



Vlaanderen
is wetenschap

21_125_1
WL rapporten

Erosie Scheldeschorren in de Hedwige-Prosperpolder bij het geoptimaliseerde Rijksinrichtingsplan

Numerieke modellering

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Erosie Scheldeschorren in de Hedwige-Prosperpolder bij het geoptimaliseerde Rijksinrichtingsplan.

Numerieke modellering

Schramkowski, G.; Smolders, S.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022
D/2022/3241/122

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Schramkowski, G.; Smolders, S. (2022). Erosie Scheldeschorren in de Hedwige-Prosperpolder bij het geoptimaliseerde Rijksinrichtingsplan.: Numerieke modellering. Versie 6.0. WL Rapporten, 21_125_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	De Vlaamse Waterweg; Provincie Zeeland	Ref.:	WL2022R21_125_1
Trefwoorden (3-5):	HPP; morfologie; erosie; numerieke modellering		
Kennisdomeinen:	Morfologie > Erosie/sedimentatie > Numerieke modelleringen Morfologie > Intergetijdengebieden > Numerieke modelleringen		
Tekst (p.):	11	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Schramkowski, George
------------	----------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Smolders, Sven	Getekend door: Sven Smolders (Signatur) Getekend op: 2022-06-27 13:40:33 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Sven Smolders</i>
Projectleider:	Schramkowski, George	Dr. George P. Schramkowski Digitaal ondertekend door Dr. George P. Schramkowski Datum: 2022.06.27 14:14:33 +02'00'

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, A.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sig) Getekend op: 2022-06-24 15:19:53 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



Abstract

In de Scheldeschorren ter hoogte van de Hedwige-Prosperpolder (HPP) zijn o.a. poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) aangetroffen. In het kader van de ontpolderingswerken worden (buitendijks) de *geulaanzetten* uitgegraven en de Scheldeschorren verlaagd. In kader van een bezorgdheid over de verspreiding van mogelijk nog aanwezige verontreinigingen stelt zich de vraag met welke erosie nog rekening gehouden moet worden na verlaging van de Scheldeschorren en uitgraving van de geulaanzetten.

Op basis van de hydrodynamische studie van *Vanlede et al.* (2015) blijkt dat de bodemschuifspanningen op de afgegraven schorren hoge waarden kunnen aannemen, hetgeen potentieel wijst op sterke (initiële) erosie. Om dit nader te onderzoeken wordt het morfologische Demeter HPP-model (*Gourgue et al.* 2018) gebruikt. Hierbij wordt een simulatie voor een periode van 50 jaar uitgevoerd, waarbij specifiek naar bodemontwikkeling op de Scheldeschorren wordt gekeken.

De resultaten uit het morfologische model zijn als volgt. Nabij één rand van het afgegraven schorgebied ontstaat een zone met sterke depositie, terwijl zich direct daarnaast een relatief diepe geul ontwikkelt. De typische bodemveranderingen die hiermee gepaard gaan bedragen gedurende de simulatie ca. één meter. Verder vindt er op de afgegraven schorren aanvankelijk overwegend erosie plaats, deze bedraagt ongeveer 20 cm. Naarmate de tijd vordert vindt ook op meerdere plaatsen depositie plaats met een waarde van enkele decimeters. De bodemevolutie lijkt gaandeweg langzamer te verlopen, hetgeen erop wijst dat zich op langere termijn een evenwicht zal instellen. Vanaf ongeveer 35 jaar na opening van de HPP treedt er in het buitendijkse schorregebied echter netto depositie op.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling.....	1
1.2 HPP model en bodemligging	1
2 Resultaten van eerdere studies.....	2
2.1 Hydrodynamische Telemac-studie	2
2.2 Het Demeter HPP-model.....	3
3 Erosie en depositie op de afgegraven Scheldeschorren	4
3.1 Inleiding	4
3.2 Bodemverandering van de schorren	4
4 Conclusie.....	10
5 Referenties	11

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Bathymetrie van het geoptimaliseerde RIP (m TAW).....	1
Figuur 2 – Maximaal optredende bodemschuifspanning in het geoptimaliseerde RIP volgens het hydrodynamische model van (Vanlede <i>et al.</i> , 2015).....	2
Figuur 3 – Links: bodemligging van het geoptimaliseerde RIP. Het interessegebied is gelokaliseerd binnen de zwarte gesloten contour. Rechts: uitvergroting van het interessegebied met daarin weergegeven de dwars -en langsraaien (blauw resp. rood).....	4
Figuur 4 – Links: bodemligging (in m TAW) na 0 jaar (initieel), 6 jaar en 12 jaar. Rechts: bijbehorend bodemverschil (in m) ten opzichte van de initiële toestand.....	5
Figuur 5 – Dezelfde resultaten als in Figuur 4, maar nu voor 24, 36 en 50 jaar.....	6
Figuur 6 – Bodemverloop langs de dwarsraai (boven) en de langsraai (onder).	7
Figuur 7 – Histogram van de bodemveranderingen ten opzichte van de beginconditie (negatief is erosie). Links: na 12 jaar, rechts: na 50 jaar.	8
Figuur 8 – Verloop van de gemiddelde bodemhoogte gedurende de simulatie.....	9

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In de afgelopen jaren is in het Hedwige-Prospergebied de nieuwe primaire waterkering gerealiseerd en het krek- en geulstelsel uitgegraven. Thans wordt de berm langs de Leidingendam verstevigd, worden de voor de dijk liggende Scheldeschorren verlaagd en de buitendijkse geulaanzetten uitgegraven. In de laatste fase van de werken wordt de voormalige primaire kering gefaseerd afgegraven.

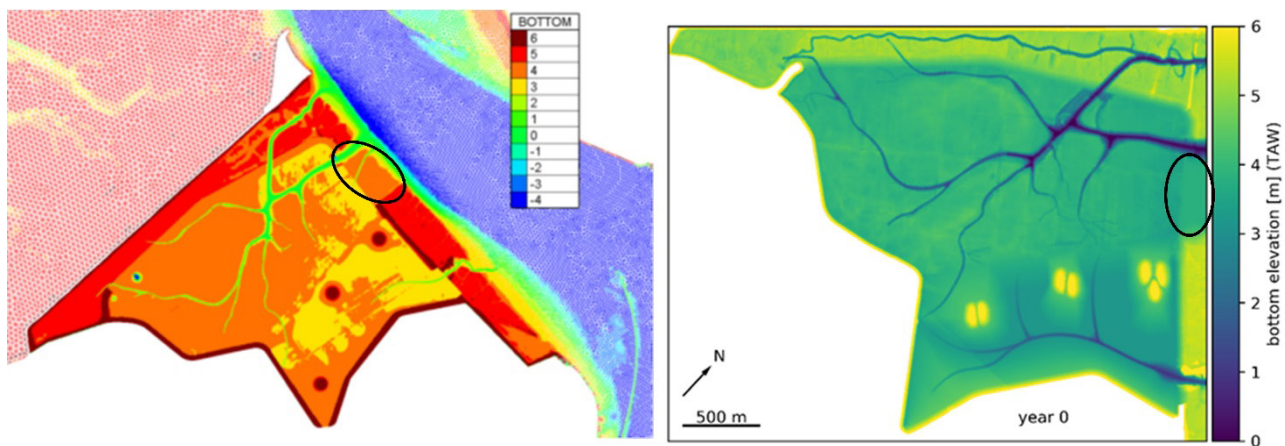
De aldus verkregen bodemligging wordt het geoptimaliseerde Rijksinrichtingsplan (RIP) genoemd.

Er is vastgesteld dat zich in de Scheldeschorren aan de rand van het projectgebied o.a. poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) bevinden. De vraag is of de na de afgraving gerealiseerde Scheldeschorren verder zullen eroderen waardoor er mogelijk in de Scheldeschorren aanwezige verontreinigingen in het nieuwe gebied terecht kunnen komen. Doel van deze studie is om een antwoord op deze vraag te formuleren.

1.2 HPP model en bodemligging

In Figuur 1 is de bathymetrie van het geoptimaliseerde RIP weergegeven zoals gebruikt in het Telemac model van Vanlede *et al.* (2015) en het Demeter-HPP model van Gourgue *et al.* (2018).

Uitgaande van het Demeter model (rechterpaneel in Figuur 1) zien we aan de rechterkant van boven in de Hedwigepolder naar beneden in de Prosperpolder de noordelijke geul, de zuidelijke geul met direct daaronder een schorverafgraving tot een hoogte van +4,00 m TAW (+1,65 m NAP, omcirkeld).



Figuur 1 – Bathymetrie van het geoptimaliseerde RIP (m TAW).

Links: het Telemac-model van (Vanlede *et al.*, 2015), rechts (iets gedraaid): Demeter-HPP model (Gourgue *et al.* 2018).

De schorafgraving bevindt zich ter hoogte van de zwarte ellips.

Hierna zal op basis van reeds uitgevoerde studies en numerieke modellering worden nagegaan welke uitspraken gedaan kunnen worden over het al dan niet optreden van erosie van de Scheldeschorren.

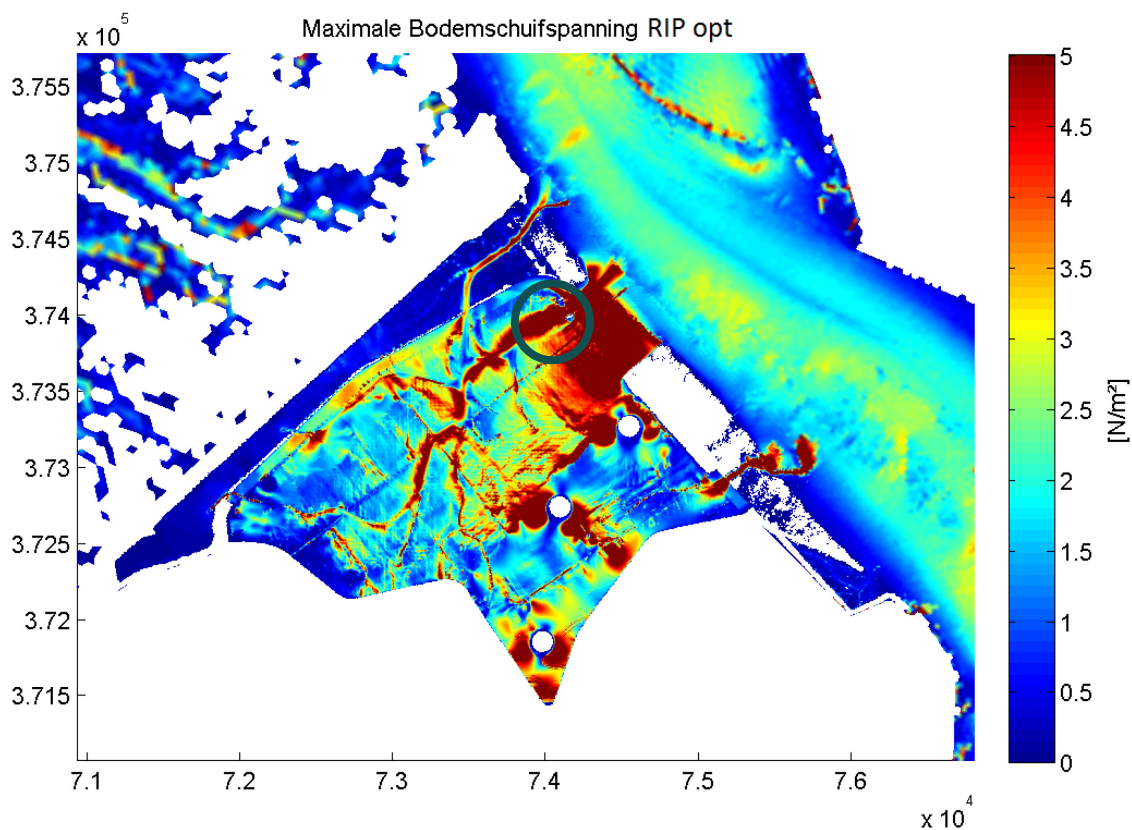
2 Resultaten van eerdere studies

2.1 Hydrodynamische Telemac-studie

In Vanlede *et al.* (2015) worden de resultaten van waterbeweging aan de hand van een 2DH Telemac model besproken. Dit model beschrijft de waterbeweging ter hoogte van de Hedwige-Prosperpolder tengevolge van het getij en rivierafvoer.

Op basis van de hydrodynamische modelsimulaties was het mogelijk om de maximaal optredende bodemschuifspanning gedurende een springtij-doodtijcyclus te berekenen, zie Figuur 2. Hieruit blijkt dat het deel van de schorafraving nabij de zuidelijke geul van de Hedwigepolder blootgesteld kan worden aan een hoge bodemschuifspanning (hoger dan 5 N/m^2). Dit suggereert dat hier een hoge initiële erosie *kan* optreden.

Omdat een hydrodynamisch model echter geen sedimenttransport uitrekent en ook geen veranderende bodem (morfologie) toelaat, zegt dit resultaat weinig over de grootteorde van de erosie ter plaatse.



Figuur 2 – Maximaal optredende bodemschuifspanning in het geoptimaliseerde RIP volgens het hydrodynamische model van (Vanlede *et al.*, 2015).

Merk op dat de bodemschuifspanning ter hoogte van de afgegraven Scheldeschorren lokaal (omcirkeld gebied) hoog kan zijn.

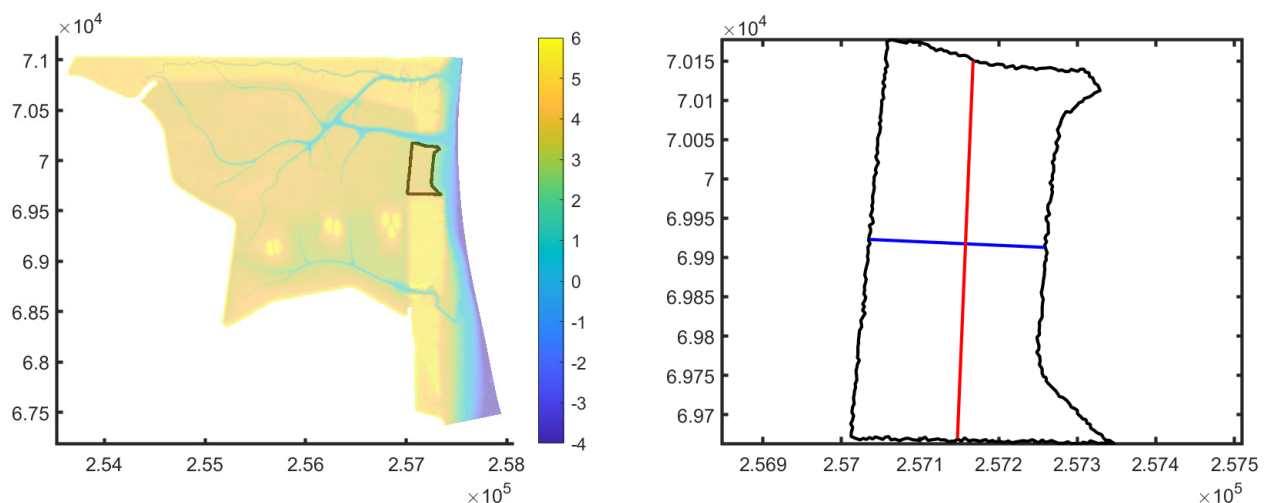
2.2 Het Demeter HPP-model

Sedimenttransport en morfologie zijn wel meegenomen in het Demeter model van Gourgue *et al.* (2018). Dit model beschrijft bovendien de groei van vegetatie ten gevolge van hydromorfologische condities en het effect van vegetatie op de waterbeweging middels gemodificeerde bodemwrijving. Op deze wijze kan erosie en accretie in de Hedwige-Prosperpolder gedurende een periode van 50 jaar worden gesimuleerd. Dit model is tot dusverre vooral gebruikt om de ontwikkelingen binnen de Hedwige-Prosperpolder uit te rekenen. In dit rapport zal in het volgende hoofdstuk de bodemverandering op de afgegraven Scheldeschorren (omcirkeld gebied in Figuur 1) worden besproken.

3 Erosie en depositie op de afgegraven Scheldeschorren

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk richten we ons op de erosie van de afgegraven Scheldeschorren, welke waarschijnlijk zal optreden vanwege de hoge bodemschuifspanning die aldaar in de hydrodynamische studie van Vanlede et al. (2015) is gevonden (zie Figuur 2). Meer specifiek wordt het interessegebied hierbij gedefinieerd als dat deel van de afgegraven schorren dat op +3 m TAW (0,65 m NAP) of hoger ligt. Dit gebied is in Figuur 3 links weergegeven als de zwarte gesloten contour. Naast de globale bodemveranderingen in dit interessegebied zullen ook resultaten worden getoond op raaien die dwars op en langs de schorren lopen, deze zijn in het rechterpaneel weergegeven.



Figuur 3 –

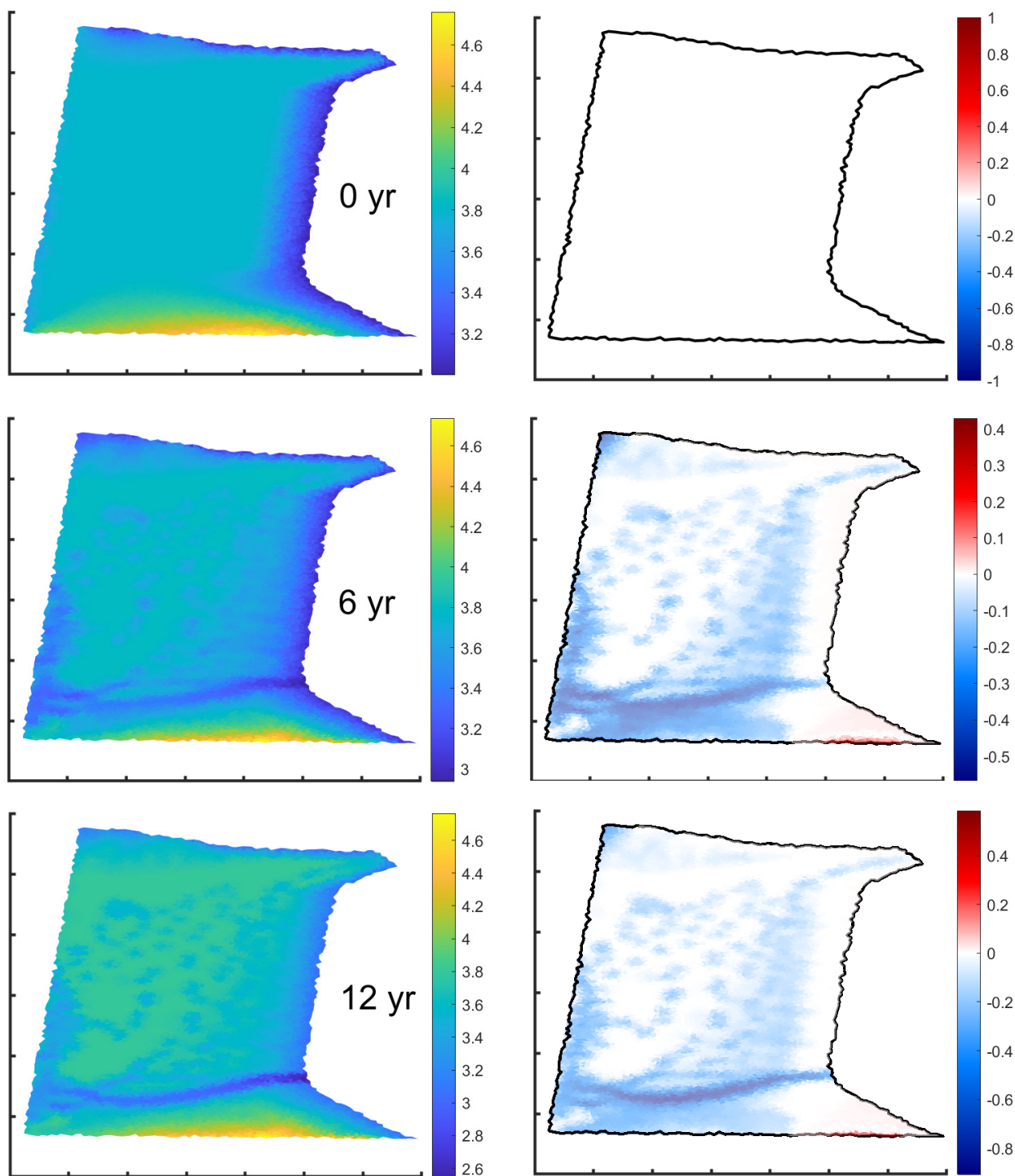
Links: bodemligging van het geoptimaliseerde RIP. Het interessegebied is gelokaliseerd binnen de zwarte gesloten contour.
 Rechts: uitvergroting van het interessegebied met daarin weergegeven de dwars -en langsvaarten (blauw resp. rood).
 Voor verdere details, zie hoofdstuk 3.2.

Het in het HPP model gebruikte horizontale referentiestelsel is Lambert 72, met een additionele kloksgewijze rotatie van 43° .

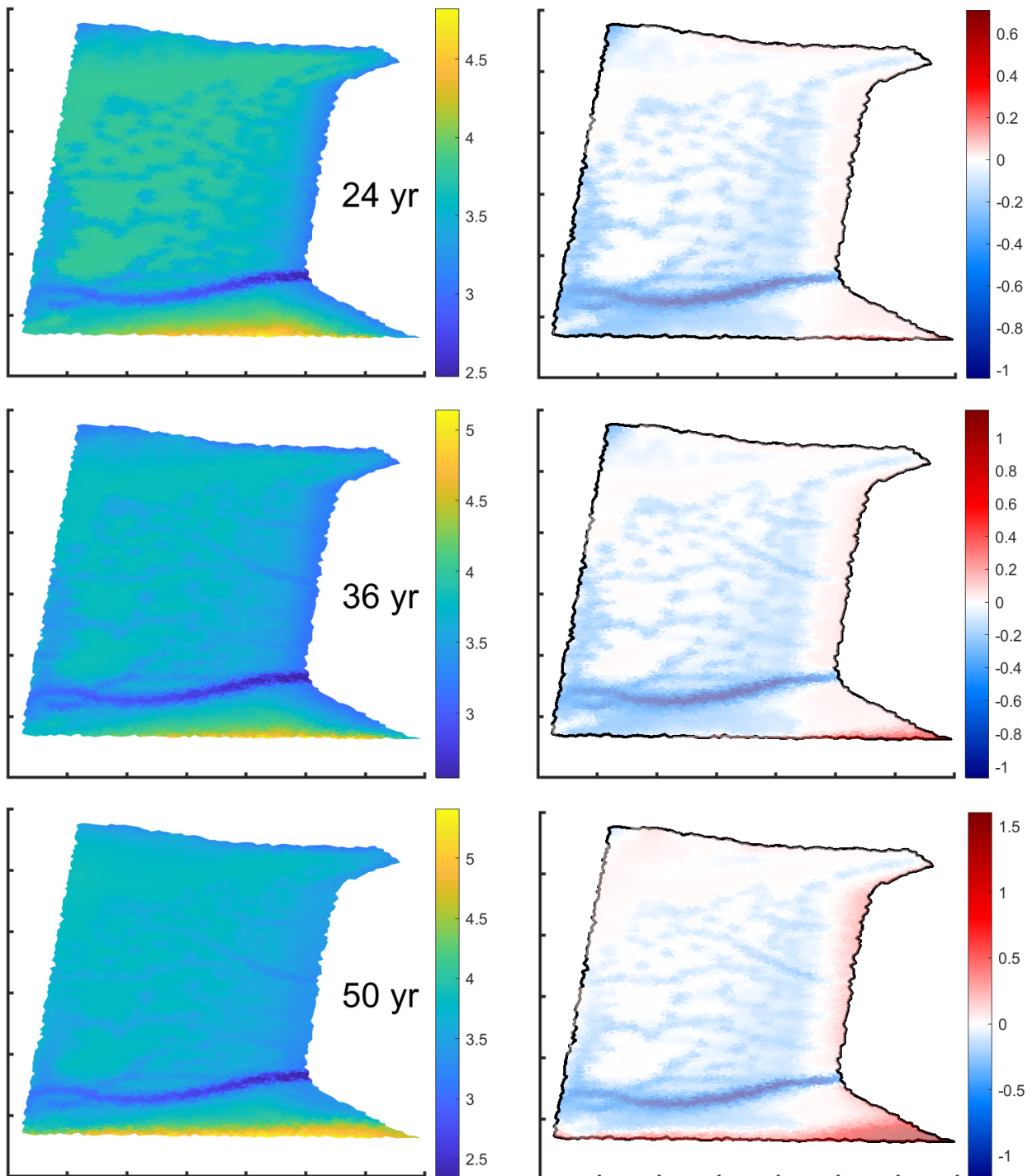
3.2 Bodemverandering van de schorren

In Figuur 4 en Figuur 5 wordt links de gesimuleerde bathymetrie getoond na 0 jaar (begintoestand na ontpoldering), 6 jaar en 12 jaar resp. 24, 36 en 50 jaar. In de rechterpanelen zijn de bodemverschillen ten opzichte van de begintoestand weergegeven (negatief is erosie). Wat opvalt is dat - terwijl de hydrodynamische studie over het gehele gebied hoge maximale bodemschuifspanningen geeft - het morfologische HPP-model vooral lokale ontwikkeling laat zien. Zo ontstaat er nabij de onderste rand van het domein een gebied met sterke depositie, uiteindelijk (na 50 jaar) bedraagt dit ca 1,5 m. Daarnaast ontwikkelt zich een relatief diepe geul met een uiteindelijke diepte ongeveer één meter onder de aanvangsdiepte. In het overige deel van het gebied vindt zowel erosie als depositie plaats, maar met een veel lagere snelheid.

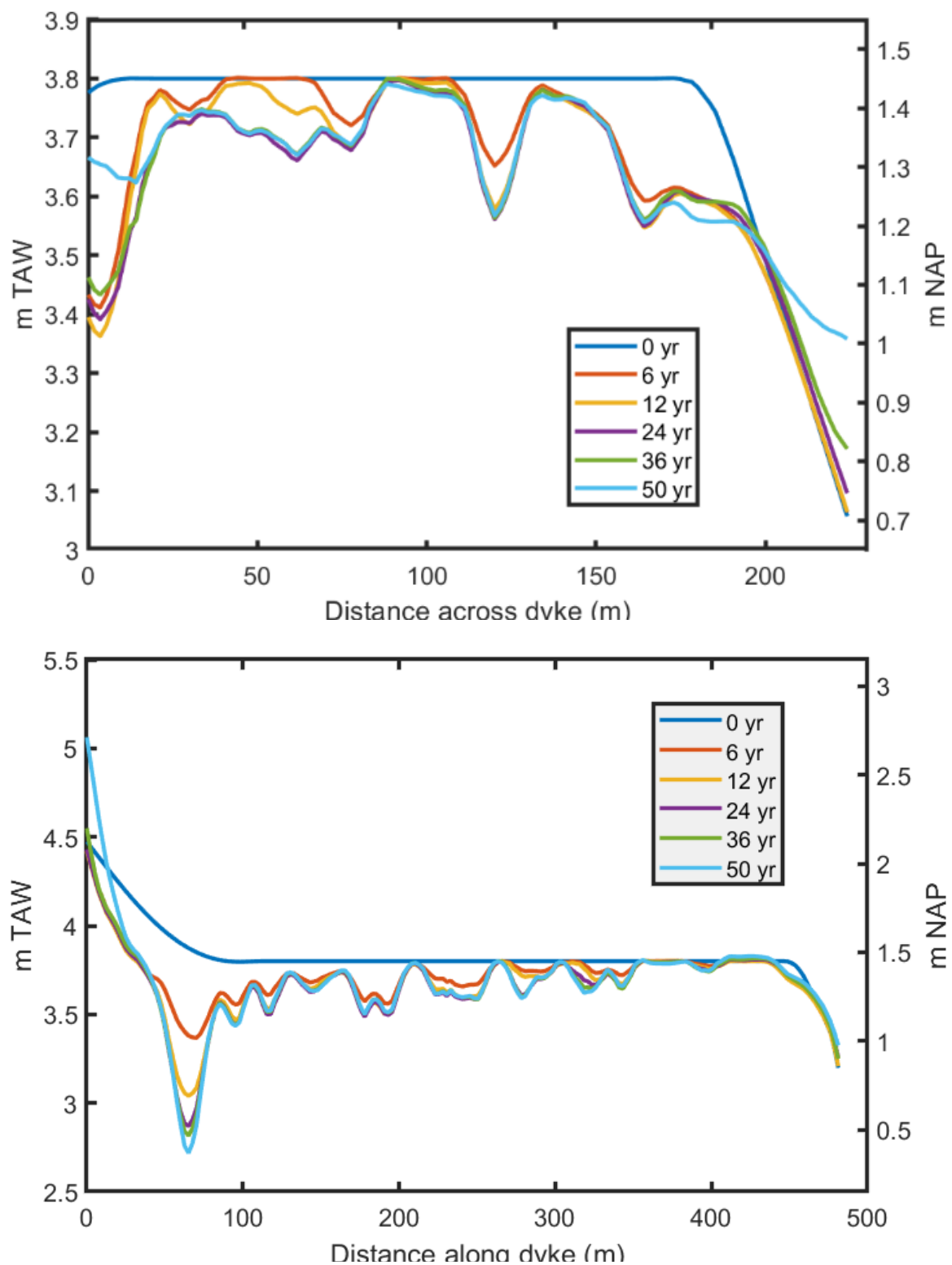
Over de gehele simulatieduur valt verder op dat er aanvankelijk (Figuur 4) overwegend erosie optreedt, maar dat er in de tweede helft (Figuur 5) in toenemende mate depositie optreedt. Dit gebeurt met name aan de rechter -en onderrand van het gebied, en in mindere mate in de linker bovenhoek.



Figuur 4 –
 Links: bodemligging (in m TAW) na 0 jaar (initieel), 6 jaar en 12 jaar.
 Rechts: bijbehorend bodemverschil (in m) ten opzichte van de initiële toestand.
 Negatieve (positieve) waarden duiden op erosie (depositie).



Figuur 5 – Dezelfde resultaten als in Figuur 4, maar nu voor 24, 36 en 50 jaar.

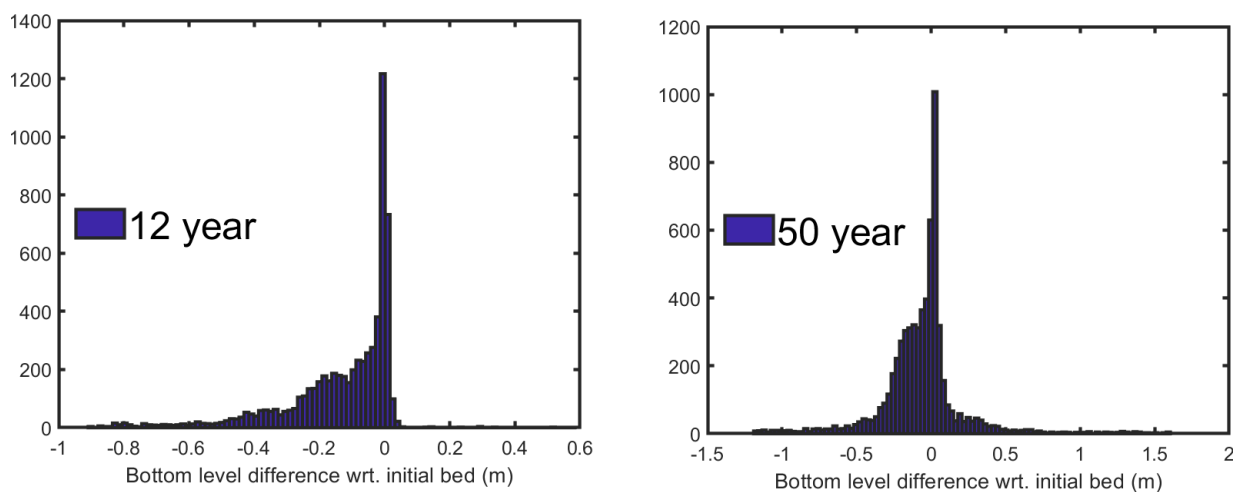


Figuur 6 – Bodemverloop langs de dwarsraai (boven) en de langsraai (onder).
Afstanden zijn ten opzichte van de linker -resp. onderrand van het interessegebied (zie rechterpaneel Figuur 3).

In Figuur 6 is het bodemverloop in de dwarsraai (boven) en de langsraai (onder) weergegeven voor 0, 6, 12, 24, 36 en 50 jaar. Afgezien van de randen lijkt de bodemevolutie geleidelijk langzamer te verlopen, hetgeen wijst op het bereiken van een evenwichtstoestand. In de dwarsraai is duidelijk erosie te zien. Merk op dat er op de randen uiteindelijk (na 50 jaar) depositie plaatsvindt. Daarnaast lijkt er sprake te zijn van een maximale erosie die ca. 20 cm bedraagt. In de langsraai (onder) is de aangroei van het depositiegebied zichtbaar, vergelijk hiertoe de hoogte op afstand nul na 0 en 50 jaar. Daarnaast is er de vorming van de geul. Verder is ook hier erosie te zien, nu met een maximum van ongeveer 20 cm (nabij de geul is dit iets meer, ca. 30 cm).

De evolutie langs de raaien benadrukt dat de extreme bodemveranderingen in Figuur 4 en Figuur 5 worden gedomineerd door het depositiegebied en de diepe geul, dus de bodemevolutie nabij de onderrand van het gebied. Om voor de rest van het gebied een beeld te krijgen van de grootte van erosie en depositie kan gebruik worden gemaakt van histogrammen. Concreet wordt hierbij weergegeven hoeveel rekenpunten een bodemverandering binnen een gegeven interval kennen. Ter illustratie is dit in Figuur 7 getoond voor de bodemveranderingen na 12 jaar en na 50 jaar. Na 12 jaar is er in het gebied vrijwel uitsluitend sprake van erosie: de typische waarde hiervan bedraagt zo'n 20 cm. Na 50 jaar treedt er in meer rekenpunten depositie op. Zowel erosie als depositie bedraagt dan typische enkele decimeters.

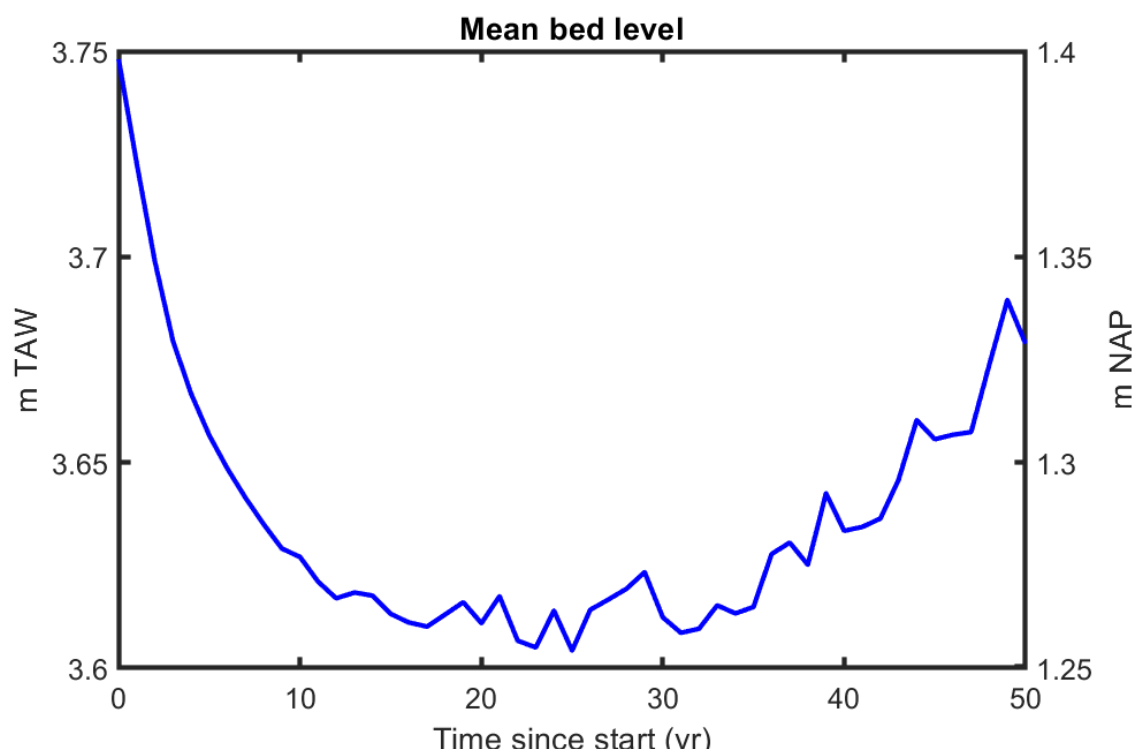
Tot slot is in Figuur 8 de gemiddelde bodemhoogte in het buitendijks schorrengebied als functie van tijd weergegeven. Hieruit blijkt dat er gedurende de eerste tien jaar sterke erosie optreedt waarbij de bodemhoogte ongeveer 15 cm afneemt. Vervolgens is er sprake van een periode van ca 25 jaar waarin de gemiddelde bodemhoogte min of meer constant blijft. Dit betekent dat (globaal gezien) erosie en depositie redelijk in balans zijn. Daarna lijkt depositie de overhand te krijgen. Deze trend (eerst sterke erosie, later meer depositie) komt overeen met hetgeen is gevonden in Figuur 4 en Figuur 5.



Figuur 7 – Histogram van de bodemveranderingen ten opzichte van de beginconditie (negatief is erosie).

Links: na 12 jaar, rechts: na 50 jaar.

Het totaal aantal rekenpunten (som van de binwaarden) is 6364.



Figuur 8 – Verloop van de gemiddelde bodemhoogte gedurende de simulatie.

4 Conclusie

In dit rapport wordt op basis van de hydrodynamische studie van *Vanlede et al.* (2015) en Demeter HPP-code van *Gourgue et al.* (2018) in beeld gebracht of de na de afgraving gerealiseerde Scheldeschorren verder zullen eroderen. Indien er dan nog mogelijk vanuit de Scheldeschorren aanwezige verontreinigingen in het nieuwe gebied terecht kunnen komen, kan daar op worden gereageerd. Op basis van de hydrodynamische studie van *Vanlede et al.* (2015) is de verwachting dat dit inderdaad zal gebeuren. De gedetailleerde morfologische ontwikkeling van de afgegraven Schelde-schorren is vervolgens bestudeerd aan de hand van de Demeter HPP-code van *Gourgue et al.* (2018). Hierbij is een periode van 50 jaar gesimuleerd.

Concreet volgt uit de resultaten het volgende:

1. Op de onderste rand van het afgegraven schorrengebied ontstaat een zone met sterke depositie, waarnaast een relatief diepe geul ontstaat (Figuur 4 en Figuur 5). De maximale depositie gedurende de simulatie bedraagt ca 1,5 meter terwijl de geul ontstaat door een verdieping van ca. één meter.
2. In de rest van het gebied vindt aanvankelijk (de eerste tien jaar) overwegend erosie plaats, deze bedraagt ongeveer 15-20 cm. Naarmate de tijd vordert vindt ook op meerdere plaatsen depositie plaats tegen een waarde van enkele decimeters.
3. Afgezien van de randen van de schorren lijkt de morfologische evolutie in het buitendijks schorrengebied geleidelijk langzamer te verlopen, hetgeen impliceert dat de bodemligging naar een evenwicht evolueert. Na ongeveer 35 jaar gaat deze situatie over in een toestand van netto depositie.

5 Referenties

Gourgue, O.; Belzen, J. van; Schwarz, C.; Temmerman, S.; Koppel, J. van de. (2018). Hedwige and Prosper Polders modeling project. Final technical report.

Vanlede, J.; Maximova, T.; Vandenbruwaene, W.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Inrichtingsplan Hedwige-Prosperpolder: deelrapport 2. Resultaten van het hydrodynamisch model. *WL Rapporten*, 13_166. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be