



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

RWS BEDRIJFSINFORMATIE

De balans opgemaakt

De ontwikkelingen in de Westerschelde tot 2019 gezien vanuit de sedimentbalans

Datum	26 augustus 2020
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Zee en Delta
Informatie	ir. M.C. Schrijver
Telefoon	+31 6 20137193
Fax	
Uitgevoerd door	ir. M.C. Schrijver
Opmaak	
Datum	26 augustus 2020
Status	Definitief
Versienummer	1.0
Aanbevolen citatie	M. Schrijver (2020) De Balans Opgemaakt - De ontwikkelingen in de Westerschelde tot 2019 gezien vanuit de sedimentbalans. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Middelburg.
© 2020	Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers.

Inhoud

Inhoud—5
Inleiding—7

1 De sedimentbalans Westerschelde—9

1.1 Zandbalans: eb- en vloed-schaar of hoofd- en nevengeul—10
1.2 Berekende volumes—10

2 Ontwikkelingen van het systeem—13

3 Ingrepen—15

3.1 Totaal aan ingrepen—15
3.2 Onderhoud hoofdvaargeul—16
3.3 Onderhoud Rijks- en overige havens—19
3.4 Zandwinning—20

4 Berekende watervolumes en arealen van de geulen—23

4.1 Westerschelde—23
4.2 Westerschelde-West—26
4.2.1 Macrocel 1—29
4.2.2 Macrocel 2—29
4.2.3 Macrocel 3—29
4.3 Westerschelde –Midden—29
4.3.1 Macrocel 4—33
4.3.2 Vak 16—33
4.4 Westerschelde – Oost—33
4.4.1 Macrocel 5—37
4.4.2 Macrocel 6—37
4.4.3 Macrocel 7—38
4.4.4 Vak 17—38

5 Berekende volumes en arealen van het ondiep sublitoraal—39

5.1 Westerschelde—39
5.2 Westerschelde-West—40
5.3 Westerschelde-Midden—42
5.4 Westerschelde –Oost—44

6 Berekende volumes en arealen van het intergetijdegebied—47

6.1 Westerschelde—47
6.1.1 Platen—48
6.1.2 Slikken en schorren—48
6.2 Westerschelde - West—49
6.2.1 Platen—49
6.2.2 Slikken en schorren—49
6.3 Westerschelde – Midden—51
6.3.1 Platen—51
6.3.2 Slikken en schorren—51
6.4 Westerschelde – Oost—53
6.4.1 Platen—53
6.4.2 Slikken en schorren—53

7 Berekend sedimenttransportvolume op basis van de zandbalans—57

7.1 Sedimenttransport in verschillende periodes—60

7.1.1 1975 – 1998—60

7.1.2 1999 - 2009—60

7.1.3 2010 – heden—61

7.2 To import or not to import...—61

Bijlage A Literatuur—63

Bijlage B Begrippenlijst—65

Bijlage C Vakindeling zandbalans—67

Bijlage D Vakindeling Plaatbalans en Schor- en slibbalans—71

Bijlage E Indeling rekenvakken, zones en macrocellen zandbalans—73

Bijlage F Baggerzones t.b.v. onderhoud hoofdvaargeul en zandwinlocaties—75

Bijlage G Stortzones en ankergebieden—77

Bijlage H Gestorte hoeveelheden vaargeulonderhoud vanaf 2010—79

Bijlage I Watervolumes en oppervlaktes macrocel 1—81

Bijlage J Watervolumes en oppervlaktes macrocel 2—82

Bijlage K Watervolumes en oppervlaktes macrocel 3—83

Bijlage L Watervolumes en oppervlaktes macrocel 4—84

Bijlage M Watervolumes en oppervlaktes macrocel 5—85

Bijlage N Watervolumes en oppervlaktes macrocel 6—86

Bijlage O Watervolumes en oppervlaktes macrocel 7—87

Bijlage P Watervolumes en oppervlaktes vak 16—88

Bijlage Q Watervolumes en oppervlaktes vak 17—89

Bijlage R Ontwikkeling plaatoppervlakte en -volume—90

Inleiding

Rijkswaterstaat Zee en Delta is verantwoordelijk voor het waterbeheer van de Westerschelde. Als waterbeheerder is RWS ZD onder meer:

1. Mede ondertekenaar van de Scheldeverdragen uit 2005;
2. Namens de minister van Infrastructuur en Waterstaat bevoegd als vergunning verlenende partij;
3. Verantwoordelijk voor het opstellen en uitvoeren van de Natura 2000 beheerplannen.

Om deze taken goed te kunnen vervullen is inhoudelijke kennis van de actuele toestand en de ontwikkelingen van het betreffende systeem noodzakelijk. Bovendien is deze kennis ook nodig in het kader van deskundig opdrachtgeverschap naar bedrijven en onderzoeksinstellingen.

Eén instrument dat kan worden gebruikt om de ontwikkelingen te kunnen opvolgen, is de sedimentbalans Westerschelde. Hierin zijn de volumes en oppervlakken van de geulen, de platen en de slikken en schorren in de Westerschelde samen met de volumes van ingrepen sinds 1955 vastgelegd. Op basis van deze parameters wordt de verandering in de morfologie als gevolg van autonome veranderingen en menselijke ingrepen zichtbaar gemaakt. Kennis van deze veranderingen en van de oorzaken hierachter zijn relevant in vraagstukken over sedimentbeheer, zeespiegelstijging en ecologisch functioneren. Een instrument als de sedimentbalans is dan ook onontbeerlijk voor beleidsvragen en hieruit voortkomend onderzoek op deze terreinen.

Dit rapport is een datarapportage en geeft de in de sedimentbalans vastgelegde data weer. Analyses van de ontwikkelingen worden in dit rapport niet uitgevoerd.

LEESWIJZER

In hoofdstuk 1 wordt een toelichting op de in gebruik zijnde sedimentbalans gegeven. Hierbij wordt ook toegelicht hoe en waarom de onderliggende data is geaggregeerd naar het volledige systeem.

In Hoofdstuk 2 worden beknopt de ontwikkelingen beschreven, als ook de conclusies die worden getrokken uit de ontwikkelingen van de diverse platen, geulen, slikken en schorren.

De ingrepen worden beschreven in hoofdstuk 3, waarbij in detail de ingrepen vanaf 2010 worden gepresenteerd

In de hoofdstukken 4 t/m 6 worden de ontwikkelingen van de geulen, het ondiepe sublitoraal en het intergetijdgebied beschreven. Deze ontwikkelingen worden gepresenteerd voor het volledige systeem als ook opgesplitst in west, midden en oost. Daarnaast worden ook de afzonderlijke ontwikkelingen van de geulen (geulen en ondiep sublitoraal), platen en slikken (intergetijdgebied) getoond.

Het sedimenttransport dat op basis van de gegevens uit de balans wordt afgeleid, wordt als laatste besproken in hoofdstuk 7.

1 De sedimentbalans Westerschelde

Rijkswaterstaat Zee en Delta beheert de sedimentbalans van de Westerschelde. Jaarlijks wordt deze op basis van de meest recente bathymetrische data bijgewerkt. Wat een zandbalans is, is beschreven in [de Jong 2000], [Nederbragt 2004] en [Haecon 2006]. De methodiek die momenteel wordt gehanteerd is beschreven in [Haecon 2006]. Deze is weergegeven in INTERMEZZO 1.

INTERMEZZO 1

De beschikbare lodingsgegevens worden voor elk (deel)gebied gesynchroniseerd op jaarbasis (cfr. vorige paragrafen). Voor elk jaar wordt vervolgens de resulterende volumevariatie (ΔV_{tot}) berekend. Gezien de beschikbaarheid van bagger-, stort en zandwingegevens per kalenderjaar, is het logisch de interpolatie van de lodingsgegevens naar 1 januari van elk kalenderjaar door te voeren.

Alle berekeningen worden zoals gevraagd uitgevoerd ten opzichte van een vast referentievlak van 3.50 m NAP (of 5.82 m TAW). Per jaar wordt de waterinhoud van het beschouwde (deel)gebied berekend t.o.v. van het gekozen referentievlak. De variatie van deze waterinhoud stemt overeen met de volumevariatie van de bodem, maar is tegengesteld van teken. Een stijgende waterinhoud komt dus overeen met erosie in het beschouwde gebied en een dalende waterinhoud betekent dat er sedimentatie is.

Uit de gekende bagger-, stort- en zandwingegevens per vak en per jaar kunnen de netto ingrepen per (deel)gebied (ΔV_i) voor elk jaar berekend worden. Hiervoor worden de stortvolumes verminderd met de som van baggervolumes en zandwinnings. Indien nodig worden ook de grondverplaatsingen ten gevolge van wrakopruiming of werken in rekening gebracht.

Op basis van enerzijds de resulterende sedimentvolumevariatie van de rivierbodem en anderzijds de netto ingrepen in een (deel)gebied kan de "natuurlijke" variatie (erosie of sedimentatie) (ΔV_{nat}) berekend worden. Deze natuurlijke variatie wordt gegeven door volgende vergelijking:

$$\Delta V_{\text{nat}} = \Delta V_{\text{tot}} - \Delta V_i$$

Samenvattend worden de gebruikte termen als volgt gedefinieerd:

- ΔV_{nat} : de "natuurlijke" volumeverandering gedurende de beschouwde periode. Een positieve waarde duidt op sedimentatie terwijl een negatieve waarde wijst op erosie.
- ΔV_{tot} : de effectieve (gemeten) volumeverandering van een (deel)gebied bekomen op basis van de lodingsgegevens.
- ΔV_i : de volumeverandering in een (deel)gebied veroorzaakt door menselijke ingrepen (baggeren, storten, zandwinnings, wrakopruiming, ...).

Alle veranderingen worden uitgedrukt op jaarbasis. Erosie, baggervolumes en zandwinnings worden als negatieve waarden uitgedrukt terwijl sedimentatie en stortvolumes als positieve waarden worden voorgesteld.

De resultaten voorgesteld op datum van bijvoorbeeld 1 juli 2000 bevatten de variaties opgetreden tussen 1 januari 2000 en 1 januari 2001:

- ΔV_{tot} = het volumeverschil in de loop van 2000 (verschil lodingsdata tussen 31 december en 1 januari)
- ΔV_i = het saldo van de ingrepen in de loop van 2000 opgetekend
- ΔV_{nat} = de "natuurlijke" variatie in de loop van 2000. Een positieve waarde betekent sedimentatie en een negatieve waarde betekent erosie (op jaarbasis).

Zoals valt te lezen in het intermezzo worden de berekeningen uitgevoerd op verschillende (deel)gebieden, in de sedimentbalans vakken genaamd. Hierbij geldt dat vakken elkaar niet overlappen en het totaal aan vakken de volledige Westerschelde moet omvatten. In totaal zijn er drie verschillende indelingen van vakken, te weten

1. Een schematisatie van eb- en vloedgeulen (zandbalans);
2. Een schematisatie van de platen (plaatbalans);
3. Een schematisatie van de schorren en de slikken (schor- en slikbalans).

Een overzicht van deze schematisaties is opgenomen in Bijlage C en Bijlage D.

Bij iedere schematisatie worden verschillende referentievlakken gebruikt om de volumes en oppervlaktes te berekenen (dit i.t.t. wat is gesteld in het Intermezzo):

	Referentievlak
Zandbalans	-500 cm, -200 cm en +350 cm NAP
Plaatbalans	-200 cm en +50 cm NAP
Schor- en slikbalans	-200 cm en +50 cm NAP

Ingreeppgegevens worden als onderdeel van de vergunningen aangeleverd aan de vergunningverlener. Indien gegevens worden aangeleverd in m³ beunvolume wordt de omrekenfactor van m³ in beun naar m³ in situ toegepast [Haecon 2000]:

$$1 \text{ m}^3 \text{ in situ} = \frac{1 \text{ m}^3 \text{ in beun}}{1.10}$$

De zandbalans is opgemaakt vanaf 1955, de overige balansen vanaf 1975.

1.1 Zandbalans: eb- en vloedschaar of hoofd- en nevengeul

Zoals is af te lezen in Bijlage C is de zandbalans opgebouwd uit afzonderlijke vakken die zijn gekarakteriseerd als ebschaar of vloedschaar. De vakken 7, 8, 16, 17 en 28 hebben deze indicatie niet, en gelden als neutraal. Deze karakterisering gaat uit het hydraulische gedrag van het betreffende vak.

Vanuit het beheer wordt de Westerschelde beschouwd vanuit nautisch oogpunt: de opdeling die hiervoor wordt gemaakt is die van hoofdgeul en nevengeul. De hoofdgeul is het d.m.v. betonnen gemarkeerde hoofdvaarwater dat door baggerwerkzaamheden op diepte wordt gehouden. De vakken waarin de hoofdgeul ligt krijgen dus de classificatie 'Hoofdgeul'. Alle vakken die geen 'Hoofdgeul' zijn, zijn 'Nevenggeul'. In deze indeling zijn dus geen neutrale vakken aanwezig.

De laatste indeling is in dit rapport aangehouden. Dit betekent dat de vakken 7, 8, 16, 17 zijn toegekend. Vak 28 (Saeftinghe) is niet meegenomen.

Naast de ontwikkelingen van de Westerschelde is ook een opdeling gemaakt in de ontwikkelingen in het westelijk, midden en oostelijk gebied van de Westerschelde. In de bijlages is ook een verdere opsplitsing per macrocel opgenomen. In Bijlage E is de indeling weergegeven met de onderliggende gebieden die wordt gehanteerd om de gegevens uit de zandbalans in dit rapport weer te geven.

1.2 Berekenende volumes

Het volume van een vak uit de balans wordt berekend t.o.v. een referentievlak. Voor geulen is het volume onder en het oppervlak op het referentievlak relevant (watervolume en wateroppervlak).

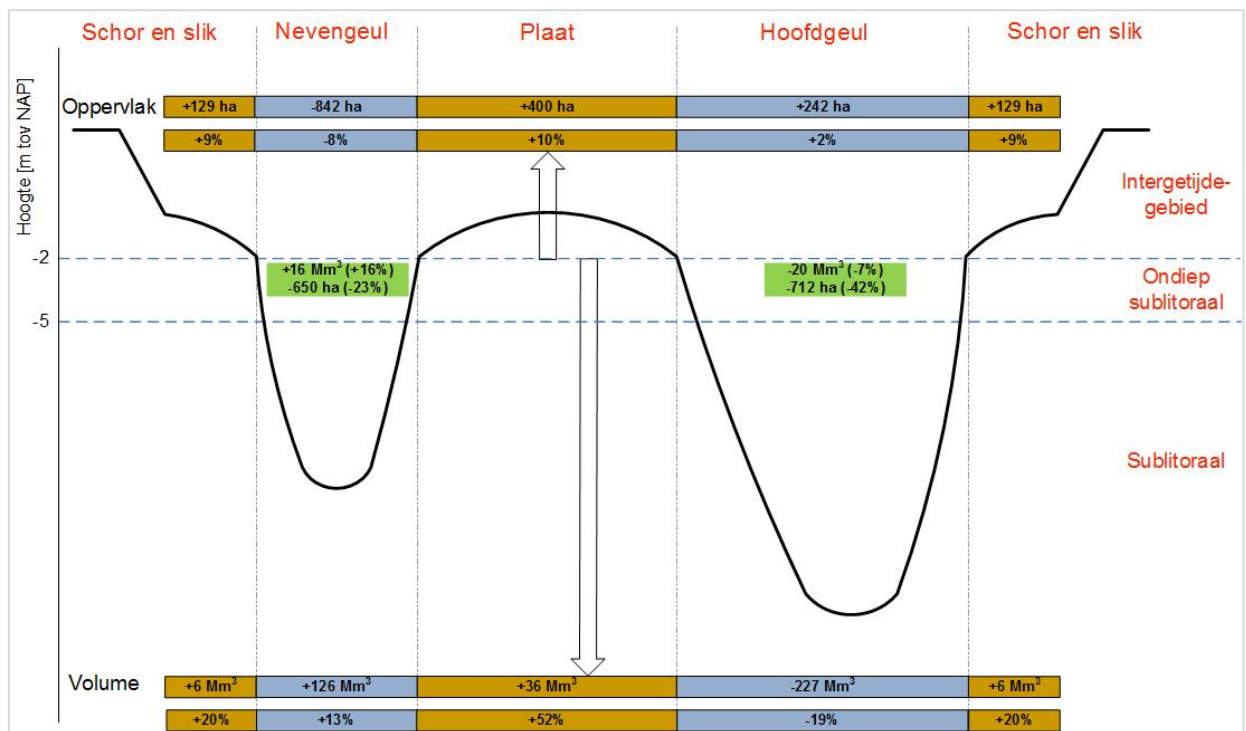
Voor platen, slikken en schorren is het volume boven en het volume op het referentievlak relevant (sedimentvolume en sedimentoppervlak).

Indien data over meerdere jaren beschikbaar is, kunnen veranderingen in watervolume eenvoudig worden omgerekend naar verandering in sedimentvolume: de toename (afname) van het watervolume in een geul is de afname (toename) van het sedimentvolume in de geul in een bepaalde periode. Omgekeerd geldt dit ook voor de omrekening van sedimentvolume naar watervolume.

Deze methode is gelijk aan die zoals beschreven in het Intermezzo.

2 Ontwikkelingen van het systeem

In Figuur 1 is de verplaatste hoeveelheid sediment in de Westerschelde in de periode 1955 – 2019 ten opzichte van het referentievlak -200 cm NAP weergegeven. De bovenste balk laat de verandering in het oppervlak zien, de onderstaande balk de veranderingen van het sedimentvolume. De verandering in het ondiep sublitoraal zijn apart weergegeven.



Figuur 1 Sedimentverplaatsing in de Westerschelde tussen 1955 en 2019 berekend t.o.v. -200 cm NAP

Uit de figuur is af te lezen dat de hoofdgeul 19% van het sedimentvolume is kwijt geraakt t.o.v. 1955. In de nevengeul is het sedimentvolume is toegenomen met 13% t.o.v. 1955. De hoofdgeul is dieper geworden, en de nevengeulen ondieper. Ook het sedimentvolume op de platen, slikken en schorren is toegenomen. Het materiaal dat is verdwenen uit de hoofdgeul, maar wel in het systeem is gebleven, is dus terechtgekomen in de nevengeulen en op de platen, slikken en schorren. De veranderingen in volume en oppervlak zijn groter in het midden en het oostelijk deel van de Westerschelde. De veranderingen in de tijd zijn niet-lineair, en het gedrag op een locatie kan wisselen tussen sedimentatie en erosie.

De data uit de balansen (en die de basis vormt voor bovenstaande figuur) is in dit rapport verder uitgewerkt voor de Westerschelde en drie zones: west, midden en oost. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen hoofd- en nevengeulen en platen en slikken. Op basis hiervan zijn de belangrijkste conclusies over de periode 1955 - 2019:

1. Het watervolume in de hoofdgeul van de Westerschelde neemt toe. In de nevengeulen neemt het watervolume af. Het verschil in watervolume neemt na 1995 versneld toe. Gezien het instandhoudingsdoel 'behoud meergeulensysteem' is dit een negatieve ontwikkeling;

2. De veranderingen van het watervolume en het –oppervlak in het westelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 zijn klein. Voor het midden en het oostelijk deel zijn de veranderingen aanzienlijk groter;
3. De ontwikkelingen van de hoofd- en nevengeul in het midden en oostelijk deel van de Westerschelde laten diverse knikpunten zien die mogelijk een verband houden met de ingrepen en onderhoudsstrategieën.
4. Het oppervlak ondiep sublitoraal is sterk afgenomen in de hele Westerschelde, terwijl het watervolume nauwelijks is veranderd. De zone is steiler geworden. De gevolgen hiervan op waterveiligheid en ecologie dienen te worden onderzocht;
5. De gemiddelde hoogte op de platen, slikken en schorren is toegenomen als gevolg van sedimentverplaatsingen. De gevolgen hiervan voor de ecologische functie van deze gebieden dient nader te worden onderzocht;
6. Het netto sedimentvolume in de Westerschelde neemt toe sinds 2005. Vanaf dat jaar is de Westerschelde in zijn geheel weer sediment importerend geworden. Welke factoren bepalend zijn geweest voor het importerend of exporterend gedrag van het systeem dient nader te worden onderzocht;

3 Ingrepen

Bij de aanleg en het onderhoud van de hoofdvaargeul in de Westerschelde, de monding en de aanliggende havens op Nederlands grondgebied komt sediment vrij. Dit sediment wordt als gevolg van de gehanteerde stortstrategie verplaatst in het systeem. In onderstaande paragrafen wordt beschreven welke verplaatsingen van sediment het betreft. In de sedimentbalans is enkel het gebaggerde en gestorte sediment afkomstig van het onderhoud van de hoofdvaargeul en de zandwinning in de Westerschelde opgenomen. De hoeveelheid (slibrijk) sediment die in het westelijk deel van de Westerschelde als gevolg van het havenonderhoud wordt gebaggerd en gestort is geen onderdeel van de sedimentbalans.

3.1 Totaal aan ingrepen

In Figuur 2 zijn de hoeveelheden sediment t.b.v. het onderhoud van de hoofdvaargeul, de zandwinning en de wrakberging¹ weergegeven. In de figuur zijn ook de periodes waarin een verruiming² is uitgevoerd weergegeven.

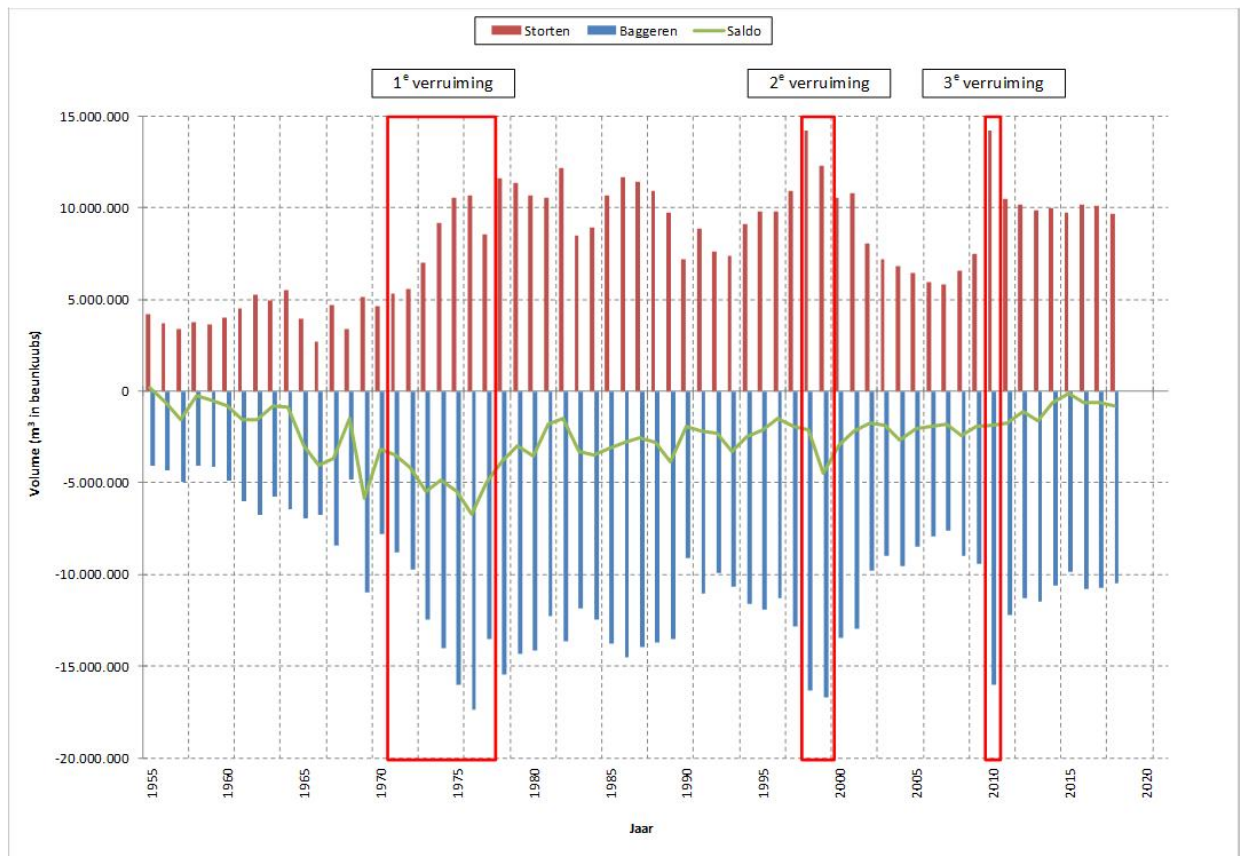
- De eerste verruiming is min of meer geleidelijk in de periode 1971 – 1976 uitgevoerd [Belmans 1988]. De stortstrategie in deze periode en de daaropvolgende periode tot de 2^e verruiming was erop gericht het gebaggerde materiaal zoveel mogelijk in de dichtst bij zijnde nevengeul te storten;
- De tweede verruiming is uitgevoerd in 1997 en 1998. Op basis van een pilot studie in de jaren hiervoor [Vroon 1997] is voor de verruiming en het onderhoud de zgn. Oost-West strategie gehanteerd. Sediment afkomstig uit het oostelijk deel werd grotendeels in het westelijk deel gestort waarbij gebruik werd gemaakt van eb- en vloedgedomineerde stortvakken;
- De derde verruiming is uitgevoerd in 2010. De stortstrategie die bij deze verdieping en bij het onderhoud vanaf 2010 is het Flexibel Storten: de stortstrategie kan worden aangepast op basis van de monitoring van kwaliteitsparameters (TB 2008). Een onderdeel van deze strategie is dat sediment dat wordt gebaggerd in een bepaalde macrocel wordt gestort in een stortvak in dezelfde macrocel of in de stroomafwaarts aanliggende macrocel. I.t.t. de vorige onderhoudsperiodes waar werd gestort in nevengeul en hoofdgeul, is een type stortvak: het stortvak plaatrand.

Er is een ontwikkeling zichtbaar in het onderhoudsstrategie: van storten in aanliggende nevengeulen via het westelijk brengen van sediment tot het storten in hoofd-, nevengeulen en plaatranden. In Figuur 2 is te zien dat na de 2^e verdieping de onderhoudshoeveelheid afnam. Dit effect treedt na de 3^e verdieping niet op. Er zijn dus duidelijke effecten waarneembaar van de ingrepen, de daadwerkelijke doorvertalingen naar effecten van een stortstrategie is echter niet geëvalueerd.

Dit rapport beschrijft de ontwikkelingen zoals deze zijn vastgelegd in de diverse balansen. Een historisch overzicht van de bagger- en stortactiviteiten t.b.v. het vaargeulonderhoud is te vinden in [Kornman 2003]. De beschikbare gegevens vanaf 2010 zijn wel opgenomen.

¹ Bij wrakberging is ook zand gewonnen. Dit materiaal is in de Westerschelde verspreid, al dan niet op de winlocatie.

² Naast een verdieping is in enkel gevallen de vaarweg ook verbreed en dus verruimd in zowel het horizontale als verticale vlak. Het begrip 'verruiming' dekt dan ook beter de lading dan 'verdieping'.



Figuur 2 Hoeveelheden sediment t.b.v. onderhoud hoofdvaargeul, zandwinning en wrakberging

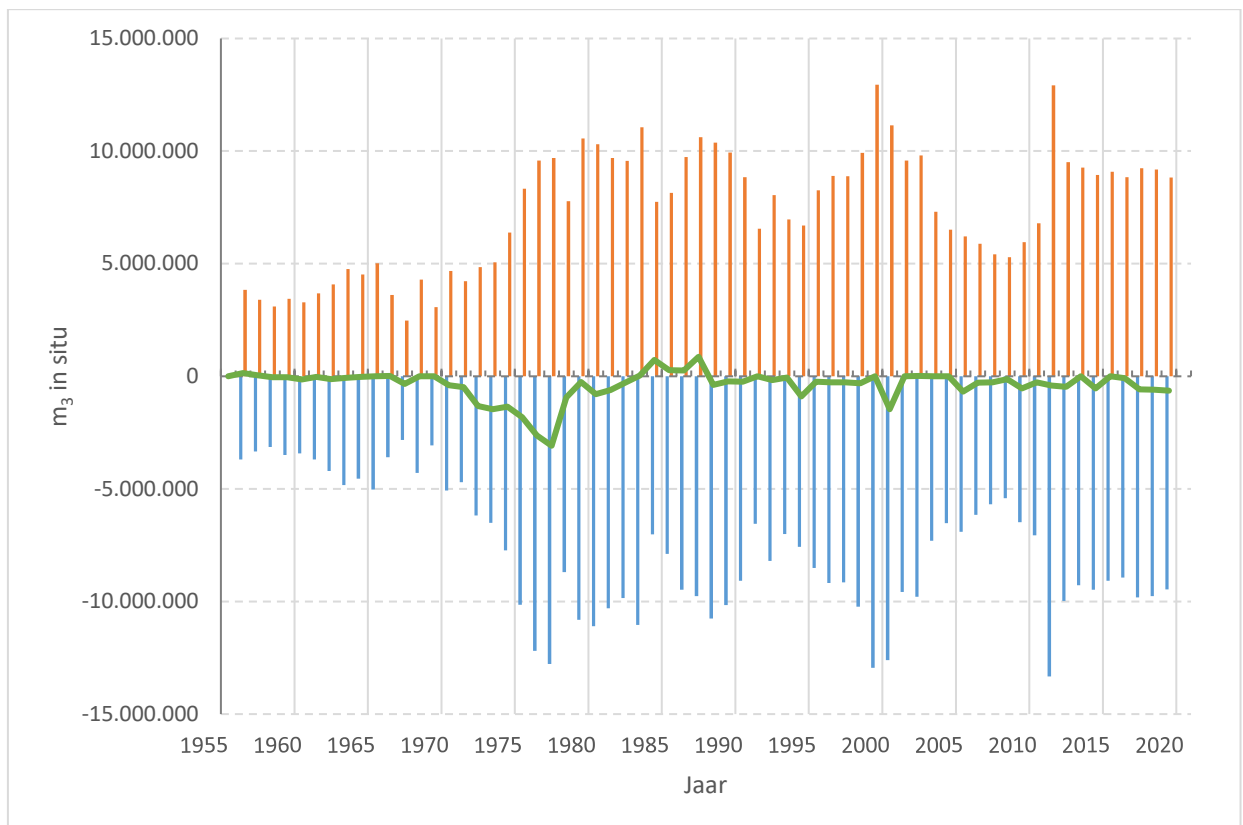
3.2 Onderhoud hoofdvaargeul

Door Vlaanderen wordt de hoofdgeul onderhouden volgens de hiertoe verstrekte vergunningen. Maandelijks worden de gebaggerde en gestorte hoeveelheden sediment gerapporteerd. In Figuur 3 is het totaal aan onderhoud van de hoofdvaargeul weergegeven zoals dit is opgenomen in de sedimentbalans.

De baggerzones en de vergunde stortzones die worden gebruikt in sinds 2010 zijn weergegeven in Bijlage E en Bijlage F.

Figuur 3 laat een negatief saldo zien. Dit lijkt strijdig te zijn met het beleid van de VNSC sinds 2015 t.a.v. behoud van sediment in het systeem. Voor 2015 werd dit o.a. veroorzaakt door afvoer van baggerspecie naar Vlaanderen, kustsuppleties en opspuitingen. Daarnaast speelt de begrenzing van de zandbalans een rol. De sedimentbalans wordt begrensd door de westelijke rand van macrocel 1. Sommige bagger- en stortactiviteiten vinden iets daarbuiten plaats. Deze hoeveelheden worden niet meegenomen in de balans.

Dat de totale hoeveel gebaggerd sediment gelijk is aan de hoeveelheid gestort sediment wordt weergegeven in Tabel 1. Hierin zijn de diverse verspreidingslocaties sinds 2010 opgenomen.



Figuur 3 Hoeveel onderhoud hoofdvaargeul in de periode 1955 – 2018

Tabel 1 Gebaggerde en gestorte hoeveelheden in m³ in beun

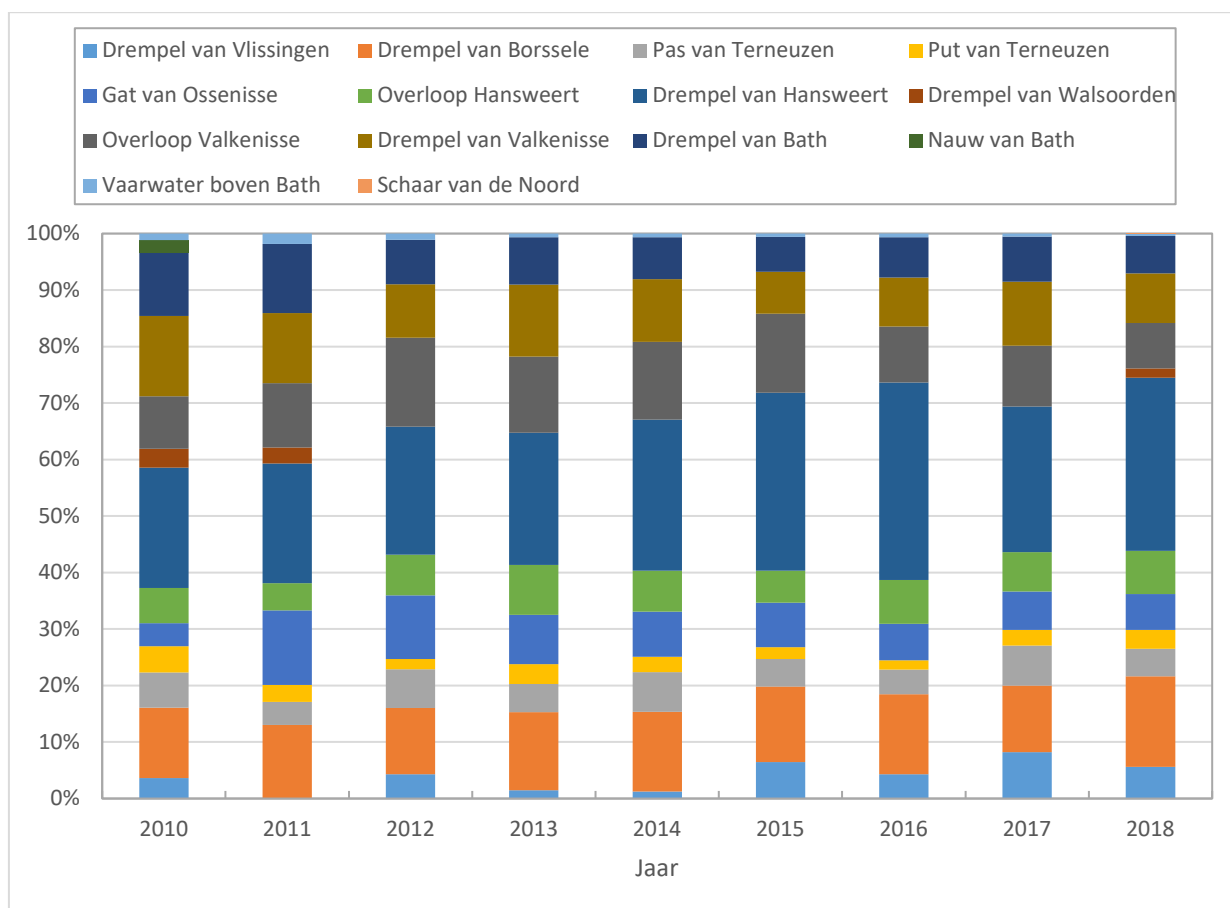
	Baggeren		Storten						W2	Afvoer Vlaanderen	Netto
	Hoofdvaargeul	Plaatrand, nevengeul en hoofdgeul	Strand Baarland	Geulwand Ossenisse	Inloop Ossenisse	Diepe Put Hansweert	Suikerplaat	Totaal			
2010	14.087.240	13.752.630	35.732					13.788.362		298.878	0
2011	10.978.968	10.684.193						10.684.193		294.775	0
2012	10.198.778	10.198.778						10.198.778			0
2013	10.432.762	9.837.280						9.837.280		595.482	0
2014	9.989.566	8.502.665	15.594	1.471.307				9.989.566			0
2015	9.833.559	8.433.845		1.399.714				9.833.559			0
2016	10.852.891	4.911.559		3.663.817	1.117.674	1.114.121		10.807.171	45.720		0
2017	10.739.472	7.006.213		1.019.828	1.119.321	1.118.419	475.691	10.739.472			0
2018	10.414.552	9.626.410	18.906	435.858			333.378	10.414.552			0

Conform de vergunning (vanaf 2010) wordt het sediment dat vrijkomt bij het onderhoud verspreid over drie soorten locaties: plaatranden, nevengeulen en hoofdgeul. Daarbij geldt ook dat het sediment dat vrijkomt bij het baggeren in dezelfde macrocel of de stroomafwaarts gelegen macrocel wordt teruggestort. In Figuur 4 is de procentuele verdeling van het gebaggerde sediment uit de hoofdvaargeul in de periode 2010-2018 weergegeven. Figuur 5 geeft de procentuele verdeling van het gestorte materiaal over de verschillende stortlocaties in deze periode weer.

Uit de figuren is af te lezen dat meer dan 64% van de totale hoeveelheid in het oostelijk deel³ wordt gebaggerd. Wordt naar de afzonderlijke locaties gekeken, dan wordt het veruit meest gebaggerd op de Drempel van Hansweert.

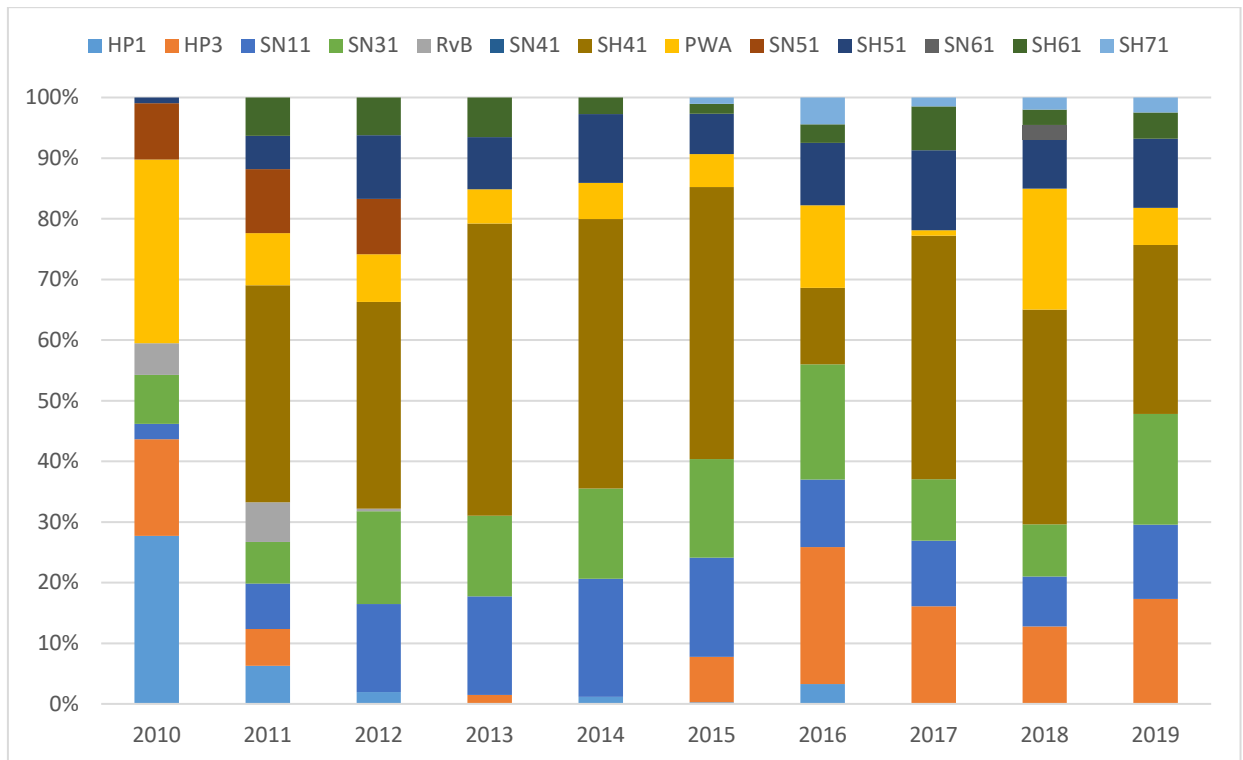
Betreffende de verspreiding van de gestorte hoeveelheden geven de jaren 2010 en 2011 een vertekend beeld omdat behalve onderhoud ook de aanleg van de plaatranden in deze hoeveelheden is opgenomen. In de periode 2012 – 2015 ligt het zwaartepunt van de gestorte hoeveelheden in toenemende mate in het westelijk en het midden deel. Na 2015 stopt de toenemende trend hierin, al wordt nog steeds meer dan 60% van de hoeveelheid in deze zone gestort. De locaties waarin het meeste sediment wordt gestort in de periode 2011-2019, uitgezonderd 2016 is het Gat van Ossensisse. Vanaf 2015 wordt ook meer gestort in de stortlocatie HP3 (Hooge Platen West) en is SH71 in gebruik genomen.

Wordt de verdeling van de locaties niet gemaakt op ruimtelijk ligging maar op type stortlocatie dan volgt dat het grootste gedeelte van het sediment wordt gestort in de diepere delen van de Westerschelde (SH41, SH51, SH61 en SH71). Het onderscheid in hoeveelheid per type locaties is weergegeven in Bijlage E.



Figuur 4 Procentuele verdeling van het gebaggerde sediment op de verschillende locaties

³ Dit is de baggerlocaties Overloop van Hansweert en alle baggerlocaties ten oosten hiervan.

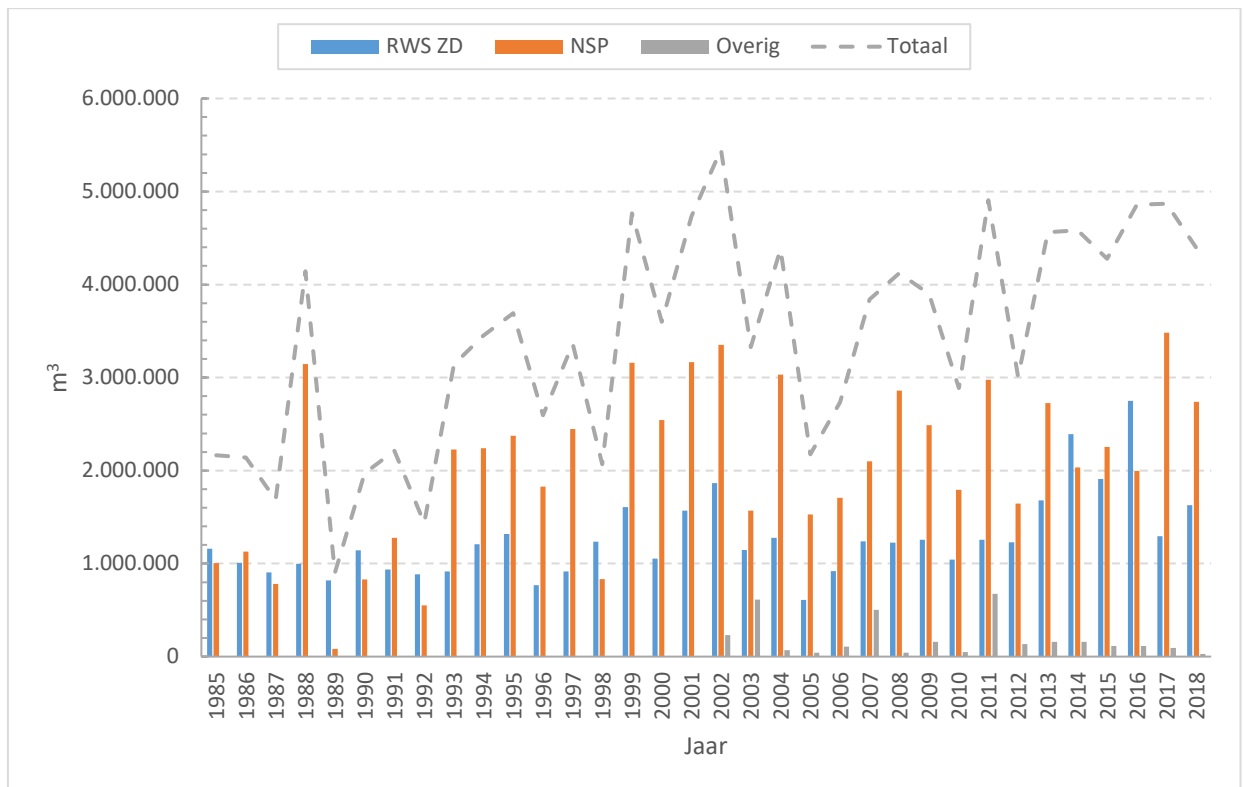


Figuur 5 Procentuele verdeling van het gestorte sediment over de verschillende stortlocaties

3.3 Onderhoud Rijks- en overige havens

T.b.v. het onderhoud van de havens worden de havens en/of de monding van de havens gebaggerd. Dit onderhoud wordt 1-2 maal per jaar, afhankelijk van de locatie uitgevoerd. De gebaggerde specie wordt in gebieden gestort die in de vergunningen zijn aangewezen. De stortlocaties, die voor het overgrote deel in het westelijk deel van de Westerschelde liggen (evenals de betreffende havens), zijn weergegeven in Bijlage F. In Figuur 6 is het gebaggerde volume in de periode 1985 – 2018 weergegeven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar uitvoerende partij (vergunning):

1. De havens die door Rijkswaterstaat worden onderhouden:
 - a. Breskens Handelshaven;
 - b. Breskens Veerhaven en monding;
 - c. Vlissingen Koopmanshaven;
 - d. Terneuzen Westbuitenhaven;
 - e. Hansweert Westbuitenhaven;
2. De havens van North Sea Ports;
3. Overige havens:
 - a. Breskens jachthaven (Gemeente Sluis);
 - b. Koelwaterinlaat (EPZ);
 - c. Hoedekenskerke jachthaven (Watersportvereniging 'De Val');
 - d. Walsoorden landbouwhaven (Gemeente Hulst);



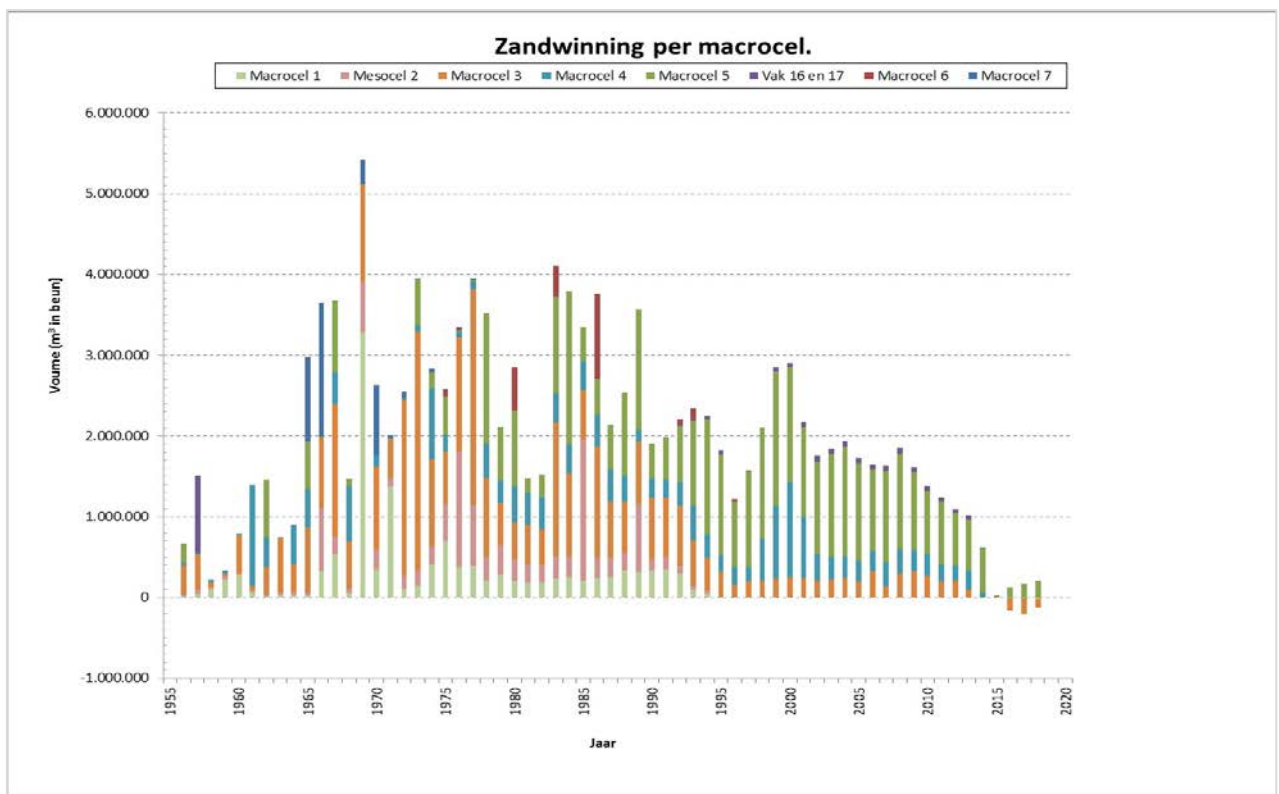
Figuur 6 Onderhoudsvolume havens vanaf 1985 (in situ)

3.4 Zandwinning

In Figuur 7 zijn de gewonnen hoeveelheden sinds 1955 weergegeven. Eind 2014 is de zandwinning in de Westerschelde gestopt. Dit conform het besluit van de VNSC om het sediment in het systeem te houden. Wel loopt momenteel een zgn. 'zandwinproef'. Hierbij wordt zand gewonnen in het oostelijk deel van de Westerschelde en een gelijke hoeveelheid gelijkwaardig sediment van buiten het systeem in het westen bij de Suikerplaat wordt teruggestort. De doelstelling van het teruggestorten is het aanleggen van laagdynamisch areaal. Om aan te tonen of dit kan worden gerealiseerd wordt monitoring uitgevoerd. Op basis van deze data zal de proef worden geëvalueerd. De hoeveelheden die zijn gewonnen en teruggestort t.b.v. deze proef zijn weergegeven in Tabel 2. De locaties van winning zijn weergegeven in Bijlage E en Bijlage F.

Tabel 2 Hoeveelheden zandwinproef

	Gewonnen (beun m ³)	Gestort (beun m ³)
2015	18.218	-
2016	131.420	157.308
2017	170.398	201.242
2018	207.240	122.120



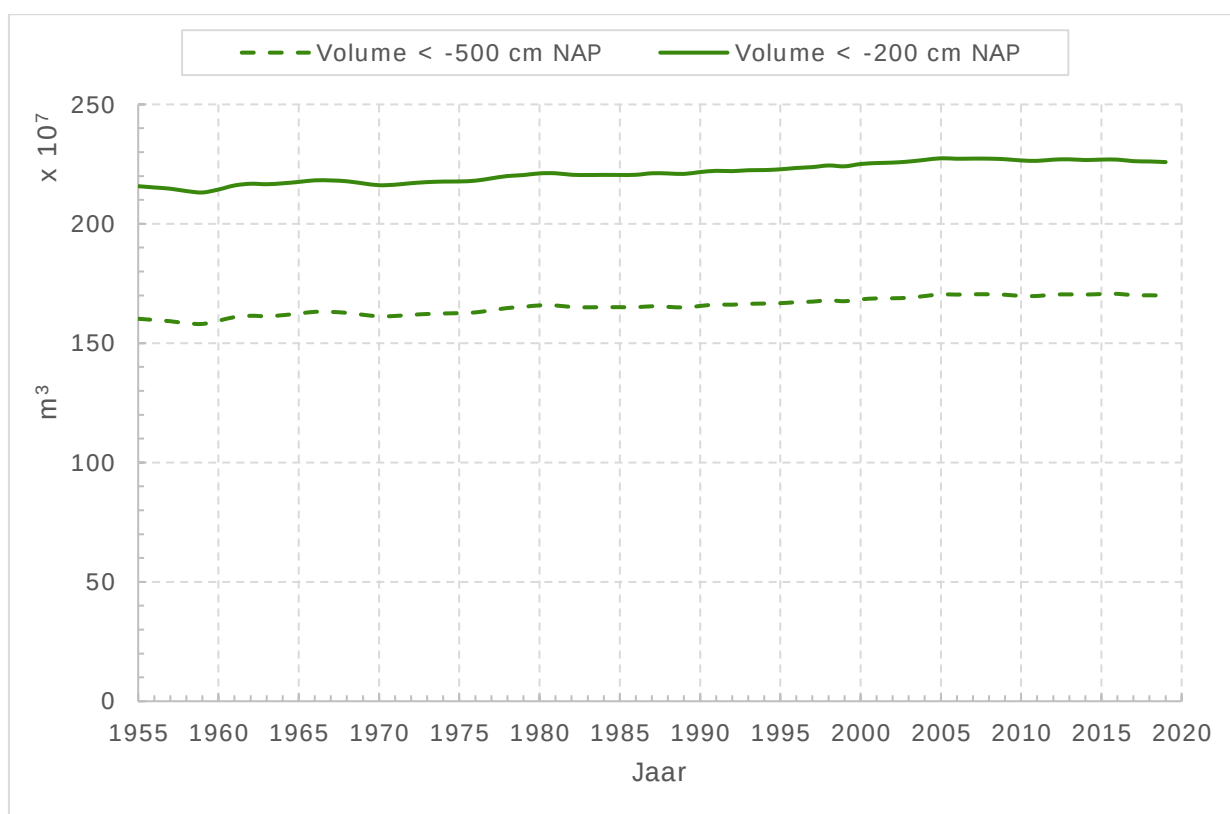
Figuur 7 Volumes zandwinning Westerschelde

4 Berekende watervolumes en arealen van de geulen

In dit hoofdstuk worden de ontwikkelingen van de watervolumes en de oppervlaktes van de hoofd- en nevengeul in de Westerschelde onder -500 cm NAP en -200 cm NAP beschreven.

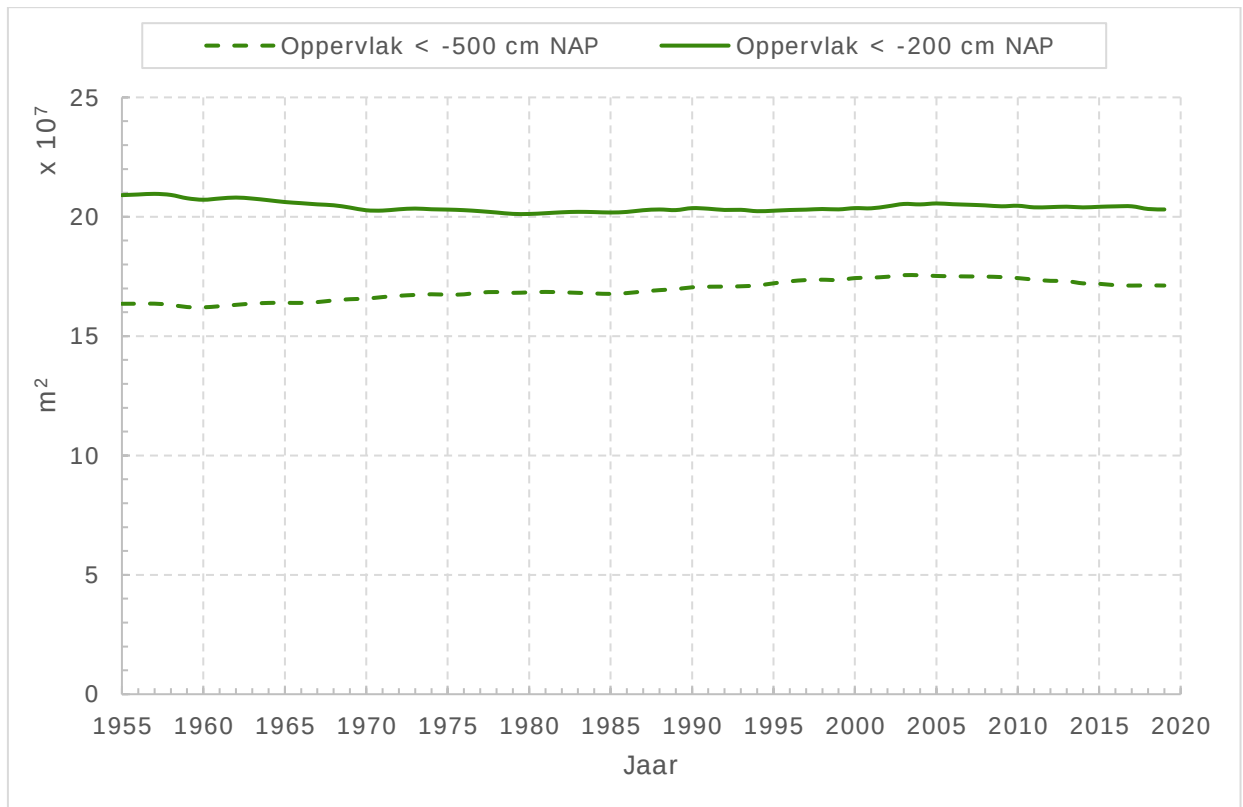
4.1 Westerschelde

In Figuur 8 zijn de veranderingen in de berekende watervolumes, in Figuur 9 de veranderingen in de berekende oppervlaktes voor de Westerschelde vanaf 1995 weergegeven.



Figuur 8 Verandering van het watervolume Westerschelde sinds 1955

Het watervolume onder beide referentievlakken vertoont vanaf 1960 een stijgende trend tot 2005. Vanaf 2005 is het watervolume onder de -500 cm NAP in de Westerschelde nagenoeg constant gebleven, het watervolume onder de -200 cm NAP is licht afgenomen.



Figuur 9 Verandering van het wateroppervlak Westerschelde sinds 1955

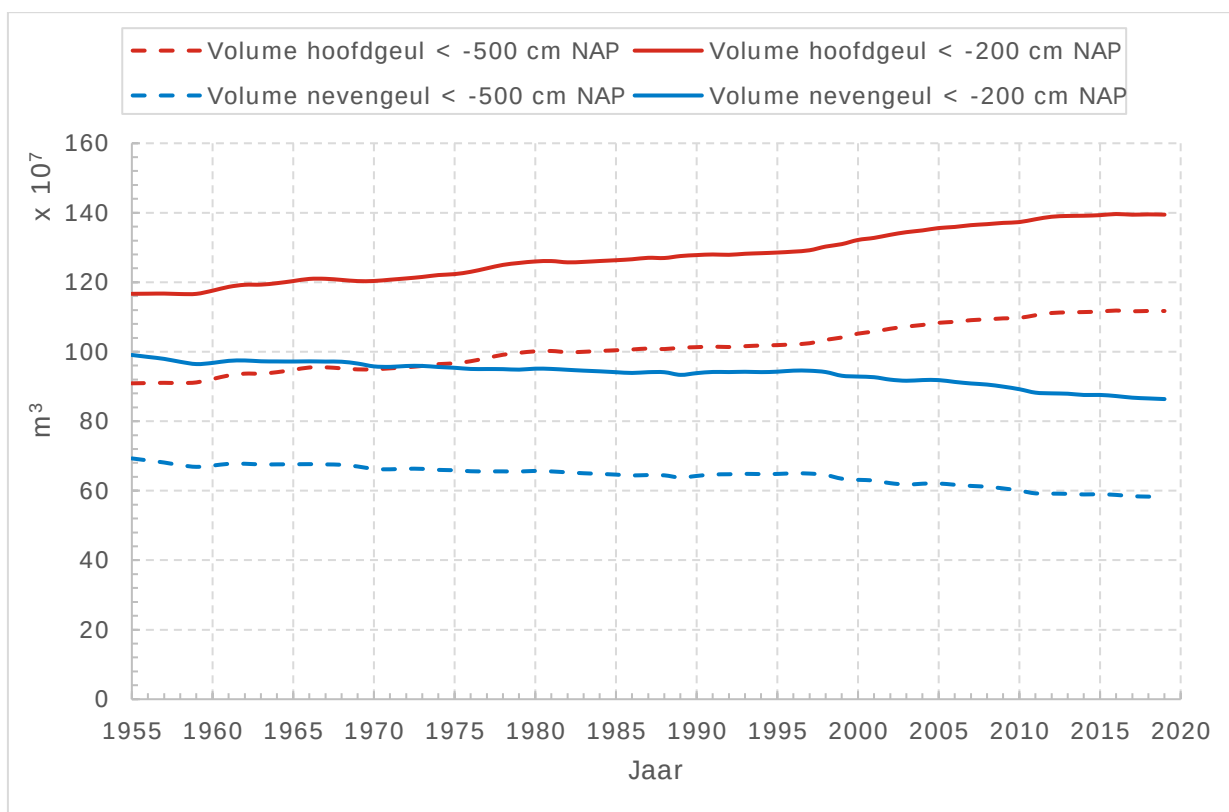
De oppervlakte van het areaal onder de -500 cm NAP heeft een stijgende trend tot 2003 en neemt daarna af tot 2016. De laatste jaren is het oppervlak onveranderd. Het oppervlak van het areaal onder de -200 cm NAP is t.o.v. 1970 nagenoeg niet veranderd.

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

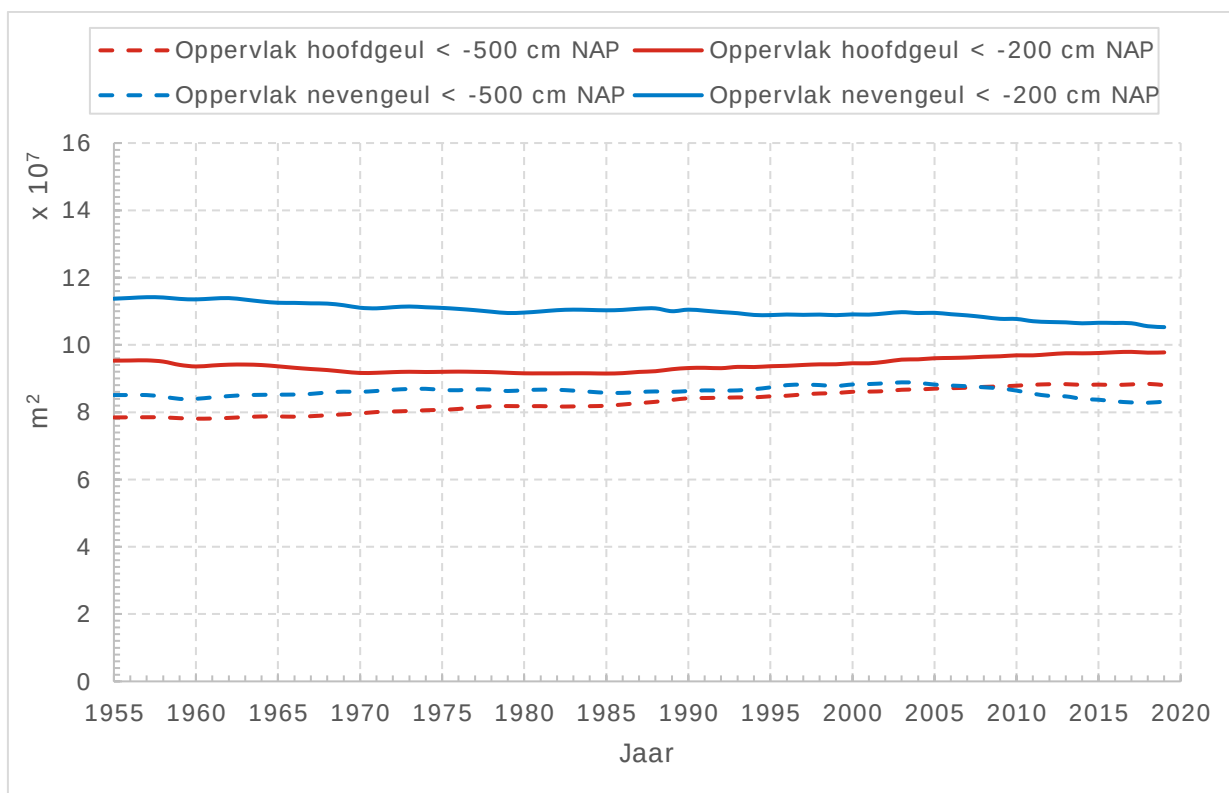
De ontwikkelingen voor het totaal van hoofd- en nevengeul in de Westerschelde is weergegeven in Figuur 10 en Figuur 11. Hierin is duidelijk te zien dat het watervolume in de hoofdgeul toeneemt, terwijl het watervolume in de nevengeulen afneemt. In alle reeksen is een trendbreuk in 1997 te zien: na dit jaar vindt een sneller toename (hoofdgeul) dan wel afname (nevengeul) plaats. Vanaf 2015 is de toename van het watervolume in de hoofdgeul gestopt.

Het oppervlak van de hoofdgeul neemt voor beide referentieniveaus toe: onder de -500 cm is dit een continu stijgende lijn, onder de -200 cm NAP neemt het toe vanaf 1985,. Het oppervlak van de nevengeulen onder de -500 cm NAP vertoont sinds 2003 een dalende trend. Vanaf 2007 is het oppervlak van de nevengeulen onder de -500 cm NAP kleiner dan dat van de hoofdgeul.

Het watervolume van de hoofdgeul is sinds 1997 aanzienlijk toegenomen. Dit ten koste van de nevengeulen. Dergelijke veranderingen hebben o.a. gevolgen voor de verdeling van het debiet in het systeem, wat op zijn beurt een aandrijvende factor is voor diverse morfologische processen. Gegeven het uitgangspunt dat de Westerschelde een meergeulensysteem is en dient te blijven, dient de ontwikkeling op het niveau van de verschillende geulen nauwlettend te worden opgevolgd. Daarnaast moet het effect van grootschalige ingrepen op deze (langjarige) ontwikkelingen beter worden begrepen.



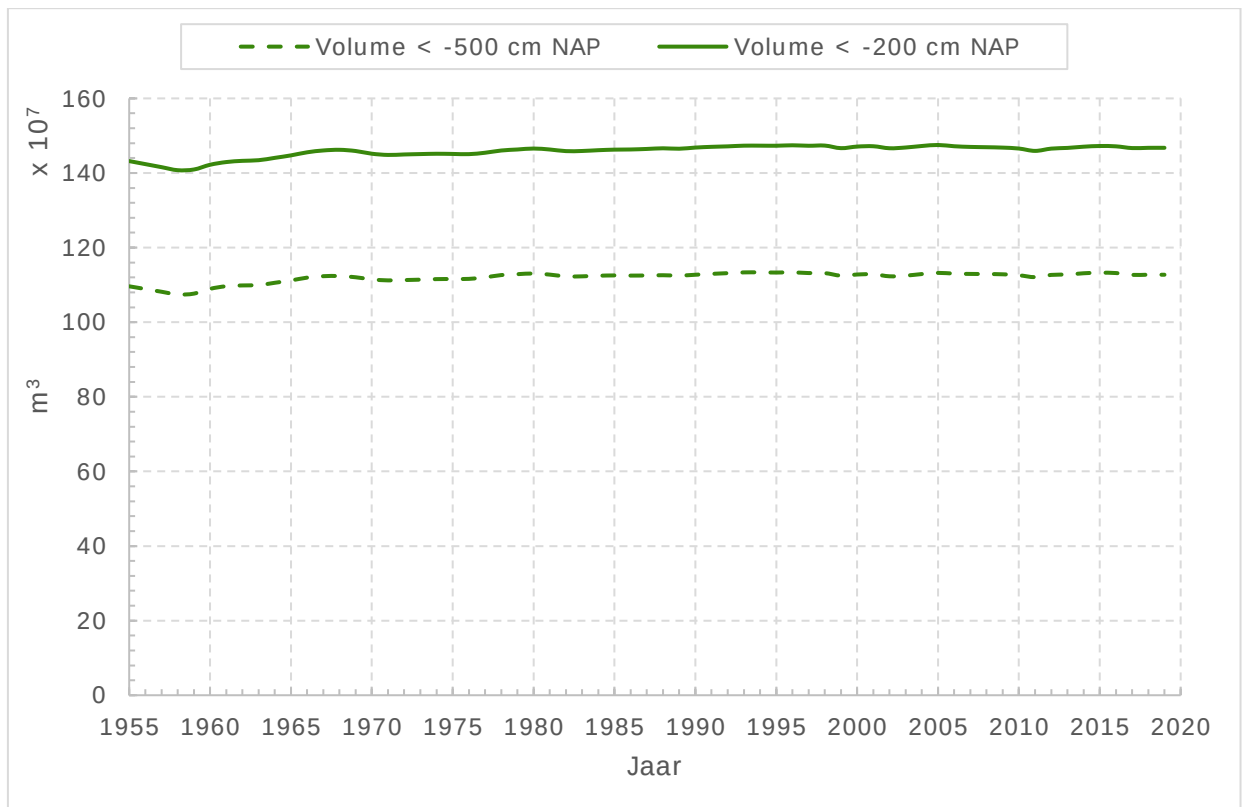
Figuur 10 Verandering van het watervolume Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul



Figuur 11 Relatieve verandering van het wateroppervlak Westerschelde sinds 1955 voor eb- en vloedgeul

4.2 Westerschelde-West

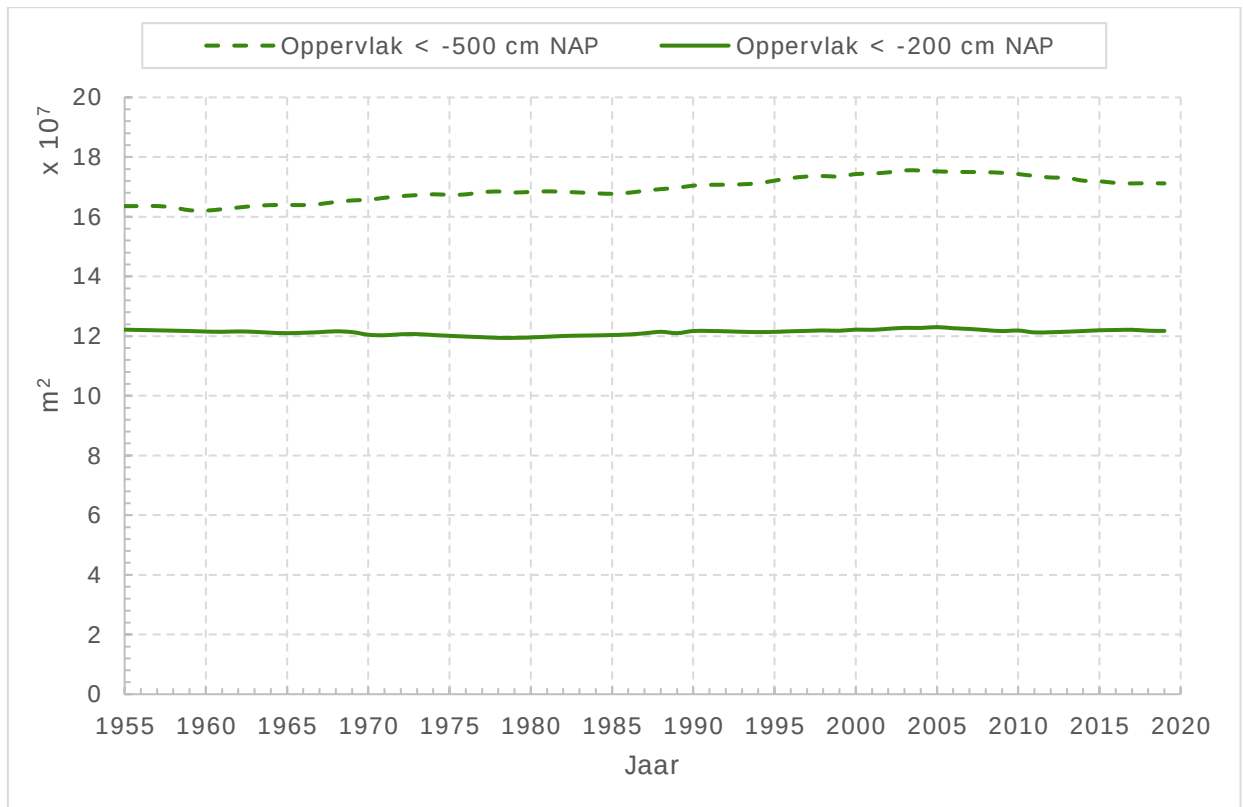
Het westelijk deel van de Westerschelde wordt gevormd door de macrocellen 1 en 3 met mesocel 2 (zie ook de kaart in Bijlage E). In Figuur 12 is te zien dat de veranderingen van het watervolume voor de beide referentievlakken t.o.v. 1955 gering zijn en gelijkaardig verlopen.



Figuur 12 Verandering van het watervolume in het westelijk deel van de Westerschelde sinds 1955

De ontwikkeling van de oppervlakte is weergegeven in Figuur 13. Te zien is dat de oppervlakte onder -200 cm NAP niet veranderd is sinds 1955. De oppervlakte onder -500 cm NAP vertoont meer verandering: een toename na 1985 tot 2005 waarna een lichte afname te zien is. Sinds 1955 is dit oppervlak met ca. 11 Mm³ toegenomen.

Door het volume door het oppervlak te delen wordt een gemiddelde diepte verkregen. De relatieve verandering in diepte sinds 1955 bedraagt -1% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +3% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.



Figuur 13 Verandering van het wateroppervlak in het westelijk deel van de Westerschelde sinds 1955

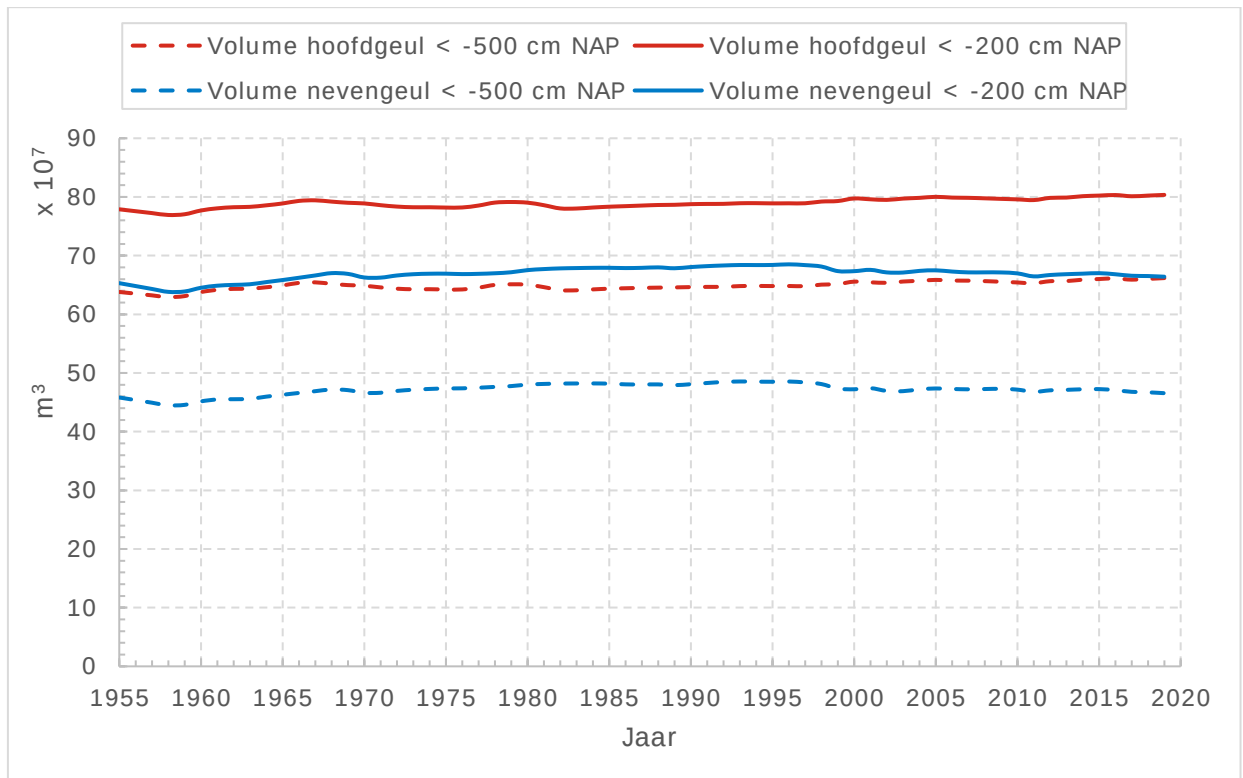
Veranderingen in hoofd- en nevengeul

Zoals te zien is in Figuur 14 vertoont het watervolume van de hoofdgeul voor beide referentievlakken een licht stijgende trend sinds 1982. De veranderingen in oppervlaktes, weergegeven in Figuur 15, zijn gering.

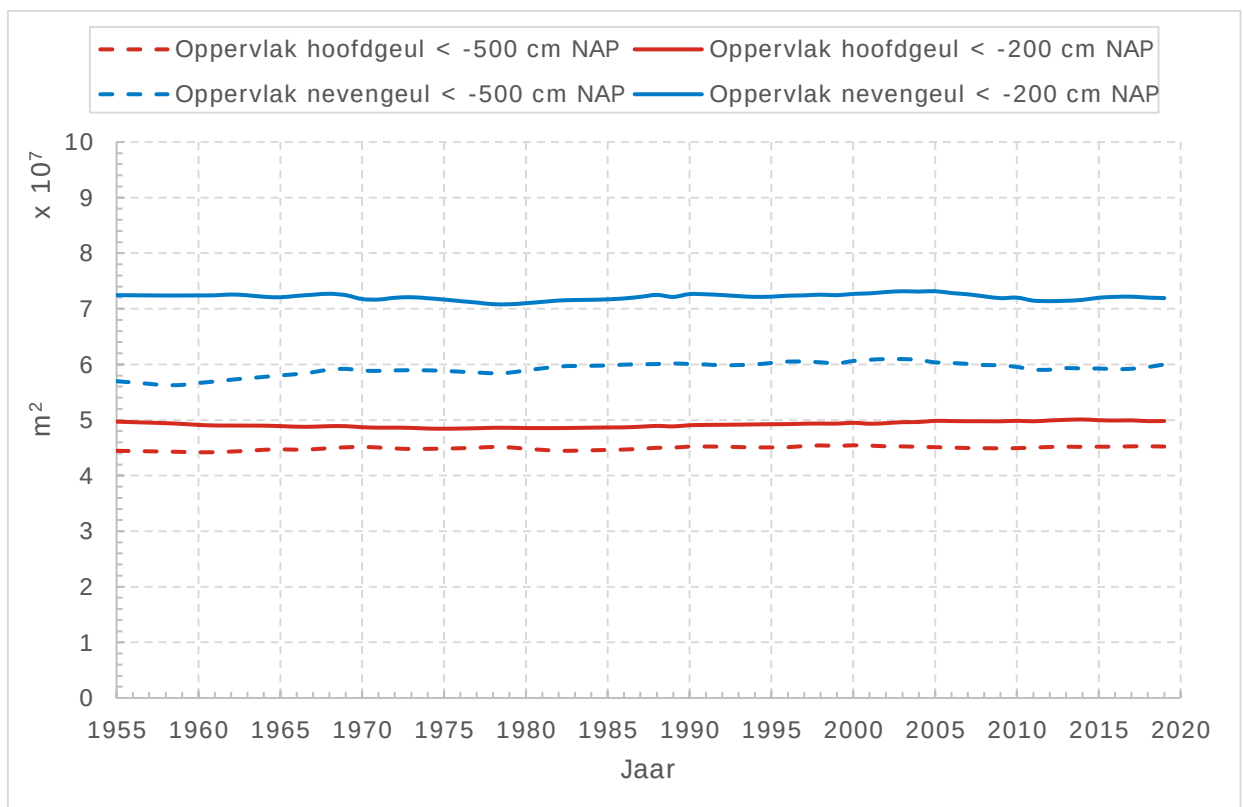
De relatieve verandering in diepte in de hoofdgeul sinds 1955 bedraagt +2% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +3% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De relatieve verandering in diepte in de nevengeul sinds 1955 bedraagt -4% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +2% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

Op het niveau van de westelijke zone zijn geen grote veranderingen te zien in de watervolumes van de hoofd- en nevengeul. Op het niveau van macrocellen zijn deze echter duidelijk zichtbaar. De grafieken van de bij de zone West behorende macrocellen zijn opgenomen in Bijlage I, Bijlage J en Bijlage K. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen toegelicht.



Figuur 14 Verandering van het watervolume in het westelijke deel van de Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul



Figuur 15 Verandering van het wateroppervlak in het westelijke deel van de Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul

4.2.1 *Macrocel 1*

De hoofdgeul in macrocel 1 is de ebdominante geul 'Honte' (Hoofdgeul) en de vloedgedomineerde 'Schaar van Spijkerplaat' (Nevengeul). Het watervolume en het wateroppervlak van de hoofdgeul t.o.v. beide referentieniveaus is nagenoeg niet veranderd sinds 1995. Het watervolume van de nevengeul t.o.v. beide referentievlakken is juist toegenomen, terwijl het oppervlak licht is afgenomen.

De relatieve verandering in diepte in de hoofdgeul sinds 1955 bedraagt -1% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +0% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De relatieve verandering in diepte in de nevengeul sinds 1955 bedraagt +9% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +16% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De diepte in de hoofdgeul is nagenoeg niet veranderd, de diepte in de nevengeul is toegenomen.

4.2.2 *Macrocel 2*

Deze macrocel wordt aangeduid als mesocel omdat slechts 1 geul aanwezig is (en dus eigenlijk geen macrocel is). Deze nevengeul wordt gevormd door het 'Vaarwater langs Hoofdplaat' en het 'Vaarwater langs Paulinapolder'. Zoals te zien is in de figuren in de bijlage vertonen zowel het watervolume als het wateroppervlak dalende trends.

De relatieve verandering in diepte in de nevengeul sinds 1955 bedraagt -37% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en -33% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP. De geul is dus sterk verondiept.

4.2.3 *Macrocel 3*

De hoofdgeul in macrocel 3 is de ebdominante geul 'Pas van Borssele' en 'Pas van Terneuzen' (Hoofdgeul) en de vloedgedomineerde 'Everingen' (Nevengeul). Het watervolume t.o.v. beide referentieniveaus is sinds 1955 licht aan het toenemen, het wateroppervlak van de hoofdgeul t.o.v. beide referentieniveaus is nagenoeg niet veranderd sinds 1995. Het watervolume van de nevengeul t.o.v. beide referentievlakken is licht toegenomen, terwijl het oppervlak licht is afgenomen.

De watervolumes in de nevengeulen vertonen een stijgende trend. Vanaf 2015 is echter een afname van het watervolume t.o.v. -500 cm NAP te zien. Het wateroppervlak t.o.v. beide referentieniveaus neemt toe.

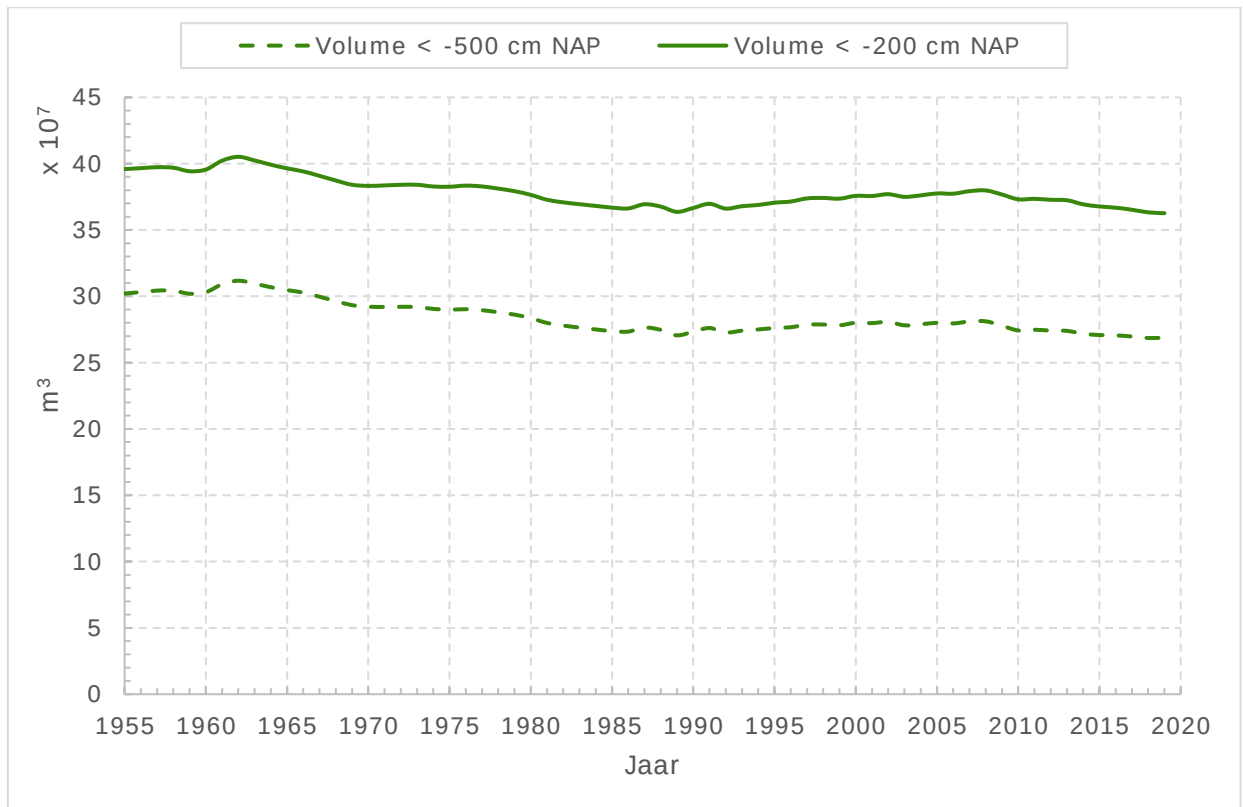
De relatieve verandering in diepte in de hoofdgeul sinds 1955 bedraagt +5% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +6% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De relatieve verandering in diepte in de nevengeul sinds 1955 bedraagt -5% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +4% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De hoofdgeul is verdiept. de diepte in de zone -500 cm NAP tot -200 cm NAP in de nevengeul is toegenomen.

4.3 **Westerschelde –Midden**

Het middelste deel van de Westerschelde wordt gevormd door macrocel 4 en het vak 16 (zie ook de kaart in Bijlage E). In Figuur 16 worden de relatieve veranderingen van het watervolume weergegeven, in Figuur 17 die van het wateroppervlak.

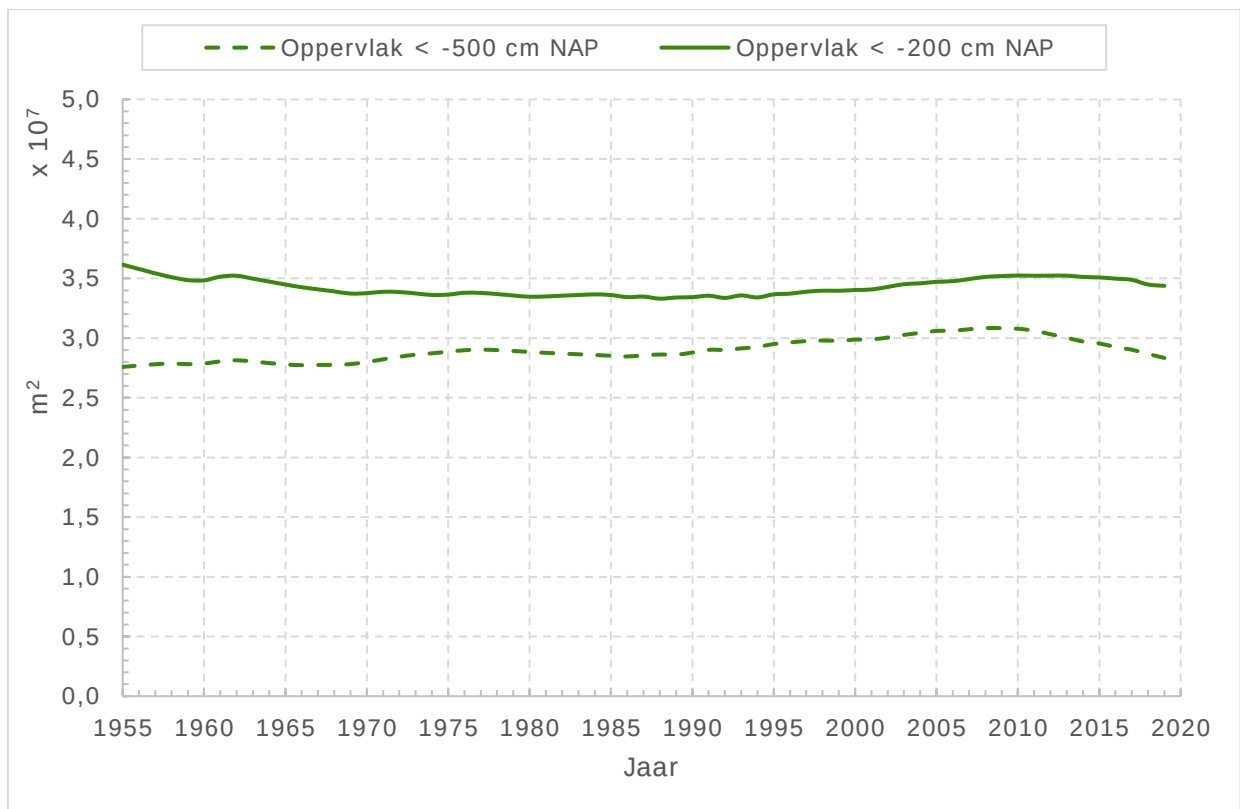


Figuur 16 Verandering van het watervolume in het midden deel van de Westerschelde sinds

T.o.v. 1995 is het watervolume voor de beide referentieniveaus afgenomen. In de periode 1992 – 2008 is een geringe toename te zien. Na 2008 neemt het watervolume weer af.

Het oppervlak t.o.v. -500 cm NAP neemt toe in de periode 1990 – 2010, maar neemt sterk af vanaf 2011. Het oppervlak onder de -200 cm NAP fluctueert in geringe mate, maar vertoont geen uitzonderlijke afwijkingen. Wel is een lichte stijging te zien in de periode 1995 – 2010.

De relatieve verandering van de diepte t.o.v. 1955 bedraagt -13% voor het watervolume onder -500 cm NAP en -4% voor het watervolume onder -200 cm NAP. Beide geulen zijn dus gemiddeld minder diep geworden. In de navolgende paragrafen worden de hoofd- en nevengeul afzonderlijk besproken.



Figuur 17 Verandering van het wateroppervlak in het midden deel van de Westerschelde sinds 1955

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

Het watervolume van de hoofdgeul (Figuur 18) vertoont voor beide referentieniveaus dezelfde ontwikkelingen vanaf 1955: een stijgende trend tot 1992, waarna in de periode 1992 – 2013 een grotere toename. Na 2013 is een lichte afname te zien.

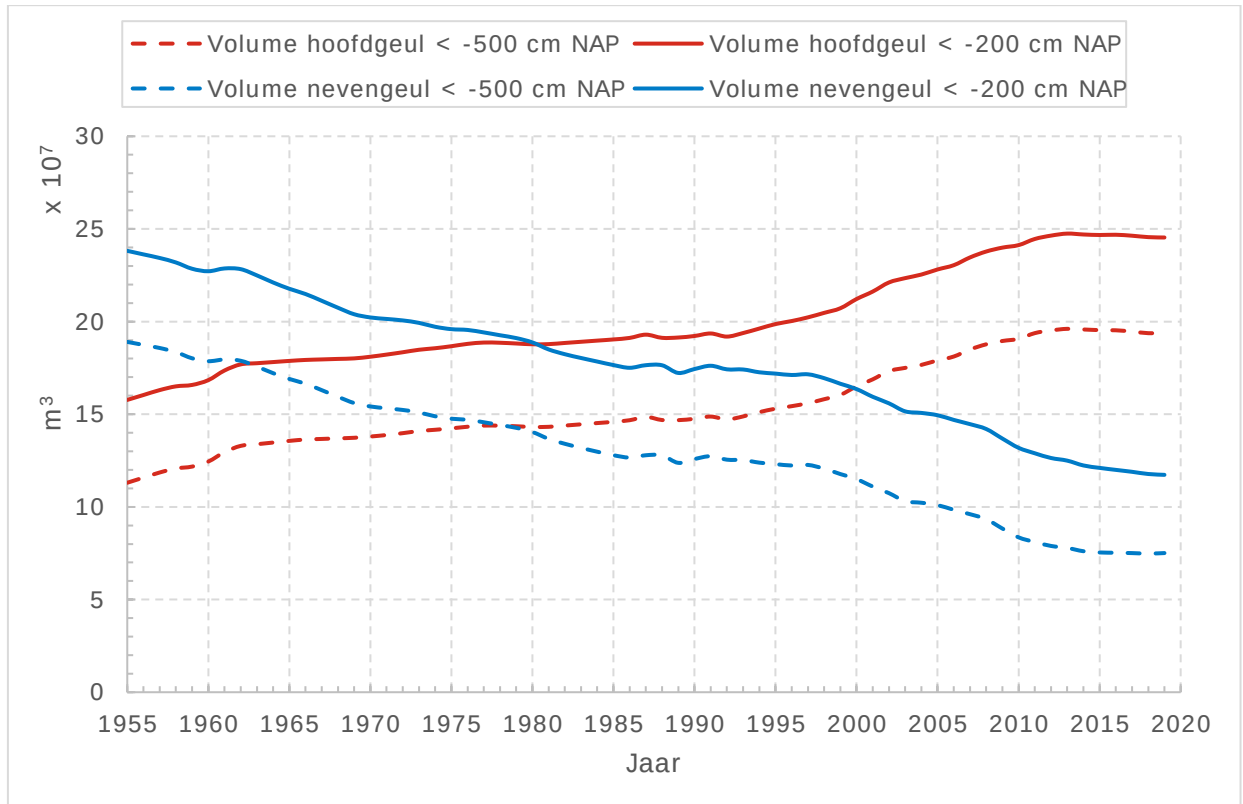
Ook het watervolume van de nevengeul laat nagenoeg dezelfde ontwikkeling zien voor beide referentieniveaus: sinds 1962 neemt het watervolume nagenoeg lineair af tot 1985. De afname is minder sterk in de periode 1986 – 1998. Na 1998 versnelt de afname weer. Na 2015 wordt de jaarlijkse afname kleiner.

Het wateroppervlak (Figuur 19) van de hoofdgeul neemt toe voor beide referentievlakken, al is de stijging voor het niveau t.o.v. -200 cm NAP pas sinds 1995 aan de gang. Het wateroppervlak van de nevengeul neemt geleidelijk af. Opmerkelijk is de grote afname in het diepere gedeelte (-500 cm NAP) vanaf 2009. Ook t.o.v. -200 cm NAP is deze afname aanwezig, echter in geringere mate. De relatie met de 3^e verruiming dient hiervoor te worden onderzocht.

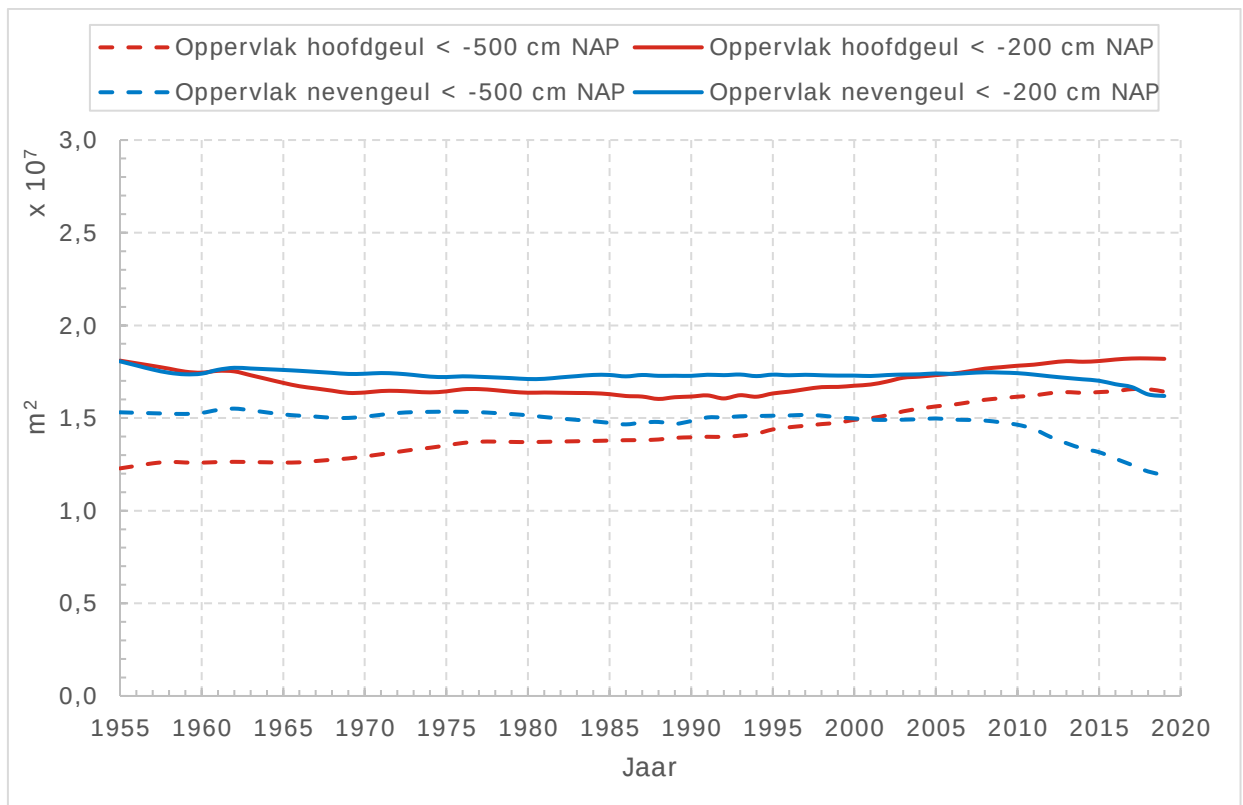
De relatieve verandering in diepte in de hoofdgeul sinds 1955 bedraagt +28% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +55% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De relatieve verandering in diepte in de nevengeul sinds 1955 bedraagt -49% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en -45% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

Op het niveau van de middelste zone zijn dus grote verandering te zien in de watervolumes van de hoofd- en nevengeul. De grafieken van de bij de zone Midden behorende macrocel en het Vak 16 zijn opgenomen in Bijlage I, Bijlage J en Bijlage K. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen toegelicht.



Figuur 18 Verandering van het watervolume in het midden deel van de Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul.



Figuur 19 Verandering van het wateroppervlak in het midden deel van de Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul

4.3.1 Macrocel 4

Macrocel 4 vertoont dezelfde ontwikkelingen als het middendeel van de Westerschelde. Dit is ook niet verwonderlijk aangezien het middendeel is opgebouwd uit macrocel 4 en het losse vak 16 (Diepe Put van Hansweert). De hoofdgeul in macrocel 4 is de vloeddominante geul 'Inloop en Gat van Ossensisse', de nevengeul is het ebgedomineerde 'Middelgat'

De relatieve verandering in diepte sinds 1955 bedraagt -16% voor het referentievlak -500 cm NAP en -6% voor het referentievlak -200 cm NAP. Gemiddeld is de macrocel dus ondieper geworden.

De relatieve verandering in diepte in de hoofdgeul sinds 1955 bedraagt +37% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en +68% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP.

De relatieve verandering in diepte in de nevengeul sinds 1955 bedraagt -49% voor het referentievlak t.o.v. -500 cm NAP en -45% voor het referentievlak t.o.v. -200 cm NAP (omdat vak16 enkel een hoofdgeul is, zijn deze waarden gelijk aan die van het deel Midden).

4.3.2 Vak 16

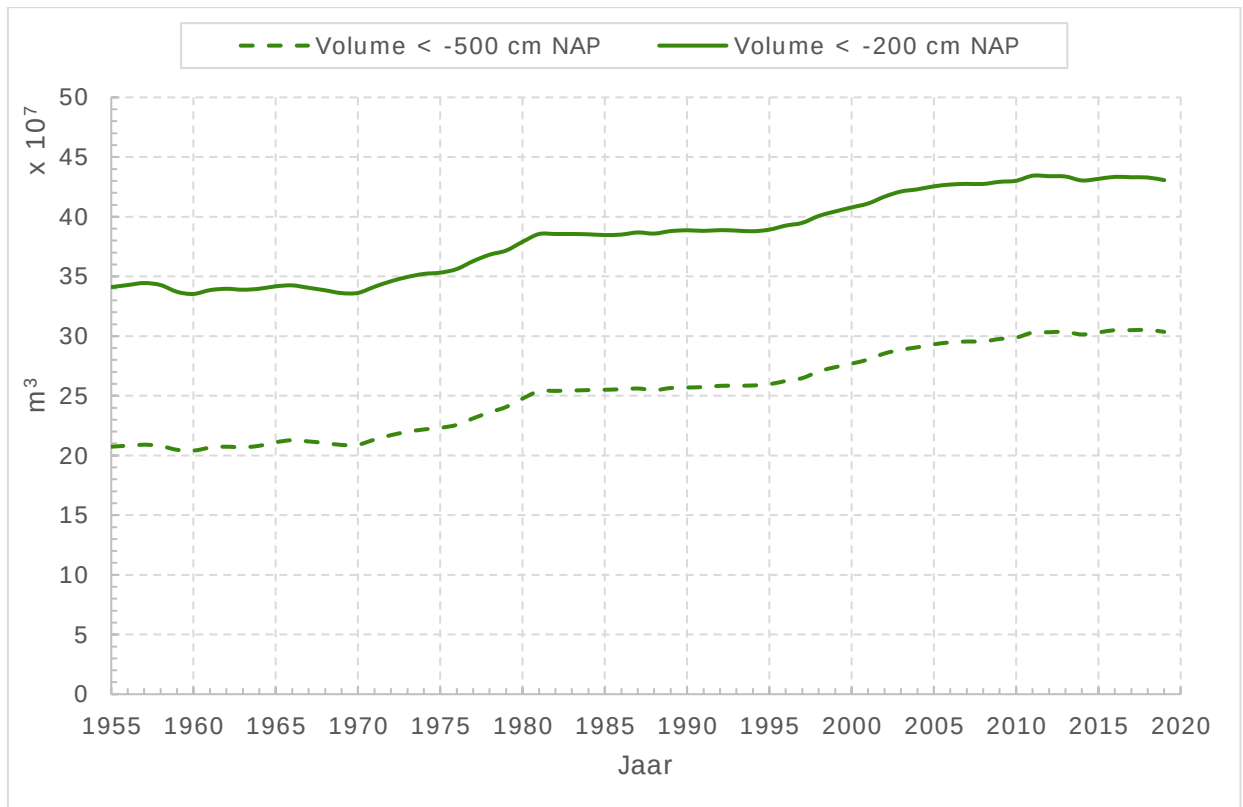
In Vak 16 ligt de 'Diepe Put van Hansweert', met een maximale diepte van 35 meter t.o.v. NAP. Sinds 2016 worden zgn. 'proefstortingen' in deze put uitgevoerd. Tot 2013 is een stijging in het watervolume t.o.v. beide referentieniveaus te zien. T.o.v. beide referentieniveaus neemt het na 2013 af, waarbij na 2016 een sterkere afname te zien is.

Het wateroppervlak t.o.v. beide referentieniveaus neemt sinds 1995 toe, vanaf 2015 is voor het wateroppervlak t.o.v. -500 cm NAP een grotere toename te zien.

Het oorzakelijk verband tussen de veranderingen in watervolume en –oppervlak en de uitgevoerde stortingen dient nader te worden onderzocht, evenals de mogelijke veranderingen die optreden bij continuering van storten op deze locatie.

4.4 Westerschelde – Oost

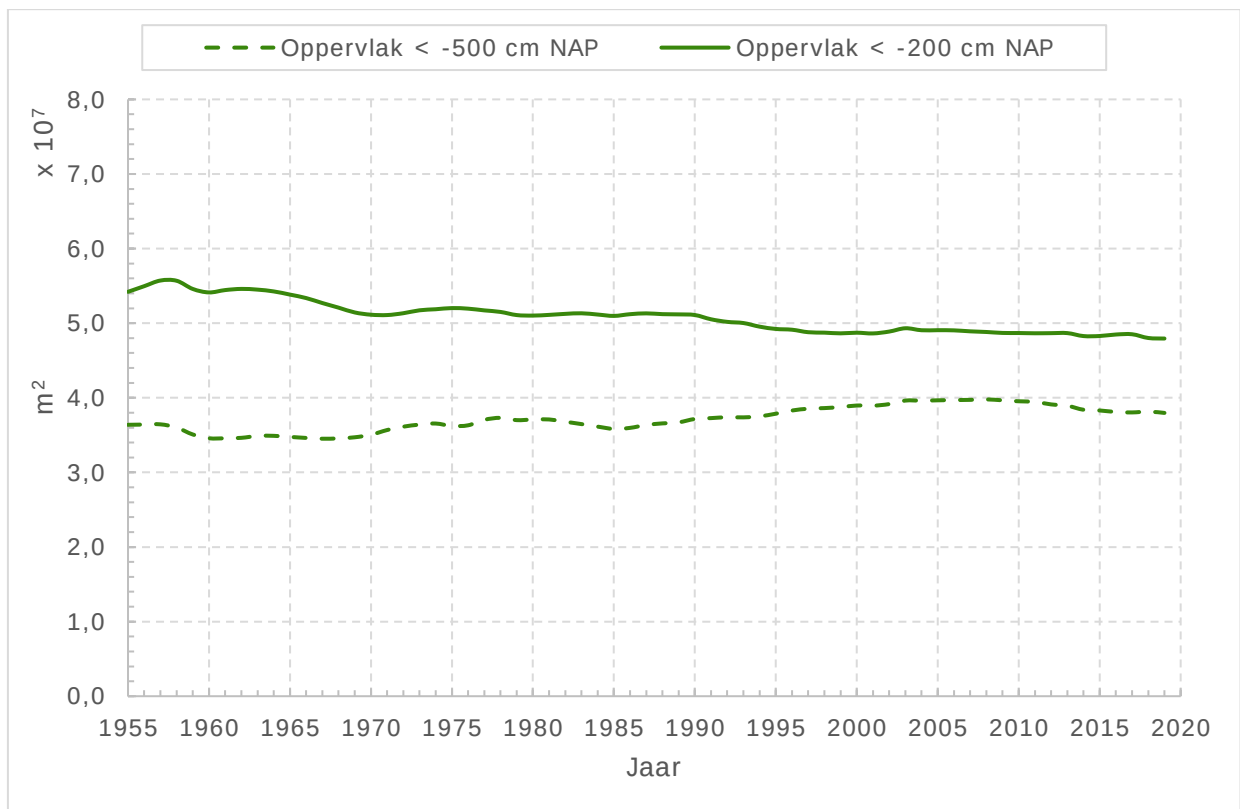
Het oostelijk deel van de Westerschelde wordt gevormd door macrocellen 5, 6, 7 en Vak 17: Plaat van Ossensisse (zie ook de kaart in Bijlage E). In Figuur 20 is de relatieve ontwikkeling van het watervolume sinds 1955 weergegeven. Duidelijk zijn de toenames van het watervolume t.o.v. beide referentievlakken te zien in de periode 1970 – 1981 (1^e verruiming) en 1995 – 2010 (2^e verruiming). Na 2010 (3^e verruiming) is echter geen toename van het watervolume te zien.



Figuur 20 Verandering van het watervolume in het oostelijk deel van de Westerschelde sinds 1955

In Figuur 21 is de relatieve verandering van het oppervlak weergegeven. Het wateroppervlak t.o.v. -500 cm NAP neemt langzaam af sinds 1975. Het wateroppervlak t.o.v. -200 cm NAP nam langzaam toe tot 2006. De jaren erna neemt ook dit langzaam af.

De relatieve verandering van de diepte t.o.v. 1955 bedraagt +40% voor het watervolume onder -500 cm NAP en +44% voor het watervolume onder -200 cm NAP. Het oostelijk deel is dus dieper geworden. In de navolgende paragrafen worden de hoofd- en nevengeul afzonderlijk besproken.



Figuur 21 Verandering van het wateroppervlak in het oostelijk deel van de Westerschelde sinds 1955

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

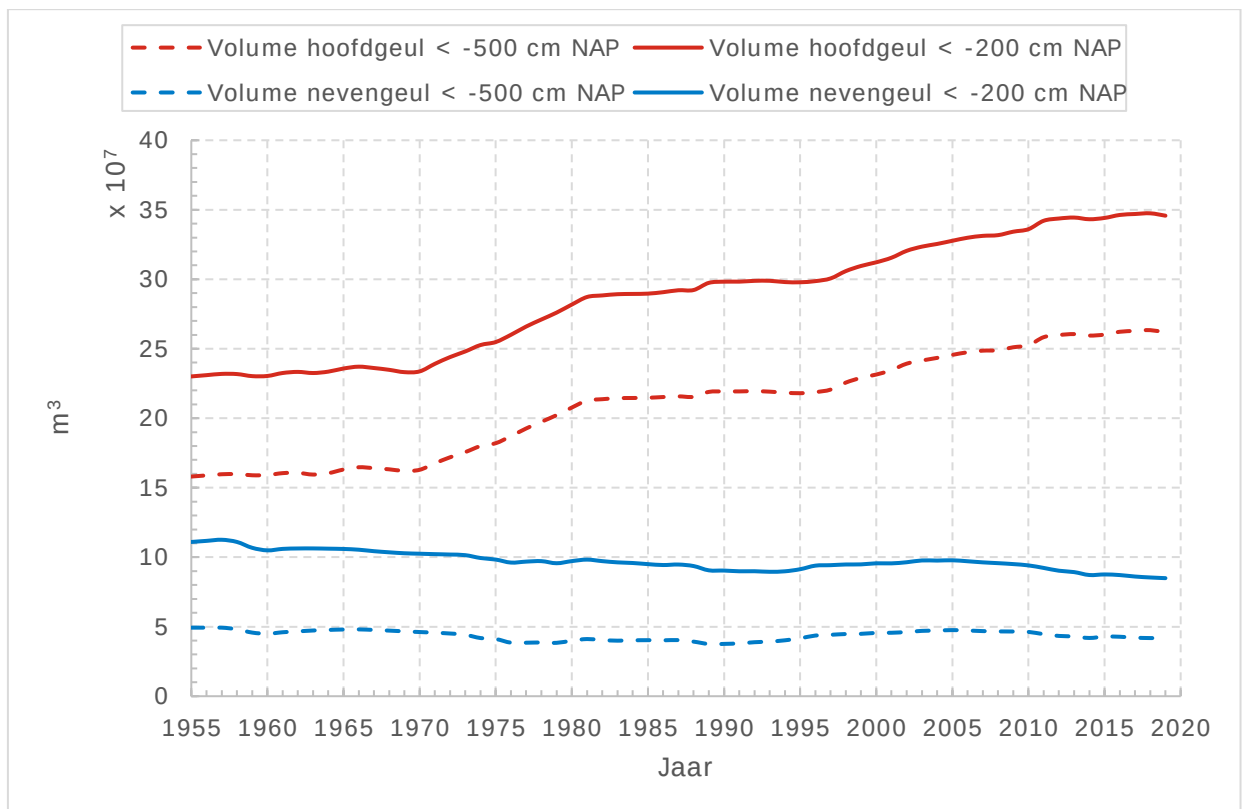
Het watervolume van de hoofdgeul vertoont een grote toename in de periodes 1970 – 1981 en 1996 -2009 (1^e en 2^e verruiming). Ook het effect van de 3^e verruiming is te zien in de periode 2010-2011. Het watervolume van de nevengeul onder -500 cm NAP is nagenoeg constant sinds 1955, het watervolume onder -200 cm NAP neemt echter gestaag af.

Het wateroppervlak van de hoofdgeul op -500 cm NAP neemt toe vanaf 1970 tot 2010. Na 2010 neemt dit langzaam af. Het wateroppervlak op -200 cm NAP neemt sinds 1990 toe. Te zien is dat het verschil in oppervlak tussen beide referentieniveaus kleiner wordt. Dit betekent een afname van het oppervlak van de zone tussen -200 cm en -500 cm NAP in de hoofdgeul.

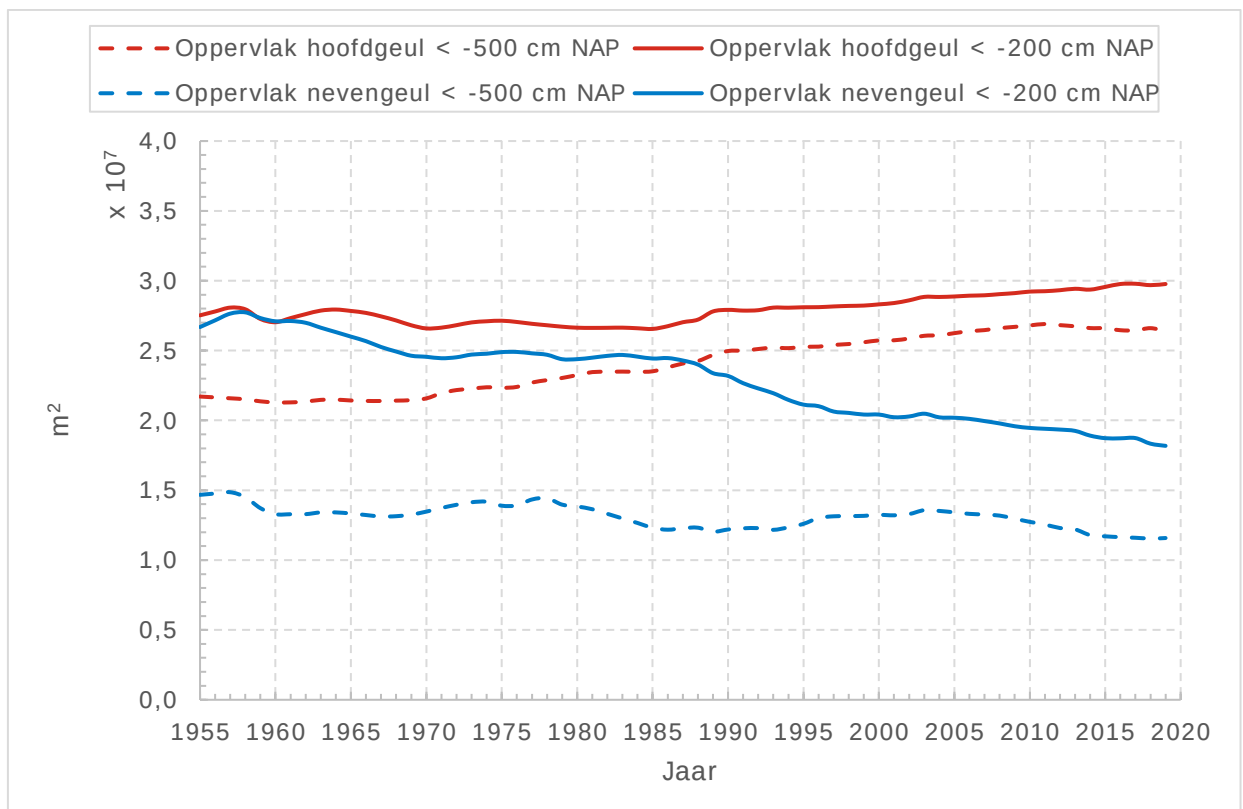
In de nevengeul neemt het wateroppervlak om -500 cm NAP af. Het wateroppervlak op -200 cm NAP neemt sterk af na 1981. Het verschil tussen het oppervlak op beide referentievlakken neemt na 1985 af.

De gemiddelde diepte in de hoofdgeul is sinds 1995 toegenomen met +36% voor het referentievlak -500 cm NAP en +39% voor het referentievlak -200 cm NAP.

De gemiddelde diepte in de nevengeul is sinds 1995 toegenomen met +7% voor het referentievlak -500 cm NAP en +12% voor het referentievlak -200 cm NAP.



Figuur 22 Verandering van het watervolume in het oostelijk deel van de Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul



Figuur 23 Verandering van het wateroppervlak in het oostelijk deel van de Westerschelde sinds 1955 voor hoofd- en nevengeul

In de oostelijke zone zijn grote veranderingen te zien in de watervolumes van de hoofdgeul en in mindere mate in de nevengeul. De grafieken van de bij de zone Oost behorende macrocellen 5, 6, 7 en het Vak 17 zijn opgenomen in Bijlage M, Bijlage N, Bijlage O, en Bijlage Q. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen toegelicht.

4.4.1 *Macrocel 5*

Macrocel 5 wordt gevormd door het ebgedomineerde 'Zuidergat' en 'Overloop van Valkenisse' (Hoofdgeul) en de vloedgedomineerde 'Schaar van Waarde' en 'Schaar van Valkenisse' (Nevengeul).

Het watervolume van de hoofdgeul vertoont een grote toename in de periodes 1970 – 1985 en 1996 – 2013. Het watervolume van de nevengeul onder -500 cm NAP is nagenoeg constant in de periode 1980 – 2010. Na 2010 is een afname zichtbaar. Het watervolume onder -200 cm NAP neemt echter gestaag af, waarbij diverse knikpunten in de reeks te onderscheiden zijn.

Het wateroppervlak van de hoofdgeul op -500 cm NAP neemt toe vanaf 1970 tot 2010. Na 2010 neemt dit langzaam af. Het wateroppervlak op -200 cm NAP neemt sinds 1990 toe. Te zien is dat het verschil in oppervlak tussen beide referentieniveaus kleiner wordt. Dit betekent een afname van het oppervlak van de zone tussen -200 cm en -500 cm NAP in de hoofdgeul.

In de nevengeul neemt het wateroppervlak om -500 cm NAP af. Het wateroppervlak op -200 cm NAP neemt sterk af na 1988. Het verschil tussen het oppervlak op beide referentievlakken wordt kleiner.

Tot 1988 neemt het verschil in het oppervlak op -200 cm NAP voor hoofdgeul en nevengeul beperkt toe. Na 1988 neemt dit verschil snel toe door de toename van het oppervlak van de hoofdgeul en de afname van het oppervlak van de nevengeul.

De gemiddelde diepte in macrocel 5 is t.o.v. het referentievlak -500 cm NAP toegenomen met +34%, de toename t.o.v. het referentievlak -200 NAP bedraagt +34%.

De gemiddelde diepte in de hoofdgeul is sinds 1995 toegenomen met +24% voor het referentievlak -500 cm NAP en +34% voor het referentievlak -200 cm NAP.

De gemiddelde diepte in de nevengeul is sinds 1995 toegenomen met +7% voor het referentievlak -500 cm NAP en +0% voor het referentievlak -200 cm NAP.

4.4.2 *Macrocel 6*

Macrocel 6 wordt gevormd door de ebgedomineerde 'Overloop van Valkenisse' en 'Nauw van Bath' (Hoofdgeul) en de vloedgedomineerde 'Schaar van de Noord' (Nevengeul).

Het watervolume t.o.v. beide referentievlakken neemt gestaag toe. Dit geldt voor de macrocel maar ook voor de hoofdgeul en de nevengeul. Ook het wateroppervlak op -500 cm heeft een stijgende trend. Het wateroppervlak op -200 cm NAP neemt in de periode 1981 – 2001 af, maar is na 2001 weer stijgend.

De gemiddelde diepte t.o.v. het referentievlak -500 cm NAP is toegenomen met +29%, de toename t.o.v. het referentievlak -200 NAP bedraagt +63%.

De gemiddelde diepte in de hoofdgeul is sinds 1995 toegenomen met +43% voor het referentievlak -500 cm NAP en +38% voor het referentievlak -200 cm NAP.

De gemiddelde diepte in de nevengeul is sinds 1995 toegenomen met +104% voor het referentievlak -500 cm NAP en +215% voor het referentievlak -200 cm NAP.

4.4.3 Macrocel 7

Macrocel 7 wordt gevormd door de ebgedomineerde 'Pas van Rilland' en 'Schaar van Ouden Doel' (Hoofdgeul) en de vloedgedomineerde 'Appelzak' (Nevengeul).

Het watervolume van de hoofdgeul vertoont een grote toename in de periode 1970 – 1981. Na 1985 neemt het gestaag toe t.o.v. beide referentievlakken. Het wateroppervlak op beide referentieniveaus vertoont een stijgende trend tot 2004. Vanaf 2004 is dit op beide referentieniveaus nagenoeg constant.

De gemiddelde diepte t.o.v. het referentievlak -500 cm NAP is toegenomen met +29%, de toename t.o.v. het referentievlak -200 NAP bedraagt +63%.

Worden de afzonderlijke geulen bekeken, dan is te zien dat in de ontwikkeling van het watervolume van de hoofdgeul t.o.v. de beide referentieniveaus het effect van de verschillende verruimingen zichtbaar zijn. Het wateroppervlak van de nevengeul neemt t.o.v. beide referentieniveaus toe tot 1998, daarna is het nagenoeg constant.

Het wateroppervlak van de hoofdgeul verandert nagenoeg niet op beide referentieniveaus. Het wateroppervlak van de nevengeul neemt toe voor beide referentieniveaus tot 1995, maar verandert daarna nagenoeg niet.

De gemiddelde diepte in de hoofdgeul is sinds 1995 toegenomen met +90% voor het referentievlak -500 cm NAP en +63% voor het referentievlak -200 cm NAP.

De gemiddelde diepte in de nevengeul is sinds 1995 toegenomen met +83% voor het referentievlak -500 cm NAP en +59% voor het referentievlak -200 cm NAP.

4.4.4 Vak 17

Vak 17 omvat de 'Plaat van Ossensisse' en de geul 'Schaar van Ossensisse'.

Het watervolume t.o.v. het referentieniveaus -500 cm NAP vertoont een sterke daling in de periode 1988 – 1990. Het watervolume t.o.v. het referentieniveaus -200 cm NAP vertoont een nog sterkere daling in de periode 1985 – 1999. Voor beide referentieniveaus neemt na de sterke daling het watervolume gestaag af.

Het wateroppervlak op -500 cm NAP neemt af sinds 1974. Deze afname zet zich in mindere mate voort na 1995. Het wateroppervlak op -200 cm NAP neemt na een afname toe in de periode 1970 – 1985. Na 1985 volgt een sterke afname die zich na 1999 minder sterk voortzet.

De gemiddelde diepte is sinds 1995 afgenomen met 17% voor het referentievlak -500 cm NAP en afgenomen met 27% voor het referentievlak -200 cm NAP.

5 Berekende volumes en arealen van het ondiep sublitoraal

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van het areaal tussen -500 cm NAP en -200 cm NAP (het ondiep sublitoraal) beschreven. Dit areaal wordt als volgt berekend uit de gegevens van de zandbalans:

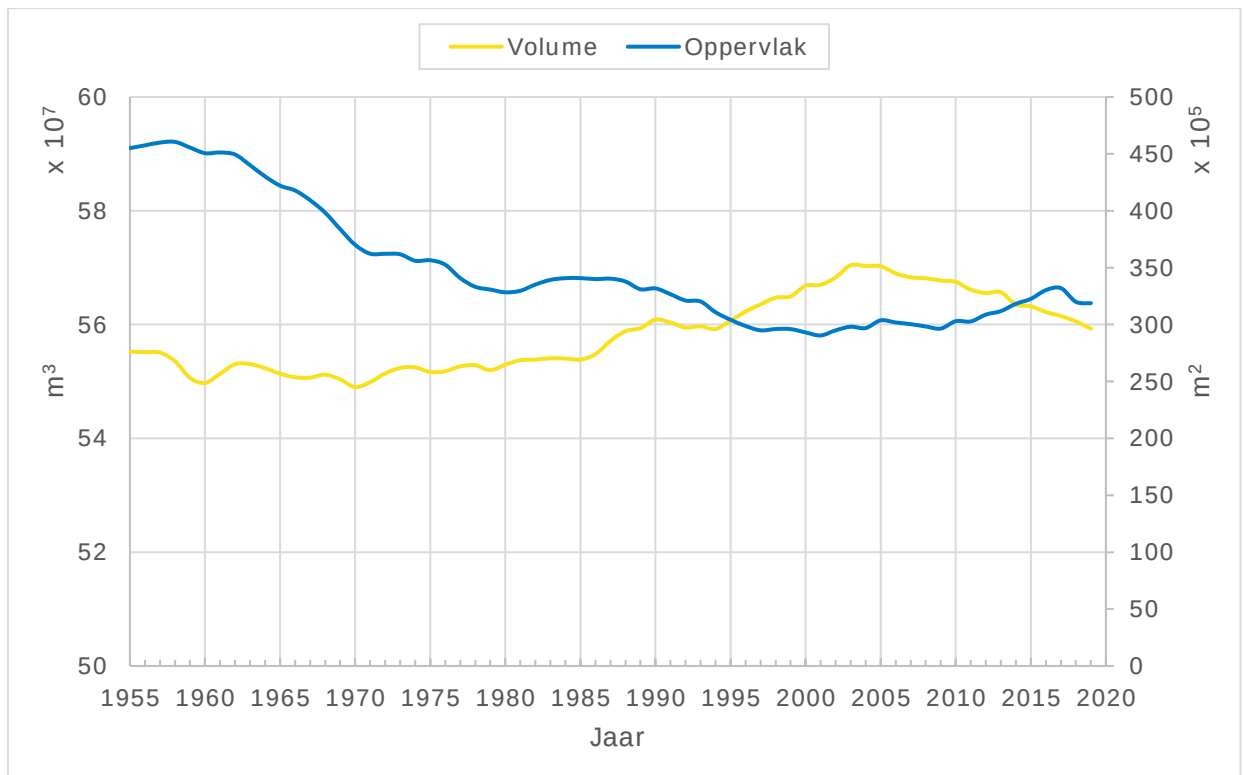
$$V_{-200 - -500} = V_{<-200} - V_{<-500} [m^3]$$

$$A_{-200 - -500} = A_{<-200} - A_{<-500} [m^2]$$

De getoonde trendreeksen zijn dus de verandering in het watervolume en het (water)oppervlak.

5.1 Westerschelde

In onderstaande figuren zijn de ontwikkelingen weergegeven voor de gehele Westerschelde voor het ondiep sublitoraal.



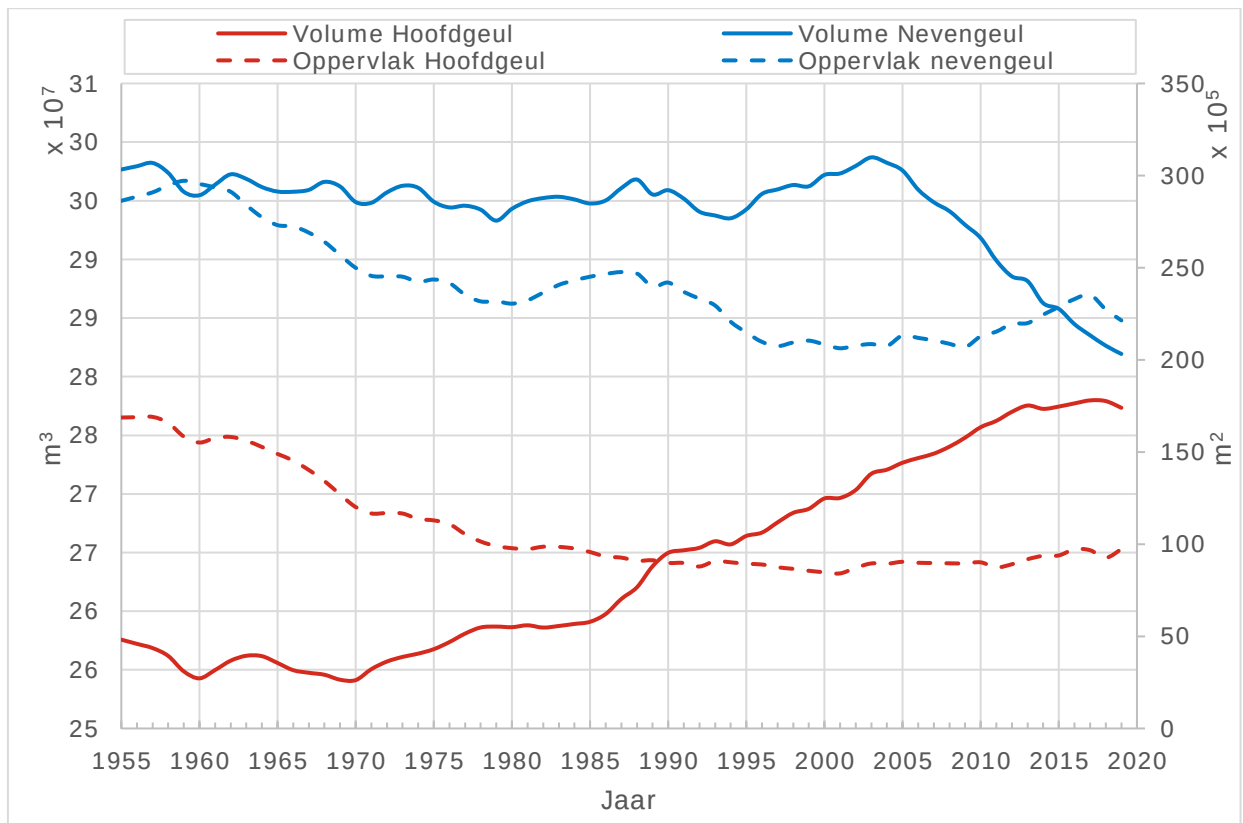
Figuur 24 Ontwikkeling van het ondiep sublitoraal

Uit de figuur is af te lezen dat het watervolume van het ondiep sublitoraal beperkt is gewijzigd sinds 1955. Het oppervlak van de zone heeft een afnemende trend tot 2005 en is in de periode 2011 – 2017 toegenomen. Momenteel is het oppervlak 70% van het oppervlak in 1955.

De berekende diepte op basis van het volume en het oppervlak is in 2018 toegenomen met 44% t.o.v. 1955. Deze verdieping wordt grotendeels veroorzaakt door versteiling omdat het volume nauwelijks veranderd.

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

In Figuur 25 is de ontwikkeling van het watervolume en het oppervlak voor hoofd- en nevengeul weergegeven. In deze grafiek is te zien dat voor beide geulen het oppervlak afneemt, terwijl het watervolume in de hoofdgeul sinds 1970 toeneemt en in de nevengeul afneemt sinds 2003.



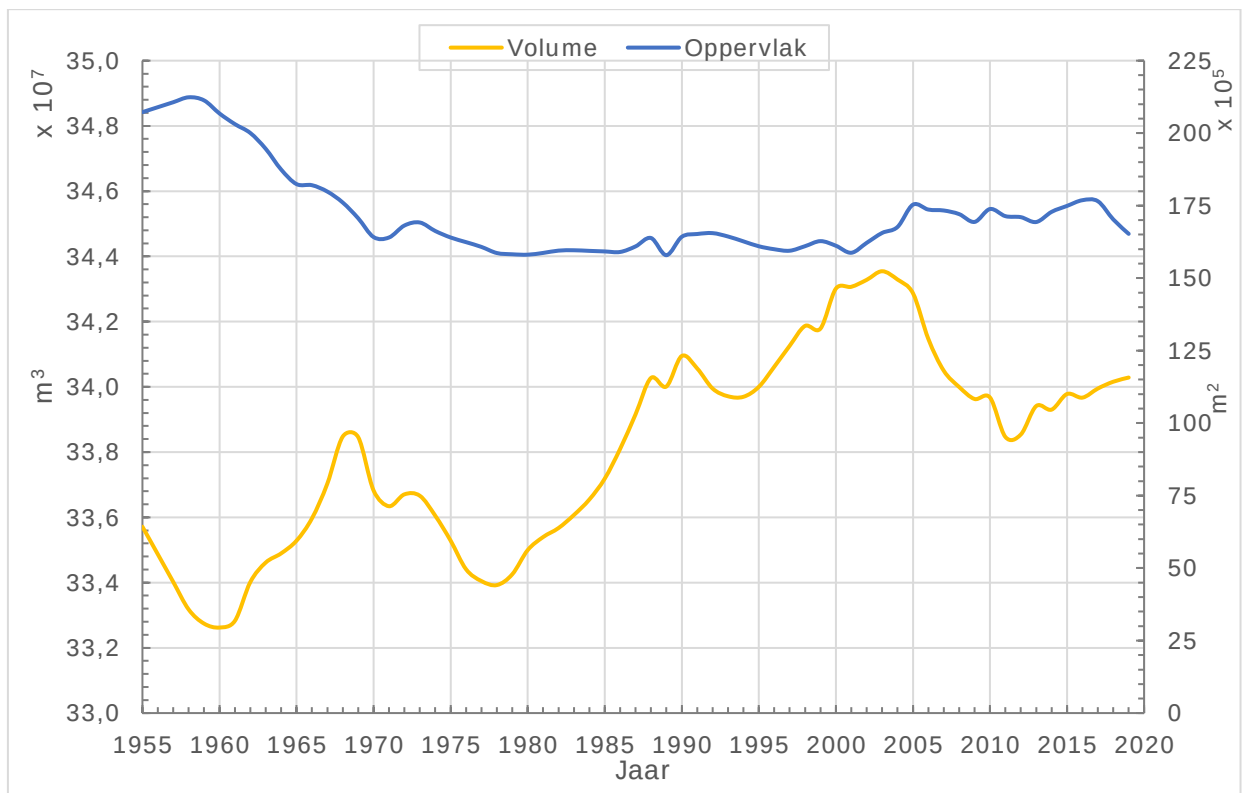
Figuur 25 Ontwikkeling van het watervolume en het oppervlak van het ondiep sublitoraal in de Westerschelde

Verandering in gemiddelde diepte

De gemiddelde toename in diepte voor het ondiep sublitoraal bedraagt voor de gehele Westerschelde 44% t.o.v. 1955. Voor de hoofdgeul bedraagt dit 87%, voor de nevengeul 22%.

5.2 Westerschelde-West

In Figuur 27 is de ontwikkeling van het watervolume en het oppervlak van het ondiep sublitoraal in het westelijk deel van de Westerschelde weergegeven. Het watervolume is nauwelijks veranderd sinds 1955, het wateroppervlak is in de periode 1959 – 1970 sterk afgenomen. Het oppervlak veranderd in de periode 1970 – 2001 nagenoeg niet, na 2001 neemt het licht toe. Sinds 2017 is weer een beperkte afname te zien.



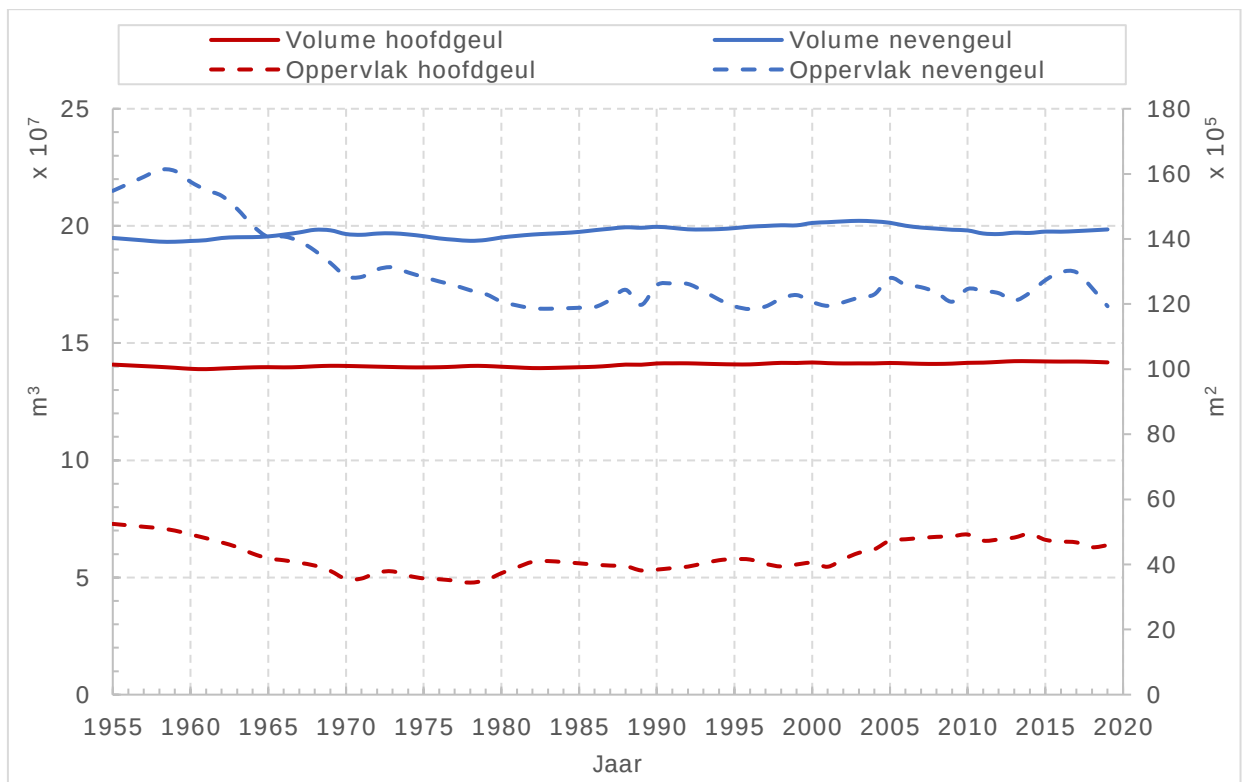
Figuur 26 Ontwikkeling van het ondiep sublitoraal in het westelijk deel van de Westerschelde

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

In Figuur 28 is het watervolumes en –oppervlak weergegeven voor hoofd- en nevengeul. Het watervolume blijft voor beide geulen nagenoeg genoeg blijft. Te zien is dat de afname van het oppervlak in deze zone in de nevengeul plaats vindt. Veranderingen in oppervlak van de hoofdgeul zijn zichtbaar, maar deze zijn beperkt in grootte.

Verandering in gemiddelde diepte

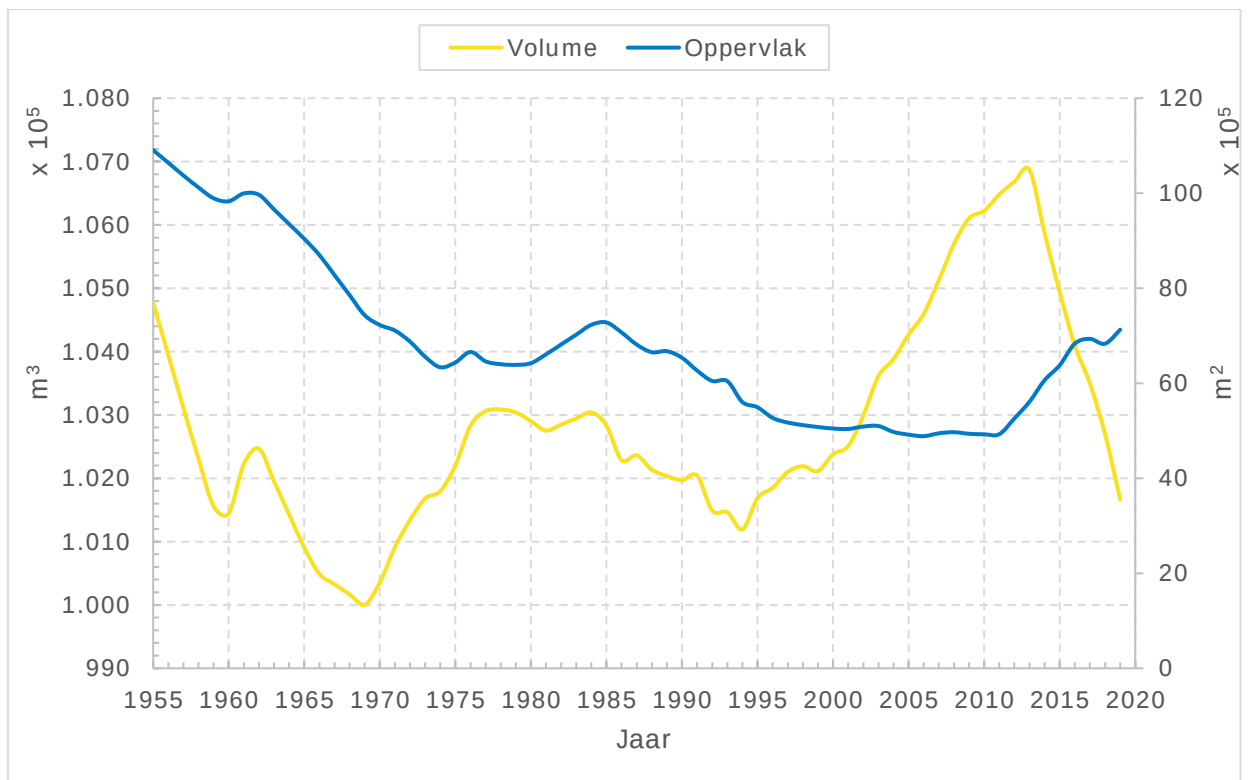
De toename in waterdiepte in deze zone treedt zowel in de hoofdgeul als in de nevengeul op. De gemiddelde toename in diepte voor het ondiep sublitoraal bedraagt voor het westelijk deel van de Westerschelde 27% t.o.v. 1955. Voor de hoofdgeul is dit 15%, voor de nevengeul 32%.



Figuur 27 Ontwikkeling van het watervolume en het oppervlak van het ondiep sublitoraal in het westelijk deel van de Westerschelde voor hoofd- en nevengeul

5.3 Westerschelde-Midden

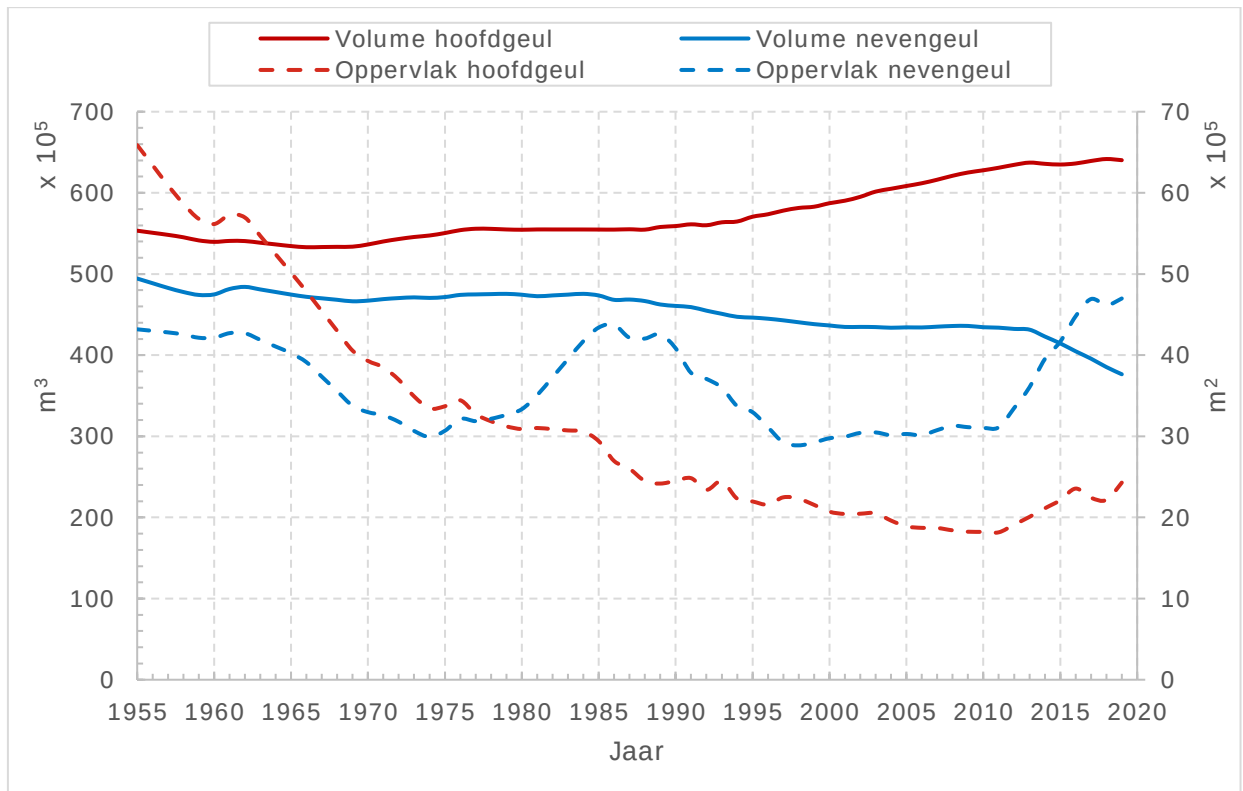
De relatieve ontwikkelingen van het ondiep sublitoraal in het middengebied zijn weergegeven in Figuur 30. Te zien is dat het watervolume sterk varieert. Met name de toename vanaf 1995 met de evenredige afname na 2012 springt er uit. Het oppervlak neemt in de periode 1955 – 1970 sterk af. In de periode 1970 – 1985 neemt het toe met ca. 8%, om vervolgens tot 2000 weer af te nemen. Tussen 2000 en 2011 blijft het nagenoeg constant, na 2011 neemt het watervolume weer toe.



Figuur 28 Ontwikkeling van het ondiep sublitoraal in het midden deel van de Westerschelde

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

De relatieve veranderingen in de hoofd- en nevengeul zijn weergegeven in Figuur 31. Hierin is te zien dat het watervolume van de hoofdgeul toeneemt terwijl dat van de nevengeul afneemt. Het oppervlak van de hoofdgeul neemt vanaf 1955 af tot 2011, daarna neemt het toe. Het oppervlak van de nevengeul neemt af tot 1974. In de periode 1975 – 1998 is een sterke toename gevolgd door een even grote afname te zien. Vanaf 1998 tot 2011 neemt het oppervlak licht toe, om daarna weer sterk toe te nemen.



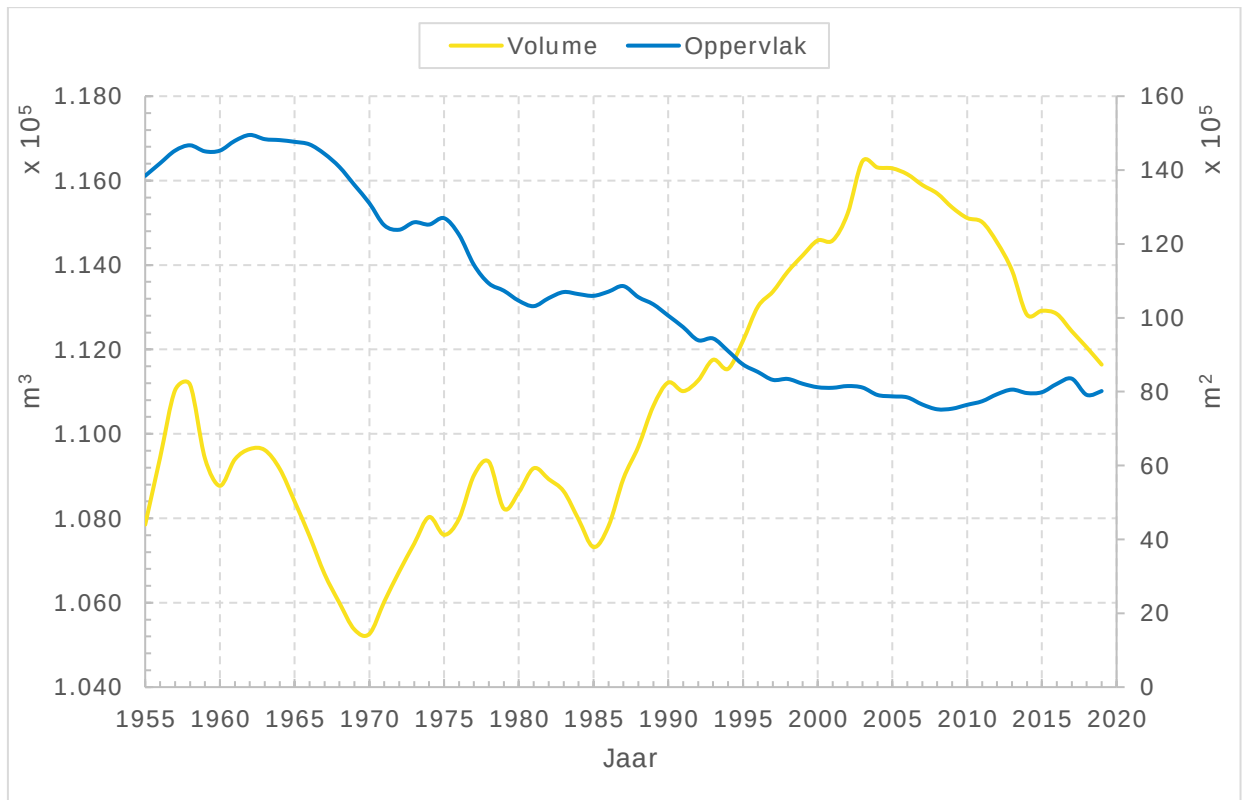
Figuur 29 Ontwikkeling van het watervolume en het oppervlak van het ondiep sublitoraal in het midden deel van de Westerschelde voor hoofd- en nevengeul

Verandering in gemiddelde diepte

De toename in waterdiepte in deze zone bedraagt 48% t.o.v. 1955. Voor de hoofdgeul is de toename in diepte +214% t.o.v. 1995, voor de nevengeul is het een afname van 30% t.o.v. 1955.

5.4 Westerschelde –Oost

De relatieve ontwikkelingen van het ondiep sublitoraal in het oostelijk deel zijn weergegeven in Figuur 33. Te zien is dat het watervolume is toegenomen in de periode 1985 – 2005. Na 2005 neemt het volume weer af. Het oppervlak neemt sinds 1960 af. Vanaf 2009 is een toename te zien van het wateroppervlak.



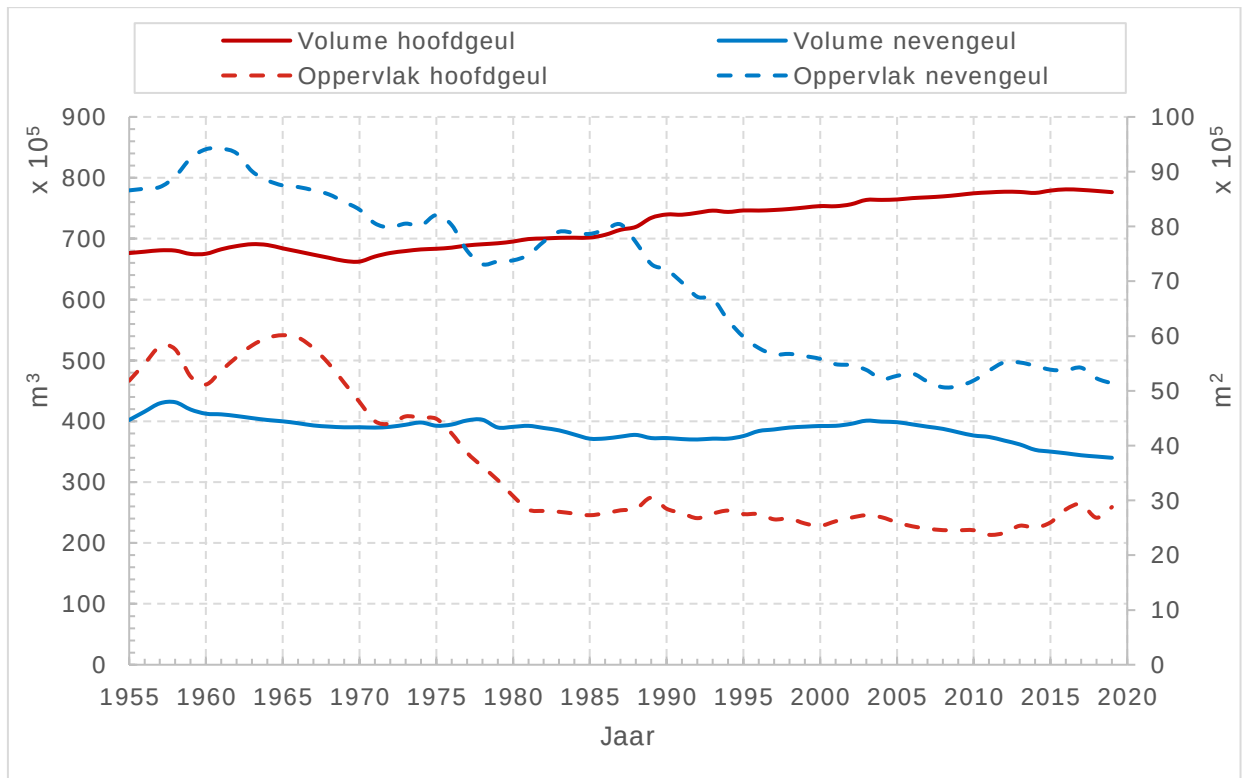
Figuur 30 Ontwikkeling van het ondiep sublitoraal in het oostelijk deel van de Westerschelde

Veranderingen in hoofd- en nevengeul

De relatieve ontwikkelingen van de hoofd- en nevengeul zijn weergegeven in Figuur 34. Te zien is dat het watervolume van de hoofdgeul sinds 1970 toeneemt. Het watervolume van de nevengeul neemt vanaf 2005 af. Het oppervlak van de hoofdgeul is in de periode 1968 – 1981 sterk afgenomen, na 1981 is dit nagenoeg onveranderd. Het oppervlak van de nevengeul neemt af in de periode 1960 – 1972. In de periode 1987 – 1996 vindt weer een sterke afname plaats. Na 1996 zet de afname voort, zij het minder snel.

Verandering in gemiddelde diepte

In totaal is de gemiddelde diepte van het ondiep sublitoraal in het oostelijk deel toegenomen met 79% t.o.v. 1955. De grootste toename is te zien in de hoofdgeul, hier is de diepte toegenomen met 1075 t.o.v. 1955. De gemiddelde diepte in de nevengeul is toegenomen met 43% t.o.v. 1955.



Figuur 31 ontwikkeling van het ondiep sublitoraal in het oostelijk deel van de Westerschelde voor hoofd- en nevengeul

6 Berekende volumes en arealen van het intergetijdegebied

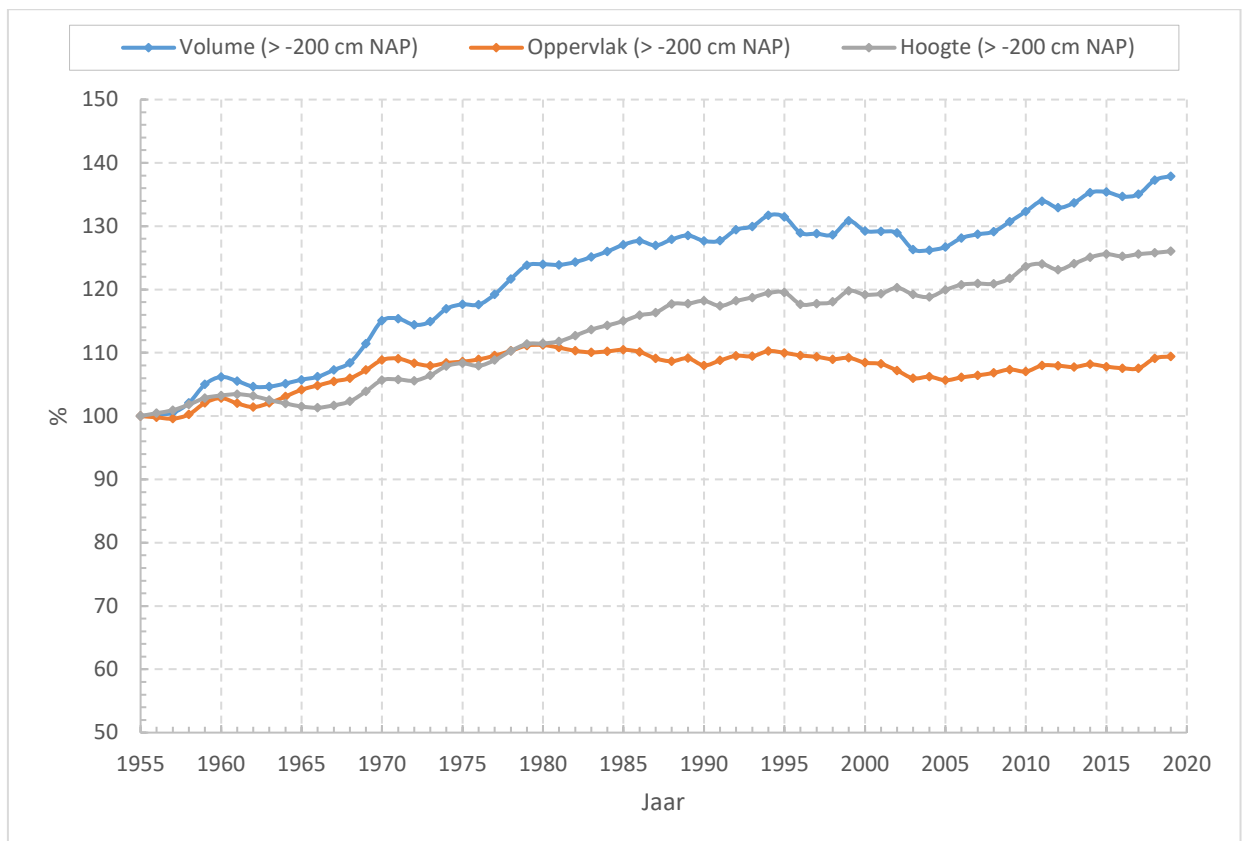
In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van het areaal boven de -200 cm NAP (intergetijdegebied of mediolitoraal) beschreven voor de Westerschelde en de platen en de slikken en schorren. De gegevens zijn afkomstig uit de plaatbalans en de schor- en slikbalans.

In de bijbehorende figuren worden de ontwikkelingen in sedimentvolume, oppervlak en diepte relatief t.o.v. 1955 getoond. Ter verduidelijking worden wel de hoeveelheden in 1955 in het bijschrift van de figuur vermeld⁴.

6.1 Westerschelde

De ontwikkeling van het areaal intergetijdengebied in de Westerschelde is weergegeven in Figuur 36. Het totale sedimentvolume is t.o.v. 1955 toegenomen met 38%. De trend in het sedimentvolume is overwegend stijgend, behoudens de periode 1995 – 2003. Het oppervlak is toegenomen met 9%. Na 1980 vertoont dit een licht dalende trend tot 2005.

De gemiddelde hoogte van het areaal neemt sinds 1967 toe. De toename in 2019 bedraagt 26% t.o.v. 1955.



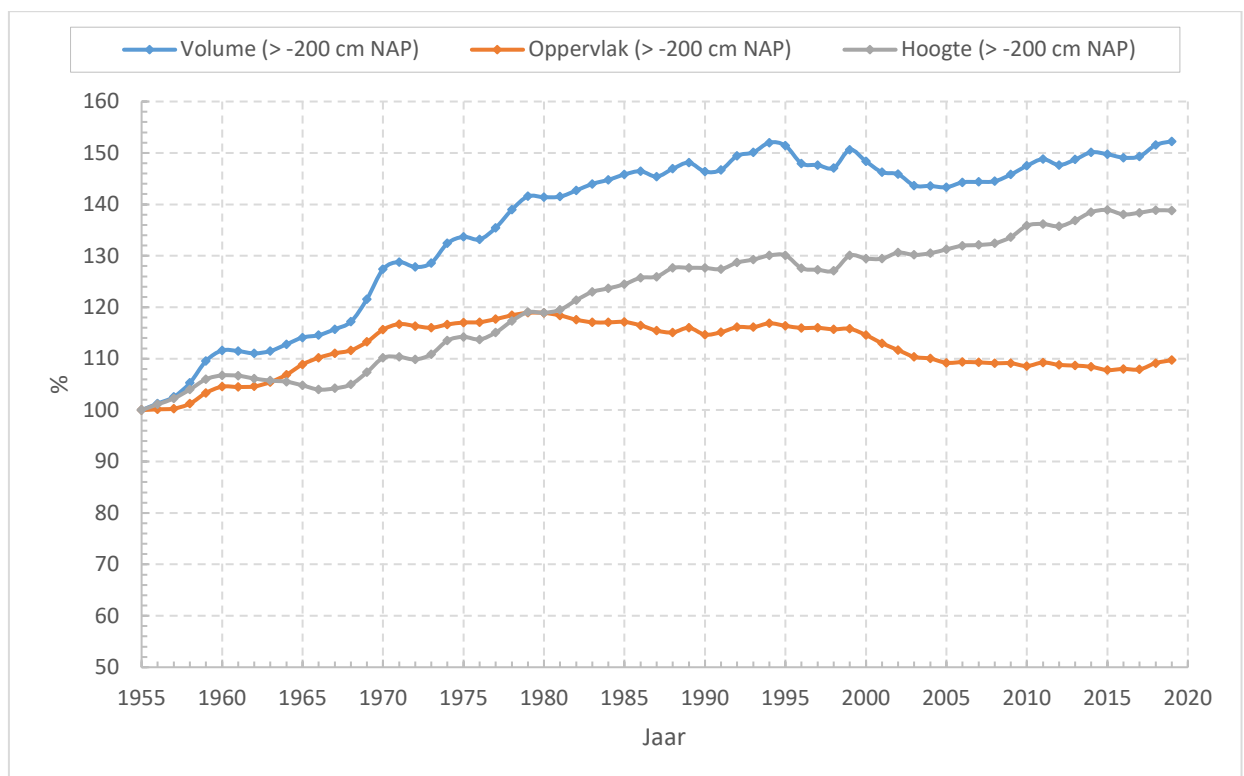
Figuur 32 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdengebied in de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 125 Mm³, oppervlak 1955 = 70 Mm²)

⁴ Op deze manier kan worden volstaan met 1 figuur waarin de drie grootheden worden gepresenteerd terwijl anders drie assen noodzakelijk zijn i.v.m. de eenheden (m, m² en m³). Omdat hier niet naar verschillen in hoofd- en nevengeul wordt gekeken, wordt alle relevante data op deze manier getoond.

6.1.1 Platen

In Figuur 37 is de relatieve ontwikkeling weergegeven van het volume en oppervlak van het intergetijdgebied dat zich op de platen bevindt. Te zien is dat het sedimentvolume na een sterke stijging in de periode 1994 – 2005 is afgenomen. Na 2005 neemt het weer toe. Het oppervlak neemt geleidelijk afname zien na 1980 met een versnelde afname in 2000 – 2003.

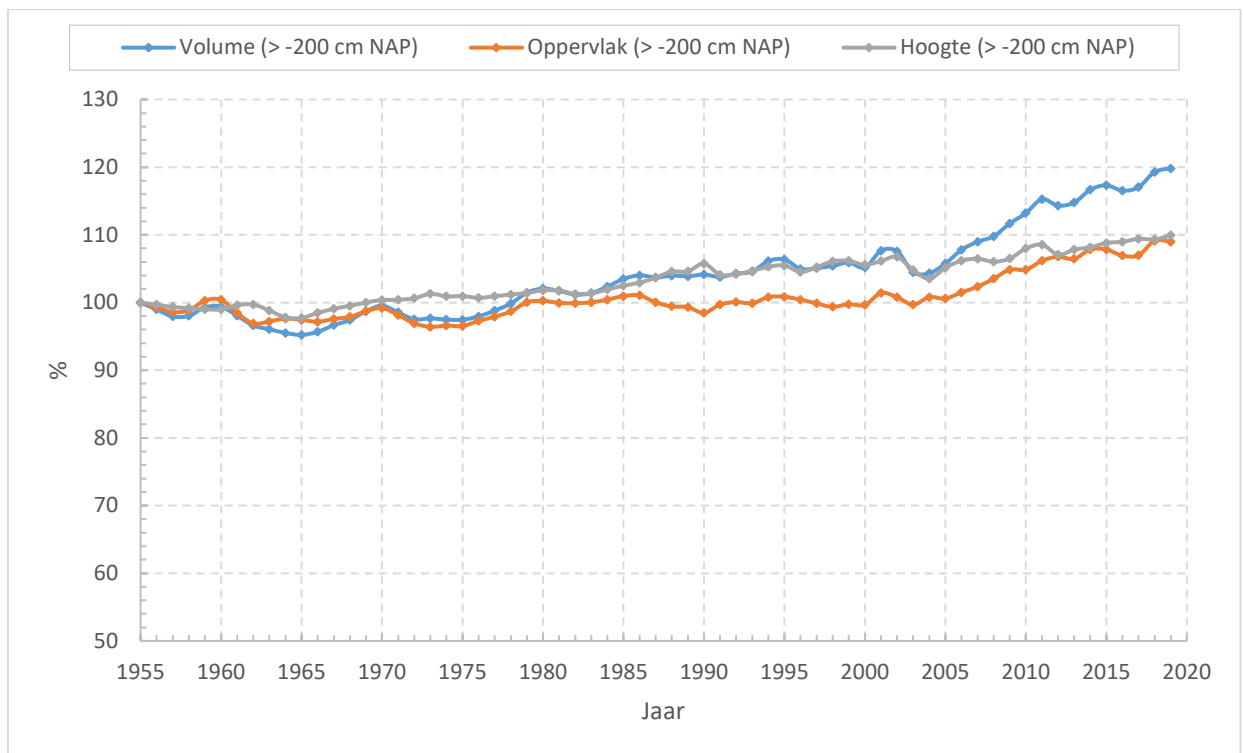
De gemiddelde hoogte van deze zone neemt sinds 1967 toe.



Figuur 33 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdgebied op de platen in de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 69 Mm³, oppervlak 1955 = 41 Mm²)

6.1.2 Slikken en schorren

In Figuur 38 is te zien dat het volume van het intergetijdgebied op de slikken en schorren beperkt is toegenomen in de periode 1965 – 2004. Na 2004 is echter een groter toename te zien. Het oppervlak is tot 2005 nagenoeg gebleven, maar neemt na 2005 toe. Deze toename is gelijktijdig met de toename in volume, hierdoor blijft de stijgende trend in de hoogteontwikkeling gelijk.



Figuur 34 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied op slikken en schorren in de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 55 Mm³, oppervlak 1955 = 29 Mm²)

6.2 Westerschelde - West

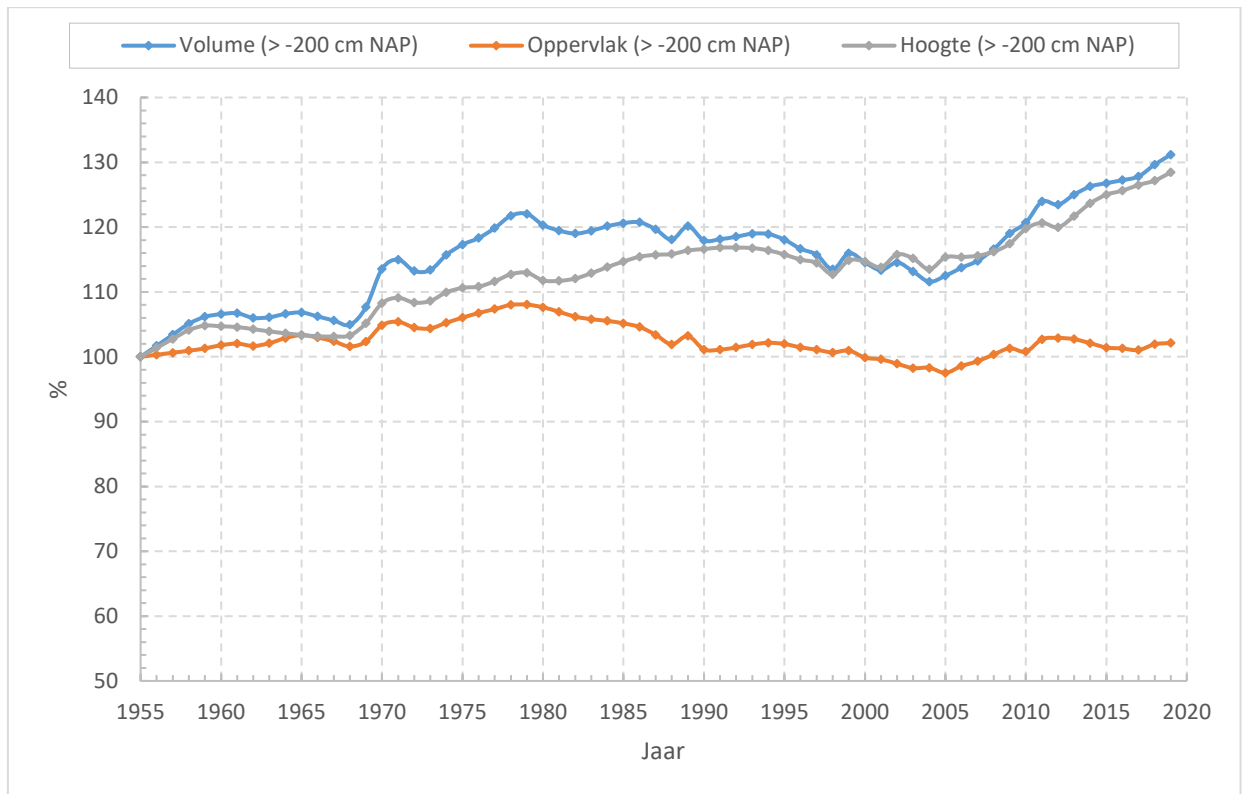
De relatieve ontwikkeling van het intergetijdegebied in het westelijk deel van de Westerschelde laat na een afname in de periode 1979 – 2004, een sterke toename zien van het sedimentvolume na 2004 (zie Figuur 39). Het oppervlak neemt in de periode 1979 – 2004 juist af en neemt vanaf 2005 licht toe. De gemiddelde diepte vertoont een stijgende trend die versnelt na 2004.

6.2.1 Platen

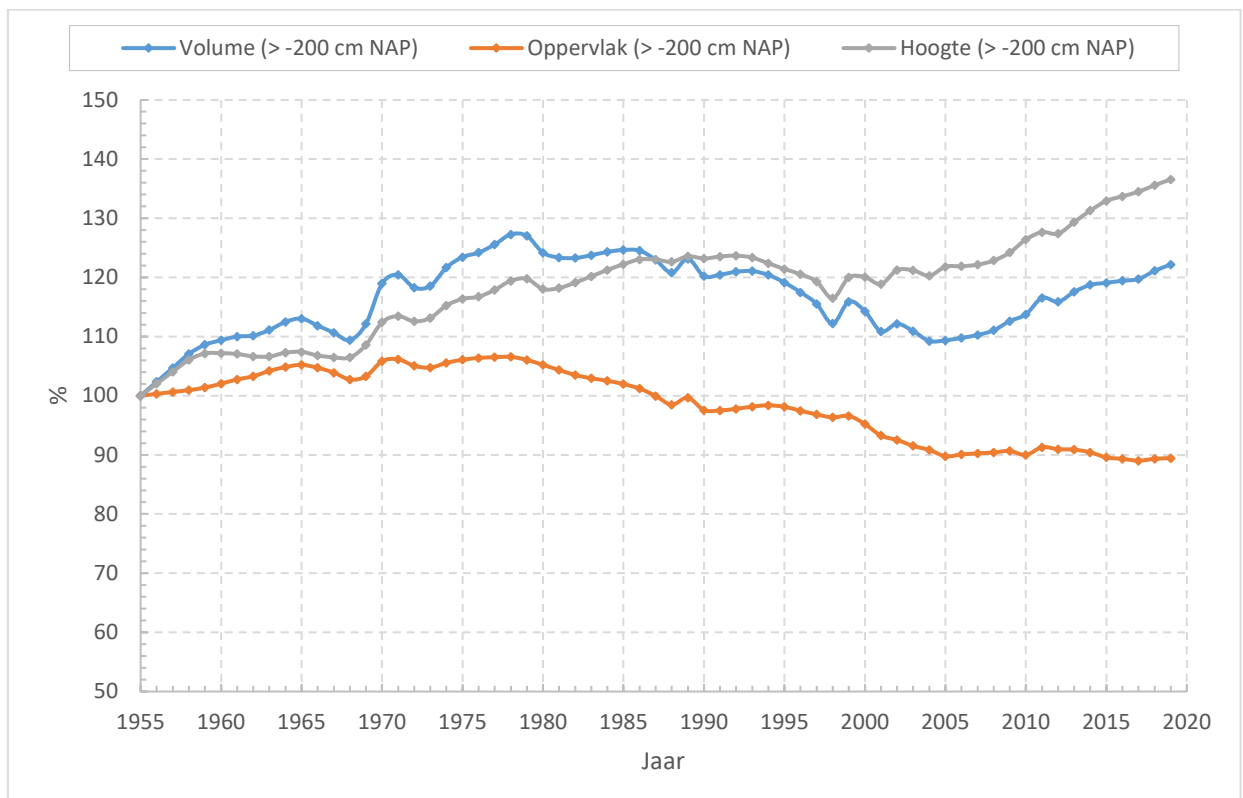
Het sedimentvolume neemt toe tot 1979. Hierna volgt een afname tot het jaar 2004. Na 2004 is een sterke toename te zien (Figuur 40). Het oppervlak neemt in de periode 1978 - 2005 af. Na 2005 blijft dit gelijk. De gemiddelde hoogte van de platen in dit deel van de Westerschelde neemt toe, met na 2004 een versnelling.

6.2.2 Slikken en schorren

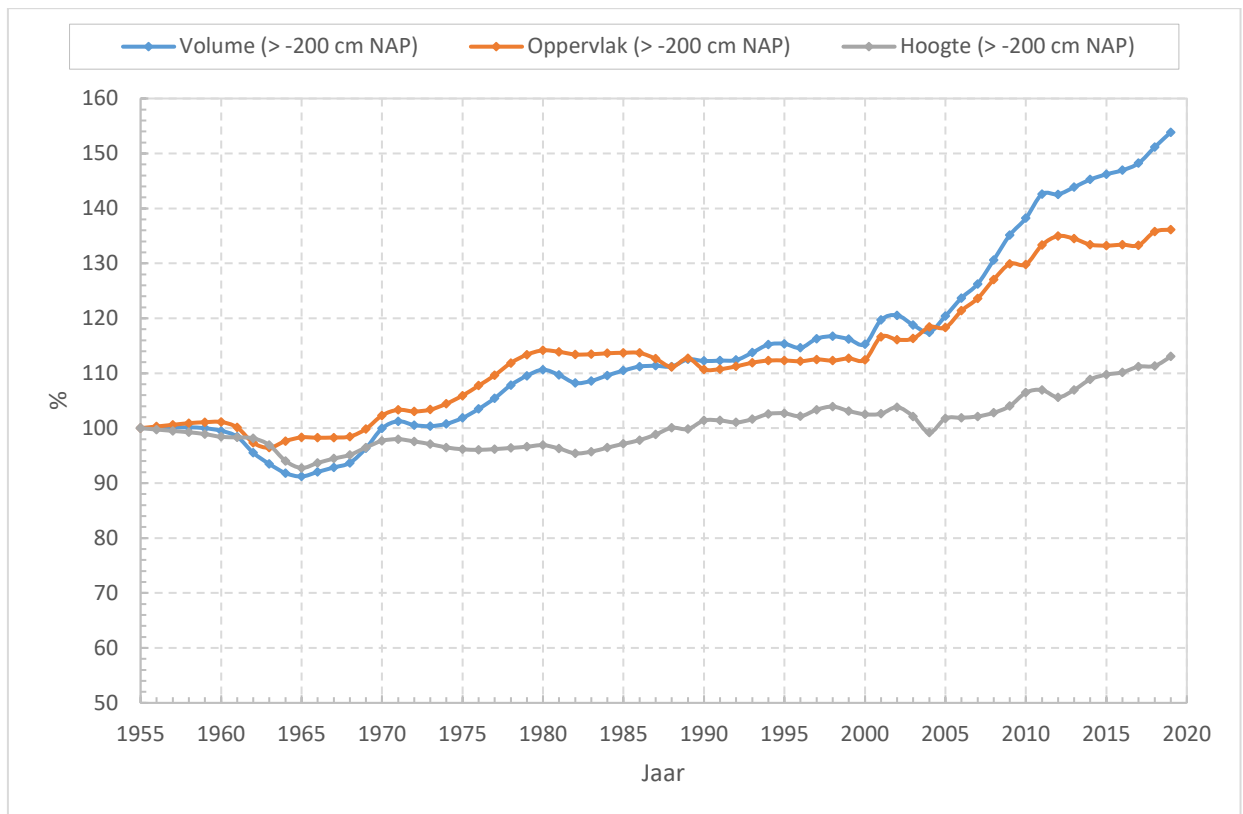
Tot 1979 nemen het sedimentvolume en het oppervlak toe (Figuur 41), waarna beiden tot het jaar 2000 nagenoeg constant zijn. Na 2000 is een sterke toename te zien van zowel het sedimentvolume als het oppervlak. De gemiddelde hoogte neemt ook versneld toe na 2005.



Figuur 35 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdgebied in het westelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 65 Mm³, oppervlak 1955 = 35 Mm²)



Figuur 36 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdgebied op de platen in het westelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 46 Mm³, oppervlak 1955 = 26 Mm²)



Figuur 37 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdgebied op slikken en schorren in het westelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 18 Mm³, oppervlak 1955 = 10 Mm²)

6.3 Westerschelde – Midden

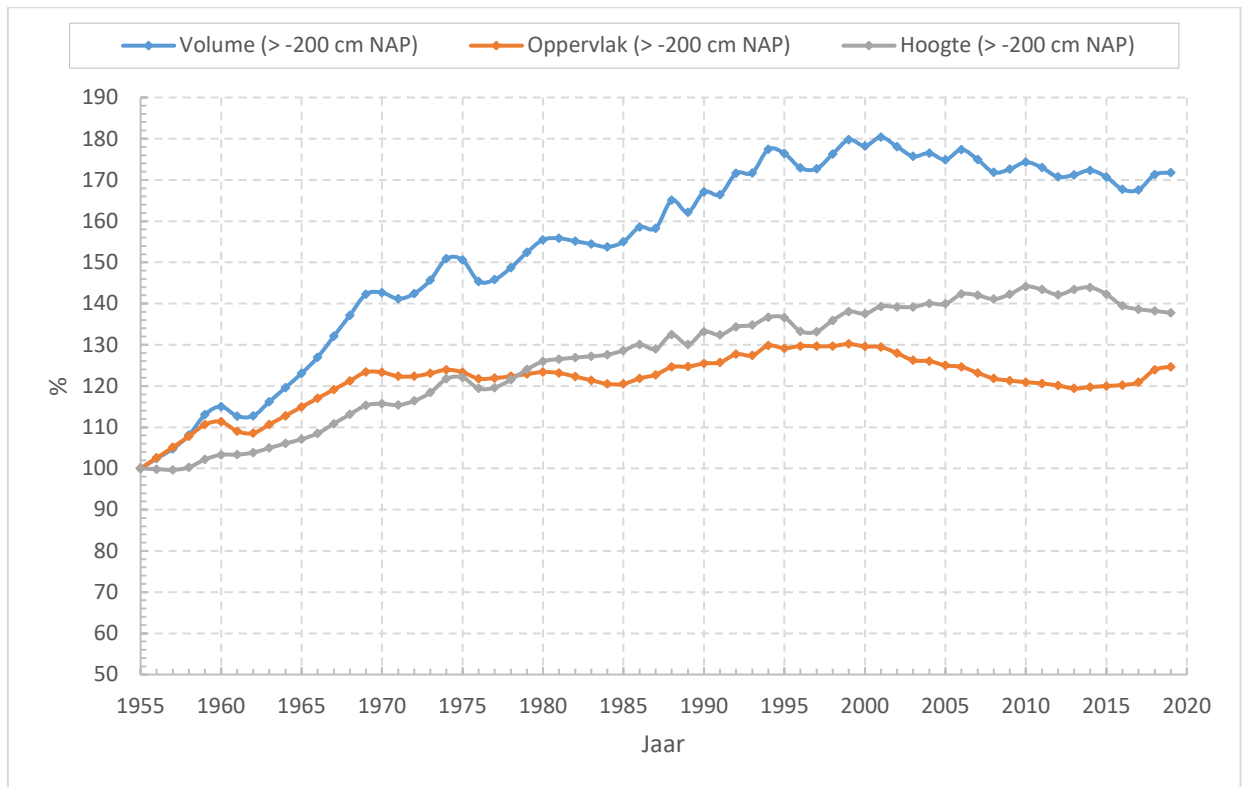
In Figuur 42 is te zien dat het sedimentvolume na 2001 in het midden van de Westerschelde afneemt. Na 2000 is ook het oppervlak van het intergetijdgebied afgenomen. Na 2014 neemt de hoogte van het intergetijdgebied af.

6.3.1 Platen

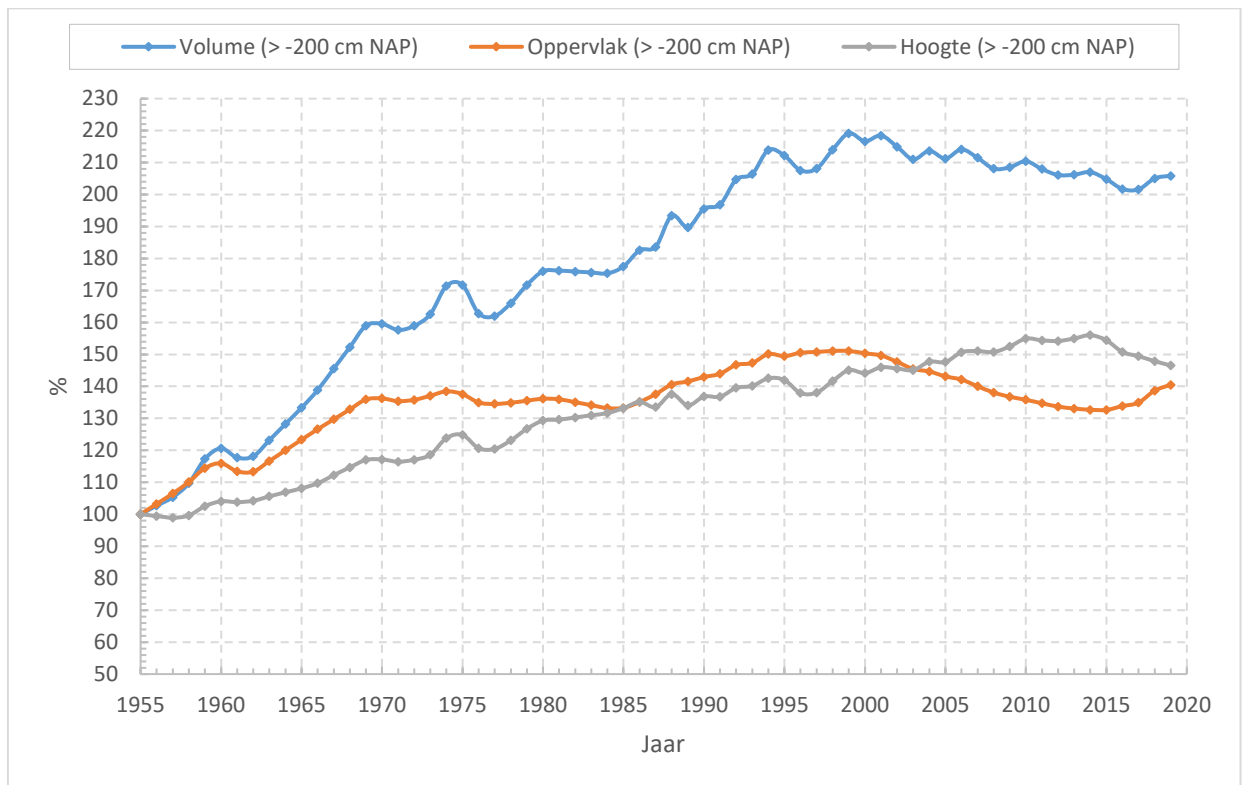
De veranderingen in het sedimentvolume en het oppervlak van het intergetijdgebied op de platen is weergegeven in Figuur 43. Het sedimentvolume neemt in de periode 1955 – 1999 toe met 119%. Het oppervlak neemt in dezelfde periode ook toe met 30%. Na 1999 nemen zowel het sedimentvolume als het oppervlak af. Na 2015 is dan ook een daling van de gemiddelde hoogte te zien.

6.3.2 Slikken en schorren

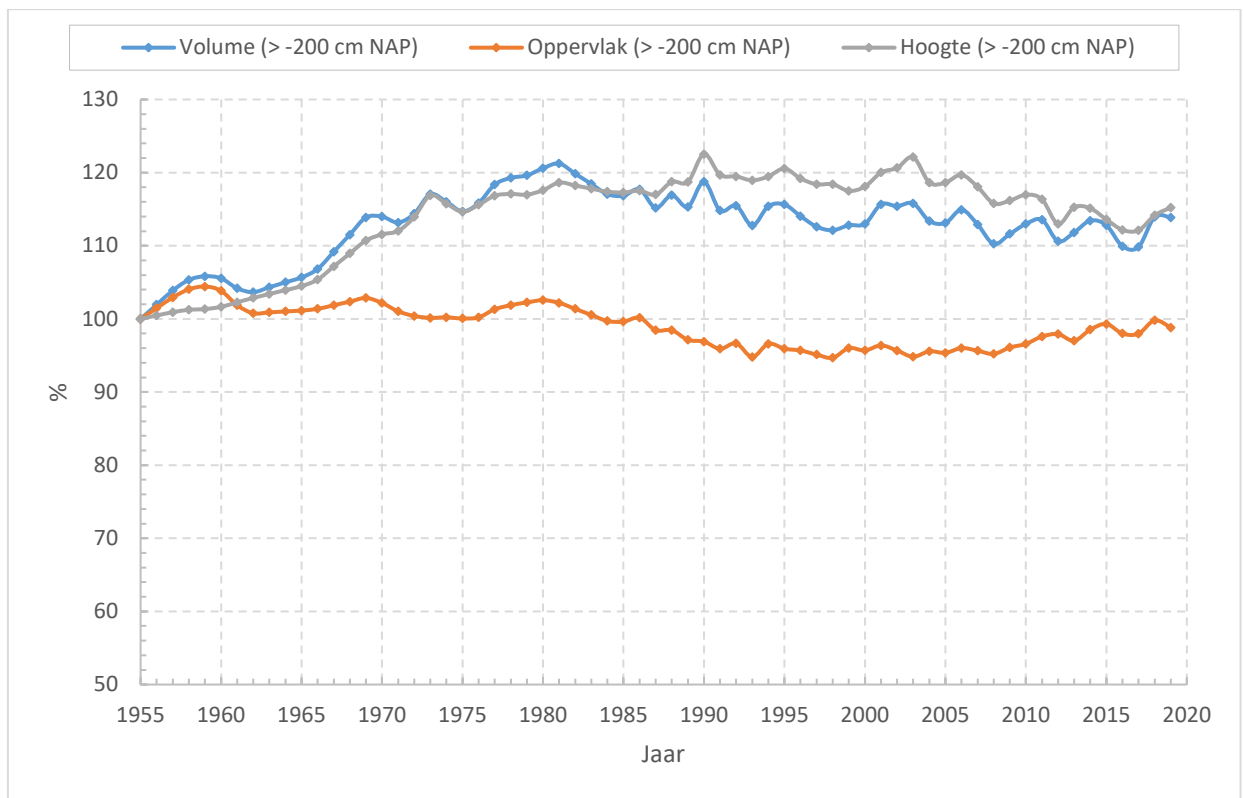
Het sedimentvolume en het oppervlak nemen af vanaf 1980 (Figuur 44). Het oppervlak neemt na 2008 toe, de gemiddelde hoogte neemt vanaf 2003 af.



Figuur 38 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdengebied in het midden deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 20 Mm³, oppervlak 1955 = 14 Mm²)



Figuur 39 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdengebied op de platen in het midden deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 13 Mm³, oppervlak 1955 = 9 Mm²)



Figuur 40 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdgebied op slikken en schorren in het midden deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 8 Mm³, oppervlak 1955 = 5 Mm²)

6.4 Westerschelde – Oost

In Figuur 45 is te zien dat het sedimentvolume in de periode 1975 – 1995 sterk is toegenomen. Vanaf 1995 neemt het langzaam toe. Het oppervlak is sinds 1980 nagenoeg constant. De gemiddelde hoogte van deze zone is sinds 2000 redelijk constant. Momenteel is de toename in hoogte 18% t.ov. 1955.

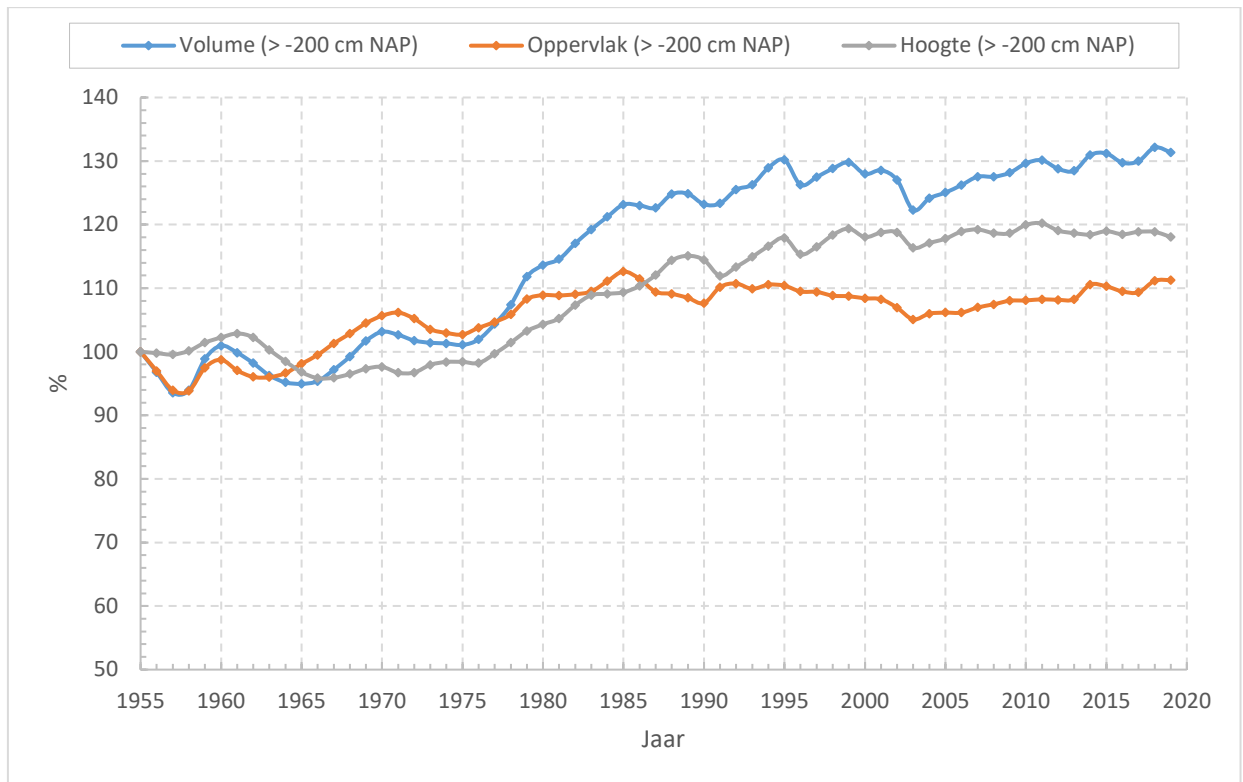
6.4.1 Platen

De veranderingen in het sedimentvolume en het oppervlak van het intergetijdgebied op de platen is weergegeven in Figuur 46. In de periode 1965 – 1995 is het volume sterk toegenomen. Sinds 1995 is dit constant. De oppervlakte vertoont een toename in de periode 1965 – 1985. Tot 2003 is een lichte daling zichtbaar, vanaf 2004 neemt het oppervlak in geringe mate toe.

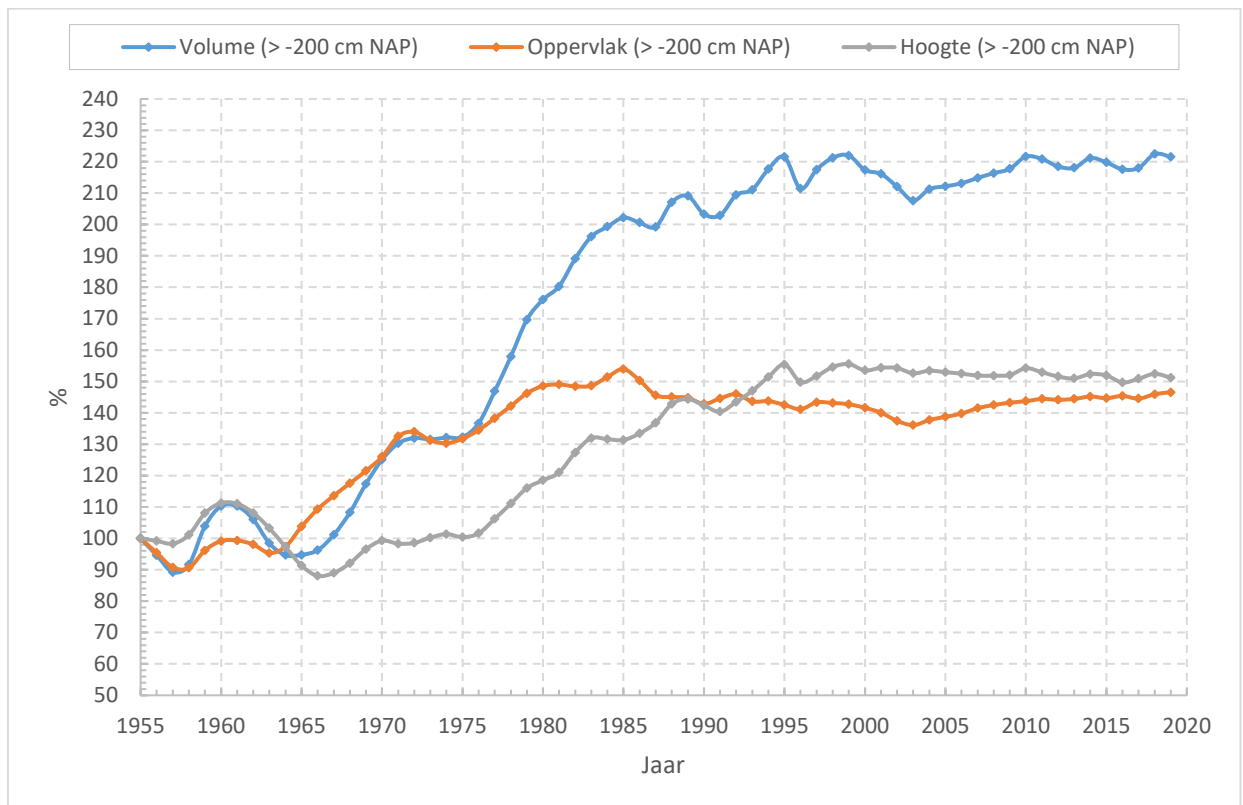
De gemiddelde hoogte van de zone stijgt hard in de periode tot 1995. Vanaf 1995 is een geringe daling te zien.

6.4.2 Slikken en schorren

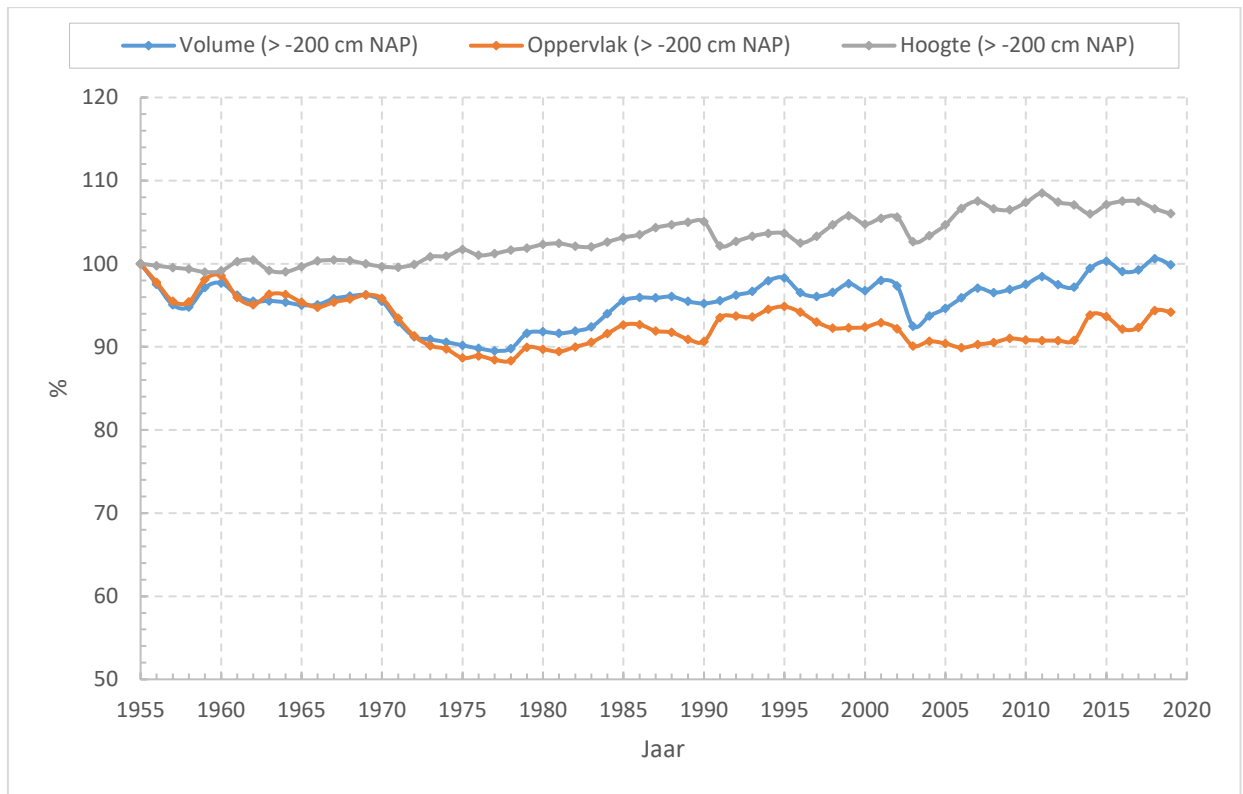
De variaties op de slikken en schorren zijn aanzienlijk kleiner dan op de platen in dit deel. Het oppervlak is sinds 1995 nagenoeg constant, het sedimentvolume neemt beperkt toe. Dit verklaart ook een geringe stijging van de gemiddelde hoogte.



Figuur 41 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdengebied in het oostelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 39 Mm³, oppervlak 1955 = 21 Mm²)



Figuur 42 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdengebied op de platen in het oostelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 10 Mm³, oppervlak 1955 = 7 Mm²)



Figuur 43 Relatieve ontwikkeling van het volume, oppervlak en gemiddelde hoogte van het intergetijdegebied op slikken en schorren in het oostelijk deel van de Westerschelde t.o.v. 1955 (volume 1955 = 29 Mm³, oppervlak 1955 = 14 Mm²)

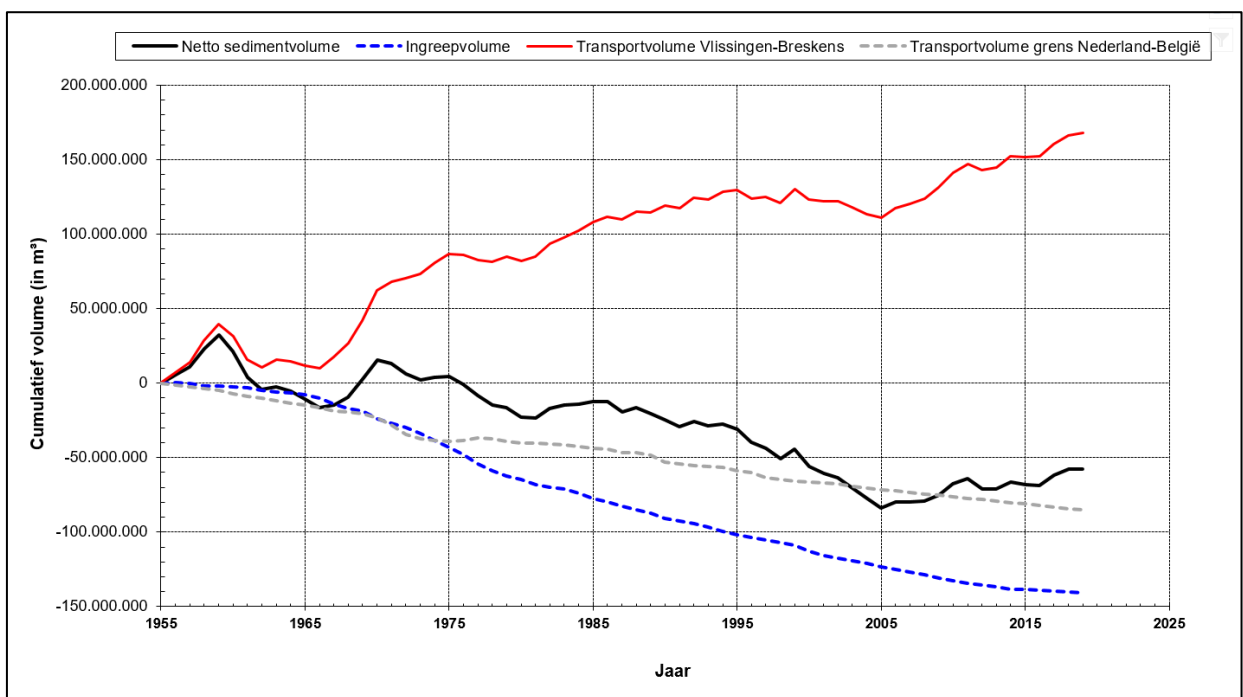
7 Berekend sedimenttransportvolume op basis van de zandbalans

Op basis van het berekende volumeverschil (volumes berekend t.o.v. +3.5 m NAP), het transport over de opwaartse (oostelijke) rand en de ingrepen, kan worden berekend wat het transport is over de afwaartse (westelijke) rand van een macrocel. Door deze berekening te starten in macrocel 7 waar de opwaartse rand is vastgelegd, wordt het sedimenttransport op de lijn Vlissingen – Breskens bepaald.

Om dit te kunnen doen, zijn de volgende randvoorwaarden opgelegd:

1. Op de stroomopwaartse rand van macrocel 7 (grens Nederland – België) wordt jaarlijks een sedimentvolume opgelegd dat is berekend in [Haecon 2000] van 675.135 m³ richting België;
2. Op de rand met Saeftinghe wordt jaarlijks een sedimentvolume opgelegd van 300.000 m³ richting Saeftinghe. Deze hoeveelheid is getoetst in het programma Veiligheid en Toegankelijkheid [V&T-G02 2013].

De verschillende volumes zijn weergegeven in Figuur 48.



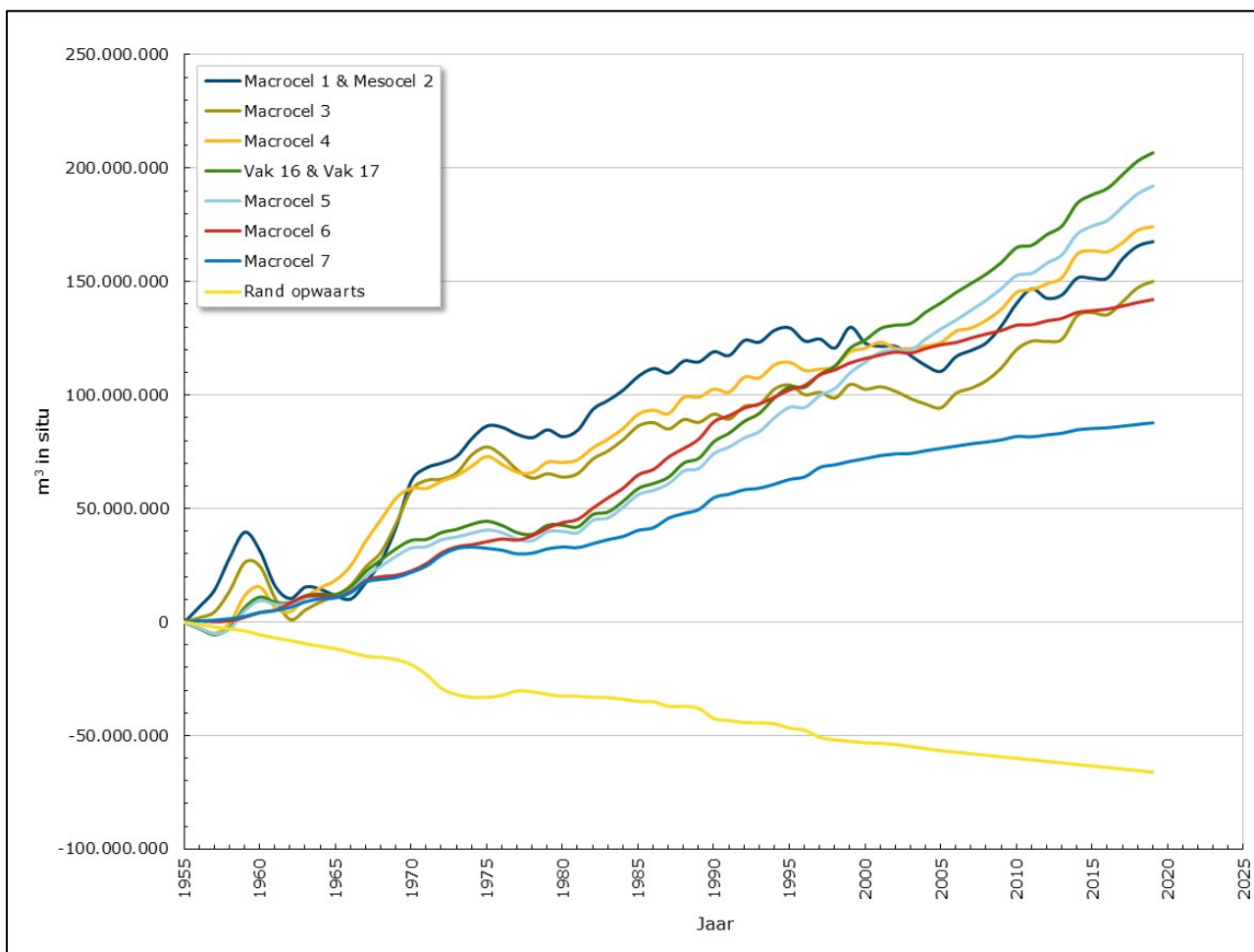
Figuur 44 Cumulatief netto sedimentvolume Westerschelde

Uit de figuur is af te lezen dat

- Het systeem overwegend sediment importerend is, met uitzondering van de periode 1995 - 2005;
- Twee dominante trends zijn duidelijk onderscheidbaar in het netto sedimentvolume:
 - Een afname van het nette sedimentvolume in de periode 1970 – 2005;
 - Een toename van het netto sedimentvolume in de periode na 2005.
- Het netto sedimentvolume t.o.v. 1955 is afgenomen met 57.6 Mm³.

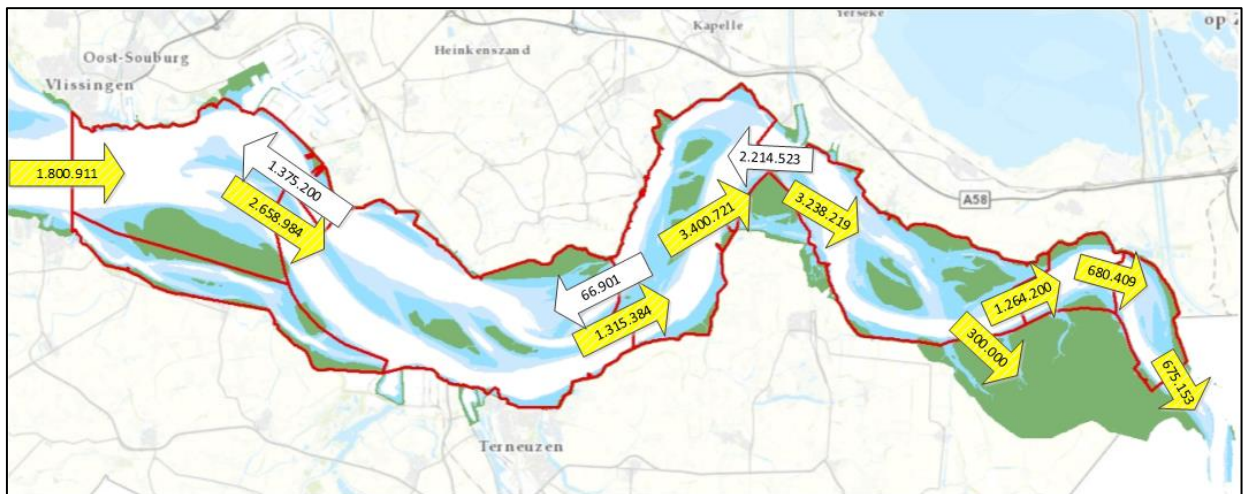
In Figuur 49 is het cumulatieve sedimenttransport over de grenzen van de macrocellen weergegeven vanaf 1955 weergegeven. De 'Rand opwaarts' in deze figuur is het opgelegde sedimenttransport op de grens Nederland – België, de lijn 'Macrocel 7' staat voor het transport dat macrocel 7 binnenkomt uit macrocel 6. Op deze manier zijn ook de andere randen gedefinieerd: ze staan voor de rand waar het sediment een macrocel binnenkomt. Uit de figuur is af te lezen dat:

1. De macrocellen 1 en 3 waren overwegend sediment exporterend in de periode 1995 – 2005, de overige macrocellen zijn altijd sediment importerend;
2. De totale hoeveelheid sedimenttransport naar de macrocellen 4 en 5 en de tussenliggende vakken 16 en 17 is na het jaar 2000 groter dan het sedimenttransport dat wordt geïmporteerd in macrocel 1 en mesocel 2;
3. Het sedimentvolume van macrocel 1 naar macrocel 3 is altijd lager dan het sedimentvolume dat wordt geïmporteerd in macrocel 1 en mesocel 2 (15-20 Mm³ vanaf het jaar 2000).



Figuur 45 Berekend sedimenttransport tussen de macrocellen

In bovenstaande figuur zijn de ingrepen inbegrepen. Dit betekent dat het gebaggerde sediment in deze macrocel wordt gestort, of in de aangrenzende stroomafwaartse macrocel. In Figuur 50 is het berekende sedimenttransport in 2018 tussen de macrocellen weergegeven met gele pijlen. Met de witte pijlen zijn de hoeveelheden aangegeven die zijn verplaatst tussen twee macrocellen als gevolg van het onderhoud van de hoofdvaargeul (verplaatsingen binnen dezelfde macrocel zijn niet opgenomen in deze figuur).



Figuur 46 Netto sedimenttransport in 2018 en antropogene sedimentverplaatsingen over de grens van een macrocel

Bovenstaande figuur geeft een beeld van het importerende of exporterende gedrag van een macrocel. Dit gedrag wordt gestuurd door het onderhoudsbaggerwerk dat vanaf 2010 in dezelfde macrocel of de stroomafwaarts gelegen macrocel wordt teruggestort. In onderstaande tabel zijn de hoeveelheden die in de periode 2010 – 2018 zijn verplaatst weergegeven.

Tabel 3 Verplaatste hoeveelheden sediment 2010-2018 in Mm³ in situ

			Stortlocatie									
			Macrocel	Monding	MC1	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	Vlaanderen	Totaal
Baggerlocatie	Wielingen		0,3									0,3
	Drempel van Vlissingen Honte	MC1		3,2	0,6							3,8
	Drempel van Borssele	MC3		14,4	6,9							21,3
	Pas van Terneuzen											
	Put van Terneuzen											
	Gat van Ossenisse	MC4		1,4	4,1	8,9						14,5
	Overloop van Hansweert											
	Drempel van Hansweert	MC5		0,6	1,2	23,6	12,2			0,3		37,9
	Drempel van Walsoorden											
	Overloop van Valkenisse											
	Drempel van Valkenisse	MC5/6		1,1		4,8	3,4	0,8		0,5		10,6
	Schaar van de Noord	MC6								0,0		0,0
	Drempel van Bath	MC 6/7		0,7		0,9	4,1	2,6	0,5	0,4		9,2
	Vaarwater boven Bath	MC 7				0,0	0,1	0,0	0,1			0,2
	Totaal			0,3	21,4	12,9	38,1	19,8	3,5	0,6	1,2	

De gegevens in Tabel 3 bevatten zowel de gegevens van aanleg (2010 en 2011) als die van onderhoud (vanaf 2010)⁵. Uit de tabel valt af te leiden dat het overgrote deel van het gebaggerde sediment in de macrocellen 3 en 5 niet in dezelfde macrocel maar stroomafwaarts wordt teruggestort. Van macrocel 3 werd 67% gestort in macrocel 1, van macrocel 5 werd 62% gestort in

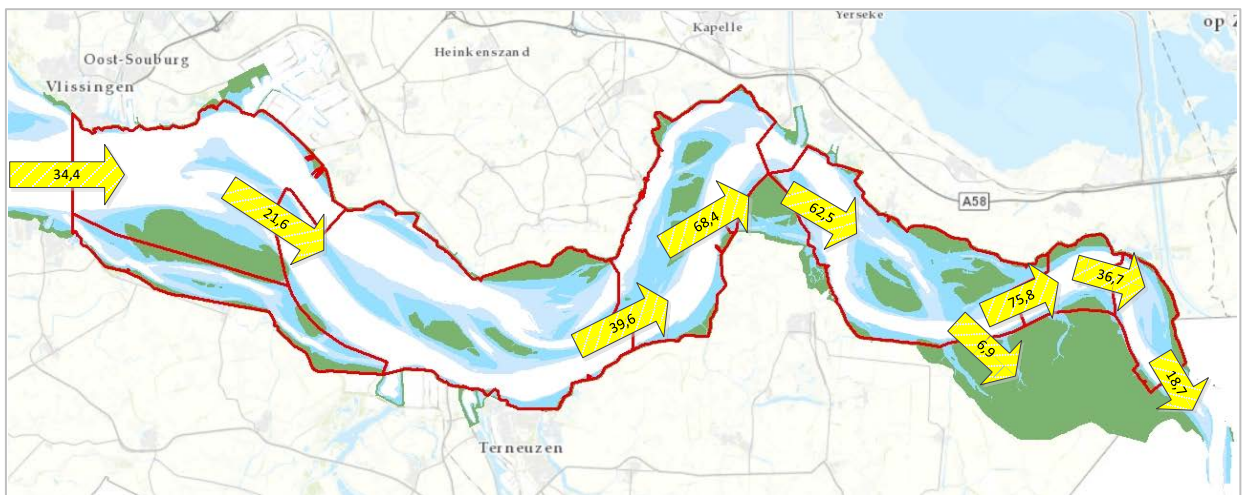
⁵ Als een baggerlocatie zicht uitstrekt over meerdere macrocellen zoals Overloop Valkenisse, is voor de tabel de meest westelijke macrocel aangehouden wanneer het sediment buiten de macrocel is gestort.

macrocel 4. Het effect van deze menselijke verplaatsingen op het totale sedimenttransport zijn niet bekend, en dienen te worden onderzocht.

7.1 Sedimenttransport in verschillende periodes

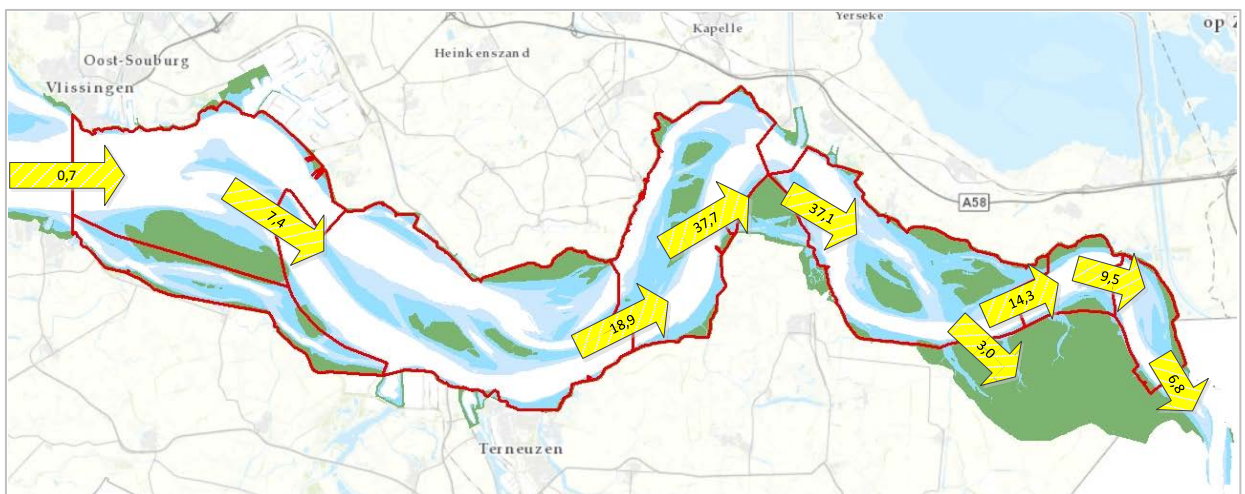
In onderstaande figuren zijn de sedimentbalansen over periodes van 10 jaar weergegeven.

7.1.1 1975 – 1998



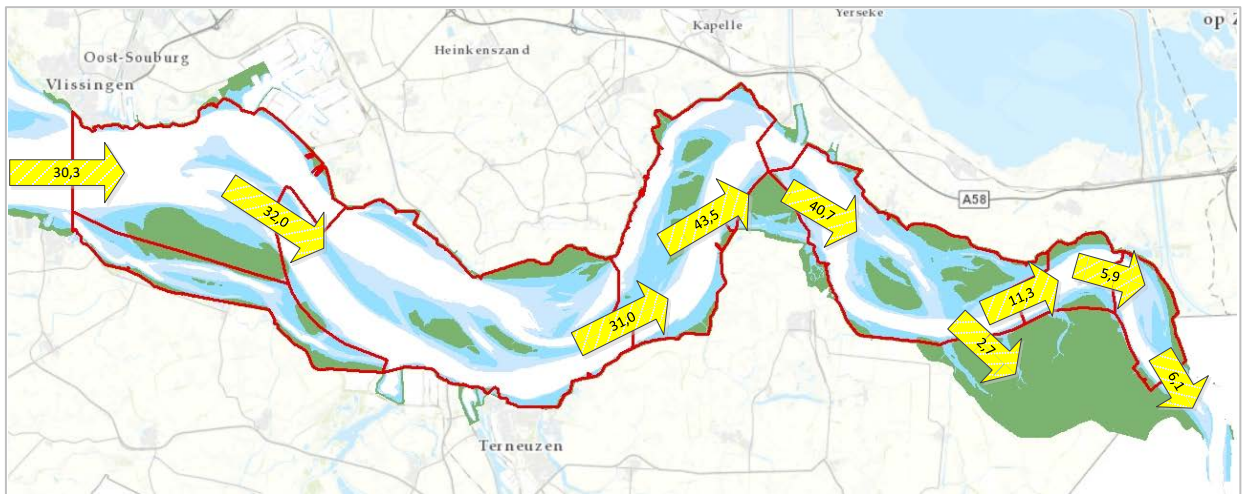
Figuur 47 Netto sedimenttransport 1975 – 1998

7.1.2 1999 - 2009



Figuur 48 Netto sedimenttransport 1999 - 2009

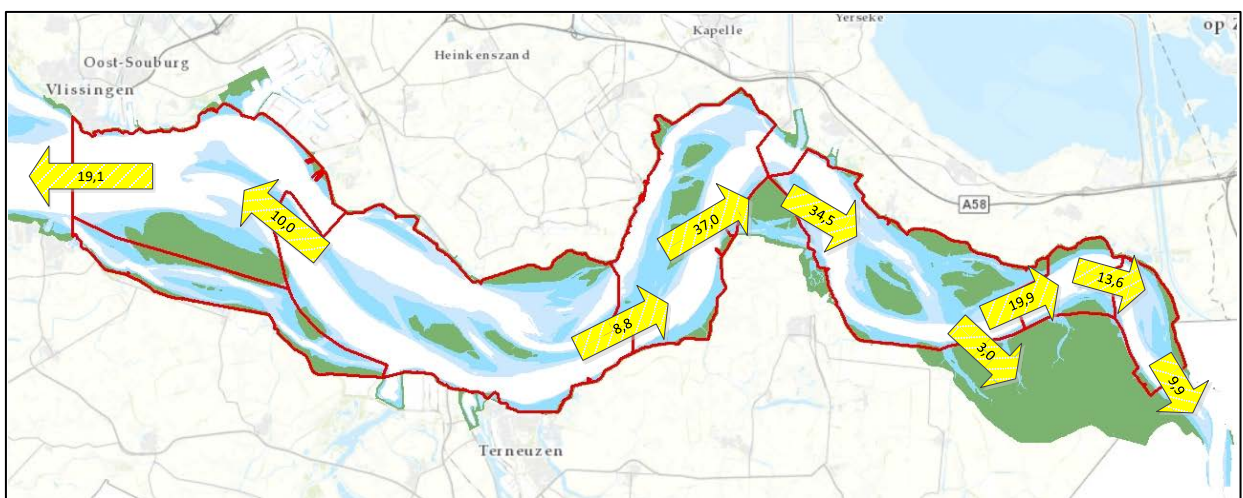
7.1.3 2010 – heden



Figuur 49 Netto sedimenttransport 2010 - 2019

7.2 To import or not to import...

In Figuur 49 is te zien dat in de periode 1995 – 2006 export plaats vond in de westelijke macrocellen. Het netto sedimenttransport over de grenzen van de macrocellen in deze periode is weergegeven in Figuur 54.



Figuur 50 Netto sedimenttransport 1995 - 2005

Te zien is dat de export enkel plaatsvond in de macrocellen 1 en 3. Mogelijke factoren die een rol kunnen spelen zijn

- het stortbeleid in deze periode;
- de effecten van de 2^e verruiming;
- stopzetten van de zandwinning in macrocel 1 na 1995;
- verandering in de voordelta.

Nader onderzoek is nodig om beter te begrijpen welke parameters daadwerkelijk een rol spelen in deze ontwikkeling. Dit draagt bij aan de kennis van de reactie van het systeem op veranderingen, welke ook voor studies naar ontwikkelingen in de toekomst nodig is.

Bijlage A Literatuur

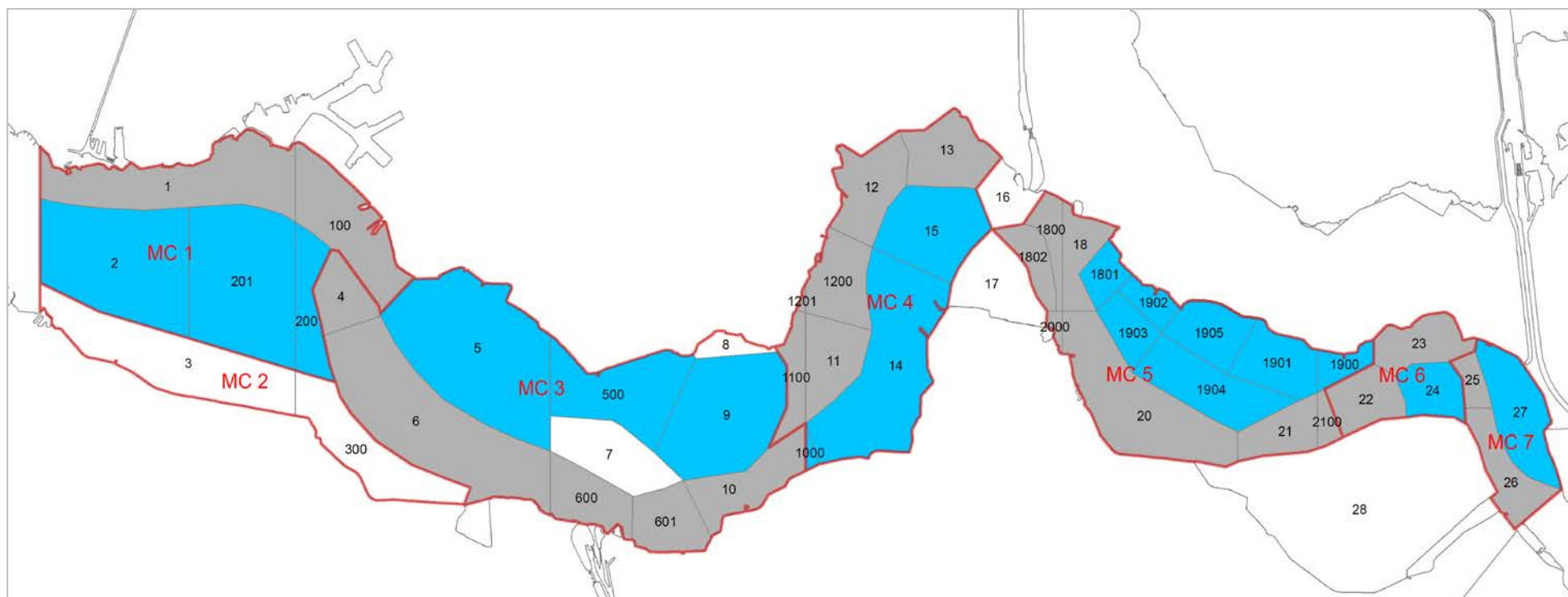
V&T-G02 2013	J. Cleveringa et al., Grootschalige sedimentbalans van de Westerschelde; Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-2; LTV-Veiligheid en Toegankelijkheid; Afdeling Maritieme Toegang, 31 maart 2013, Antwerpen
Belmans 1988	H. Belmans, Verdiepings- en onderhouds baggerwerken in Westeren Zeeschelde. Water, jaargang 7, nr. 43/1 (nov./dec. 1988), pag. 184-194
Gerritsen 1983	F. Gerritsen, H. de Jong, Stabiliteit van doorstroomprofielen in de Westerschelde, Nota WWKZ-83.V008, Rijkswaterstaat Adviesdienst Vlissingen, November 1983
de Jong 2000	J.E.A. de Jong, Zandbalans Westerschelde en monding, periode 1955 – 1999, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Afdeling NWL, Notitie NWL – 00.16, augustus 2000
Haecon 2006	Haecon, Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde. Proses2010, Bergen op Zoom, September 2006
Nederbragt 2004	G. Nederbragt, GJ Liek, Beschrijving zandbalans Westerschelde en monding, Rapport RIKZ/ 2004.020, RIKZ, Middelburg, juni 2004
Vroon 1997	J. Vroon, C. Storm en J. Coosen, Westerschelde, stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, Rapport RIKZ/ 1997.023, 1997
TB 2008	Project Verruiming vaargeul Westerschelde, Tracébesluit Verruiming vaargeul Westerschelde., Breda, juli 2008
Kornman 2002	B. Kornman, G.J. Liek en H. Schippers, Baggeren en Storten in de Westerschelde – een nieuwe kijk op het onderhoudsbaggerwerk. Project Zeekennis/MOVE, RIKZ/AB/2002.840x, Middelburg, juni 2003.

Bijlage B Begrippenlijst

Litoraal	Het gebied in de omgeving van de kustlijn van een zee of meer. Het litoraal wordt onderverdeeld in het sub-, medio- en supralitoraal
Intertidaal	Andere benaming voor het mediolitoraal of intergetijdengebied
Mediolitoraal	Gedeelte van het litoraal tussen de laag- en hoogwaterlijn, ofwel het intergetijdengebied (ook wel het intertidaal genoemd)
Sublitoraal	Gedeelte van het litoraal onder de laagwaterlijn. Dit deel staat in principe altijd onder water en loopt door tot aan de continentale helling.
Supralitoraal	Gedeelte van het litoraal vanaf de hoogwaterlijn landinwaarts. Dit deel staat enkel bij hoge sprinttijden onder water.
Subtidaal	De ondiepe zone van het sublitoraal (vanaf -500 cm NAP tot de laagwaterlijn).

Bijlage C Vakindeling zandbalans

In onderstaande figuur is de onderverdeling van de Westerschelde voor de zandbalans weergegeven. De ebscharen zijn weergegeven in grijs, de vloedscharen zijn weergegeven in blauw. De begrenzing van de macrocellen is aangegeven in rood.



Tabel 4 Vakindeling nevengeulen

Macrocel	Vak	Naam
1	2	Schaar van Spijkerplaat West
	200	Schaar van Spijkerplaat Oost
	201	Schaar van Spijkerplaat Oost
2 ⁶	3	Vaarwater langs Hoofdplaat
	300	Vaarwater langs Hoofdplaat/Paulinapolder, Springergeul, Thomaesgeul
3	5	Everingen
	500	Everingen
	9	Drempelgebied Everingen
4	1100	Pas van Baarland
	11	Pas van Baarland
	1200	Middelgat Zuid
	1201	Middelgat Zuid
	12	Middelgat Midden
	13	Middelgat Noord
5	1801	Drempel van Hansweert Oost
	1902	Valkenissegebied: Inloop Schaar van Waarde
	1903	Valkenissegebied: Inloop Schaar van Valkenisse
	1904	Valkenissegebied: Schaar van Valkenisse
	1905	Valkenissegebied: Schaar van Waarde
	1901	Valkenissegebied: Zimmermangeul
	1900	Valkenissegebied: Zimmermangeul
6	24	Schaar van de Noord
7	27	Appelzak
- ⁷	7	Zuid-Everingen
	8	Boerengat
	17	Schaar van Ossenis
	28	Saeftinghe

Tabel 5 Vakindeling hoofdgeul

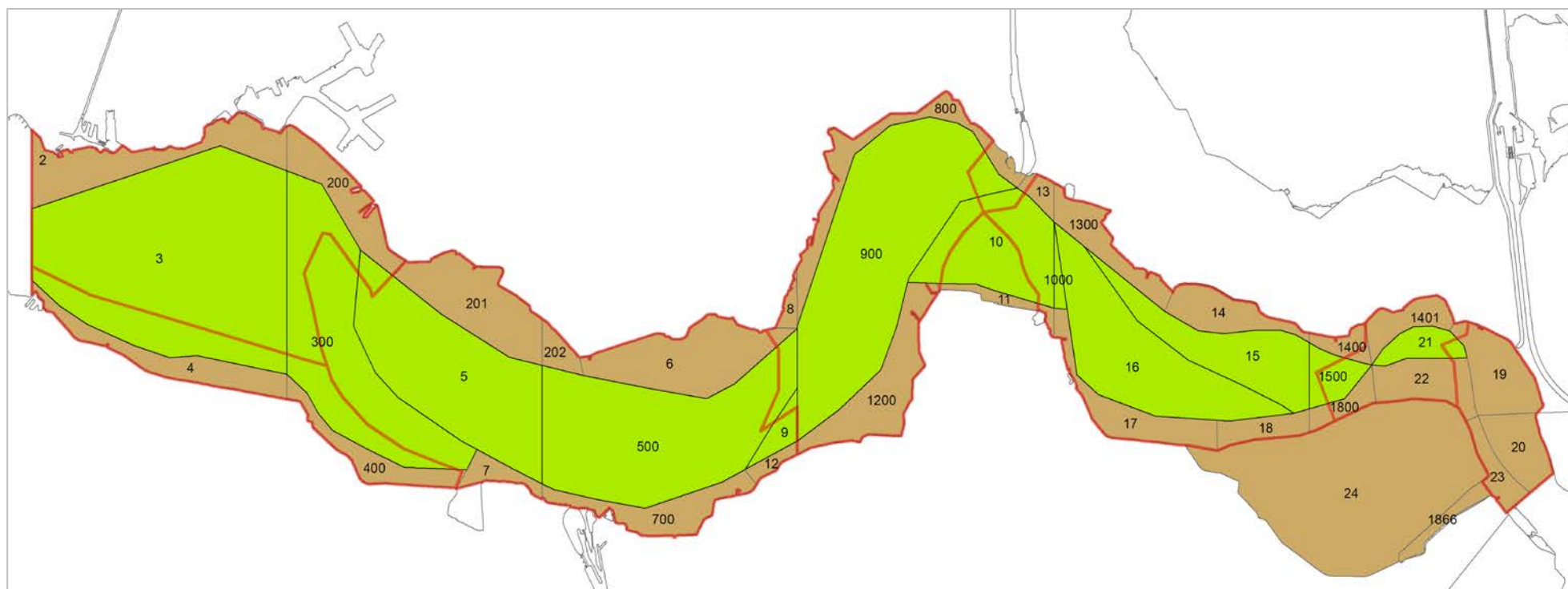
Macrocel	Vak	Naam
1	1	Honte
	100	Honte
3	4	Drempel van Borssele
	6	Pas van Terneuzen
	600	Pas van Terneuzen
	601	Drempel Pas van Terneuzen
	10	Gat van Ossenis Zuid
4	1000	Gat van Ossenis Zuid
	14	Gat van Ossenis Noord
	15	Overloop van Hansweert
5	1800	Drempel van Hansweert midden
	1802	Drempel van Hansweert west
	18	Drempel van Hansweert midden
	2000	Zuidergat
	20	Zuidergat

⁶ Deze cel wordt aangeduid als mesocel.⁷ De vakken 7, 8, 17, 28 (nevengeul) en 16 (hoofdgeul) behoren niet bij een macrocel

Macrocel	Vak	Naam
	21	Overloop van Valkenisse
	2100	Overloop van Valkenisse
6	22	Drempel van Valkenisse
	23	Nauw van Bath
7	25	Drempel van Bath
	26	Vaarwater boven Bath
- ²	16	Put van Hansweert

Bijlage D Vakindeling Plaatbalans en Schor- en slibbalans

In onderstaande figuur is de onderverdeling van de Westerschelde voor de plaatbalans en de schor- en slibbalans weergegeven. De platen zijn weergegeven in groen, de schor- en slikgebieden zijn weergegeven in bruin. De begrenzing van de macrocellen is aangegeven in rood.



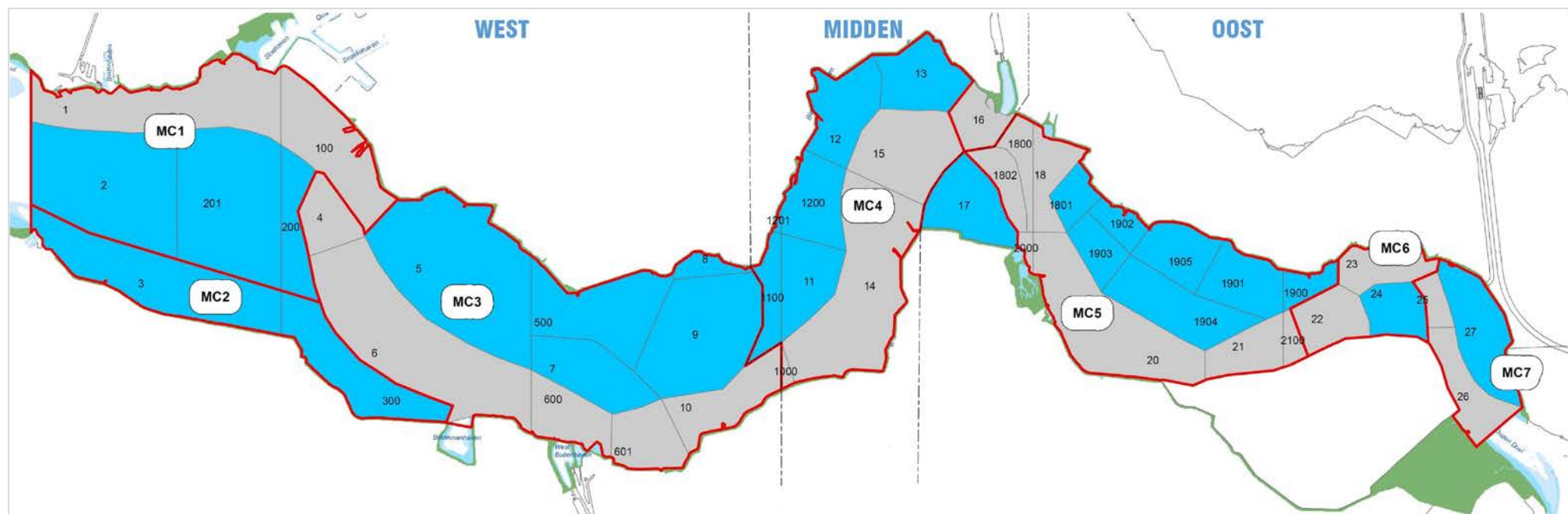
Tabel 6 Naamgeving en indeling per zone van vakken van de plaatbalans Westerschelde

Zone	Vak	Plaat
West	3, 300	Hooge Platen
	5, 500	Middelplaten
	9	Rug van Baarland
Midden	900	Rug van Baarland
	10	Plaat van Ossenis
Oost	1000	Plaat van Ossenis
	15, 16, 1500	Platen van Valkenisse
	21	Plaat van Saeftinghe

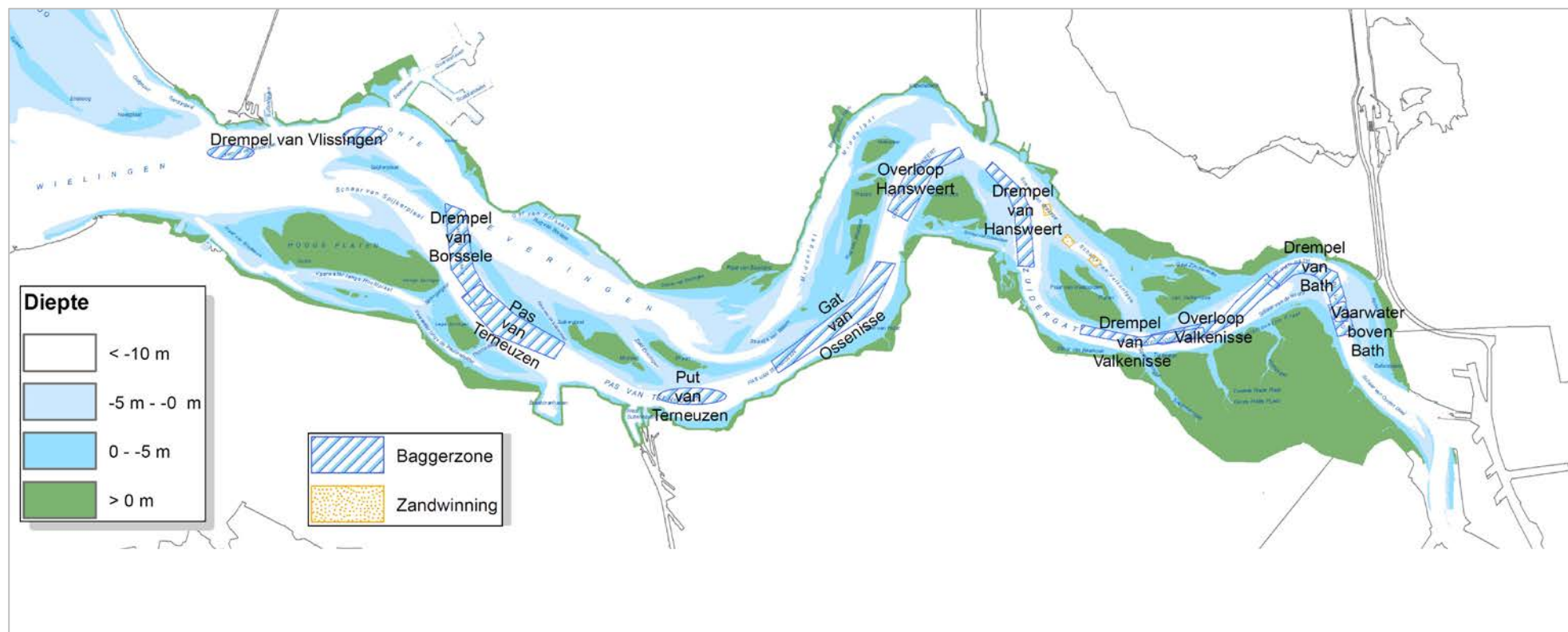
Vak	Schor/slik
2, 200, 201	Vlissingen – Ellewoutsdijk West
202	Vlissingen – Ellewoutsdijk Oost
6	Ellewoutsdijk – Baarland
8, 800	Baarland – Hansweert
13, 1300	Hansweert – Waarde
14, 1400	Waarde – Bath West
1401	Waarde – Bath Oost
19	Bath – Ossendrecht (NL)
20	Bath – Ossendrecht (B)
23	Saeftinghe Oost
1866	Sieperdaschor
24	Saeftinghe
22	Saeftinghe radartoren
1800	Saeftinghe West
18	Saeftinghe – Baalhoek
17	Perkpolder – Baalhoek
11	Knuitershoek – Perkpolder
12, 1200	Hellegat – Knuitershoek
7, 700	Terneuzen – Hellegat
4,400	Breskens - Terneuzen

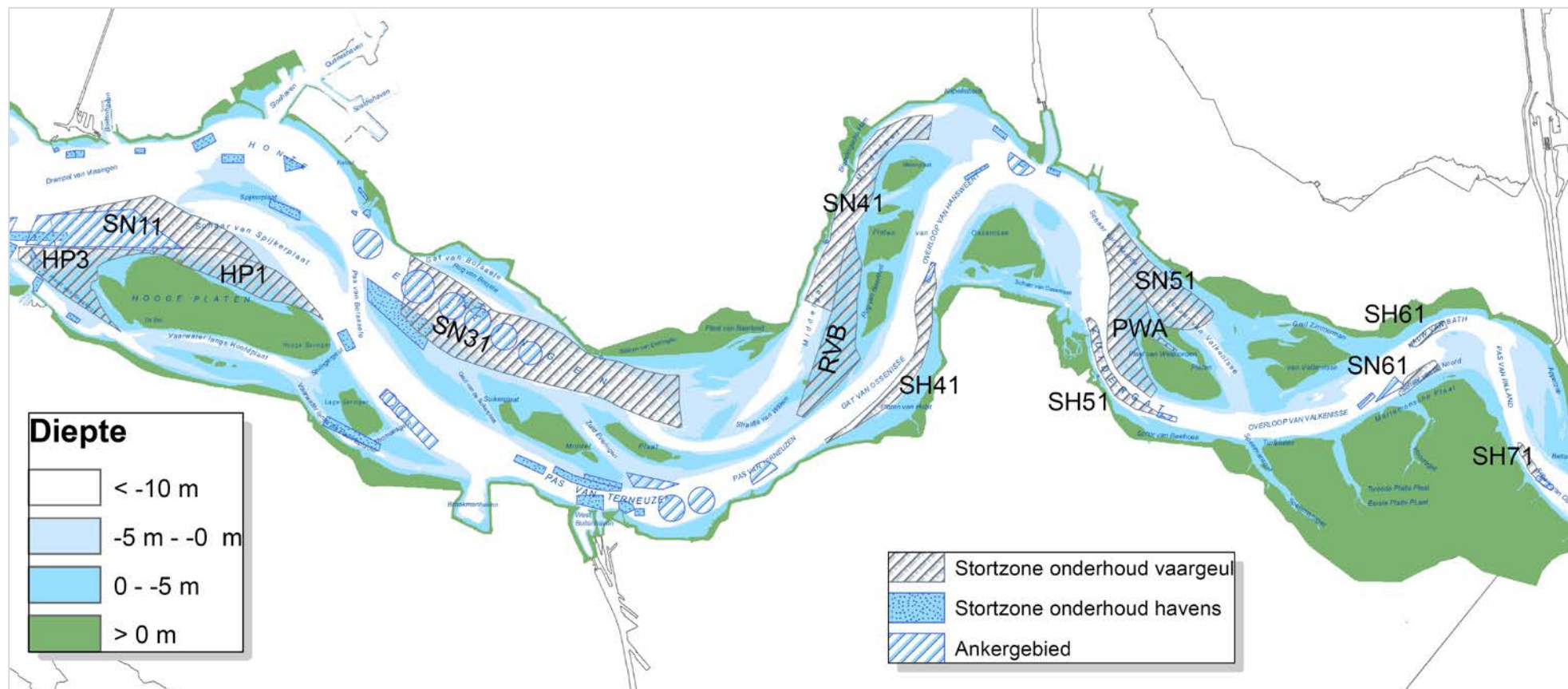
Bijlage E Indeling rekenvakken, zones en macrocellen zandbalans

In onderstaande figuur is de in dit rapport gebruikte indeling van hoofd- en nevengeul aangegeven. De grijze vakken vormen de hoofdeul, de blauwe vakken de nevengeul. Macrocellen zijn begrensd d.m.v. een rode lijn. De vakken 16 en 17 zijn geen onderdeel van een macrocel. Wel zijn ze opgenomen als onderdeel van de zone MIDDEN (vak 16) en OOST (vak 17).

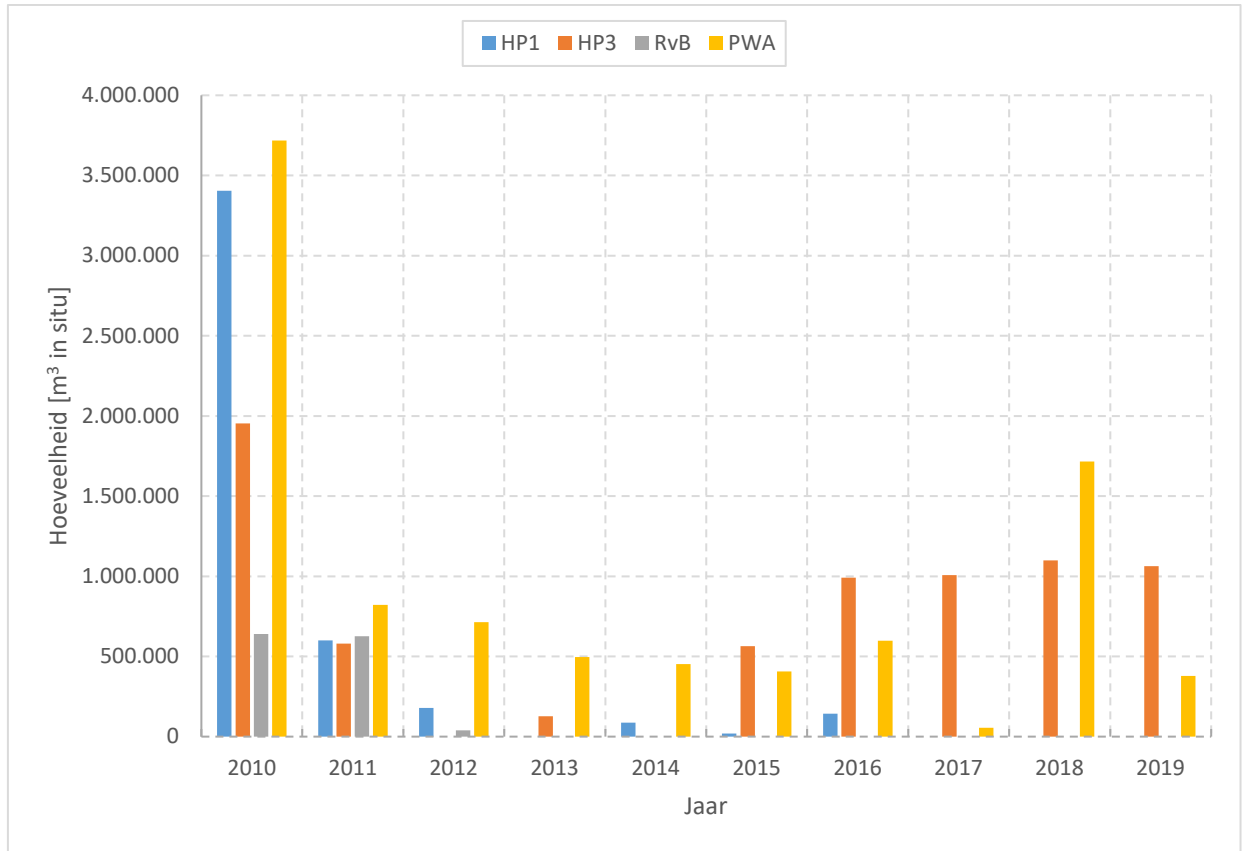


Bijlage F Baggerzones t.b.v. onderhoud hoofdvaargeul en zandwinlocaties

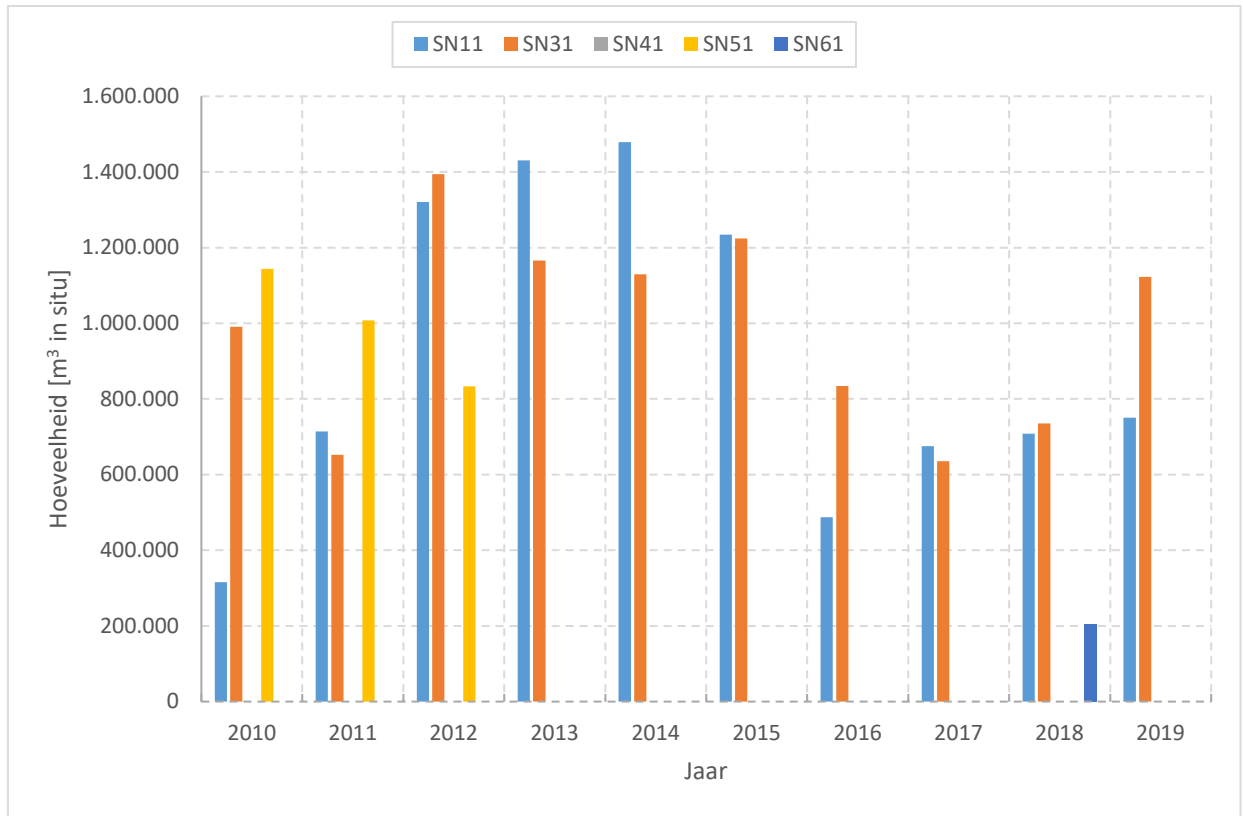




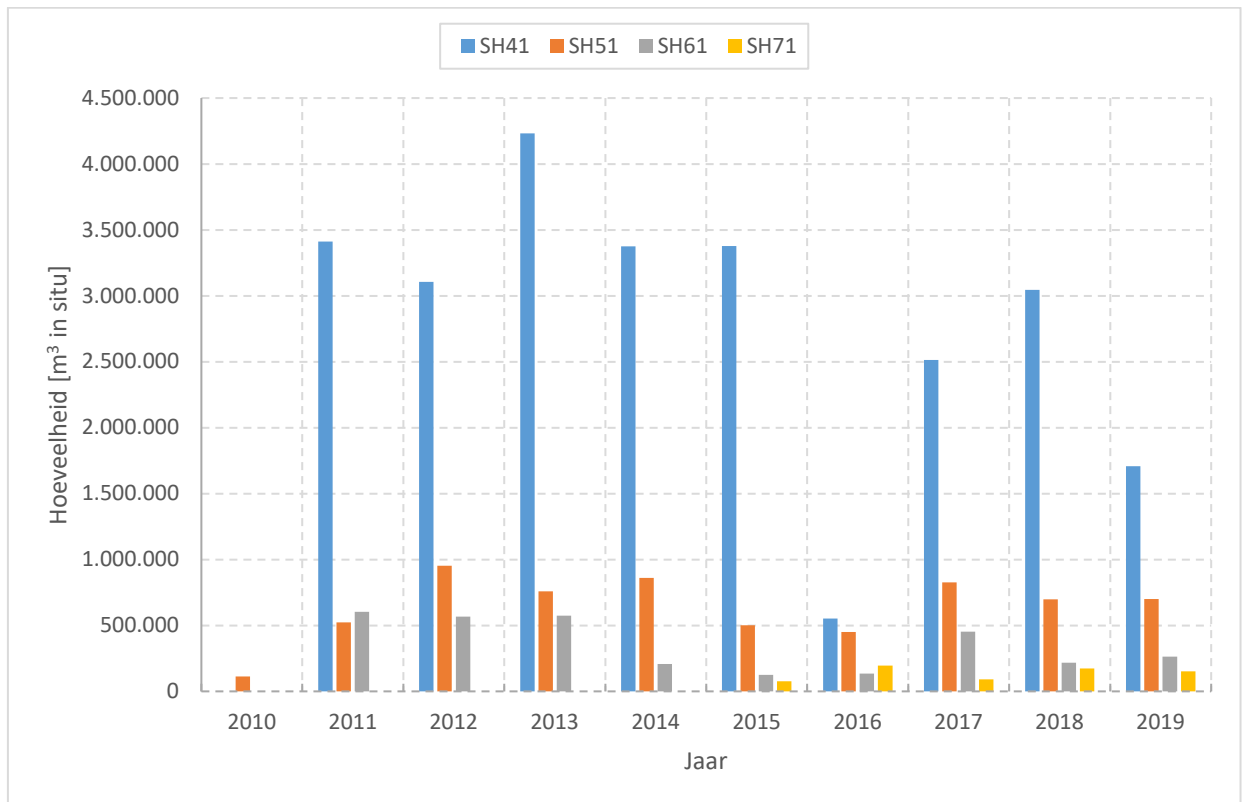
Bijlage H Gestorte hoeveelheden vaargeulonderhoud vanaf 2010



Figuur 51 Gestorte hoeveelheden op de stortlocaties 'plaatrand' in de periode 2010 - 2019

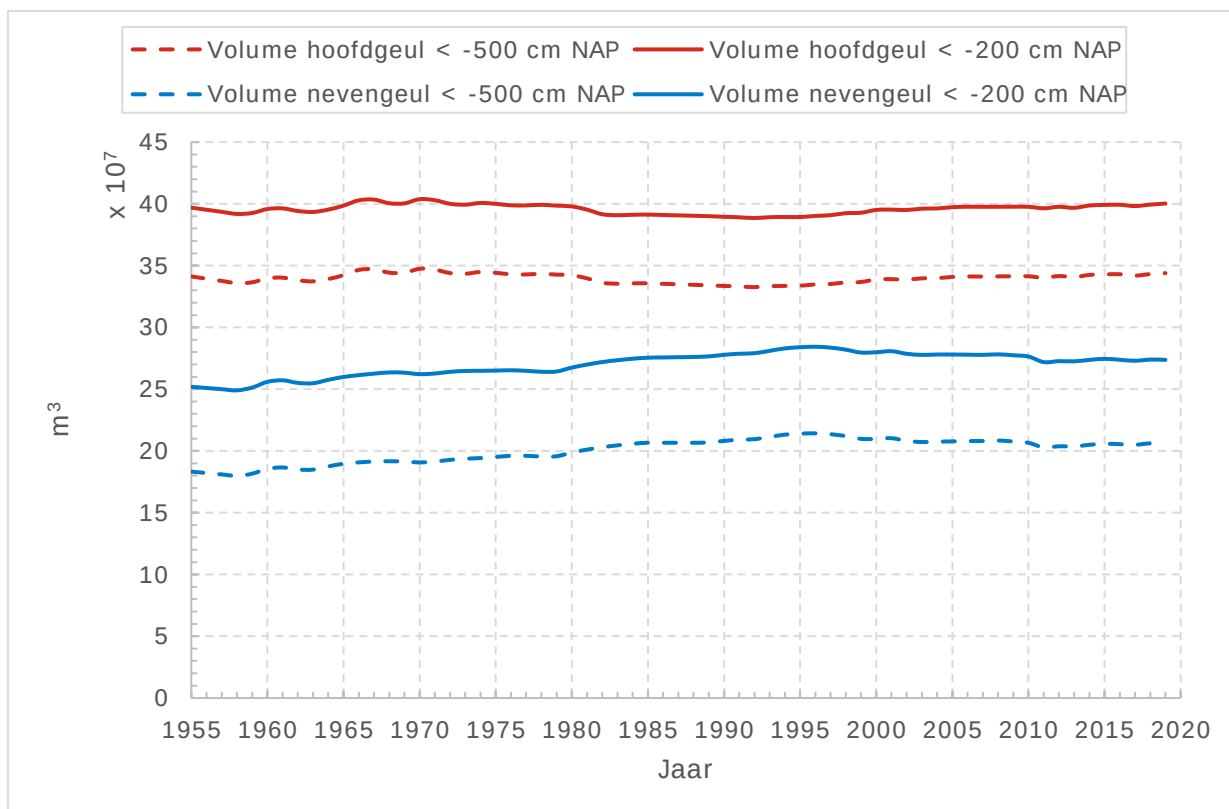


Figuur 52 Gestorte hoeveelheden op de stortlocaties 'nevengeul' in de periode 2010 - 2019

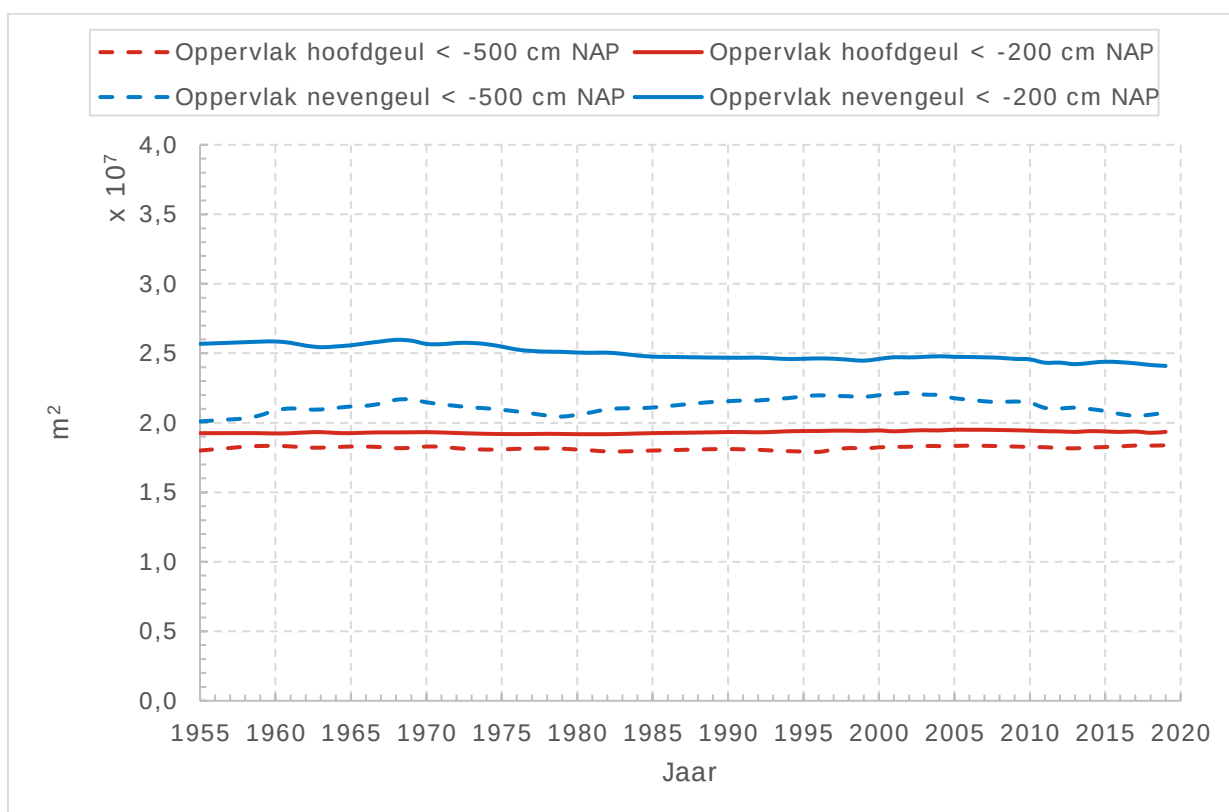


Figuur 53 Gestorte hoeveelheden op de stortlocaties 'hoofdgeul' in de periode 2010 - 2019

Bijlage I Watervolumes en oppervlaktes macrocel 1

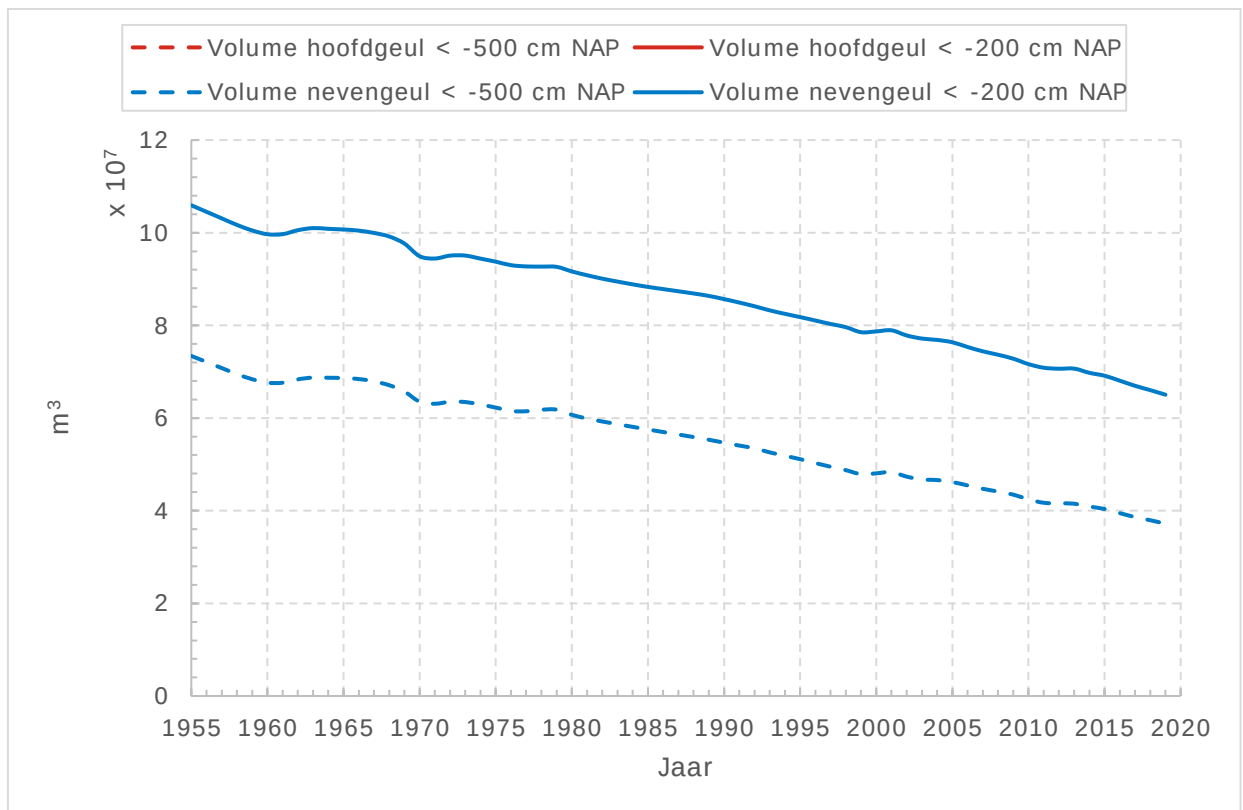


Figuur 54 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

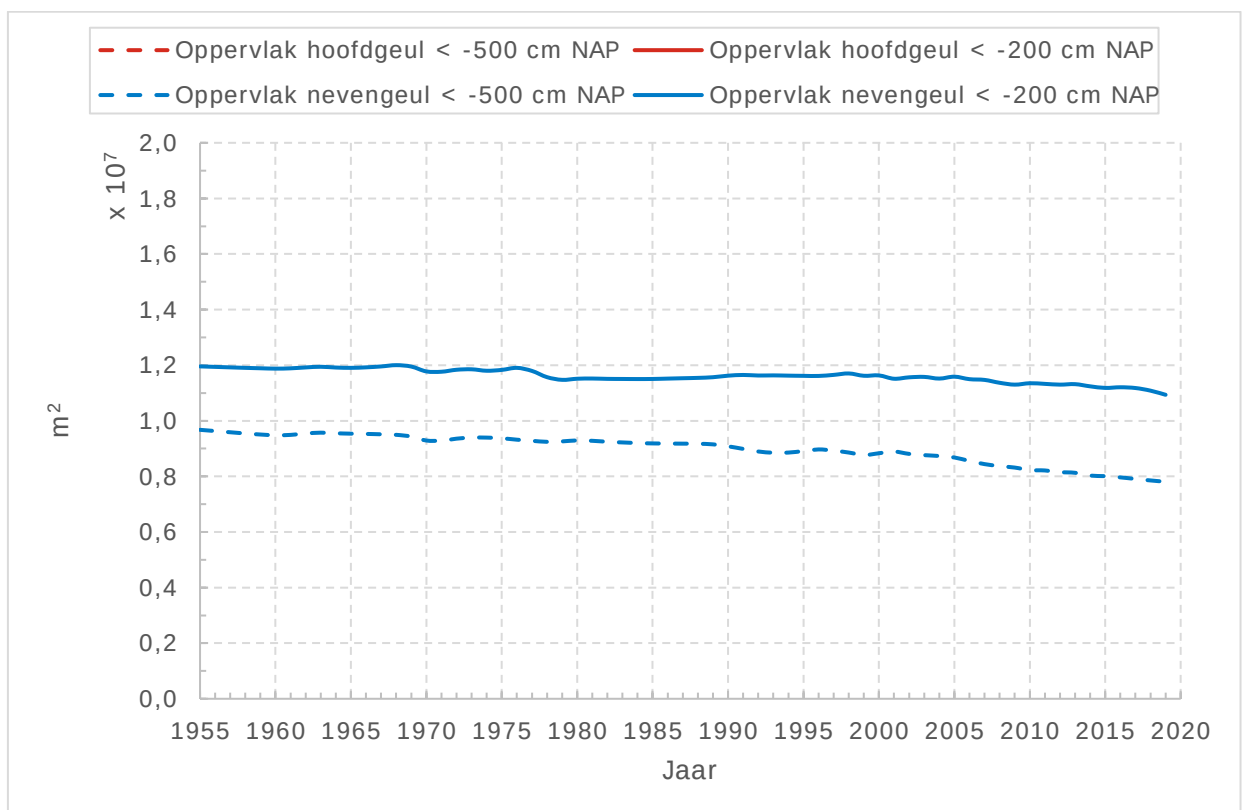


Figuur 55 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage J Watervolumes en oppervlaktes macrocel 2

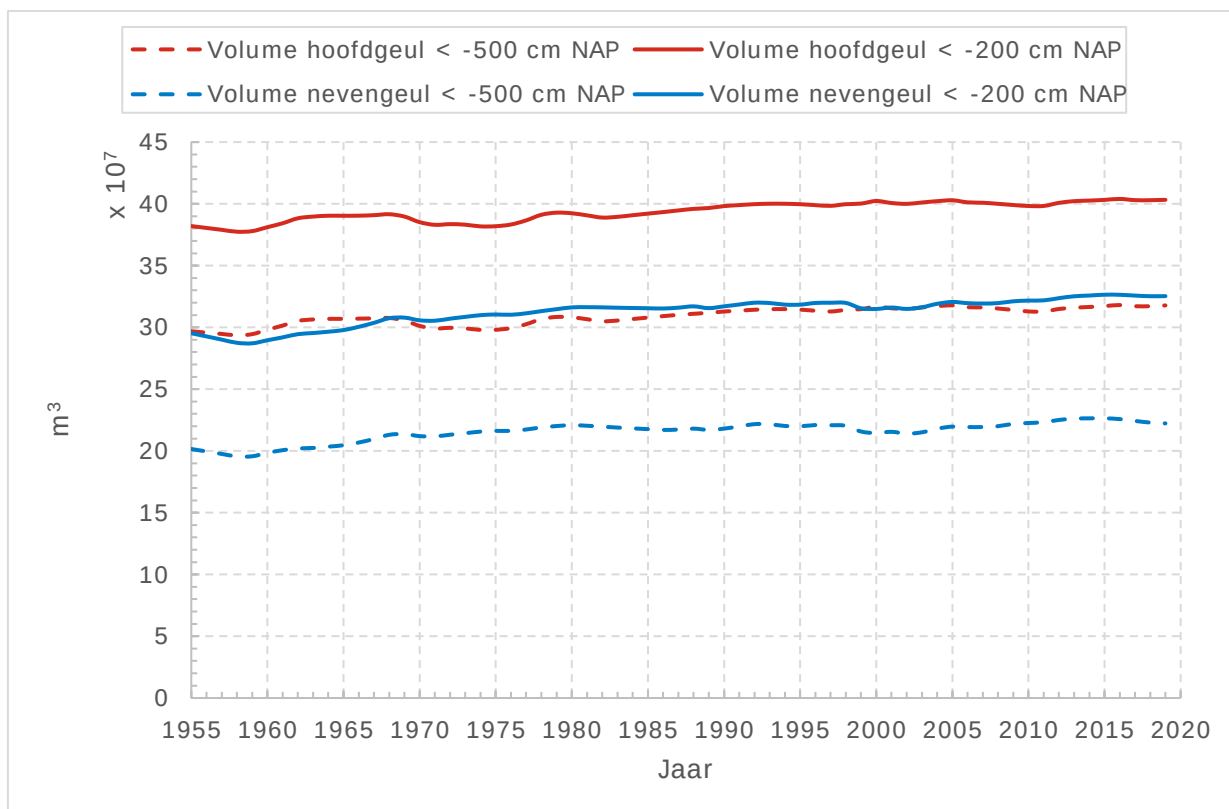


Figuur 56 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

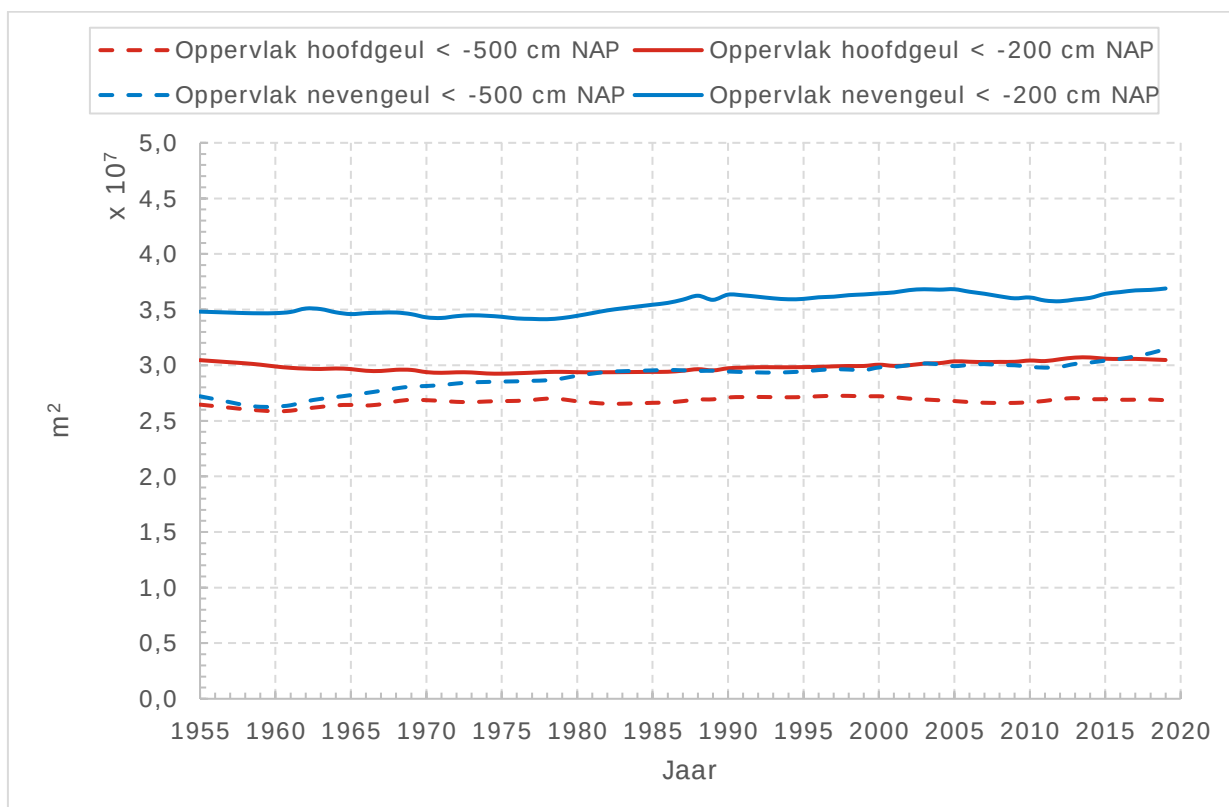


Figuur 57 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage K Watervolumes en oppervlaktes macrocel 3

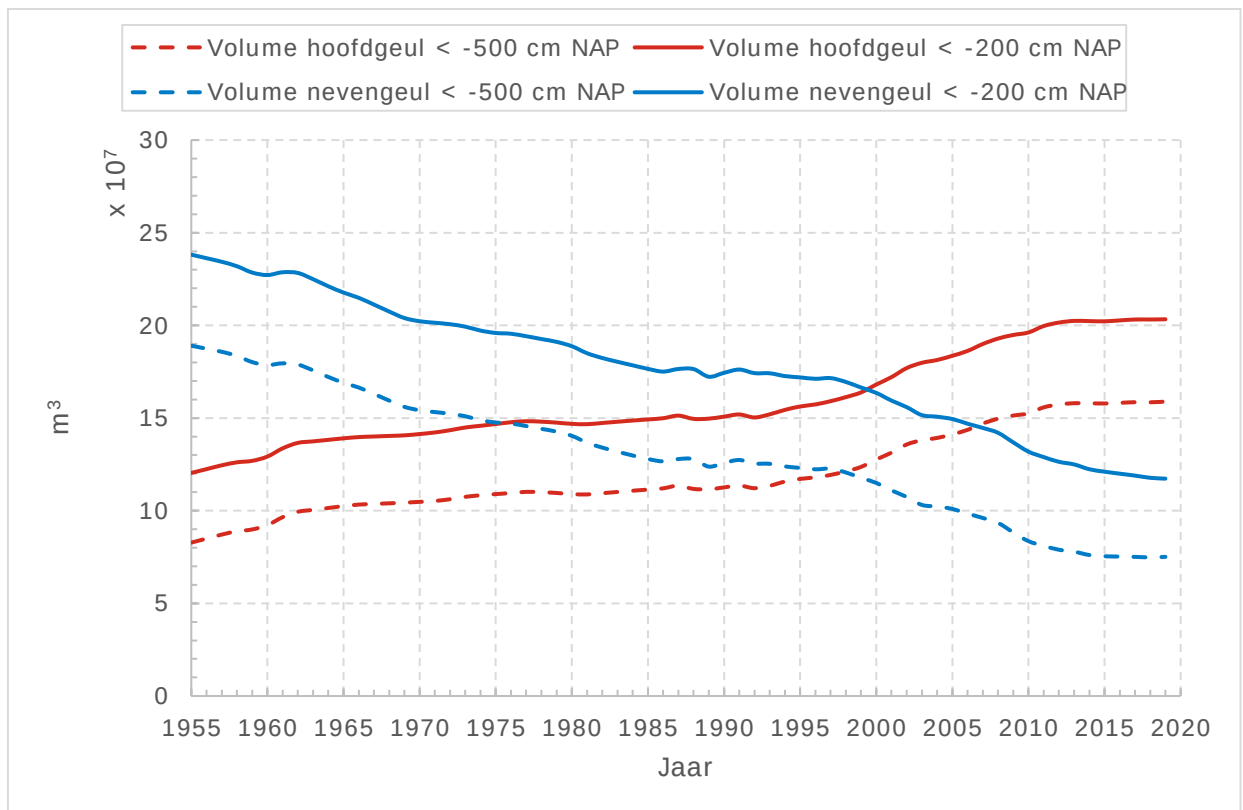


Figuur 58 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

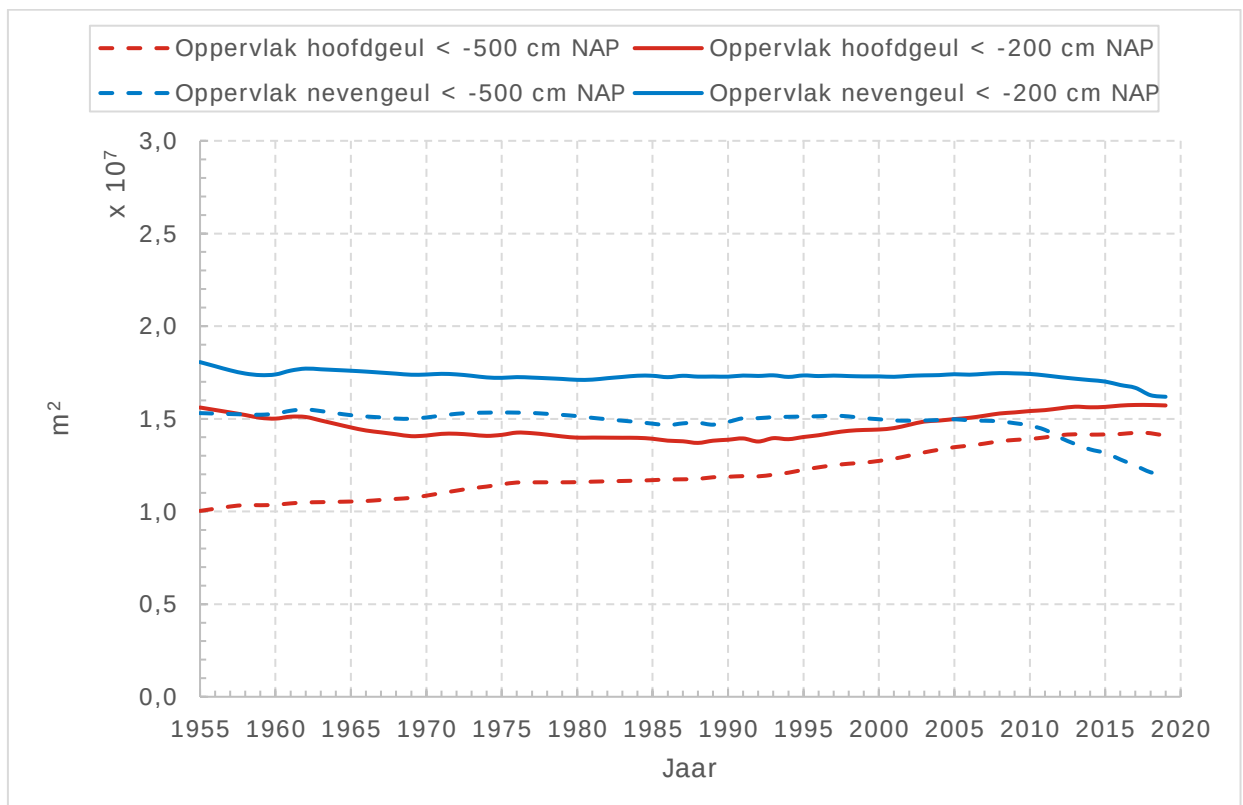


Figuur 59 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage L Watervolumes en oppervlaktes macrocel 4

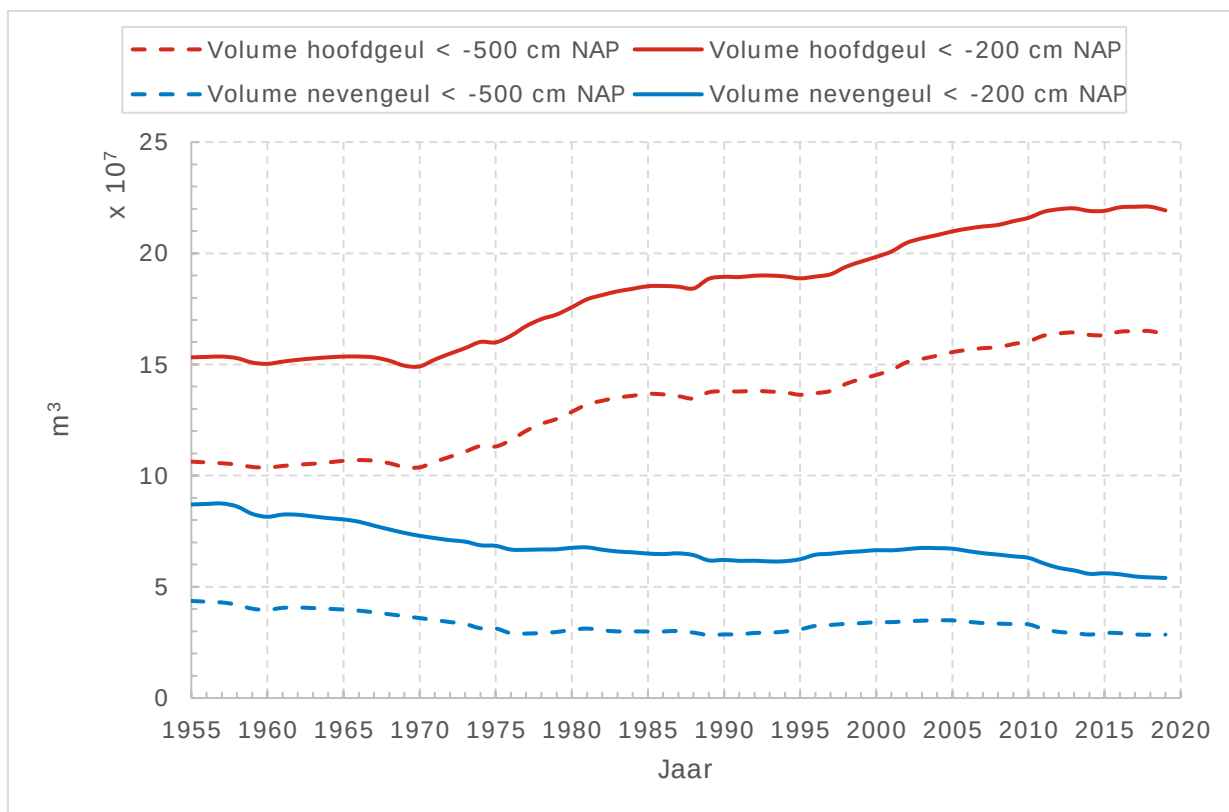


Figuur 60 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

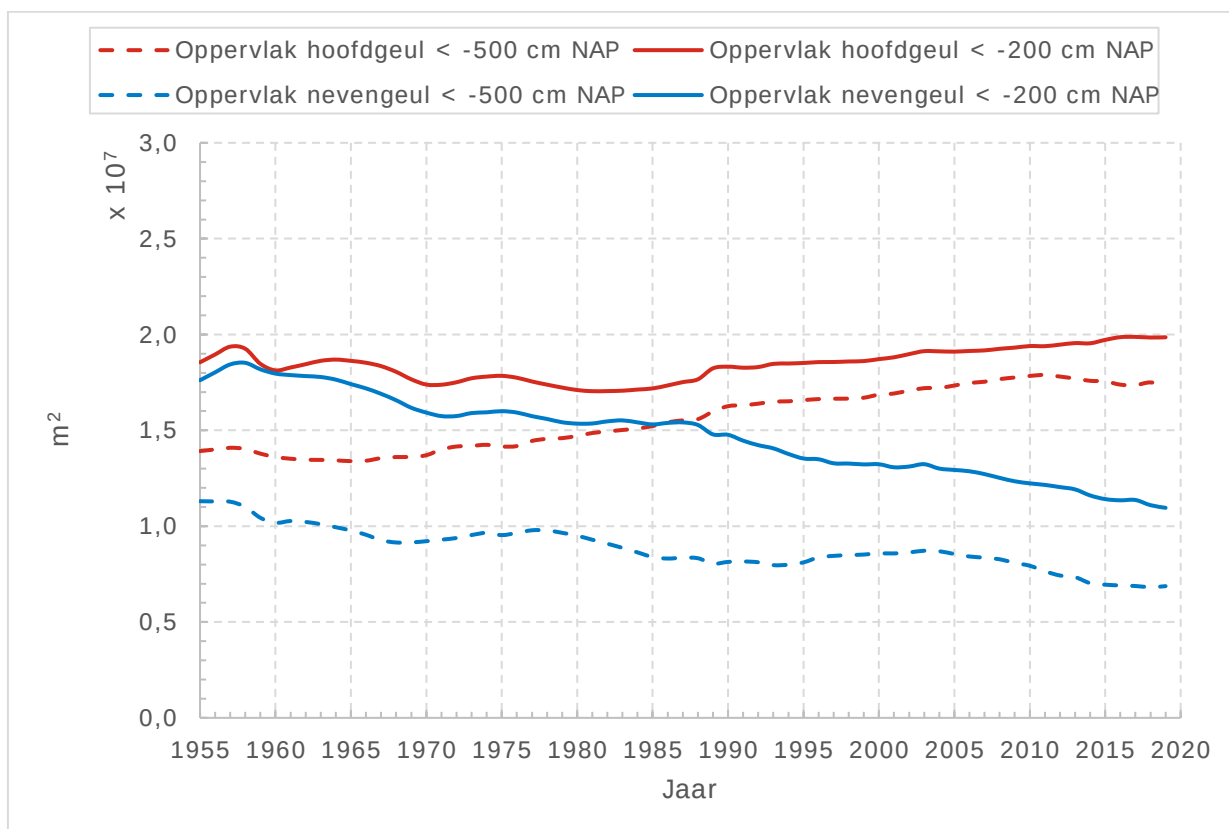


Figuur 61 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage M Watervolumes en oppervlaktes macrocel 5

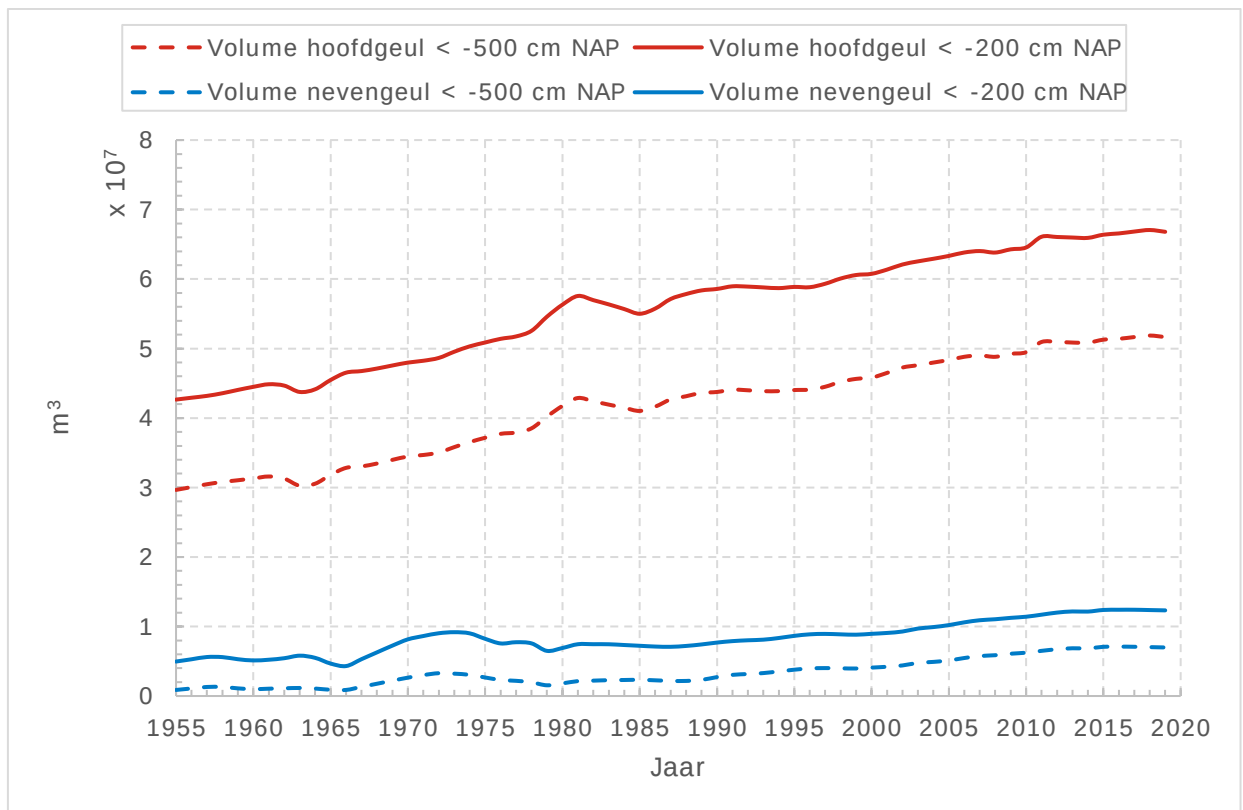


Figuur 62 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP.

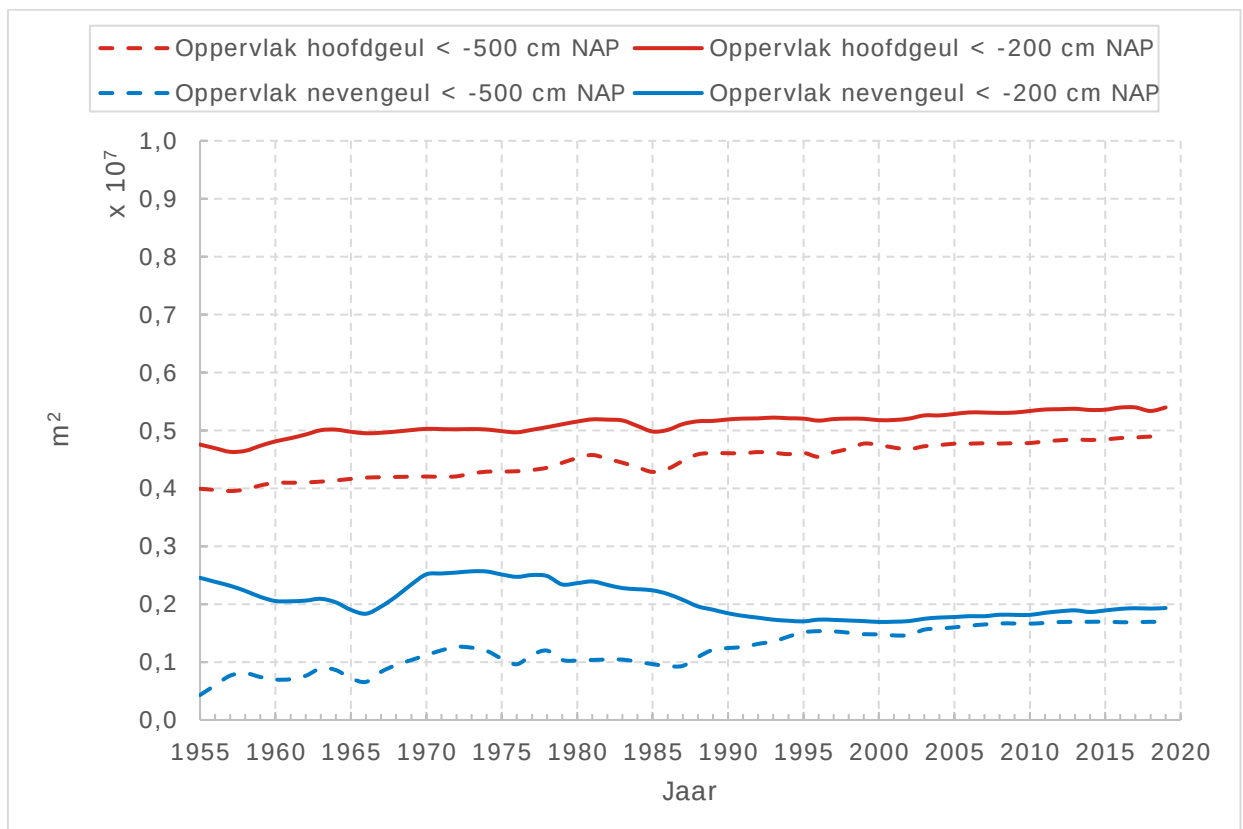


Figuur 63 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP.

Bijlage N Watervolumes en oppervlaktes macrocel 6

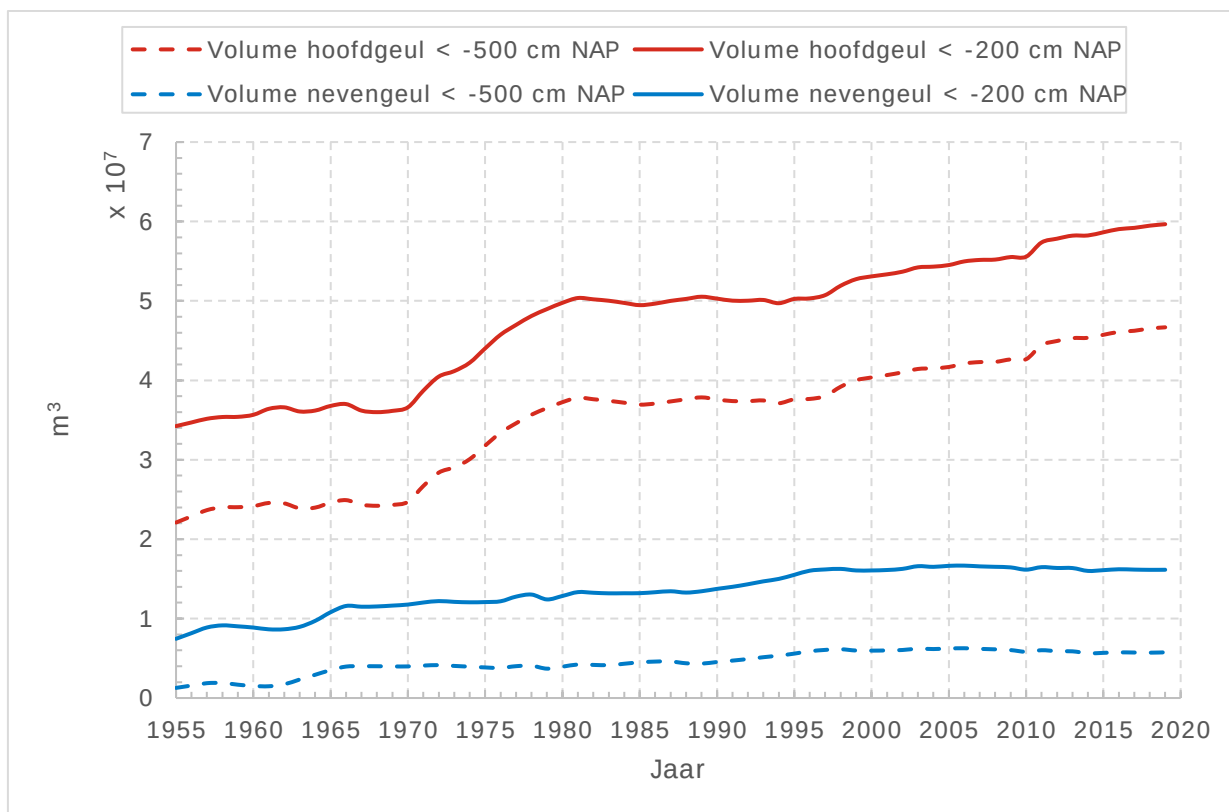


Figuur 64 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP.

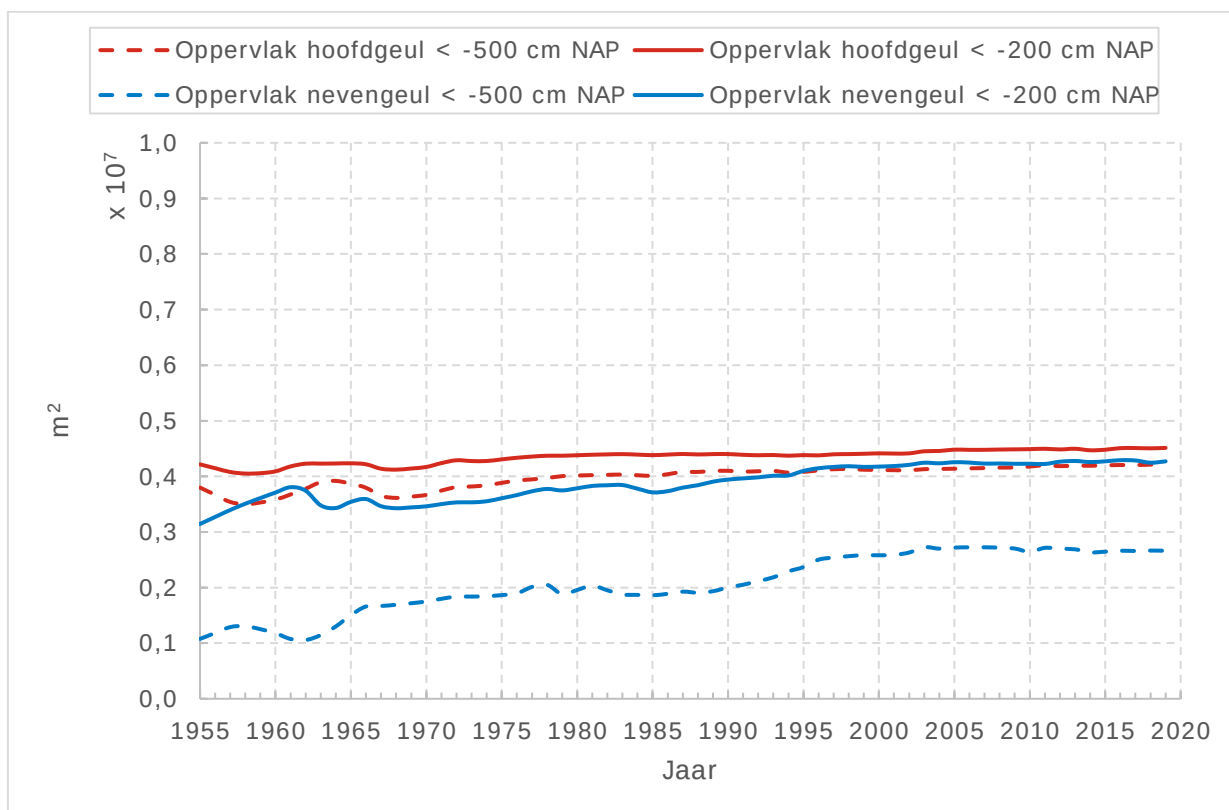


Figuur 65 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP.

Bijlage O Watervolumes en oppervlaktes macrocel 7

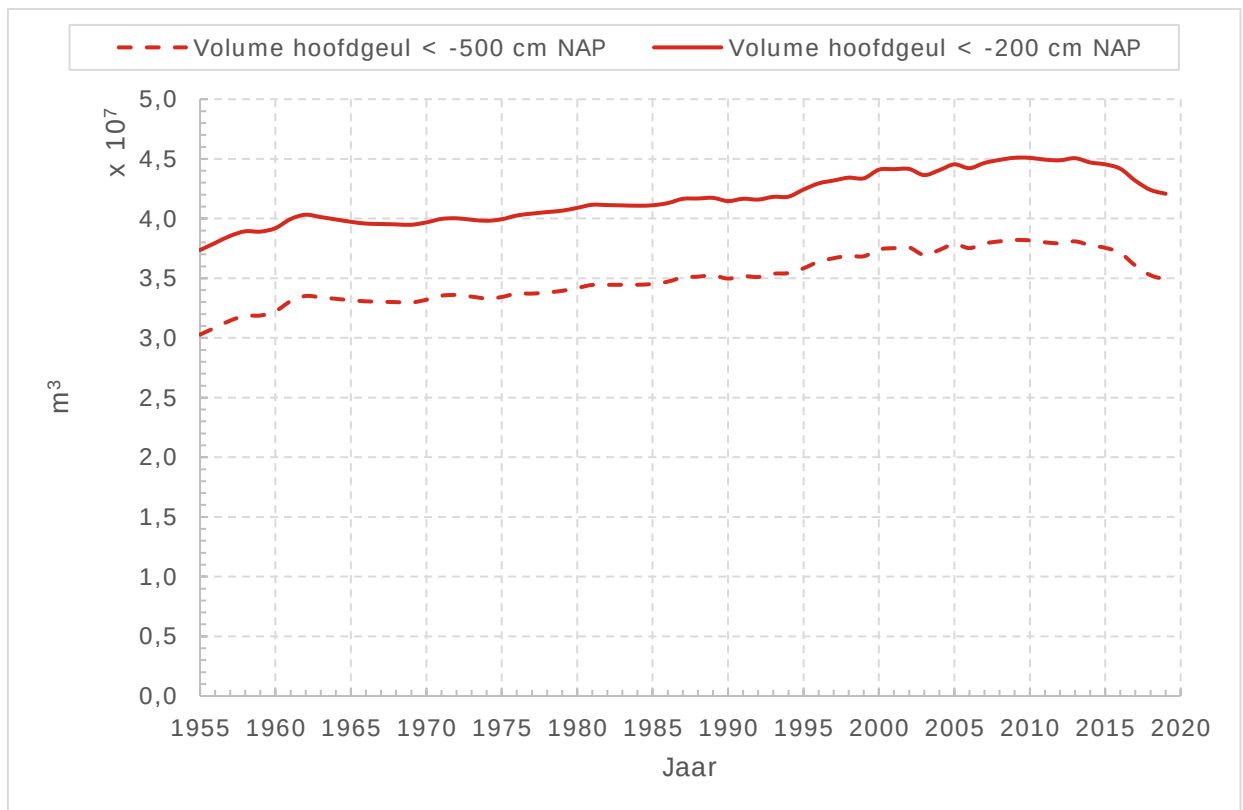


Figuur 66 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP.

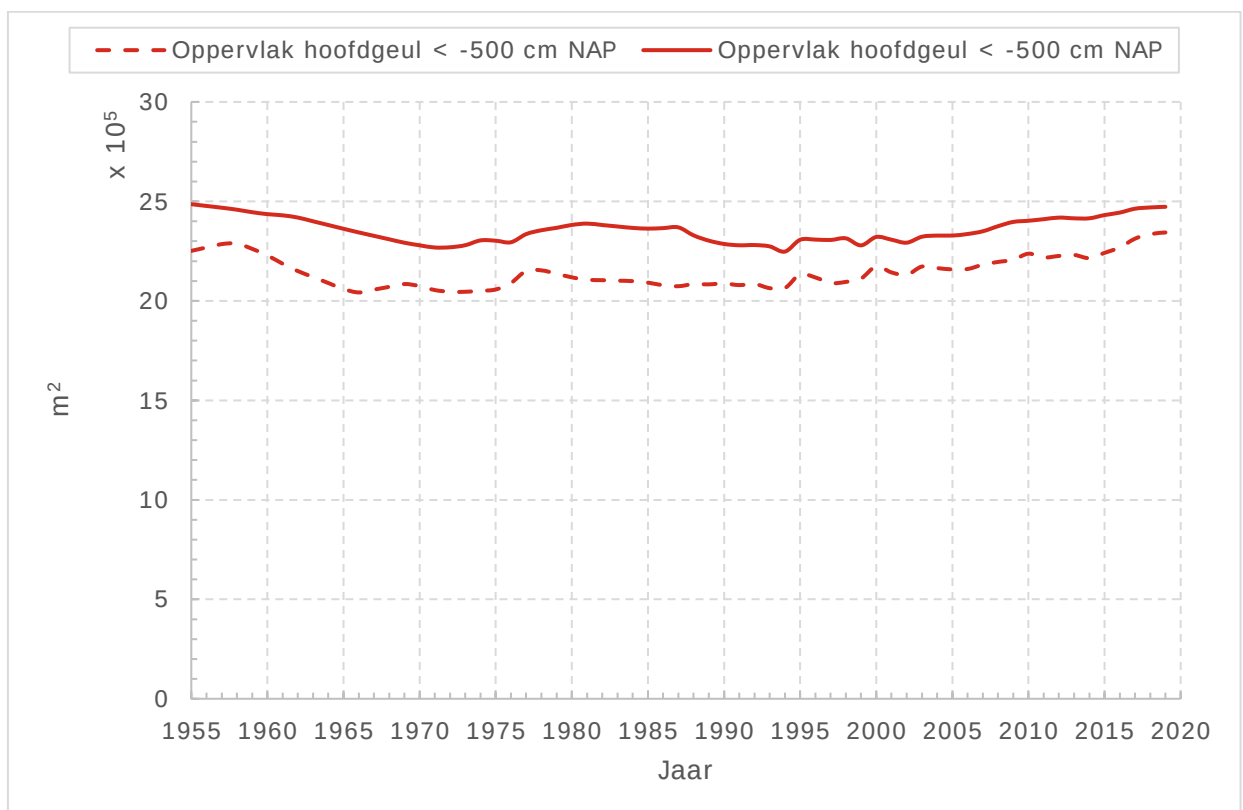


Figuur 67 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage P Watervolumes en oppervlaktes vak 16

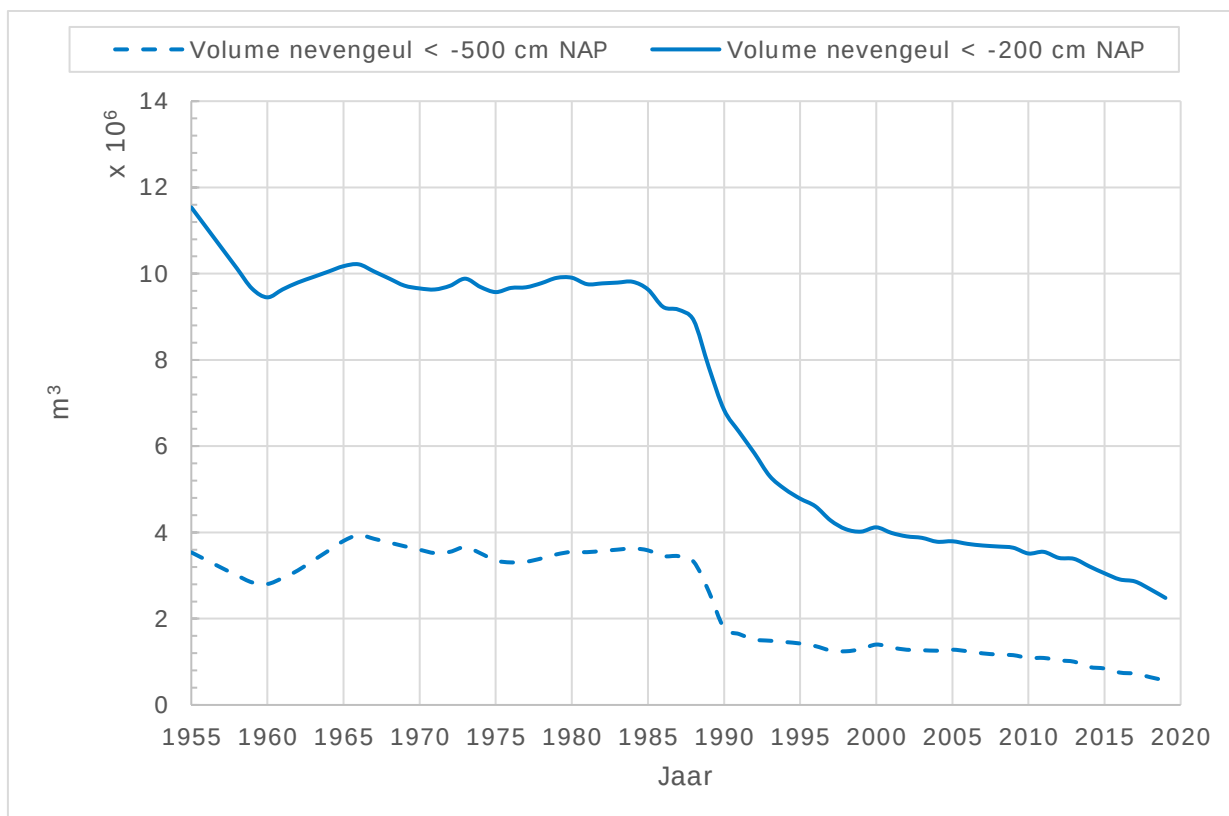


Figuur 68 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

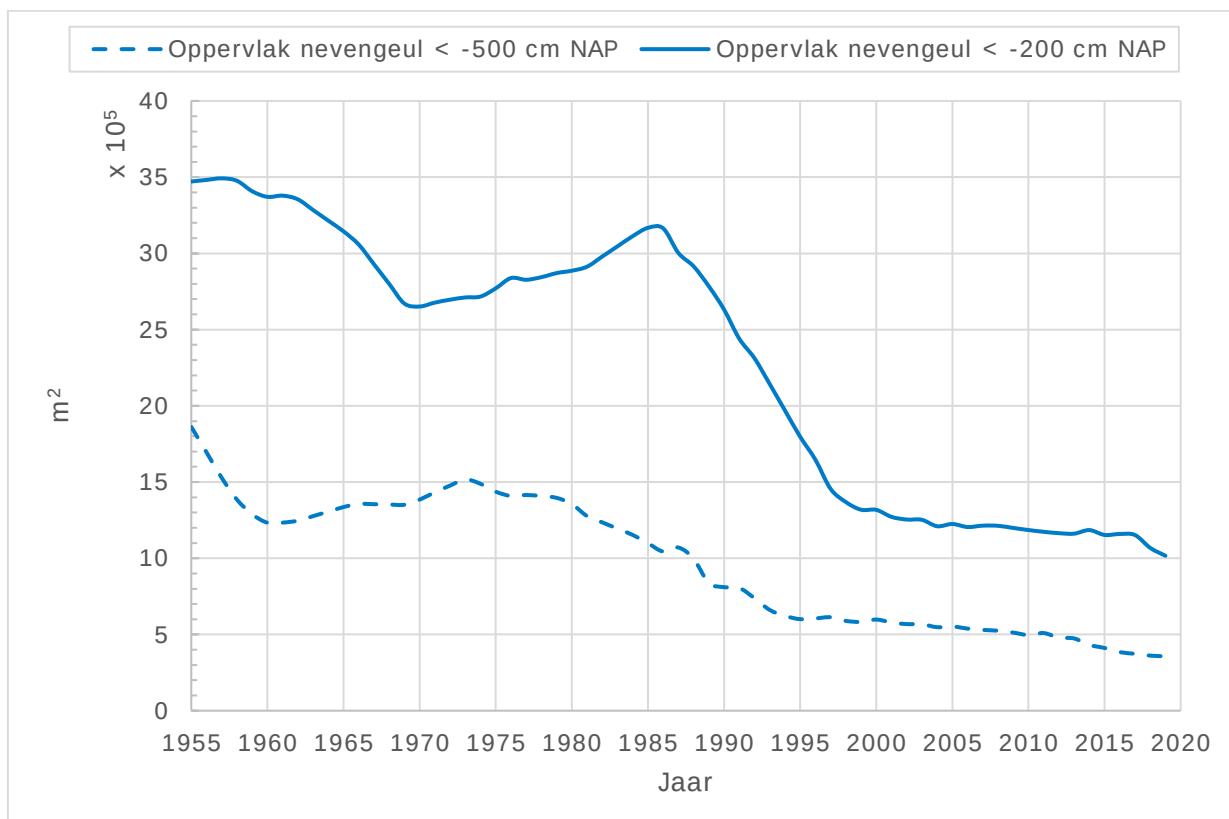


Figuur 69 Het berekende wateroppervlak onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage Q Watervolumes en oppervlaktes vak 17



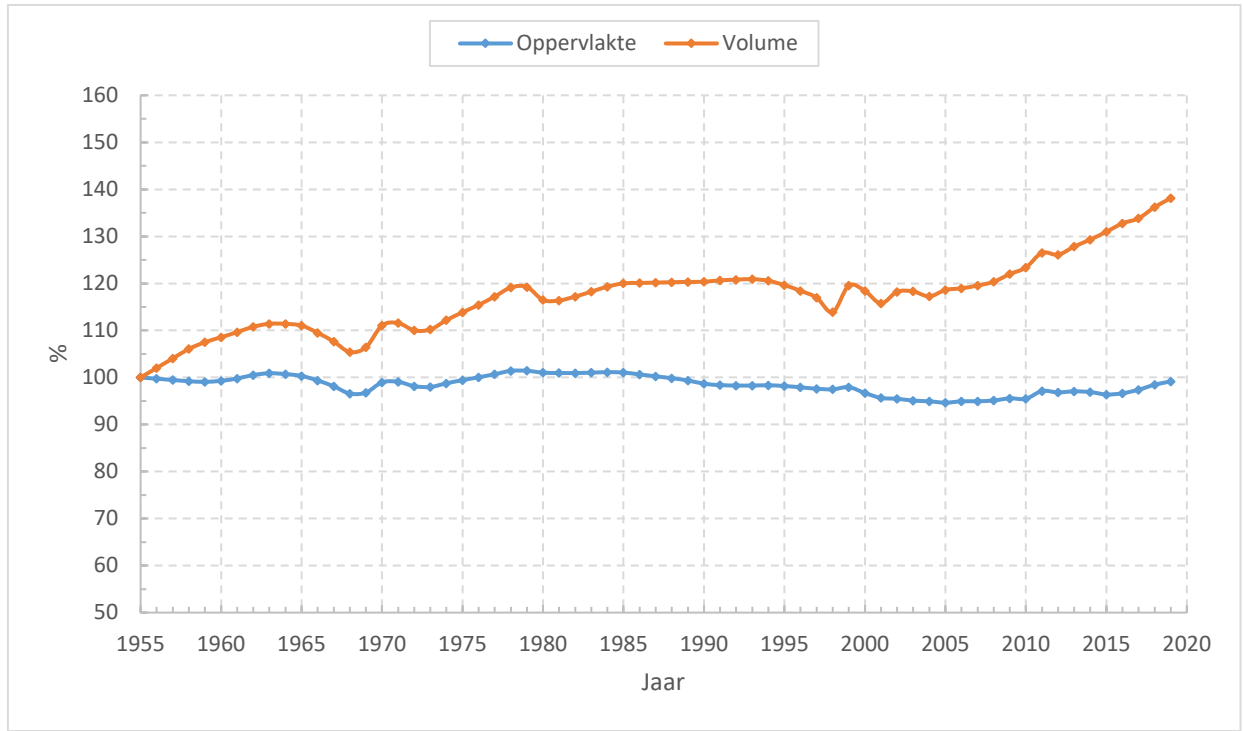
Figuur 70 Het berekende watervolume onder de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP



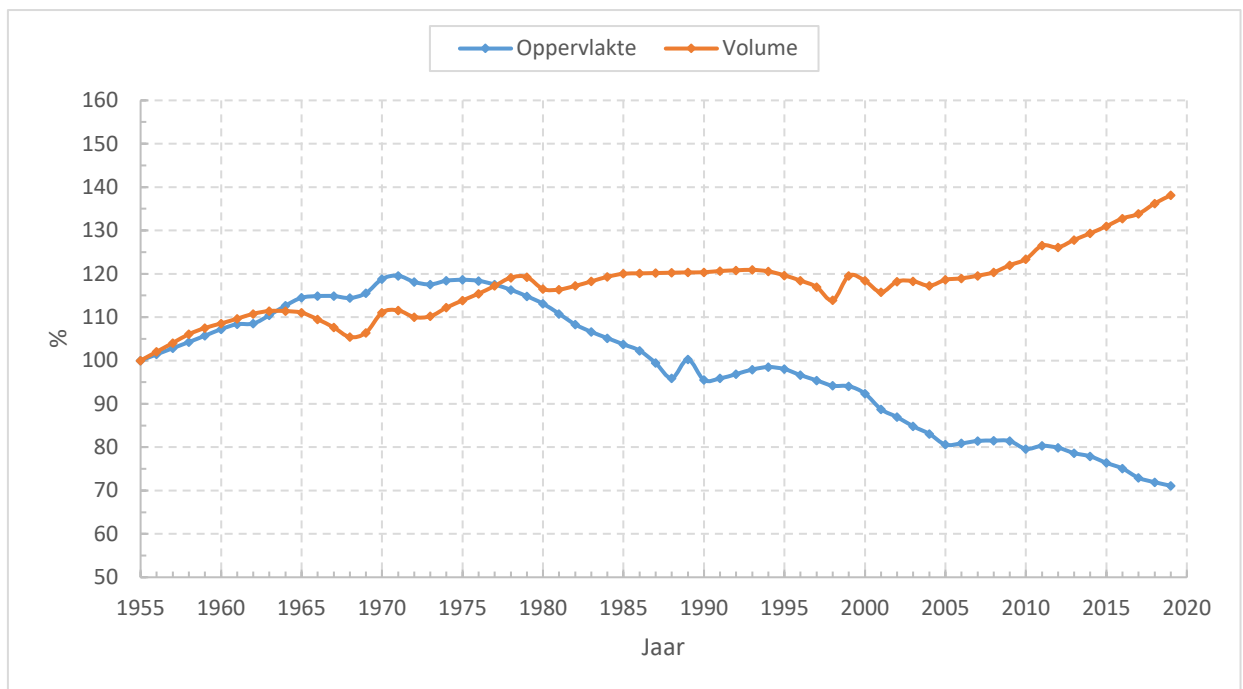
Figuur 71 Het berekende wateroppervlak op de referentievlakken -500 cm NAP en -200 cm NAP

Bijlage R Ontwikkeling plaatoppervlakte en –volume

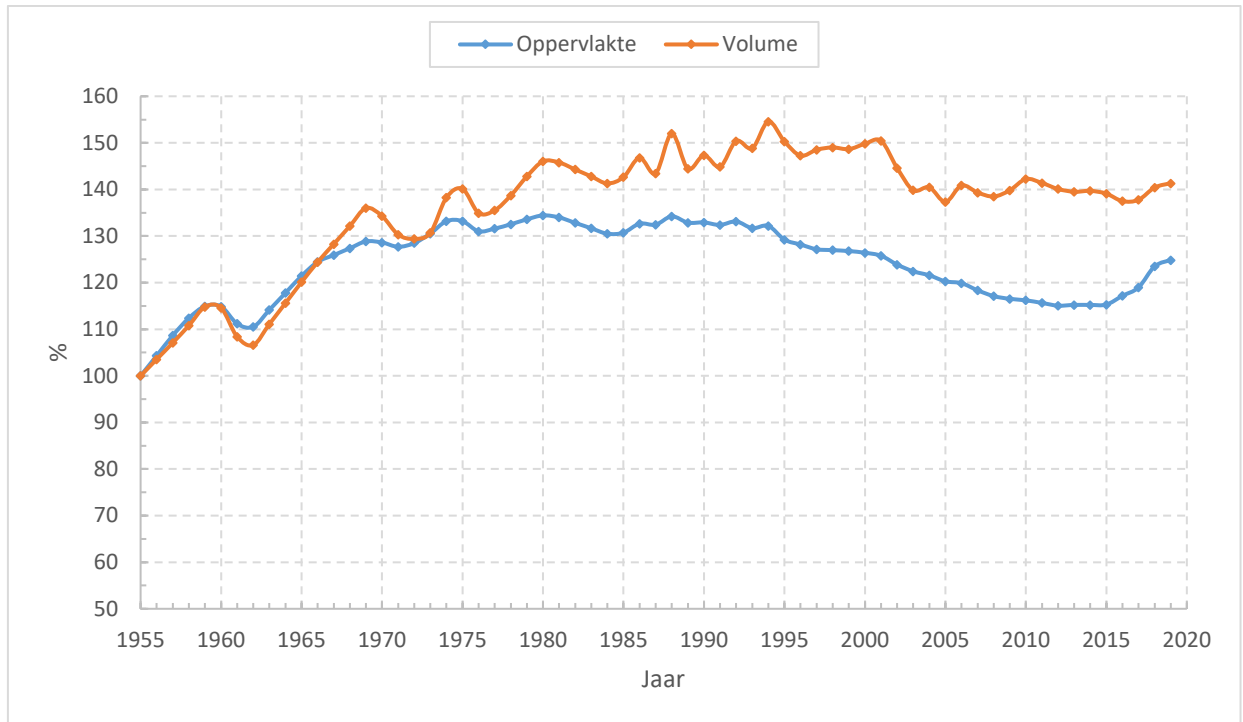
Hooge Platen



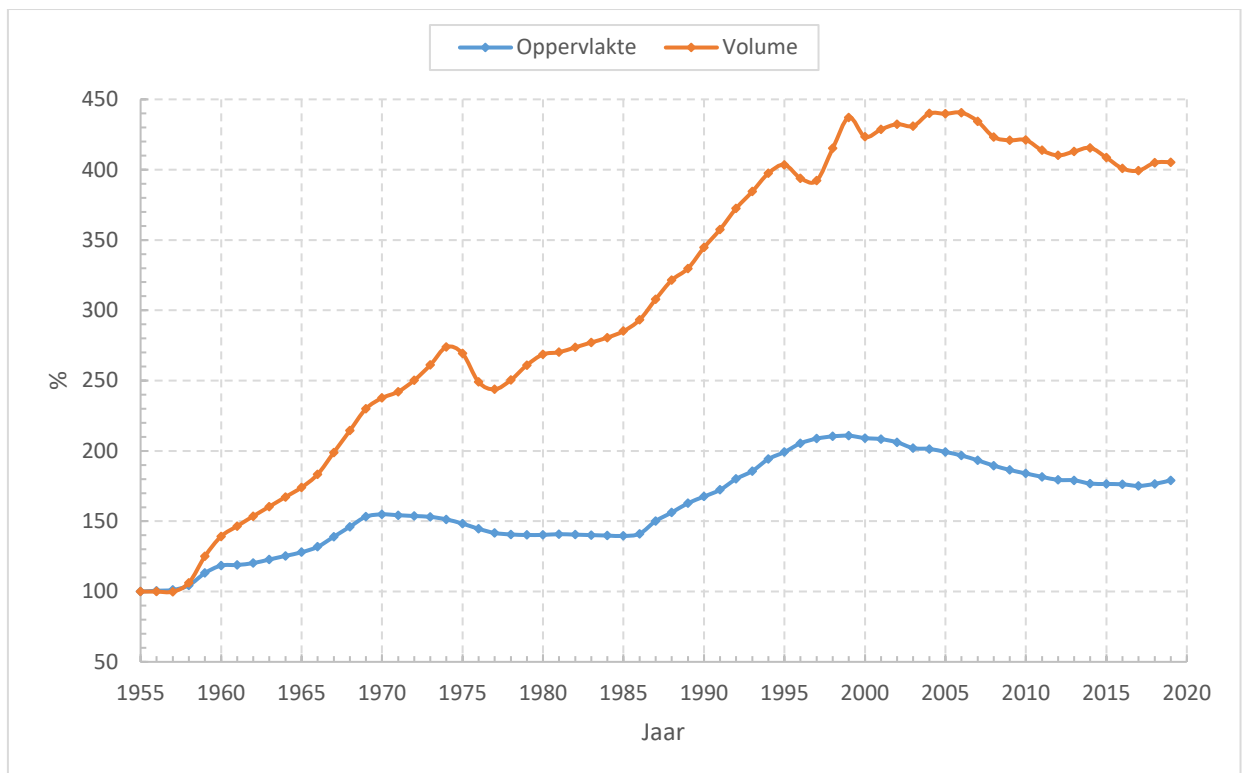
Middelplaten



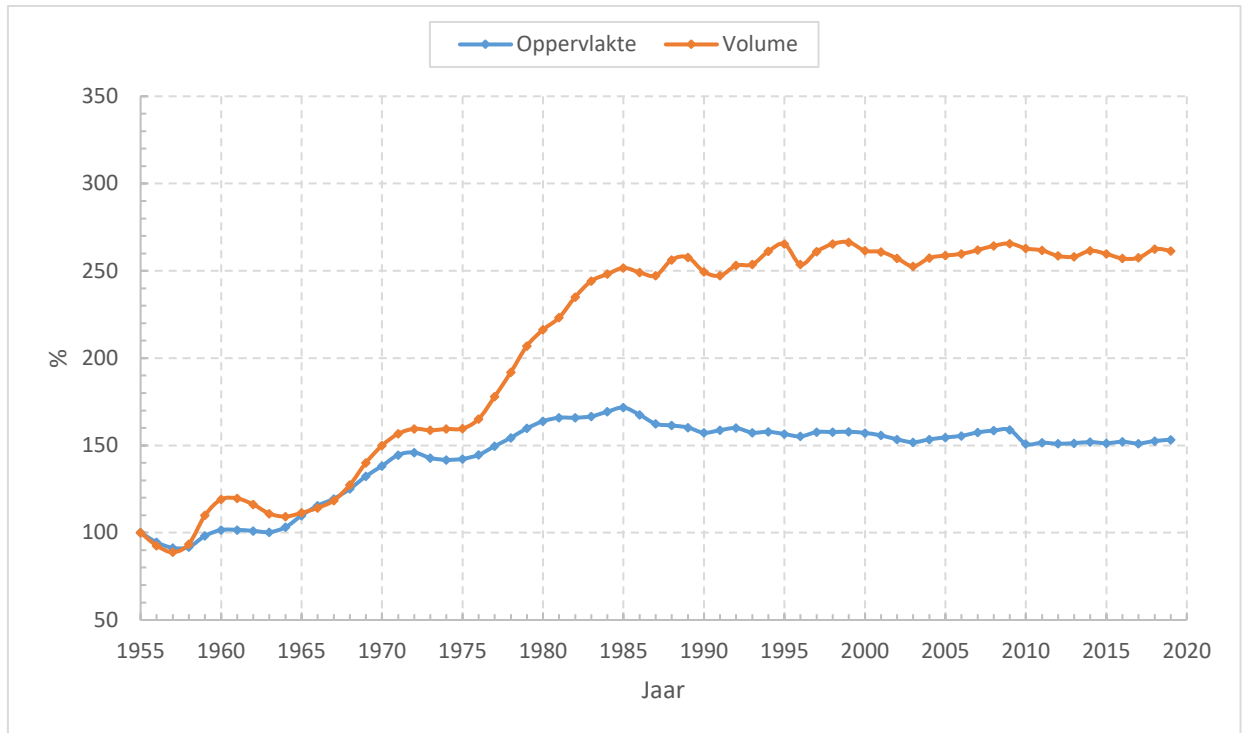
Rug van Baarland



Plaat van Ossenisse



Platen van Valkenisse



Plaat van Saeftinghe

