



Vlaanderen
is wetenschap



26_044_01
WL rapporten

Beoordeling tijpoort Westsluis Terneuzen na verdieping West-Buitenhaven

Advies vaar- en evacuatieijden

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Beoordeling tijpoort Westsluis Terneuzen na verdieping West-Buitenhaven

Advies vaar- en evacuatieijden

Verwilligen, J.; Eloot, K.

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2026
D/2026/3241/093

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verwilligen, J.; Eloot, K. (2026). Beoordeling tijpoort Westsluis Terneuzen na verdieping West-Buitenhaven: Advies vaar- en evacuatie tijden. Versie 4.0. WL Rapporten, 26_044_01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	MDK-afdeling Scheepvaartbegeleiding	Ref.:	WL2026R26_044_01
Trefwoorden (3-5):	Tijpoort, Westsluis, vaartijden, AIS, West-Buitenhaven, Terneuzen		
Kennisdomeinen:	Havens & Waterwegen > Veiligheid > Risico-analyse > In situ metingen		
Tekst (p.):	24	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Verwilligen, J.
------------	-----------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Eloot, K.	Getekend door:Eloot Katrien Eliane Getekend op:2026-06-19 10:20:48 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Verwilligen, J.	Getekend door:Verwilligen Jeroen Rapha Getekend op:2026-06-19 14:55:10 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Bellafkih Abdelkarim Getekend op:2026-06-19 16:48:10 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	--

Abstract

In het kader van het project NST werd de West-Buitenhaven te Terneuzen verdiept om voor schepen met diepgang 12.5 m, tijongebonden vaart tot de Nieuwe Sluis toe te laten.

Bovendien heeft deze verdieping positieve gevolgen voor de toegankelijkheid van de Westsluis, waarnaar het tijgebonden traject beperkt wordt tot de bodem van de sluis (-12.82 m NAP).

Als gevolg hiervan, kan ook de reservetijd die vandaag toegepast wordt op het sluiten van de tijpoort, gereduceerd worden. Deze reservetijd is bepaald door de totale procesduur van sluisinvaart en occasionele evacuatie van het schip indien de sluisdeuren niet gesloten zouden kunnen worden.

Op basis van een AIS-studie van 1417 maatgevende opvaarten naar de Westsluis (periode 2012-2022), werden representatieve vaarsnelheden en vaartijden bekomen voor verschillende deeltrajecten naar de Westsluis, waaronder de invaartijd tussen de aankomst aan de afwaartse sluisdrempel tot wanneer het schip in de eindpositie ligt. Voor de bepaling van de evacuatie tijden van het schip uit de sluis werden de resultaten van vaarsimulaties uitgevoerd in Laforce & Mostaert (2007) toegepast.

Uiteindelijk werd aangetoond dat wanneer de diepte van de West-Buitenhaven voldoet aan de interventiepeilen voorzien in het project NST, de reservetijd 47'30'' dient te bedragen voor panamax schepen (B = 32.3 m) en 52'00'' voor kamsarmax schepen (B = 37.0 m).

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Situering.....	1
2 Huidige tijpoortberekening Westsluis	2
2.1 Minimale kielspeling en vereiste waterstand	2
2.2 Openen van de tijpoort.....	2
2.3 Sluiten van de tijpoort.....	2
2.4 Reservetijd	3
3 Conditie West-Buitenhaven NST	5
3.1 Bodemprofiel West-Buitenhaven NST	5
3.2 Diepteprofiel Westsluis	6
4 AIS-analyse vaartijden	7
4.1 AIS-trajecten.....	7
4.2 Opvaarten maatgevende vaart	8
4.3 Bepalende vaarposities	10
4.4 Analyse vaarsnelheden	10
4.5 Analyse vaartijden.....	12
4.5.1 Impact interventiediepte -13.31 m NAP	13
4.5.2 Bepaling invaartijd A+C voor conditie 2007	14
4.5.3 Bepaling invaartijd A+C voor conditie NST	15
5 Reservetijd einde tijpoort.....	20
5.1 Evacuatieijd bij verdieping West-Buitenhaven.....	20
5.2 Reservetijd voor conditie NST West-Buitenhaven	21
6 Samenvatting.....	22
7 Referenties	24

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Statistische parameters vaarsnelheden tijdens opvaart Westsluis voor $B \geq 32\text{m}$ en $B \geq 36\text{m}$	10
Tabel 2 – Maximale variatie waterstand in functie van tijd op basis van tijkromme Terneuzen uit Kustzuidmodel (01/01/2013 – 30/06/2013)	14
Tabel 3 – Statistische parameters vaartijden naar drie condities ten opzichte van de passage van het hek aan de havendammen voor $B \geq 32\text{m}$ en $B \geq 36\text{m}$	15
Tabel 4 – Statistische parameters vaartijden naar twee condities ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400m van de sluis en één conditie ten opzichte van de aankomst van de boeg aan de sluis voor $B \geq 32\text{m}$ en $B \geq 36\text{m}$	15
Tabel 5 – Berekening van reservetijd voor verschillende scenario's diepte West-buitenhaven	21

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Bepaling van de tijpoort Westsluis op basis van een vereiste rijs gelijk aan 0.68 m NAP en in acht name van een reservetijd	3
Figuur 2 – Illustratie polygonen interventiedieptes NST (groen: -13.84 m LAT) en Westsluis (geel: -10.62 m LAT) en referentiebaan naar Westsluis met afstands aanduiding	5
Figuur 3 – Illustratie van alle opvarende trajecten tussen de havenmond (uitgebreid met 1 minuut) en de Westsluis (uitgebreid met 10 minuten) voor de maand februari 2013	7
Figuur 4 – Historische evolutie van het aantal opvaarten naar de Westsluis voor schepen met $B \geq 32$ m en $L \geq 180$ m	9
Figuur 5 – Historische evolutie van het aantal opvaarten naar de Westsluis voor schepen met $B \geq 32$ m, $L \geq 180$ m en $T \geq 12.0$ m	9
Figuur 6 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip zich geheel binnen de havendammen bevindt	11
Figuur 7 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip de polygoon voor de interventiediepte naar de Westsluis bereikt	11
Figuur 8 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip de Westsluis bereikt	12
Figuur 9 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip volledig in Westsluis ligt	12
Figuur 10 – Statistische verdeling vaartijden naar drie condities ten opzichte van de passage van het hek aan de havendammen voor opvaarten met $B \geq 32$ m en $T \geq 12$ m	16
Figuur 11 – Statistische verdeling vaartijden naar twee condities ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400 m van de Westluis voor opvaarten met $B \geq 32$ m en $T \geq 12$ m	17
Figuur 12 – Statistische verdeling tussen aankomst van de boeg aan de Westluis en de intrede van het hek in de Westsluis voor opvaarten met $B \geq 32$ m en $T \geq 12$ m	17
Figuur 13 – Statistische verdeling vaartijden naar drie condities ten opzichte van de passage van het hek aan de havendammen voor opvaarten met $B \geq 36$ m en $T \geq 12$ m	18
Figuur 14 – Statistische verdeling vaartijden naar twee condities ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400 m van de Westluis voor opvaarten met $B \geq 36$ m en $T \geq 12$ m	19
Figuur 15 – Statistische verdeling tussen aankomst van de boeg aan de westluis en de intrede van het hek in de Westsluis voor opvaarten met $B \geq 36$ m en $T \geq 12$ m	19

1 Situering

Tot op heden wordt er bij de berekening van de tijpoort voor de Westsluis te Terneuzen uitgegaan van een minimale reservetijd van 90' ten opzichte van het sluiten van de tijpoort.

In deze reservetijd zitten vervat:

1. Het varen naar de sluis binnen het in diepte beperkte gebied (vaartijd)
2. Het evacueren van een schip uit de sluis in geval van defect aan de buitendeuren waardoor deze niet kunnen sluiten (evacuatie tijd)

De totale duur van de reservetijd (1:30:00) werd in Laforce & Mostaert (2007) bepaald bij aanname van een beperkte diepte voor de West-Buitenhaven (gelijkaardig aan de diepte van de Westsluis). Het hierboven vermelde *“in diepte beperkte gebied”* omvatte dus zowel de sluis als de West-Buitenhaven (binnen de havendammen).

Binnen het project NST-Terneuzen werd er een verdieping van de West-Buitenhaven uitgevoerd om een tijonafhankelijke vaart naar de Nieuwe Sluis toe te laten. Hierdoor is het *“in diepte beperkte gebied”* naar de Westsluis ook verkort.

Aan WL werd gevraagd om de reservetijd voor het berekenen van de tijpoort naar Terneuzen aan te passen aan het huidige ontwerp van de West-Buitenhaven.

Deze opdracht werd opgenomen als een advies¹.

¹ Volgens de projectdefinitie gehanteerd door WL betreft een advies een studieopdracht die uitgevoerd kan worden in minder dan 5 werkdagen en waarvoor er geen projectplan opgesteld wordt. De invulling van de opdracht werd via mail afgestemd met de opdrachtgever, vertegenwoordigd door kapt. Bart van Meensel (MDK afdeling Scheepvaartbegeleiding).

2 Huidige tijpoortberekening Westsluis

Rekening houdend met de maximale waterdiepte aan de kanaalzijde en de bijhorende diepte van de bovendrempel van de sluis is de maximale scheepsdiepgang in de Westsluis 12.5 m.

Bij de berekening van de tijpoort wordt uitgegaan van een minimale waterdiepte die noodzakelijk is boven elke maatgevende drempel langs het vaartraject. Doordat de drempels op het rivier- en zeetraject allen een tijonafhankelijke diepgang tot minimum 13.1 m toelaten, bevinden de enige relevante drempels voor de Westsluis zich binnen de West-Buitenhaven en in de Westsluis.

2.1 Minimale kielspeling en vereiste waterstand

In Laforce & Mostaert (2007) werd uitgegaan van onderstaande criteria ter bepaling van de tijpoort voor de Westsluis:

1. De minimale diepte voor de Westsluis betreft de benedendrempel op -12.82 m NAP.
2. De diepte van de West-Buitenhaven vertoont belangrijke variaties (zowel geografisch als doorheen de tijd) waardoor dezelfde diepte verondersteld wordt als voor de Westsluis (d.i. -12.82 m NAP).
3. De minimale kielspeling in de Westsluis en de West-Buitenhaven betreft 1.0 m (ofwel 8% voor een schip met diepgang 12.5 m).

Op basis van bovenstaande criteria wordt de tijpoort bepaald op basis van een minimale rijs van de waterstand te Terneuzen die bepaald wordt als:

$$rijs [m \text{ NAP}] = -12.82 + T + 1.0 \quad (1)$$

Met:

- T: scheepsdiepgang [m]

Voor een schip met diepgang 12.5 m bedraagt de vereiste rijs bijgevolg 0.68 m NAP.

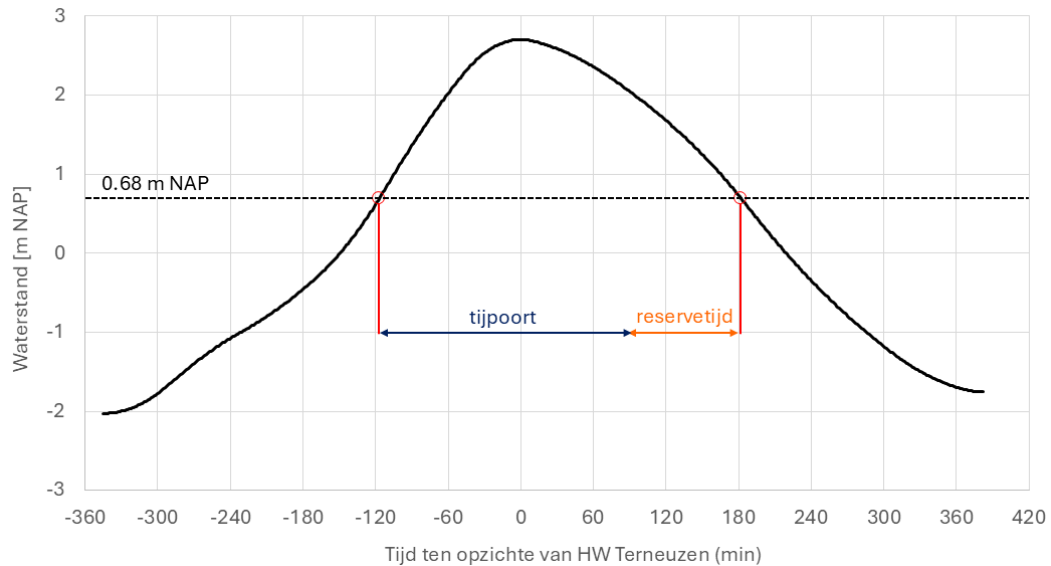
2.2 Openen van de tijpoort

Het openen van de tijpoort (of het vroegste tijdstip dat het schip de West-Buitenhaven) mag opdraaien wordt bepaald door het tijdstip waarop het stijgende water, de vereiste rijs (bepaald door (1)) bereikt.

2.3 Sluiten van de tijpoort

Het sluiten van de tijpoort wordt gelijkaardig aan de opening bepaald door het tijdstip waarop de waterstand tijdens de ebfase (dalende waterstanden) de vereiste rijs bereikt. Hierbij dient echter rekening gehouden te worden met de vereiste vaartijd waarbinnen het schip verwacht wordt boven de drempels (Westsluis en West-Buitenhaven) te varen en de evacuatie tijd die nodig is om bij een gebeurlijk defect aan de deuren het schip te evacueren uit de sluis naar een locatie waar het veilig kan overtijen.

De tijpoortberekening wordt illustratief voorgesteld in Figuur 1.



Figuur 1 – Bepaling van de tijpoort Westsluis op basis van een vereiste rijs gelijk aan 0.68 m NAP en in acht name van een reservetijd

2.4 Reservetijd

In §2.3 werd aangegeven dat het sluiten van de tijpoort mede bepaald wordt door een reservetijd waarin onderstaande vaartijden vervat dienen te zijn (Laforce & Mostaert, 2007):

1. De vaartijd binnen het gebied waarbinnen de diepte beperkt is tot de diepte van de sluisdrempel (-12.82 m NAP). Voor de situatie onderzocht in Laforce & Mostaert (2007) betreffen dit onderstaande vaartijden
 - A + C (20 tot 45 minuten met een gemiddelde gelijk aan 30 minuten): de tijd tussen het tijdstip waarop de boeg de havenmond bereikt, tot wanneer het schip in de sluis ligt
 - D (10 minuten): de tijd nodig voor het afmeren van het schip in de sluis
 - E (5 minuten): de tijd voor het sluiten van de deuren
2. De vaartijd om het schip te evacueren naar een voldoende diepe zone waar het kan overtijen bij een gebeurlijk defect van de deuren:
 - F: De tijd tot beslissing tot evacuatie
 - H (5 minuten): De tijd om het schip los te maken
 - G (5 tot 30 minuten): de tijd om de sleepboot terug te roepen en vast te maken (optioneel)
 - I (20 minuten): de tijd om het schip volledig uit de sluis te manoeuvreren
 - J (20 minuten): De tijd om het schip tot op de rivier te brengen.

Uitgaande van bovenstaande definitie, wordt de totale duur van de reservetijd bepaald als de gemiddelde waarden voor A+C+D+E+H+I+J. In Figuur 1 wordt de berekening van de vaartijd geïllustreerd. Op basis hiervan werd in Laforce & Mostaert (2007) een reservetijd gelijk aan 90 minuten vooropgesteld.

Bij de bepaling van de hierboven vermelde vaartijden kunnen nog onderstaande opmerkingen gemaakt worden:

1. Voor de bepaling van de vaartijden tussen de havenmond en de sluis (A + C) werden tien invaarten van grote schepen gechronometreerd. Op basis hiervan werden invaartijden variërend tussen 20 en 45 minuten waargenomen. Er werd aangenomen om een gemiddelde waarde gelijk aan 30 minuten in acht te nemen bij de berekening van de totale reservetijd gelijk aan 90 minuten. Indien het invaren toch 45 minuten in beslag zou nemen, dan laat de reservetijd toe om het schip, ingeval van evacuatie, tot uit de sluis te brengen. Tijdens het verlaten van de West-Buitenhaven kan de kielspeling gedurende 15 minuten dan wel kleiner dan 1 m worden, maar rekening houdend met de verwachte daling van het water, wordt er geen stranding van het schip verwacht.
2. Voor het bepalen van de evacuatie tijd (I+J) werden er in het kader van Laforce & Mostaert (2007) vaarsimulaties uitgevoerd bij verschillende windcondities. Hierbij bleek dat deze tijd varieerde tussen 20 en 41 minuten (gemiddeld 28 minuten). Voor de berekening van de reservetijd werd een totale tijd gelijk aan 40 minuten aangenomen die goed overeenkomt met de maximale tijd uit de vaarsimulaties.

De tijden gehanteerd in de berekening van de reservetijd zoals toegepast in Laforce & Mostaert (2007) worden samengevat in Tabel 5.

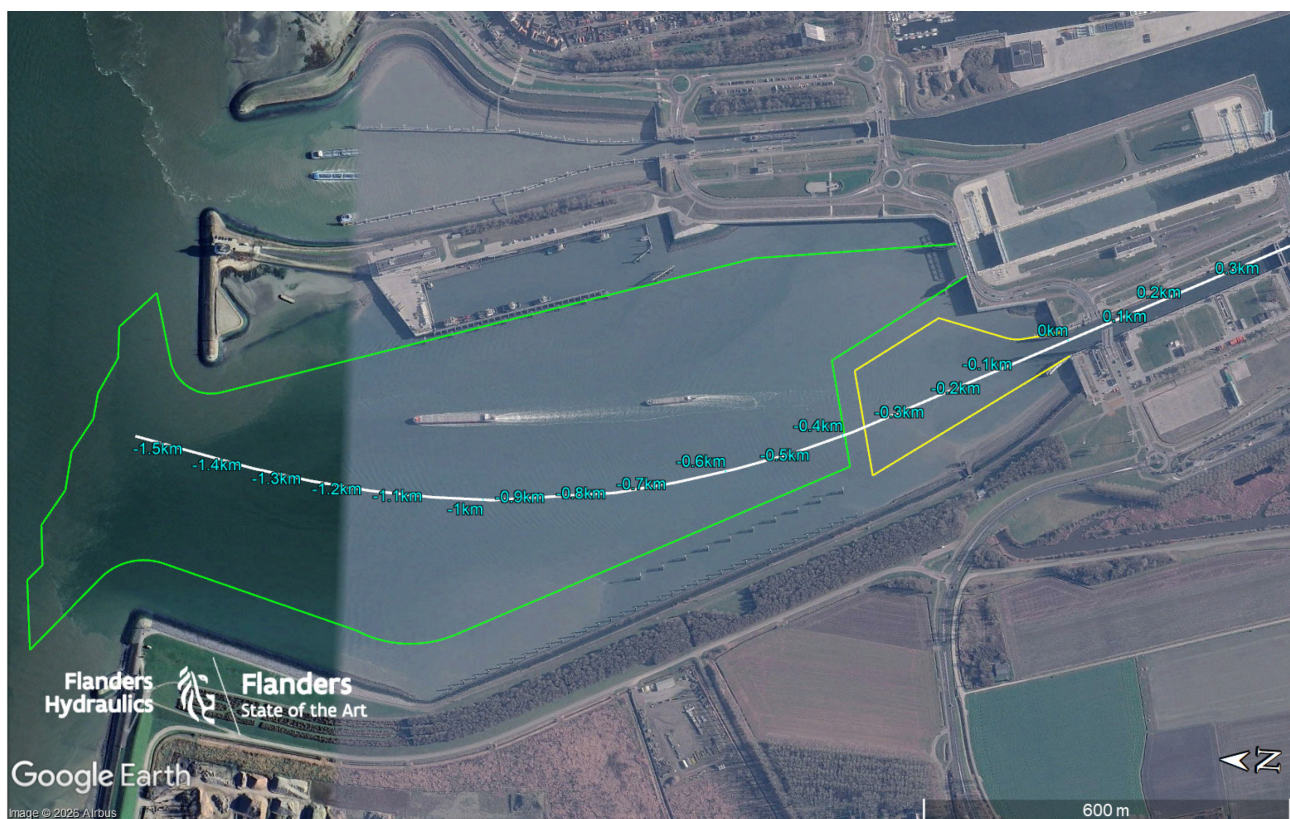
3 Conditie West-Buitenhaven NST

Anno 2026 is de verdieping van de West-Buitenhaven, zoals voorzien in het project Nieuwe Sluis Terneuzen, volledig uitgevoerd. Hierdoor zijn de maatgevende drempels voor de Westsluis (met maximale diepgang 12.5 m) beperkt tot de bodem van de Westsluis en de onmiddellijke omgeving van de Westsluis.

3.1 Bodemprofiel West-Buitenhaven NST

In deze beoordeling wordt er van uitgegaan dat de dieptes van de West-Buitenhaven steeds minimaal zullen voldoen aan de interventiedieptes die beschouwd kunnen worden als de nautisch gegarandeerde dieptes.

Bij de realisatie van het project NST, werden er verschillende interventiedieptes in de West-Buitenhaven gedefinieerd voor de Westsluis (-10.62 m LAT of -13.31 m NAP) en de Nieuwe Sluis Terneuzen (-13.84 m LAT of -16.53 m NAP). De zones waarbinnen deze interventiedieptes gelden worden bepaald op basis van polygonen aangeleverd door middel van een dwg-bestand. De polygonen die relevant zijn voor voorliggend onderzoek worden weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 – Illustratie polygonen interventiedieptes NST (groen: -13.84 m LAT) en Westsluis (geel: -10.62 m LAT) en referentiebaan naar Westsluis met afstands aanduiding

3.2 Diepteprofiel Westsluis

De interventiediepte voor NST (groen in Figuur 2) stemt overeen met een tijonafhankelijke vaart voor schepen met diepgang tot 12.5 m en dient bijgevolg niet in rekening gebracht te worden bij de tijpoortberekening voor de Westsluis.

Op 400 m van de Westsluis is de nautisch gegarandeerde diepte beperkt tot -10.62 m LAT of -13.31 m NAP. Deze diepte is 0.49 m dieper dan de bodem van de sluis (-12.82 m NAP).

In §2.1 werd aangetoond dat voor een diepgang gelijk aan 12.5 m er 0.68 m NAP rijs nodig is om een kielspeling gelijk aan 1 m te bereiken in de Westsluis. Deze waterstand stemt overeen met een diepte gelijk aan 14.0 m in de interventiepolygoon voor de Westsluis en dus een kielspeling gelijk aan 1.15 m (12%) voor een schip met diepgang 12.5 m.

Er dient opgemerkt te worden dat een kielspelingscriterium gelijk aan 1 m een kleine reserve is die doorgaans enkel toegepast wordt op niet-tijgebonden havengebieden. Aan de afwaartse zijde van de Westsluis is de waterstand vanzelfsprekend wel tijgebonden waardoor er door de grotere onzekerheid op de waterstandsvoorspelling, doorgaans een grotere marge genomen wordt op de kielspeling (bvb. 10% van de scheepsdiepgang of 1.25 m voor een schip met diepgang 12.5 m).

Wanneer aangenomen wordt dat zowel in de Westsluis, als in de West-Buitenhaven de minimale kielspeling 1 m bedraagt, dan geldt voor een schip met diepgang 12.5 m een minimale rijs gelijk aan:

- 0.68 m NAP ter hoogte van de sluisdrempel en sluisbodem
- 0.19 m NAP ter hoogte van de interventiepolygoon naar de Westsluis die zich op 400 m afwaarts de sluis bevindt.

In tegenstelling tot de conditie beoordeeld in Laforce & Mostaert (2007), is het drempelgebied naar de Westsluis verkort tot een zone tot 400 m afwaarts de Westsluis. Deze verandering zal een impact hebben op de vaartijden die in acht genomen worden in de bepaling van de reservetijd op de tijpoort. Bovendien wordt de tijpoort niet langer bepaald ter hoogte van de havenmond, maar op de rand van de interventiepolygoon voor de Westsluis (d.i. 400 m afwaarts de Westsluis) of ter hoogte van de afwaartse rand van de Westsluis. De positie van de maatgevende drempel en de bijhorende tijpoort dient in rekening gebracht te worden bij het berekenen van het vaarplan.

4 AIS-analyse vaartijden

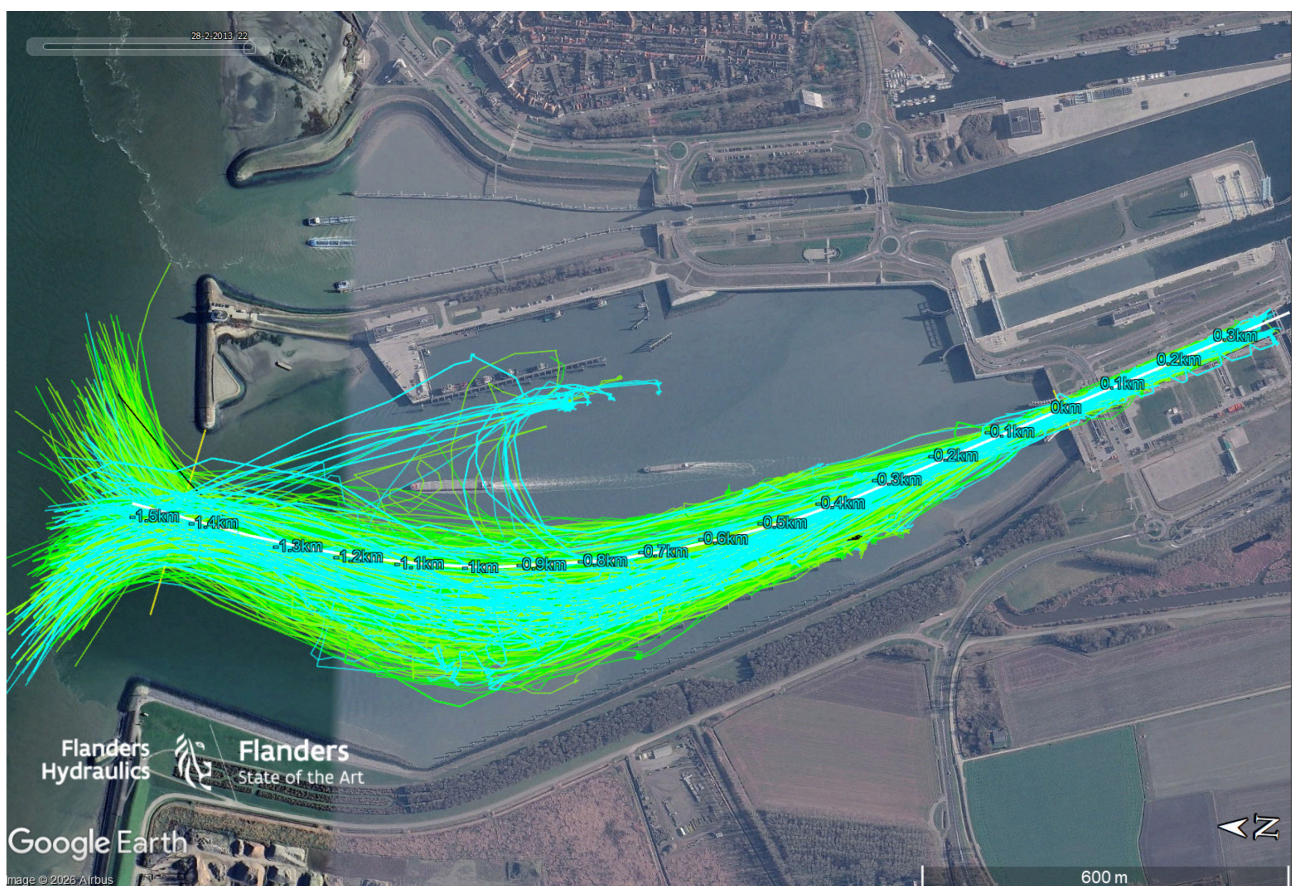
Voor de beoordeling van de vaartijden naar de Westsluis door maatgevende opvaart werd een AIS-analyse uitgevoerd voor de jaren 2012-2022. Deze analyse maakt gebruik van de data en tools die verzameld werden binnen het project *Nautisch onderzoek toegankelijkheid Schaar van Valkenisse* (Verwilligen & Eloot, 2025).

4.1 AIS-trajecten

De ruwe AIS-gegevens werden bekomen uit de Schelde Radar Keten voor de periode 2012 en 2022 en werden als basis gebruikt voor de voorliggende analyse.

Uit de AIS-gegevens werden alle vaartrajecten tussen de monding van de West-Buitenhaven en de Westsluis Terneuzen geïdentificeerd. Deze vaartrajecten werden met één minuut uitgebreid in de richting van de rivier en met 10 minuten in de richting van de sluis.

Deze verwerking werd uitgevoerd per maand. In Figuur 3 wordt een voorbeeld getoond van de bekomen opvaarten voor de maand februari 2013.



Figuur 3 – Illustratie van alle opvarende trajecten tussen de havenmond (uitgebreid met 1 minuut) en de Westsluis (uitgebreid met 10 minuten) voor de maand februari 2013

4.2 Opvaarten maatgevende vaart

In voorliggende opdracht zijn enkel grote schepen relevant. Bijgevolg werd verdere AIS-analyse beperkt tot schepen waarvoor onderstaande criteria van toepassing waren:

1. $B \geq 32$ m
2. $L \geq 180$ m

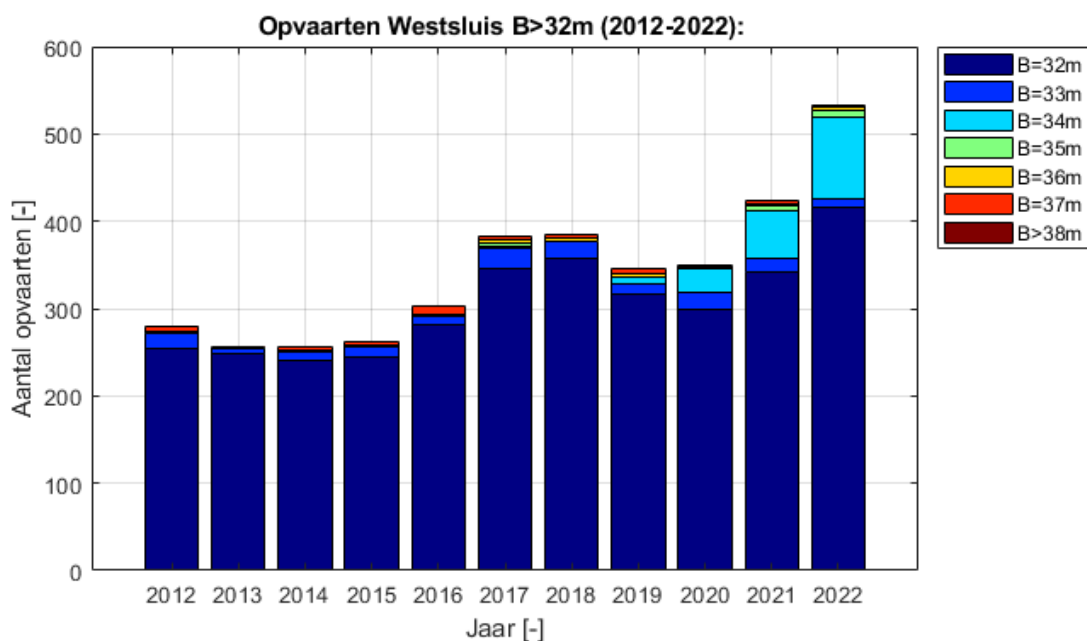
Voor de periode 2012-2022 werden er 3777 opvaarten van dergelijke grote schepen geïdentificeerd. In Figuur 4 wordt de historische evolutie van deze opvaarten weergegeven. De historische evolutie volgt de economische trend. Sinds 2018 is er een duidelijke stijging waarneembaar door de toename van lijndiensten (i.c. Hollandia Seaways en Humberia Seaways).

Voor de tijpoortberekening zijn enkel schepen met grote diepgang relevant. Hierdoor werd er een bijkomende filtering uitgevoerd voor de schepen met diepgang vanaf 12.0 m. Deze selectie omvat 1417 opvaarten waarvan de historische spreiding weergegeven wordt in Figuur 5. Deze schepen betreffen steeds bulkvaart of tankvaart. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat de diepgangsgegevens in AIS niet altijd accuraat zijn. Voor de opvaart naar de Westerschelde, bleek uit eerdere steekproeven een 95% overeenstemming met de diepgang gedefinieerd in IVS/SRK.

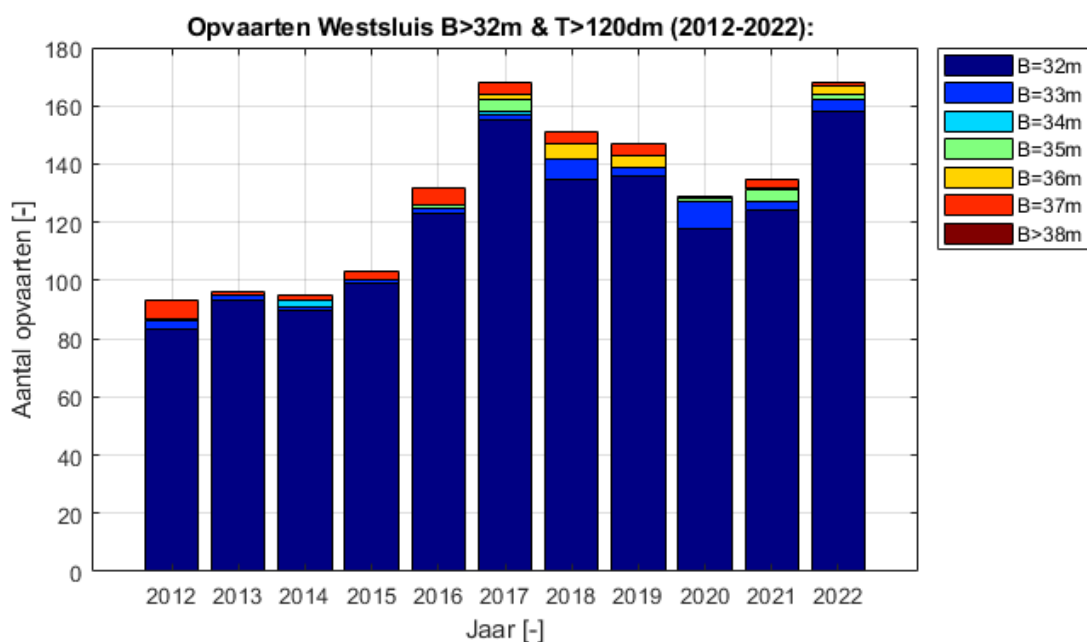
De aangeboden histogrammen geven eveneens de verdelingen van de scheepsbreedte weer. Het is duidelijk dat het merendeel van de geselecteerde schepen panamax schepen waren met een breedte tussen 32.0 en 33.0 m (doorgaans 32.2 m).

De breedste schepen met bestemming Westsluis hebben een breedte gelijk aan ca. 37 m (kamsarmax) en worden in Figuur 5 weergegeven in de klasse 36.0 m en 37.0 m. Deze schepen hebben in opvaart vrijwel steeds een diepgang groter dan 12.0 m en zijn dus relatief meer vertegenwoordigd in Figuur 4 vergeleken met Figuur 5. Het totale aantal opvaarten door kamsarmax schepen met diepgang vanaf 12.0 m betrof 51.

Behalve anders vermeld zullen alle volgende resultaten gelden voor grote schepen met diepgang 12.0 m of meer.



Figuur 4 – Historische evolutie van het aantal opvaarten naar de Westsluis voor schepen met $B \geq 32$ m en $L \geq 180$ m



Figuur 5 – Historische evolutie van het aantal opvaarten naar de Westsluis voor schepen met $B \geq 32$ m, $L \geq 180$ m en $T \geq 12.0$ m

4.3 Bepalende vaarposities

Voor de 1417 vaartrajecten door grote schepen met diepgang vanaf 12.0 m werden de vaarsnelheid en de vaartijd bepaald voor enkele bepalende vaarposities voor de opvaart naar de Westsluis. Deze condities omvatten:

- het tijdstip waarop het hek van het schip zich binnen de haven bevindt (passage hek op -1.5 km)
- het tijdstip waarop de boeg van het schip zich op 400 m van de sluis bevindt (passage boeg op -0.4 km)
- het tijdstip waarop de boeg de Westsluis bereikt (passage boeg op 0 km)
- het tijdstip waarop het schip zich volledig in de sluis bevindt (passage hek op 0 km).

De bovenvermelde afstanden langsheen de referentiebaan door de Westsluis worden weergegeven in Figuur 2.

4.4 Analyse vaarsnelheden

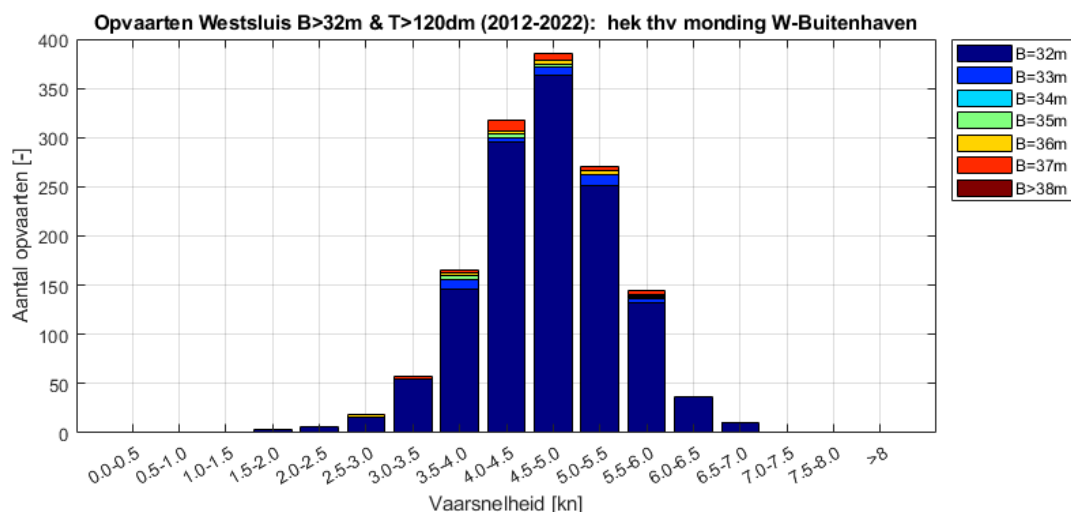
Voor de vaarposities in §4.3 werden de vaarsnelheden van de schepen bepaald en weergegeven in de histogrammen in Figuren 6 tot 9 en in Tabel 1.

Hoewel de vaarsnelheden een belangrijke spreiding vertonen kunnen toch onderstaande conclusies getrokken worden:

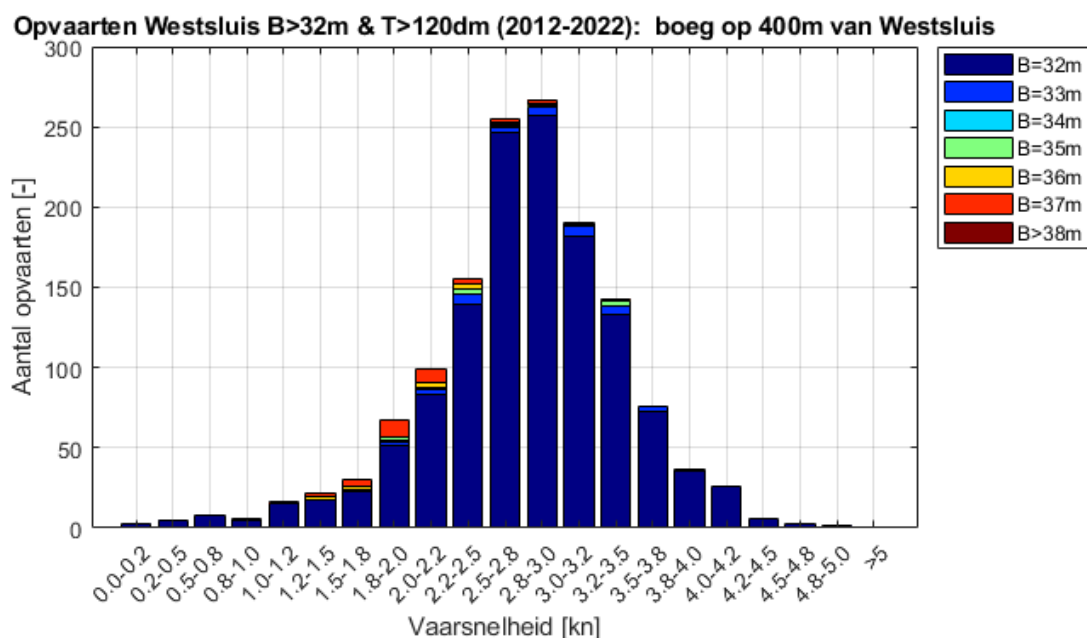
- Wanneer het achterschip de havendammen passeert dan bedraagt de gemiddelde snelheid 4.67 kn. Indien enkel de kamsarmax in rekening gebracht worden dan bedraagt de gemiddelde vaarsnelheid 4.46 kn.
- Voor de naderingssnelheden en invaarsnelheden van de sluis is het verschil tussen panamax schepen en kamsarmax schepen groter. Voor panamax schepen worden significant hogere invaarsnelheden bekomen. Door het meer eenduidige gedrag worden de gemiddelde vaarsnelheden bepaald op basis van de mediaan waarde van de diepgeladen kamsarmax schepen. Deze waarden worden in vet aangeduid in Tabel 1.

Tabel 1 – Statistische parameters vaarsnelheden tijdens opvaart Westsluis voor B≥32m en B≥36m

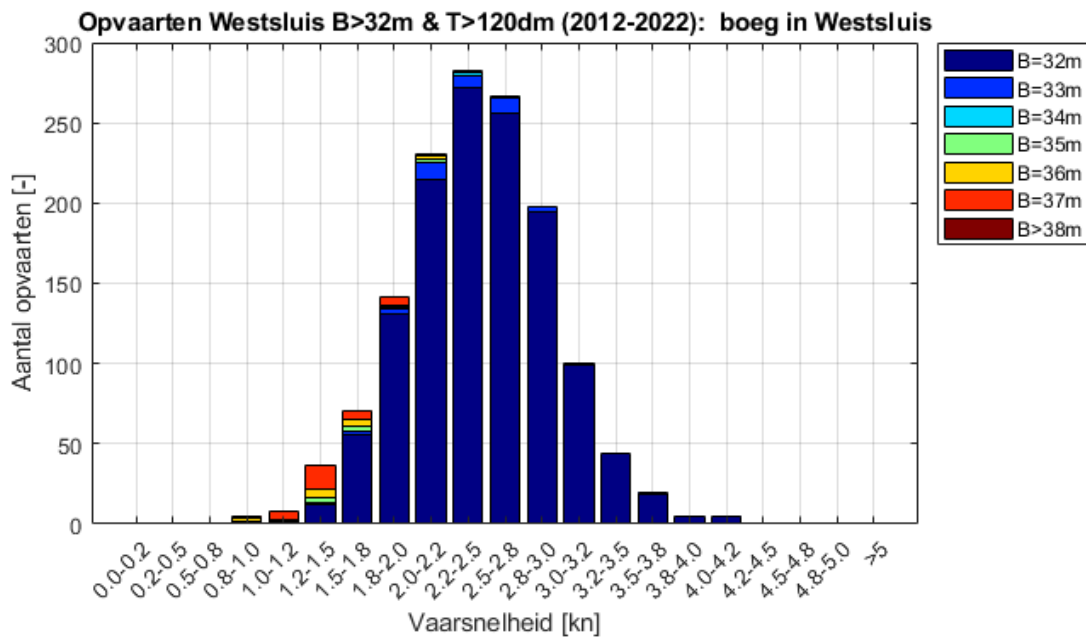
Statistische vaarsnelheden tijdens opvaart naar Westsluis bij T ≥ 12 m [kn]								
	Hek in haven		Boeg op 400 m		Boeg aan sluis		Hek in sluis	
	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m
Minimum	1.72	2.67	0.16	0.87	0.72	0.93	0.22	0.39
25% percentiel	4.18	4.02	2.42	1.76	2.09	1.28	0.78	0.61
Mediaan	4.68	4.46	2.80	2.00	2.45	1.44	0.93	0.72
75% percentiel	5.17	5.05	3.17	2.21	2.78	1.68	1.05	0.83
Maximum	6.91	5.92	5.04	3.26	5.22	2.39	4.24	1.33



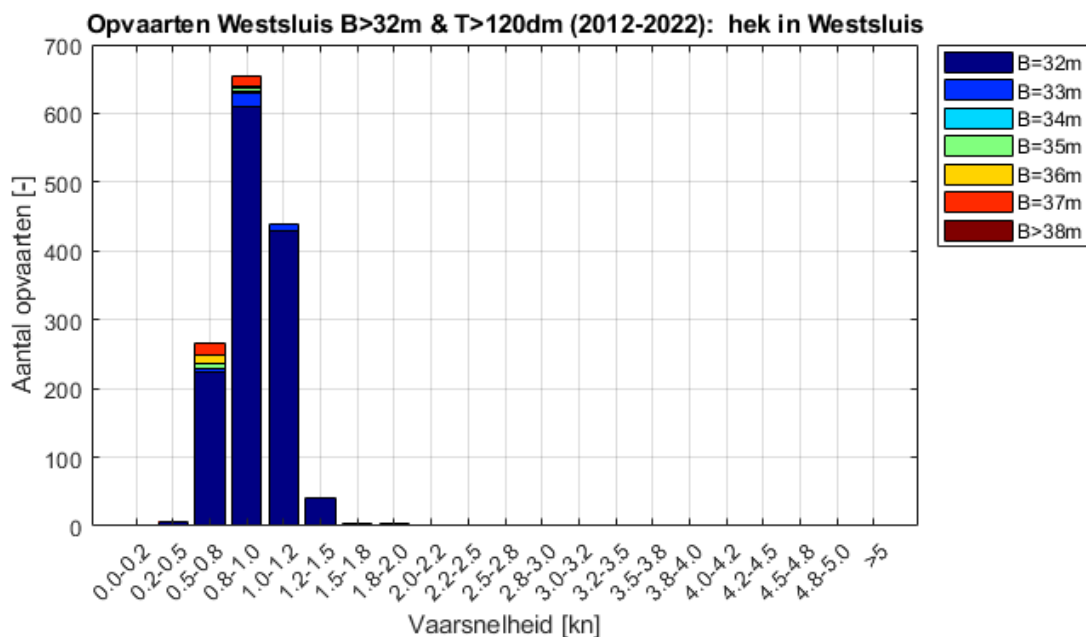
Figuur 6 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip zich geheel binnen de havendammen bevindt



Figuur 7 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip de polygoon voor de interventiediepte naar de Westsluis bereikt



Figuur 8 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip de Westsluis bereikt



Figuur 9 – Statistische verdeling vaarsnelheden wanneer schip volledig in Westsluis ligt

4.5 Analyse vaartijden

Voor de analyse van de vaartijden worden onderstaande tijden geanalyseerd:

- De tijden ten opzichte van de passagetijd van het hek tot de havendammen
 - tijd tot boeg op 400 m van de sluis
 - tijd tot invaart boeg in sluis
 - tijd tot invaart hek in sluis

- De tijden ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400 m van de Westsluis
 - tijd tot invaart boeg in sluis
 - tijd tot invaart hek in sluis
- De tijden ten opzichte van de aankomst van de boeg in de sluis
 - tijd tot invaart hek in sluis

De verdeling van de vaartijd voor de bovenstaande trajecten worden in Figuren 10 tot 12 weergegeven voor alle beschouwde scheepsbreedtes en in Figuren 13 tot 15 voor de kamsarmax schepen. De statistische parameters voor de vaartijden worden weergegeven in respectievelijk Tabel 3 en Tabel 4.

Op basis van deze vaartijden blijkt een nog grotere asymmetrie tussen de panamax en de kamsarmax schepen. Met name voor de nadering en invaart tot de sluis (vaartijd tussen 400 m voor de sluis tot volledig in de sluis, zie Tabel 4) dan blijkt deze tijd significant korter te zijn voor panamax schepen (mediaan 11.02 minuten) vergeleken met de kamsarmax schepen (mediaan 18.17 minuten).

Een andere opvallend verschil is de belangrijke variatie in vaartijd tussen de havendammen en de sluis voor de panamax schepen (zie Figuur 10). Vermoedelijk is deze spreiding ingegeven door de condities waarbij de schepen de haven opvaren wanneer de sluis nog niet klaar is en de schepen bijgevolg dienen te wachten in de West-Buitenhaven alvorens de sluis aan te lopen. Deze spreiding is kleiner voor de kamsarmax schepen.

4.5.1 Impact interventiediepte -13.31 m NAP

In §3.2 werd reeds opgemerkt dat de zone afwaarts de sluis over een lengte 400 m, zich 0.49 m dieper bevindt dan de sluisbodem. Wanneer zowel in deze zone als in de Westsluis hetzelfde kielspelingscriterium aangenomen wordt dan zal de aanloopzone naar de sluis enkel in rekening gebracht moeten worden in de tijpoortberekening indien gedurende de tijd die nodig is om vanaf deze aanloopzone (d.i. 400 m afwaarts van de sluis) tot de sluisdrempel te varen, de verandering in waterstand groter kan zijn dan 0.49 m. Immers, indien dit niet het geval is zal de kielspeling boven de aanloopzone (-13.31 m NAP) steeds groter zijn dan de kielspeling tot de sluis (-12.82 m NAP).

Uit Tabel 4 blijkt dat de mediaan van de vaartijd tussen het bereiken van de aanloopzone tot het bereiken van de sluis, gemiddeld 4.88 minuten voor panamax schepen en 7.90 minuten voor kamsarmax schepen bedroeg. 75% van de vaartijden zijn respectievelijk korter dan 5.61 minuten en 8.63 minuten.

Op basis van halfjaarlijkse waterstanden voor de locatie Terneuzen (bekomen uit het Kustzuidmodel) werd de maximale variatie van de waterstand (stijging of daling) bepaald voor verschillende tijdsduren variërend tussen 0 en 15 minuten (zie Tabel 2).

Hieruit blijkt dat een variatie van de waterstand met 0.49 m minimaal 13 minuten in beslag neemt. Doordat deze tijd langer is dan de vaartijd over de 400 m tussen de aanloopzone en de sluis, kan besloten worden dat de diepte van de aanloopzone geen invloed heeft op de tijpoortberekening naar de Westsluis.

Ook voor de evacuatie tijd uit de sluis (die steeds bij dalend water uitgevoerd zal worden) is de tijd overeenkomstig een waterstands daling van 0.49 m nog groter waardoor ook voor deze berekening de aanloopzone niet als drempel beschouwd dient te worden.

Er kan bijgevolg geconcludeerd worden dat de **tijpoortberekening** naar de **Westsluis** enkel bepaald wordt door de **sluisbodem** (vanaf de afwaartse sluisdrempel) op **-12.82 m NAP**.

Tabel 2 – Maximale variatie waterstand in functie van tijd op basis van tijkromme Terneuzen uit Kustzuidmodel
(01/01/2013 – 30/06/2013)

Tijdsverschil	Maximale stijging	Maximale daling
[min]	[m]	[m]
0	0.00	0.00
1	0.04	-0.02
2	0.07	-0.04
3	0.11	-0.06
4	0.15	-0.08
5	0.18	-0.10
6	0.22	-0.12
7	0.26	-0.14
8	0.29	-0.17
9	0.33	-0.19
10	0.36	-0.21
11	0.40	-0.23
12	0.43	-0.25
13	0.47	-0.27
14	0.50	-0.29
15	0.54	-0.31

4.5.2 Bepaling invaartijd A+C voor conditie 2007

In Laforce & Mostaert (2007) werd een invaartijd A+C bepaald als de tijd tussen het passeren van de havendammen en het schip op de eindpositie in de sluis. Deze tijd werd toen gedefinieerd op 30 minuten waarvan aangenomen werd dat het een gemiddelde betrof. Op basis van enkele steekproeven werd er wel opgemerkt dat deze tijd een belangrijke spreiding kan vertonen.

De vaartijd in de uitgevoerde analyse die het beste overeenkomt met de invaartijd A+C betreft de tijd dat het schip met het hek de havendammen passeert tot wanneer het hek in de sluis ligt (d.i. de derde vaartijd). Aan deze vaartijd dienen dan nog onderstaande vaartijden toegevoegd te worden:

- De vaartijd tussen de passage van de havendammen door de boeg ten opzichte van de passage door het hek. Deze tijd wordt bepaald op basis van een verwachte vaarsnelheid gelijk aan 4.5 kn en een verwachte scheepslengte gelijk aan 230 m en bedraagt bijgevolg 100 s.
- De vaartijd tussen de aankomst van het hek in de sluis en de start van het afmeren van het schip in de sluis. Wanneer er aangenomen wordt dat het schip nog 100 m dient op te schuiven in de sluis aan een vaarsnelheid gelijk aan 0.72 kn dan geldt hiervoor een vaartijd gelijk aan 270 s.

Op basis van bovenstaande dienen de vaartijden tussen *hek in haven* en *hek in sluis* met 370 s (of 6.13 minuten) vermeerderd te worden om de gemiddelde vaartijd overeenkomstig A+C te bekomen.

Voor de kamsarmax schepen geldt bijgevolg dat de gemiddelde vaartijd berekend kan worden als $29.93 + 6.13 = 36$ minuten. Wanneer uitgegaan wordt van de gemiddelde waarde voor panamax schepen dan wordt een vaartijd gelijk aan 32 minuten bekomen ($25.78 + 6.13$). Deze tijden zijn beperkt hoger dan de gemiddelde waarde aangenomen in Laforce & Mostaert (2007).

4.5.3 Bepaling invaartijd A+C voor conditie NST

Wanneer uitgegaan wordt van de verdieping van de West-Buitenhaven zoals gerealiseerd binnen het project NST, dan werd in §4.5.1 aangetoond dat enkel de sluisdrempel in rekening gebracht dient te worden.

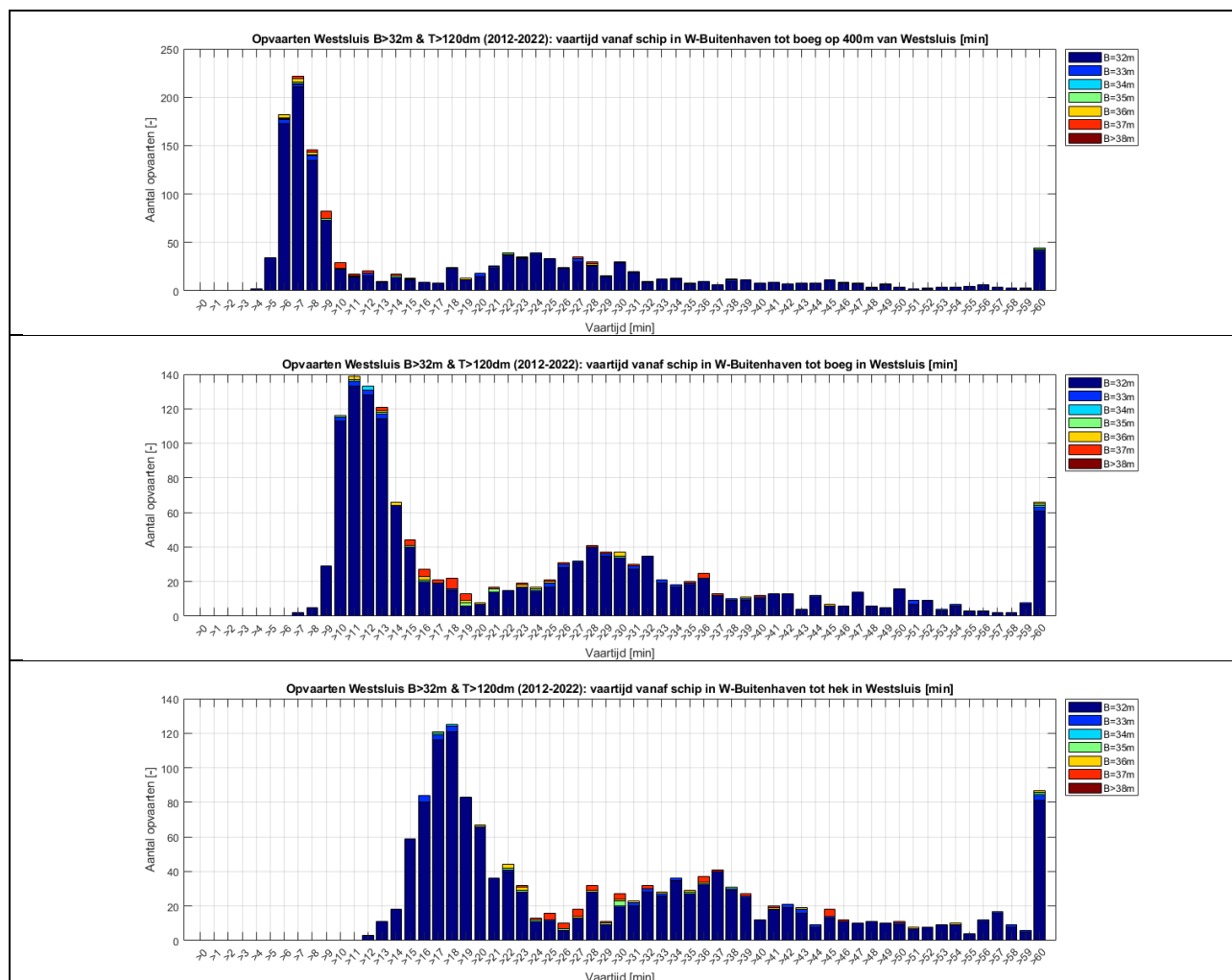
Hierdoor dient de **vaartijd A+C** slechts gerekend te worden ten opzichte van het tijdstip waarop de **boeg de sluis bereikt, tot** wanneer het schip zich op de **eindpositie** bevindt. Wanneer hiervoor opnieuw uitgegaan wordt van de gemiddelde vaartijden, dan wordt deze vaartijd bekomen als de som van de vaartijd tot het hek in de sluis komt (zie Tabel 4) en de verwachte vaartijd tot de eindpositie (4.5 minuten). Voor **panamax** schepen wordt aldus een tijd gelijk aan **10.5 minuten** (6.01 + 4.5) bekomen en voor **kamsarmax** schepen een tijd gelijk aan **14.9 minuten** (10.46 + 4.5).

Tabel 3 – Statistische parameters vaartijden naar drie condities ten opzichte van de passage van het hek aan de havendammen voor B≥32m en B≥36m

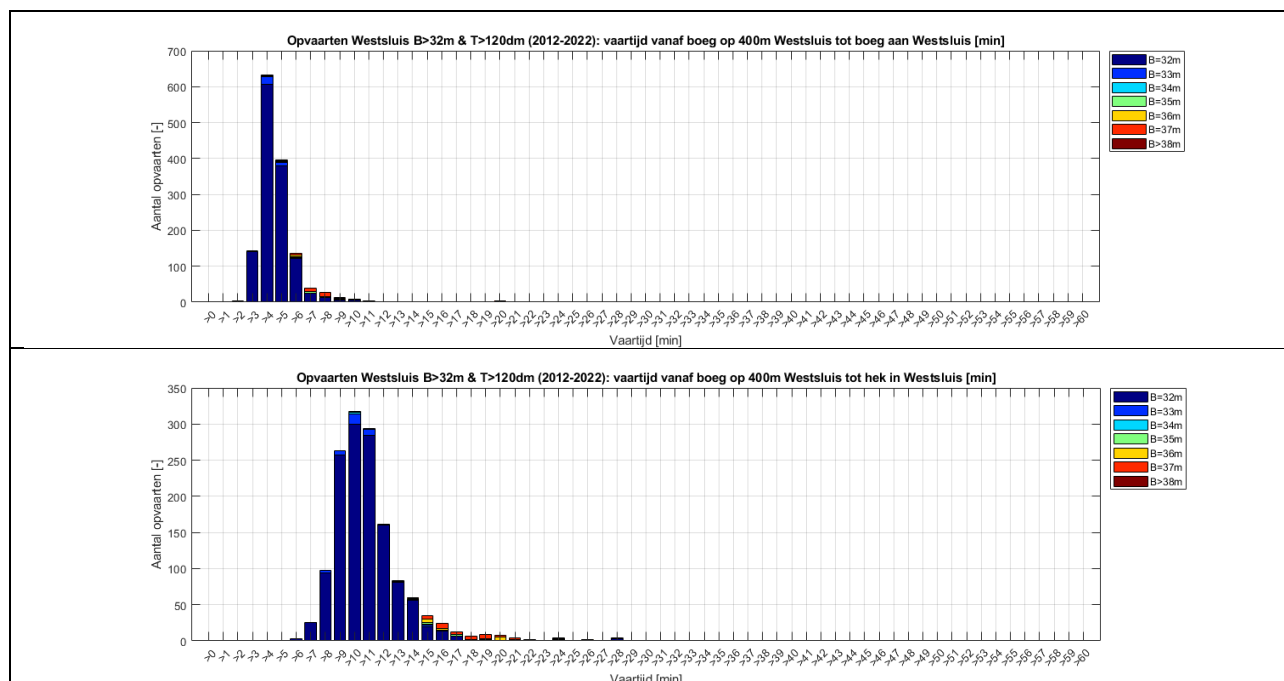
Statistische vaartijden tijdens opvaart naar Westsluis bij T ≥ 12 m [min]						
	Hek in haven tot Boeg op 400m		Hek in haven tot Boeg aan sluis		Hek in haven tot Hek in sluis	
	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m
Minimum	4.76	7.13	7.76	13.65	12.44	23.62
25% percentiel	7.57	9.37	12.41	16.75	18.37	26.88
Mediaan	11.70	10.74	18.33	19.00	25.78	29.93
75% percentiel	27.42	18.15	32.50	28.20	38.86	37.73
Maximum	141.86	30.59	148.39	40.18	155.29	50.87

Tabel 4 – Statistische parameters vaartijden naar twee condities ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400m van de sluis en één conditie ten opzichte van de aankomst van de boeg aan de sluis voor B≥32m en B≥36m

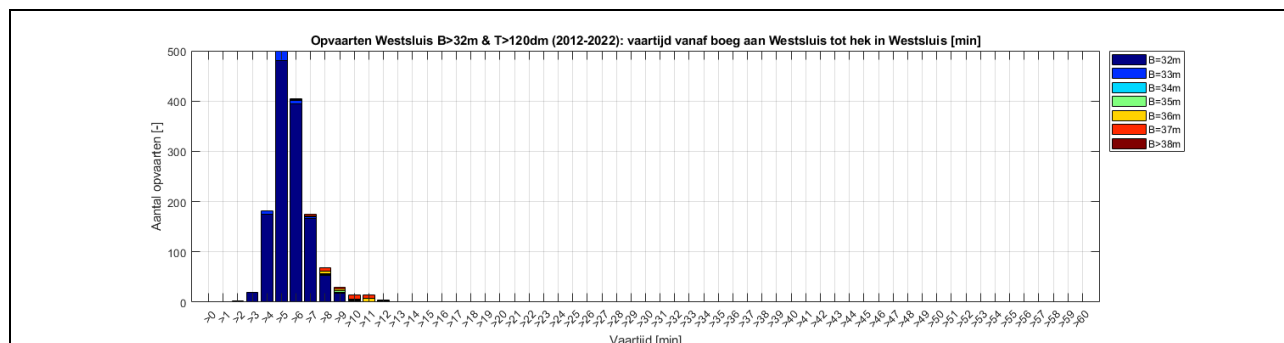
Statistische vaartijden tijdens opvaart naar Westsluis bij T ≥ 12 m [min]						
	Boeg op 400m tot Boeg in sluis		Boeg op 400m tot Hek in sluis		Boeg in sluis tot Hek in sluis	
	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m	B≥32m	B≥36m
Minimum	2.71	5.36	6.74	14.90	2.78	6.92
25% percentiel	4.37	6.66	9.91	16.20	5.37	8.78
Mediaan	4.88	7.90	11.02	18.17	6.01	10.46
75% percentiel	5.61	8.63	12.33	19.83	6.84	11.39
Maximum	34.46	20.87	39.37	28.79	14.10	14.10



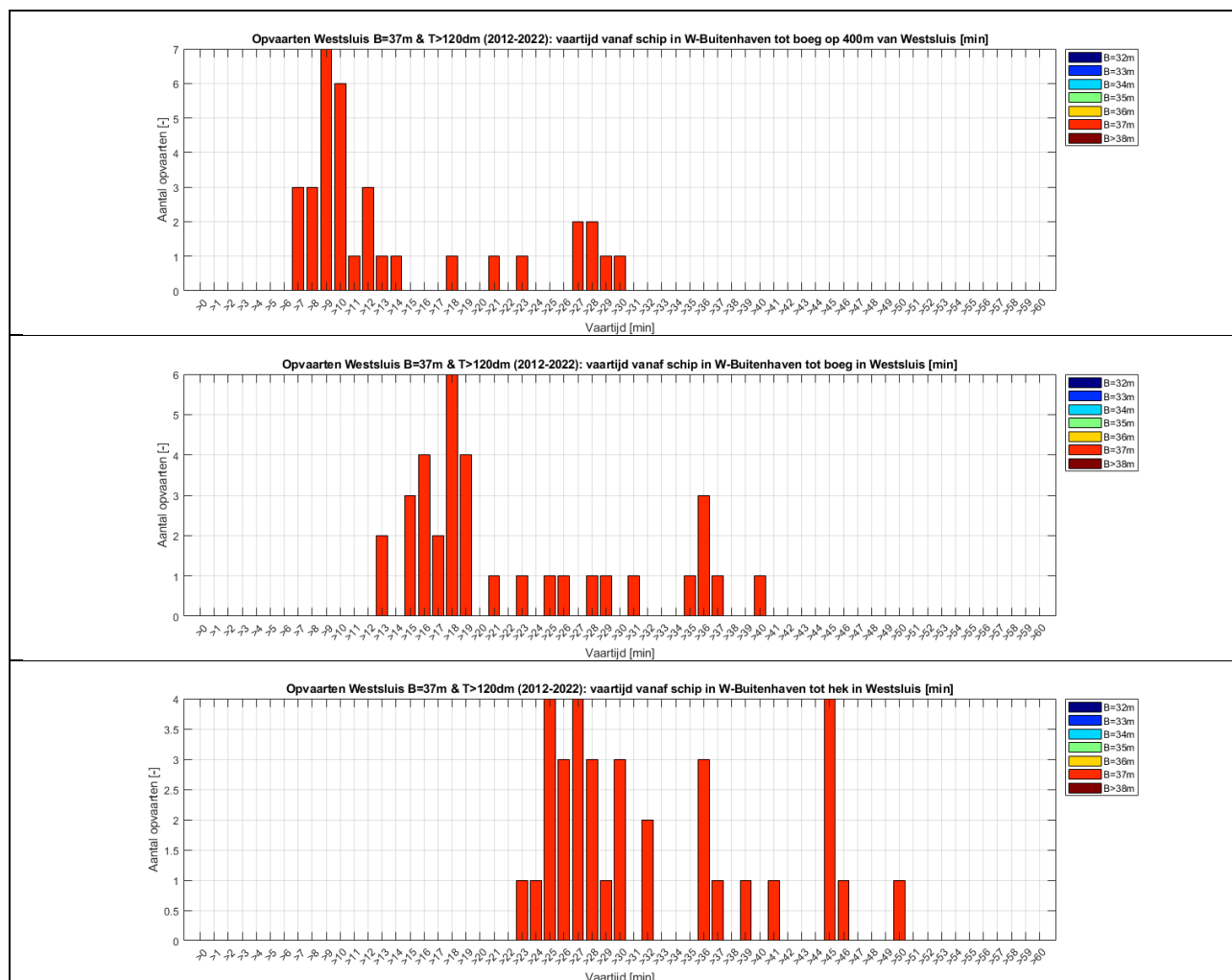
Figuur 10 – Statistische verdeling vaartijden naar drie condities ten opzichte van de passage van het hek aan de havendammen voor opvaarten met $B \geq 32$ m en $T \geq 12$ m



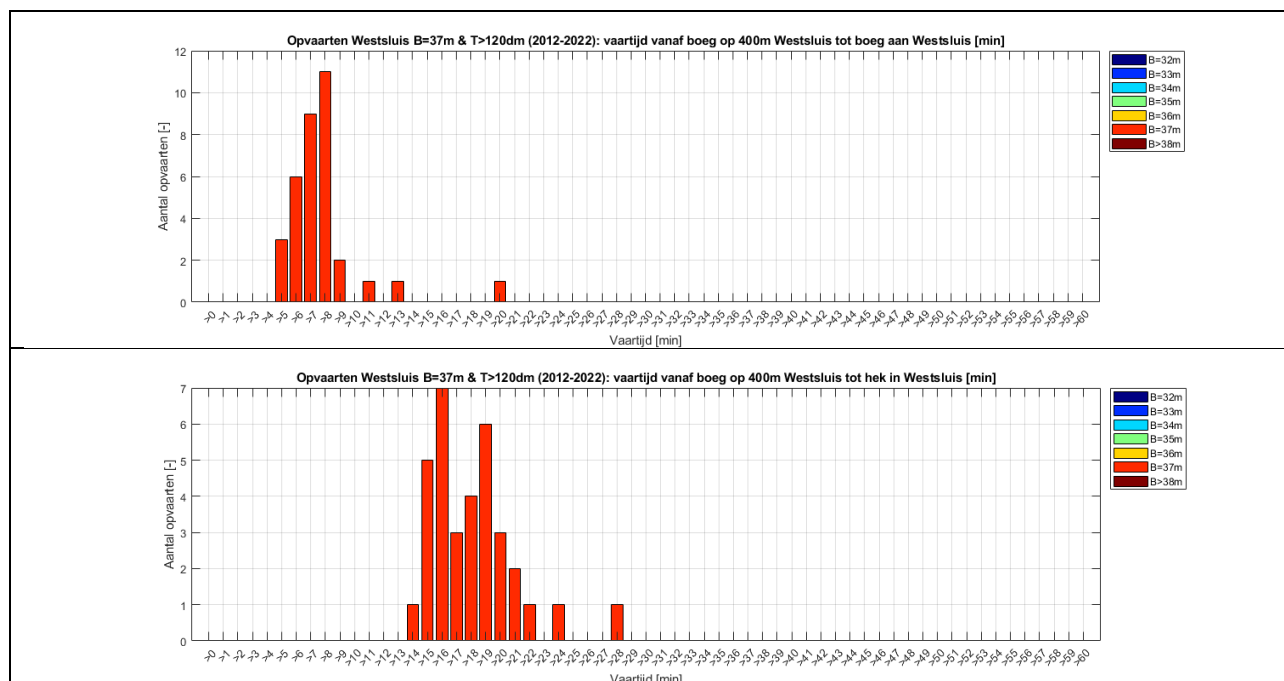
Figuur 11 – Statistische verdeling vaartijden naar twee condities ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400 m van de Westsluis voor opvaarten met $B \geq 32$ m en $T \geq 12$ m



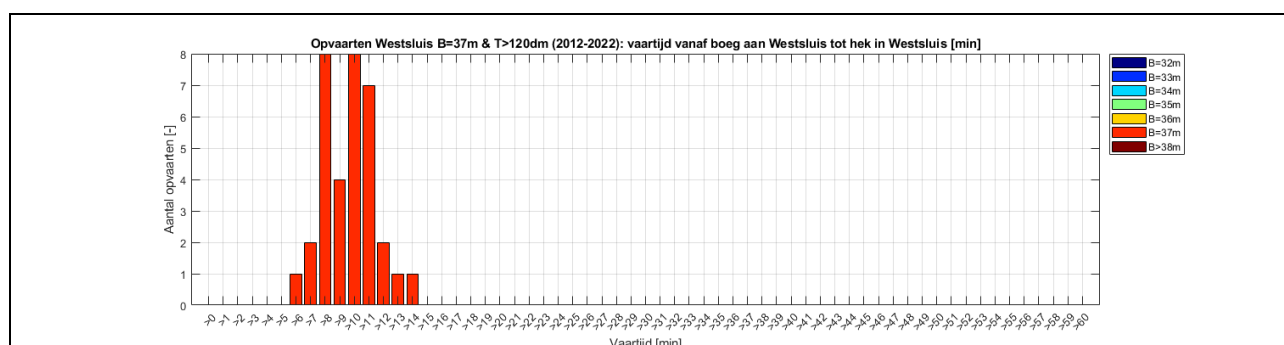
Figuur 12 – Statistische verdeling tussen aankomst van de boeg aan de Westsluis en de intrede van het hek in de Westsluis voor opvaarten met $B \geq 32$ m en $T \geq 12$ m



Figuur 13 – Statistische verdeling vaartijden naar drie condities ten opzichte van de passage van het hek aan de havendammen voor opvaarten met $B \geq 36$ m en $T \geq 12$ m



Figuur 14 – Statistische verdeling vaartijden naar twee condities ten opzichte van de aankomst van de boeg op 400 m van de Westsluis voor opvaarten met $B \geq 36$ m en $T \geq 12$ m



Figuur 15 – Statistische verdeling tussen aankomst van de boeg aan de westsluis en de intrede van het hek in de Westsluis voor opvaarten met $B \geq 36$ m en $T \geq 12$ m

5 Reservetijd einde tijpoort

Door de verdieping van de West-Buitenhaven, gerealiseerd in het kader van project NST, verkort het drempelgebied naar de Westsluis van de havendammen naar 400 m voor de sluis. In §4.5 werd aangetoond welke impact deze verdieping heeft op de tijafhankelijke invaart van de sluis.

Hieronder wordt een inschatting gemaakt van de evacuatie tijd bij het niet sluiten van de deuren in geval van de verdieping van de West-Buitenhaven en de uiteindelijke impact op de te hanteren reservetijd bij de berekening van de tijpoorten.

5.1 Evacuatie tijd bij verdieping West-Buitenhaven

In Laforce & Mostaert (2007) werd de evacuatie tijd opgesplitst in een evacuatie tijd voor het verlaten van de Westsluis (vaartijd I = 20 minuten) en voor het verlaten van de haven tot de rivier (vaartijd J = 20 minuten). Deze vaartijden werden gevalideerd door middel van vaarsimulaties waaruit bleek dat de vaartijd voor het verlaten van de sluis maximaal 17 minuten betrof en de vaartijd voor het verlaten van de West-Buitenhaven maximaal 28 minuten betrof.

In §4.5.1 werd aangetoond dat ook voor het verlaten van de sluis bij dalend getij (de conditie bij dringende evacuatie) de beperkte diepte in de aanloopzone (-13.31 m NAP) niet beperkend is. Bijgevolg dient in de berekening van de reservetijd enkel de evacuatie tijd uit de sluis in rekening gebracht te worden. Deze waarde wordt overgenomen uit de resultaten van de vaarsimulaties in Laforce & Mostaert (2007) en bedroeg 17 minuten.

5.2 Reservetijd voor conditie NST West-Buitenhaven

In Tabel 5 wordt de totale reservetijd gedefinieerd voor enerzijds de diepte van de West-Buitenhaven zoals aangenomen in Laforce & Mostaert (2007) en anderzijds de diepte van de West-Buitenhaven na realisatie van project NST.

Op basis van de uitgevoerde AIS-analyse werd de gemiddelde vaartijd voor het invaren van de Westluis voor beide dieptes scenario's bepaald voor zowel panamax schepen als kamsarmax schepen.

De te hanteren reservetijd aan het einde van de tijpoort na realisatie van NST betreft 47.5 minuten voor panamax schepen en 52 minuten voor kamsarmax schepen.

Tabel 5 – Berekening van reservetijd voor verschillende scenario's diepte West-buitenhaven

		West-buitenhaven				
		2007			NST	
	Proces	Laforce & Mostaert (2007)	AIS panamax	AIS kamsarmax	AIS panamax	AIS kamsarmax
A+C	Invaren Westluis binnen het drempelgebied	30:00	32:00	36:00	10:30	14:54
D	Afmeren, achterboot los en vertrokken	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
E	Sluiten sluisdeur, opmerken defect en beslissing evacuatie	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00
H	Losmaken schip	05:00	05:00	05:00	05:00	05:00
I	Verlaten sluis naar haven	20:00	20:00	20:00	17:00	17:00
J	Verlaten haven (tot rivier)	20:00	20:00	20:00	00:00	00:00
Totaal		1:30:00	1:32:00	1:36:00	0:47:30	0:51:54

6 Samenvatting

Tot op heden wordt er bij de berekening van de tijpoort voor de Westsluis te Terneuzen uitgegaan van een minimale reservetijd van 90 minuten ten opzichte van het sluiten van de tijpoort.

In deze reservetijd zitten vervat:

1. Het varen naar de sluis binnen het in diepte beperkte gebied (vaartijd)
2. Het evacueren van een schip uit de sluis in geval van defect aan de buitendeuren waardoor deze niet kunnen sluiten (evacuatie tijd)

De totale duur van de reservetijd (90') werd in Laforce & Mostaert (2007) bepaald bij aannahme van een beperkte diepte voor de West-buitenhaven (gelijkaardig aan de diepte van de Westsluis). Het hierboven vermelde 'in diepte beperkte gebied' omvatte dus zowel de sluis als de volledige West-Buitenhaven (binnen de havendammen).

Binnen het project Nieuwe Sluis Terneuzen werd er een verdieping van de West-Buitenhaven uitgevoerd om een tijonafhankelijke vaart naar de Nieuwe Sluis toe te laten. Hierdoor is het 'in diepte beperkte gebied' naar de Westsluis ook verkort.

Op heden, sinds de realisatie van NST, is het tijgebonden traject naar de Westsluis beperkt tot een 400 m lange aanloopzone naar de Westsluis (-13.31 m NAP) en tot de Westsluis zelf (-12.82 m NAP). Het verschil in diepte tussen de aanloopzone en de Westsluis bedraagt bijgevolg 0.49 m. Er wordt aangenomen dat, zoals beschreven in Laforce & Mostaert (2007), voor beide locaties hetzelfde kielspelingscriterium gehanteerd kan worden. Dit betreft een kielspelingsmarge gelijk aan 1.0 m.

Om meer inzicht te krijgen in de vaartijden en vaarsnelheden die gehanteerd worden door diepgeladen ($T \geq 12$ m) grote schepen ($B \geq 32$ m) werd een AIS-studie uitgevoerd naar alle opvaarten naar de Westsluis door dergelijke schepen in de periode 2012-2022. Op basis hiervan werden er 1417 vaarttrajecten geïdentificeerd waarvan 51 opvaarten uitgevoerd werden door kamsarmax schepen ($B \geq 36$ m).

Op basis van de AIS-studie wordt aangetoond dat de vaartijd binnen de aanloopzone zo goed als altijd korter is dan de tijd waarbinnen de waterstand te Terneuzen met 0.49 m varieert. Bijgevolg heeft de aanloopzone geen impact op de tijpoortberekening naar de Westsluis en dient enkel de afwaartse drempel van de sluis beschouwd te worden in de tijpoortberekening.

De vaartijd vanaf de afwaartse drempel van de sluis tot wanneer het schip zich op de eindpositie in de sluis bevindt, werd bepaald door middel van AIS-analyse in combinatie met een veronderstelde tijd om het schip naar de eindpositie te brengen. Deze vaartijd betreft 10'30'' voor panamax schepen en 14'50'' voor kamsarmax schepen.

Ook bij de bepaling van de evacuatie tijd uit de sluis dient enkel rekening gehouden te worden met de tijd die nodig is om het schip achterwaarts uit de sluis te manoeuvreren. Op basis van de vaarsimulaties uitgevoerd in Laforce & Mostaert (2007) werd hiervoor een tijdsduur gelijk aan 17'00'' vooropgesteld.

Behalve de invaartijd en de evacuatie tijd zijn er nog andere processen die deel uitmaken van de reservetijd. Het betreffen de tijd voor het afmeren, het verwijderen van de achterste sleepboot, het sluiten van de sluisdeur, opmerken van het defect, de beslissing tot evacuatie en het losmaken van het schip. Voor deze processen worden dezelfde tijden aangenomen als gerapporteerd in Laforce & Mostaert (2007). De totale duur van deze proces tijden betreft 20'00''.

Op basis van bovenstaande worden volgende aangepaste reservetijden voorgesteld wanneer de West-Buitenhaven voldoet aan de interventiedieptes conform NST:

- 47'30'' voor panamax schepen
- 52'00'' voor kamsarmax schepen

Er dient bovendien opgemerkt te worden dat de tijpoort berekend kan worden ter hoogte van de afwaartse sluisdrempel overeenkomstig onderstaande tijdstippen:

- Openen van de tijpoort wanneer in de stijgende tijkromme de waterstand de vereiste rijs zoals berekend in (1) bereikt
- Sluiten van de tijpoort op basis van het tijdstip waarop de vereiste rijs bereikt wordt in de dalende tijkromme, verminderd met de hierboven vermelde reservetijd.

Deze tijpoort geldt ter hoogte van de afwaartse drempel van de Westsluis en stemt overeen met het tijdstip waarop de boeg deze drempel bereikt. Deze tijpoort dient door middel van de gepaste vaartijden getransleerd te worden naar de route van het vaarplan. De gemiddelde vaartijd tussen het invaren van de West-Buitenhaven en het tijdstip waarop de boeg aankomt aan de Westsluis kan beoordeeld worden op basis van de uitgevoerde AIS-studie en betreft 20'00'' voor panamax schepen en 20'40'' voor kamsarmax schepen. Er dient wel opgemerkt te worden dat deze vaartijd een belangrijke spreiding vertoont (zie Figuur 10, middelste grafiek) waarbij voor panamax schepen soms erg lange vaartijden waarneembaar zijn. Deze zijn vermoedelijk ingegeven doordat de sluis nog niet klaar was bij het invaren van de West-Buitenhaven en het schip bijgevolg diende te wachten om de sluis aan te lopen. Deze spreiding is veel minder aanwezig in de opvaarten van kamsarmax schepen (zie Figuur 13).

Tot slot dient opgemerkt dat er in dit rapport geen uitspraak gedaan wordt over de minimale duur van de tijpoort naar Terneuzen, die ingegeven wordt door gebeurlijke vertragingen tijdens de reis. Doorgaans wordt deze tijpoort gedefinieerd op 60 minuten en dient het schip bijgevolg 60 minuten voor het sluiten van de tijpoort (getransleerd naar start van het vaarplan) de reis aan te vatten.

7 Referenties

Laforce, E.; Mostaert, F. (2007). Kanaal Gent - Terneuzen: tijpoort Westsluis. *WL Rapporten*, 803_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Verwilligen, J.; Eloot, K. (2025). Nautisch onderzoek toegankelijkheid Schaar van Valkenisse: Nautische beoordeling 2012-2022 . Versie 3.0. *WL Rapporten*, 21_077_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be