., 2013) van TNO gebruikt. Deze zijn gelabeld op verschillende geologische formaties. Op basis van deze informatie kunnen door interpolatie vereenvoudigde vlakdekkende roosters worden gemaakt binnen de bekende verbreiding van de lagen. De roosters zijn interpolaties van boringen en kunnen lokaal afwijken van de werkelijke situatie: Lagen kunnen lokaal afwezig zijn en de diepte kan lokaal afwijken.

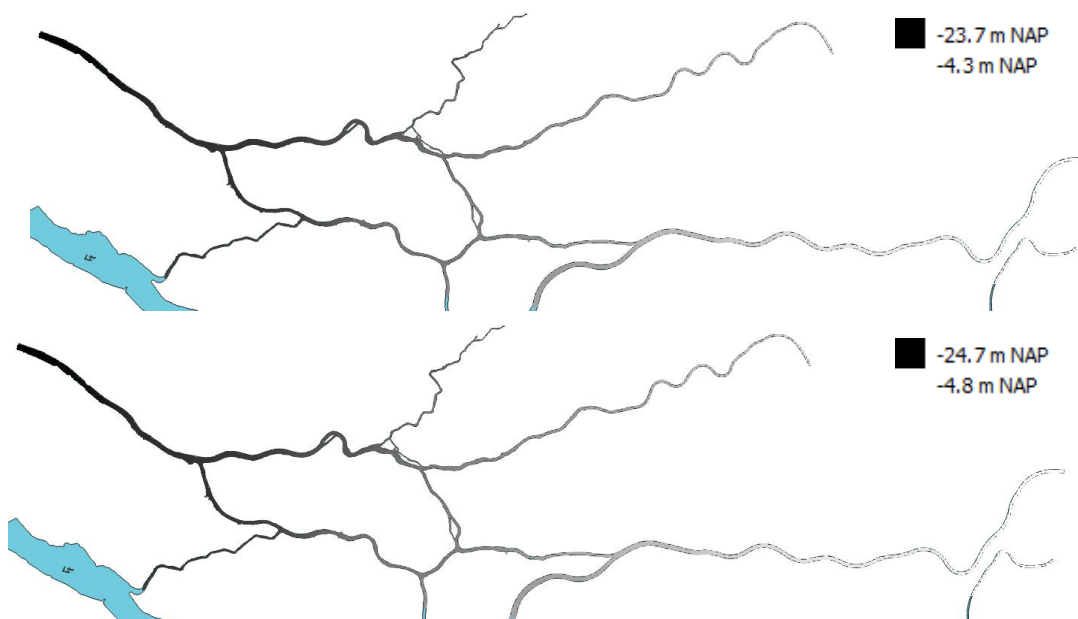
Voor de relevante zandbanen is in overleg met experts van de Universiteit Utrecht een selectie van zandbanen gemaakt die mogelijk door de laag van Wijchen heen steken en die in de rivierbodembodem van de rivieren in de Rijn-Maasmonding aan het oppervlak kunnen komen.

### 3.9.1 Aanwezigheid en diepte van de “Laag van Wijchen”

Een relevante laag in de Rijn-Maasmonding is de “Laag van Wijchen”. Dit is een stugge leemlaag die in grote delen van de ondergrond de Pleistocene grofzandige ondergrond als een toplaag bedekt. Direct bovenop de Laag van Wijchen ligt in de regel een laag compact Basisveen. Onder de laag van Wijchen is de diepte van de grofzandige rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye een belangrijke grens.

De Laag van Wijchen is vrij continu, maar toch niet overal aanwezig onder het Rijn-Maasdal. Het ontbreken ervan komt voornamelijk door erosie van riviergeulen voor 6500 jaar geleden. Omdat moeilijk te voorspellen is waar de laag wel of niet aanwezig is, is een vlakdekkend rooster opgeleverd, waarin ervan uitgegaan wordt dat de laag aanwezig is.

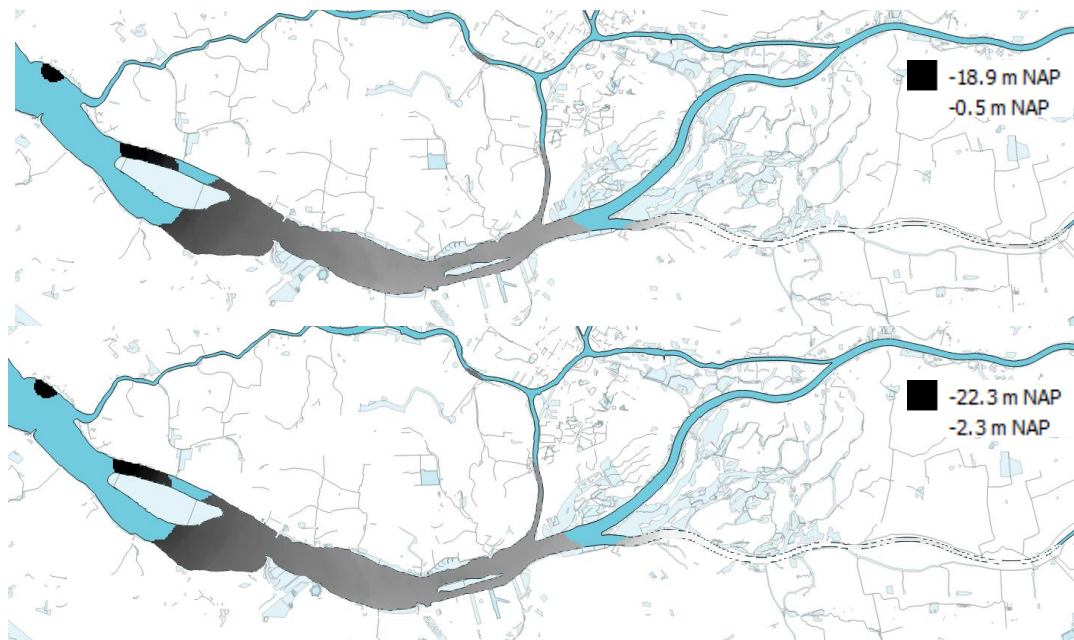
Op basis van rivierbodempemelingen kan bepaald worden of de rivierbodembodem de top of basis van de Laag van Wijchen doorsnijdt of in de toekomst zal doorsnijden. Omdat de Laag van Wijchen zelf moeilijk erodeerbaar is kan het doorsnijden ervan betekenen dat er een plotse toename van erosie op volgt. Het raster heeft een resolutie van 100 bij 100 meter. Afhankelijk van de gebruikte methode en software kan dit direct gebruikt worden om het verschil met de 1 bij 1 meter bodemmetingen te bepalen, of moet eerst de diepteligging van de Laag van Wijchen uitgesneden en geïnterpoleerd worden om een rivierdekkend rooster van 1 bij 1 meter te krijgen. In Figuur 3.9 is hier het resultaat van te zien.



Figuur 3.9 Diepteligging top (boven) en basis (onder) van de Laag van Wijchen in de rivieren

### 3.9.2 Aanwezigheid en diepte van de Formatie van Boxtel

Op locaties buiten het voormalige rivierdal is de Formatie van Boxtel relevant. Deze laag bevat fijnkorrelig dekzand en is makkelijker erodeerbaar dan de diepere rivierzanden. Van deze laag is de ligging van de top en basis bepaald en dit wordt als rooster aangeleverd. Dit kan in een GIS-applicatie uitgesneden en geïnterpoleerd worden om alleen de ligging in de rivieren te krijgen. In Figuur 3.10 is te zien wat daar het resultaat van is.



Figuur 3.10 Diepteligging top (boven) en basis (onder) van de Formatie van Boxtel in de rivieren

### 3.9.3 Aanwezigheid en diepte van de Formatie van Kreftenheye

De formatie van Kreftenheye is een voornamelijk grofzandige watervoerende laag. Waar de "Laag van Wijchen" wordt doorsneden wordt contact gemaakt met deze formatie. De top bevat fijner zand en kan eroderen.

### 3.9.4 Aanwezigheid en diepte van de kleilaag van de Waalre Formatie

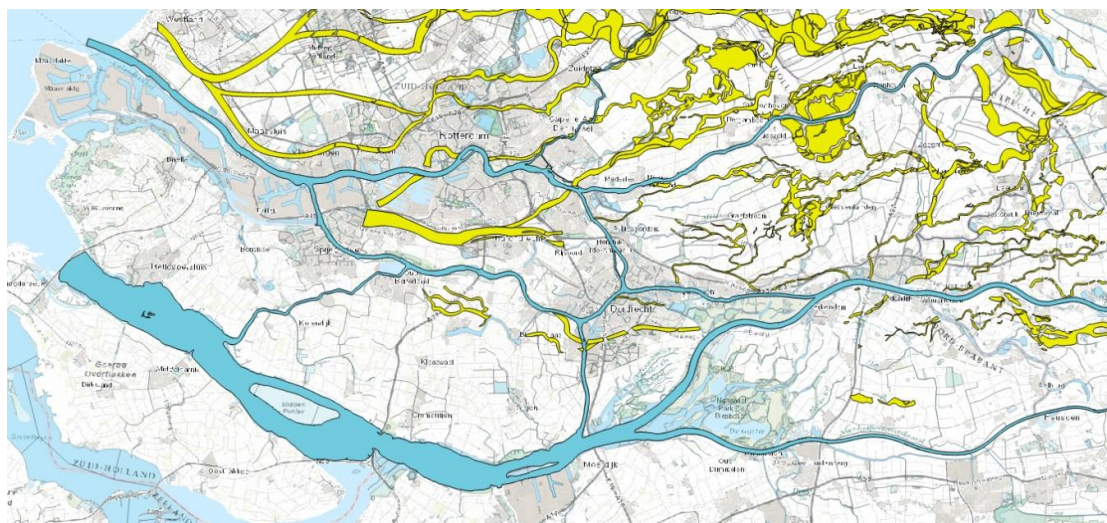
De top van de Formatie van Waalre bestaat regelmatig uit een resistente stugge kleilaag. Deze wordt bijvoorbeeld in de diepste voormalig estuariene geulen aangesneden, zoals bij de erosiekuilen van de Moerdijkbrug.

### 3.9.5 Ligging zandbanen in het RMM-gebied

De ligging van zandbanen is gebaseerd op "de zandbanenkaart" (Cohen et al., 2012) en wordt aangeleverd als vectorbestand. Het gaat hier om gekarteerde zandbanen van meer dan 6500 jaar oud. Bij deze voormalige rivierlopen is de Laag van Wijchen mogelijk afwezig. Bovendien kunnen deze zandige afzettingen de bodem van de huidige riviergeulen bepalen als ze worden aangesneden. De ligging van de zandbanen op deze diepte is vooral gebaseerd op boringen en extrapolaties. De exacte ligging van de zandbanen kan afwijken.

De gegevens worden gebruikt om een inschatting te maken of in gebieden met bodemontwikkeling plots een sterke verandering van de bodem kan optreden doordat een zandbaan wordt 'geraakt'. Zie Figuur 3.11 voor de zandbanen die mogelijk de laag van Wijchen doorsnijden en mogelijk aan de oppervlakte van de riviergeul kunnen komen.

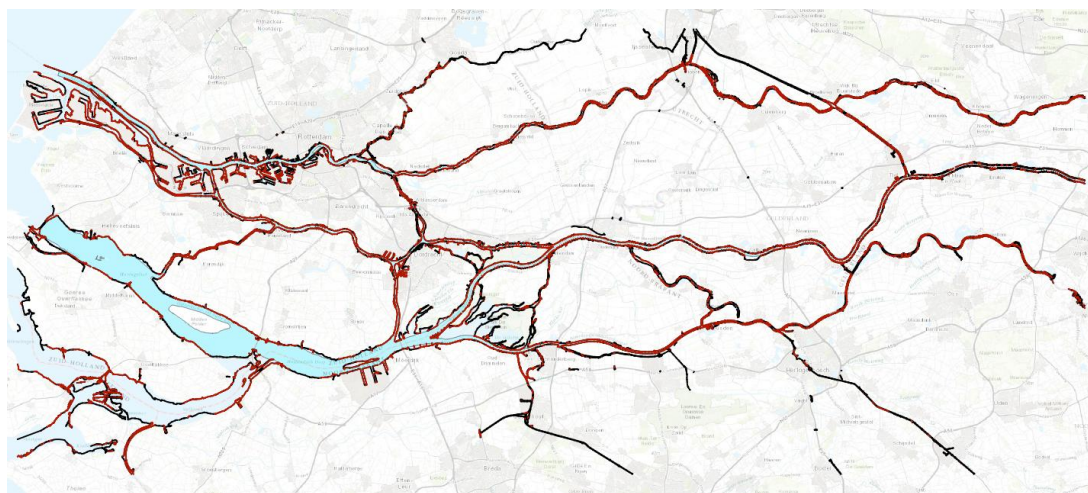




Figuur 3.11 Zandbanen (geel) die mogelijk de laag van Wijchen doorsnijden

### 3.10 Bestorte oevers

De bestorte oevers kunnen gegenereerd worden door uit het DTB de vlakken stortsteen en steenbekleding (kolom THEMB='stortsteen' of 'steenbekleding') te nemen, en naar bijvoorbeeld vliegdata te kijken waar de top van de bestorting zit. Zie Fioole (2015a). Dat leidt tot alleen die oeverlijnen die bestort zijn. In onderstaande figuur zijn de bestorte en niet-bestorte oeverlijnen te zien voor het hele gebied.



Figuur 3.12 Oeverlijnen met bestorting of steenbekleding (rood) en zonder (zwart)

### 3.11 Theoretische onderwatertaluds

Op plekken in het systeem waar een bepaald talud aanwezig moet zijn om stabiliteit te garanderen (bestorte oevers, vaargeulen, etc.) moeten de theoretische (gewenste) onderwatertaluds gegenereerd worden.

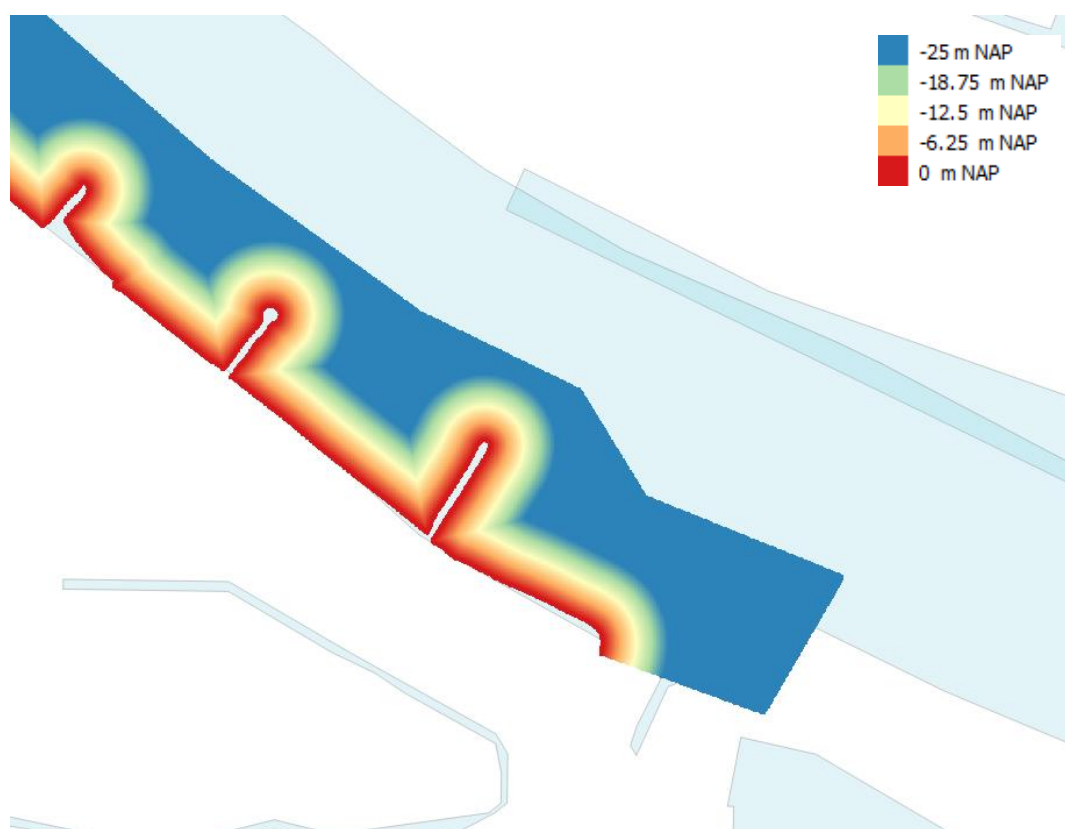
Dit kan met het programma SURFTALUD (voor details zie Fioole, z.j. a; 2015a), waarvoor twee invoerbestanden nodig zijn per talud:

- de x,y-coördinaten (op een halve meter) van het interessegebied (bijvoorbeeld de recheroever van een stuk rivier, inclusief het talud (plus een bepaalde buffer). Dit is dus een selectie van de eerder gemaakte rekenpunten.
- een grenslijn aan de top van het talud met punten om de meter oplopend in de afstand, met de hoogte.

De grenslijn aan de top van het talud is eenvoudig te bepalen voor de vaargeulen. Dit zijn de lijnen die in stroomrichting de buitenste grenzen van de vaargeul bepalen. Door de vaargeul-polygonen om te zetten naar lijnen kunnen deze eenvoudig geselecteerd worden. Aan deze lijnen wordt de onderhoudsdiepte van het baggervak toegekend, en de lijnen worden omgezet naar punten om de meter. Dit wordt apart gedaan voor zeevaart en binnenvaart.

De grenslijnen van de bestorte oevers zijn beschreven in 3.10. Aan deze oeverlijnen moet nog een hoogte worden toegekend. Dat is per rivier een en dezelfde waarde. Deze wordt bepaald door de mediaan van de *gemeten* hoogte per punt in de oeverlijn te nemen. Hiervoor moeten dus eerst de oeverlijnen worden omgezet naar punten per meter. Vervolgens wordt aan die punten een gemeten hoogte toegekend: ofwel vanuit vliegdata ofwel vanuit de meeste recente bodemmeting. Vanuit de bekende hoogtes wordt de mediaan bepaald; dit is bijvoorbeeld -0.25 m NAP voor het Spui. Vervolgens worden alleen de punten uit de oeverlijn gekozen die tussen 30 centimeter onder en boven de mediaan liggen.

Voor de vaargeulen wordt een maximale diepte ingesteld: tot 5 meter onder de onderhoudsdiepte. Voor de oeverlijnen wordt een afstand ingesteld: tot 100 meter buiten de oever. Vervolgens dient een gewenst talud (bv. 1 op 3 voor bestortingen, 1 op 7 voor vaargeulen) ingevoerd te worden en kan SURFTALUD gestart worden. SURFTALUD levert een bestand met daarop per rekenpunt een hoogte die gehaald moet worden om te voldoen aan het opgegeven talud. Deze gegevens kunnen vervolgens in een GIS-applicatie gevisualiseerd worden. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 3.13.



Figuur 3.13 Gewenst talud vanaf de oever in een deel van de Oude Maas

### 3.12 Trapjeslijn Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas

Deltares (2009) beschrijft wat de minimaal gewenste hoge bodemligging in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas is om zoutindringing zo veel mogelijk tegen te gaan. De tweede herziening van Rijkswaterstaat is hierbij leidend. De gewenste bodemligging per traject is in onderstaande tabel te zien.

Tabel 3.1 Onderdelen van het project "Advies beheer rivierbodembodem RMM"

Rivier	Traject begin (km)	Traject eind (km)	Bodemligging (m. NAP)
<b>Nieuwe Maas</b>	994.0	1000.6	-8.0
<b>Nieuwe Maas</b>	1000.6	1004.4	-12.0
<b>Nieuwe Maas</b>	1004.4	1014.0	-14.5
<b>Nieuwe Waterweg</b>	1014.0	1032.6	-16.0
<b>Maasmond</b>	1032.6	1035.4	-22.5

In onderstaande kaart zijn deze vlakken te zien. Deze zijn met ruime buffers opgesteld.



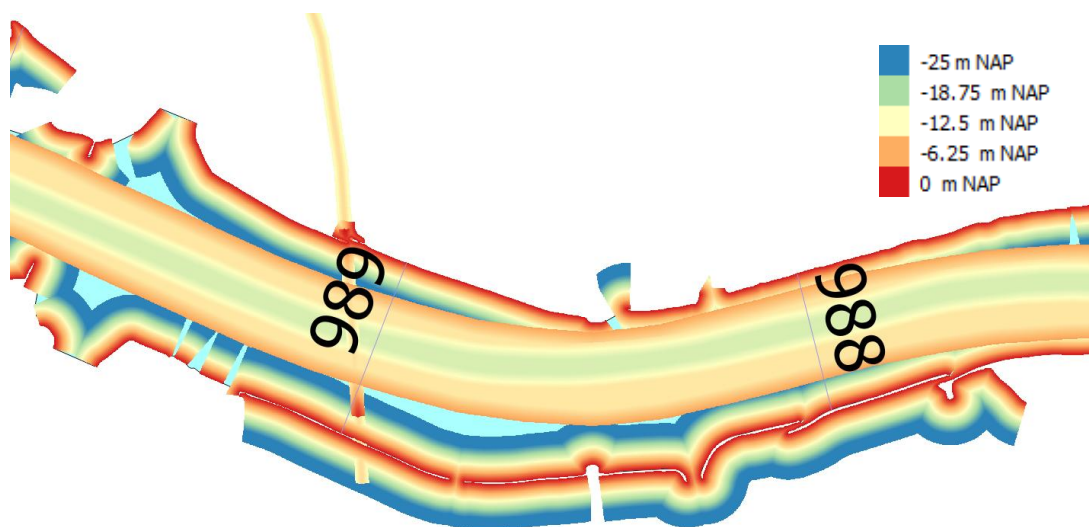
Figuur 3.14 Bodemligging in m NAP behorende bij de trapjeslijn

### 3.13 Ondergrens

De ondergrens wordt bepaald door het maximum van:

- De gewenste dekking van kabels en leidingen: deze moeten voldoende beschermd zijn (zie 3.6.2).
- Stabiliteit oevers: het talud moet voldoende hoog liggen. Hierbij is bij bestortingen een helling van 1:3 het maximum (zie 3.10), en bij niet-bestorte oevers 1:7.
- Stabiliteit van de vaargeul: het talud moet voldoende hoog liggen. Hierbij is vanaf de baggerdiepte (bij OLW) een helling van 1:7 het maximum, tot een diepte van 5 m onder de onderhoudsdiepte (zie 3.11).
- Maximaal zoutwaterwerende hoge bodemligging in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas (zie 3.12).

Dit leidt tot een enkele laag met een bodemligging waarvan het niet gewenst is dat deze onderschreden wordt. Voor een deel van de Oude Maas ziet dit er als volgt uit.



Figuur 3.15 Ondergrens bodem in een deel van de Oude Maas



## 4 Variabele kaartlagen

De variabele lagen bevatten (kaart)informatie die met een variërende frequentie geactualiseerd wordt. Dit kan bijvoorbeeld eens per twee jaar, eens per jaar of meerdere keren per jaar zijn.

### 4.1 Laatst gepeilde diepte

Tegenwoordig zijn de metingen altijd multibeam-peilingen. Een multibeam-bestand met x,y,z-waarden wordt met SURFGRID (Fioole, 2010) ingelezen en geaggregeerd naar diverse parameters per roostercel. SURFGRID zet de metingen op coördinaten met een halve meter (bv. 64447.5, 445182.5), met een onderlinge verticale of horizontale afstand van een meter. Zie Figuur 4.1 voor een voorbeeld van de uitvoer van SURFGRID, waarbij 9999.0000 aangeeft dat de waarde niet bepaald is vanwege het te geringe aantal metingen. De uitvoer bestaat in de basis uit de gemiddelde diepte per cel (gemz), de voor de helling gecorrigeerde standaardafwijking van de gemeten z-waarden in de cel (sbz), en het aantal waarnemingen in de cel (nhits). Ook wordt de maximale helling van een plat vlak binnen de cel van 1 x 1 meter berekend.

1	x, y, gemz, stz, sbz, rcmax, nhits						
2	66900.50,	443400.50,	22.6550,	0.0071,	9999.0000,	9999.0000,	2
3	66900.50,	443401.50,	22.6600,	0.0000,	9999.0000,	9999.0000,	2
4	66900.50,	443455.50,	21.9550,	0.0071,	9999.0000,	9999.0000,	2
5	66900.50,	443456.50,	21.9500,	0.0000,	9999.0000,	9999.0000,	2
6	66901.50,	443400.50,	22.5650,	0.0493,	0.0000,	0.3198,	4
7	66901.50,	443455.50,	21.9700,	0.0100,	9999.0000,	9999.0000,	3
8	66902.50,	443400.50,	22.4850,	0.0071,	9999.0000,	9999.0000,	2
9	66902.50,	443454.50,	21.9600,	9999.0000,	9999.0000,	9999.0000,	1
10	66902.50,	443455.50,	21.9800,	0.0000,	9999.0000,	9999.0000,	3

Figuur 4.1 Uitvoer SURFGRID

Om de betrouwbaarheid van de dataset te garanderen, moeten de cellen verwijderd worden waarvoor het aantal hits minder dan 4 is. Het kan ook voorkomen dat er cellen dubbel in de dataset staan. In dat geval moeten de data geaggregeerd worden in SPSS. Voor nhits is dat een somming, voor de andere parameters een middeling. Het eindresultaat kan daarna weggeschreven worden als SPSS-bestand (.sav) en als dBase-bestand (.dbf) voor visualisatie in een GIS-applicatie. Bij uitvoer van SURFGRID is voorgaande reeds gedaan.

De nieuwe dataset moet vervolgens worden toegevoegd aan het jaarbestand (\_metingen\_2015.sav). In dit bestand staan voor alle x,y-coördinaten in het gebied de volgende kolommen voor ofwel elke peiling van dat jaar (waarbij X door de code van de peiling wordt vervangen), ofwel de laatste waarde (aangegeven met laatst).

- jm\_X: code van moment van meten (mei 2015 wordt 2015.05)
- nhits\_X: aantal hits in de cel
- stz\_X: standaardafwijking van de gemeten z-waarden
- sbz\_X: standaardafwijking van de gemeten z-waarden, gecorrigeerd voor helling
- z\_X: gemiddelde bodemniveau in de cel
- rc\_max\_X: maximale richtingscoëfficiënt in de cel
- jm\_laastst: meest actuele moment van meten
- z\_laastst: meest actuele gemiddelde bodemniveau

- stz\_laastst: meest actuele standaardafwijking van de gemeten z-waarden
- sbz\_laastst: meest actuele gecorrigeerde standaardafwijking van de gemeten z-waarden
- rc\_max\_laastst: meest actuele richtingscoëfficiënt in de gemeten z-waarden

De kolommen met de meest actuele waarden worden apart nog eens opgeslagen in het bestand dat alleen de laatste data van het jaar bevat (`_z_laastst_2015.sav`). Op basis van het jaarbestand wordt de jaargemiddelde bodemligging per cel berekend en opgeslagen (`_z_2015_gem.sav`). Deze data worden ook toegevoegd aan het bestand met alle jaargemiddelde dieptes en apart opgeslagen (`_z_2000_2015_1_gem.sav`). De laatst gepeilde diepte (uit `_z_laastst_2015.sav`) wordt samengevoegd met het bestand van het jaar ervoor met de actuele bodemliggingen (`_z_actueel_2014.sav`), als op een rasterpunt een latere meting plaats heeft gevonden, worden de waarden geactualiseerd, en de gegevens worden opgeslagen in een bestand voor het nieuwe jaar (`_z_actueel_2015.sav`). Uit dit bestand worden de metingen geselecteerd met `jm_actueel>0` (het veld met het jaartal en de maand van de laatste metingen) en opgeslagen (`_z_actueel_2015_selectie.dbf`).

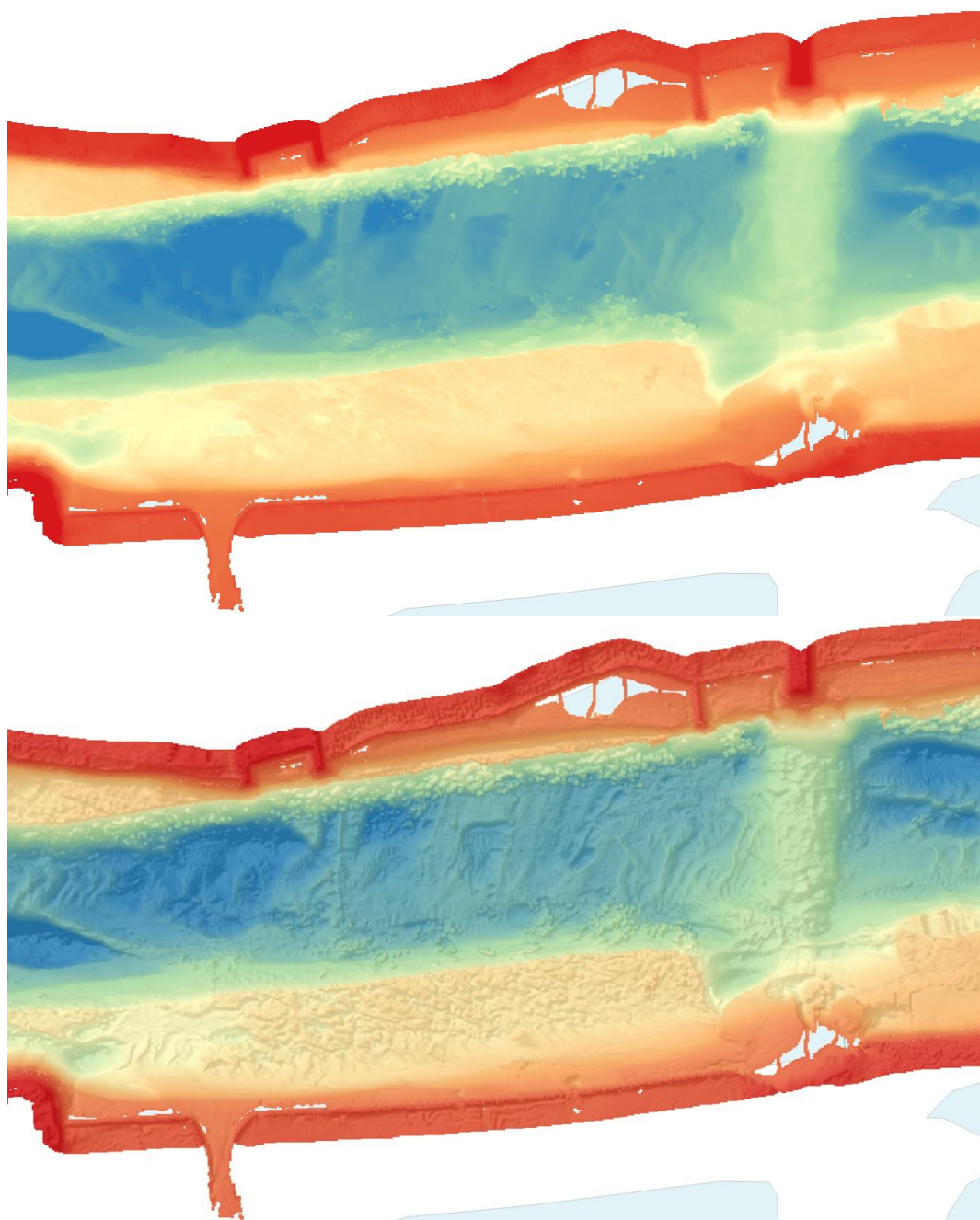
Uiteindelijk wordt de laatst gepeilde diepte omgezet naar een rooster. Zie Figuur 4.2 voor de gemiddelde diepte per cel die uit deze stappen volgt voor de Oude Maas.



Figuur 4.2 Laatste gepeilde diepte Oude Maas

Door een hillshade met Z-waarde (vertical exaggeration 10) uit te laten rekenen en deze transparant (60%) over de bodemligging te leggen worden bodemvormen e.d. benadrukt. Dit is te zien in Figuur 4.3.





Figuur 4.3 Bodemligging zonder hillshade (boven) en met hillshade (onder)

#### 4.2 Moment van meten laatste peiling

Het moment van meten van de laatste peiling is te zien in Figuur 4.4.



Figuur 4.4 Moment van meten meest actuele data in een deel van de Oude Maas

### 4.3 Verschil tussen NGD en bodem (ondiepte)

De nautisch gegarandeerde diepte wordt van de laatst gepeilde diepte afgetrokken om de ondiepte in het gebied in kaart te brengen. Hierbij betekent een positieve waarde dus dat de bodem boven de NGD ligt. Om snel inzichtelijk te maken waar dit probleem optreedt, worden alleen de punten met een positieve waarde opgeslagen. Een voorbeeld van optredende ondiepte is te zien in Figuur 4.5.

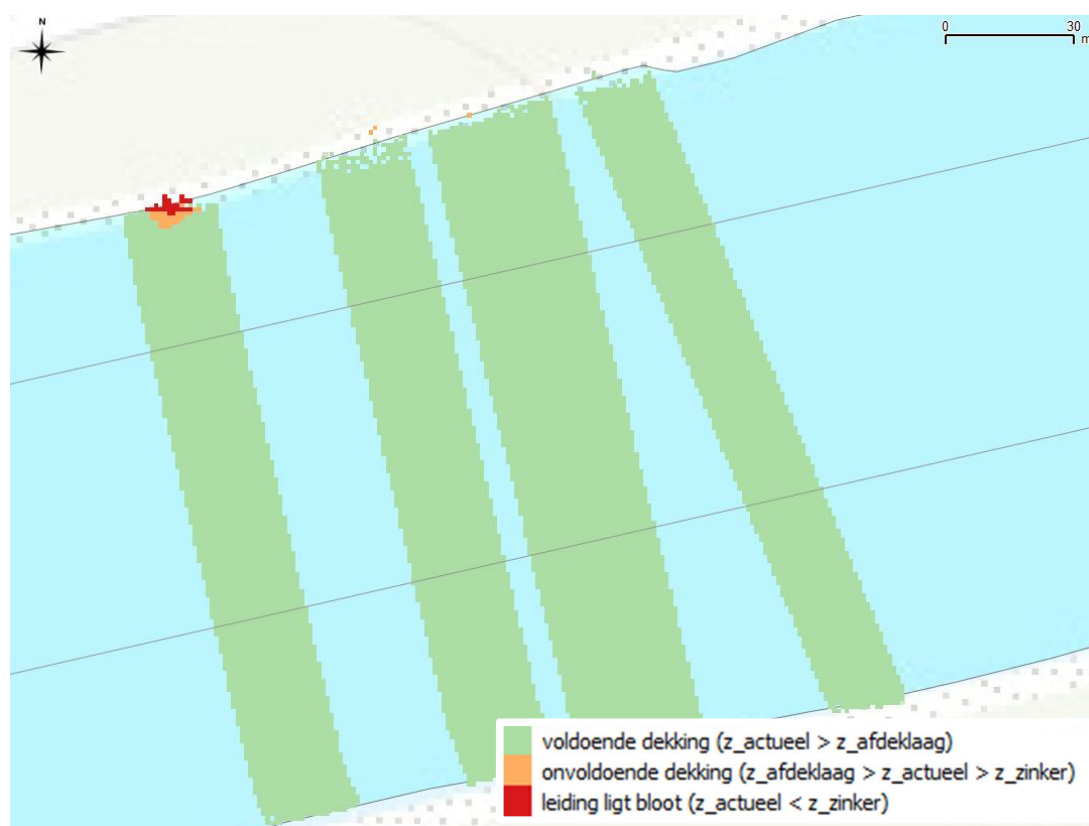


Figuur 4.5 Ondiepte in een deel van de Oude Maas

## 4.4 Dekking op leidingen

### 4.4.1 Slechtste toetsresultaat vereiste dikte afdeklaag

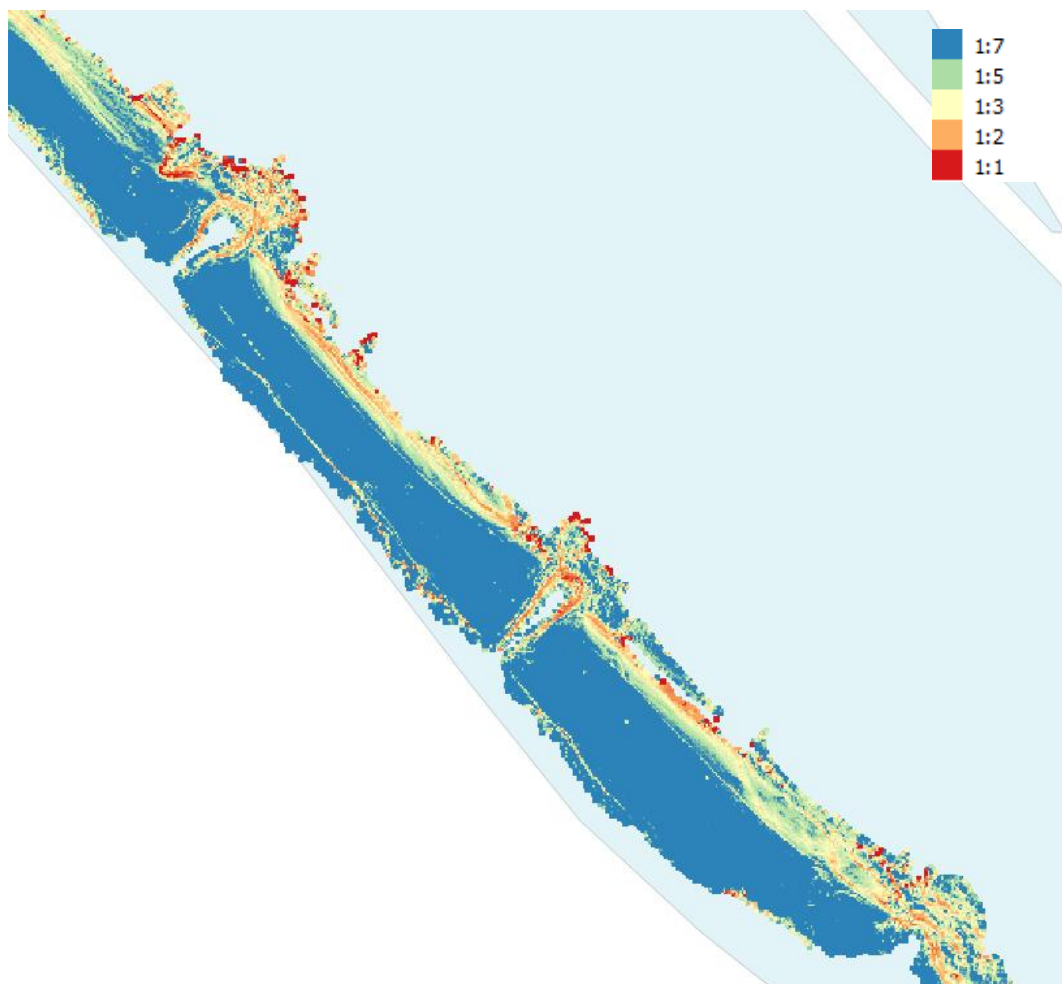
De gegevens van de kabels en leidingen in 3.6 worden gebruikt om per rooster cel een dekkingsklasse te bepalen. Als de leiding onder de gepeilde diepte ligt en de dekking groter is dan de gewenste dikte wordt dekkingsklasse 1 toegewezen (voldoende dekking). Als de leiding onder de gepeilde diepte ligt maar de dekking kleiner is dan de gewenste dikte wordt dekkingsklasse 2 toegewezen (onvoldoende dekking). Als de leiding boven de gepeilde diepte ligt wordt dekkingsklasse 3 toegewezen (onvoldoende dekking, kabel ligt bloot). Omdat de afdekkingen van verschillende leidingen dezelfde rooster cellen kunnen beslaan, wordt alleen het slechtste resultaat per rooster cel getoond. Een voorbeeld van dit resultaat is te zien in Figuur 4.6.



Figuur 4.6 Toetsresultaat dekking kabels en leidingen in een deel van het Spui

#### 4.5 Maximale hellingshoek in een roostercel van de laatst gepeilde diepte

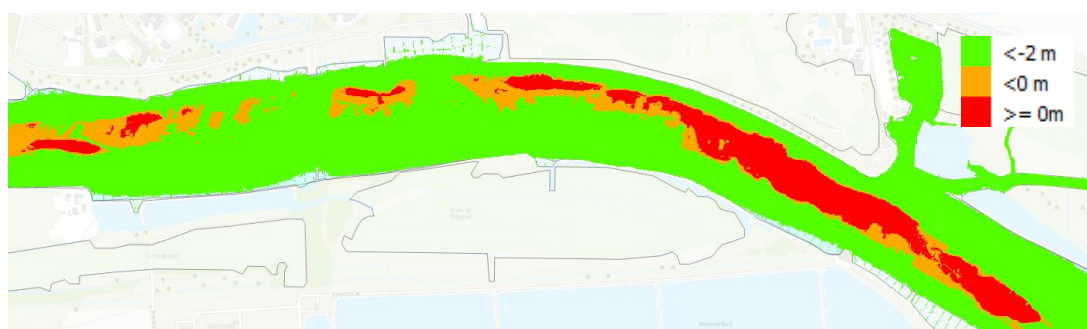
De maximale helling per roostercel van de laatste gepeilde diepte wordt vanaf 2015 uitgevoerd. Een voorbeeld is te zien in Figuur 4.7.



Figuur 4.7 Maximale hellingshoek per roostercel in een deel van de Oude Maas

#### 4.6 Verschil tussen bodem en top Laag van Wijchen

De diepte van de bodem wordt afgetrokken van de diepte van de top van de Laag van Wijchen om te vinden waar de rivier de Laag van Wijchen mogelijk ingesneden heeft. Als de waarde positief is, is de laag ingesneden. Een voorbeeld van dit resultaat is te zien in Figuur 4.8.



Figuur 4.8 Plekken in een deel van de Oude Maas waar de top van de Laag van Wijchen ingesneden is. Hoe groter de waarde, hoe verder de rivier onder de top ligt

De volgende rivierdelen liggen niet in het gebied van de Laag van Wijchen en hoeven dus niet meegenomen te worden: Amer, Beneden Maas, Bergsche Maas, geheel Hollands Diep, Haringvliet 1/4, Haringvliet 4/4. Haringvliet 2/4 en 3/4 liggen maar voor een zeer beperkt deel in het gebied van de Laag van Wijchen.

#### 4.7 Verschil tussen bodem en onderkant laag van Wijchen

De diepte van de bodem wordt afgetrokken van de diepte van de basis van de Laag van Wijchen om te vinden waar de rivier de Laag van Wijchen mogelijk doorgesneden heeft. Als de waarde positief is, is de laag doorsneden. Een voorbeeld van dit resultaat is te zien in Figuur 4.9.

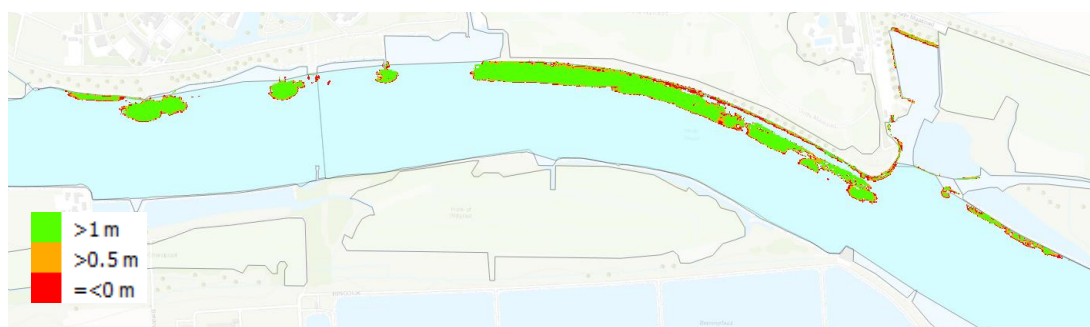


Figuur 4.9 Plekken in een deel van de Oude Maas waar de basis van de Laag van Wijchen ingesneden is. Hoe groter de waarde, hoe verder de rivier onder de basis ligt

De volgende rivierdelen liggen niet in het gebied van de Laag van Wijchen en hoeven dus niet meegenomen te worden: Amer, Beneden Maas, Bergsche Maas, geheel Hollands Diep, Haringvliet 1/4, Haringvliet 4/4. Haringvliet 2/4 en 3/4 liggen maar voor een zeer beperkt deel in het gebied van de Laag van Wijchen.

## 4.8 Verschil tussen bodem en theoretisch talud

De diepteligging van het theoretisch talud (zie 3.11) wordt afgetrokken van de laatste gepeilde diepte. Als de waarde negatief is ligt de bodem onder het theoretisch talud. Een voorbeeld van dit resultaat voor een enkele oever is te zien in Figuur 4.10. Als de kleur loodrecht op de oever verandert van groen naar rood is dit een indicatie dat de helling lokaal lager is dan het opgegeven criterium.



Figuur 4.10 Plekken in een deel van de Oude Maas waar de bodem onder het theoretisch talud (1:3) van de rechteroever ligt. Hoe lager de waarde, hoe verder de rivier onder het talud ligt

## 4.9 Verschil tussen laatste 2 dieptemetingen

De actuele diepteligging wordt afgetrokken van de laatst gegenereerde actuele diepteligging van het jaar ervoor. Hierbij wordt uiteindelijk alleen gekeken naar plekken waar ten opzichte van het jaar ervoor een nieuwe meting bekend is (i.e. in de desbetreffende rooster cel moet de waarde voor `jm_actueel` veranderd zijn ten opzichte van het jaar ervoor). Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 4.11.



Figuur 4.11 Ontwikkeling van de bodem van 2012 tot 2013 in een deel van de Oude Maas

#### 4.10 Laatste significante trend in de bodemhoogte

De trend in de bodemhoogte op een bepaalde roostercel wordt bepaald op basis van alle gemeten bodemhoogtes in een bepaalde periode. Omdat bij de verschillende metingen niet overal op de zelfde roostercellen gemeten wordt, vallen er nog weleens gaten. Dit is vooral het geval bij singlebeam-metingen. Om deze gaten op te vullen kan een interpolatie in de ruimte of in de tijd uitgevoerd worden. Interpolatie in de tijd wordt alleen uitgevoerd indien de jaarlijkse veranderingen in de bodemligging (in een bepaald gebied) berekend moeten worden. In dat geval moeten alle metingen in een jaar gemiddeld worden. Voor de volledigheid wordt hierna de interpolatie in de ruimte en in de tijd beschreven.

##### 4.10.1 Interpolatie over ruimte

Met het programma SURFIS-DIR (Fioole, 2013) worden per *meting* ontbrekende diepteliggingen aangevuld. Dit gebeurt door van tevoren zoekrichtingen (lijnen op een kaart) op te geven. Het programma zoekt per missend punt naar metingen in een vak dat evenwijdig ligt aan de zoekrichting en een bepaalde maximale breedte en lengte heeft. Dit vak wordt vervolgens in vier kwadranten verdeeld, en uit elk kwadrant wordt het dichtstbijzijnde punt gekozen. Hierbij bepaalt vooral de *verhouding* tussen lengte en breedte welke punten geselecteerd worden, als de zoekafstand groot genoeg is. Als de zoekafstand nog groter gekozen wordt, neemt de rekentijd toe maar wordt het resultaat niet anders. Een richtlijn voor de lengte-breedte-verhouding voor gebieden met veel stroming (rivier) is 10:1, terwijl deze voor gebieden met nauwelijks stroming (havens, meren) 3:1 tot 1:1 is. Door meerdere zoekrichtingen (naast de as van de rivier) op te geven kan ook correct geïnterpoleerd worden bij splitsingspunten en dergelijke. Voor SURFIS-DIR zijn de volgende gegevens nodig.

- x,y-coördinaten van het interessegebied op het standaard rekenrooster, dit is dus een selectie van de punten die bij 3.1 gegenereerd zijn waar nog wel de coördinaten inzitten waar z ontbreekt.
- actuele diepteligging die zoveel mogelijk het interessegebied afdekt op het standaard rekenrooster, dit is dus een selectie van de gegevens van 4.1.
- x,y-coördinaten van de zoekrichtingen met een afstand van om de meter of om de 0.1 meter bij scherpe bochten (bv. kribben). Hierbij is het belangrijk dat elk coördinaten-paar een ID toegewezen krijgt dat correspondeert met een individuele zoekrichting.

SURFIS-DIR voert een bestand uit met een (eventueel) geïnterpoleerde waarde op elk opgegeven rekenpunt, en een spreiding daaromheen.

##### 4.10.2 Interpolatie over tijd

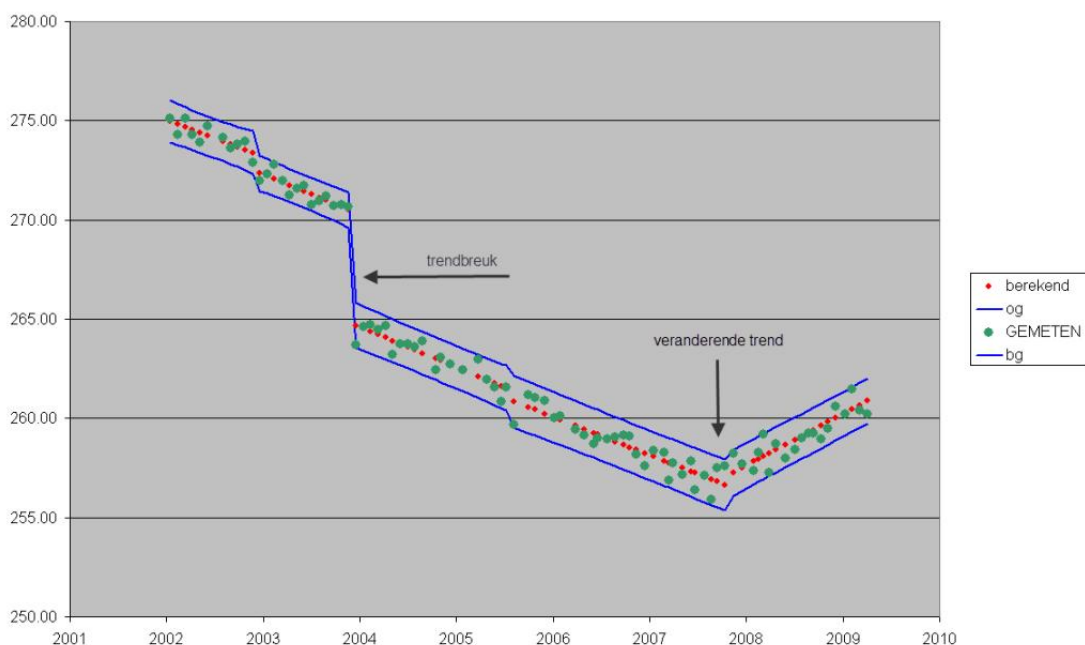
Met het programma SURFTIME (Fioole, 2012) wordt in de tijd geïnterpoleerd. In het geval van multibeam-metingen is deze stap *niet* voorafgegaan door een interpolatie over ruimte. Hiervoor is een bestand nodig met een lijst van de jaren waarin een meting beschikbaar is, en een bestand waarin per jaar per coördinaat de meest actuele diepteligging (of 999999 om een ontbrekende waarde aan te geven) en de spreiding rond de diepte gegeven is. Als de spreiding ontbreekt kan deze voor de singlebeam-metingen van 1970 t/m 1985 op 0.5 m gezet worden, voor de singlebeam-metingen van 1998 t/m 2005 op 0.1 m en voor de multibeam-metingen op 0.05 m. SURFTIME voert een bestand uit met daarin de gemeten en aangevulde diepteliggingen. Aanvulling vindt alleen plaats door middel van interpolatie; er wordt nooit geëxtrapoleerd.

#### 4.10.3 Trendberekening

Met het programma SURFTREND (Fioole, z.j. b) wordt vervolgens per punt bepaald wat de trend van bodemontwikkeling over de tijd is. Als invoer hiervoor zijn de volgende gegevens nodig.

- per meetmoment de geschatte onzekerheid in de metingen.
- per coördinaat een kolom per meetmoment met de gemeten (of geïnterpoleerde) waarde.

Het principe van de berekening wordt aan de hand van de volgende afbeeldingen kort toegelicht. Voor details zie Fioole, A. (z.j. a).



Figuur 4.12 Principe trendberekening (van Fioole, z.j. a)

De metingen staan in groen in de figuur. Beginnend bij de vroegste meting bepaalt het programma door middel van lineaire regressie de richtingscoëfficiënt van de lijn die door het opgegeven minimum aantal punten gaat. In bovenstaande afbeelding is dat 7. Om de trendlijn wordt een ondergrens en bovengrens gelegd (blauwe lijnen) met de opgegeven spreiding als afstand. Deze lijn wordt doorgetrokken naar het volgende punt, bijvoorbeeld de 8e. Als deze binnen de grenzen valt wordt het punt toegevoegd aan de voorgaande punten, en wordt opnieuw de richtingscoëfficiënt bepaald. Als de lijn echter door een van de grenzen gaat is er sprake van een trendbreuk. Het programma gaat dan vanaf het volgende punt (in dit geval het 8<sup>e</sup> punt) verder rekenen, en de procedure herhaalt zich vanaf daar. Als er onvoldoende punten gevonden worden (in dit voorbeeld, minder dan 7) op het eind van de reeks, wordt de laatst gevonden richtingscoëfficiënt gebruikt.

De uitvoer bestaat uit de laatste significante trend per roostercel, de bijbehorende begindatum en spreiding en een serie aanvullende parameters. De laatste significante trend in m/jaar is voor een deel van de Oude Maas te zien in Figuur 4.13.



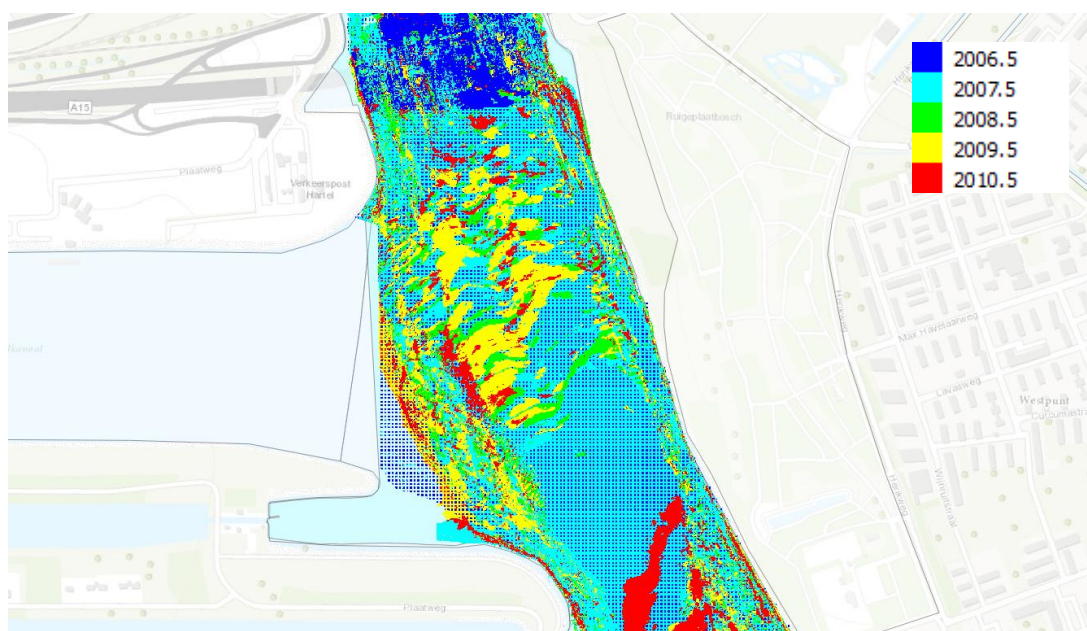


Figuur 4.13 Trend in de bodemontwikkeling in een deel van de Oude Maas in m/jaar

Ook voert SURFTREND de begindatum van en de spreiding rond de laatste significante trend uit. Dit is te zien in de volgende twee paragrafen.

#### 4.11 Begindatum van de laatste significante trend

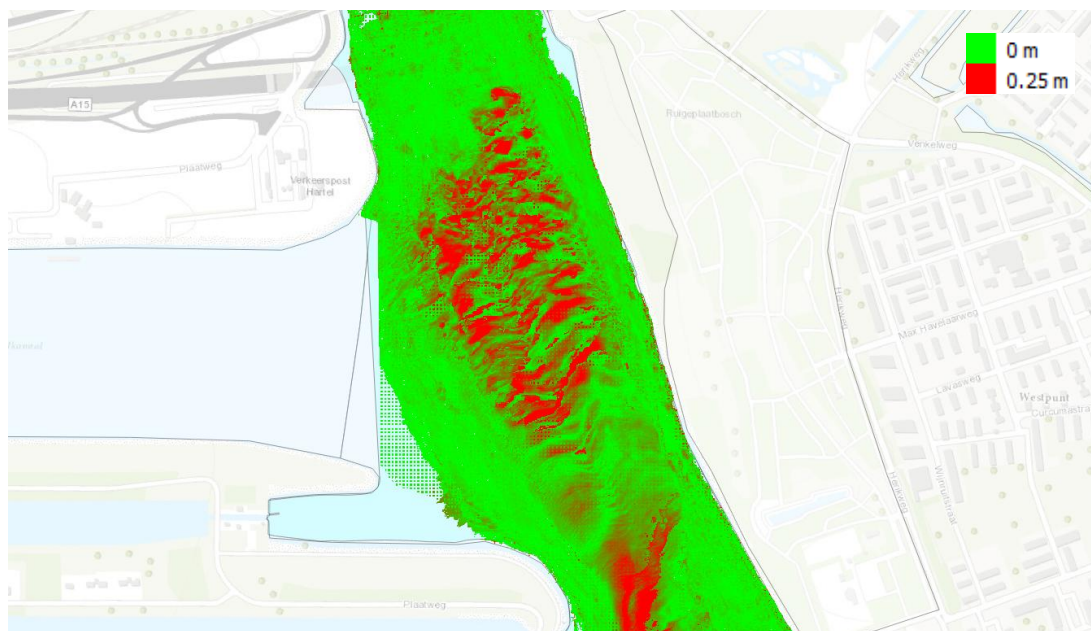
De begindatum van de laatste significante trend is voor een deel van de Oude Maas te zien in Figuur 4.14.



Figuur 4.14 Begindatum van de laatste significante trend in een deel van de Oude Maas

#### 4.12 Spreiding om de laatste significante trend

De spreiding om de laatste significante trend is voor een deel van de Oude Maas te zien in Figuur 4.15.



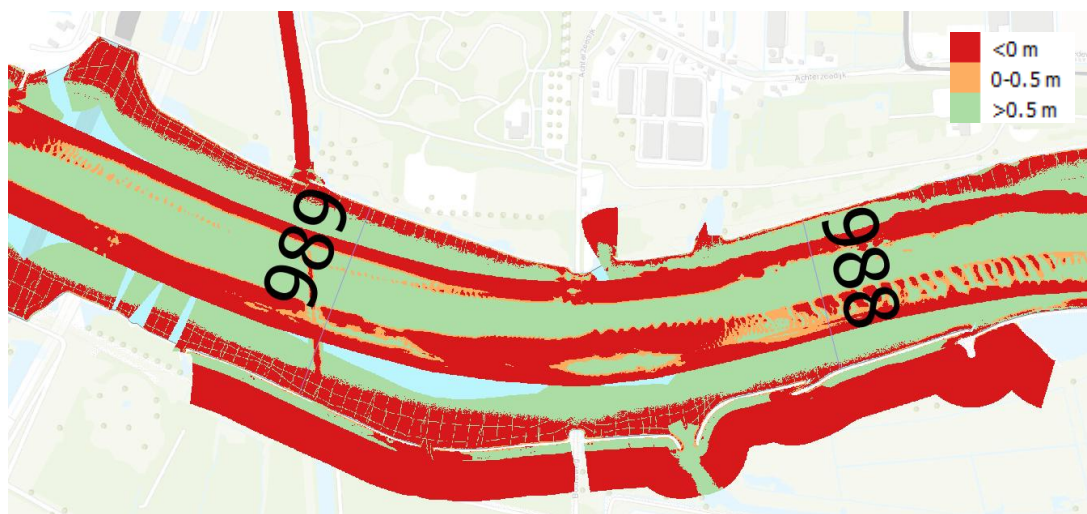
Figuur 4.15 Spreiding om de laatste significante trend in een deel van de Oude Maas

#### 4.13 Verschil met de bovengrens van de bodem

De bovengrens voor de bodemligging kan worden gedefinieerd als: het niveau OLW verminderd met de benodigde diepte voor scheepvaart (NGD) in de vaargeul. Het verschil met de bovengrens is dus op het moment nog exact hetzelfde als de laag onder 4.3 omschreven.

#### 4.14 Verschil met de ondergrens van de bodem

De ondergrens is beschreven in 3.13. De diepteligging van de ondergrens wordt afgetrokken van de laatste gepeilde diepteligging. Als de waarde negatief is ligt de bodem onder het theoretisch talud. Een voorbeeld hiervan is te zien in de volgende figuur.



Figuur 4.16 Verschil tussen de bodem en de ondergrens van de bodem in een deel van de Oude Maas



## 5 Interpretatie van de variabele kaartlagen

Het is goed dat degene die de rasters maakt deze even langs loopt. Klopt het ongeveer met wat je verwacht te zien? Worden berekeningen correct uitgevoerd? Kloppen de ontbrekende waarden op de kaart? Enzovoorts.

In het algemeen geldt verder dat de kaarten in de jaarrapportages door gebiedsexperts en experts op het gebied van riviermorfologie beoordeeld moeten worden. Alleen zij kunnen het resultaat in de juiste context zien. Door de onzekerheden die inherent zijn aan dit soort methodieken en het gebruik van metingen, is het namelijk niet zo dat elke plek waar een risico geïdentificeerd wordt ook daadwerkelijk een risico is, of dat er daadwerkelijk geen risico is als deze niet geïdentificeerd is. Een gebiedsexpert kan samen met een morfoloog op basis van de risicokaarten en de andere meer algemene kaarten beter schatten waar mogelijk ingegrepen moet worden. Daarnaast zullen in de meeste gevallen aanvullende metingen noodzakelijk zijn.

Hieronder volgt een beknopte discussie met betrekking tot de interpretatie van enkele kritische lagen.

### 5.1 Concept ondergrens-bovengrens bodem

Het concept van een ondergrens en bovengrens is aantrekkelijk vanwege de eenduidigheid en eenvoudigheid, maar heeft wel als nadeel dat het werkelijk optredende probleem lastiger te achterhalen is omdat er verschillende criteria gecombineerd worden. Daarom wordt aangeraden de criteria die aan dergelijke grenzen ten grondslag liggen altijd apart na te lopen voor het riviersysteem.

### 5.2 Discussie ten aanzien van de minimale bodem

Het genereren van de minimale bodem levert voor de vaargeul en kabels en leidingen mooie breed dekkende vlakken op omdat de benodigde informatie om deze vlakken te genereren compleet is.

Voor de minimale bodem voor de bestorte oevers vallen er echter veel gaten. Dit omdat alleen de punten geselecteerd worden die tussen 30 cm onder en boven de mediane hoogte van de oeverlijnen in het gebied liggen. Als een punt geen gemeten hoogte heeft of als dit buiten het bereik valt wordt het dus niet meegenomen. Hierdoor vallen er gaten in de bestorte oevers, omdat er flinke variatie in de hoogtes van oevers kan zitten. De berekende taluds vanaf de oever zijn daardoor niet mooi vlakdekkend. Dit heeft vooral als nadeel dat er plekken zijn waar de bodem wel gemeten is, maar waar dit niet vergeleken kan worden met de minimaal gewenste bodem. Dit zou opgelost kunnen worden door te interpoleren tussen punten waar wel een hoogte bekend is. Hiervoor zal dan wel een geschikte maximale afstand tussen bekende punten gedefinieerd moeten worden om te voorkomen dat er over onrealistisch grote afstand geïnterpoleerd wordt. Door ook de niet-bestorte oevers (met een helling van 1:7) mee te nemen, wordt langs de gehele oeverlijn een talud gegenereerd.

Het beste zou zijn om toegang te hebben tot informatie over welke hoogte de oevers zouden moeten hebben. Maar deze informatie bestaat vermoedelijk niet. Een bijkomend nadeel van het verwerpen van punten die buiten het bereik liggen is dat er mogelijk plekken worden gemist waar juist een probleem is.

Als een oever daadwerkelijk verzakt kan het natuurlijk gebeuren dat deze buiten het bereik vallen. Tijdens het vergelijken met de minimale bodem zal dit vervolgens mogelijk niet opgemerkt worden.

De methode van het genereren van de minimale bodem verdient dus zeker nog aandacht, en bij het bekijken van de verschilkaarten moet in gedachten worden gehouden dat er op de plekken waar geen verschil berekend is er mogelijk wel een probleem is. Ook kunnen er wel degelijk afschuivingen plaatsvinden op de plaatsen waar het talud niet onderschreden is. Ten eerste natuurlijk omdat er onzekerheid zit in de metingen en methode. Zettingsvloeiing hangt van meer af dan de helling. Afschuiving is ook mogelijk als het talud als geheel boven de gewenste lijn ligt maar ook een te steile helling heeft.

### 5.3 Discussie ten aanzien van de trendberekening

Trends worden binnen SURFTREND bepaald met een methode waarbij de minimale duur van een trend in principe 5 jaar is. Dit is op zich geen onredelijke keuze omdat op deze manier juist de langetermijnontwikkeling goed in beeld wordt gebracht. In het geval van een trendbreuk aan het eind van de tijdserie kan het zijn dat de berekende trend toch korter is. Als er een verandering van trend is die kleiner is dan de opgegeven spreiding leidt dit echter niet tot een trendbreuk. Kleine veranderingen in de afgelopen paar jaar laten zich dus niet direct zien in de trendresultaten. De kaarten die de toekomstige staat van de bodem laten zien zijn gebaseerd op de huidige bodem en de berekende trend per roostercel. Bij het analyseren van deze kaarten moet dus goed in gedachten gehouden worden dat het mogelijk is dat de toekomstige staat van de bodem lokaal significant anders gaat zijn. Overigens kan dit deels ondervangen worden door de kaart met de verandering ten opzichte van het voorgaande jaar in de analyse te betrekken. Als deze kaart een verandering laat zien die in tegengestelde richting is ten opzichte van de trendberekening, is dit een eerste indicatie dat de voorspelde toekomstige bodem niet correct is. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het verschil met de bodem van het jaar ervoor natuurlijk erg gevoelig is voor bodemvormen. Het verdient toch aanbeveling om deze informatie mee te nemen bij het schatten van toekomstige risico's.

Voor het berekenen van de trend wordt nu nog gebruik gemaakt van een versie van SURFTREND waar de invloed van bodemvormen niet uitgefilterd is. Omdat bodemvormen sterk veranderlijk zijn in tijd en ruimte maar niet direct relevant zijn voor de langetermijnontwikkeling van de bodem, verstoren zij de trendresultaten. Door per jaar te middelen over alle metingen in een gebied, en door een spreiding rond de trend toe te staan, wordt dit effect in beperkte mate gedempt. Het wordt aanbevolen om verder te gaan met de ontwikkeling van een programma dat de invloed van bodemvormen compenseert bij het bepalen van de trend.

Voorafgaand aan de berekeningen met SURFTREND wordt over de tijd geïnterpoleerd zodat trends bepaald kunnen worden. Dit heeft als nadeel dat niet elke berekenende trend in een roostercel op dezelfde hoeveelheid data gebaseerd is. Op het moment is dit niet terug te zien in de jaarrapportage. Het zou goed zijn om een extra laag te genereren die per cel aangeeft op hoeveel jaargemiddeldes de trend gebaseerd is, of welk percentage van de gebruikte jaren een meting kent. Zo kun je snel visueel controleren hoe betrouwbaar de berekende trend én voorspelde bodem ten aanzien van het aantal metingen is.

Voor de trendberekeningen wordt eventueel per jaar een spreiding toegevoegd als deze ontbreekt in de data. Hiervoor zijn waarden aangegeven die op basis van jarenlange ervaring gekozen zijn. Omdat de berekende trend sterk afhangt van de gekozen spreiding verdient het alsnog de aanbeveling om de keuze van dit soort waarden goed te onderzoeken inclusief een gevoeligheidsanalyse, en eventueel periodiek bij te stellen.

#### **5.4 Vergelijking met Laag van Wijchen**

De ligging van de Laag van Wijchen is, net als die van de andere geologische lagen, met significante onzekerheid omgeven. Als bijvoorbeeld op de verschilkaart staat dat de bodem 0.5 m boven de Laag van Wijchen ligt kan het dus best zo zijn dat deze al lang ingesneden is, of dat de Laag van Wijchen daar eigenlijk helemaal niet aanwezig is.

Een beter beeld van de Laag van Wijchen is niet te achterhalen zonder een extensieve meetcampagne. Omdat dit niet zomaar gaat gebeuren is het de aanbeveling om de verschilkaarten van de Laag van Wijchen met terughoudendheid te gebruiken, nog meer dan bij de andere kaartlagen.

#### **5.5 Kabels en leidingen**

Bij kabels en leidingen is het van groot belang dat de diepteliggingen kloppen. Alles omtrent kabels en leidingen hangt hier van af. Ook verdient het sterk de aanbeveling om te zorgen dat van alle kabels en leidingen een diepteligging bekend is. Dat is nu nog niet het geval.





## 6 Mogelijke uitbreidingen jaarrapportage

Een deel van de aspecten die in projecten 1203316 (Beheer bodemligging in Spui, Oude Maas en Noord) en 1204817 (Verkenning beheer bodemligging Lek) gebruikt worden voor het bepalen van de onder- en bovengrens wordt nog niet meegenomen in de jaarrapportage. Ter referentie worden deze hier op een rijtje gezet. Voor de bovengrens gaat het om de meest recente bodem behorende bij de Hydraulische Randvoorwaarden. Binnenkort worden de Hydraulische Randvoorwaarden 2016 berekend, en de daarbij gebruikte bodem zou bij een volgende jaarrapportage meegenomen kunnen worden. Het minimum van deze bodem en het vlak dat met de nautisch gegarandeerde diepte bepaald wordt geven dan de bovengrens van de bodem aan. Voor de ondergrens kunnen de volgende criteria nog meegenomen worden mits gewenst en mits de informatie beschikbaar is:

- Stabiliteit dijken: het talud moet voldoende hoog liggen.
- Stabiliteit constructies (kribben, brugpijlers, langsdammen): het talud moet voldoende hoog liggen.
- Lokale bodemhellingen steiler dan 1:4.
- Tegengaan bodemerosie: de bodem moet zo veel mogelijk op niveau blijven, daarbij geldt als ondergrens het bodemniveau dat in de periode 2005-2011 (dit is de periode waarin multibeam-bodempelingen beschikbaar zijn) in 50% van de peilingen wordt overschreden.
- Geen antropogene aantasting van harde lagen (klei, veen).
- Geen mobilisatie van verontreinigde sedimenten in de ondergrond.

Zodra de methodiek omtrent het identificeren en volgen van erosiekuilen afgerond is zou de ligging en verwachte ontwikkeling van de kuil per jaar in de jaarrapportage opgenomen kunnen worden.

De bestorte oeverlijnen worden nu bepaald door de lijnen 'oeverlijn' te clippen met de vlakken 'stortsteen' en 'steenbekleding' uit het DTB. Hiermee zijn niet alle oevers gedekt. Voor lijnen kunnen 'terreinafscheiding' en 'talud(onderkant)' nog toegevoegd worden. Hiermee zijn meer harde oevers gedekt, maar blijven er ook veel lijnen over die niet aan het water liggen. Het zou behoorlijk wat tijd kosten om dit helemaal op te schonen, maar dit levert wel een beter beeld op van de harde oevers in het gebied.



## 7 Literatuur

- Cohen, K.M., E. Stouthamer, H.J. Pierik, A.H. Geurts (2012). Digitaal Basisbestand Paleogeografie van de Rijn - Maas Delta. Dept. Fysische Geografie Universiteit Utrecht. Digitale Dataset.
- Deltares (2009). Herstel van de "trapjeslijn" in de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas, Kuijper, C. & T. v/d Kaaij. Rapport 1002366-001, Deltares, Delft.
- Deltares (2011). Beheer bodemligging in Spui, Oude Maas en Noord. Sloff, C.J., G.A. Van den Ham, E. Stouthamer & J.W. van Zetten. Rapport 1203316-000, Deltares, Delft.
- Deltares (2012). Verkenning beheer bodemligging Lek. Van der Mark, C.F., M.M. Busnelli, J.E.J. Blinde. Rapport 1204817-000. Deltares, Delft.
- Fioole, A. (z.j. a). Handleiding SURFTALUD. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (z.j. b). Handleiding SURFTREND. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (z.j. c). Handleiding SURFZINKER. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2007). Gebruikershandleiding SURFIS2d. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2008a). Handleiding berekenen hellingshoeken onderwateroevers. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2008b). Handleiding indirect interpoleren bodemhoogtes. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2010). Vergriden meetdata met SURFGRID. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2012). Werkzaamheden t.b.v. data analyse en statistiek. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2013). Gebruikershandleiding SURFIS-dir. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2015a). Memo 2015-01: genereren ligging minimale bodemhoogte. Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Fioole, A. (2015b). Procesbeschrijving jaaratlas WNZ (Excel-document). Rijkswaterstaat, Rotterdam.
- Stafleu, J., D. Maljers, F.S. Busschers, J.L. Gunnink, J. Schokker, R.M. Damrinc, H.J. Hummerlamn, M.L. Schijf (2013). GeoTOP modellering. TNO-rapport TNO-2012-R10991.