

Kust  
visie

# Kustvisie

Kantelpunten gravitaire afwatering en  
pompgemalen

Kantelpunten gravitaire afwatering en pompgemalen  
I/RA/11630/22.179/ABO

Opgesteld in opdracht van

Vlaamse Overheid- Departement Mobiliteit en Openbare Werken i.s.m. Agentschap Maritieme  
Dienstverlening en Kust  
MT/02401

Onder begeleiding van

Studieteam Hoogtij(d)  
IMDC, Arcadis, ORG,  
Econopolis, Common Ground, An Luyten, Connect, LDR en Jeroen Bryon

23 november 2023

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	14/04/2023	1 <sup>e</sup> versie	RPA, JVS, PRA	VBA	ABO
2.0	23/11/2023	Revisie 2	RPA, JVS	VBA	ABO

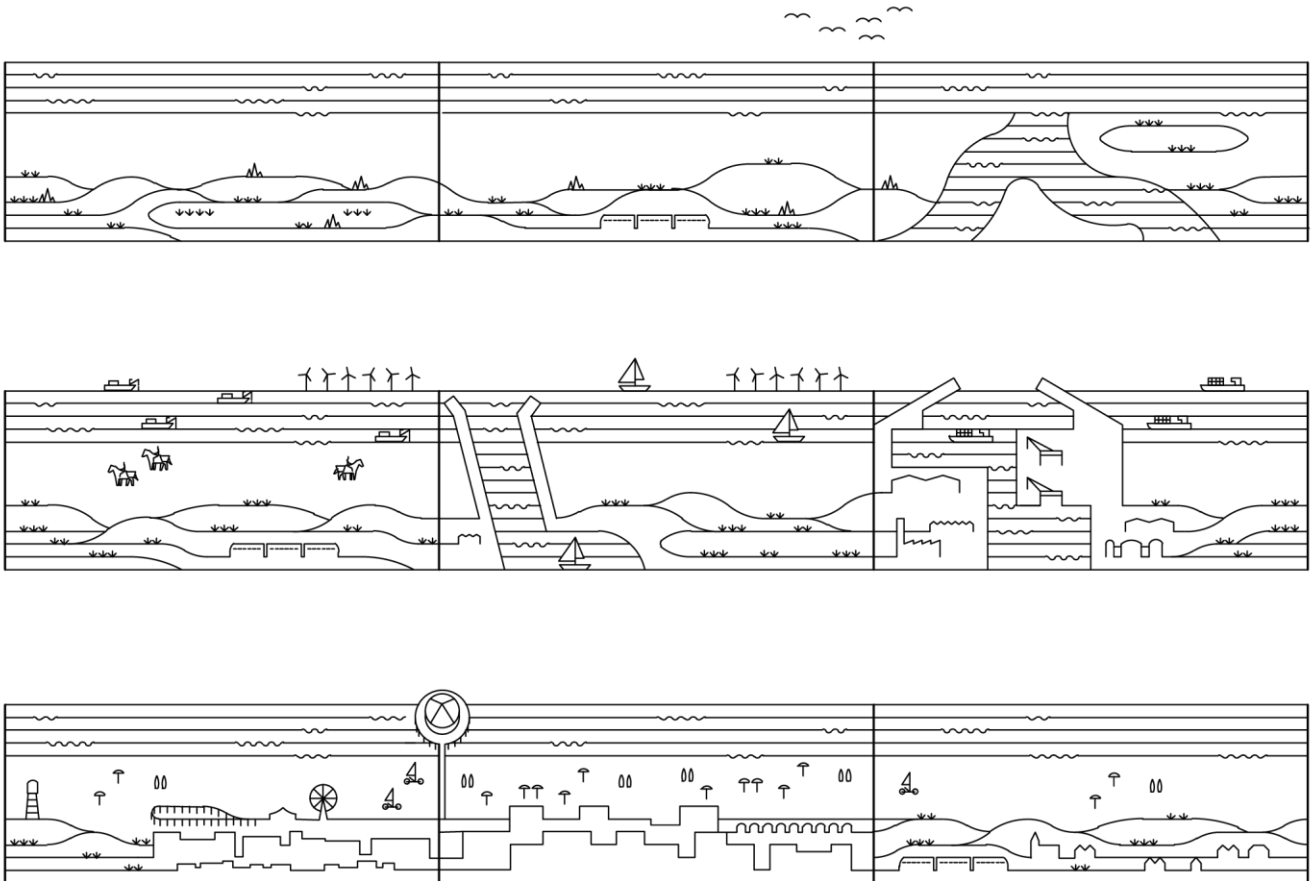
*De studies en het onderzoek in Kustvisie zijn uitgevoerd ter ondersteuning van het opstellen van het 'strategisch beleidsplan Kustvisie'. Het doel is daarbij een kansrijk kustbeschermingslint af te bakenen, dat is de ruimte waarbinnen de toekomstige zeewering kan worden ontworpen en uitgevoerd om de kust ook op lange termijn te blijven beschermen.*

*Dit document maakt deel uit van de onderbouwende studies. Het wordt gedeeld om inzicht en achtergrond te geven in het studiewerk voor en de onderbouwing van het strategisch beleidsplan Kustvisie.*

*Het onderzoek in Kustvisie is uitgevoerd op een niveau dat gepast is voor de keuze van een kansrijk kustbeschermingslint in het strategisch beleidsplan. De focus ligt daarbij op de studie van de onderscheidende effecten van de alternatieven ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van elkaar. Het gaat ook steeds over grootteorde dimensies en conceptuele ontwerpen, geschikt voor het opmaken van voorbeelduitwerkingen en voor de evaluatie van alternatieven op strategisch niveau. Het studiewerk in dit document kan daarom niet worden beschouwd als een detailonderzoek of detailontwerp. Dit gebeurt pas op projectniveau. Verder hoort er bij het strategisch beleidsplan Kustvisie een eerste actieplan 2025 – 2034. Dit actieplan bevat de nodige acties om Kustvisie stapsgewijs uit te voeren. In dit plan zijn ook een aantal acties gedefinieerd met betrekking tot het verder onderzoek, het ontwerp, de uitwerking en de uitvoering van de toekomstige kustbeschermingsmaatregelen binnen het gekozen kustbeschermingslint.*



# Kantelpunten gravitaire afwatering en pompgemalen





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>12</b>
1.1	De opdracht	12
1.2	Doel van het rapport	12
1.3	Leeswijzer	13
<b>2</b>	<b>Randvoorwaarden</b>	<b>15</b>
2.1	Zeebrugge	15
2.2	Blankenbergsevaart	17
2.3	Oostende	17
2.4	Nieuwpoort	19
<b>3</b>	<b>Methodiek</b>	<b>22</b>
3.1	Inleiding	22
3.2	Definitie kantelpunt	22
3.3	Hydrodynamisch gedrag	23
3.3.1	MIKE model	24
3.3.2	ICM model	24
3.3.3	Expert beoordeling	27
<b>4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>31</b>
4.1	Overzicht per waterloop	31
4.1.1	Leopoldkanaal	32
4.1.2	Isabellavaart	33
4.1.3	Afleidingskanaal van de Leie	34
4.1.4	Lisseweegsevaart	35
4.1.5	Blankenbergsevaart	35
4.1.6	Kanaal Brugge – Oostende	37

4.1.7	Noordede	38
4.1.8	Oostends Krekengebied (Caemerlinckxgeleed)	40
4.1.9	Nieuw Bedelf	41
4.1.10	Kanaal Plassendale – Nieuwpoort	43
4.1.11	Kreek van Nieuwendamme	44
4.1.12	IJzer	46
4.1.13	Overlaat Veurne Ambacht	47
4.1.14	Veurnevaart	48
4.1.15	Oude Veurnevaart	49
4.2	Verzameling kantelpunten	50
<b>5</b>	<b>Pompcapaciteit</b>	<b>53</b>
5.1	Bepaling pompcapaciteit	53
5.1.1	MIKE model	53
5.1.2	ICM model	54
5.1.3	Expert	54
5.2	Conceptueel ontwerp pompstation	55
5.2.1	Zeebrugge	55
5.2.2	Blankenbergsevaart	57
5.2.3	Oostende	59
5.2.4	Nieuwpoort	63
<b>6</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>68</b>
6.1	Context	68
6.2	Kantelpunten afwatering	68
6.3	Pompcapaciteit	69
6.4	Aanbevelingen	70
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>71</b>
<b>Bijlages</b>		
<b>Bijlage A</b>	<b>Resultaten ICM kalibratie</b>	<b>72</b>
A.1	ICM-kalibratie Blankenbergsevaart	73
A.2	ICM-kalibratie Noordede	76
A.3	ICM-Kalibratie Caemerlinckxgeleed	79

## Lijst van tabellen

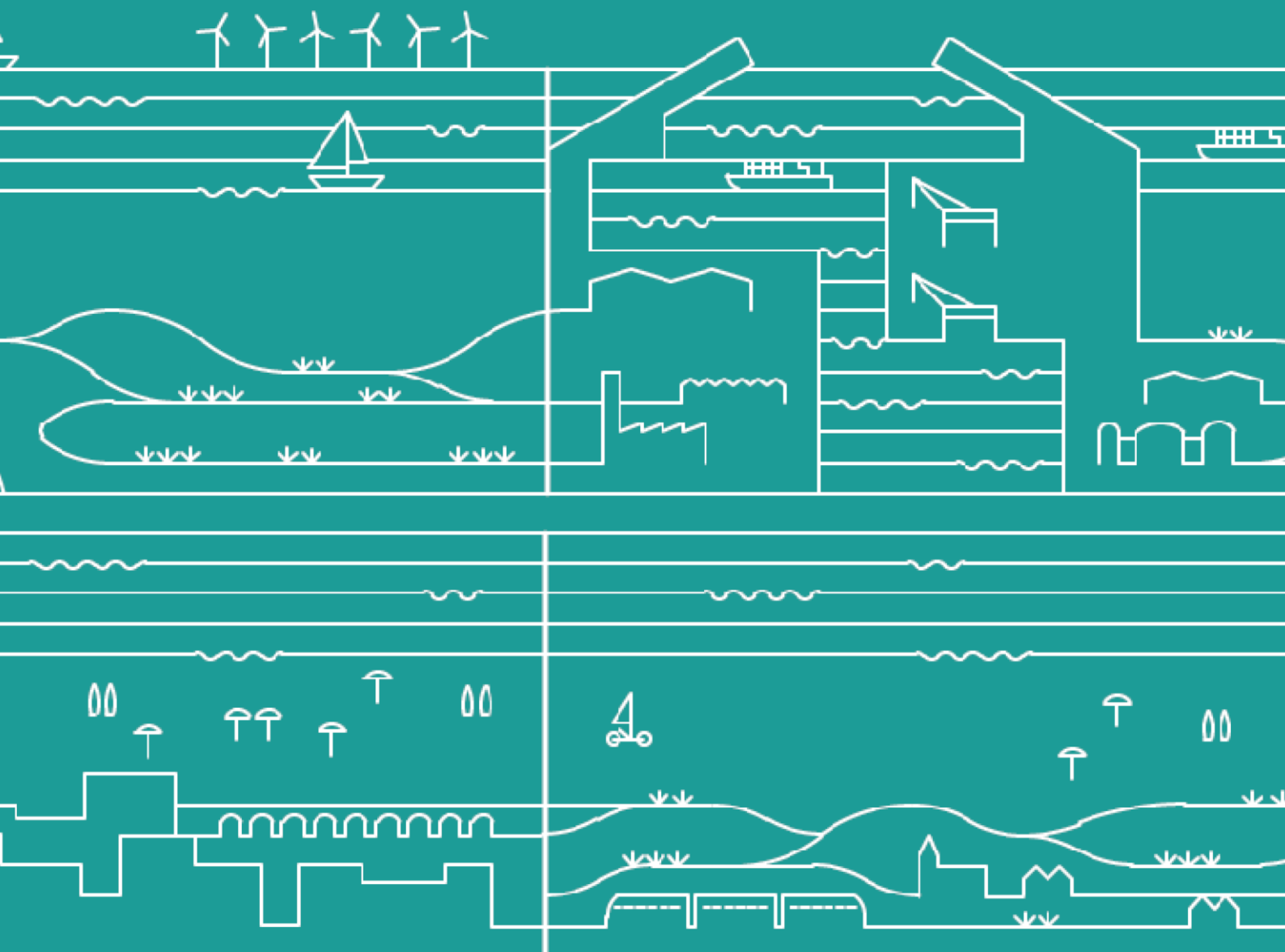
Tabel 2-1: Overzicht geometrie uitstroomconstructies Zeebrugge. NA betekent constructie niet aanwezig en X betekent geen informatie.	16
Tabel 2-2: Overzicht geometrie uitstroomconstructie Blankenbergsevaart.	17
Tabel 2-3: Overzicht geometrie uitstroomconstructies Oostende. NA betekent constructie niet aanwezig en X betekent geen informatie.	18
Tabel 2-4: Overzicht geometrie uitstroomconstructies Nieuwpoort. NA betekent constructie niet aanwezig en X betekent geen informatie.	20
Tabel 3-1: Overzicht gehanteerde drempelpeilen in de analyse	23
Tabel 3-2: Overzicht van afstroomdebieten bij terugkeerperiode 2 jaar	28
Tabel 4-1: Waterpeilstijging in het Nieuw Bedelf gebaseerd op analyse toegelicht in 3.3.3.2	41
Tabel 4-2: Waterpeilstijging in de Kreek van Nieuwendamme gebaseerd op analyse toegelicht in 3.3.3.2	44
Tabel 4-3: Waterpeilstijging in de Oude Veurnevaart gebaseerd op analyse toegelicht in 3.3.3.2	49
Tabel 4-4: Overzicht kantelpunten op basis streefpeil en overstromingspeil vergeleken met kantelpunten (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2021). De periode wordt aangegeven met zomer (Z) en winter (W).	51
Tabel 5-1: Overzicht volumes en debieten voor bepaling pompcapaciteit	53
Tabel 5-2: Overzicht debieten voor bepaling pompcapaciteit	54
Tabel 5-3: Overzicht volumes en debieten voor bepaling pompcapaciteit	55
Tabel 6-1: Overzicht kantelpunten op basis streefpeil en overstromingspeil. De periode wordt aangegeven met zomer (Z) en winter (W).	69

## Lijst van figuren

Figuur 2-1: Kaart waterwegen Zeebrugge (Bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))	16
Figuur 2-2: Kaart Blankenbergsevaart (Bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))	17
Figuur 2-3: Kaart waterwegen Oostende (bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))	18
Figuur 2-4: Kaart waterlopen en uitstroomconstructies Nieuwpoort (bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))	19
Figuur 3-1: Snapshot ICM model	24
Figuur 3-2: Karakteristieke energielijnen	24
Figuur 3-3: Getijkrommen nabij Zeebrugge (linksboven), Blankenbergse Vaart (rechtsboven), Oostende (linksonder) en Nieuwpoort (rechtsonder). Bron: Vlaamse Hydrografie	26
Figuur 3-4: Expert beoordeling voorbeeldsituatie; streefpeil behaald en overstromingspeil niet behaald.	27
Figuur 3-5: Expert beoordeling voorbeeldsituatie; streefpeil niet behaald.	27
Figuur 3-6: Expert beoordeling voorbeeldsituatie; overstromingspeil behaald.	27
Figuur 3-7: Expert beoordeling voorbeeldsituatie; overstromingspeil behaald en streefpeil niet behaald.	28
Figuur 3-8: Deelstroomgebieden nabij de kust in Vlaanderen	29
Figuur 4-1: Karakteristieke waterpeilen bij een T2 event in Leopoldkanaal bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).	32
Figuur 4-2: Resultaten waterpeil in Isabellavaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).	33
Figuur 4-3: Resultaten waterpeil in Afleidingskanaal van de Leie bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).	34
Figuur 4-4: Resultaten waterpeil in Blankenbergsevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de zomerperiode. (minimale waterstand is na piek van event).	35



Figuur 4-5: Resultaten waterpeil in Blankenbergsevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de winterperiode (minimale waterstand is na piek van event).	36
Figuur 4-6: Resultaten waterpeil in Kanaal Brugge-Oostende bij verschillende zeespiegelstijging scenario's. (minimale waterstand is na piek van event).	37
Figuur 4-7: Resultaten waterpeil in Noordede bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de zomerperiode (minimale waterstand is na piek van event).	38
Figuur 4-8: Resultaten waterpeil in Noordede bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de winterperiode (minimale waterstand is na piek van event).	39
Figuur 4-9: Resultaten waterpeil in Caemerlinckxgeleed bij verschillende zeespiegelstijging scenario's. (minimale waterstand is na piek van event).	40
Figuur 4-10: Resultaten waterpeil in Nieuw Bedelf bij verschillende zeespiegelstijging scenario's voor de zomer- en winterperiode.	42
Figuur 4-11: Resultaten waterpeil in Kanaal Plassendale - Nieuwpoort bij verschillende zeespiegelstijging scenario's.	43
Figuur 4-12: Resultaten waterpeil in Kreek van Nieuwendamme bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de zomer- en winterperiode.	45
Figuur 4-13: Resultaten waterpeil in IJzer bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).	46
Figuur 4-14: Resultaten waterpeil in Overlaat Veurne Ambacht bij verschillende zeespiegelstijging scenario's. (minimale waterstand is na piek van event).	47
Figuur 4-15: Resultaten waterpeil in Veurnevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).	48
Figuur 4-16: Resultaten waterpeil in Oude Veurnevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's	49
Figuur 5-1: Karakteristiek waterpeil met gemarkeerd gebied ten behoeve van uitleg gemiddeld debiet	54
Figuur 5-2: Bovenaanzicht uitwateringskoker en schuivencomplex Afleidingskanaal en Leopoldkanaal	56
Figuur 5-3: Dwarsdoorsnede schuivencomplex	56
Figuur 5-4: Kostenoverzicht pompstation Zeebrugge	57
Figuur 5-5: Conceptuele inplanting dompelpompmaal in Blankenbergsevaart	58
Figuur 5-6: Kostenoverzicht pompstation Blankenbergsevaart	59
Figuur 5-7: Bovenaanzicht locatie pompstation alternatief 1	60
Figuur 5-8: Bovenaanzicht pompstation alternatief 2	60
Figuur 5-9: Kostenoverzicht opwaardering bestaande pompstation t.b.v. Camerlinckxgeleed	62
Figuur 5-10: Kostenoverzicht pompstation alternatief 1	62
Figuur 5-11: Kostenoverzicht pompstation alternatief 2	63
Figuur 5-12: Bovenaanzicht Nieuwpoort en beoogde nieuwe locatie sluisen, kering en pompstation.	64
Figuur 5-13: Bovenaanzicht beoogde locatie pompstation (rood) en pompboezem (blauw)	65
Figuur 5-14: Kostenoverzicht pompstation Ganzenpoot	66
Figuur 5-15: Kostenoverzicht pompstation Oude Veurnevaart	66



# Inleiding

# 1 Inleiding

## 1.1 De opdracht

Op 22 december 2017 nam de Vlaamse overheid de startbeslissing om een 'Kustvisie' voor de lange termijn te maken. Deze visie heeft als doel een adaptieve lange termijn aanpak voor de bescherming van onze kust op te stellen waarbij het mogelijk is om stapsgewijs in te spelen op de zeespiegelstijging en zo te komen tot een veilig, gezond en multifunctioneel kuststelsel dat op duurzame wijze gebruikt wordt voor menselijke behoeften.

Kustvisie zal daarbij de maatschappelijk meest wenselijke alternatieven identificeren die nodig zijn om onze kust en het achterland ook op lange termijn stapsgewijs te beschermen tegen een zeespiegelstijging tot 3 meter. Het gaat daarbij om het vastleggen van een toekomstige kustlijn met bijhorende ruimte, namelijk een toekomstig lint waarin plaats is voor het ontwikkelen van de gepaste kustbescherming in combinatie met eventuele andere opportuniteiten.

Het consortium Hoogtij(d) is gevraagd het studiewerk en de begeleiding van het proces- en onderzoekstraject uit te voeren. Het heeft daarvoor een proces- en projectaanpak opgesteld die via een co-creatietraject in samenwerking met stakeholders tot gedragen oplossingen wil komen. Daarbij wordt een ambitieus realisme vooropgesteld waarbij we op zoek gaan naar:

- Een gedragen Kustvisie door het doorlopen van een intensief participatie en co-creatietraject;
- Een onderbouwde Kustvisie door het uitvoeren van een geïntegreerd ontwerpend onderzoek;
- Een uitvoerbaar Kustvisie door het uitwerken van een flexibel en adaptief toekomstig beleid.

Gedurende het traject worden verschillende studies uitgevoerd en rapportages opgesteld ter duiding van het onderzoek en het proces. Dit document is daar onderdeel van en is een technisch rapport dat ingaat op de interactie tussen de afwateringsmogelijkheden van de waterlopen en de te verwachten zeespiegelstijging.

## 1.2 Doel van het rapport

De stijgende zeespiegel zal op termijn de lozingscapaciteit van de waterlopen die uitstromen naar de Noordzee doen afnemen. Bij hogere waterstanden kan er immers tijdens kortere periodes geloosd worden, en bij zeer hoge waterstanden zelfs helemaal niet meer. Hoewel kustvisie in hoofdzaak naar kustbescherming kijkt, en niet uitgebreid naar de afwatering van het hinterland, werd er toch ook bekeken tot welk niveau van zeespiegelstijging gravitaire afwatering mogelijk zal zijn, en vanaf wanneer er dus bijkomende maatregelen nodig zijn om de afwatering te blijven garanderen. De focus van de maatregelen ligt hierbij op het lozingspunt zelf (en dus het voorzien van pompgemalen). Er worden geen maatregelen in het achterland of beheer van de waterlopen bestudeerd in deze strategische fase van Kustvisie. Het bepalen van een eerste inschatting van deze kantelpunten ter hoogte van de uitwateringen is relevant bij het vormgeven van de toekomstige kustbescherming, aangezien de nodige pompstations ook binnen het kustbeschermingslint zullen worden ingepast. Daarnaast geven de resultaten een eerste indicatie van de noden tot ingrepen voor de verschillende uitwateringslocaties.

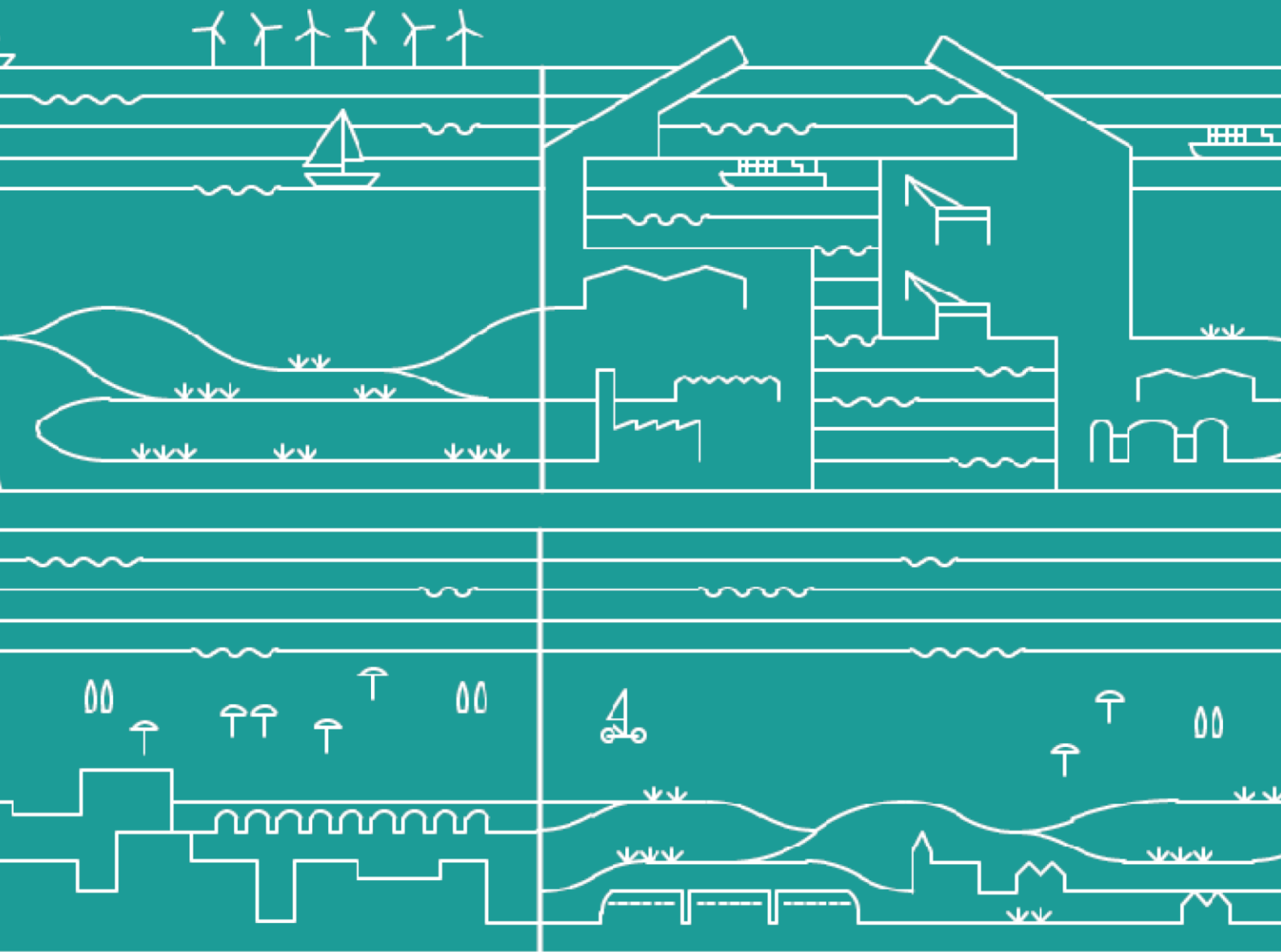
In dit rapport wordt geëvalueerd wat de impact is van de zeespiegelstijging op de afwateringsmogelijkheden en de waterpeilen van de waterlopen die uitstromen naar de Noordzee. Voor de analyse is een event met een terugkeerperiode van 2 jaar gekozen. Als resultaat van de analyse wordt een indicatie bekomen van de kantelpunten die aangeven wanneer een actie (installatie pompstation) nodig zal zijn om de afwatering te garanderen. Aanvullend wordt ook een eerste inschatting gemaakt van de nodige pompcapaciteit eenmaal het kantelpunt bereikt is. Dit rapport is een aanvulling van de kantelpunten bepaald in een voorgaande studie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2021), maar blijft nog steeds een benadering, waarin verschillende aannames nodig zijn voor dit onderzoek op strategisch niveau.

Verder detailonderzoek aan de hand van een uitgebreide inventarisatie, meetcampagne, modelstudie en scenario-analyse (o.a. over beheer waterpeilen, toelaatbaar overstromingsrisico, kunstwerken, etc.) is steeds noodzakelijk om het kantelpunt te bepalen. Het doel van dit rapport is dan ook niet om beheer en beleid van de waterlopen aan te sturen, maar om een indicatie te krijgen van de grootteorde zeespiegelstijging wanneer de huidige manier van afwatering van waterlopen in de problemen komt en voor welke uitwateringspunten dit het snelst zal optreden. De resultaten geven op die manier voeding aan de roadmap in Kustvisie en dienen als aanzet voor de uitwerking van toekomstige acties. De afwateringsproblematiek is dan ook opgenomen in het actieplan dat is toegevoegd aan het strategisch beleidsplan Kustvisie.

De Lisseweegse Vaart wordt niet meegenomen in voorliggend rapport omwille van het feit dat in het kader van de werken aan de Nieuwe Sluis in Zeebrugge reeds een nieuwe afwateringsconstructie uitgewerkt wordt (deel van het beslist beleid). Bij het ontwerp van deze afwateringsconstructie wordt ook reeds rekening gehouden met zeespiegelstijging.

### **1.3 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 start met de randvoorwaarden gehanteerd voor dit onderzoek. In hoofdstuk 3 worden de drie verschillende methodieken toegelicht die zijn gebruikt voor het onderzoek naar de kantelpunten. In hoofdstuk 4 worden de bekomen kantelpunten per waterloop getoond en besproken. In hoofdstuk 5 wordt de benodigde pompcapaciteit gespecificeerd. De conclusie en aanbevelingen worden in hoofdstuk 6 gepresenteerd.



# Randvoorwaarden

## 2 Randvoorwaarden

In een eerder uitgevoerde inventarisatie (Consortium Hoogtij(d) - IMDC, ORG, Arcadis, 2022a) is uitgebreid de projectlocatie en de geometrie van de uitstroomconstructies toegelicht. Deze inventarisatie is uitgevoerd op basis van beschikbare bronnen, intern en extern via publiek beschikbare gegevens, en op basis van een bevraging van de waterloopbeheerders, en omvat de informatie beschikbaar tijdens de uitvoering van de studie. Er wordt aanbevolen de randvoorwaarden voor verder onderzoek te verfijnen en aan te vullen met monitoring. In dit hoofdstuk wordt de informatie met betrekking tot de randvoorwaarden beknopt gepresenteerd.

### 2.1 Zeebrugge

De waterlopen die uitmonden in de haven van Zeebrugge zijn weergegeven in Figuur 2-1 en een overzicht van de geometrie van de uitstroomconstructies zijn weergegeven in Tabel 2-1. De **Isabellavaart** stroomt over een stuw uit in het Leopoldkanaal. Het water in het **Leopoldkanaal** kan van het Leopoldkanaal naar de voorhaven stromen via de uitstroomconstructie. Het water in het Leopoldkanaal wordt bij extreme omstandigheden via een pompstation naar het Afleidingskanaal gepompt. Het **Afleidingskanaal** kan ook via de uitstroomconstructie naar de voorhaven afstromen. Het **Boudewijnkanaal** heeft quasi geen opwaartse afwatering, maar wordt gevoed door de zee. Het water stroomt van de voorhaven naar de achterhaven (en het Boudewijnkanaal) langs de Pierre-Vandammesluis en Visartsluis. Hierbij is het doel om de achterhaven op een peil van 3,55 m TAW te behouden. De **Lissewegsevaart** is een kleine waterloop die via een regelbare schuif in de voorhaven uitstroomt.



Figuur 2-1: Kaart waterwegen Zeebrugge (Bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))

Tabel 2-1: Overzicht geometrie uitstroomconstructies Zeebrugge. NA betekent constructie niet aanwezig en X betekent geen informatie.

	Leopoldkanaal	Isabella vaart	Afleidingskanaal van de Leie
<b>Sluis</b>			
Drempelpeil [m TAW]	-3,0	NA	-3,0
Structuurpeil [m TAW]	8,0	NA	8,0
Geometrie koker (HxB) [m]	14 x 10	NA	14 x 10
Aantal kokers [-]	1	NA	2
Lengte koker [m]	950	NA	950
Geometrie schuif (HxB) [m]	8,5 x 3,5	NA	8,5 x 5,0
Aantal schuiven [-]	4	NA	6
<b>Stuw</b>			
Drempelpeil [m TAW]	NA	0,5	NA
Breedte [m]	NA	2,0	NA
Aantal overlagen [-]	NA	2	NA
<b>Pompstation</b>			
Aanslagpeil [m TAW]	NA	2,1 & 2,2	NA
Afslagpeil [m TAW]	NA	1,9	NA
Capaciteit [m <sup>3</sup> /s]	NA	2 x 2,0 m <sup>3</sup> /s	NA

## 2.2 Blankenbergsevaart

De **Blankenbergsevaart** stroomt via een uitwateringssluis uit in de voorhaven, zie Figuur 2-2. Een overzicht van de geometrie van de uitstroomconstructies is weergegeven in Tabel 2-2.



Figuur 2-2: Kaart Blankenbergsevaart (Bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))

Tabel 2-2: Overzicht geometrie uitstroomconstructie Blankenbergsevaart.

	Blankenbergsevaart
<b>Sluis</b>	
Drempelpeil [m TAW]	-0,2
Structuurpeil [m TAW]	7,0
Geometrie koker (HxB) [m]	5,0 x 2,6
Aantal kokers [-]	2
Lengte koker [m]	25
Geometrie schuif (HxB) [m]	5,0 x 2,6
Aantal schuiven [-]	2

## 2.3 Oostende

In Figuur 2-3 zijn de verschillende waterlopen in Oostende en de locaties van de afwateringsconstructies weergegeven. Het **Oostends Krekengebied** (ook Caemerlinckxgeleed genoemd) stroomt gravitair en met een pompsysteem uit in de voorhaven. De **Noordede** stroomt via de St Maartenstuw de voorhaven in. De schepen passeren **Kanaal Brugge-Oostende** via de Demeysluis naar de voorhaven. De waterhuishouding geschiedt via het Sas Slijkens die water naar de voorhaven laat stromen via schuiven en/of omloopriolen.





Figuur 2-3: Kaart waterwegen Oostende (bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))

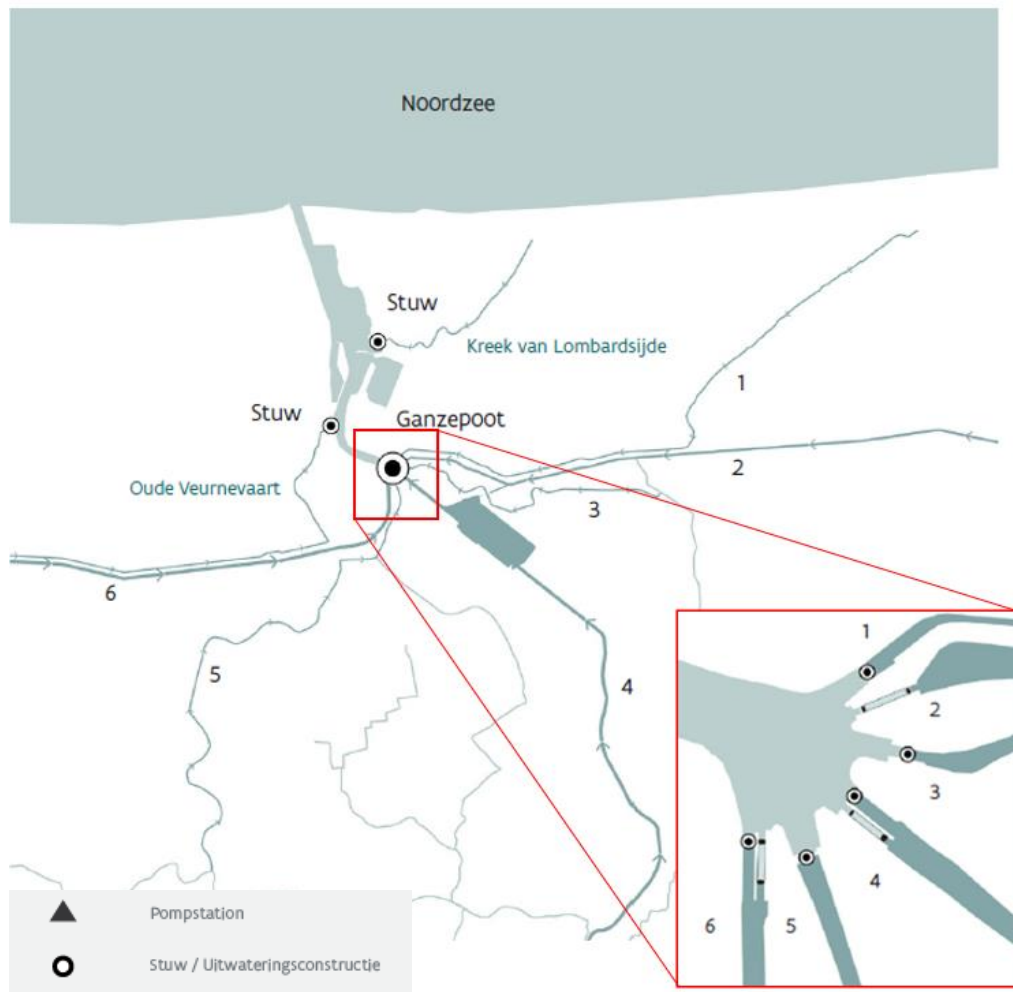
Tabel 2-3: Overzicht geometrie uitstroomconstructies Oostende. NA betekent constructie niet aanwezig en X betekent geen informatie.

	Kanaal Brugge - Oostende	Noordede	Oostends Krekengebied
<b>Sluis</b>			
Drempelpeil [m TAW]	X	-0,2	-3,82
Structuurpeil [m TAW]	6,58	7,0	7,0
Geometrie koker (HxB) [m]	X	3,2 x 2,0	6,75 x 2,5
Aantal kokers [-]	X	7	2
Lengte koker [m]	X	8,9	8,9
Geometrie schuif (HxB) [m]	X	3,2 x 2,0	6,75 x 2,5
Aantal schuiven [-]	X	7	2
<b>Pompstation</b>			
Aanslagpeil [m TAW]	NA	NA	1,8 / 1,9 / 2,3 / 2,3
Afslagpeil [m TAW]	NA	NA	1,7 / 1,75 / 2,2 / 2,2
Capaciteit [m <sup>3</sup> /s]	NA	NA	3,0 / 3,0 / 1,4 / 1,4

## 2.4 Nieuwpoort

De waterwegen en uitstroomlocaties in Nieuwpoort zijn weergegeven in Figuur 2-4 en een overzicht van de geometrie van de uitstroomconstructies is weergegeven in Tabel 2-4. Bij de uitstroom van elke waterloop bevindt zich een stuw en voor de Veurnevaart, IJzer en kanaal Plassendale – Nieuwpoort is ook een sluis aanwezig. De waterlopen zijn als volgt genummerd:

1. Nieuw bedelf
2. Kanaal Plassendale – Nieuwpoort
3. Kreek van Nieuwendamme
4. IJzer
5. Overlaat Veurne Ambacht
6. Veurnevaart



Figuur 2-4: Kaart waterlopen en uitstroomconstructies Nieuwpoort (bron: Havenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b))

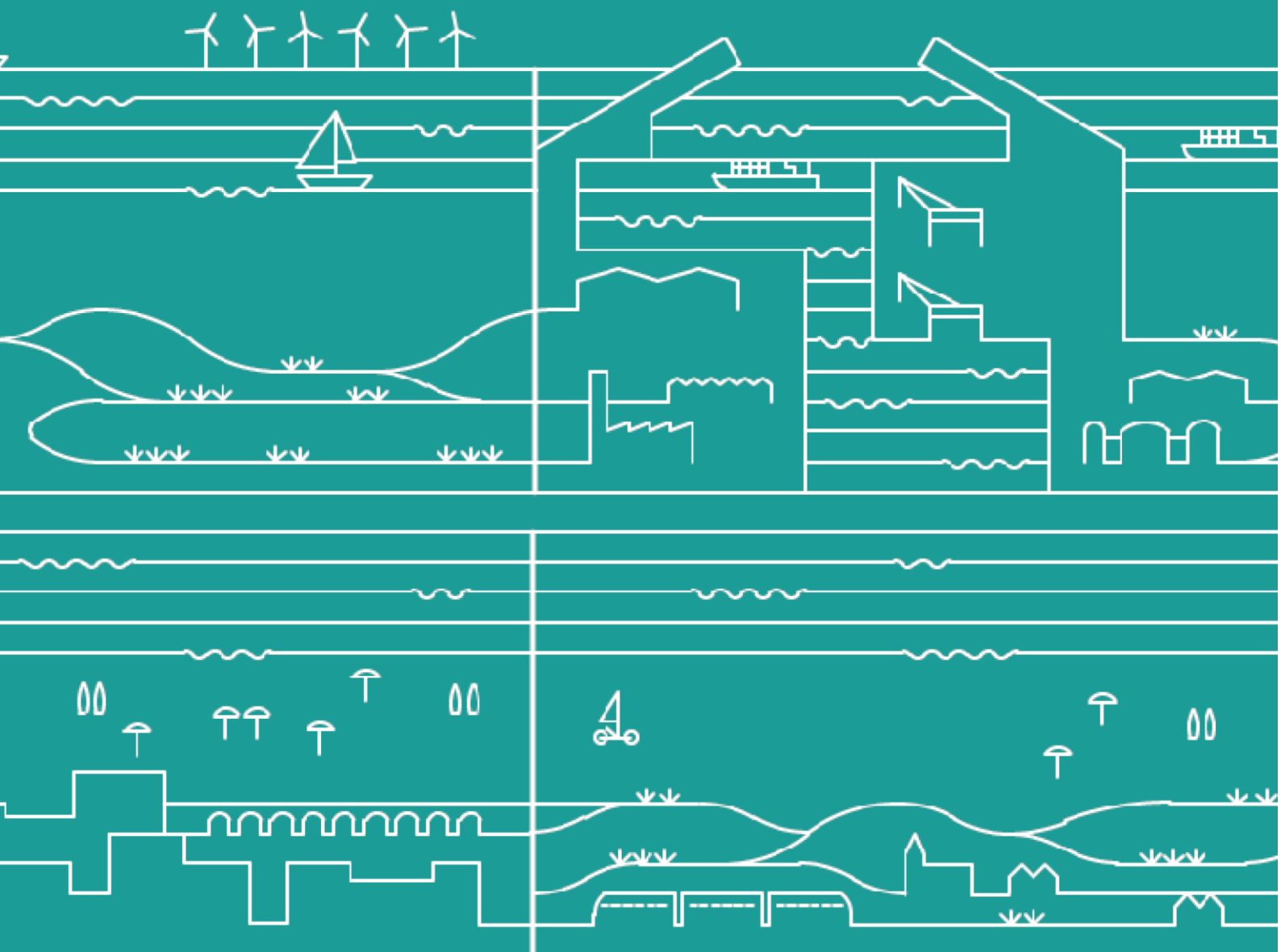
Tabel 2-4: Overzicht geometrie uitstroomconstructies Nieuwpoort. NA betekent constructie niet aanwezig en X betekent geen informatie.

	Nieuw Bedelf	Kanaal Plassendale -Nieuwpoort	Kreek van Nieuwendamme	IJzer	Overlaat van Veurne Ambacht	Veurnevaart	Oude Veurnevaart
<b>Sluis</b>							
Drempelpeil [m TAW]	X	0,53	X	X	X	0,07	X
Structuurpeil [m TAW]	6,83	7,19	6,89	7,05	X	7,06	7,16
Geometrie koker (HxB) [m]	X	X	X	X	X	X	X
Aantal kokers [-]	X	X	X	X	X	X	X
Lengte koker [m]	X	X	X	X	X	X	X
Geometrie schuif (HxB) [m]	X	X	X	X	X	X	X
Aantal schuiven [-]	X	X	X	X	X	X	X
<b>Stuw</b>							
Drempelpeil [m TAW]	NA	X	NA	6,84	NA	6,78	NA
Breedte [m]	NA	X	NA	X	NA	X	NA
Aantal overlatten [-]	NA	X	NA	X	NA	X	NA
<b>Pompstation</b>							
Aanslagpeil [m TAW]	NA	NA	NA	NA	Regel*	NA	NA
Afslagpeil [m TAW]	NA	NA	NA	NA	Regel*	NA	NA
Capaciteit [m <sup>3</sup> /s]	NA	NA	NA	NA	5 x 5,5	NA	NA

\*De aan- en afslagpeilen zijn gebaseerd op de volgende regels:

*aanslagpeil*            *huidig peil* > *streefpeil* + 18cm

*afslagpeil*             $H_{\text{perskanaal}} > 4,10\text{m TAW}$  of  $H_{\text{aanzuigboezem}} > H_{\text{perskanaal}} + 25\text{cm}$



# Methodiek

# 3 Methodiek

## 3.1 Inleiding

Terwijl in een vorige studie (Consortium Hoogtij(d) - IMDC, ORG, Arcadis, 2021) de kantelpunten zijn bepaald op basis van een vergelijking tussen het streefpeil van de waterloop en laagwaterdoodtij, wordt in voorliggende studie een eerste stap in verdere detaillering toegevoegd door ook al rekening te houden met de aanwezige structuren, opslagcapaciteit en de te verwachten afvoer. In de huidige studie is gewerkt met de publiek beschikbare gegevens en de gegevens verstrekt door een bevraging van de waterloopbeheerders. In Hoofdstuk 2 is reeds te zien dat voor sommige structuren weinig gegevens beschikbaar zijn. Er is daarom gekozen om de beschikbare data op een zo goed mogelijke manier in te zetten, maar een groot deel aannames zijn gemaakt om dit te kunnen doen.

Bij de analyse van de waterlopen en bepaling van de kantelpunten zijn twee belangrijke uitgangspunten gesteld:

- Het waterbeheer zoals deze nu wordt toegepast blijft gelden. Bij de beoordeling van de resultaten en problematiek zal duidelijk worden dat het niet altijd noodzakelijk is om een pompstation te bouwen maar dat wellicht met aanpassingen van waterbeheer het probleem al wordt verholpen. De scope van deze studie is er niet op gericht om de potenties van aangepast waterbeheer in kaart te brengen. Door deze gemaakte aanname wordt een conservatief ontwerp neergezet.
- De waterlopen en bijhorende kunstwerken blijven gelijk aan de huidige situatie. Gelijkaardig aan het voorgaande punt over waterbeheer zullen enkele afwateringsproblemen eventueel opgelost kunnen worden door aanpassingen aan de waterlopen uit te voeren (bijv. aanpassen stuwhoogte, verhogen rivier oevers, aanleggen retentie bekkens). De potentie van dergelijke aanpassingen valt ook buiten scope van de huidige studie. Ook hier geldt dus dat een conservatief ontwerp wordt neergezet door deze aanname te maken.

De voorgestelde methodiek ambiëert dan ook geen exacte bepaling van de kantelpunten, maar louter een verbeterd inzicht in de systeemwerking en dient als een aanzet beschouwd te worden om verder gericht onderzoek uit te voeren. Het wordt aanbevolen een vierstappenplan in de toekomst voor elke waterloop uit te voeren: (i) inventarisatie/actualisatie van gegevens van uitstroomconstructies en oeverhoogtes, (ii) lange termijn meetcampagne rond debieten/waterpeilen op de waterlopen, (iii) ontwikkeling, kalibratie en validatie van een modelinstrument en (iv) scenario analyse om de kantelpunten te bepalen waarbij ook de potentiële bijdrage van aangepast beheer en aanpassing/inrichting van de kunstwerken/valleigebieden mee in rekening gebracht worden. Verder hoort er bij het strategisch beleidsplan Kustvisie een eerste actieplan 2025 – 2034. Dit actieplan bevat de nodige acties om Kustvisie stapsgewijs uit te voeren. Verder onderzoek en uitwerking naar de afwateringsproblematiek is daar onderdeel van.

## 3.2 Definitie kantelpunt

Deze studie is gericht op de waterpeilen tijdens neerslagevents met een terugkeerperiode 2 jaar. Tijdens dit soort events is het wenselijk dat het systeem nog steeds naar behoren kan functioneren. Het niet functioneren van het watersysteem wordt aan de hand van de volgende criteria bepaald :

1. Het minimale streefpeil kan niet meer worden bereikt als gevolg van toegenomen getijhoogte en/of verkorte laagwaterperiode als gevolg van zeespiegelstijging.

De streefpeilen variëren voor sommige waterwegen op basis van seizoen gebondenheid. In de winterperiode wordt het water gemiddeld lager gehouden dan in de zomerperiode. Dit resulteert in twee verschillende resultaten, namelijk een zomer- en een winterperiode. Er is hierbij uitgegaan dat de streefpeilen een vast en statisch gegeven zijn. Bij toekomstig onderzoek dient de marge op dit streefpeil ook in rekening gebracht te worden en de visie van de waterloopbeheerders op het streefpeil in het kader van een stijgende zeespiegel.

2. Overstroming van het achterland treedt op door hoge waterstanden in de waterwegen als gevolg van zeespiegelstijging.

Met behulp van een digitaal terrein model (AGIV, 2016) zijn de oeverhoogtes langs de waterlopen geanalyseerd. De minimale hoogte van de oevers in de buurt van de structuur (tot 3km) is gekozen als overstromingspeil. Zoals eerder aangegeven is dit de best beschikbare bron, maar aan de hand van gedetailleerde terreinopmetingen of verdere discussies met de waterloopbeheerder dient dit in de toekomst verfijnd te worden om een kritiek peel te bekomen wat niet aanvaardbaar is voor lagere terugkeerperiodes.

Een overzicht van deze streefpeilen en oeverhoogtes voor elke waterloop is weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Overzicht gehanteerde drempelpeilen in de analyse

	Streefpeil winter [m TAW]	Streefpeil zomer [m TAW]	Oeverhoogte [m TAW]
Leopoldkanaal	1.3	1.5	4.9
Isabellavaart	1.3	1.80	2.25
Afleidingskanaal van de Leie	3.3	3.3	6.0
Lisseweegsevaart	0.25 – 3.0	2.6 – 3.5	3.7
Blankenbergsevaart	1.3	1.8	2.5
Kanaal Brugge-Oostende	3.94	3.94	5.5
Noordede	1.3	1.7	2.5
Oostends Krekengebied	1.2	1.2	2.5*
Nieuw Bedelf	1.8 – 2.0	2.2	3.0
Kanaal Plassendale – Nieuwpoort	3.94	3.94	5.3
Kreek van Nieuwendamme	1.8 – 3.0	3.2	3.8
IJzer	3.14	3.14	5.0
Overlaat Veurne Ambacht	1.8	2.1	3.5
Veurnevaart	2.44	2.44	4.4
Oude Veurnevaart	1.8**	1.8**	3.5

\* Bij deze oeverhoogte overstroomt enkel weiland / natuurgebied. Bij een hoogte van 3,0m TAW raken ook woningen en gebouwen aangetast.

\*\* Wegens gebrek aan officiële data met betrekking tot het streefpeil van deze waterloop is een benadering van het streefpeil gedaan op basis van LIDAR (AGIV, 2016).

### 3.3 Hydrodynamisch gedrag

De kantelpunten worden bepaald door het hydrodynamisch gedrag van de waterlopen en hun interactie met de afwaartse rand (+ de invloed van zeespiegelstijging) te onderzoeken. De volgende drie soorten methodes zijn gebruikt:

- MIKE – modellering: het bestaande (gekalibreerde) hydrodynamisch model dat actief wordt gebruikt door de waterloopbeheerders is overgenomen in de huidige studie. De betrouwbaarheid wordt als hoog beschouwd omwille van de actualisatiegraad van het model en de operationele context waarin het gebruikt wordt. Een MIKE model is beschikbaar voor het Leopoldkanaal, Isabellavaart, Afleidingskanaal van de Leie, Kanaal Brugge-Oostende, IJzer, Overlaat Veurne Ambacht, Veurnevaart
- ICM – modellering (zie sectie 3.3.2) : een vereenvoudigd conceptueel model is opgebouwd in het kader van de huidige studie op basis van de aangeleverde gegevens door de stakeholders. Aangezien het een versimpeling betreft en geen uitgebreide kalibratie is uitgevoerd, dienen de resultaten ook als een eerste orde benadering geïnterpreteerd te worden. Een ICM model is opgemaakt voor de Blankenbergsevaart, Noordede en Oostends Krekengebied.
- Expert beoordeling: een experten beoordeling (zonder modellering) is uitgevoerd voor het Nieuw Bedelf, Kanaal Plassendale-Nieuwpoort, Kreek van Nieuwendamme, Kreek van Lombardsijde aangezien er geen of onvoldoende gegevens zijn om een conceptueel model op te bouwen. Deze aanpak is een zeer ruwe benadering van de dynamiek in de waterlopen. Extra gegevensverzameling wordt hier ten eerste aangeraden indien een nauwkeurigere bepaling gewenst is.

De randvoorwaarden gebruikt in de analyse en modellering zijn gerapporteerd in (Consortium Hoogtij(d) - IMDC, ORG, Arcadis, 2022a) . Hierin zijn, waar bekend, de volgende parameters beschreven: getijcurve (herhaald in dit rapport), structurele informatie uitstroomconstructies, streefpeilen van de waterlopen, debiet, en waterstands-informatie.

### 3.3.1 MIKE model

Voor de bevaarbare waterwegen in Vlaanderen zijn hydrodynamische modellen opgesteld door de Vlaamse Waterweg en deze zijn meerdere malen geactualiseerd door IMDC. Het gaat hierbij om het Leie Bovenschelde en de Gentse Kanalen (LBSGK) model welke het Leopoldkanaal / Afleidingskanaal van de Leie / Isabellavaart / Kanaal Brugge – Oostende modelleert, en het IJzer model welke de IJzer / Overlaat van Veurne – Ambacht / Veurnevaart modelleert.

Beide modellen zijn door de jaren heen veelvoudig geactualiseerd en gekalibreerd om huidige situatie zo correct mogelijk te simuleren. De modellen zijn dan ook, met uitzondering van zeespiegelstijging aan de benedenstroomse randvoorwaarden, onaangepast gebruikt in deze studie om te beoordelen welke aanpassingen noodzakelijk zijn om het huidige systeemmanagement / waterbeheer te behouden. Zo kan in de resultaten (Sectie 4.1.6) gezien worden dat met het huidige waterbeheer, het waterpeil preventief verlaagd wordt in kanaal Brugge - Oostende naar verwachting van hogere waterstanden op zee. Deze waterpeilzakking vindt niet plaats in de andere waterlopen en dit betekent dat met het huidige beheer hier geen rekening mee wordt gehouden en aanpassingen aan het systeem nodig zijn.

Het uitgangspunt van dit onderzoek is met behoud van het huidige waterbeheer dus enkel advies over oplossingen met betrekking tot pompcapaciteit wordt geleverd. Dit sluit niet uit dat een aanpassing van het waterbeheer het probleem ook kan verhelpen.

### 3.3.2 ICM model

Voor de niet-bevaarbare waterlopen waar voldoende hydraulische en geometrische (zowel waterloop als uitstroomconstructie) informatie aanwezig is, wordt een ICM model opgesteld om de effecten van zeespiegelstijging te beoordelen. De volgende waterlopen worden door het ICM model gesimuleerd: Blankenbergsevaart, Noordede, Caemerlinckxgeleed.

#### 3.3.2.1 Modelopbouw

##### 3.3.2.1.1 Concept

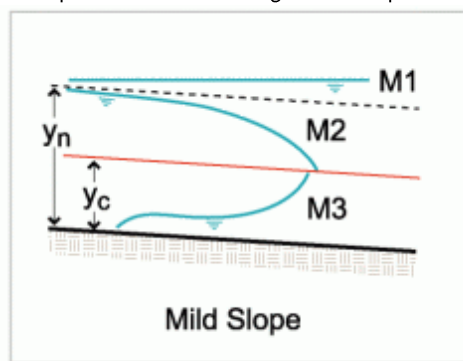
Het ICM model bestaat per waterloop uit drie verschillende “nodes” onderling verbonden met “links” (zie Figuur 3-1 - niet op schaal). Node 1 beschrijft de opslagcapaciteit van de waterloop en is met behulp van een DTM initieel bepaald. Link 2 beschrijft de uitstroomconstructie en de werking van de sluisdeuren. Afhankelijk van de hoeveelheid constructies kunnen dit één of meerdere tussenlinks zijn. Node 3 beschrijft het waterpeil als gevolg van het getij, deze node zal ook variëren afhankelijk van het door te rekenen scenario zeespiegelstijging. De “links” zijn de kokers of omloopriolen tussen de schuif en het getij / waterloop.



Figuur 3-1: Snapshot ICM model

##### 3.3.2.1.2 Waterlopen

De waterlopen fungeren in het model als bufferzone. Indien de uitstroomconstructie afgesloten is, zal het waterpeil in de waterloop stijgen afhankelijk van de oppervlakte van de waterloop. Zoals eerder aangehaald bepaalt het gesimuleerde waterpeil het kantelpunt. De relatie tussen waterpeil en ingenomen oppervlakte van de waterloop is bepaald door middel van een DTM (AGIV, 2016) zodat de geometrische vorm van de waterloop mee opgenomen is. Deze opslagcapaciteit wordt berekend door de bovengenoemde DTM en bijhorende energielijn/waterlijn M1, zie Figuur 3-2. De M1 representeert de vorm van het waterpeil en ontstaat als het benedenstroomse waterpeil hoger staat (door bijvoorbeeld opstuwing door een constructie) dan de evenwichtsdiepte van de waterloop. De evenwichtsdiepte is de diepte van het water waar deze onder vrije stroming naartoe beweegt, dit is afhankelijk van o.a. debiet, dwars- en langsprofiel waterloop, weerstand. Deze verhoogde waterstand en de standaard buffer in de waterloop (verschil evenwichtsdiepte en oeverhoogte) resulteert in de effectieve opslagcapaciteit. Door middel van een beperkte kalibratie (zie 3.3.2.2) is de oppervlakte van bufferzone aangepast om overeen te komen met de Q-h relatie van de waterloop. Door bij een gelijk debiet het oppervlak aan te passen, kan het bijhorende waterpeil gemodelleerd worden.



Figuur 3-2: Karakteristieke energielijnen

### 3.3.2.1.3 Uitwateringsconstructies

De structuur (Link 2 in Figuur 3-1) verbindt de bufferzone (waterlopen) met het uitstroompunt op zee (getijde - afhankelijk). Deze structuur verhindert dat het getij landinwaarts penetreert, maar vermindert ook de afvoercapaciteit van de rivier. In een eerdere studie (Consortium Hoogtij(d)- IMDC, ORG, Arcadis, 2022a) wordt een overzicht gegeven van de geometrie van de structuren, alsmede van de streefpeilen voor de waterlopen. Deze waterpeilen verschillen meestal in de zomer- en winterperiode en daarom worden er twee structuren opgezet; één voor de winterperiode en één voor de zomerperiode. Er zijn over het algemeen twee types structuren : sluizen en afvoerkanalen.

#### Sluizen

Met behulp van Real Time Control (RTC's) in ICM kunnen de poorten van de sluizen worden gemanipuleerd op basis van regels om het werkelijke gedrag te beschrijven. De volgende drie regels zijn in het systeem gemodelleerd binnen hun geometrische beperkingen:

Afkortingen: G = waterstand op zee (getijden), W = waterstand in riviervak, S = positie sluisdeuren.

1. Als  $G > W \rightarrow S = \text{gesloten}$
2. Indien  $G < W$  en  $W < \text{streefpeil} \rightarrow S = \text{gesloten}$
3. Indien  $G < W$  en  $W > \text{streefpeil} \rightarrow S = \text{geopend om streefpeil te bereiken}$

De sluisdeuren kunnen worden geopend met een maximale snelheid van 0,1 m/s.

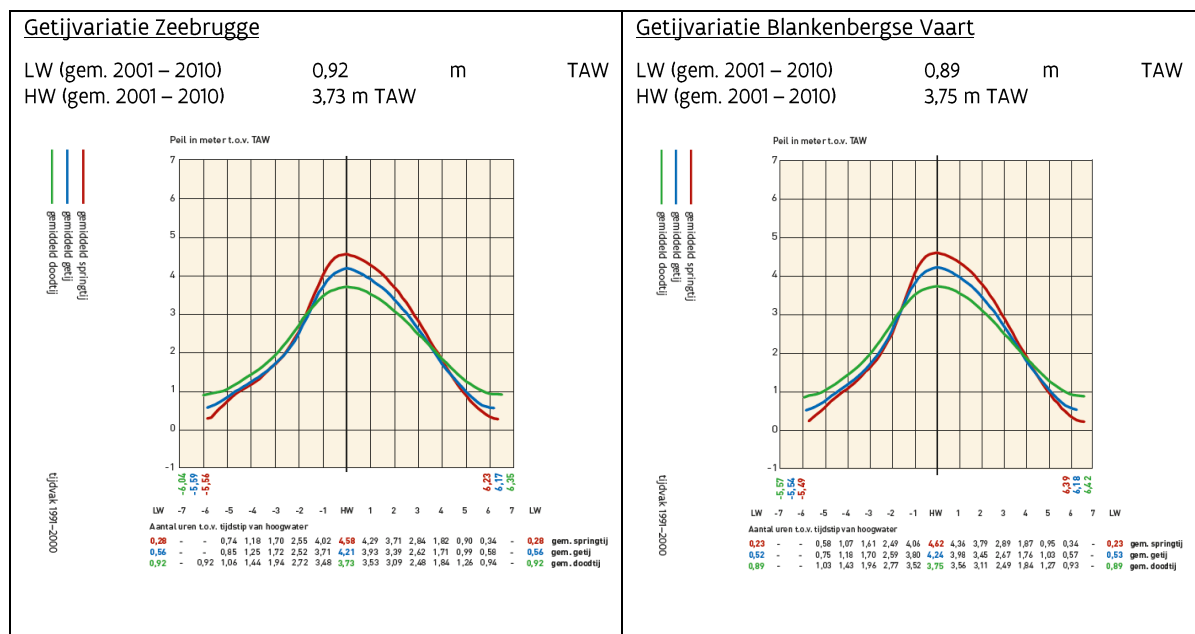
#### Afvoerkanalen

Het debiet dat door de doorlaten stroomt, is onder andere afhankelijk van de geometrie en de ruwheid van de doorlaat. Het doorstroomoppervlak van de constructie is te vinden in Consortium Hoogtij(d) (2022a) en we gaan uit van een ingang en uitgang met scherpe randen. Voor de ruwheid van de leiding wordt de Colebrook-White-coëfficiënt 1,5 gebruikt, die overeenkomt met ruwe/oude betolvormen.

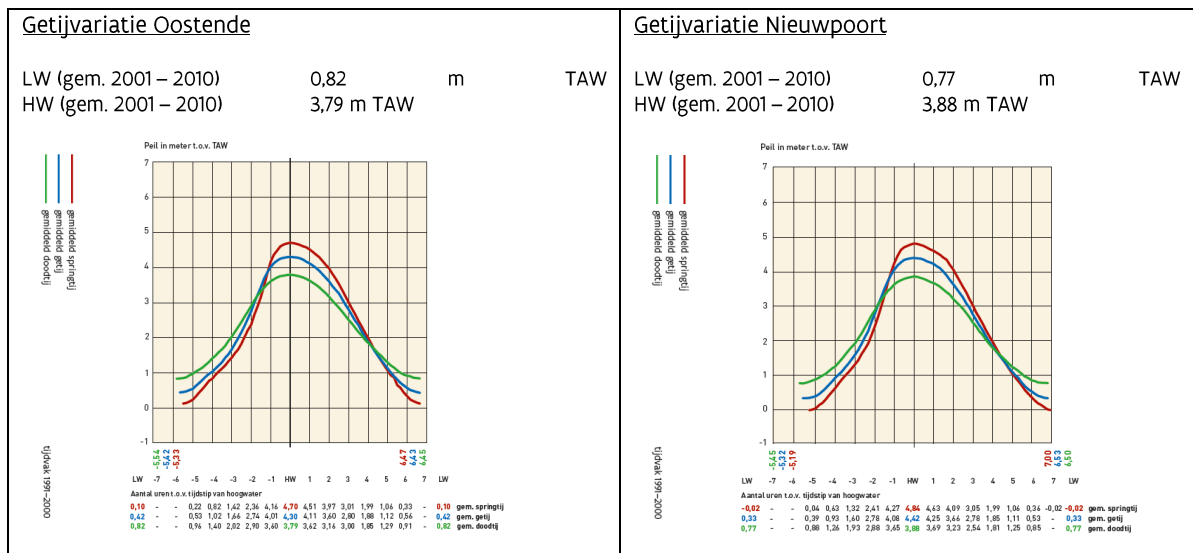
### 3.3.2.1.4 Afwaartse rand

In Figuur 3-3 zijn de getijkrommen op de verschillende uitstroomlocaties langs de Belgische kust weergegeven. De karakteristieke laagwaterstand (LW) en karakteristieke hoogwaterstand (HW) die gehanteerd wordt bij de simulaties is gebaseerd op de gemiddelde doortij gegevens. Door de hogere waterstand bij laagwater tijdens eb (in vergelijking met het gemiddeld getij en springtij) wordt dit als het meest ongunstige getij beschouwd voor de afwatering.

Bij de simulaties zijn de onderstaande getijcurves gebruikt als afwaartse randvoorwaarde. Bij zeespiegelstijging zal de gehele curve gelijkmatig verhoogd worden, er zal dus geen rekening gehouden worden met eventuele transformatie van de pieken als gevolg van zeespiegelstijging. Zeespiegelstijging scenario's zijn gemodelleerd bij de volgende verhogingen: 0,25m / 0,5m / 0,75m / 1,0m / 2,0m / 3,0m. Aangezien de kans op een zeespiegelstijging tussen 0m en 1,0m in de komende 100 jaar aannemelijker is, zijn hiervoor meerdere scenario's gemodelleerd.







Figuur 3-3: Getijkrommen nabij Zeebrugge (linksboven), Blankenbergse Vaart (rechtsboven), Oostende (linksonder) en Nieuwpoort (rechtsonder). Bron: Vlaamse Hydrografie

### 3.3.2.2 ICM kalibratie

Het model is gekalibreerd met twee verschillende methodes in functie van de beschikbare data.

- Methode 1:

Voor de Noordede en de Blankenbergse Vaart is een ICM-model gekalibreerd met behulp van gegevens van een model van Sumaqua (ontwikkeld in kader van waterbalansstudie Oudlandpolder – rapport in voorbereiding op moment van schrijven dit rapport) en een IMDC-MIKE-model.

Het Sumaqua model is ontwikkeld om de hydrologische omstandigheden in de Blankenbergsevaart en Noordede te simuleren tijdens een neerslagevent. Echter, de verkregen output van het Sumaqua model omvat enkel het waterpeil en het debiet doorheen de constructie. Om het ICM-model te kunnen kalibreren (buffercapaciteit van de waterloop) is aanvullend nog het instromend debiet in de waterloop uit het IMDC-MIKE model gehaald, vertrekkende vanaf de Sumaqua gegevens. Dit instromend debiet van de waterloop zorgt voor de waterpeilverhoging in het model en moet overeenkomen met de resultaten van het Sumaqua model.

De waterpeilgegevens van het Sumaqua model zijn gebruikt om een extreme waardeanalyse (EWA) op te stellen. Hierbij is met behulp van een Weibull distributie de terugkeerperiode voor T2 event bepaald. Deze waarde is gebruikt om het ICM-model te kalibreren. Bij de kalibratie is het bergingsoppervlakte (afgeleid uit het digitaal hoogtemodel) voor beide waterlopen aangepast met een factor 1.5 om een betere match te bekomen met het Sumaquamodel. De tijdsreeks, resultaten van de EWA, en het waterpeil bij een T2 event in ICM-model zijn terug te vinden in bijlage A.1 voor de Blankenbergsevaart en in bijlage A.2 voor de Noordede. Onderstaande tabel en de bijlage A.1 onderbouwen de bruikbaarheid van het ICM-model voor de Blankenbergsevaart en Noordede voor de analyse van het systeem bij een T2 event.

	Sumaqua-model	ICM-model
Waterpeil Noordede	2,00 m TAW	2,01 m TAW
Waterpeil Blankenbergsevaart	2,02 m TAW	2,05 m TAW

- Methode 2

Voor het Caemerlinckxgeleed is een ICM model gekalibreerd met behulp van een de resultaten uit het onderzoek naar 'Verspreiding Fecale Bacteriën' (IMDC, 2012) waarbij een waterkwaliteitsmodel is opgezet van onder andere het Caemerlinckxgeleed. Het ontwikkelde ICM-model is gekalibreerd aan de hand van de Q-h relatie uit dit eerder uitgevoerde onderzoek. Uit dit onderzoek komt naar boven dat een debiet van 10 m<sup>3</sup>/s tot 13 m<sup>3</sup>/s ongeveer overeenkomt met een T2 terugkeerperiode (afhankelijk van watermanagement varieert dit). In bijlage A.3 zijn de resultaten van het waterpeil uit ICM weergegeven voor de twee verschillende debieten. In onderstaande tabel zijn de debieten en waterpeilen verzameld vanuit het rapport en het ICM-model.

Bron	Waterpeil bij 10 m <sup>3</sup> /s	Waterpeil bij 13 m <sup>3</sup> /s	Bereik
Rapport (IMDC, 2012)	≈ 2,40 m TAW	≈ 2,65 m TAW	≈ 0,15 m TAW
ICM-model	≈ 2,35 m TAW	≈ 2,60 m TAW	≈ 0,15 m TAW

Uit de resultaten van de bijlage en bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat het ICM-model voor de Caemerlinckxgeleed tijdens een T2 event goed overeenkomt met de resultaten van het gekalibreerde (IMDC, 2012) rapport en hierdoor bruikbaar zijn voor de analyse van het systeem.

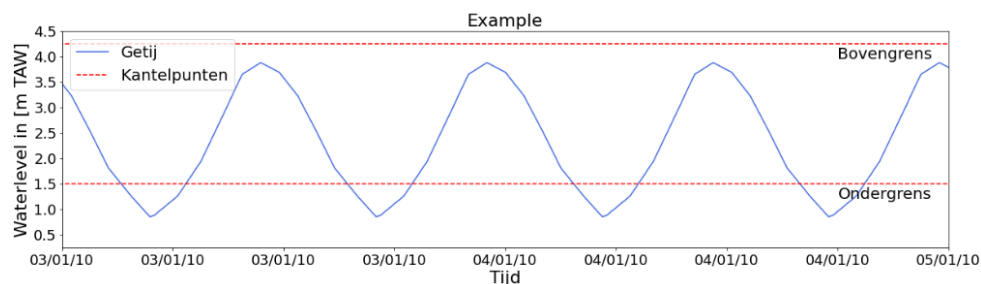
### 3.3.3 Expert beoordeling

Bij gebrek aan informatie omtrent de geometrie van de uitstroomconstructie en / of hydraulische informatie van de waterwegen (debiet / waterstanden) kan geen model opgezet worden voor de volgende waterlopen: Nieuw Bedelf / Kanaal Plassendale – Nieuwpoort / Kreek van Nieuwendamme / Kreek van Lombardsijde / Oude Veurnevaart. Om deze reden wordt een aanpak gebaseerd op ervaring toegepast.

#### 3.3.3.1 Benadering kantelpunten

De kantelpunten (definitie zie 3.1) en het karakteristiek getij worden geploteerd voor elk van de waterlopen waarvoor onvoldoende gegevens. Vier situaties kunnen optreden, zie onderstaande figuren:

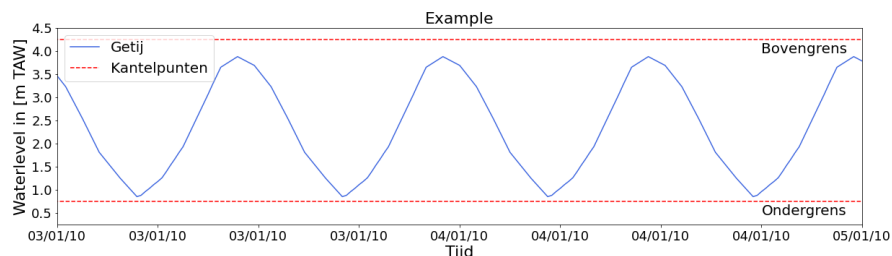
1. De maximale waarde van het getij is lager dan de bovengrens van het kantelpunt en de minimale waarde van het getij is lager dan de ondergrens van het kantelpunt.



Figuur 3-4: Expert beoordeling voorbeeldsituatie: streefpeil behaald en overstromingspeil niet behaald.

In deze situatie zal het waterpeil in de waterloop altijd beneden de bovengrens blijven en ook terug af kunnen zakken naar het streefpeil (ondergrens). In deze situatie zijn de kantelpunten niet bereikt en is zeespiegelstijging geen probleem.

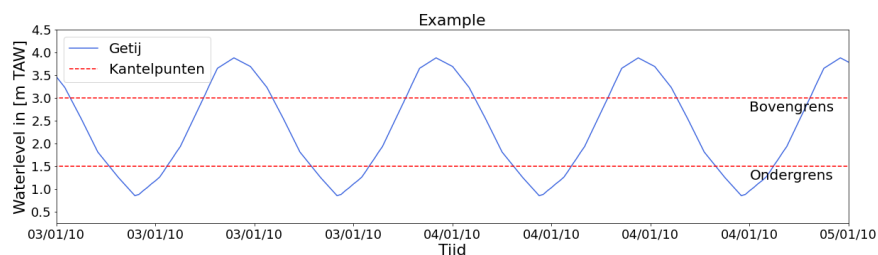
2. De maximale waarde van het getij is lager dan de bovengrens van het kantelpunt en de minimale waarde van het getij is hoger dan de ondergrens van het kantelpunt.



Figuur 3-5: Expert beoordeling voorbeeldsituatie: streefpeil niet behaald.

In deze situatie zal het waterpeil in de waterloop altijd beneden de bovengrens blijven maar zal deze niet gravitair kunnen afzakken naar het streefpeil. Indien geen pompinstallatie aanwezig is zal het streefpeil niet bereikt kunnen worden en is het kantelpunt van de waterloop bereikt. Indien wel een pompinstallatie aanwezig is, zal beoordeeld moeten worden of de capaciteit voldoende is om het instromend debiet af te pompen. In 3.3.3.2 zal een toelichting gegeven worden hoe voor sommige waterlopen het debiet benaderd is.

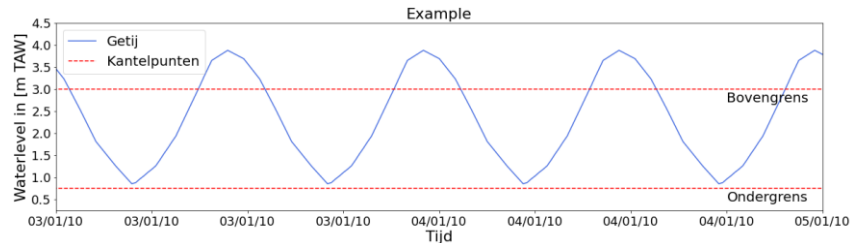
3. De maximale waarde van het getij is hoger dan de bovengrens van het kantelpunt en de minimale waarde van het getij is lager dan de ondergrens van het kantelpunt.



Figuur 3-6: Expert beoordeling voorbeeldsituatie: overstromingspeil behaald.

In deze situatie zal het waterpeil in de waterloop altijd af kunnen zakken naar het streefpeil, maar het zal beoordeeld moeten worden of afsluiting van de uitstroomconstructie tijdens hoog getij een waterpeil in de waterloop boven het kantelpunt veroorzaakt. Hierbij zal gekeken worden naar de aanwezigheid van een pompinstallatie en naar de noodzakelijke duur van de afsluiting om te bepalen of dit zal resulteren in dusdanige stijging van het waterpeil. In 3.3.3.2 wordt een toelichting gegeven worden hoe voor sommige waterlopen het debiet en opslagcapaciteit benaderd is.

4. De maximale waarde van het getij is hoger dan de bovengrens van het kantelpunt en de minimale waarde van het getij is hoger dan de ondergrens van het kantelpunt.



Figuur 3-7: Expert beoordeling voorbeeldsituatie; overstromingspeil behaald en streefpeil niet behaald.

In deze situatie zal het waterpeil alleen binnen de kantelpunten kunnen blijven met een pompinstallatie welke het gehele debiet kan afpompen. In 3.3.3.2 zal een toelichting gegeven worden hoe voor sommige waterlopen het debiet benaderd is.

### 3.3.3.2 Instroomdebiet en opslagcapaciteit

Het instroomdebiet vanuit Nieuw Bedelf, Kreek van Nieuwendamme en Oude Veurnevaart is neerslag gedreven. Het Kanaal Plassendale-Nieuwpoort wordt gestuurd door een systeem van regelwerken die gelinkt zijn aan de bevaarbare waterwegen in Vlaanderen.

Voor de neerslag gedreven waterlopen wordt het bekende afvoerdebiet van de Blankenbergsevaart verschaald volgens een verschil in afvoeroppervlakte en gemiddeld afstromingscoëfficiënt. De Blankenbergsevaart wordt dus als een referentie gebruikt voor deze waterlopen, de bron is zoals is toegelicht in 3.3.2.2 gebaseerd op een gekalibreerd MIKE model. Dit is zoals eerder aangehaald een ruwe benadering en extra gegevensverzameling is aangewezen. De methode wordt toegelicht in onderstaand voorbeeld.

Voorbeeld (dit zijn fictieve waarden vereenvoudigd als voorbeeldfunctie):

De Blankenbergsevaart(B) heeft een deelstroomgebied oppervlak van 100km<sup>2</sup> en een afstroming coëfficiënt van 0,3/- 1 de Oude Veurnevaart(OV) heeft een deelstroomgebied oppervlak (A) van 50km<sup>2</sup> en een afstroming coëfficiënt (c) van 0,4/-1. Het T2 instroomdebiet van de Blankenbergsevaart is 10 m<sup>3</sup>/s. Het debiet van de Oude Veurnevaart is:

$$Q_{OV} = \frac{c_{OV}}{c_B} * \frac{A_{OV}}{A_B} * Q_B = \frac{0.4}{0.3} * \frac{50}{100} * 10 = 6.67$$

Tabel 3-2: Overzicht van afstroomdebieten bij terugkeerperiode 2 jaar

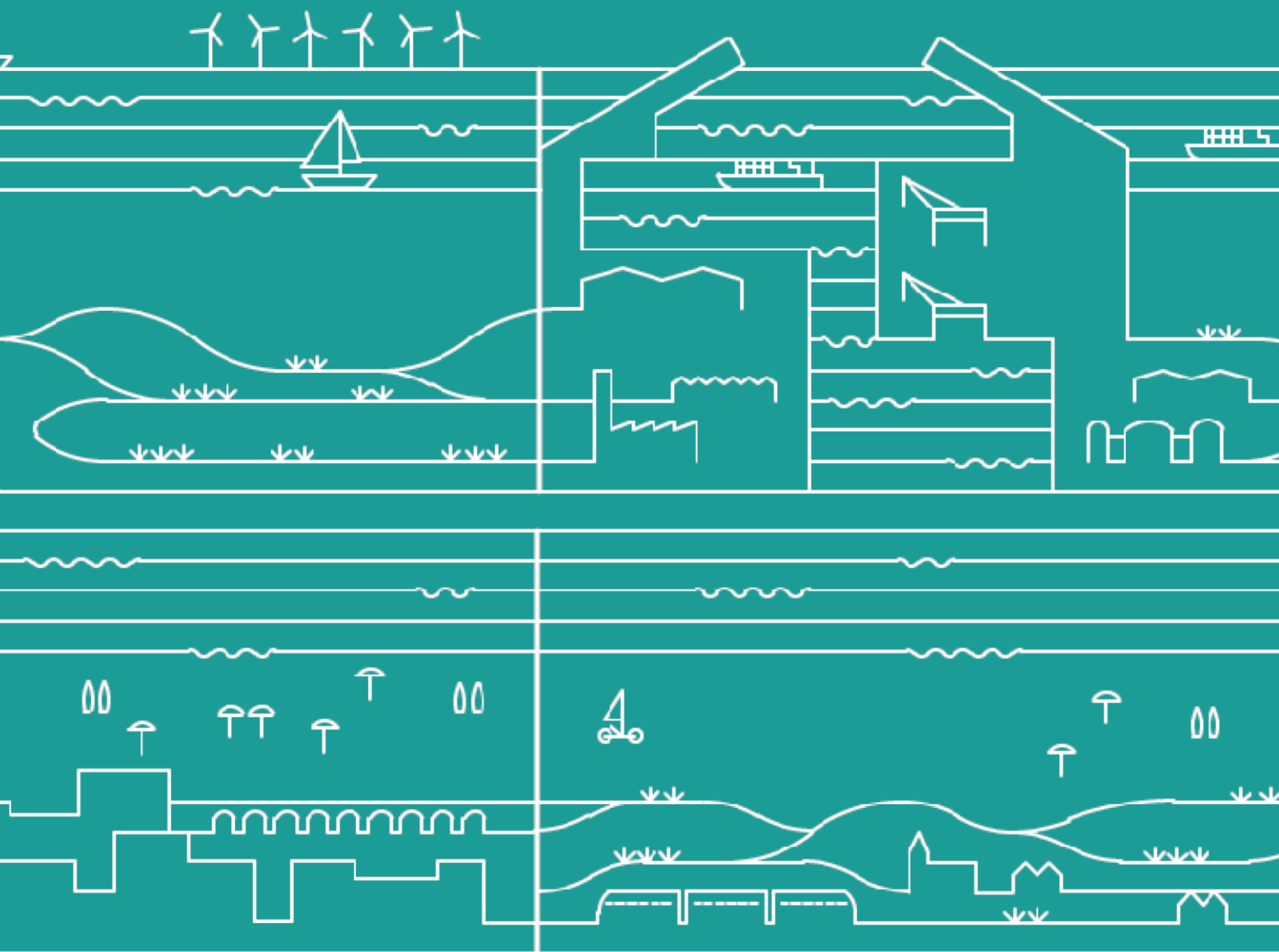
Waterloop	Deelstroom-gebied	Oppervlak [km <sup>2</sup> ]	Afstroming coëfficiënt [-]	Piek debiet T2 [m <sup>3</sup> /s]	Bron
Blankenbergsevaart	23 & 24	59,39 (30,18 + 29,21)	0,37	3,95	Persoonlijke communicatie met SumAqua
Oude Veurnevaart	4	64,37	0,45	5,01	Herschaald debiet Blankenbergsevaart cfr formule
Kreek van Nieuwendamme	8	23,14	0,28	1,12	
Nieuw Bedelf	9	33,79	0,33	1,93	



Figuur 3-8: Deelstroomgebieden nabij de kust in Vlaanderen

De opslagcapaciteit van de waterlopen is bepaald op dezelfde manier zoals is toegelicht in sectie 3.3.2.1.1. Wegens het gebrek aan de Q-h relatie kan geen kalibratie van de opslagcapaciteit van de waterlopen worden uitgevoerd.

Desondanks is geprobeerd een verbetering van de Q-h relatie te realiseren. Bij het opstellen van het ICM model (zie 3.3.2) is initieel de buffercapaciteit bepaald op basis van DTM gegevens. Nadien is deze buffercapaciteit bijgewerkt op basis van de kalibratie met verschillende bronnen. Bij deze kalibratie bleek dat gemiddeld de initiële buffercapaciteit met een factor 1,5 onderschat wordt. Aangezien bij deze waterlopen soortgelijke randvoorwaarden als bij de Blankenbergsevaart gebruikt worden, is gekozen om de initiële capaciteit te verhogen met een factor 1,5 om op deze manier naar alle waarschijnlijkheid beter de buffercapaciteit te benaderen.



**Resultaten**

# 4 Resultaten

## 4.1 Overzicht per waterloop

In de volgende secties wordt telkens een waterloop behandeld. In elke sectie is een verzamelfiguur weergegeven (bovenste figuur). Dit figuur geeft de minimale en maximale gesimuleerde waterpeilen in de waterloop aan per zeespiegelstijging en de kantelpunten bijhorend bij de waterloop. Op basis van deze informatie wordt de figuur "opgesplitst" in drie vlakken:

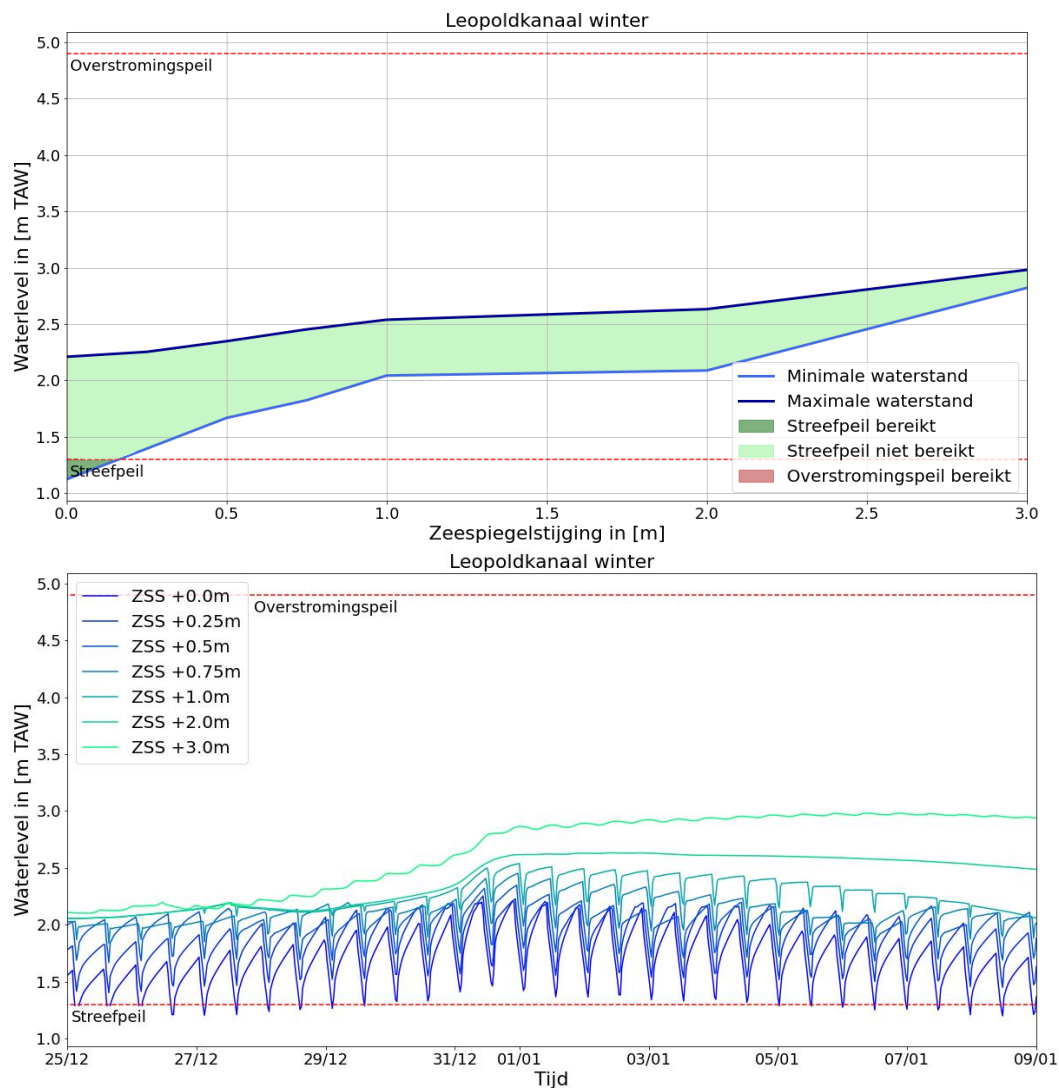
- Donkergroen (label = streefpeil bereikt). Tijdens deze zeespiegelstijging kan het streefpeil nog bereikt worden. Hier zijn voorlopig geen maatregelen noodzakelijk;
- Lichtgroen (label = streefpeil niet bereikt). Bij deze zeespiegelstijging kan het streefpeil niet meer bereikt worden, maar treden nog geen overstromingen op. Hier kan gekozen worden om het waterbeheer van de waterloop te veranderen (verhogen streefpeil) of een pompinstallatie te installeren om te zorgen dat het streefpeil wel bereikt kan blijven.
- Rood (label = overstromingspeil bereikt). Bij deze zeespiegelstijging is het overstromingspeil bereikt. Hier kan gekozen worden om in het achterland de oevers/dijken te verhogen of met behulp van een pompinstallatie het overtollige water af te voeren. De huidige afwateringsconstructie volstaan niet om het achterland te beschermen te overstromingen.

Indien het overstromingspeil is bereikt, impliceert dit nog **niet** dat het streefpeil ook niet bereikt kan worden en vice versa, dit zijn onafhankelijke parameters. Daarnaast is ook een gedetailleerde plot van het waterpeil in tijd geplot (onderste figuur). De maximale waterstand in de verzamelfiguur komt overeen met de maximale waterstand in de gedetailleerde plot en de minimale waterstand in het verzamelfiguur met de waterstand nabij het einde van de gedetailleerde plot. Op deze manier kan beoordeeld worden of de het waterpeil na het T2 event binnen een acceptabele tijd terug kan keren naar het streefpeil om zo het kantelpunt te beoordelen.

Afhankelijk van het gebruikte methodiek (Hoofdstuk 3) worden de resultaten gepresenteerd op drie verschillende manieren. Bij het ICM model wordt enkel de maximale piek weergegeven, wegens de relatieve simpliciteit van het model zijn de voorgaande en aansluitend volgende resultaten niet relevant. Het gemodelleerde T2 event is gebaseerd op een synthetische neerslag met een duur van 24 uur. Het MIKE model simuleert de gehele hoogwatergolf ten gevolge van het T2 event wat leidt tot een resultaten periode van  $\approx 2$  weken. In tegenstelling tot het ICM model zijn deze gegevens wel interessant om te beoordelen. Bij de expert beoordeling wordt enkel het waterpeil van het gemiddeld doortij geplot gedurende 24 uur.

## 4.1.1 Leopoldkanaal

In Figuur 4-1 zijn de waterpeilen voor het Leopoldkanaal geplot bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1). Uit de resultaten kan afgeleid worden dat het streefpeil niet meer bereikt kan worden bij een zeespiegelstijging van 20cm en hoger. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het beheer van de reeds aanwezige pompinstallatie. Deze is geïnstalleerd om water tijdens noodsituaties weg te pompen en niet voor continu gebruik (wat dus nodig zou zijn bij zeespiegelstijging). De bovengrens van het Leopoldkanaal wordt bij geen enkele zeespiegelstijging behaald, dit komt door de al aanwezige noodpompinstallatie die het water bij 2,0m en 3,0m zeespiegelstijging naar het Afleidingskanaal van de Leie pompt. Door deze installatie is er slechts een geleidelijke stijging van de waterpeilen in functie van zeespiegelstijging. Bij een zeespiegelstijging van  $\approx 2,2\text{m}$  wordt echter de bovengrens van het Afleidingskanaal van de Leie bereikt zijn en zal overstroming plaats vinden (sectie 4.1.3). In realiteit zal de pomp afslaan bij deze situatie en wordt dus ook geconcludeerd dat bij een zeespiegelstijging van  $\approx 2,2\text{m}$  het Leopoldkanaal ook zijn bovengrens bereikt.

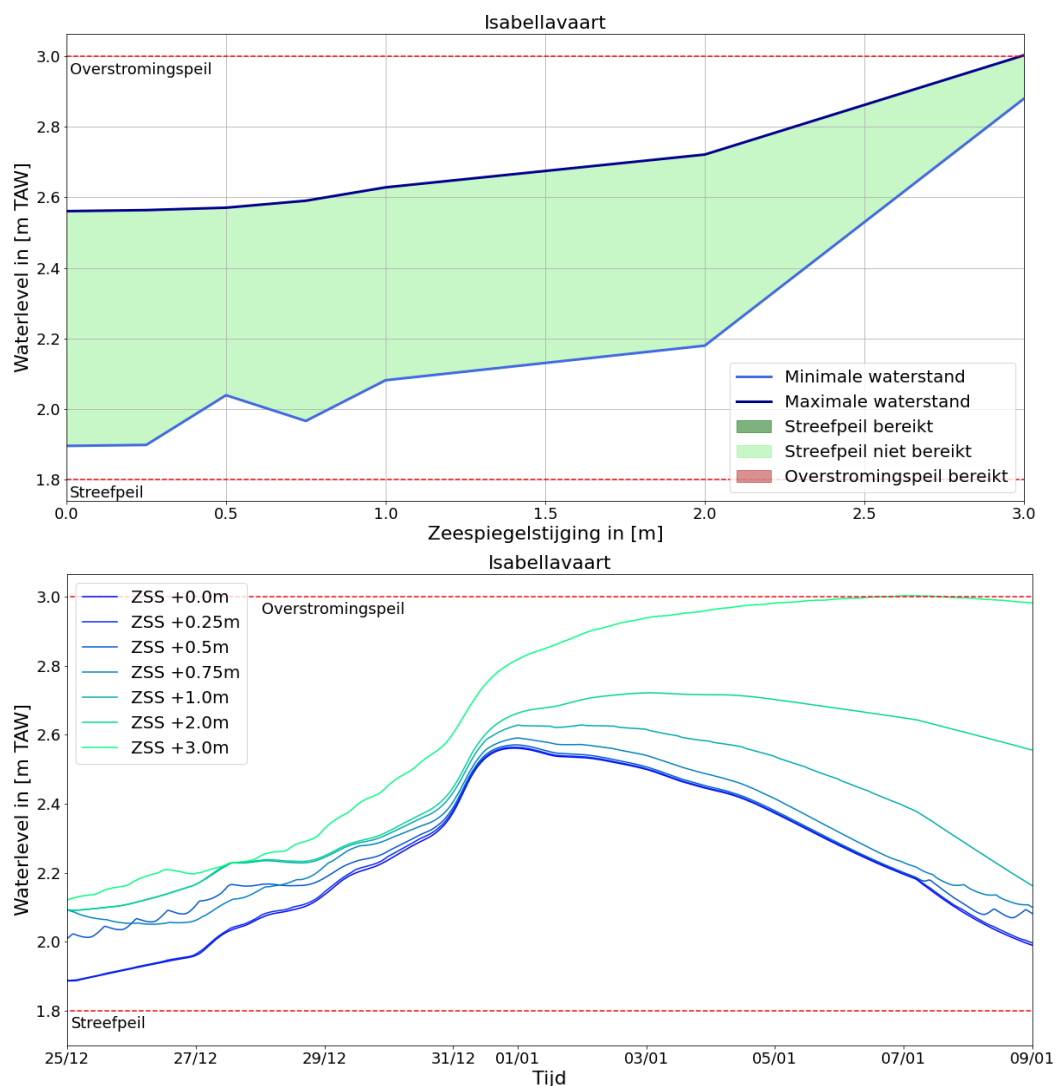


Figuur 4-1: Karakteristieke waterpeilen bij een T2 event in Leopoldkanaal bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).

## 4.1.2 Isabellavaart

In Figuur 4-2 zijn de waterpeilen voor de Isabellavaart geplot bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1). De Isabellavaart stroomt via een stuw naar het Leopoldkanaal. De Isabellavaart is daardoor niet direct afhankelijk van zeespiegelstijging en het getij maar door de capaciteit van het Leopoldkanaal om de effecten van zeespiegelstijging en getij uit te dempen. Als de Isabellavaart vergeleken wordt met de resultaten van het Leopoldkanaal (sectie 4.1.1) dan is zichtbaar dat het waterpeil op de Isabellavaart de vorm van het waterpeil op de Leopoldkanaal volgt maar iets hoger ligt. Deze kleine verhoging van het waterpeil wordt veroorzaakt door de opstuwning van het instromende debiet.

Het streefpeil kan tijdens een standaard T2 event in geen enkel geval meer bereikt worden door de verhoging van het waterpeil op het Leopoldkanaal. De bovengrens wordt kort, minimaal overschreden tijdens 3,0m zeespiegelstijging. Echter net zoals in 4.1.1 is besproken, is het waterpeil in het Leopoldkanaal, en dus in de Isabellavaart, afhankelijk van het Afleidingskanaal van de Leie. Bij een zeespiegelstijging van  $\approx 2,2\text{m}$  zal de pompinstallatie naar dit Kanaal gestopt worden waardoor waterpeilen stijgen. Ook hier zal dus geconcludeerd worden dat bij een zeespiegelstijging van  $\approx 2,2\text{m}$  de bovengrens van de Isabellavaart is bereikt.



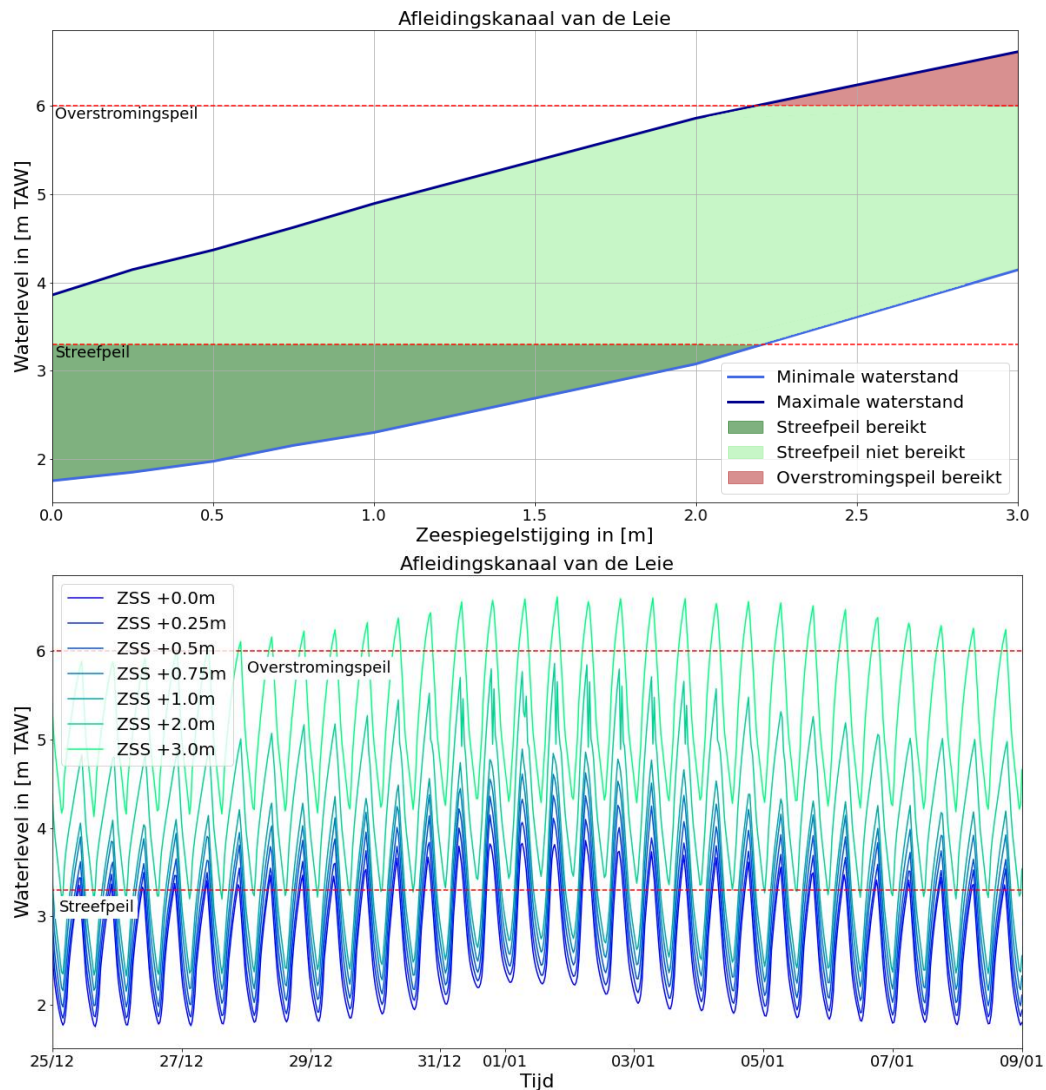
Figuur 4-2: Resultaten waterpeil in Isabellavaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).



### 4.1.3 Afleidingskanaal van de Leie

In Figuur 4-3 zijn de waterpeilen voor het Afleidingskanaal van de Leie geplot bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1). Het Afleidingskanaal staat in verbinding met het Leopoldkanaal door een noodpompinstallatie. Deze installatie kan water van het Leopoldkanaal naar het Afleidingskanaal pompen. Door het relatief grote debiet in het Afleidingskanaal in verhouding met de pompinstallatie wordt het waterpeil nauwelijks beïnvloed door deze installatie.

Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het Afleidingskanaal deels het getij volgt tijdens een T2 event. Tijdens dit event zijn instromende debieten relatief hoog ( $\approx 80 \text{ m}^3/\text{s}$ ) waardoor actieve regulering van het waterpeil door openen en sluiten van de deuren geen optimaal resultaat zal leveren. Uit de resultaten kan gezien worden dat tot  $\approx 2,2\text{m}$  zeespiegelstijging het streefpeil nog bereikt kan worden en tot  $\approx 2,2\text{m}$  zeespiegelstijging wordt de bovengrens niet overschreden.



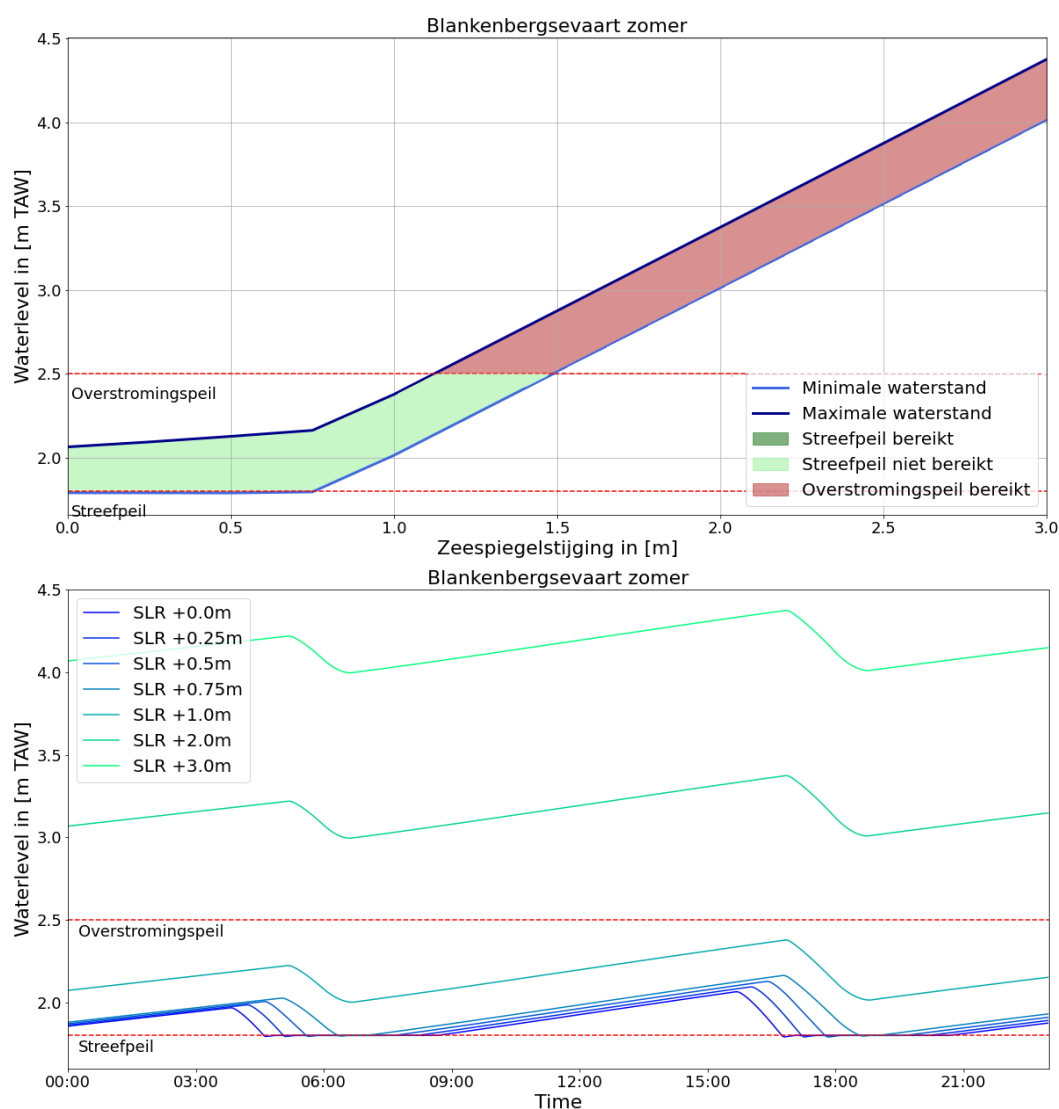
Figuur 4-3: Resultaten waterpeil in Afleidingskanaal van de Leie bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).

#### 4.1.4 Lissewegsevaart

De Lissewegsevaart zit buiten de scope van het huidig onderzoek. In het kader van de Nieuwe Sluis Zeebrugge wordt de afwatering van de Lissewegse Vaart geoptimaliseerd waarbij ook rekening gehouden wordt met zeespiegelstijging en de nood aan een pompgemaal. Dezelfde principes en concepten worden gehanteerd bij dit ontwerp.

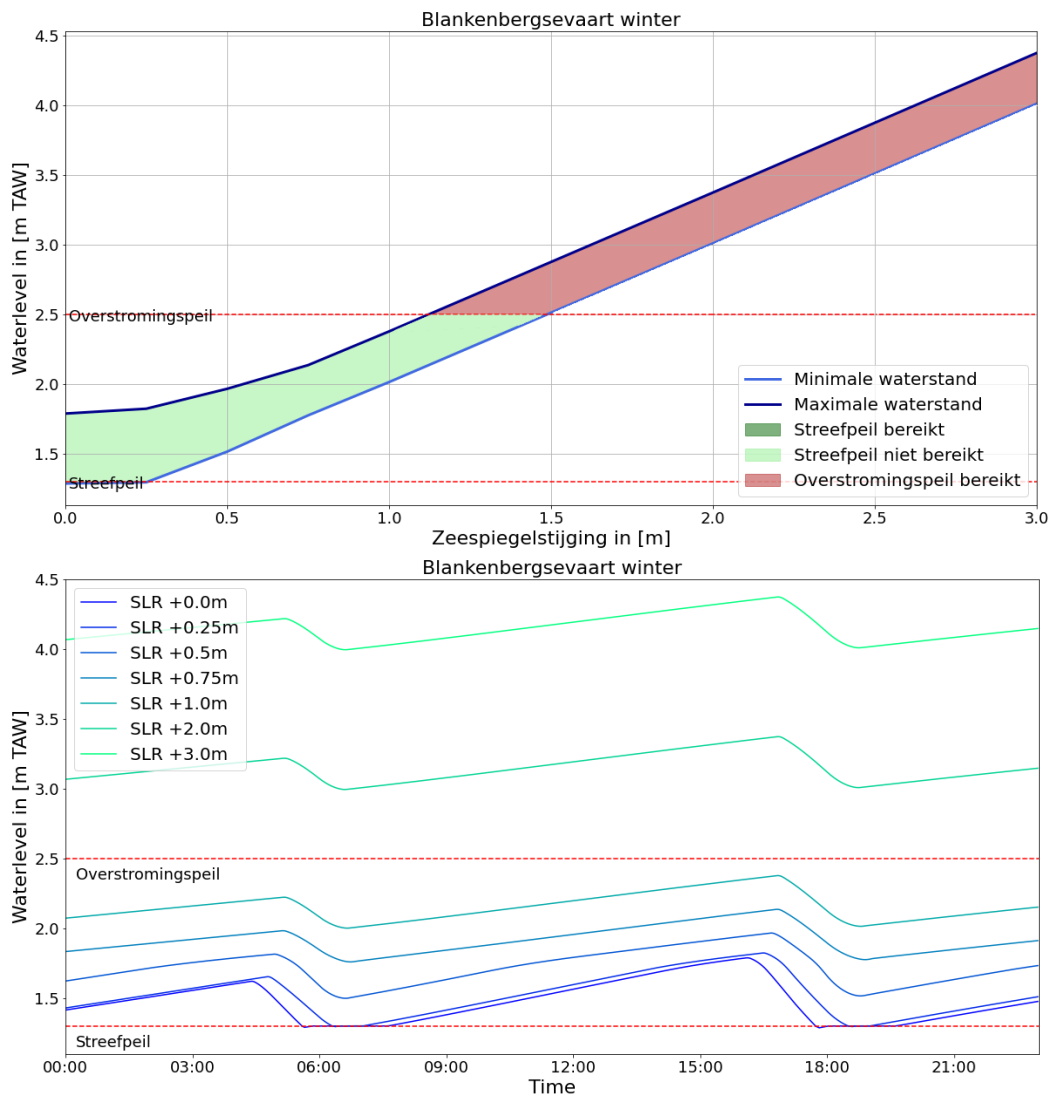
#### 4.1.5 Blankenbergsevaart

Het waterpeil van de Blankenbergsevaart is weergegeven voor verschillende zeespiegelstijging scenario's voor de zomerperiode (Figuur 4-4) en winterperiode (Figuur 4-5) volgens de methodiek met een ICM-model (zie sectie 3.3.2). In tegenstelling tot de resultaten bij de voorgaande gepresenteerde waterlopen zal de minimale waterstand niet onder het streefpeil komen wegens de ontwerpmethodiek bij het ICM model. Echter, als de minimale waterstand gelijk is aan het streefpeil dan kan geconcludeerd worden dat het streefpeil bereikt is. Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het zomer streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 0,75m bereikt kan worden. Daarnaast wordt het overstromingspeil tot 1,15m zeespiegelstijging niet bereikt.



Figuur 4-4: Resultaten waterpeil in Blankenbergsevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de zomerperiode. (minimale waterstand is na piek van event).

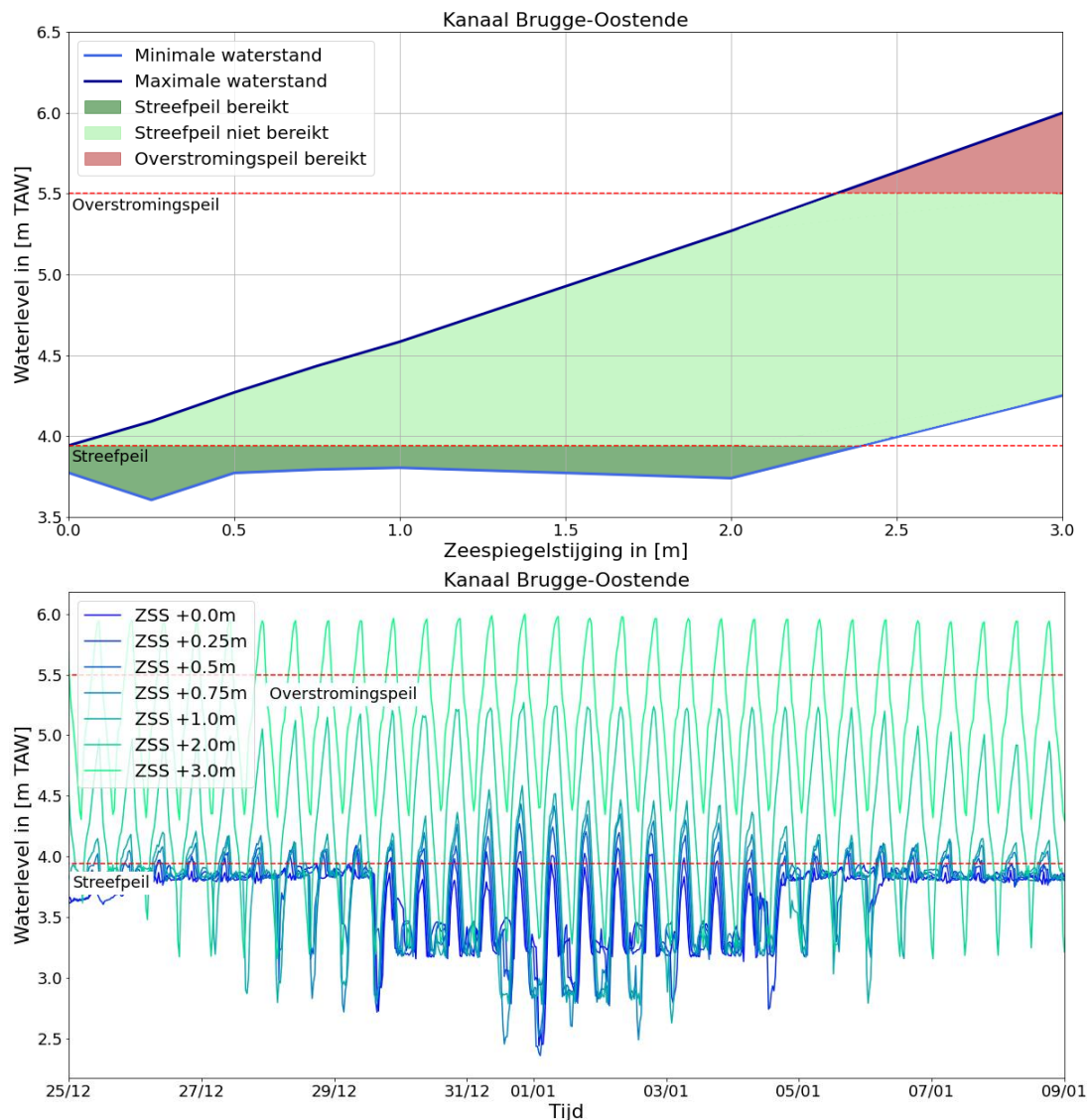
Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het winter streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 0,30m bereikt kan worden. Daarnaast wordt de bovengrens tot 1,15m zeespiegelstijging niet bereikt.



Figuur 4-5: Resultaten waterpeil in Blankenbergsevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de winterperiode (minimale waterstand is na piek van event).

#### 4.1.6 Kanaal Brugge – Oostende

In Figuur 4-6 zijn de waterpeilen voor het Kanaal Brugge - Oostende geplot bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1). Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het streefpeil tot en met  $\approx 2,35\text{m}$  zeespiegelstijging behaald kan worden, de bovengrens zal tot  $\approx 2,3\text{m}$  zeespiegelstijging niet bereikt worden. Dit is grotendeels te danken door het slimme beheer van het water. In Sectie 3.3.1 is reeds toegelicht hoe het waterbeheer in het MIKE model wordt toegepast. In de resultaten is zichtbaar dat tijdens de T2 piek een preventieve verlaging van het waterpeil wordt gerealiseerd waardoor het initiële waterpeil laag is en extra stijging van het waterpeil tijdens het event mogelijk is.

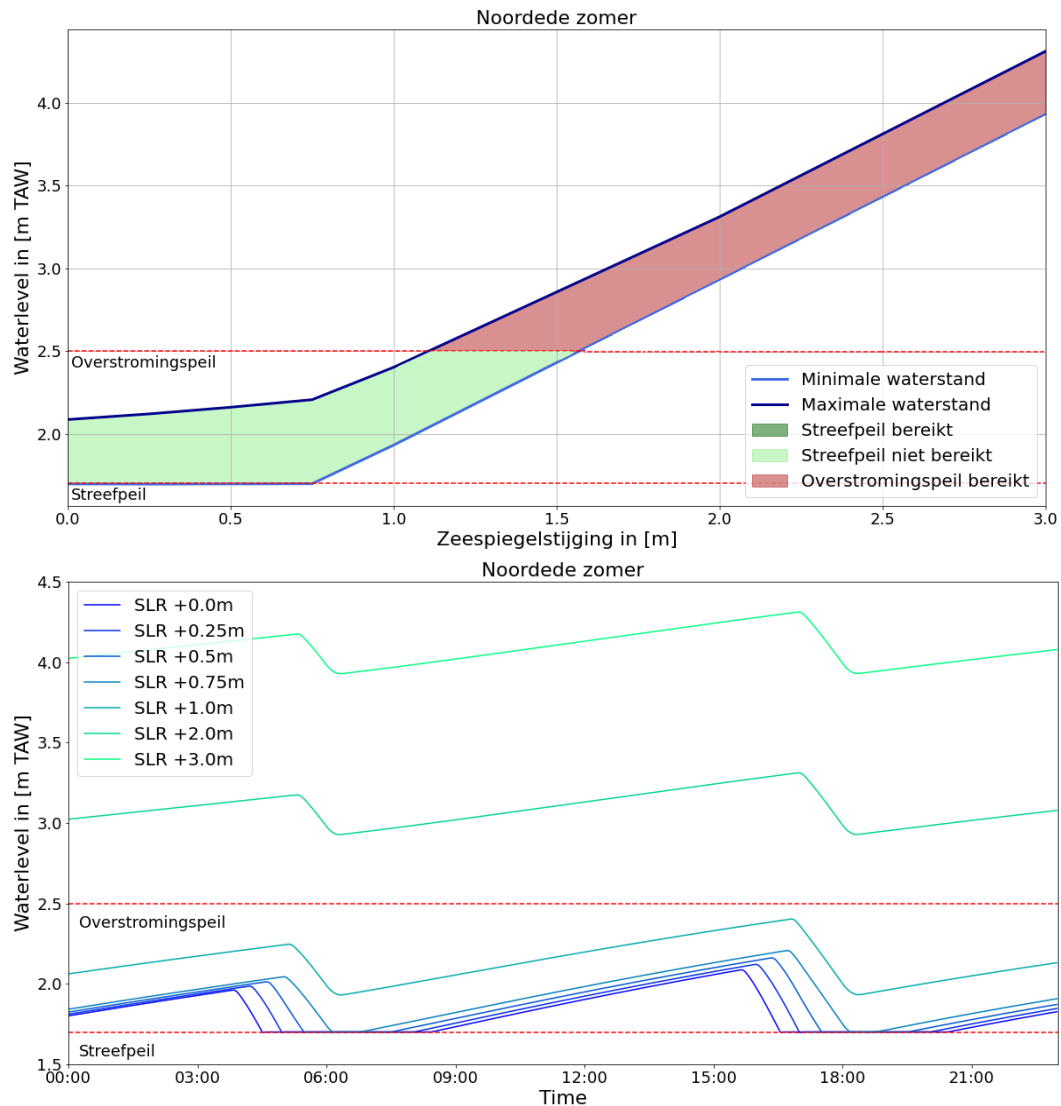


Figuur 4-6: Resultaten waterpeil in Kanaal Brugge-Oostende bij verschillende zeespiegelstijging scenario's. (minimale waterstand is na piek van event).

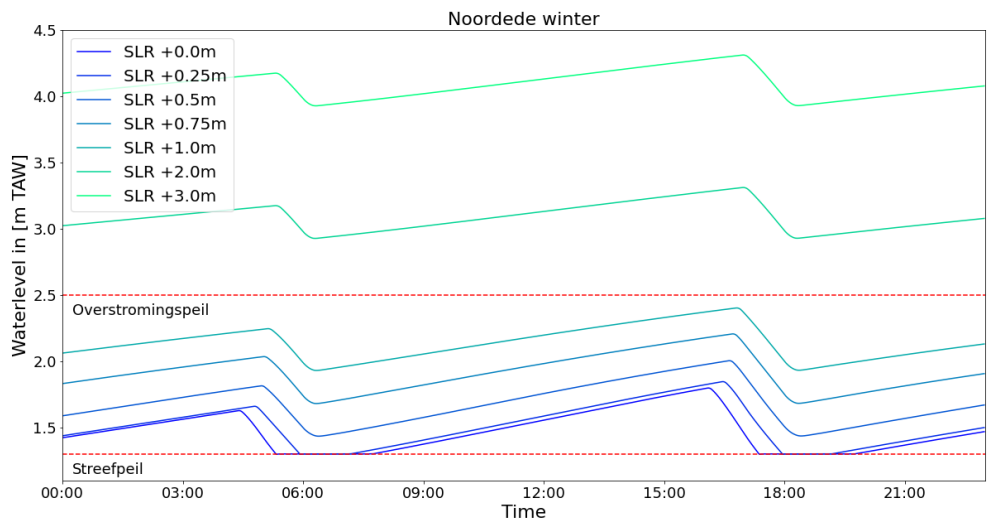
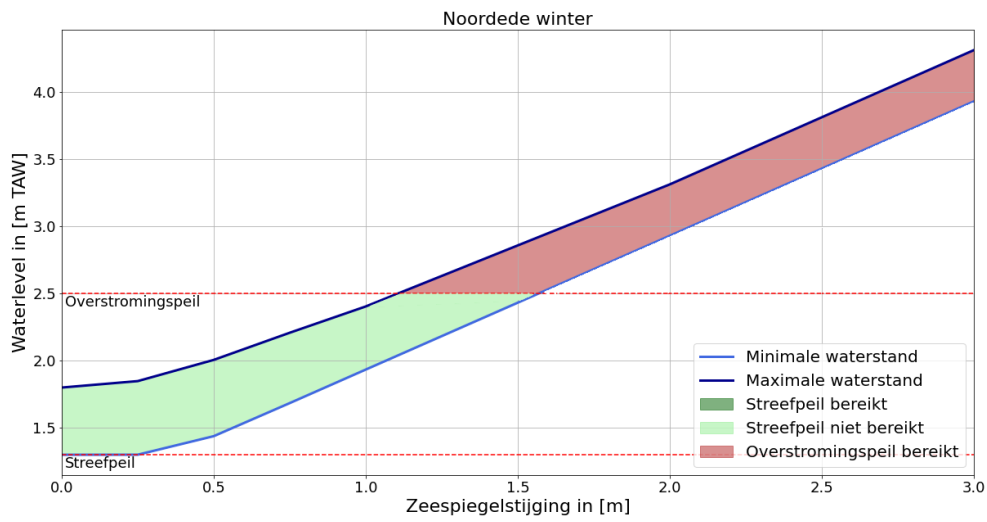
## 4.1.7 Noordede

Het waterpeil van de Noordede is weergegeven voor verschillende zeespiegelstijging scenario's voor de zomerperiode (Figuur 4-7) en winterperiode (Figuur 4-8) volgens de methodiek met een ICM-model (zie sectie 3.3.2). In tegenstelling tot de resultaten bij de andere waterlopen zal de minimale waterstand niet onder het streefpeil komen wegens de ontwerpmethodiek bij het ICM model. Echter, als de minimale waterstand gelijk is aan het streefpeil dan kan geconcludeerd worden dat het streefpeil bereikt is. Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het zomer streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 0,75m bereikt kan worden. Daarnaast wordt de bovengrens tot 1,15m zeespiegelstijging niet bereikt.

Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het winter streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 0,25m bereikt kan worden. Daarnaast wordt de bovengrens tot 1,15m zeespiegelstijging niet bereikt.



Figuur 4-7: Resultaten waterpeil in Noordede bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de zomerperiode (minimale waterstand is na piek van event).



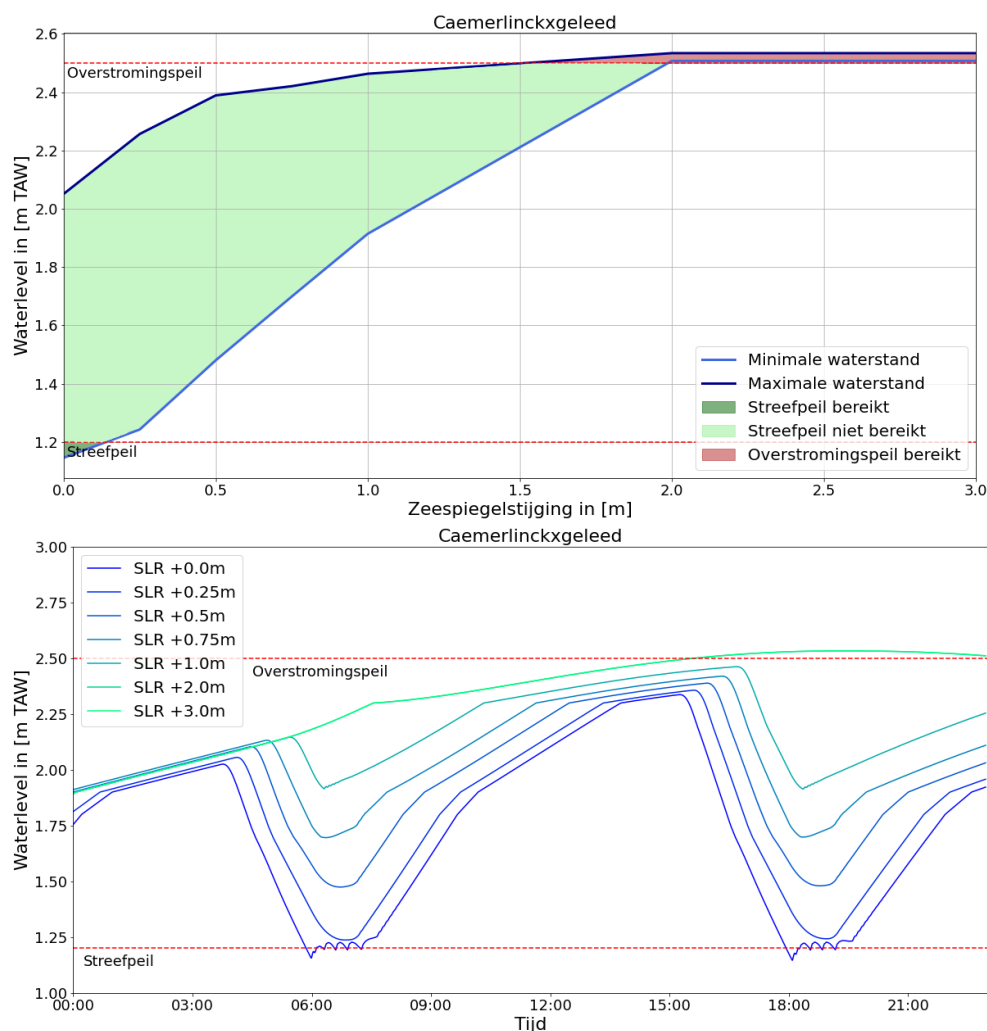
Figuur 4-8: Resultaten waterpeil in Noordede bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de winterperiode (minimale waterstand is na piek van event).

## 4.1.8 Oostends Kreekgebied (Caemerlinckxgeleed)

In Figuur 4-9 is het getij geplot bij verschillende zeespiegelstijging scenario's met de verschillende drempelpeilen volgens de methodiek met een ICM-model (zie sectie 3.3.2). Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het streefpeil met een kleine verhoging van de zeespiegel (+15cm) al niet meer behaald kan worden volgens de gehanteerde methodiek. In de realiteit kan de pompwerking aangepast worden om het streefpeil te realiseren. Met dit potentieel aangepast beheer is geen rekening gehouden.

De bovengrens wordt volgens de toegepaste methodiek pas overschreden bij 1,5m zeespiegelstijging en dit is slechts met enkele centimeters. Het Caemerlinckxgeleed systeem werkt deels met een pompsysteem dat een grotere capaciteit heeft naarmate het waterpeil stijgt, hierdoor ziet de stijging van het waterpeil er verschillend uit per zeespiegelstijging. Zoals in de randvoorwaarden is benadrukt, is het uitgangspunt van dit onderzoek het behoud van het huidige waterbeheer en wordt geen rekening gehouden met eventuele toekomstige aanpassingen aan het watersysteem (bijv. verhoging dijken, aanbrengen retentie bekkens). Wegens de specifieke situatie van deze case wordt een alternatief advies besproken:

*De huidige aanslagpeilen van de pompen zijn; 1,8mTAW / 1,9mTAW / 2,3mTAW. Door het aanslagpeil van deze pompen te verlagen en de pompen dus eerder te laten werken, wordt de potentiële opslagcapaciteit in de waterloop verhoogd waardoor het overstromingspeil en dus het kantelpunt later bereikt wordt. Daarnaast zal een verlaging van de aanslagpeilen van de pompen er ook voor zorgen dat het waterpeil in de waterloop niet te sterk zal stijgen en het systeem langer "terug kan" naar het streefpeil. Door het aanslagpeil van de pompen te verlagen wordt het kantelpunt van zowel het streefpeil als het overstromingspeil later bereikt en zal geen vergroting van het pompstation noodzakelijk zijn.*



Figuur 4-9: Resultaten waterpeil in Caemerlinckxgeleed bij verschillende zeespiegelstijging scenario's. (minimale waterstand is na piek van event).

#### 4.1.9 Nieuw Bedelf

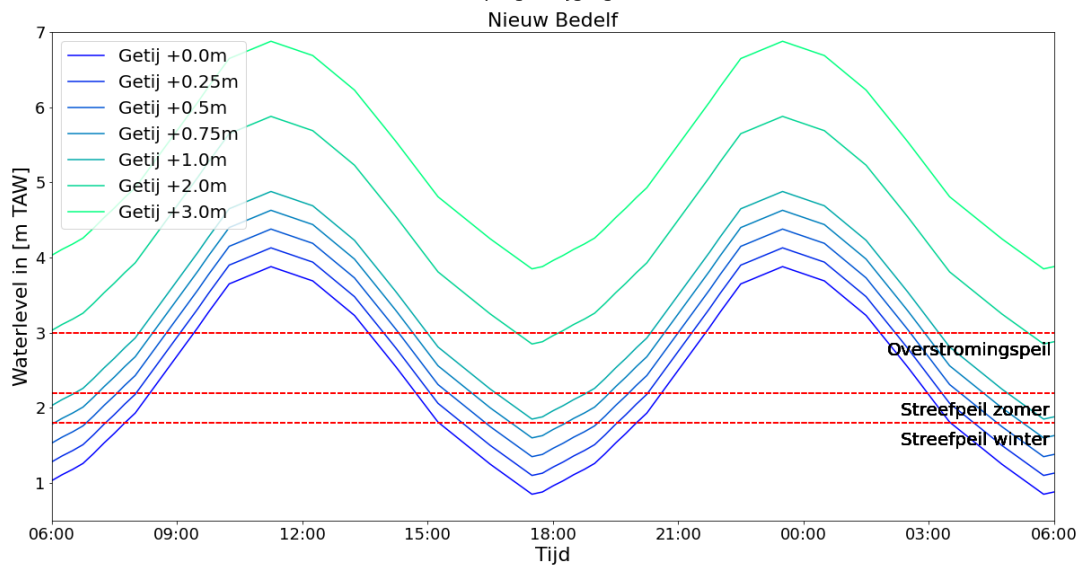
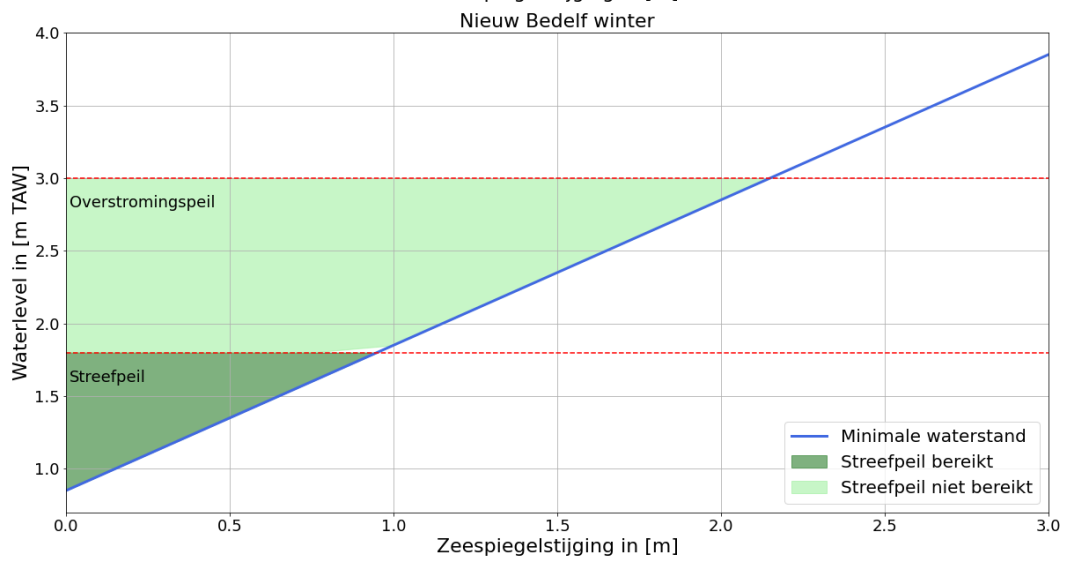
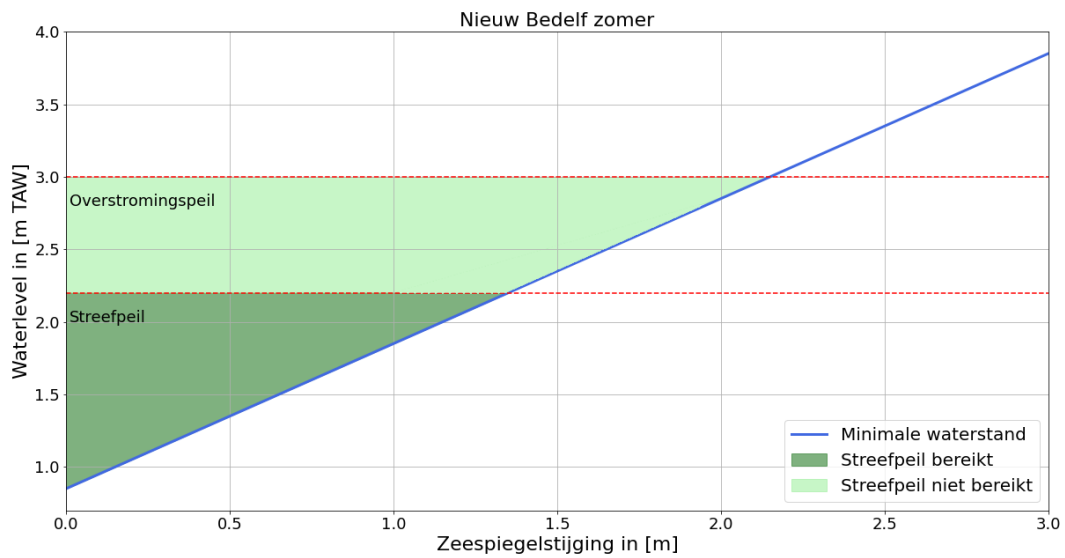
In Figuur 4-10 is het getij geplot bij de verschillende zeespiegelstijging scenario's met de verschillende kantelpunten. Gebaseerd op de methodiek toegelicht in sectie 3.3.3 (expert beoordeling) worden de volumes in Tabel 4-1 verwacht als de sluisdeur dicht gaat op het moment de ondergrens is bereikt. Het oppervlak van het Nieuw Bedelf is  $\approx 81225\text{m}^2$ . De resulterende waterpeilen zijn toegelicht in Tabel 4-1.

Uit de resultaten kan afgeleid worden dat het winter streefpeil (1.8-2.0 mTAW) tot en met een zeespiegelstijging van 0,95m bereikt kan worden en het zomer streefpeil (2.2 mTAW) tot en met 1,35m. Daarnaast wordt de bovengrens tot +1,25m zeespiegelstijging niet bereikt in de zomer- en winterperiode volgens de gebruikte rekenmethodiek.

Tabel 4-1: Waterpeilstijging in het Nieuw Bedelf gebaseerd op analyse toegelicht in 3.3.3.2

Zeespiegelstijging	Volume zomer [m <sup>3</sup> ]	Volume winter [m <sup>3</sup> ]	Waterpeil zomer [m TAW]	Waterpeil winter [m TAW]
+ 0,0m	47982	54595	2.79	2.47
+ 0,25m	51288	57901	2.83	2.51
+0,50m	54594	61207	2.87	2.55
+0,75m	57900	64513	2.91	2.59
+1,0m	61206	64513	2.95	2.59





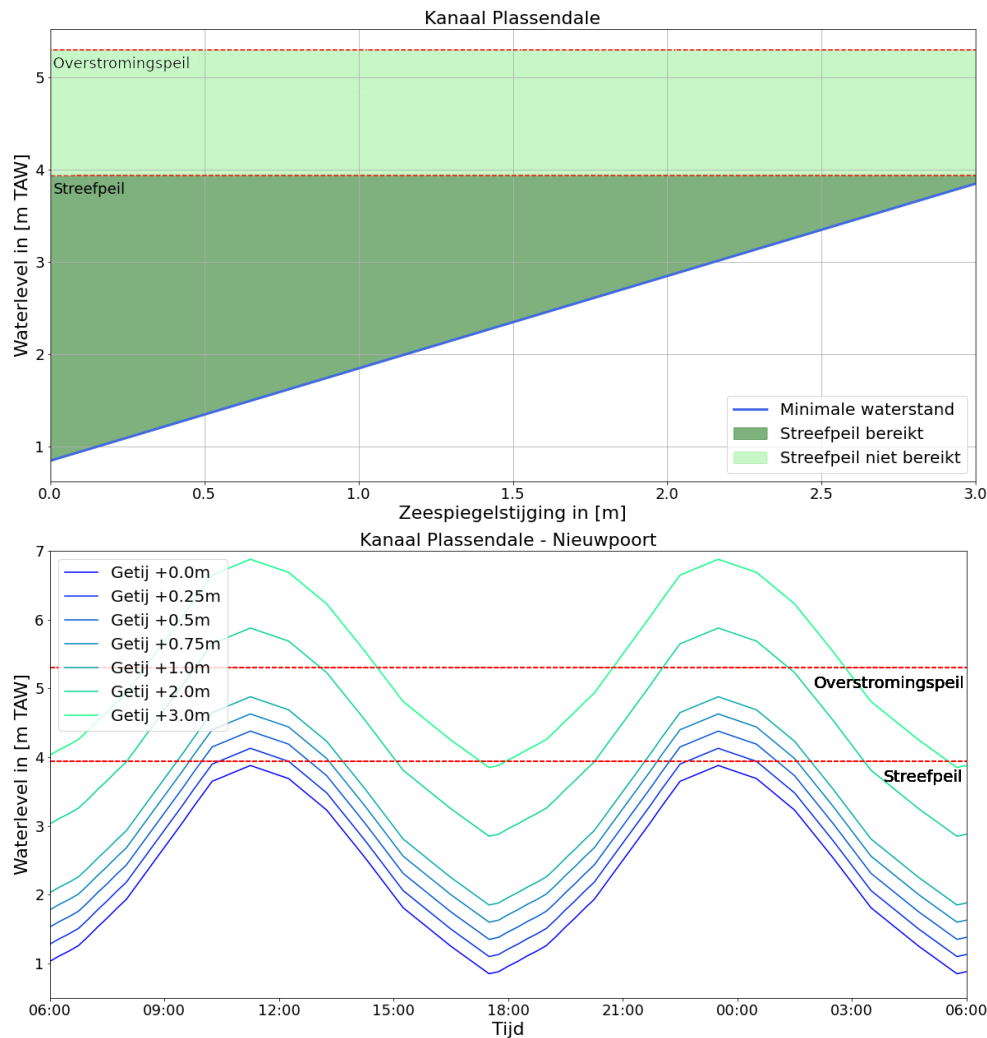
Figuur 4-10: Resultaten waterpeil in Nieuw Bedelf bij verschillende zeespiegelstijging scenario's voor de zomer- en winterperiode.

#### 4.1.10 Kanaal Plassendale – Nieuwpoort

In Figuur 4-11 is het getij geplot bij de verschillende zeespiegelstijging scenario's met de verschillende drempelpeilen.

Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het getij niet boven de bovengrens uit komt tot en met een zeespiegelstijging van +1,5m. Daarnaast daalt het getij voor alle zeespiegelstijgingen onder de ondergrens. Tot +1,5m zeespiegelstijging zijn geen aanpassen nodig voor dit kanaal indien het volledige bovenstroomse debiet door de uitstroombouwconstructie kan stromen en zo het getij kan volgen.

Bij een zeespiegelstijging van 2,0m en 3,0m stijgt het getij boven de bovengrens en een verhoogde waterstand in het kanaal zal hieruit resulteren. Aangezien het instromende debiet onbekend is en afhankelijk van een groot systeem van sluizen, stuwen en overlaten kan moeilijk gezegd worden wanneer het kantelpunt bereikt is. Echter, gebaseerd op de bevaarbare kanalen die goed gemodelleerd zijn en uitgaan van een soortgelijke verdeling van debiet per uitstroompunt / opslagcapaciteit / instromend debiet wordt het kantelpunt op  $\approx 2,5\text{m}$  zeespiegelstijging verwacht.



Figuur 4-11: Resultaten waterpeil in Kanaal Plassendale - Nieuwpoort bij verschillende zeespiegelstijging scenario's.

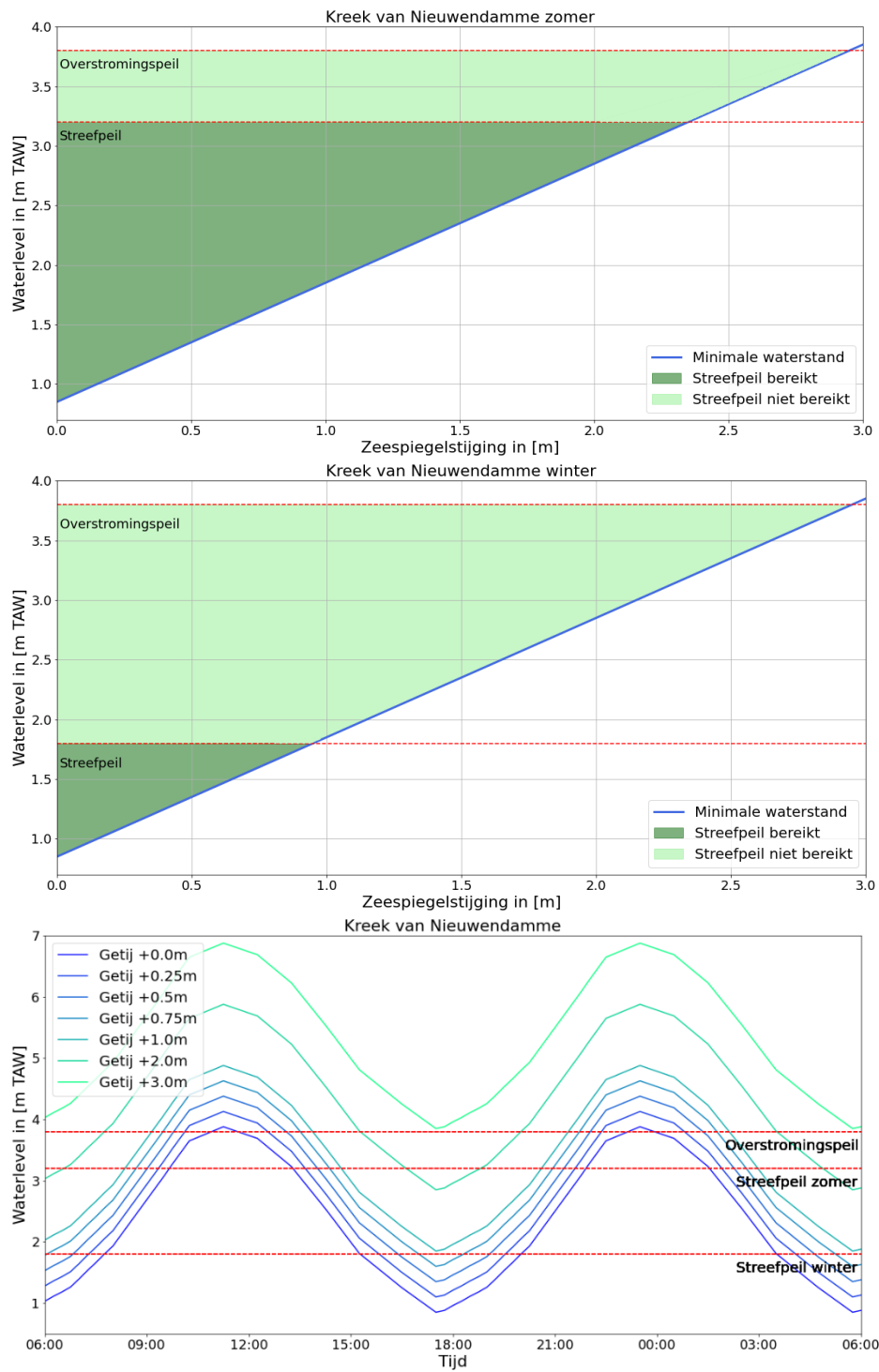
#### 4.1.11 Kreek van Nieuwendamme

In Figuur 4-12 is het getij geplot bij de verschillende zeespiegelstijging scenario's met de verschillende drempelpeilen. Gebaseerd op de methodiek toegelicht in sectie 3.3.3 (expert beoordeling) worden de volumes in Tabel 4-2 verwacht als de sluisdeur dicht gaat op het moment de ondergrens is bereikt. Het oppervlak van de Kreek van Nieuwendamme is  $\approx 91388\text{m}^2$ . De resulterende waterpeilen zijn toegelicht in Tabel 4-2.

Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het winter streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 0,95m bereikt kan worden en het zomer streefpeil tot en met 2,3m. Daarnaast wordt de bovengrens tot +2,0m zeespiegelstijging in de zomer- en winterperiode niet bereikt volgens de gebruikte rekenmethodiek.

Tabel 4-2: Waterpeilstijging in de Kreek van Nieuwendamme gebaseerd op analyse toegelicht in 3.3.3.2

Zeespiegelstijging	Volume zomer [m <sup>3</sup> ]	Volume winter [m <sup>3</sup> ]	Waterpeil zomer [m TAW]	Waterpeil winter [m TAW]
+ 0,0m	16061	31723	3.38	2.15
+ 0,25m	18076	33738	3.40	2.17
+0,50m	20092	35754	3.42	2.19
+0,75m	22107	37769	3.44	2.21
+1,0m	24123	37769	3.46	2.21
+2,0m	39265	37769	3.63	2.21

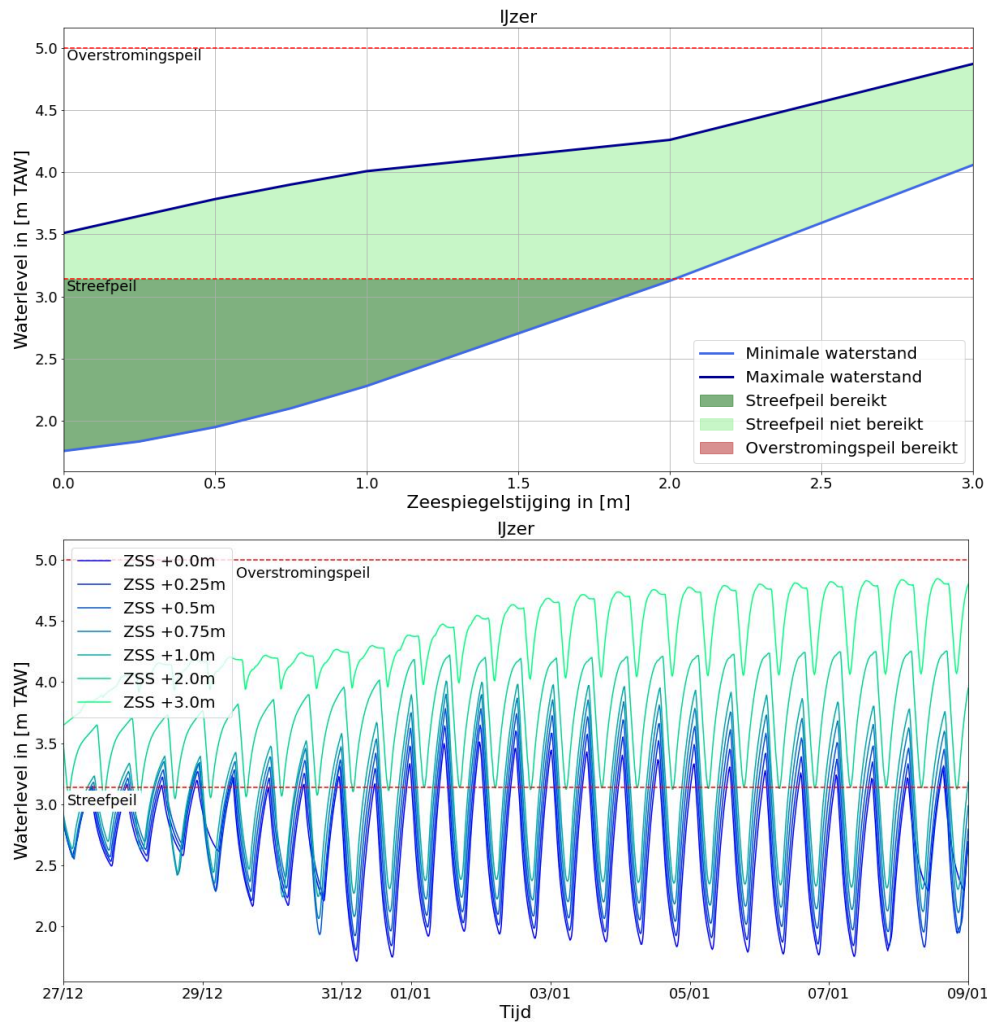


Figuur 4-12: Resultaten waterpeil in Kreek van Nieuwendamme bij verschillende zeespiegelstijging scenario's in de zomer- en winterperiode.

#### 4.1.12 IJzer

In Figuur 4-13 zijn de waterpeilen voor de IJzer geplot bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1)

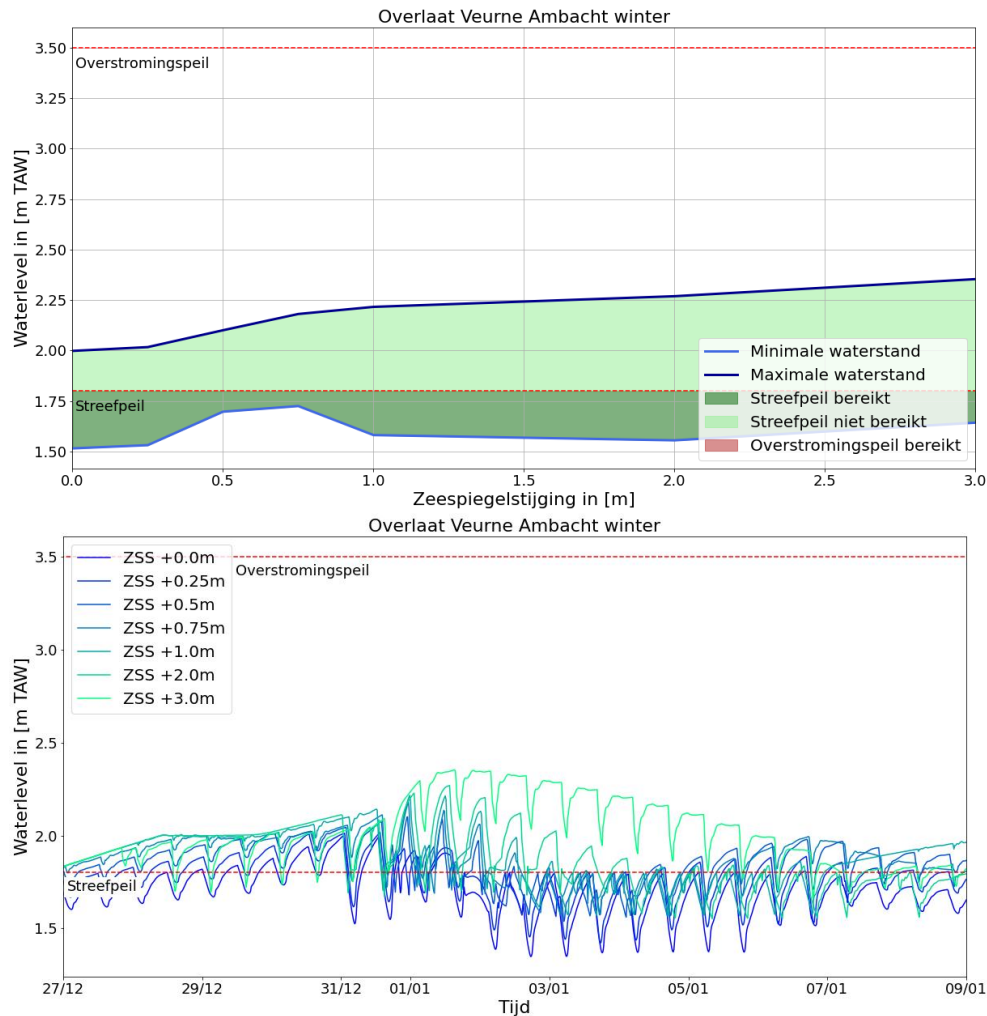
De resultaten laten zien dat het streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 2,0m bereikt kan worden. Daarnaast wordt de bovengrens niet overschreden bij een zeespiegelstijging van 3,0m. Uit de resultaten kan ook afgelezen worden dat de IJzer deels het getij volgt tijdens een T2 event. Tijdens dit event zijn instromende debieten relatief hoog ( $\approx 55\text{m}^3/\text{s}$ ) waardoor actieve regulering van het waterpeil door openen en sluiten van de deuren geen optimaal resultaat zal leveren.



Figuur 4-13: Resultaten waterpeil in IJzer bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).

#### 4.1.13 Overlaat Veurne Ambacht

In Figuur 4-14 zijn de waterpeilen voor de Overlaat Veurne Ambacht geplott bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1). De resultaten laten zien dat het streefpeil tot minimaal 3m zeespiegelstijging behaald kunnen worden en ook de bovengrens niet bereikt wordt. Dit is te danken aan de relatief grote pompcapaciteit in combinatie met een laag aanslagpeil. Hierdoor kan een groot deel van het instromend debiet weg gepompt worden en is het effect van de verhoogde zeespiegelstijging minimaal. De "hobbel" van 0,25m tot 1,0m is ook te verklaren door dit pompsysteem. De waterstanden tijdens ZSS van 0,25m tot 1,0m konden nog deels gravitair afgevoerd worden, hierdoor is het pompsysteem niet volledig benut en duurt de terugkeer naar het streefpeil langer.

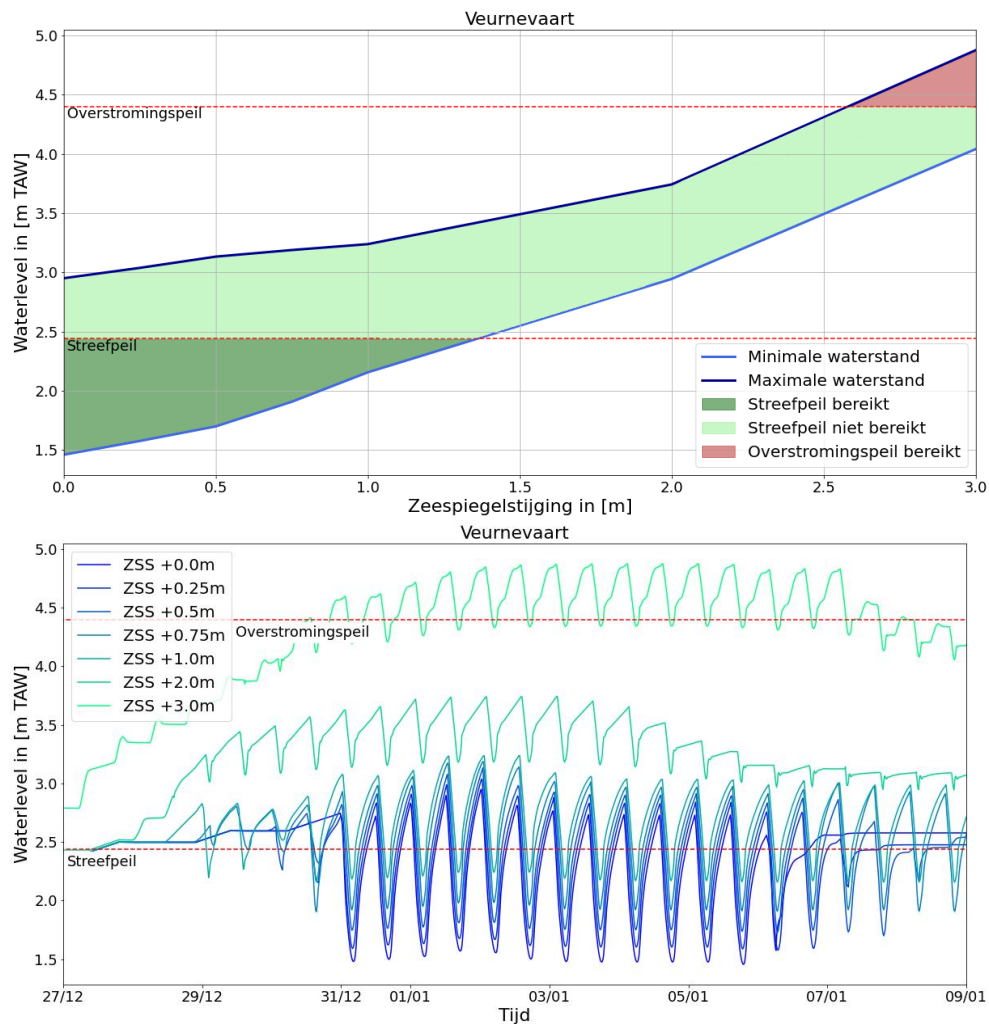


Figuur 4-14: Resultaten waterpeil in Overlaat Veurne Ambacht bij verschillende zeespiegelstijging scenario's. (minimale waterstand is na piek van event).

#### 4.1.14 Veurnevaart

In Figuur 4-15 zijn de waterpeilen voor de Veurnevaart geplot bij verschillende zeespiegelstijgingen en de drempelpeilen bijhorend bij de waterloop volgens de methodiek met het MIKE-model (zie sectie 3.3.1).

De resultaten laten zien dat het streefpeil tot 1,4m zeespiegelstijging behaald kan worden en de bovengrens bij  $\approx 2,55\text{m}$  zeespiegelstijging wordt overschreden.



Figuur 4-15: Resultaten waterpeil in Veurnevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's (minimale waterstand is na piek van event).

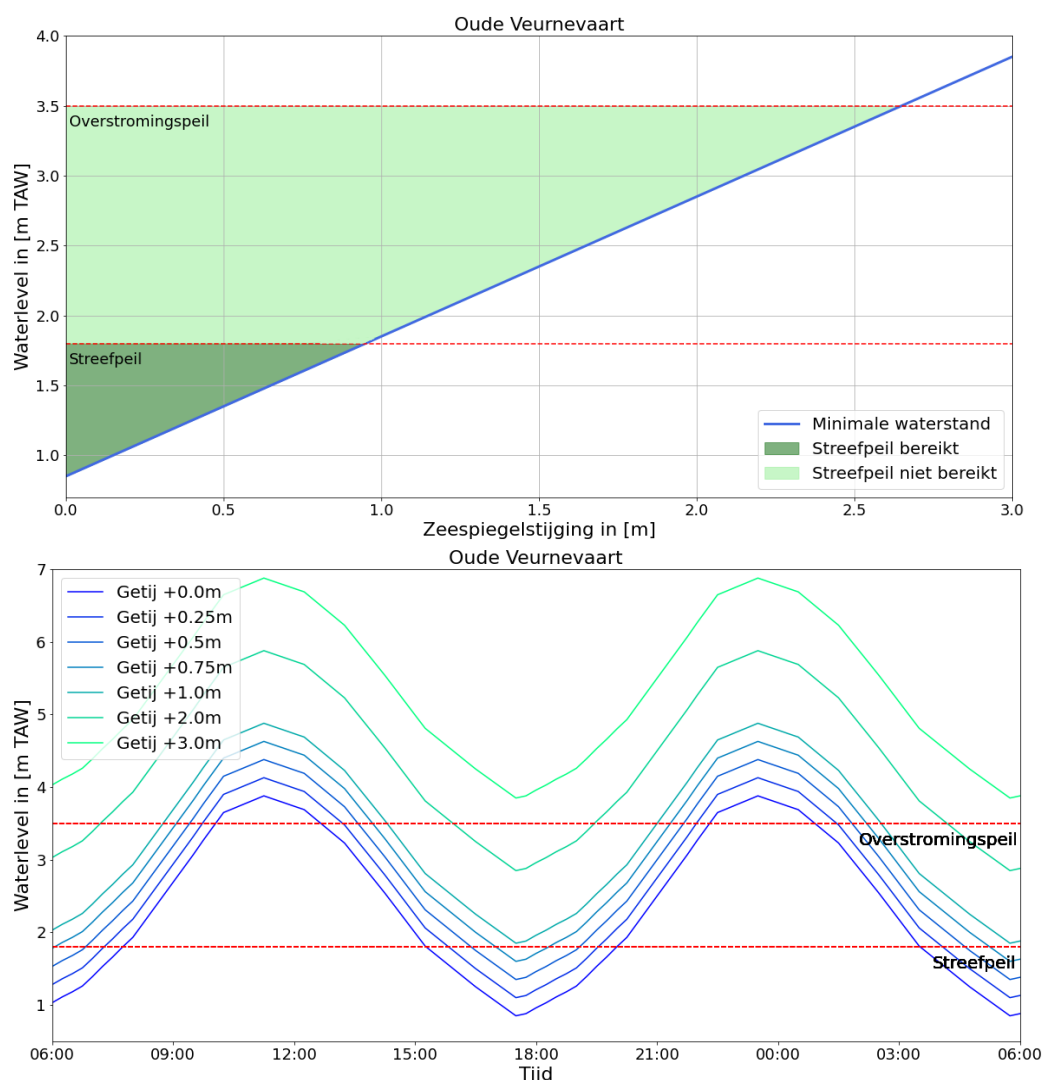
#### 4.1.15 Oude Veernevaart

In Figuur 4-16 is het getij geplot bij de verschillende zeespiegelstijging scenario's met de verschillende drempelpeilen. Gebaseerd op de methodiek toegelicht in sectie 3.3.3 (expert beoordeling) worden de volumes in Tabel 4-3 verwacht als de sluisdeur dicht gaat op het moment de ondergrens is bereikt. Het oppervlak van de Oude Veernevaart is  $\approx 92883\text{m}^2$ . De resulterende waterpeilen zijn toegelicht in Tabel 4-3.

Uit de resultaten kan afgelezen worden dat het streefpeil tot en met een zeespiegelstijging van 0,95m bereikt kan worden. Echter, wat direct zichtbaar is, is dat de bovengrens vrij snel bereikt lijkt te worden, al bij een geringe zeespiegelstijging van  $\approx 15\text{cm}$  lijkt het waterpeil te hoog met de gebruikte rekenmethodiek.

Tabel 4-3: Waterpeilstijging in de Oude Veernevaart gebaseerd op analyse toegelicht in 3.3.3.2

Zeespiegelstijging	Volume [m <sup>3</sup> ]	Waterpeil [m TAW]
+ 0,0m	150152	3.42
+ 0,25m	163553	3.56
+0,50m	172537	3.65
+0,75m	189716	3.84



Figuur 4-16: Resultaten waterpeil in Oude Veernevaart bij verschillende zeespiegelstijging scenario's



## 4.2 Verzameling kantelpunten

In de onderstaande twee tabellen is een verzameling van de kantelpunten in de winter (W) en zomer (Z) voor de waterlopen verzameld. Hierin zijn ook de kantelpunten uit de eerdere studie (Consortium Hoogtij(d) -IMDC, ORG, Arcadis, 2021) opgenomen om te vergelijken.

In vergelijking met de kantelpunten uit Consortium Hoogtij(d) -IMDC, ORG, Arcadis (2021) zien we een algehele verlaging van de kantelpunten van gemiddeld 20-30cm. Dit verschil is te verklaren doordat in deze studie het instromend debiet is meegenomen in tegenstelling tot de voorgaande studie waar de analyse enkel is uitgevoerd op basis van waterpeilen. De streefpeilen voor beide studies zijn hetzelfde aangenomen. Aangezien het vorige onderzoek geen rekening gehouden heeft met overstromingspeil is voor dit aspect geen vergelijking mogelijk.

Vier waterlopen vertonen afwijkingen bij de berekening : Overlaat Veurne Ambacht, Oude Veurnevaart, Caemerlinckxgeleed en Isabellavaart.

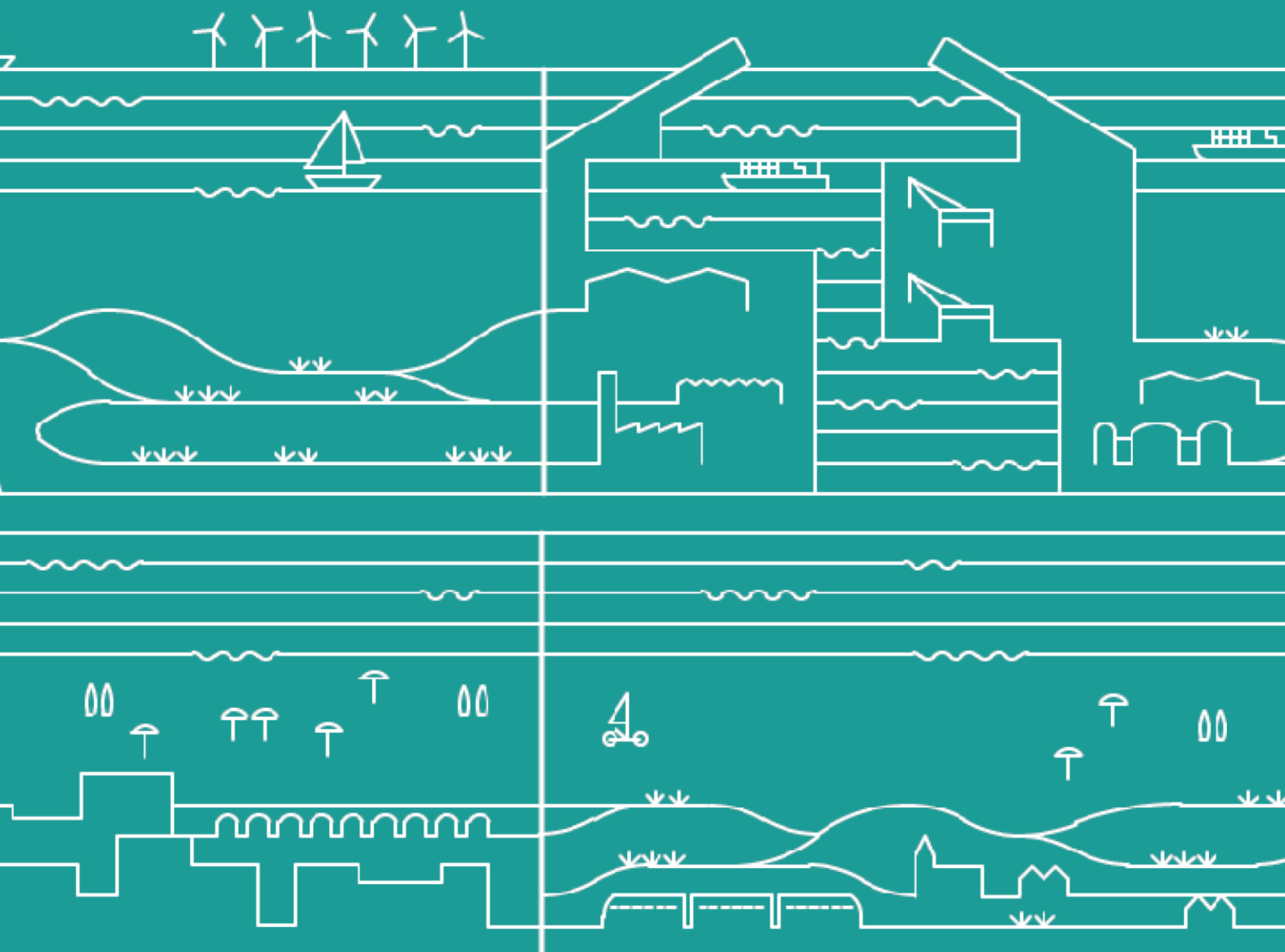
- Isabellavaart; tijdens een T2 event kan het streefpeil niet meer bereikt worden in de huidige situatie. Echter, de streefpeilen in deze waterloop zullen hoofdzakelijk gebaseerd zijn op randvoorwaarden gespecificeerd door de landbouw. Een tijdelijke verhoging tijdens een T2 event heeft dus geen grote gevolgen.
- Het Caemerlinckxgeleed; bij het Caemerlinckxgeleed is het kantelpunt van +0,68m ZSS naar +0,15m ZSS bijgesteld, waardoor de prioriteit verhoogd is. In Consortium Hoogtij(d) -IMDC, ORG, Arcadis (2021) is geen rekening gehouden met instromend debiet, dit is in dit onderzoek wel meegenomen wat het grote verschil verklaard.
- Overlaat Veurne Ambacht; in Consortium Hoogtij(d) -IMDC, ORG, Arcadis (2021) is een kantelpunt van 1,03 – 1,33m besproken terwijl in deze analyse het kantelpunt > 3,0m ZSS berekend is. Dit komt door de al aanwezige pompinstallatie welke het instromend debiet tijdens een T2 event grotendeels kan wegpompen. De prioriteit van deze waterloop is dus erg laag.
- De Oude Veurnevaart; deze is in Consortium Hoogtij(d) -IMDC, ORG, Arcadis (2021) niet besproken maar in deze analyse lijkt het kantelpunt al bij +0,15m ZSS te zijn bereikt. Dit is ook het kantelpunt waarbij het overstromingspeil is bereikt, het gevolg is dus groot. De Oude Veurnevaart is beoordeeld op basis van gelimiteerde informatie waardoor de berekende kantelpunten conservatief zijn. Echter, de huidige resultaten tonen aan dat deze waterloop een hoge prioriteit heeft, nader onderzoek is noodzakelijk om nauwkeurigere resultaten te krijgen.

Voor de algemene conclusies en een discussie met betrekking tot verbetermogelijkheden voor het bepalen van de kantelpunten wordt verwezen naar Hoofdstuk 6.

Tabel 4-4: Overzicht kantelpunten op basis streefpeil en overstromingspeil vergeleken met kantelpunten (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2021). De periode wordt aangegeven met zomer (Z) en winter (W).

Waterloop	Periode	Indicatief kantelpunt vorig rapport*	Indicatief kantelpunt streefpeil	Indicatief kantelpunt overstromingspeil
Leopoldkanaal	W	+0,38 m	+0,2 m	+2,2 m
	Z	+0,58 m	NVT	NVT
Isabellavaart	W & Z	NVT	+0,0m	+2,2m
Afleidingskanaal van de Leie	W & Z	+2,41 m	+2,2m	+2,2m
Blankenbergsevaart	W	+0,41 m	+0,25 m	+1,15 m
	Z	+0,81 m	+0,75 m	+1,15 m
Kanaal Brugge-Oostende	W & Z	+3,12 m	+2,35 m	+ 2,3 m
Noordede	W	+0,48 m	+0,25 m	+1,15 m
	Z	+0,88 m	+0,75 m	+1,15 m
Oostends Krekengebied	W	+0,68 m	+0,15 m	+1,5 m
	Z	+1,03 m	NVT	NVT
Nieuw Bedelf	W	+1,03 m	+0,95 m	+1,25 m
	Z	+1,43 m	+1,35 m	+1,25 m
Kanaal Plassendale – Nieuwpoort	W & Z	+3,17 m	> 3,0 m	+ 2,5 m
Kreek van Nieuwendamme	W	+1,03 - 2,23 m	+0,9 m	+ 2,0 m
	Z	+2,43 m	+2,3 m	+ 2,0 m
IJzer	W & Z	+2,37 m	+2,0 m	> 3,0 m
Overlaat Veurne Ambacht	W	+1,03 m	> 3,0 m	> 3,0 m
	Z	+1,33 m	> 3,0 m	> 3,0 m
Veurnevaart	W & Z	+1,67 m	+1,4 m	+ 2,55 m
Oude Veurnevaart	W & Z	NVT	+ 0,95 m	+0,15 m

(Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2021)



# Pompcapaciteit

# 5 Pompcapaciteit

In dit hoofdstuk wordt een inschatting gemaakt van de pompcapaciteit per waterloop om de afwatering van het achterland mogelijk te maken. De resultaten van deze inschatting geven een indicatie voor de ruimteimpact van een pompemaal in het kustbeschermingslint en geven input in de kosteninschatting van de havenalternatieven. Afhankelijk van de beoordelingsmethodiek van het hydrodynamische gedrag (ICM, MIKE of expert beoordeling) zal een andere methodiek voor het bepalen van de pompcapaciteit gebruikt worden.

## 5.1 Bepaling pompcapaciteit

In totaal zijn drie verschillende methodieken gebruikt om het hydraulische gedrag in de waterlopen te beoordelen; MIKE model, ICM model, en expert beoordeling. In dit hoofdstuk zal voor elke methodiek een toelichting gegeven worden over de bepaling van de pompcapaciteit.

### 5.1.1 MIKE model

Wegens actieve regulering van het MIKE model wijzigen de stromingspatronen bij veranderende afwaartse randvoorwaarden (zeespiegelstijging). Hierdoor is een 1 op 1 verschil vergelijking tussen verschillende stijgingen niet correct. Daarnaast kan mede door deze actieve regulering niet exact afgeleid worden wat de totale instromende debieten in de waterlopen zijn. Om een inschatting te maken naar de benodigde pompcapaciteit wordt het maximale uitstromende volume bij 0,0m zeespiegelstijging over een periode van 24 uur bepaald. Dit debiet wordt nadien over een periode van 24 uur gemiddeld om zo tot een pompcapaciteit te komen, zie Tabel 5-1. Hierbij wordt aangenomen dat het volledige debiet door het pompstation geloosd moet worden. Dit is een conservatieve aanname, in realiteit zal het beheer bestaan uit een combinatie van gravitair lozen en pompen. Deze optimale situatie zal tijdens een gedetailleerd ontwerp bepaald moeten worden.

Tabel 5-1: Overzicht volumes en debieten voor bepaling pompcapaciteit

	$V_{\text{tot}24\text{uur}} [\text{m}^3]$	$Q_{\text{average}24\text{h}} [\text{m}^3/\text{s}]$	$Q_{\text{max}} [\text{m}^3/\text{s}]$
Leopoldkanaal	1,51	17,47	57,05
Isabellavaart	0,12	1,42	1,44
Afleidingskanaal van de Leie	7,25	83,93	131,75
Kanaal Brugge-Oostende	5,54	64,07	145,12
IJzer	4,68	54,17	123,73
Overlaat Veurne Ambacht	0,71	8,26	11,62
Veurnevaart	0,86	9,94	26,65

## 5.1.2 ICM model

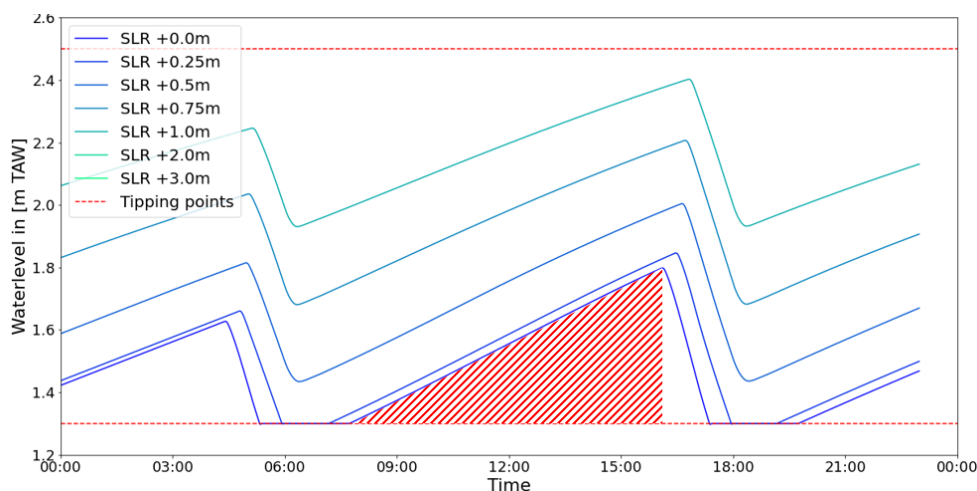
Om de vereiste pompcapaciteit voor de pompstations te bepalen, wordt het totale overtollige volume gedurende één laagwatergetijdeweging ( $V_{inflow} - V_{outflow}$ ) berekend.

De interactie tussen gravitatieafvoer en pompafvoer is belangrijk voor de bepaling van de pompcapaciteit. Afhankelijk van de waterhuishouding kunnen verschillende keuzes worden gemaakt met betrekking tot deze interactie; bijvoorbeeld zoveel mogelijk gravitatieafvoer, alleen pompafvoer, gravitatieafvoer en pompafvoer bij een bepaald waterpeil. Een gedetailleerde ontwerpstudie is nodig om deze interactie te optimaliseren.

In deze studie kiezen we voor een conservatieve benadering voor het ontwerp van de pompcapaciteit en gaan we uit van alleen pompafvoer. Dit resulteert in drie verschillende afvoerparameters;

- minimale gemiddelde afvoer ( $Q_{ave,min}$ )
- maximale gemiddelde afvoer ( $Q_{ave,max}$ )
- piekafvoer ( $Q_{peak}$ )

De piekafvoer is de maximale afvoer. De gemiddelde afvoer wordt berekend door het gemiddelde te nemen van het overschot afvoervolume gedurende de periode waarin geen gravitatieafvoer mogelijk is. In Figuur 5-2 is een gebied onder de waterstandscurve aangegeven. Dit gebied komt overeen met een volume, het volume gedeeld door de periode levert de gemiddelde afvoer op. Afhankelijk van de zeespiegelstijging heeft deze driehoek verschillende vormen die resulteren in een minimale en maximale gemiddelde waarde.



Figuur 5-1: Karakteristiek waterpeil met gemarkeerd gebied ten behoeve van uitleg gemiddeld debiet

Op basis van bovenstaande uitleg zijn de lozingen samengevat in Tabel 5-2. Deze waarden zijn het resultaat van het ICM-model dat de overtollige volumes berekend.

Tabel 5-2: Overzicht debieten voor bepaling pompcapaciteit

	$Q_{ave,min}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{ave,max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{peak}$ [m <sup>3</sup> /s]
Blankenbergsevaart	3.80	3.89	3.95
Noordede	3.37	3.41	3.51
Oostends Krekengebied	4.96	5.27	10

## 5.1.3 Expert

De pompcapaciteit is bepaald op basis van het instromende debiet. In 3.3.3 is beschreven hoe het debiet wordt benaderd voor de waterlopen waar geen hydrologische informatie over beschikbaar is. Bij het bepalen van de pompcapaciteit wordt aangenomen dat dit volledige debiet door het pompstation geloosd moet worden en geen gravitair lozen meer mogelijk is, zie Tabel 5-3. Net als bij de waterlopen berekend met het MIKE model is dit een conservatieve aanname, in realiteit zal het beheer bestaan uit een combinatie van gravitair lozen en pompen. Deze optimale situatie zal tijdens een gedetailleerd ontwerp bepaald moeten worden.

Tabel 5-3: Overzicht volumes en debieten voor bepaling pompcapaciteit

	$V_{\text{tot},24\text{uur}}$ [m <sup>3</sup> ]	$Q_{\text{average}}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{\text{max}}$ [m <sup>3</sup> /s]
Nieuw Bedelf	0,15	1,7	1,93
Kanaal Plassendale – Nieuwpoort*		6,47	
Kreek van Nieuwendamme	0,09	0,99	1,12
Oude Veurnevaart	0,38	4,43	5,01

\* Het Kanaal Plassendale-Nieuwpoort wordt gestuurd door een systeem van regelwerken die gelinkt zijn aan de bevaarbare waterwegen in Vlaanderen. De benodigde waarden resulteren uit dit systeem en de  $V_{\text{tot},24\text{uur}}$  en  $Q_{\text{max}}$  zijn niet aanwezig voor deze waterloop.

## 5.2 Conceptueel ontwerp pompstation

In dit hoofdstuk zal het ontwerp van het pompstation uitgewerkt worden voor de volgende waterlopen:

- Zeebrugge: 1 pompstation ontworpen voor het Afleidingskanaal van de Leie.
- Blankenbergsevaart: 1 pompstation ontworpen voor de Blankenbergsevaart.
- Oostende: 1 pompstation wordt opgewaarderd voor het Camerlinckxgeleed en 1 pompstation wordt ontworpen voor de Noordede en het Kanaal Brugge – Oostende gezamenlijk.
- Nieuwpoort: in combinatie met het te ontwerpen scheepsluiscomplex wordt 1 pompstation voor alle waterlopen bij de Ganzenpoot ontworpen en 1 voor de Oude Veurnevaart.

Bij elk van deze waterlopen zullen dompelpompen verkozen worden boven vijzelpompen omwille van de afmetingen van de pompen t.o.v. de vijzels, en verder wegens de grootte van het over te pompen debiet en de beperkte ruimte op de projectlocaties.

Bij dit ontwerp zal enkel de ruimte voor vispassagemogelijkheden meegenomen worden, een gedetailleerd ontwerp zal niet uitgewerkt worden. Een extra studie is noodzakelijk om tot goede vispassagemogelijkheden te komen op deze dynamische locaties. Denk hierbij aan het effect van zoutindringing, beoogde vissoort, waterbalans, getijdewerking. Bij elk pompstation wordt geadviseerd om visvriendelijke pompen te installeren, deze zullen stroomafwaarts zwemmende vissen kunnen transporteren naar zee met verhoogde overlevingskans (afhankelijk van de kwaliteit van de visvriendelijke pomp varieert het sterftecijfer van de vissen).

Daarnaast zal een kostenschattting gemaakt worden. Wegens de huidige turbulente financiële tijden en onzekerheden op de markt in verschillende belangrijke sectoren is enige bedachtzaamheid geboden.

### 5.2.1 Zeebrugge

Nabij Zeebrugge zal een pompstation voorzien worden dat het water van het afleidingskanaal naar de voorhaven zal pompen indien het kantelpunt bereikt is. Het water van de Isabellavaart stroomt naar het Leopoldkanaal. Indien het kantelpunt in het Leopoldkanaal bereikt is, zal het water via het bestaande pompstation naar het Afleidingskanaal gepompt worden.

#### 5.2.1.1 Pompboezem

Wegens de locatie zal hier geen traditionele pompboezem geplaatst kunnen worden. De koker en het achterliggende kanaal zullen functioneren als pompboezem van waaruit het debiet naar de voorhaven gepompt kan worden. Het beschikbare volume in koker en kanaal en de diepe inlaat van de pompen zullen voor voldoende stabiliteit tijdens het pompproces zorgen.

Een mogelijke pompuitval of het voorkomen van een waterbom tijdens HW op zee, zal tijdens detailontwerp verder bekeken en berekend moeten worden om na te gaan hoe lang het afleidingskanaal dit kan opnemen en welke noodcapaciteit desgevallend voorzien moet worden.

#### 5.2.1.2 Pompstation

Omwille van de beschikbare capaciteiten van vijzelgemalen op de huidige markt en de geografische randvoorwaarden, met name de beperkte beschikbare ruimte, wordt hier geselecteerd voor een dompelpomp(gemaal met verticaal of horizontaal opgestelde dompel- of straalbuispompen (zeer hoog debiet).

Uit de resultaten van Tabel 5-1 tot Tabel 5-3 kan afgeleid worden dat het af te pompen debiet  $84 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt. Dit is gebaseerd op het Afleidingskanaal van de Leie ( $83,93 \text{ m}^3/\text{s}$ ) waarin het overgepompte debiet uit de Isabellavaart vervat zit. Om het debiet van  $84 \text{ m}^3/\text{s}$  over te pompen wordt een pompgebouw met  $4 \times 17 \text{ m}^3/\text{s} + 3 \times 6 \text{ m}^3/\text{s}$  pompen voorgesteld.

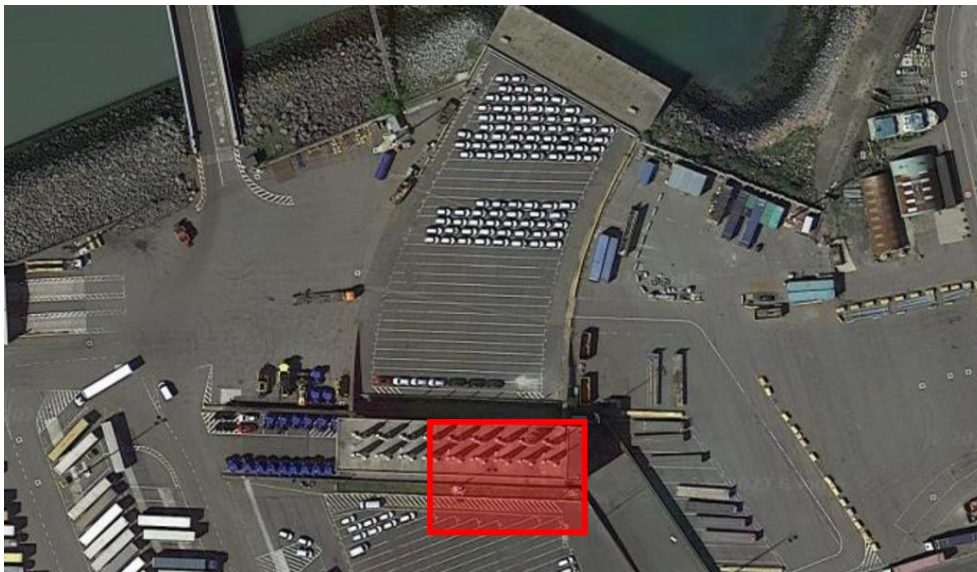
Gebaseerd op (KSB, 2008) en naar analogie met het ontwerp van andere dompelpompgebouwen (IMDC/TE) wordt een breedte van 6,0 m inclusief loopruimte voorzien per dompelpomp, vermeerderd met een randzone van 3,0 m. De diepte van 14 m van het pompgebouw is de minimaal benodigde diepte waarbij pompen en leidingen zoveel mogelijk verticaal worden geconcentreerd of gebundeld.

$$B \times L = [\# \text{ pompen} \times 6,0 \text{ m} + 3,0 \text{ m}] \times [14 \text{ m}]$$

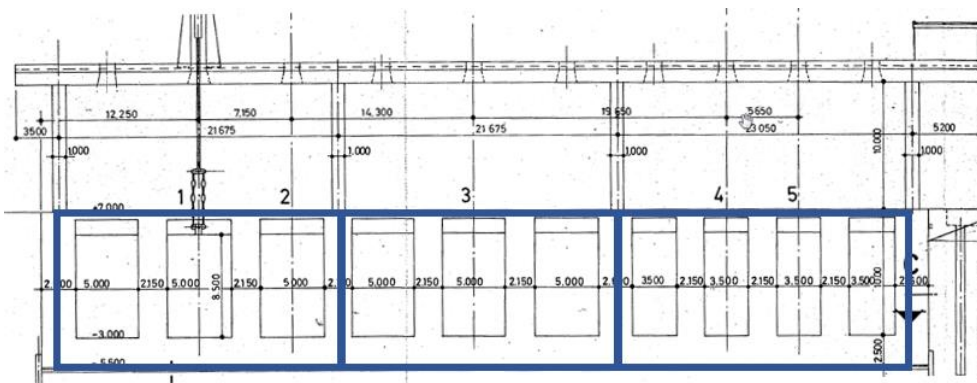
Voor Zeebrugge levert dat ruwweg  **$B \times L = 45 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 630 \text{ m}^2$**

In functie van de benodigde opvoerhoogte en de beschikbare constructiehoogte kan het nodig zijn het pompgebouw in de hoogte uit te breiden. Hier is echter geen limitatie in het landschap voorzien.

In Figuur 5-2 is het bovenaanzicht van de koker nabij de schuiven weergegeven, hierin is met rood de locatie van het pompgebouw weergegeven. In Figuur 5-3 is de dwarsdoorsnede van deze schuiven weergegeven, hierin zijn met blauw de individuele kokers weergegeven. Om een minimale impact te creëren in het bestaande beperkte oppervlak wordt gekozen om de pompinstallatie in de kokers te verwerken. Indien gravitair afstromen (deels) niet meer mogelijk is, zal de meest rechtse koker niet meer in gebruik zijn (de koker die het debiet van het Leopoldkanaal naar de voorhaven transporteert). Deze zal eerder afgesloten worden aangezien het kantelpunt bij het Leopoldkanaal eerder is bereikt dan het Afleidingskanaal van de Leie. In de overgangperiode zal dit pompgebouw ruim overgedimensioneerd zijn en zal initieel niet het volledige aantal pompen geïnstalleerd moeten worden. Het rechtse deel van de koker is  $\pm 22 \text{ m}$  breed en kan een drietal pompen voorzien. Tijdens de overgangperiode zal het gravitair afstromen verminderen en zal het debiet grotendeels via de pompen naar de voorhaven verplaatst worden, hierdoor zal ook de volgende koker afgesloten kunnen worden zodat de overige pompen in deze koker geplaatst kunnen worden. Indien een deel van de tussenwand tussen de kokers verwijderd zal worden, is de totale breedte van de twee meest rechtse kokers  $45,5 \text{ m}$  en zal er genoeg ruimte zijn voor alle pompen zodat altijd 1 koker open kan blijven indien dit gewenst is. Daarnaast zullen openingen tussen de wanden van de kokers gemaakt moeten worden zodat het water verspreid naar de pompen kan stromen.



Figuur 5-2: Boven-aanzicht uitwateringskoker en schuivencomplex Afleidingskanaal en Leopoldkanaal



Figuur 5-3: Dwarsdoorsnede schuivencomplex

### 5.2.1.3 Kostprijs

Prijzen zijn gebaseerd op prijzen van een bestek voor de bouw van een pompstation in 2019. Deze prijzen werden systematisch met 50% (voor grondwerken) tot 75% (voor beton en staal) verhoogd om enigszins rekening te houden met de sterk stijgende marktprijzen. De totaalprijs bedraagt EUR 7 701 600, -

	Totale prijs	Opmerkingen
Bouw pompstation naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, oppervlakte pompstation met toegang en inlaat (zonder aanvoergrachten) ongeveer 18 m x 11 m minimaal ! 5 dompelpompen van 1 m <sup>3</sup> /s elk		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 200.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 250.000,00	
funderingen en betonwerken	€ 1.500.000,00	Fasering aansluiting koker
wegeniswerken	€ 25.000,00	Herstelling van bestaande wegoppervlak
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuningen, alle betonwerken, enz.	€ 900.000,00	
mechanica	€ 1.300.000,00	Pompprijs in aanvraag, schatting
electromechanica	€ 250.000,00	HS, LS, sturing, ...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 1.700.000,00	voor een totaal vereist vermogen van 2124 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar
persleidingen HDPE ø 800 PN10, naar Jachthaven	€ 40.000,00	lengte ongeveer 5 x 20 m prijs te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...
onvoorzien	€ 100.000,00	
bouw wachtkom op beschikbare of beschikbaar gemaakte terreinen open afwaarts van de Koninklijkelaan, oppervlakte ongeveer 2500 m <sup>2</sup> , nuttige diepte 1,25 m (à 1,5 m ?), afgravingen met afvoer naar een TOP (€ 20,00 per m <sup>3</sup> )	€ 75.000,00	
erosiewerende bekleding bodem en taluds	€ 40.000,00	
noodzakelijke bijkomende onteigeningen		Indien nodig, in overleg met Blankenbergse en conform de gangbare prijzen.
aanleg verbindingen afwateringsgrachten/afvoerbuizen met wachtkom	€ 29.200,00	gravitaire afvoerbuizen, totale lengte ongeveer 120 m, incl. kopmuren, grondwerken, terugslagkleppen, ...
SUBTOTAAL	€ 6.409.200,00	
Marge 20%	€ 1.281.840,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 7.691.040,00</b>	

Figuur 5-4: Kostenoverzicht pompstation Zeebrugge

## 5.2.2 Blankenbergsevaart

Aan de monding van de Blankenbergsevaart wordt een pompgemaal voorzien dat het water naar de voorhaven zal pompen indien het kantelpunt bereikt is.

### 5.2.2.1 Pompboezem

Deze wordt hier niet in detail berekend. Aan de hand van het inloophydrogram uit het model kan een uitval gedurende een periode van 6 tot 12 uur gesimuleerd worden waaruit oppervlakte en volume van de pompboezem kunnen bepaald worden. In deze ontwerpfase wordt enkel nagegaan welke ruimte beschikbaar is zodat later kan bepaald worden welke uitval kan opgevangen worden.

### 5.2.2.2 Pompstation

Omwille van de geografische randvoorwaarden, en met name de nabijheid van de Koninklijkelaan en de Kusttram wordt hier geopteerd voor een dompelpompgemaal.

Gebruikmakend van de methodiek toegelicht in 0 kan voor het scenario SCR+0 een afvoervolume van ± 118 500 m<sup>3</sup> over een halve getijcyclus afgeleid worden. Het waterpeil overschrijdt het streefpeil en stijgt gedurende 8 h 33'. Het waterpeil daalt of is kleiner dan het streefpeil gedurende de rest van de halve getijcyclus.

Dezelfde oefening voor het scenario SCR+3 geeft over een volledige getijcyclus een volume van ± 290 000 m<sup>3</sup> wat overeenkomt met een debiet van 3,89 m<sup>3</sup>/s. Er wordt hierbij verondersteld dat het laagste peil in de peilcurve steeds terug op het streefpeil terecht komt en het volledige volume moet overgepompt worden gedurende periodes met stijgend peil.

Om een maximaal debiet van 4 m<sup>3</sup>/s over te pompen (meest conservatieve situatie in scenario SCR+3) zal een pompgemaal met 4 + 1 (reserve) pomp, elk met een capaciteit van 1 m<sup>3</sup>/s noodzakelijk zijn.

In de overgangperiode zal dit pompgemaal ruim overgedimensioneerd zijn en zal initieel niet het volledige aantal pompen moeten geïnstalleerd worden. De pompen zullen dus met de tijd aan het pompstation toegevoegd kunnen worden. Het formaat van het gebouw zal initieel groot genoeg ontworpen worden om de uiteindelijke hoeveelheid pompen te kunnen plaatsen.



Gebaseerd op (KSB, 2008) en naar analogie met het ontwerp van andere pompstation (IMDC/TE) wordt een breedte van 3,3 m inclusief loopruimte voorzien per pompstation, vermeerderd met een randzone van 1,5 m.  $B \times L = [\# \text{pompen} \times 3,3 \text{ m} + 1,5 \text{ m}] \times [10,8 \text{ m}]$

Voor de Blankenbergse Vaart levert dat ruwweg  **$B \times L = 18 \text{ m} \times 11 \text{ m} = 198 \text{ m}^2$**

In functie van de benodigde opvoerhoogte en de beschikbare constructiehoogte kan het nodig zijn het pompgebouw niet in de hoogte uit te bouwen en te werken met persleidingen naar de jachthaven of de verbingsconstructie met de zee.

In Figuur 5-5 wordt schematisch aangegeven waaruit dit scenario zou kunnen bestaan. De afmetingen van het pompgebouw (rood) geven een beschikbare oppervlakte aan die iets ruimer is dan de vooropgestelde 198 m<sup>2</sup>. De blauwe zones voor eventuele bijkomende pompboezems, die een buffervolume kunnen genereren bovenop wat in de Blankenbergse Vaart zelf mogelijks kan gebufferd worden, zijn louter indicatief.



Figuur 5-5: Conceptuele inplanting pompstation in Blankenbergsevaart

In de huidige situatie wordt de Jachthaven Blankenbergse VZW gebruikt als opslagbekken in het geval zowel de stormvloedkering gesloten is en een hoge afvoer op de Blankenbergsevaart aanwezig is. Verdere studie is nodig om te bepalen of deze oppervlakte voldoende is voor de beoogde waterberging waarbij vooral het waterbeheerplan van belang is. Indien bepaald wordt dat het bekken niet groot genoeg is, dan zal een extra pompstation gebouwd moeten worden ter hoogte van de stormvloedkering of zullen de persleidingen tot voorbij de stormvloedkering verlengd moeten worden i.p.v. te lozen in de jachthaven. In beide gevallen zal dit de kosten van de pompstation(s) ongeveer verdubbelen.

### 5.2.2.3 Kostprijs

Prijzen zijn gebaseerd op prijzen van een bestek voor de bouw van een pompstation in 2019. Deze prijzen werden systematisch met 50% (voor grondwerken) tot 75% (voor beton en staal) verhoogd om enigszins rekening te houden met de sterk stijgende marktprijzen. De totaalprijs bedraagt EUR 2 735 040, -

Eventuele verdubbeling van de kostprijs indien een extra pompstation nabij de stormvloedkering gebouwd dient te worden. Zie laatste alinea 5.2.2.2.

	Totale prijs	Opmerkingen
Bouw pompstation naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, oppervlakte pompstation met toegang en inlaat (zonder aanvoergrachten) ongeveer 18 m x 11 m minimaal ! 5 dompelpompen van 1 m <sup>3</sup> /s elk		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 200.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 250.000,00	
funderingen en betonwerken	€ 750.000,00	
wegeniswerken	€ 25.000,00	Gebied is grotendeels toegankelijk en voorzien van toegangswegen
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuning, alle betonwerken, enz.	€ 315.000,00	
mechanica	€ 150.000,00	
electromechanica	€ 105.000,00	HS, LS, sturing, ...
Vuilrooster + roosterreiniger	€ 150.000,00	indien gewenst...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 50.000,00	voor een totaal vereist vermogen van 88 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar
persleidingen HDPE Ø 800 PN10, naar Jachthaven	€ 40.000,00	lengte ongeveer 5 x 20 m <b>prijs te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...</b>
onvoorzien	€ 100.000,00	
bouw wachtkom op beschikbare of beschikbaar gemaakte terreinen open afwaarts van de Koninklijkelaan, oppervlakte ongeveer 2500 m <sup>2</sup> , nuttige diepte 1,25 m (à 1,5 m ?), afgravingen met afvoer naar een TOP (€ 20,00 per m <sup>3</sup> )	€ 75.000,00	
erosiewerende bekleding bodem en taluds	€ 40.000,00	
noodzakelijke bijkomende onteigeningen		Indien nodig, in overleg met Blankenberge en conform de gangbare prijzen.
aanleg verbindingen afwateringsgrachten/afvoerbuizen met wachtkom	€ 29.200,00	gravitaire afvoerbuizen, totale lengte ongeveer 120 m, incl. kopmuren, grondwerken, terugslagkleppen, ...
<b>SUBTOTAAL</b>	<b>€ 2.279.200,00</b>	
Marge 20%	€ 455.840,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 2.735.040,00</b>	

Figuur 5-6: Kostenoverzicht pompstation Blankenbergsevaart

## 5.2.3 Oostende

In Oostende zal één nieuw pompstation gebouwd worden voor de afwatering van het Kanaal Brugge – Oostende en de Noordede tezamen, hier zullen twee alternatieven voorgesteld worden. Daarnaast zal het bestaande pompsysteem voor het Camerlinckxgeleed opgewaarderd worden.

### 5.2.3.1 Pompstation Camerlinckxgeleed

Het pompstation voor het Camerlinckxgeleed bestaat uit 2 x 3,0 m<sup>3</sup>/s visvriendelijke pompen en 2 x 1,4 m<sup>3</sup>/s dompelpompen. Uit de resultaten van 4.1.8 kan geconcludeerd worden dat de capaciteit van deze pompinstallatie niet voldoende is bij verhoogde zeespiegels.

Er wordt geadviseerd om gefaseerd de pompen te vervangen. De 2 x 1,4 m<sup>3</sup>/s dompelpompen zijn relatief oud en niet visvriendelijk. Bij benadering van het kantelpunt zullen deze vervangen moeten worden door 2 x 2,0 m<sup>3</sup>/s visvriendelijke dompelpompen. Aangezien deze pompen nieuwer zijn, zal het formaat ongeveer gelijk zijn aan de oude pompen en zal geen extra uitbreiding van het pompstation noodzakelijk zijn. Indien de extra capaciteit van 1,2 m<sup>3</sup>/s niet voldoende is, kunnen in de tweede fase de 2 x 3,0 m<sup>3</sup>/s visvriendelijke pompen ook nog vervangen worden. Ook hier wordt verwacht dat het pompstation zelf niet uitgebreid dient te worden en dat het formaat van de nieuwe pompen overeen komt met de bestaande pompen.

### 5.2.3.2 Pompstation Noordede / Kanaal Brugge – Oostende

Voor het pompstation op de Noordede en het Kanaal Brugge–Oostende worden twee alternatieven voorgesteld.

#### Alternatief 1

In Figuur 5-7 is de locatie van de monding van de Noordede en het Kanaal Brugge–Oostende weergegeven. Hieruit wordt zichtbaar dat wegens ruimtebeperkingen het niet mogelijk is om het pompstation op het land neer te zetten. Het pompstation zal dus verwerkt moeten worden in een permanent gesloten stormvloedkering, locatie gearceerd met rood.

In de huidige situatie is het water benedenstrooms van de stuw op de Noordede en Sas Slijkens onderhevig aan getijvariatie. In de nieuwe situatie zal door de kering dit getij hier niet meer werken en het nieuwe waterpeil wordt geadviseerd op het waterniveau bovenstrooms van de stuw op de Noordede in te stellen. Hierdoor zal het debiet van de Noordede gravitair door de stuw kunnen stromen, eventueel zal de gehele stuw ook verwijderd kunnen worden. Deze regio, gemarkeerd met blauw in Figuur 5-7, zal tevens functioneren als wachtkom. Daarnaast zorgt dit nieuwe constante hoge waterstandsverschil bovenstrooms en benedenstrooms van Sas Slijkens in goede doorstroming van debiet ten tijde van hoge afvoer op het kanaal Brugge - Oostende.



Figuur 5-7: Bovenaanzicht locatie pompstation alternatief 1

### Alternatief 2

Een andere optie is om het pompstation nabij de Demeysluis te plaatsen, zie Figuur 5-8. Hierin is met rood de locatie van het pompstation gearceerd en met oranje mogelijke pijpleidingen. Deze leidingen zijn momenteel puur speculatief en dienen nog verder gespecificeerd te worden zodat aanmeerplaatsen en vaarroutes niet in gevaar komen. Daarnaast is met rood ook bij de stuw en op het Noordede een pompstation en locatie potentiële pompboezem gearceerd. Met geel is de beoogde locatie van een stormvloedkering weergegeven.

Indien de stormvloedkering niet gesloten is, zal benedenstrooms van de stuw op het Noordede en Sas Slijkens getijwerking aanwezig zijn. In deze situatie zal tijdens een T2 event het debiet van het Noordede over de stuw worden gepompt waarna het naar de voorhaven kan stromen. Het debiet van het Kanaal Brugge - Oostende zal via dokken naar de Demeysluis stromen waarnaar het d.m.v. het pompstation naar de voorhaven gepompt zal worden.

Indien de stormvloedkering gesloten is, zal benedenstrooms van de stuw op de Noordede en Sas Slijkens geen getijwerking aanwezig zijn. In deze situatie zal tijdens een T2 event het debiet van de Noordede over de stuw worden gepompt, hierdoor zal het waterbekken tussen de Stormvloedkering en Sas Slijkens langzamerhand stijgen. Op het moment dat het waterpeil in deze bekkens hoger is dan het waterpeil op het Kanaal Brugge-Oostende zal via Sas Slijkens het debiet van de Noordede het Kanaal instromen. Hier zal het samen met het debiet van het Kanaal via dokken naar de Demeysluis stromen waarnaar het d.m.v. het pompstation naar de voorhaven gepompt zal worden. De omloopriolen van de Sas Slijkens zullen aangepast dienen te worden dat deze in twee richtingen kunnen stromen.



Figuur 5-8: Bovenaanzicht pompstation alternatief 2

De belangrijkste voor- en nadelen van beide alternatieven zijn hieronder verzameld.

	Voordeel	Nadeel
Alternatief 1	Eenvoudige stroomweg	Stormvloedkering dient permanent gesloten te zijn
	Geen afzonderlijk pompstation voor de Noordede (?)	Jachthaven bij stormvloedkering zal verplaatst moeten worden wegens hoge debieten bij het pompstation
	Geen onteigeningen noodzakelijk (?)	Complexe uitvoering pompstation in stormvloedkering
Alternatief 2	De hydrologische omstandigheden bij de monding blijven gelijk	Complexe stroomweg
	Stormvloedkering dient niet permanent gesloten te zijn	Deel van het grondgebied bij de Slijkensesteenweg (oogt verlaten, mogelijks eigendom cementfabriek) dient aangekocht te worden
	Meer afwatermogelijkheden	Complexe uitvoering leidingen onder bestaand grondgebied en nabij kaaimuur te plaatsen

### Pompcapaciteit

Uit de resultaten van Tabel 5-1 tot Tabel 5-3 kan afgeleid worden dat het over te pompen debiet  $\pm 68 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt gebaseerd op de individuele debieten van het kanaal Brugge-Oostende ( $64,07 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en de Noordede ( $3,41 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Voor zowel het pompstation in alternatief 1 als het pompstation nabij de Demeysluis in alternatief 2 moet dit debiet van  $68 \text{ m}^3/\text{s}$  overgepompt worden. Omwille van de geografische randvoorwaarden, en met name de beperkte ruimte wordt hier geopteerd voor een dompelpomp(gemaal). Het pomp(gemaal) zal bestaan uit  $3 \times 17 \text{ m}^3/\text{s}$  en  $3 \times 6 \text{ m}^3/\text{s}$  dompelpompen.

Gebaseerd op (KSB, 2008) en naar analogie met het ontwerp van andere dompelpomp(gemalen (IMDC/TE) wordt een breedte van 6,0 m inclusief loopruimte voorzien per dompelpomp, vermeerderd met een randzone van 3,0 m.  $B \times L = [ \# \text{ pompen} \times 6,0 \text{ m} + 3,0 \text{ m} ] \times [14 \text{ m}]$

Voor de bovengenoemde pompstations levert dat ruwweg  **$B \times L = 39 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 546 \text{ m}^2$**

In functie van de benodigde opvoerhoogte en de beschikbare constructiehoogte kan het nodig zijn het pompgebouw in de hoogte uit te breiden. Hier is echter geen limitatie in het landschap voorzien.

Voor het pompstation bij de stuw op de Noordede moet de pompcapaciteit  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  zijn. Dit resulteert in een pomp(gemaal) met  $4 + 1$  (reserve)pompen, elk met een capaciteit van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (andere combinaties mogelijk in functie van beschikbare ruimte). In de overgangperiode zal dit pomp(gemaal) ruim overgedimensioneerd zijn en zal initieel niet het volledige aantal pompen moeten geïnstalleerd worden. De pompen zullen dus met de tijd aan het pompstation toegevoegd kunnen worden. Het formaat van het gebouw zal initieel groot genoeg ontworpen worden om de uiteindelijke hoeveelheid pompen te kunnen plaatsen.

Gebaseerd op (KSB, 2008) en naar analogie met het ontwerp van andere dompelpomp(gemalen (IMDC/TE) wordt een breedte van 3,3 m inclusief loopruimte voorzien per dompelpomp, vermeerderd met een randzone van 1,5 m.  $B \times L = [ \# \text{ pompen} \times 3,3 \text{ m} + 1,5 \text{ m} ] \times [10,8 \text{ m}]$

Voor de Noordede levert dat ruwweg  **$B \times L = 18 \text{ m} \times 11 \text{ m} = 198 \text{ m}^2$**

In functie van de benodigde opvoerhoogte en de beschikbare constructiehoogte kan het nodig zijn het pompgebouw in de hoogte uit te breiden. Hier is echter geen limitatie in het landschap voorzien.

### **5.2.3.3 Kostprijs**

De kosten voor het aanpassen van het pompstation aan het Camerlinckxgeleed zijn grotendeels afhankelijk van de prijs van de nieuwe pompen. Het bestaande gebouw kan in de huidige toestand behouden blijven en hoeft niet aangepast worden, hierdoor zijn geen kosten voorzien voor civiele werken. De totaalprijs voor fase 1 bedraagt € 252 000,-. Voor fase 2 bedraagt de totaalprijs € 348 000,-.

	Totale prijs	Opmerkingen
Vervangen bestaande pompen in twee fases Fase 1: vervangen 2x1,4m <sup>3</sup> /s -> 2x2,0m <sup>3</sup> /s Fase 2: vervangen 2x3,0m <sup>3</sup> /s -> 2x4,0m <sup>3</sup> /s		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
Fase 1 mechanica	€ 160.000,00	Pompprijs in aanvraag, schatting
Fase 1 electromechanica	€ 10.000,00	Meest electromechanica is al aanwezig
Fase 2 onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 40.000,00	voor een totaal vereist vermogen van 70 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar
SUBTOTAAL Fase 1	€ 210.000,00	
Marge 20%	€ 42.000,00	
<b>TOTAAL Fase 1</b>	<b>€ 252.000,00</b>	
Fase 2 mechanica	€ 200.000,00	Pompprijs in aanvraag, schatting
Fase 2 electromechanica	€ 10.000,00	Meest electromechanica is al aanwezig
Fase 2 onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 80.000,00	voor een totaal vereist vermogen van 140 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar
SUBTOTAAL Fase 2	€ 290.000,00	
Marge 20%	€ 58.000,00	
<b>TOTAAL Fase 2</b>	<b>€ 348.000,00</b>	
SUBTOTAAL	€ 500.000,00	
Marge 20%	€ 100.000,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 600.000,00</b>	

Figuur 5-9: Kostenoverzicht opwaardering bestaande pompstation t.b.v. Camerlinckxgeleed

De prijzen van het pompstation voor de Noordede en Kanaal Brugge-Oostende zijn gebaseerd op prijzen van een bestek voor de bouw van een pompstation in 2019. Deze prijzen werden systematisch met 50% (voor grondwerken) tot 75% (voor beton en staal) verhoogd om enigszins rekening te houden met de sterk stijgende marktprijzen. Hieronder is een kostenoverzicht voor alternatief 1 en 2 weergegeven. De totaalprijs is respectievelijk € 6 105 600,- en € 9 818 640,-

	Totale prijs	Opmerkingen
Bouw pompstation naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, pompstation verwerkt in stormvloedkering ongeveer 39 m x 18 m! 6 pompompepompen van 69 m <sup>3</sup> /s totaal		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 200.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 0,00	Uitgefaseerd aan aanleg stormvloedkering
funderingen en betonwerken	€ 1.200.000,00	Fasering aansluiting kering
wegeniswerken	€ 0,00	Uitgefaseerd aan aanleg stormvloedkering
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuningen, alle betonwerken, enz.	€ 800.000,00	
mechanica	€ 1.100.000,00	Pompprijs in aanvraag, schatting
electromechanica	€ 220.000,00	HS, LS, sturing, ...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 1.420.000,00	Voor een totaal vereist vermogen van 1774 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar Onzekerheid energieprij x aantal jaar
persleidingen HDPE Ø 800 PN10	€ 48.000,00	lengte ongeveer 6 x 20 m prijs te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...
onvoorzien	€ 100.000,00	
SUBTOTAAL	€ 5.088.000,00	
Marge 20%	€ 1.017.600,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 6.105.600,00</b>	

Figuur 5-10: Kostenoverzicht pompstation alternatief 1

	Totale prijs	Opmerkingen
Bouw pompstation Demeysluis naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, oppervlakte pompstation met toegang en inlaat (zonder aanvoergrachten) ongeveer 39 m x 14 m ! 6 dompelpompen 69 m <sup>3</sup> /s		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 200.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 250.000,00	
funderingen en betonwerken	€ 1.500.000,00	
wegeniswerken	€ 25.000,00	Herstelling van bestaande wegoppervlak
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuning, alle betonwerken, enz.	€ 800.000,00	
mechanica	€ 1.100.000,00	Pompprijs in aanvraag, schatting
electromechanica	€ 220.000,00	HS, LS, sturing, ...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 1.420.000,00	Voor een totaal vereist vermogen van 1774 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar Onzekerheid energieprijzen over x aantal jaar
persleidingen HDPE Ø 800 PN10	€ 288.000,00	lengte ongeveer 6 x 120 m prijs te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...
onvoorzien	€ 100.000,00	
Bouw pompstation naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, oppervlakte pompstation met toegang en inlaat (zonder aanvoergrachten) ongeveer 18 m x 11 m minimaal ! 5 dompelpompen van 1 m <sup>3</sup> /s elk		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 200.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 250.000,00	
funderingen en betonwerken	€ 750.000,00	
wegeniswerken	€ 25.000,00	Gebied is grotendeels toegankelijk en voorzien van toegangswegen
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuning, alle betonwerken, enz.	€ 315.000,00	
mechanica	€ 150.000,00	
electromechanica	€ 105.000,00	HS, LS, sturing, ...
Vuilrooster + roosterreiniger	€ 150.000,00	indien gewenst...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 50.000,00	voor een totaal vereist vermogen van 88 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar
persleidingen HDPE Ø 800 PN10, naar Jachthaven	€ 40.000,00	lengte ongeveer 5 x 20 m prijs te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...
onvoorzien	€ 100.000,00	
bouw wachtkom op beschikbare of beschikbaar gemaakte terreinen, oppervlakte ongeveer 2500 m <sup>2</sup> , nuttige diepte 1,25 m (à 1,5 m ?), afgravingen met afvoer naar een TOP (€ 20,00 per m <sup>3</sup> )	€ 75.000,00	
erosiewerende bekleding bodem en taluds	€ 40.000,00	
noodzakelijke bijkomende onteigeningen		Indien nodig
aanleg verbindingen afwateringsgrachten/afvoerbuizen met wachtkom	€ 29.200,00	gravitaire afvoerbuizen, totale lengte ongeveer 120 m, incl. kopmuren, grondwerken, terugslagkleppen, ...
<b>SUBTOTAAL</b>	<b>€ 8.182.200,00</b>	
Marge 20%	€ 1.636.440,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 9.818.640,00</b>	

Figuur 5-11: Kostenoverzicht pompstation alternatief 2

## 5.2.4 Nieuwpoort

Bij de Ganzenpoot komen zes waterlopen samen. Om deze allemaal individueel van een pompstation te voorzien is suboptimaal. Daarnaast wordt in het grotere kader van Kustvisie een scheepssluis voorzien bij de Langbrug benedenstrooms van de Ganzenpoot. Dit creëert de mogelijkheid om in combinatie met de bouw van deze sluis ook het pompstation te bouwen. Hierdoor kunnen de huidige constructies in de Ganzenpoot blijven functioneren en zal het pompstation nabij de scheepssluis het debiet afpompen. Op het moment van schrijven is nog geen duidelijkheid over eventuele stuwen die gravitaire afwatering mogelijk maken of dat voorzien wordt om alles via het pompstation te laten overpompen. In het ontwerp wordt uitgegaan van een situatie waarbij alles via het pompstation moet afgevoerd worden.

Bij de monding van de Oude Veurnaart wordt een pompstation voorzien om het debiet bij het kantelpunt over te pompen naar de voorhaven.

### 5.2.4.1 Pompstation Ganzenpoot

Omwille van de geografische randvoorwaarden wordt hier geopteerd voor een dompelpompgebouw.

Uit de resultaten van Tabel 5-1 tot Tabel 5-3 kan afgeleid worden dat het af te pompen debiet  $\pm 82 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt, gebaseerd op de individuele debieten van de volgende waterlopen:

- Nieuw Bedelf ( $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- Kanaal Plassendale-Nieuwpoort ( $6,47 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- Kreek van Nieuwendamme ( $0,99 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- IJzer ( $54,17 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- Overlaat Veurne Ambacht ( $8,26 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- Veurnevaart ( $9,94 \text{ m}^3/\text{s}$ );

Om het debiet van  $86 \text{ m}^3/\text{s}$  over te pompen zal een pompgebouw met  $4 \times 17 \text{ m}^3/\text{s} + 3 \times 6 \text{ m}^3/\text{s}$  pompen noodzakelijk zijn.

Gebaseerd op (KSB, 2008) en naar analogie met het ontwerp van andere dompelpompgebouwen (IMDC/TE) wordt een breedte van 6,0 m inclusief loopruimte voorzien per dompelpomp, vermeerderd met een randzone van 3,0 m.  $B \times L = [\# \text{ pompen} \times 6,0 \text{ m} + 3,0 \text{ m}] \times [14 \text{ m}]$

Voor Nieuwpoort levert dat ruwweg  **$B \times L = 45 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 630 \text{ m}^2$**

In functie van de benodigde opvoerhoogte en de beschikbare constructiehoogte kan het nodig zijn het pompgebouw in de hoogte uit te breiden. Hier is echter geen limitatie in het landschap voorzien.

Ten tijde van schrijven is nog geen definitieve keuze voor de locatie van de scheepssluis bepaald, hierdoor kan ook geen definitieve locatie van het pompstation bepaald worden. Echter, het ontwerp zal zo ingericht worden dat dit verplaatsbaar is in functie van de verschillende alternatieven voor het scheepsluis-ontwerp. In de huidige situatie is het pompstation en afsluiter nabij de brug geplaatst. Indien deze stroomafwaarts van de Oude Veurnevaart geplaatst wordt, zal het pompstation bij de Oude Veurnevaart (5.2.4.2) niet nodig zijn. Geen aanpassingen aan de capaciteit of ontwerp van het pompstation Ganzenpoot zal noodzakelijk zijn.

In Figuur 5-12 is het bovenaanzicht van Nieuwpoort weergegeven en met rood is een beoogde locatie van de scheepssluis en kering weergegeven. Het pompstation zal verwerkt worden in de kerende constructie waardoor geen ruimte op land nodig is. De afsluiting kan ook naar verschillende locaties stroomopwaarts verplaatst worden. Op de afgebeelde locatie is de breedte 90 m waardoor 45 m ( $90 \text{ m} - 45 \text{ m}$ ) over is voor de scheepssluis. De minimale breedte van de rivier is 90 m, de maximale breedte van de sluis op moment van schrijven zijn beoogd op  $\pm 25 \text{ m}$ .

De Overlaat Veurne Ambacht heeft momenteel een werkend pompstation. Afhankelijk van de uiteindelijke keuzes in het finale ontwerp kan geopteerd worden om de pompen uit deze installatie te gebruiken voor de pompen in het nieuwe pompstation. Dit zou in de gedetailleerde ontwerpfasen verder onderzocht kunnen worden.



Figuur 5-12: Boven-aanzicht Nieuwpoort en beoogde nieuwe locatie sluis, kering en pompstation.

### 5.2.4.2 Pompstation Oude Veurnaart

Voor het pompstation bij de stuw op de Oude Veurnaart moet de pompcapaciteit 4,43 m<sup>3</sup>/s zijn. Dit resulteert in een pompgeheel met 5 + 1 (reserve)pompen, elk met een capaciteit van 1 m<sup>3</sup>/s (andere combinaties mogelijk in functie van beschikbare ruimte). In de overgangperiode zal dit pompgeheel ruim overgedimensioneerd zijn en zal initieel niet het volledige aantal pompen moeten geïnstalleerd worden. De pompen zullen dus met de tijd aan het pompstation toegevoegd kunnen worden. Het formaat van het gebouw zal initieel groot genoeg ontworpen worden om de uiteindelijke hoeveelheid pompen te kunnen plaatsen.

Gebaseerd op (KSB, 2008) en naar analogie met het ontwerp van andere dompelpompgebouwen (IMDC/TE) wordt een breedte van 3,3 m inclusief loopruimte voorzien per dompelpomp, vermeerderd met een randzone van 1,5 m.

$$B \times L = [ \# \text{ pompen} \times 3,3 \text{ m} + 1,5 \text{ m} ] \times [10,8 \text{ m}]$$

Voor de Noordede levert dat ruwweg **B x L = 21.3 m x 11 m = 234,3 m<sup>2</sup>**

In functie van de benodigde opvoerhoogte en de beschikbare constructiehoogte kan het nodig zijn het pompgebouw in de hoogte uit te breiden. Hier is echter geen limitatie in het landschap voorzien.

In Figuur 5-13 wordt schematisch aangegeven waaruit dit scenario zou kunnen bestaan. De afmetingen van het pompgebouw (rood) geven een beschikbare oppervlakte aan die iets ruimer is dan de vooropgestelde 234,3 m<sup>2</sup>. De blauwe zones voor eventuele bijkomende pompboezems, die een buffervolume kunnen genereren bovenop wat in de Oude Veurnaart zelf mogelijk kan gebufferd worden, zijn louter indicatief. De pompboezem wordt hier niet in detail berekend. Aan de hand van het inloophydrogram uit het model kan een uitval gedurende een periode van 6 tot 12 uur gesimuleerd worden waaruit oppervlakte en volume van de pompboezem kunnen bepaald worden. In deze ontwerpfase wordt enkel nagegaan welke ruimte beschikbaar is zodat later kan bepaald worden welke uitval kan opgevangen worden.



Figuur 5-13: Bovenaanzicht beoogde locatie pompstation (rood) en pompboezem (blauw)

### 5.2.4.3 Kostprijs

Prijzen zijn gebaseerd op prijzen van een bestek voor de bouw van een pompstation in 2019. Deze prijzen werden systematisch met 50% (voor grondwerken) tot 75% (voor beton en staal) verhoogd om enigszins rekening te houden met de sterk stijgende marktprijzen. De kosten van de pompstation (grondwerken / bemaling / wegeniswerken e.d.) worden deels onder de kosten van het sluiscomplex gezet. De totaalprijs bedraagt € 6 846 000,- voor het pompstation bij de Ganzenpoot en EUR 3 024 000,- voor de Oude Veurnaart.

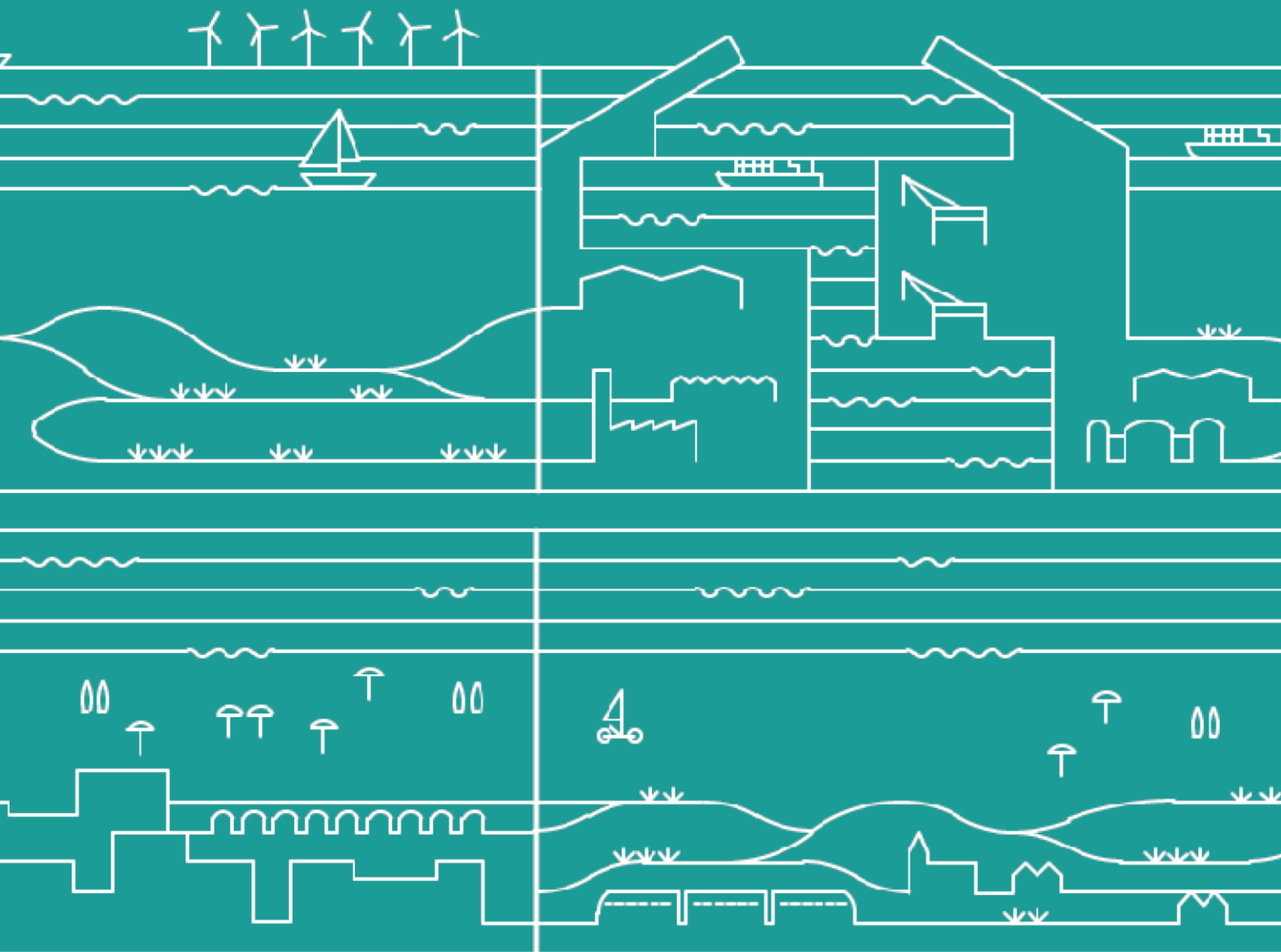


	Totale prijs	Opmerkingen
Bouw pompstation naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, oppervlakte pompstation met toegang en inlaat (zonder aanvoergrachten) ongeveer 45 m x 18 m minimaal ! 7 dompelpompen van 86 m <sup>3</sup> /s totaal		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 200.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 0,00	Uitgefaseerd aan aanleg scheepsluis complex
funderingen en betonwerken	€ 1.200.000,00	Fasering aansluiting kering
wegeniswerken	€ 0,00	Uitgefaseerd aan aanleg scheepsluis complex
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuning, alle betonwerken, enz.	€ 900.000,00	
mechanica	€ 1.300.000,00	Pompprijs in aanvraag, schatting
electromechanica	€ 250.000,00	HS, LS, sturing, ...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 1.700.000,00	Voor een totaal vereist vermogen van 2124 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar Onzekerheid energieprijis x aantal jaar
persleidingen HDPE ø 800 PN10	€ 55.000,00	lengte ongeveer 7 x 20 m prijis te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...
onvoorzien	€ 100.000,00	
SUBTOTAAL	€ 5.705.000,00	
Marge 20%	€ 1.141.000,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 6.846.000,00</b>	

Figuur 5-14: Kostenoverzicht pompstation Ganzenpoot

	Totale prijs	Opmerkingen
Bouw pompstation naar analogie met pompstation HPP/Lokerenbeek, oppervlakte pompstation met toegang en inlaat (zonder aanvoergrachten) ongeveer 18 m x 11 m minimaal ! 6 dompelpompen van 1 m <sup>3</sup> /s elk		Aan- en afslagpeilen te bepalen in functie van de actuele zeespiegelrijzing...
voorafgaande werken	€ 210.000,00	
grondwerken, bemaling	€ 280.000,00	
funderingen en betonwerken	€ 850.000,00	
wegeniswerken	€ 25.000,00	Gebied is grotendeels toegankelijk en voorzien van toegangswegen
pompgebouw, incl. vloeren, trappen, leuning, alle betonwerken, enz.	€ 350.000,00	
mechanica	€ 180.000,00	
electromechanica	€ 126.000,00	HS, LS, sturing, ...
Vuilrooster + roosterreiniger	€ 150.000,00	indien gewenst...
onderhouds- en exploitatiekost gemaal	€ 60.000,00	voor een totaal vereist vermogen van 88 kW, 4 dagen onderhoud per maand en 1000 draaiuren per jaar
persleidingen HDPE ø 800 PN10	€ 50.000,00	lengte ongeveer 6 x 20 m prijis te controleren !!! Databank wijkt sterk af van ramingen...
onvoorzien	€ 100.000,00	
bouw wachtkom op beschikbare of beschikbaar gemaakte terreinen open afwaarts, oppervlakte ongeveer 2500 m <sup>2</sup> , nuttige diepte 1,25 m (à 1,5 m ?), afgravingen met afvoer naar een TOP (€ 20,00 per m <sup>3</sup> )	€ 75.000,00	
erosiewerende bekleding bodem en taluds	€ 40.000,00	
noodzakelijke bijkomende onteigeningen		Indien nodig, in overleg met Blankenberge en conform de gangbare prijzen.
aanleg verbindingen afwateringsgrachten/afvoerbuizen met wachtkom	€ 24.000,00	gravitaire afvoerbuizen, totale lengte ongeveer 90 m, incl. kopmuren, grondwerken, terugslagkleppen, ...
SUBTOTAAL	€ 2.520.000,00	
Marge 20%	€ 504.000,00	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 3.024.000,00</b>	

Figuur 5-15: Kostenoverzicht pompstation Oude Veurnevaart



# Conclusie en aanbevelingen

# 6 Conclusie en aanbevelingen

## 6.1 Context

De stijgende zeespiegel zal op termijn de lozingscapaciteit van de waterlopen die uitstromen naar de Noordzee doen afnemen. Bij hogere waterstanden op zee kan er immers tijdens kortere periodes geloosd worden, en bij zeer hoge waterstanden zelfs helemaal niet meer. Hoewel kustvisie in hoofdzaak naar kustbescherming kijkt, en niet uitgebreid naar de afwatering van het hinterland, werd er toch ook een eerste inschatting gemaakt tot welke zeespiegelstijging gravitaire afwatering mogelijk zal zijn, en vanaf wanneer er dus bijkomende maatregelen nodig zijn om de afwatering te blijven garanderen. Deze kantelpunten zijn immers relevant bij het vormgeven van de toekomstige kustbescherming, aangezien de nodige pompstations ook binnen het kustbeschermingslint zullen worden ingepast.

In dit rapport wordt geëvalueerd wat de impact is van de zeespiegelstijging op de afwateringsmogelijkheden en de waterpeilen van de waterlopen die uitstromen naar de Noordzee. Voor de analyse is een event met een terugkeerperiode van 2 jaar gekozen. Als resultaat van de analyse worden kantelpunten bekomen die aangeven wanneer een actie (installatie pompstation) nodig is om de afwatering te garanderen. Aanvullend wordt ook een eerste inschatting gemaakt van de nodige pompcapaciteit eenmaal het kantelpunt bereikt is. Dit rapport is een aanvulling op de kantelpunten bepaald in een voorgaande studie (Consortium Hoogtijd) - IMDC, ORG, Arcadis, 2021), maar is nog steeds een benadering waarin verschillende aannames nodig zijn voor dit onderzoek op strategisch niveau. Verder detailonderzoek aan de hand van een uitgebreide inventarisatie, meetcampagne, modelstudie en scenario-analyse (o.a. over beheer waterpeilen, toelaatbaar overstromingsrisico, kunstwerken, etc.) is steeds noodzakelijk om het kantelpunt te bepalen. Het doel van dit rapport is dan ook niet om beheer en beleid van de waterlopen aan te sturen, maar om een indicatie te krijgen van de grootteorde zeespiegelstijging wanneer de huidige manier van afwatering van waterlopen in de problemen komt en voor welke uitwateringspunten dit het snelst zal optreden. De resultaten geven op die manier voeding aan de roadmap in Kustvisie en dienen als aanzet voor de uitwerking van toekomstige acties. De afwateringsproblematiek is dan ook opgenomen in het actieplan dat is toegevoegd aan het strategisch beleidsplan Kustvisie.

De Lisseweegse Vaart wordt niet meegenomen in voorliggend rapport omwille van het feit dat in het kader van de werken aan de Nieuwe Sluis in Zeebrugge reeds een nieuwe afwateringsconstructie uitgewerkt wordt (deel van het beslist beleid). Bij het ontwerp van deze afwateringsconstructie wordt ook reeds rekening met zeespiegelstijging.

## 6.2 Kantelpunten afwatering

Onderstaande Tabel 6-1 geeft een overzicht van de bekomen kantelpunten voor de afwatering op basis van het streefpeil en het overstromingspeil. Zoals eerder aangegeven dienen deze cijfers als indicatief beschouwd te worden gelet op de gehanteerde vereenvoudigde methodiek. Voor de waterlopen Leopoldkanaal, Isabellavaart, Blankenbergsevaart, Noordede, Camerlinckxgeleed, en Oude Veurnevaart wordt aanbevolen meer gedetailleerd onderzoek te verrichten aangezien deze op basis van de uitgevoerde analyse verwacht wordt dat deze als eerste het kantelpunt voor overstromingen zullen bereiken. Daarnaast dienen de resultaten van de kantelpunten met enige nuance gelezen te worden op basis van de gebruikte analyse methodiek. In Tabel 6-1 is dit aangegeven in de kolom betrouwbaarheid met een + / +/- / -. Hierbij staat de "+" voor hoge betrouwbaarheid door gebruik van het geverifieerde MIKE model in combinatie met ruime aanwezigheid van data, de "+-" staat voor gemiddelde betrouwbaarheid door het gebruik van een ICM model met middelmatige aanwezigheid van data en de "-" staat voor lage betrouwbaarheid door gebruik van expert judgement in combinatie met een lage hoeveelheid beschikbare informatie. Meer informatie over de interpretatie van de kantelpunten en resultaten is te vinden in Sectie 3.3.

De kantelpunten voor de afwatering zijn een belangrijke input voor de roadmaps / stappenplannen voor de havens (zie havenzoneatlas). Investerings in pompstations kunnen immers de aanleiding geven om de ruimere omgeving mee te betrekken en kustbeschermingsmaatregelen mee te implementeren.

Tabel 6-1: Overzicht kantelpunten op basis streefpeil en overstromingspeil. De periode wordt aangegeven met zomer (Z) en winter (W).

Waterloop	Periode	Indicatief kantelpunt streefpeil	Indicatief kantelpunt overstromingspeil	Betrouwbaarheid*
Leopoldkanaal	W	+0,2 m	+2,2 m	+
	Z	NVT	NVT	+
Isabellavaart	W & Z	+0,0m	+2,2m	+
Afleidingskanaal van de Leie	W & Z	+2,2m	+2,2m	+
Blankenbergsevaart	W	+0,25 m	+1,15 m	+ -
	Z	+0,75 m	+1,15 m	+ -
Kanaal Brugge-Oostende	W & Z	+2,35 m	+ 2,3 m	+
Noordede	W	+0,25 m	+1,15 m	+ -
	Z	+0,75 m	+1,15 m	+ -
Oostends Krekengebied	W	+0,15 m	+1,5 m	+ -
	Z	NVT	NVT	+ -
Nieuw Bedelf	W	+0,95 m	+1,25 m	-
	Z	+1,35 m	+1,25 m	-
Kanaal Plassendale – Nieuwpoort	W & Z	> 3,0 m	+ 2,5 m	-
Kreek van Nieuwendamme	W	+0,9 m	+ 2,0 m	-
	Z	+2,3 m	+ 2,0 m	-
IJzer	W & Z	+2,0 m	> 3,0 m	+
Overlaat Veurne Ambacht	W	> 3,0 m	> 3,0 m	+
	Z	> 3,0 m	> 3,0 m	+
Veurnevaart	W & Z	+1,4 m	+ 2,55 m	+
Oude Veurnevaart	W & Z	+ 0,95 m	+0,15 m	-

\*De methodiek in deze studie resulteert niet in exacte bepaling van de kantelpunten, maar louter een verbeterd inzicht in de systeemwerking en dient als een aanzet beschouwd te worden om verder gericht onderzoek uit te voeren. Afhankelijk van de betrouwbaarheid van de analyse methodiek dient een verdere studie / data analyse uitgevoerd te worden om het kantelpunt nader te bepalen.

## 6.3 Pompcapaciteit

De berekende pompcapaciteit in deze studie is een conservatieve aanname waarbij al het water vanuit de waterlopen met de pomp naar zee wordt gebracht indien een kantelpunt is bereikt. In realiteit zal dit deels gravitair en deels niet gravitair gebeuren waardoor de pompcapaciteit verkleind kan worden. Bij de kleine waterlopen zoals de Kreek van Nieuwendamme met een gemiddeld dag debiet bij ontwerpomstandigheden van 0,99 m<sup>3</sup>/s zal deze optimalisatie nog niet relevant zijn wegens de kleine debieten maar bij de grote waterlopen zoals de IJzer met een gemiddeld dag debiet bij ontwerpomstandigheden van 54,17 m<sup>3</sup>/s kan hier veel winst mee behaald worden.

Voor elk van de knelpunten werd op basis van de benodigde pompcapaciteit tevens een concept ontwerp van de pompen gemaakt. Hiervoor werd telkens ook een mogelijke ruimtelijke inpassing meegegeven als een inschatting van de kostprijs. De nodig ruimte vormt input voor de havenzoneatlas (Consortium Hoogtij(d) - IMDC, ORG, Arcadis, 2023b), de kostprijs is een input voor de economische analyse (Consortium Hoogtij(d) IMDC, ORG, Arcadis, 2023c).

Op basis van de resultaten is in dit rapport enkel advies gegeven over pompcapaciteiten per waterloop en niet over een eventuele andere oplossing. Het kan echter interessant zijn om ook alternatieve oplossingen te beoordelen. Het waterbeheer van de waterlopen kan herzien worden en zo kan het streefpeil naar boven worden bijgesteld om zo minder snel het kantelpunt te bereiken. Daarnaast is een overstroming in het achterland niet altijd problematisch en kan het in sommige gevallen worden toegelaten, deze comptabiliteit met het landgebruik zal nader onderzocht moeten worden. Ook kunnen lokaal lage oevers verhoogd worden om zo het kantelpunt te verhogen. Het verder uitwerken van de concrete acties en ontwerpen situeert zich op projectniveau, niet op het strategisch niveau.

## 6.4 Aanbevelingen

Het onderzoek in deze studie is uitgevoerd als input voor het bepalen van het strategisch beleidsplan Kustvisie en heeft daarmee een eerder verkennend karakter op strategisch niveau. Verder onderzoek wordt dan ook aangeraden om meer inzicht in het afwateringssysteem te krijgen en de kantelpunten en pompcapaciteiten met meer nauwkeurigheid in te schatten. Daarbij kan gebruik gemaakt worden van de inzichten in deze studie zoals de bepaling van de meest prioritaire waterlopen met de laagste kantelpunten in zeespiegelstijging waarvoor de focus op verder onderzoek in verband met afwatering het meest relevant zal zijn. Deze sectie geeft een aantal aanbevelingen voor het verder onderzoek.

Daarnaast hoort er bij het strategisch beleidsplan Kustvisie een eerste actieplan 2025 – 2034. Dit actieplan bevat de nodige acties om Kustvisie stapsgewijs uit te voeren. Er wordt wat betreft de afwateringsproblematiek ook verwezen naar dit actieplan. Verder onderzoek en uitwerking naar de afwateringsproblematiek is daar immers onderdeel van.

- Verfijning van berekening op basis van modelinstrumenten waterloopbeheerders
  - Voor voorliggende studie is een bevraging gedaan van de waterloopbeheerders om de nodige modelinstrumenten en beschikbare gegevens te bekomen. Niet alle beschikbare informatie is (tijdig) aangeleverd om te kunnen worden verwerkt door het consortium. Een actualisatie van de resultaten met het volledige modelinstrument van de waterloopbeheerders is dan ook aanbevolen.
- Vastleggen van een onderzoekstraject om kantelpunten nauwkeurig te bepalen :
  - Inventarisatie van uitstroomconstructies : in de huidige studie zijn aannames gemaakt rond de uitstroomconstructies van het Nieuw Bedelf, Kreek van Nieuwendamme, Oude Veurnaart en kanaal van Plassendale – Nieuwpoort. Topografische opmetingen van de constructies biedt een beter zicht op de werking en potentiële knelpunten van het watersysteem.
  - Inventarisatie kritieke waterpeilen : het kritiek waterpeil is in de huidige studie gedefinieerd als een peil waarbij er overstroming van de oever optreedt op basis van afgeleide oevers uit het digitaal terreinmodel. Het kritieke waterpeil kan echter ook beschouwd worden als een peil waarbij woningen of bepaalde percelen getroffen worden en is het voorwerp van detailonderzoek voor de waterloopbeheerders en stakeholders in de omgeving. Een risico benadering (kans van voorkomen  $\times$  schade) dient hierbij ook in acht genomen te worden. Bij de gedetailleerde inventarisatie dient ook de terugkeerperiode waarvoor het kantelpunt bepaald wordt mee in rekening gebracht te worden. In de huidige studie is dit vastgelegd op een terugkeerperiode van 2 jaar.
  - Inventarisatie streefpeilen en visie naar toekomst : streefpeilen worden door de waterloopbeheerders ingesteld in functie van de vraag van verschillende actoren en verschillende beleidsdomeinen. De streefpeilen zijn in de huidige studie als een statisch gegeven beschouwd. Door de stijgende zeespiegel en klimaatverandering kan dit echter ook als een dynamisch gegeven beschouwd worden. De waterloopbeheerders dienen een visie te ontwikkelen voor de streefpeilen op lange termijn en ook evalueren op welke wijze de infrastructuur hierop dient afgesteld te worden.
  - Datacollectie rond debiet en waterpeilen : een lange termijn dataset van waterpeilen en debieten op de verschillende waterlopen wordt als een essentieel element beschouwd voor de validatie van het modelinstrument (zie verder). Zeker voor de waterlopen waar slechts een beperkte dataset beschikbaar is (Nieuw Bedelf, Kreek van Nieuwendamme en Oude Veurnaart), wordt aanbevolen om in eerste instantie een Q-h verband op te stellen
  - Actualisatie/ontwikkeling en validatie van modelinstrument : de prioriteit dient uit te gaan naar de ontwikkeling van een modelinstrument van de waterlopen waar geen of weinig data van beschikbaar is. Het type modelinstrument kan verschillen in functie van de waterloop, maar dient ten minste in staat te zijn om (i) debieten en waterpeilen in het stroomgebied nauwkeurig te bepalen en (ii) een afhankelijkheid vertonen met het peil op de Noordzee in functie van simulaties met verhoogde zeespiegelstijging.
  - Vastleggen procedure voor bepaling kantelpunten : elk van de waterloopbeheerders hanteert bij voorkeur een vaste procedure zodat de verschillende resultaten onderling te vergelijken en aan eenzelfde kwaliteit voldoen.
  - Alternatieven onderzoek : onderzoek waarbij gekeken wordt naar verschillende potenties om een antwoord te bieden op de problematiek van afwatering van de waterlopen naar de zee. Dit onderzoek dient zich zowel te focussen op een multicriteria analyse waarbij rekening gehouden wordt met onder andere de verschillende technische oplossingen (vb pomp vs alternatief waterbeheer), ruimte inname, kosten en baten.
- Pompcapaciteit :
  - Op basis van herziene data met betrekking tot debiet en buffercapaciteit een betere inschatting van de benodigde pompcapaciteit bepalen. Voor het verfijnen van het ontwerpdebiet is het eveneens aangewezen te bepalen met welke events en risico's rekening wordt gehouden (zie ook de eerder aangehaald risico benadering bij het bepalen van het kantelpunt).
  - Nauwkeuriger bepalen nodige pompcapaciteit rekening houden met de bijdrage van gravitaire afwatering, toelaatbare opwaartse peilen en nieuwste inzichten rond klimaatverandering.
  - Actualisatie van prijsdatabank op basis recent gerealiseerde projecten.

## 7 Referenties

AGIV (2016). Digitaal HoogteModel Vlaanderen. <https://www.agiv.be/producten/digitaal-hoogtemodel-vlaanderen/meer-over-dhm-v/producten-onderdelen/digitaal-hoogte-model-vlaanderen-ii/dhmv-ii-standaard-producten>.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2021). Kustvisie Ontwerp havens. I/RA/11630/21.187/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022a). Inventarisatie in kader van kantelpuntbepaling afwatering achterland. I/RA/11630/22.135/ABO/ v1.0.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022b). Kustvisie - Havenatlas. I/RA/11630/22.043/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023a). Kustvisie - Ontwerp havens. I/RA/11630/21.187/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023b). Kustvisie - Havenzoneatlas. I/RA/11630/23.009/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023c). Kustvisie - Resultaten economische analyse. E/RA/11630/23.014/ABO/.

IMDC (2012). Verspreiding van Fecale Bacteriën langsheen de Belgische Kust, deel 2. Verspreiding van Fecale Bacteriën langsheen de Belgische Kust, deel 2: Deelrapport 2: Modelopzet en calibratie, kustzone regio Oostende - Nieuwpoort. I/RA/11394/12.019/MBO.

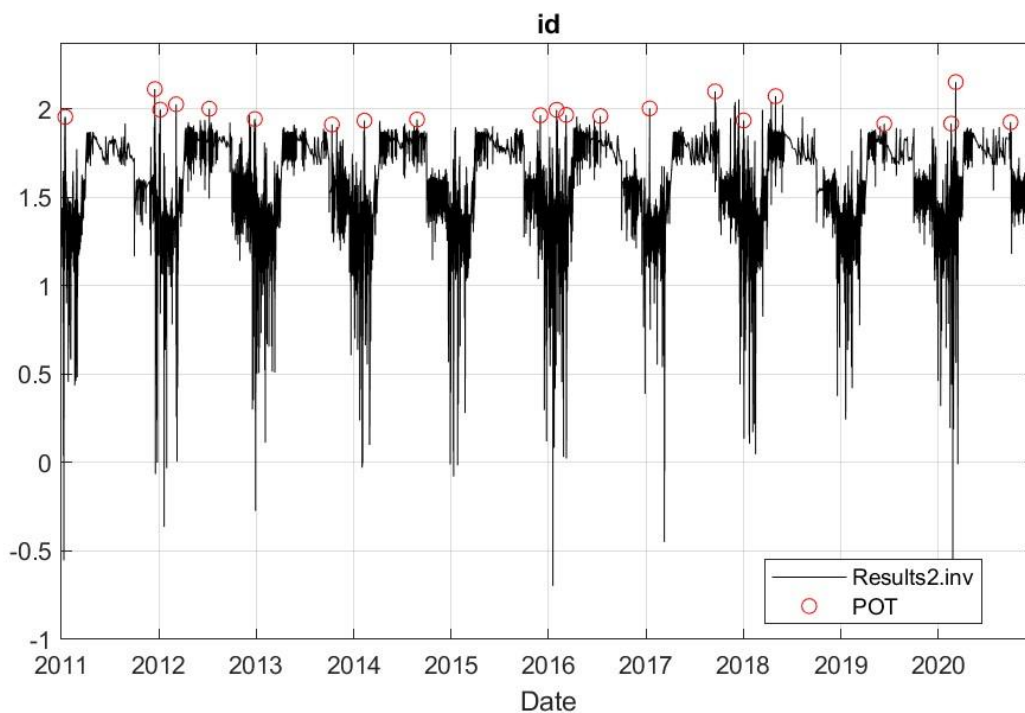
IMDC (2022). Kustvisie - Randvoorwaarden afwateringspunten. I/NO/11630/22.164/RPA/RPA.

KSB (2008). Pumps and Automation.

## **Bijlage A Resultaten ICM kalibratie**

## A.1 ICM-kalibratie Blankenbergsevaart

Zoals is toegelicht in 3.3.2.2 is de ICM kalibratie uitgevoerd op basis van waterpeilgegevens van het Sumaqua model en bijhorende debiet gegevens van het ICM-MIKE model. De waterpeilgegevens en bijhorende POT analyse is weergegeven hieronder.



De Weibull distributie op basis van deze gegevens leidt tot de onderstaande resultaten en terugkeerperiodes. Hieruit valt te concluderen dat bij een T2 event het waterpeil 2.02 m TAW is met een veiligheidsinterval tussen 1.96 m TAW en 2.06 m TAW.

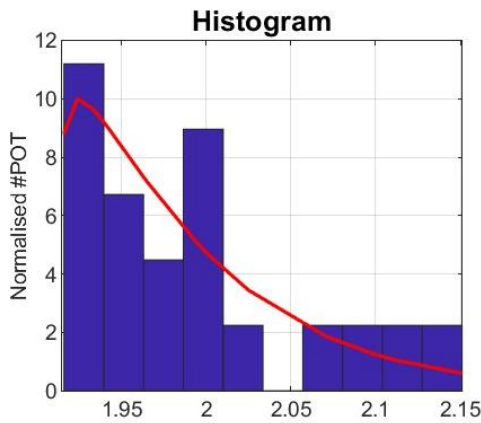
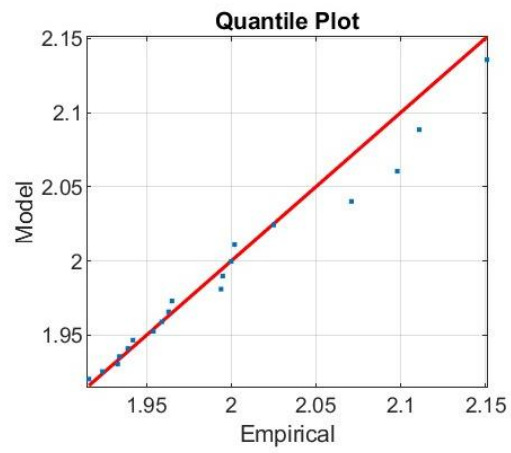
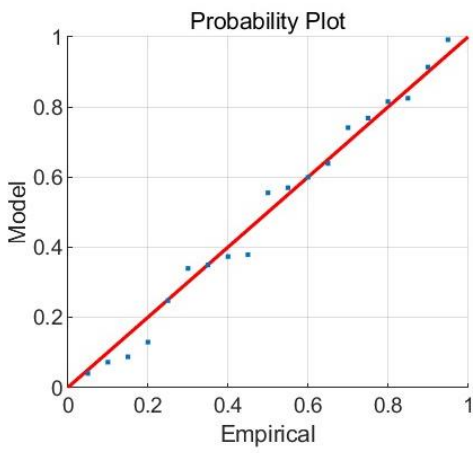
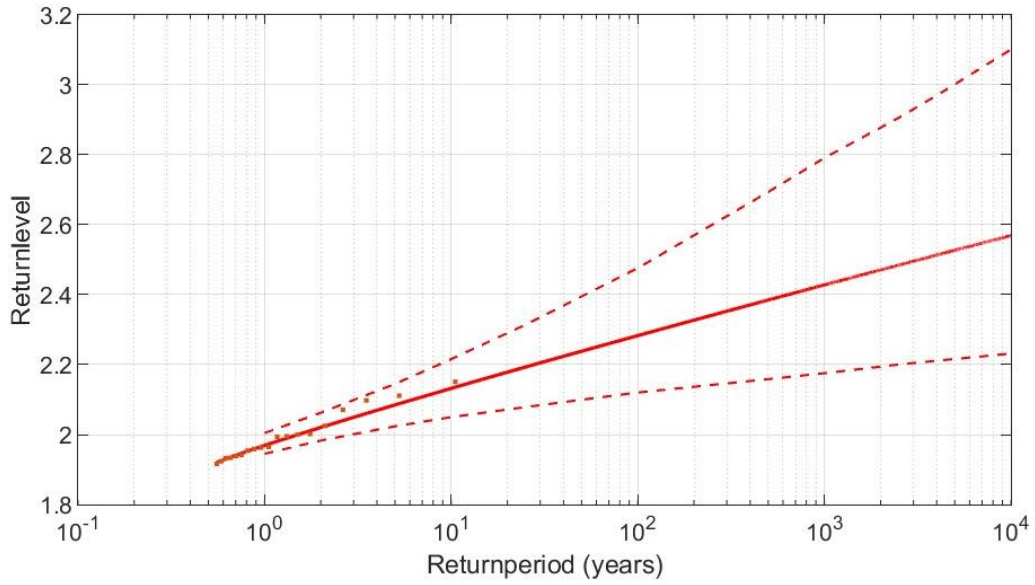


Cond. Weibull distribution

$$cdf : 1 - Pr(x > u + y|x > u) = 1 - exp(-\lambda(x - u)^\tau)$$

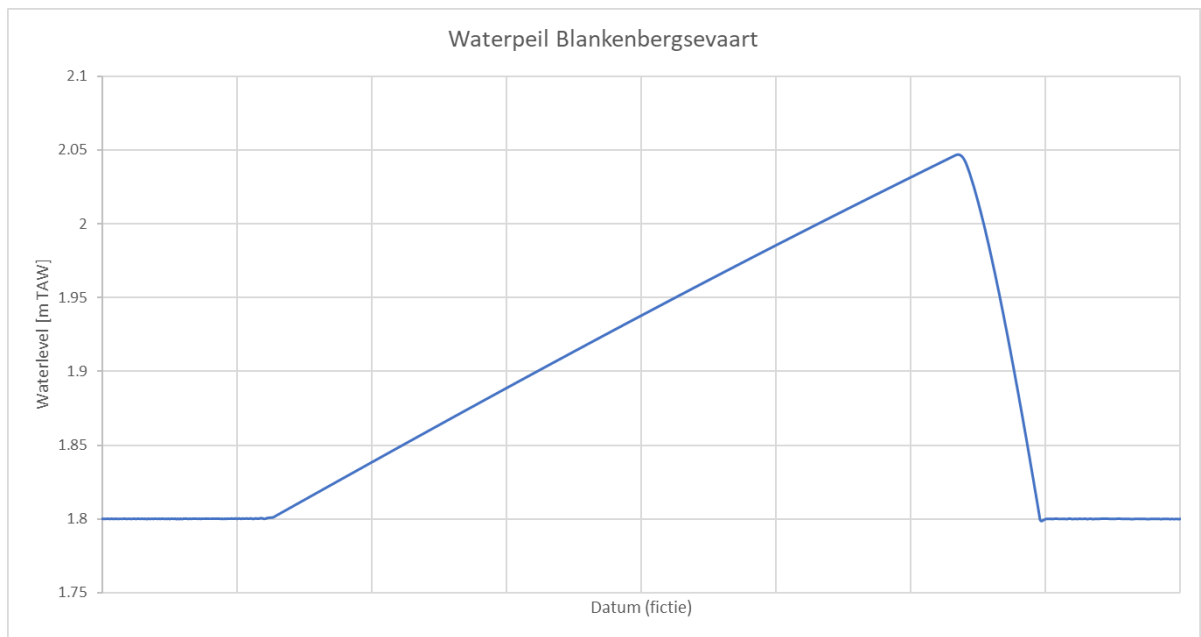
$\tau = 1.0961$   
 $\lambda = 15.6983$   
 $u = 1.915$   
 $A = 10.0015$   
 $k = 19$

$$Returnlevel : X = u + (\frac{1}{\lambda} \log(\frac{T * k}{A}))^{(1/\tau)}$$



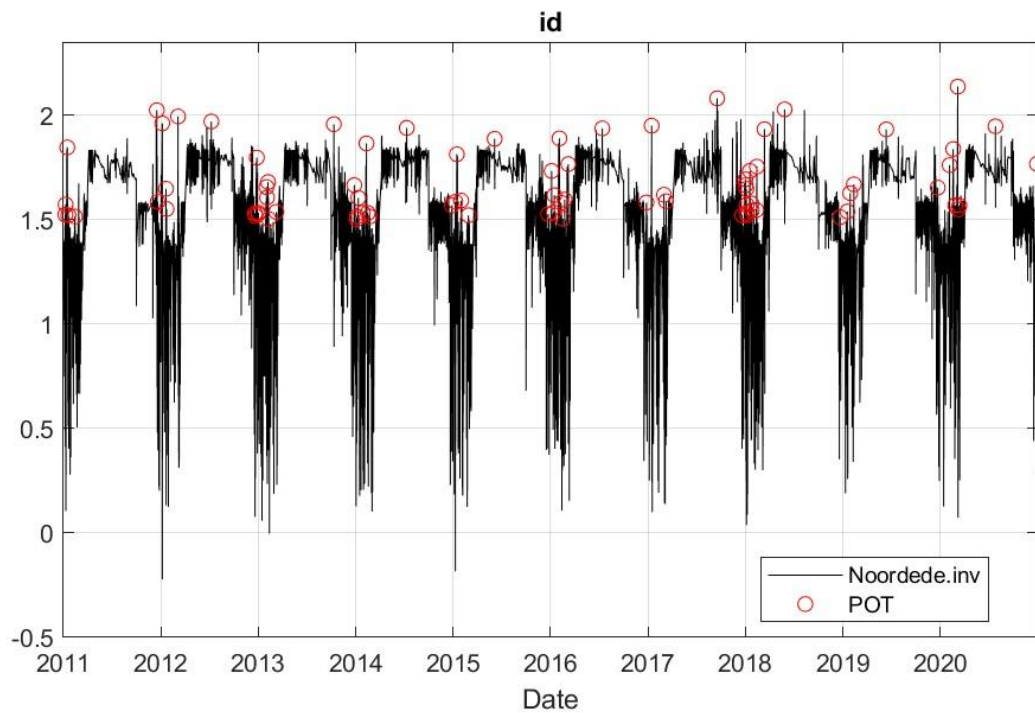
T	X	UPCI	LOCI
1.00e+00	1.97e+00	2.00e+00	1.95e+00
2.00e+00	2.02e+00	2.06e+00	1.98e+00
5.00e+00	2.09e+00	2.14e+00	2.02e+00
1.00e+01	2.13e+00	2.22e+00	2.05e+00
2.50e+01	2.19e+00	2.31e+00	2.08e+00
5.00e+01	2.24e+00	2.39e+00	2.10e+00
1.00e+02	2.28e+00	2.48e+00	2.12e+00
5.00e+02	2.38e+00	2.69e+00	2.16e+00
1.00e+03	2.43e+00	2.79e+00	2.18e+00
2.50e+03	2.48e+00	2.90e+00	2.20e+00
4.00e+03	2.51e+00	2.97e+00	2.21e+00
1.00e+04	2.57e+00	3.10e+00	2.23e+00

De geometrische afmetingen van de Blankenbergsevaart zijn dusdanig aangepast dat bij een T2 event het waterpeil ongeveer gelijk komt te staan met de waarden van 2.02 m TAW uit de EWA om zo de realiteit zo goed mogelijk na te bootsen. Het waterpeil in de Blankenbergsevaart bereikt een peil van 2.05 m TAW, zie onderstaande figuur.



## A.2 ICM-kalibratie Noordede

Zoals is toegelicht in 3.3.2.2 is de ICM kalibratie uitgevoerd op basis van waterpeilgegevens van het Sumaqua model en bijhorende debiet gegevens van het ICM-MIKE model. De waterpeilgegevens en bijhorende POT analyse is weergegeven hieronder.



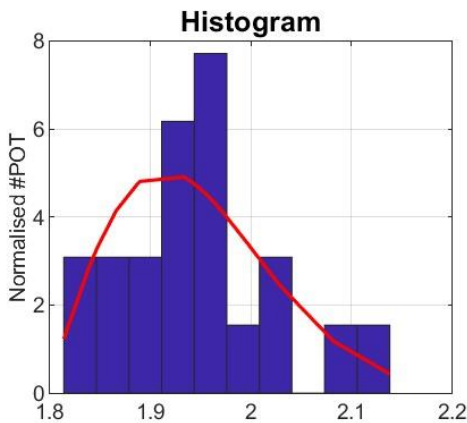
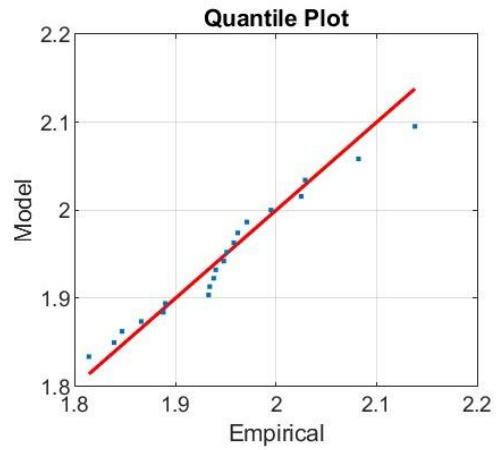
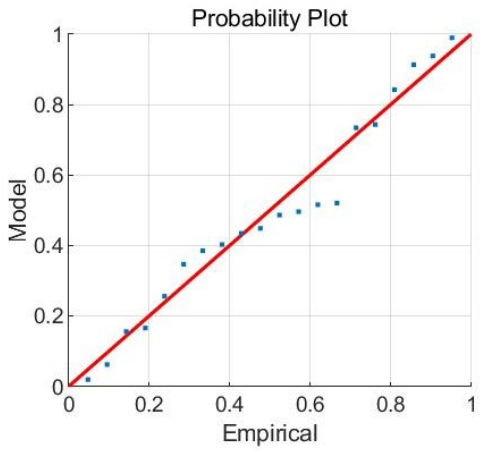
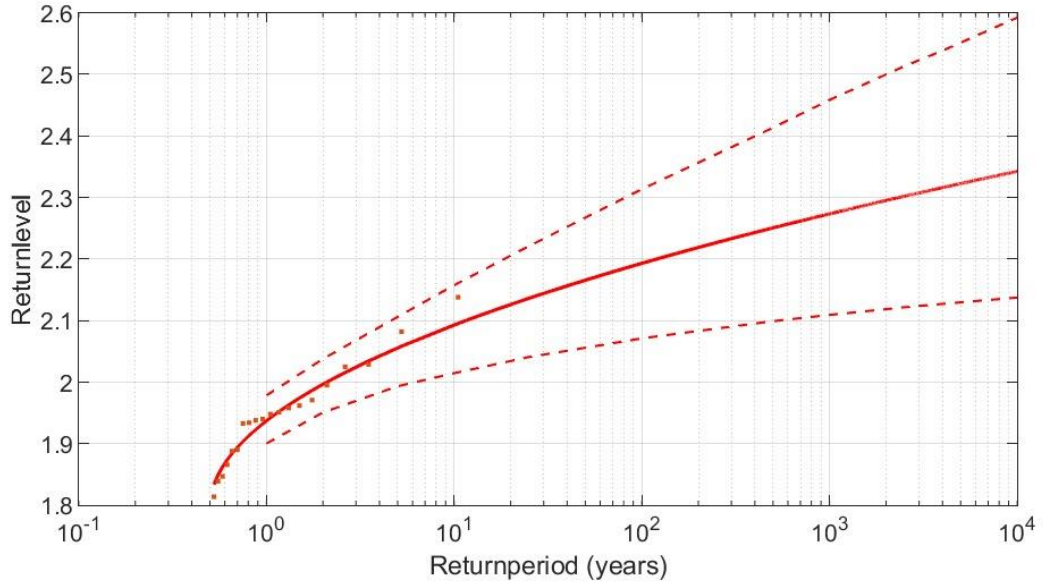
De Weibull distributie op basis van deze gegevens leidt tot de onderstaande resultaten en terugkeerperiodes. Hieruit valt te concluderen dat bij een T2 event het waterpeil 2.00 m TAW is met een veiligheidsinterval tussen 1.95 m TAW en 2.05 m TAW.

Cond. Weibull distribution

$$cdf : 1 - Pr(x > u + y | x > u) = 1 - exp(-\lambda(x - u)^\tau)$$

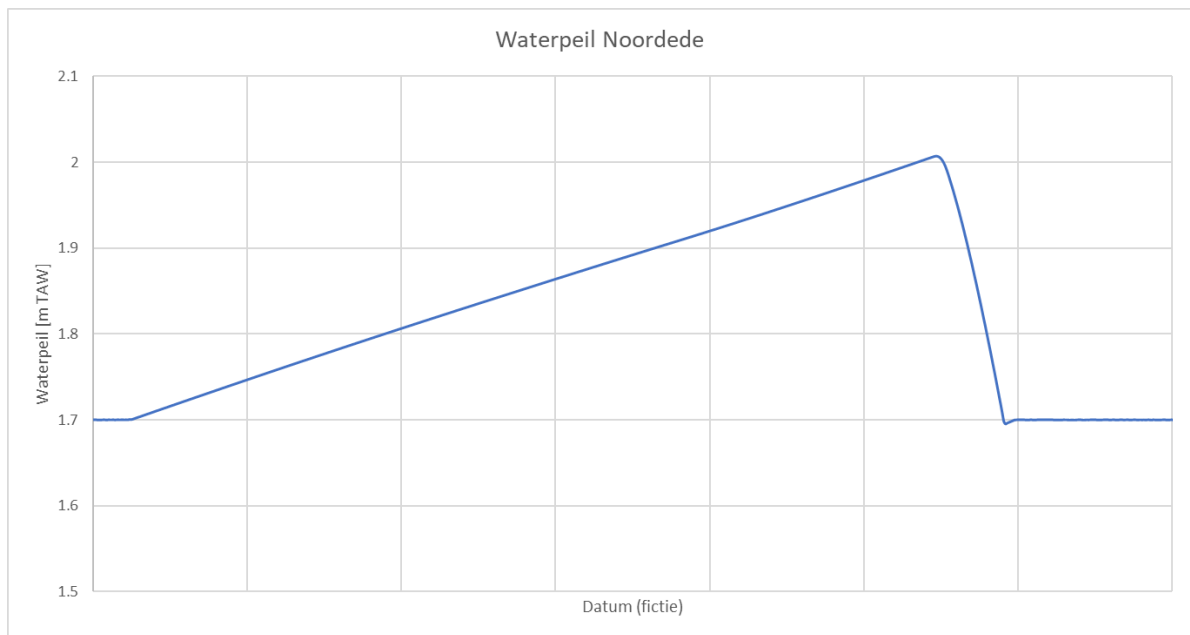
$\tau = 1.9496$   
 $\lambda = 32.3955$   
 $u = 1.798$   
 $A = 10.0015$   
 $k = 20$

$$Returnlevel : X = u + (\frac{1}{\lambda} \log(\frac{T^*k}{A}))^{(1/\tau)}$$

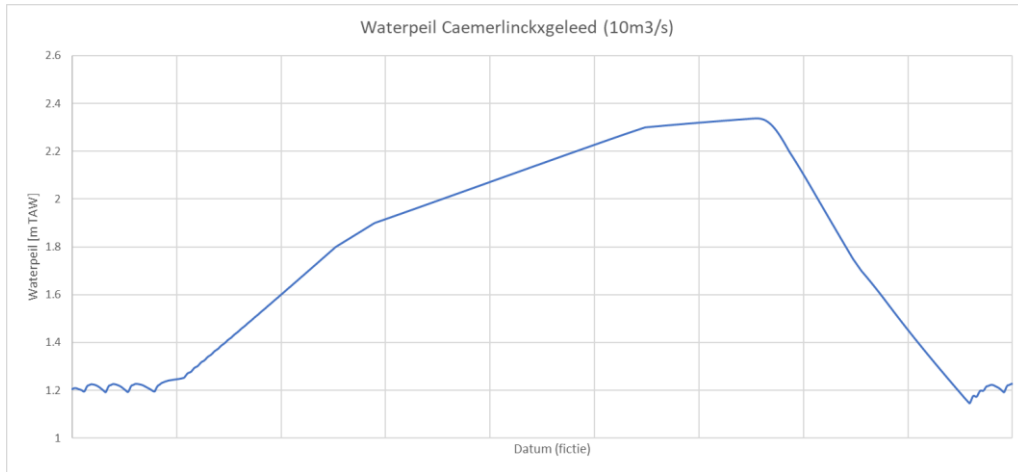


T	X	UPCI	LOCI
1.00e+00	1.94e+00	1.98e+00	1.90e+00
2.00e+00	2.00e+00	2.04e+00	1.95e+00
5.00e+00	2.06e+00	2.11e+00	1.99e+00
1.00e+01	2.09e+00	2.16e+00	2.01e+00
2.50e+01	2.14e+00	2.22e+00	2.04e+00
5.00e+01	2.17e+00	2.27e+00	2.06e+00
1.00e+02	2.19e+00	2.31e+00	2.07e+00
5.00e+02	2.25e+00	2.41e+00	2.10e+00
1.00e+03	2.27e+00	2.46e+00	2.11e+00
2.50e+03	2.30e+00	2.51e+00	2.12e+00
4.00e+03	2.32e+00	2.54e+00	2.13e+00
1.00e+04	2.34e+00	2.59e+00	2.14e+00

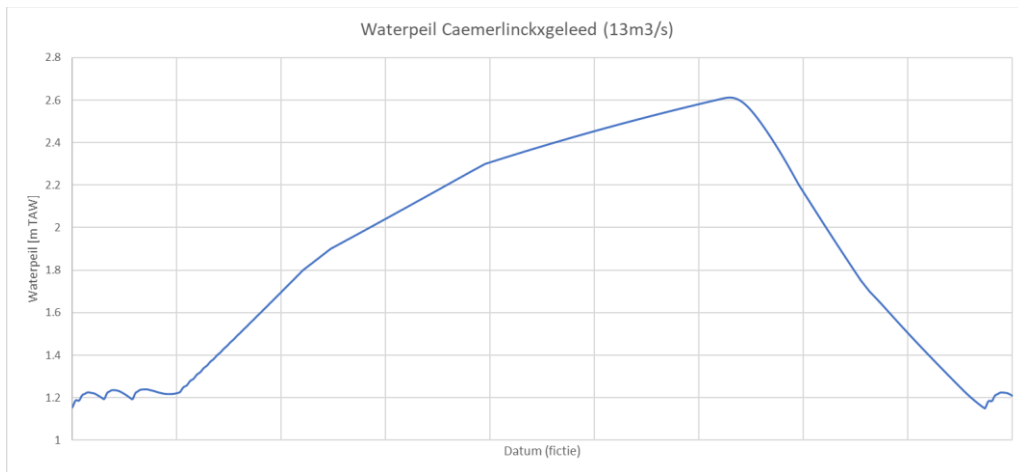
De geometrische afmetingen van de Noordede zijn dusdanig aangepast dat bij een T2 event het waterpeil ongeveer gelijk komt te staan met de waarden van 2.00 m TAW uit de EWA om zo de realiteit zo goed mogelijk na te bootsen. Het waterpeil in de Blankenbergsevaart bereikt een peil van 2.00 m TAW, zie onderstaande figuur.



### A.3 ICM-Kalibratie Caemerlinckxgeleed



...





# Colofon

<b>COPYRIGHT</b>	Copyright © 2023, Alle rechten voorbehouden. Deze publicatie of delen mogen niet worden gekopieerd, gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, digitaal of anderszins zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Verwijzing naar een deel van deze publicatie dat tot verkeerde interpretatie kan leiden, is verboden.
<b>OMSLAG</b>	Hoogtij(d)
<b>PUBLICATIEDATUM</b>	23/11/2023
<b>UITGEVER</b>	ir. Annelies Bolle Senior ingenieur Projectleider Kustvisie – consortium Hoogtij(d) +32 479 92 03 08, Annelies.bolle@imdc.be
<b>OPMAAK</b>	Hoogtij(d)







Kust  
visie