



Vlaanderen
is wetenschap



15_088_1
WL adviezen

Sedimentatie in deurnissen van puntdeuren

Analyse geometrie, bathymetrie en bodemstalen

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Sedimentatie in deurnissen van puntdeuren

Analyse geometrie, bathymetrie en bodemstalen

Vercruysse, J.; De Maerschalck, B.; Claeys, S.; Boey, I.; Peeters, P.; Mostaert, F.

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 2016

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vercruysse, J.; De Maerschalck, B.; Claey, S.; Boey, I.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2016). Sedimentatie in deurnissen van puntdeuren: Analyse geometrie, bathymetrie en bodemstalen. Versie 4.0. WL Adviezen, 15_088_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

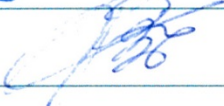
Opdrachtgever:	Waterwegen en Zeekanaal NV - Afdeling Bovenschelde	Ref.:	WL2016R15_088_1
Keywords (3-5):	Sediment, Sluizen		
Tekst (p.):	51	Bijlagen (p.):	16
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Vercruysse, J.; De Maerschalck, B.
------------	------------------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Claey, S.; Boey, I.	
Projectleider:	Vercruysse, J.	

Goedkeuring

Coördinator onderzoeksgroep:	Peeters, P.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	



Abstract

In kader van het Seine-Scheldeproject en de opwaardering van de Dender naar klasse CEMT IV tot Aalst worden nieuwe sluizen gebouwd op de Leie te Harelbeke en te Sint-Baafs-Vijve en op de Dender te Denderbelle. Deze sluizen worden ontworpen met een boven-, midden- en benedenhoofd met identieke puntdeuren en een nivelleersysteem met openingen in de deuren. Bij de grote sluis te Evergem, dewelke een analoog concept heeft, werd significante sedimentatie in het bovenhoofd vastgesteld.

Uit een analyse van de geometrische en bathymetrische gegevens van de sluizen op gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen volgde dat een 8-tal sluizen een verlaagd bovenhoofd met puntdeuren hebben. Van deze acht sluizen wordt enkel significante sedimentatie vastgesteld te Geraardsbergen, Idegem en Denderleeuw en de grote sluis te Evergem. Bemerkt hierbij dat de sluizen te Geraardsbergen, Idegem en Denderleeuw op de Dender enkel gebruikt worden door plezier- en passagiersvaart. Het ontwerp van de grote sluis te Evergem bevat bovendien een zeer specifiek element namelijk de abrupte overgang van bovenpand naar deurnis (1.7 m hoge betonnen muur). Uit een analyse van sedimentstalen genomen opwaarts enkele sluizen volgde dat het sediment op de Leie en Ringvaart zanderiger is dan het sediment op de Dender dat meer klei bevat. Zanderig materiaal zal sneller bezinken, meer weerstand bieden en wordt moeilijker opgewoeld. Cohesief slib daarentegen blijft vloeibaar zolang het niet de kans krijgt om te consolideren.

Het ontwerp voor de nieuwe sluis te Denderbelle heeft een verdiept bovenhoofd met puntdeuren, zoals de huidige sluis. Door de grotere diepte, grotere voorhaven en groter schutvolume wordt verwacht dat de kans op sedimentatie ter hoogte van het bovenhoofd zal toenemen bij de nieuwe sluis. Omdat de deuren breder worden zullen de krachten op de deuren eveneens toenemen. Algemeen kan gesteld worden dat de dimensies van de nieuwe sluis te Denderbelle meest vergelijkbaar zijn met Menen. De samenstelling van het sediment verschilt wel van Menen. Hinder door sedimentatie is daarom niet volledig uit te sluiten. Geacht wordt dat de aanslibbing kleiner zal zijn dan bij de grote sluis te Evergem.

Het ontwerp van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve vertoont sterke gelijkenissen met de sluis te Menen opwaarts de Leie en de grote sluis te Evergem op de ringvaart. Ten opzichte van de grote sluis te Evergem wordt de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve op enkele punten voordeliger geacht: de overgang van de deurnis in het bovenhoofd naar het opwaarts bodempeil wordt niet gekenmerkt door een plotse overgang op het einde van de deurnis en de deuren zijn minder breed. De minimale kielspeling te Sint-Baafs-Vijve is echter groter dan in de grote sluis te Evergem. Op basis hiervan wordt besloten dat sedimentatie te verwachten valt. Door het hoge zandgehalte wordt verwacht dat mitigerende maatregelen zoals spuien of het gebruik van jets of een airlift weinig efficiënt zullen zijn voor de nieuwe sluis van Sint-Baafs-Vijve.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
2 Analyse Vlaamse sluizen.....	2
2.1 Karakteristieken en beschikbaarheid gegevens	2
2.2 Dender	5
2.2.1 Geraardsbergen	5
2.2.2 Idegem	8
2.2.3 Pollare	9
2.2.4 Denderleeuw	9
2.2.5 Terafene.....	10
2.2.6 Aalst	11
2.2.7 Denderbelle	14
2.2.8 Dendermonde.....	17
2.3 Leie	18
2.3.1 Menen.....	18
2.3.2 Harelbeke.....	20
2.3.3 Sint-Baafs-Vijve.....	21
2.4 Bovenschelde.....	24
2.4.1 Kerkhove.....	24
2.4.2 Oudenaarde	25
2.4.3 Asper.....	26
2.5 Ringvaart: Evergem.....	28
2.6 Conclusie.....	31
3 Analyse Bodemstalen	33
4 Rondvraag.....	36
4.1 Dender	36
4.2 Evergem	40
4.3 Sluis te Lith.....	41
4.4 Conclusie.....	43

5	Sluizen in ontwerpfase	44
5.1	Nieuwe sluis te Denderbelle.....	44
5.2	Nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve	46
6	Conclusies	49
7	Referenties	51
	Bijlage A: ploegwerkzaamheden dender 02/06/2014 tot 03/04/2015	B1
	Bijlage B: Granulometrie bodemstalen	B4
	Evergem (maandag 23/11/2015)	B5
	Sint-Baafs-Vijve (maandag 23/11/2015)	B6
	Denderbelle (dinsdag 24/11/2015)	B8
	Denderleeuw (maandag 24/11/2015).....	B9
	Idegem.....	B11
	Bijlage C: Afmeting en diepgang schepen	B13

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Karakteristieken sluizen op gekanaliseerde rivieren.	3
Tabel 2 – Karakteristieken sluizen op gekanaliseerde rivieren. Kolkafmetingen, verval, bodempeilen, waterpeilen beschikbaarheid plannen en bathymetrie. De sluizen met type puntdeuren tot op bodempeil kolk bij het bovenhoofd zijn oranje gemarkeerd (potentie voor sedimentatie van de deurnissen). Sluizen met bekende sedimentatieproblematiek zijn rood gemarkeerd.	4
Tabel 3 – Scheepsklasse met maximale diepgang en waterdiepte boven bodempeil deurnis bovenhoofd bij het streefpeil voor sluizen met puntdeuren	32
Tabel 4 – Vergelijking ontwerp nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve met de sluis te Menen en de grote sluis te Evergem.....	47
Tabel 5 – Klasse-indeling CEMT	B13
Tabel 6 – Dimensies en maximale diepgang volgens CEMT-klasse	B14
Tabel 7 – CEMT classificatie (European conference of ministers of transport (CEMT), 1992)	B15
Tabel 8 – Toegelaten afmetingen op de Ringvaart, Boven-Schelde, Leie en Dender	B16

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Bovenhoofd sluis Geraardsbergen	6
Figuur 2 – Bathymetrie opwaarts sluis Geraardsbergen – peiling dd. 17/12/2014	6
Figuur 3 – Bathymetrie opwaarts sluis Geraardsbergen - Verschilkaart peiling 20/11/2012 en peiling 17/12/2014	7
Figuur 4 – Sluis Geraardsbergen – vergelijking bodemprofiel center vaargeul meting 2012 ten opzichte van meting 2014.....	8
Figuur 5 – Bathymetrie opwaarts sluis Idegem – peiling dd. 20/11/2012	8
Figuur 6 – Bathymetrie opwaarts sluis Pollare – peiling dd. 19/11/2012	9
Figuur 7 – Bathymetrie opwaarts sluis Denderleeuw - peiling dd. 07/11/2012	10
Figuur 8 – Bathymetrie opwaarts sluis Teralfene - peiling dd. 06/11/2012.....	10
Figuur 9 – Bovenhoofd sluis Aalst	11
Figuur 10 – Bathymetrie opwaarts sluis Geraardsbergen – peiling dd. 8/12/2014	12
Figuur 11 – Bathymetrie opwaarts sluis Aalst - verschilkaart peiling dd. 05/11/2012 en peiling dd. 17/12/2014.....	13
Figuur 12 – Sluis Aalst – vergelijking bodemprofiel center vaargeul meting 2012 ten opzichte van meting 2014 ...	13
Figuur 13 – Bovenhoofd Denderbelle.....	14
Figuur 14 – Bathymetrie opwaarts sluis Denderbelle – peiling dd. 27/11/2014 en 3/12/2014	15
Figuur 15 – Bathymetrie opwaarts sluis Denderbelle - verschilkaart peiling dd. 05/11/2012 en peiling dd. 27/11/2014 en 3/12/2014.....	16
Figuur 16 – Sluis Denderbelle – vergelijking bodemprofiel center vaargeul meting 2012 ten opzichte van meting 2014.....	16
Figuur 17 – Bovenhoofd sluis Dendermonde	17
Figuur 18 – Bathymetrie opwaarts sluis Dendermonde – peiling dd. 27/11/2014.....	18
Figuur 19 – Sluis Menen – doorsnede bovenhoofd.....	19
Figuur 20 – Bathymetrie opwaarts sluis Menen – peiling dd. 27/11/2014 en 3/12/2014.....	19
Figuur 21 – Sluis Harelbeke – doorsnede bovenhoofd.....	20
Figuur 22 – Bathymetrie Harelbeke – peiling dd. 14/10/2011.....	21
Figuur 23 – Sluis Sint-Baafs-Vijve – doorsnede bovenhoofd.....	22
Figuur 24 – Bathymetrie Sint-Baafs-Vijve – peiling dd.11/04/2011.....	23
Figuur 25 – Sluis Kerkhove – doorsnede bovenhoofd.....	24
Figuur 26 – Bathymetrie opwaarts sluis Kerkhove – peiling dd. 28/01/2013	25
Figuur 27 – Sluis Oudenaarde – doorsnede bovenhoofd	25
Figuur 28 – Bathymetrie opwaarts sluis Oudenaarde – peiling dd. 24/02/2014	26
Figuur 29 – Sluis Asper – doorsnede bovenhoofd.....	27

Figuur 30 – Bathymetrie opwaarts sluis Kerkhove – peiling dd. 27/10/2015	27
Figuur 31 – Grote sluis te Evergem doorsnede bovenhoofd.....	28
Figuur 32 – Bathymetrie opwaarts sluizencomplex Evergem	29
Figuur 33 – Evolutie sedimentatiezones opwaarts sluizen Evergem	30
Figuur 34 – Sluizencomplex Lith: sedimentpluimen in de voorhavens door opwoeling van de gesedimenteerd sediment als gevolg van schroefwerking	31
Figuur 35 – Van Veen grijper	33
Figuur 36 – Vergelijking samenstelling bodems voorhavens sluis Evergem, Sint-Baafs-Vijve, Denderbelle, Denderleeuw en Idegem	34
Figuur 37 – Korrelverdeling voor de bodemstalen genomen in de opwaartse voorhavens van sluis Evergem, Sint-Baafs-Vijve, Denderbelle, Denderleeuw en Idegem	35
Figuur 38 – Gebruiken sluizen op de Dender door pleziervaart: gemiddeld aantal pleziervaartuigen per maand per sluis (periode 2013 - 2015).....	38
Figuur 39 – Gebruik sluizen Dender door de beroepsvaart (passagiersvaart en vrachtvervoer). De sluizen boven Aalst worden uitsluitend gebruikt voor passagiersvaart.....	39
Figuur 40 – Doorsnede bovenhoofd 2 ^{de} schutsluis te Lith uit “Ontwerp van Schutsluizen”	41
Figuur 41 – Bovenaanzicht stuwsluizencomplex te Lith op de Maas (www.bing.com/maps)	42
Figuur 42 – Bovenaanzicht huidig stuwsluiscomplex te Denderbelle (www.geopunt.be)	44
Figuur 43 – Bovenaanzicht ontwerp nieuw stuwsluiscomplex te Denderbelle (SBE, 2011a)	45
Figuur 44 – Bovenhoofd sluis Denderbelle (SBE, 2011b)	45
Figuur 45 – Bovenaanzicht Sint-Baafs-Vijve - huidige en ontwerp situatie.....	48
Figuur 46 – Locaties van de sluizen waar stalen werden genomen	B4
Figuur 47 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Evergem.....	B5
Figuur 48 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Evergem.....	B5
Figuur 49 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Evergem	B6
Figuur 50 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Sint-Baafs-Vijve.....	B6
Figuur 51 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Sint-Baafs-Vijve	B7
Figuur 52 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Sint-Baafs-Vijve.....	B7
Figuur 53 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Denderbelle.....	B8
Figuur 54 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Denderbelle.....	B8
Figuur 55 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Denderbelle	B9
Figuur 56 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Denderleeuw	B9
Figuur 57 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Denderleeuw	B10
Figuur 58 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Denderleeuw	B10
Figuur 59 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Idegem.....	B11
Figuur 60 – Fracties klei, silt en zand opwaarts sluis Idegem.....	B11
Figuur 61 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Idegem	B12

1 Inleiding

In kader van het Seine-Scheldeproject en de opwaardering van de Dender naar klasse CEMT IV tot Aalst worden nieuwe sluizen gebouwd op de Leie te Harelbeke en te Sint-Baafs-Vijve en op de Dender te Denderbelle. Deze sluizen worden ontworpen met een boven-, midden- en benedenhoofd met identieke puntdeuren en een nivelleersysteem met openingen in de deuren. Een dergelijke sluis is sinds 2009 in gebruik te Evergem. In de grote sluis te Evergem werd echter vastgesteld dat 6 maandelijks sediment geruimd moet worden uit de deurnissen. Een dergelijke problematiek is in Vlaanderen niet gekend bij andere sluizen met puntdeuren. Afdeling Bovenschelde van Waterwegen en Zeekanaal NV (W&Z) heeft aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) gevraagd om de oorzaak van de sedimentatie te Evergem te bepalen, na te gaan of een dergelijke sedimentatie ook kan voorkomen bij de nieuwe sluizen en hoe sedimentatie terug in suspensie gebracht kan worden zodat het verder kan migreren.

In een eerste advies (Vercruysse et al., 2015) werd een literatuurstudie en rondvraag uitgevoerd. Ook werd een evaluatie uitgevoerd naar het risico op sedimentatie van het ontwerp voor de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve. Uit de literatuurstudie volgde dat sedimentmigratie doorheen een sluis mogelijk moet zijn. Een concrete aanpak om sedimentmigratie mogelijk te maken werd echter niet teruggevonden. Uit de rondvraag volgde dat bij een sluis met puntdeuren in het bovenhoofd geen problemen gekend zijn zolang deze voldoende frequent gebruikt worden. De huidige sluis te Sint-Baafs-Vijve is naar sedimentmigratie toe goed vormgegeven, het bovenhoofd van de sluis heeft eenzelfde peil als het opwaarts bodempeil en de hefschuif dekt een bodemopening af waardoor deze niet gehinderd kan worden door sedimentatie. Het ontwerp voor de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve bevat kenmerken die naar sedimentatie toe nadeliger zijn dan de huidige sluis waardoor problemen met sedimentatie niet uitgesloten kunnen worden.

Onderhavig advies betreft een vervolg van het vorige advies en is als volgt opgebouwd.

In hoofdstuk 2 wordt voor de sluizen op de gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen de karakteristieken en de beschikbaarheid van geometrische en bathymetrische gegevens gegeven. Vervolgens wordt voor deze sluizen een analyse uitgevoerd van de geometrische en bathymetrische gegevens van het bovenhoofd.

Voor de sluis te Sint-Baafs-Vijve op de Leie, de grote sluis te Evergem aan de ringvaart en de sluizen te Denderleeuw, Idegem en Denderbelle op de Dender zijn bodemstalen genomen in-en opwaarts van het bovenhoofd. Deze stalen worden door het sedimentologisch laboratorium van het Waterbouwkundig Laboratorium geanalyseerd op korrelgrootteverdeling. Een analyse van deze resultaten wordt gegeven in hoofdstuk 3.

Hoe actueel omgegaan wordt met sedimentatie op de Dender wordt besproken in hoofdstuk 4. Dit hoofdstuk bevat ook bijkomende informatie over de sluizen te Evergem en het resultaat van een bevraging van de beheerders van de Maas in Nederland.

Met de opgedane kennis wordt in hoofdstuk 5 een review gegeven van het voorliggend ontwerp van de sluis te Denderbelle. In dit hoofdstuk worden ook de nieuwe inzichten ten opzichte van het eerste advies toegepast voor de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve.

De conclusies worden samengevat in hoofdstuk 6.

2 Analyse Vlaamse sluizen

Voor de sluizen op de gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen wordt in paragraaf 2.1 een oplijsting gegeven van de karakteristieken en of er problemen met sedimentatie gekend zijn. Vervolgens worden de geometrische en bathymetrische gegevens van het bovenhoofd geanalyseerd. Deze vergelijking wordt uitgevoerd voor de sluizen op de:

- Dender, zie paragraaf 2.2,
- Leie, zie paragraaf 2.3,
- Bovenschelde, zie paragraaf 2.4,
- Ringvaart, zie paragraaf 2.5.

De conclusies worden samengevat in paragraaf 2.6.

2.1 Karakteristieken en beschikbaarheid gegevens

De karakteristieken en de beschikbaarheid van geometrische en bathymetrische gegevens worden samengevat in Tabel 1 en Tabel 2.

De sluizen waar in het bovenhoofd puntdeuren toegepast worden en waarbij de onderzijde van de puntdeuren aansluit met het bodempeil van de kolk worden als potentieel risicovol voor sedimentatie ingeschat. Deze sluizen worden in Tabel 1 aangeduid met een oranje arcering.

Voor de plannen van de sluizen werd in eerste instantie gekeken naar de op WL beschikbare plannen en de patrimoniumdatabank (<http://patrimonium.wenz.local/>). Indien hier niet voldoende informatie uit volgde werd de vraag aan W&Z gesteld voor bijkomende plannen.

Tabel 1 – Karakteristieken sluizen op gekanaliseerde rivieren.

Vastgestelde problematiek, type deuren en nivelleersysteem, locatie stuw ten opzichte van sluis. De sluizen met type puntdeuren tot op bodempeil kolk bij het bovenhoofd zijn oranje gemarkeerd (potentie voor sedimentatie van de deurnissen). Sluizen met bekende sedimentatieproblematiek zijn rood gemarkeerd.

waterloop	sluis	jaar oplevering	significante sedimentatie	Boven deur		nivelleersysteem	stuwlocatie
				type	peil deurnis bovenhoofd bovendeur		
Leie	Menen	1989	nee	puntdeuren	deurnis -0.5 m t.o.v. kolkbodem	openingen in de deur	geleidingsmuur
	Harelbeke	1972	nee	hefdeur	opwaarts pand	opening onder deur met woelkom	geleidingsmuur
	Sint Baafs Vijve	1971	nee	hefdeur	opwaarts pand	opening onder deur met woelkom	nevengetul
Boven-schelde	Kerkhove	1922	nee	puntdeuren	kolk (geen nis, enkel drempel)	omloopriool	geleidingsmuur
	Oudenaarde	1922	nee	puntdeuren	opwaarts pand	omloopriool	nevengetul (sinds 2004)
	Asper	1922	nee	puntdeuren	opwaarts pand	omloopriool	nevengetul (sinds 2010)
Dender	Geraardsbergen	1862	ja	puntdeuren	deurnis op peil kolkbodem	openingen in de deur	nevengetul
	Idegem	1862	ja	puntdeuren	deurnis op peil kolkbodem	openingen in de deur	nevengetul
	Pollare	1862	nee	puntdeuren	opwaarts pand	openingen in de deur	langs elkaar
	Denderleeuw	1862	ja	puntdeuren	opwaarts pand	openingen in de deur	nevengetul
	Teralfene	1862	nee	puntdeuren	deurnis -0.25 m t.o.v. kolkbodem	openingen in de deur	langs elkaar
	Aalst	1862	nee	puntdeuren	deurnis -0.25 m t.o.v. kolkbodem	openingen in de deur	langs elkaar
	Denderbelle	1946	nee	puntdeuren	kolk (geen nis, enkel drempel)	omloopriool	geleidingsmuur
	Dendermonde	1978	nee	hefdeuren	opwaarts pand	opening onder deur met woelkom	geleidingsmuur
Ringvaart	Sluis 1 te Evergem (= grote sluis)	2009	ja	puntdeuren	deurnis -0.50 m t.o.v. kolkbodem	openingen in de deur	nevengetul
	sluis 2 te Evergem	1965	nee (preventief geruimd)	puntdeuren	deurnis – 0.45 m t.o.v. kolkbodem	omloopriool	nevengetul

Tabel 2 – Karakteristieken sluizen op gekanaliseerde rivieren.

Kolkafmetingen, verval, bodempeilen, waterpeilen beschikbaarheid plannen en bathymetrie. De sluizen met type puntdeuren tot op bodempeil kolk bij het bovenhoofd zijn oranje gemarkeerd (potentie voor sedimentatie van de deurnissen). Sluizen met bekende sedimentatieproblematiek zijn rood gemarkeerd.

sluis	kolkdimensies		bodempeil					nominaal waterpeil		verval [m]	diepte boven deurnis	
	lengte [m]	breedte [m]	opw [m TAW]	deurnis boven- hoofd [m TAW]	kolk [m TAW]	deurnis beneden- hoofd [m TAW]	afw [m TAW]	opw [m TAW]	afw [m TAW]		boven- hoofd [m]	beneden- hoofd [m]
Menen	203	12.5	7.33	5.18	5.68	5.18	6.68	11.83	10.15	1.68	6.65	4.97
Harelbeke	115	12.4	5.68	n.v.t.	4.00	4.00	4.50	10.12	8.00	2.12	4.44	4.00
Sint Baafs Vijve	136	16	4.15	n.v.t.	1.45	1.45	2.10	8.00	5.61	2.39	3.85	4.16
Kerkhove	125	14	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	11.46	10.11	1.35	4.90	3.55
Oudenaarde	125	14	4.82	5.32	4.82	4.82	4.82	10.11	8.25	1.86	/	3.43
Asper	125	14	3.26	3.26	2.06	2.06	/	8.25	5.61	2.64	4.99	3.55
Geraardsbergen	41.87	5.2	13.23	13.23	13.23	12.98	13.23	16.85	15.23	1.62	3.62	2.25
Idegem	41.87	5.2	/	/	/	/	/	15.23	12.88	2.35	/	/
Pollare	41.87	5.2	9.94	9.94	8.44	8.19	8.44	12.88	10.37	2.51	2.94	2.18
Denderleeuw	42.77	5.12	6.25	6.45	5.77	5.56	5	10.37	8.17	2.20	/	/
Teralfene	42.65	5.25	/	/	/	/	/	8.17	7.61	0.56	/	/
Aalst	42.65	5.25	3.58	3.33	3.58	3.33	3.58	7.61	5.83	1.78	4.28	2.05
Denderbelle	55	7.5	0.5	0.00	0.00	0.00	0.5	5.83	3.83	2.00	5.83	3.83
Dendermonde	168	16	-0.5	-1.50	-1.95	-2.95	/	3.82	var (tij)	var.	4.32	var.
sluis 1 te Evergem (= grote sluis)	260	25	0.61	-1.05	-0.55	-1.05	/	5.61	4.45	1.16	6.66	5.50
sluis 2 te Evergem	136	16	/	+1.36	/	/	/	5.61	4.45	1.16	4.25	

Uit Tabel 1 en Tabel 2 volgt dat de sluizen te Menen, Geraardsbergen, Idegem, Terafene, Aalst, Denderbelle, Kerkhove en de grote sluis te Evergem in het bovenhoofd over een set puntdeuren beschikken waarvan de onderzijde aansluit met het bodempeil van de kolk. Van deze acht sluizen worden enkel problemen vastgesteld te Geraardsbergen, Idegem, Denderleeuw en de grote sluis te Evergem. Waarbij men dient op te merken dat de sluizen op de Dender opwaarts Aalst slecht beperkt gebruikt worden, in hoofdzaak voor toeristische vaart, zie verder in paragraaf 4.1.

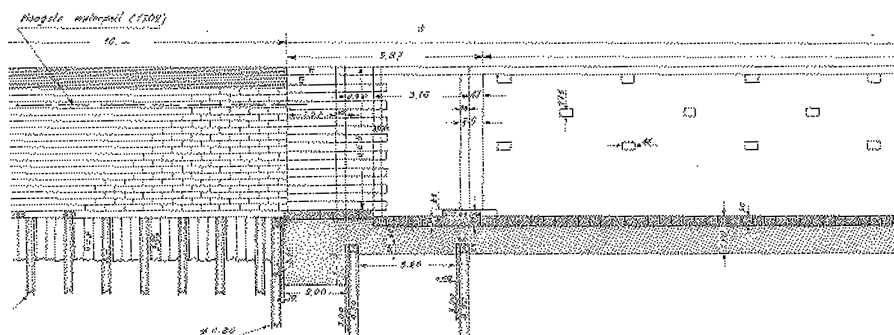
2.2 Dender

De Dender is tot afwaarts de sluis van Aalst bevaarbaar voor CEMT klasse II schepen (maximale diepgang 2.50 m), vanaf de sluis te Aalst tot en met de sluis te Geraardsbergen is de Dender beperkt tot CEMT klasse I schepen (maximale diepgang 1.90 m). De bathymetriemetingen gegeven in deze paragraaf werden alle uitgevoerd door het peilschip van W&Z: "Het Schrijverke". Zowel de planimetrische coördinaten (uitgedrukt in Lambert 72) als de altimetrische coördinaten (uitgedrukt ten opzichte van TAW) van de metingen uitgevoerd met "Het Schrijverke" hebben een tolerantie van 0.10 m. In 2012 werd een algemene bathymetriemeting uitgevoerd van de Dender. In 2014 werd op enkele plaatsen de bathymetrie opgemeten. Er is geen bathymetriedata ouder dan 2012 beschikbaar. Bemerk dat het niet mogelijk was om in de smalle sluiskolken opwaarts Aalst (kolkbreedte 5.2 m) een bathymetriemeting uit te voeren. Bij het analyseren van verschilkaarten tussen de in 2012 en de in 2014 uitgevoerde metingen dient bedacht te worden dat de meting van 2012 een celgrootte 1.0 m x 1.0 m heeft en de metingen van 2014 een celgrootte 0.5 m x 0.5 m. Dit kan een vertekend beeld geven bij verschilkaarten ter hoogte van de zones met sterke profielwijzigingen. Ook dient hier bedacht te worden dat het GPS signaal en dus ook de locatie een zeker onnauwkeurigheid heeft. Aangenomen wordt dat de beschikbare plannen voor de sluizen opwaarts Aalst uitgedrukt zijn in NUL D. Voor de omrekening naar TAW wordt van de NUL D waarde 0.066 m afgetrokken (Berlamont, 1981). In deze paragraaf worden achtereenvolgens de 7 sluizen op het Vlaamse deel van de Dender besproken.

2.2.1 Geraardsbergen

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis te Geraardsbergen wordt gegeven in Figuur 1. Bemerk dat het bodempeil van het bovenhoofd slechts 0.25 m hoger is dan het bodempeil van de kolk en dat de deuren openen in een lokale verdieping met hoogte 0.25 m. Uit het plan kan op basis van een verwijziging naar een waterpeil een drempelpeil $TAW + 13.23$ m afgeleid worden. Het normaal peil opwaarts Geraardsbergen bedraagt $TAW + 16.85$ m, de hierbij horende waterhoogte boven de drempel bedraagt 3.62 m.

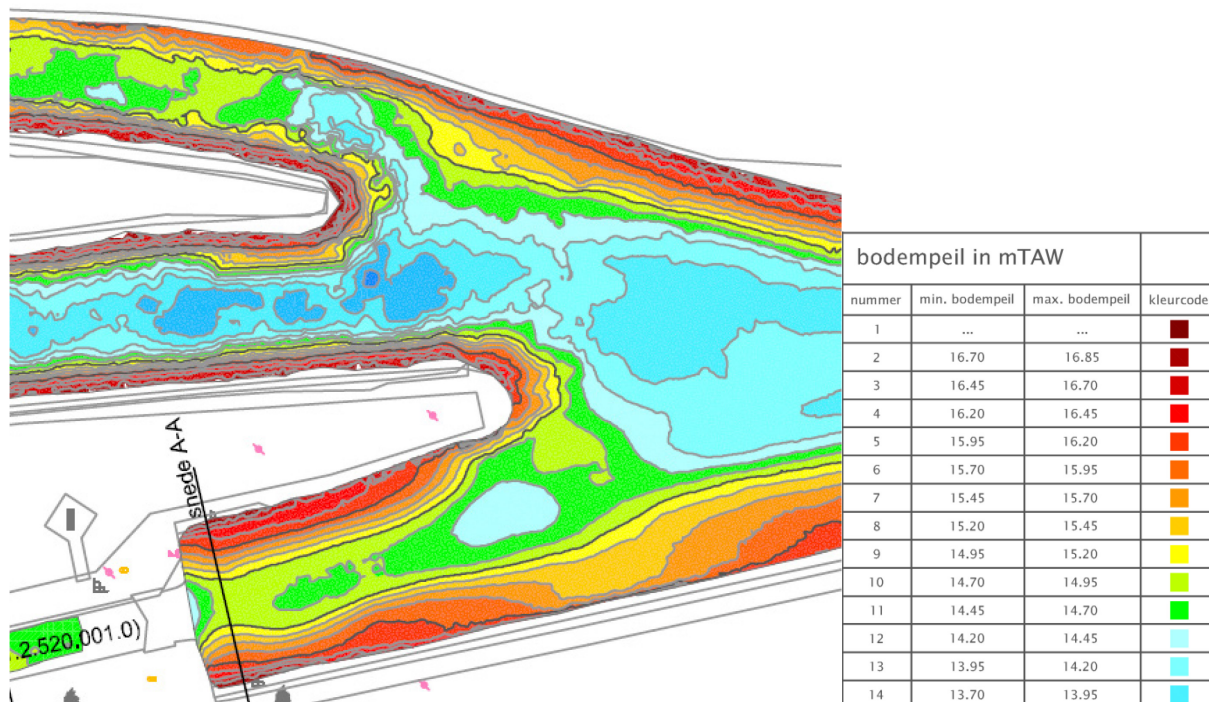
Figuur 1 – Bovenhoofd sluis Geraardsbergen



(Ministerie van openbare werken. Bruggen en Wegen bijzondere dienst van het stroomgebied der Schelde., n.d.)

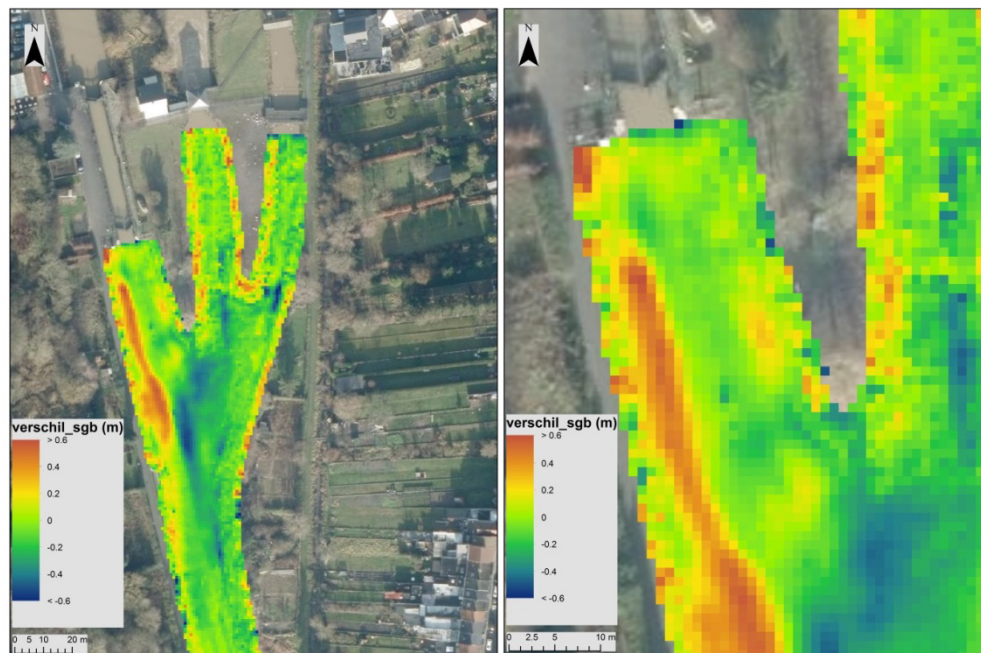
De in 2014 opgemeten bathymetrie te Geraardsbergen wordt gegeven in Figuur 2. In het center van de nevengeul van de sluis ligt het bodempeil tussen TAW + 14.70 m en TAW + 14.95 m, wat overeenkomt met een waterdiepte tussen 2.15 m en 1.90 m. In de vaargeul naar de sluis is een vernauwing van het profiel ten gevolge van sedimentatie aan de oevers waarneembaar. Naar het dagvlak van de sluis neemt het bodempeil af met ca. 0.5 m naar een waarde tussen TAW + 14.20 en TAW + 14.45 m. Bemerk dat het bodempeil in het dagvlak van de sluis (TAW + 14.20 en TAW + 14.45 m) nog ca. 1.0 m hoger is dan het drempelpeil van het bovenhoofd (TAW + 13.23 m).

Figuur 2 – Bathymetrie opwaarts sluis Geraardsbergen – peiling dd. 17/12/2014



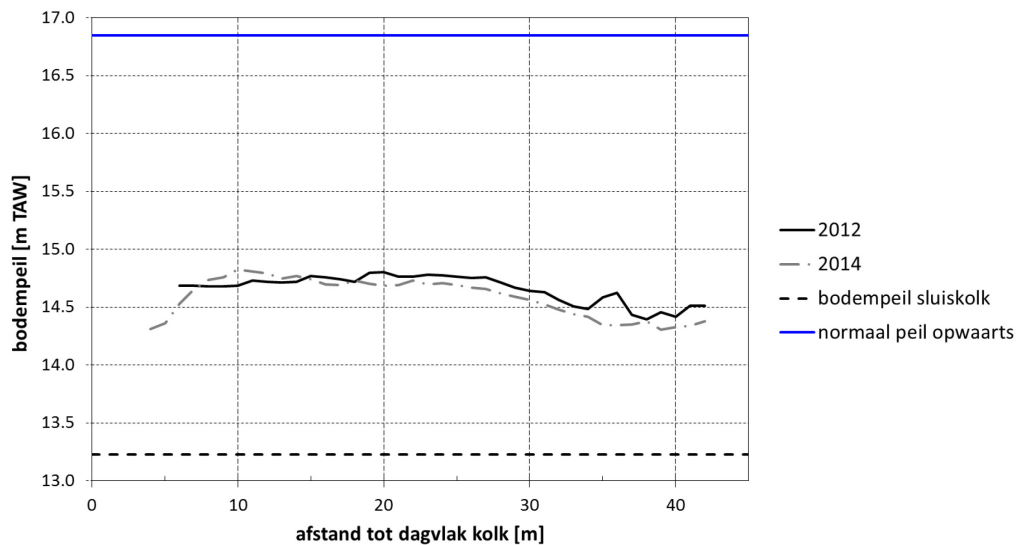
Een verschilkaart van de in 2012 en 2014 uitgevoerde bathymetriemeting meting wordt gegeven in Figuur 3. Merk hier op dat het bodemprofiel in het center van de vaargeul naar de sluis zo goed als constant is gebleven. Wel wordt een toenemende sedimentatie opgemerkt aan de linkeroever.

Figuur 3 – Bathymetrie opwaarts sluis Geraardsbergen - Verschilkaart peiling 20/11/2012 en peiling 17/12/2014



Voor het center van de vaargeul wordt in Figuur 4 het bodempeil in functie van de afstand tot het dagvlak van de sluis gegeven. Bemerkt dat de in 2014 uitgevoerde meting een duidelijke afname van het bodempeil naar het dagvlak van de sluis toe laat zien. Het bodempeil opwaarts de sluis bedraagt ca. TAW + 14.80 m (waterdiepte 2.0 m). Deze waarde neemt over een afstand van ca. 5.0 m af tot TAW + 14.30 m (waterdiepte 2.5 m) op een afstand 5 m opwaarts het dagvlak van de sluis. Het opgemeten bodempeil is hierbij nog 1.1 m hoger dan het bodempeil van deurnis van het bovenhoofd (TAW + 13.23 m).

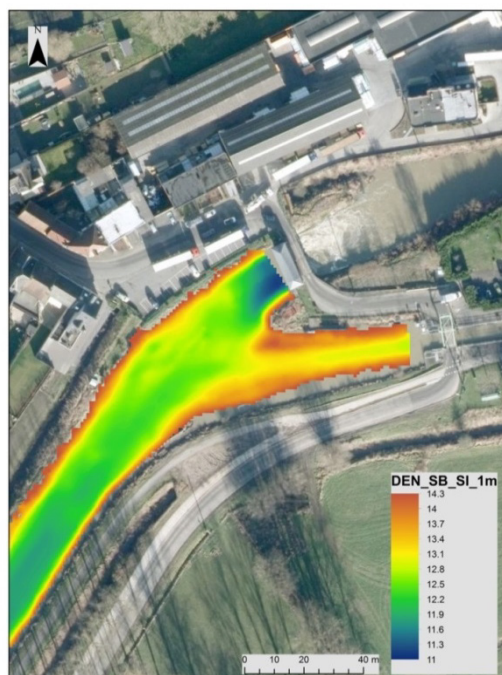
Figuur 4 – Sluis Geraardsbergen – vergelijking bodemprofiel center vaargeul meting 2012 ten opzichte van meting 2014



2.2.2 Idegem

De in 2012 opgemeten bathymetrie opwaarts Idegem wordt gegeven in Figuur 5. De sluis ligt in een nevengeul. In het gedeelte van de nevengeul opwaarts de sluis treedt sedimentatie op. Opwaarts het dagvlak van de sluis wordt een afname van het bodempeil vastgesteld.

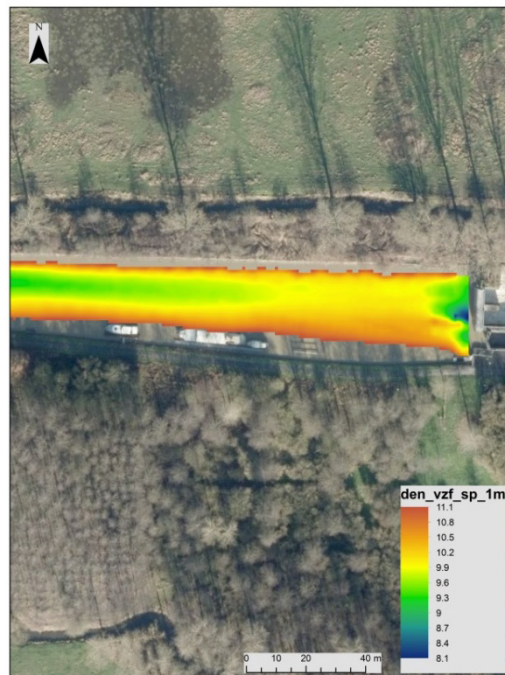
Figuur 5 – Bathymetrie opwaarts sluis Idegem – peiling dd. 20/11/2012



2.2.3 Pollare

De in 2012 opgemeten bathymetrie opwaarts Pollare wordt gegeven in Figuur 6. Bemerkt hierin dat aan de rechteroever, de zijde van de sluis, zich een sterkere sedimentatie voordoet dan aan de linkeroever, de zijde van de stuw. In de sluis te Pollare treden geen problemen met sedimentatie op.

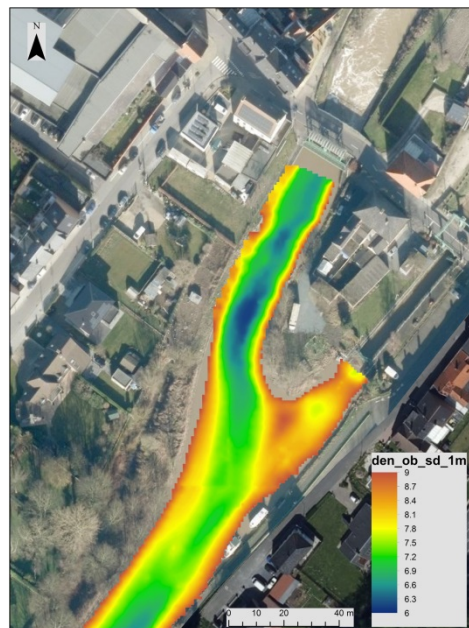
Figuur 6 – Bathymetrie opwaarts sluis Pollare – peiling dd. 19/11/2012



2.2.4 Denderleeuw

De in 2012 opgemeten bathymetrie opwaarts Denderleeuw wordt gegeven in Figuur 7. De sluis ligt in een nevengeul. In het gedeelte van de nevengeul opwaarts de sluis treedt sedimentatie op. Net opwaarts van het dagvlak van de sluis wordt een afname van het bodempeil vastgesteld. In de sluis te Denderleeuw treden in het bovenhoofd problemen met sedimentatie op, zie paragraaf 4.1.

Figuur 7 – Bathymetrie opwaarts sluis Denderleeuw - peiling dd. 07/11/2012



2.2.5 Terafene

De in 2012 opgemeten bathymetrie opwaarts Terafene wordt gegeven in Figuur 8. Bemerkt hierin dat het bodempeil opwaarts de sluis en stuw quasi gelijk zijn. Het bodemprofiel verbreedt naar de sluis en stuw toe. Aan de rechteroever, de zijde van de sluis, wordt een sterkere sedimentatie waargenomen. In de sluis te Terafene treden geen problemen met sedimentatie op.

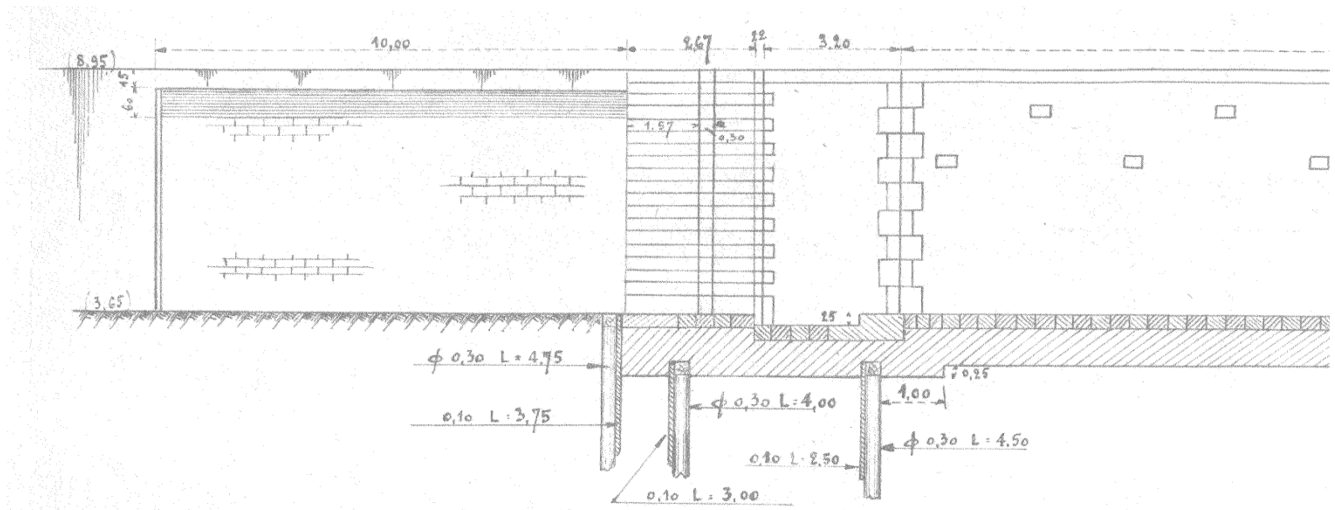
Figuur 8 – Bathymetrie opwaarts sluis Terafene - peiling dd. 06/11/2012



2.2.6 Aalst

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis te Aalst wordt gegeven in Figuur 9. Bemerkt dat het bodempeil van het bovenhoofd gelijk is aan het bodempeil van de kolk en dat de deuren openen in een lokale verdieping met hoogte 0.25 m. Uit het plan kan een bodempeil van deurnis op TAW + 3.33 m afgeleid worden. Het normaal peil opwaarts Aalst bedraagt TAW + 7.61 m, de hierbij horende waterhoogte boven het bodempeil van de deurnis bedraagt 4.28 m.

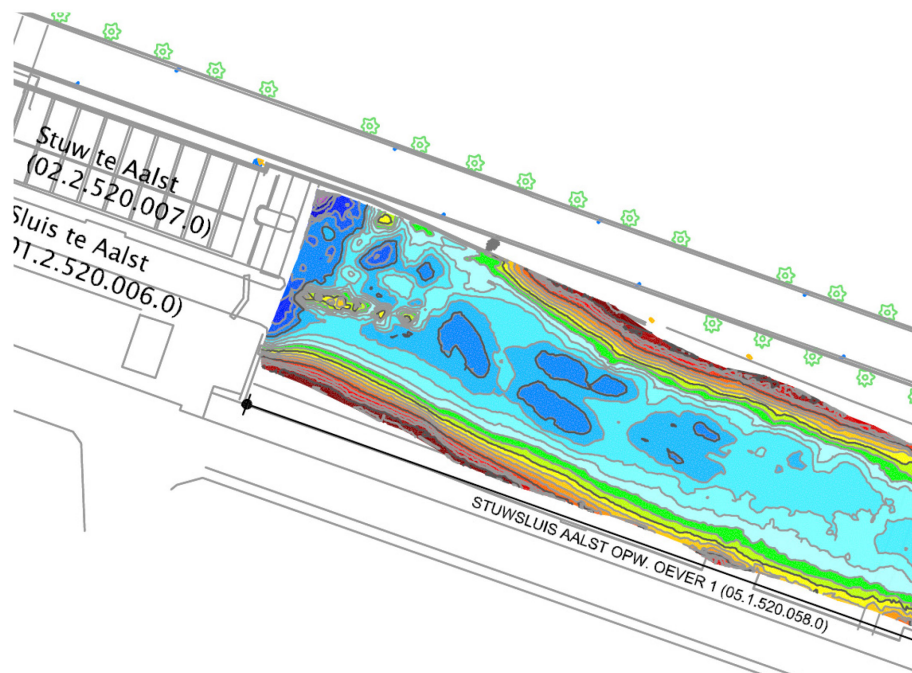
Figuur 9 – Bovenhoofd sluis Aalst



(Ministerie van openbare werken. Bruggen en Wegen bijzondere dienst van het stroomgebied der Schelde., 1949)

De in 2014 opgemeten bathymetrie opwaarts Aalst wordt gegeven in Figuur 10. Bemerkt hierin dat de lokale verhogingen in bodempeil tussen de vaargeul van de sluis en de stuwgeul afkomstig zijn van een geleidingswerk naar de sluis. Het bodempeil opwaarts de sluis en stuw zijn quasi gelijk. Net opwaarts van de sluis neemt het bodempeil plots af met ca. 1.0 m tot een bodempeil tussen TAW + 3.06 m en TAW + 3.31 m. In de sluis te Aalst treden geen problemen met sedimentatie op.

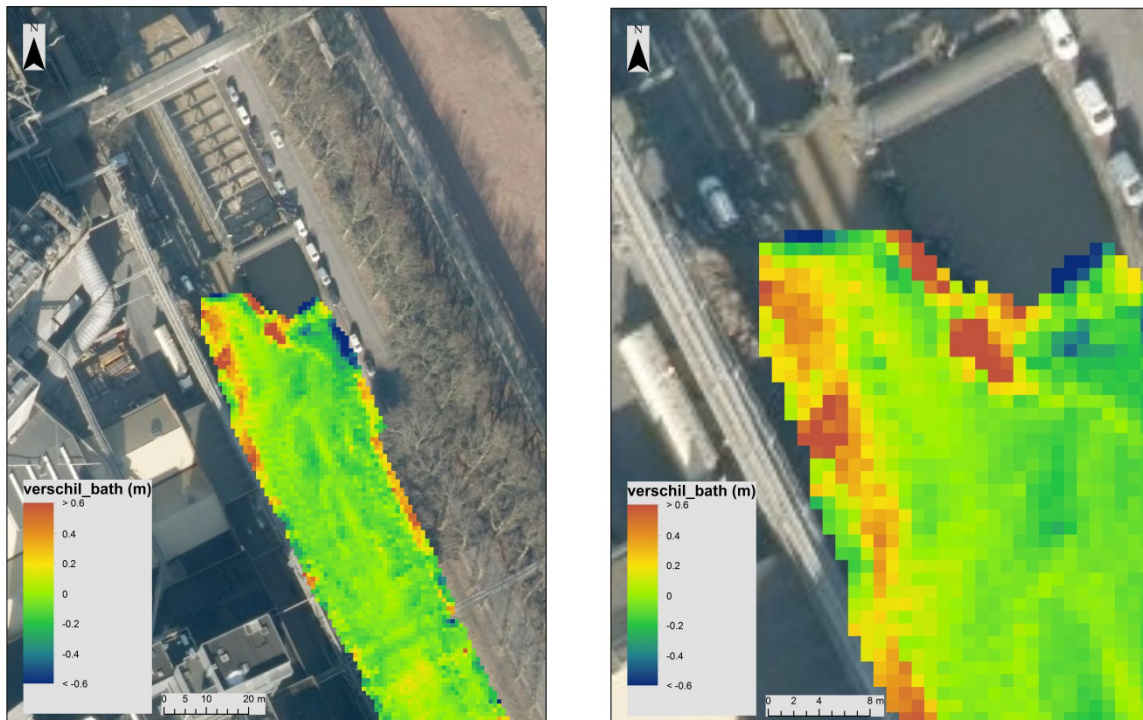
Figuur 10 – Bathymetrie opwaarts sluis Geraardsbergen – peiling dd. 8/12/2014



bodempeil in mTAW			
nummer	min. bodempeil	max. bodempeil	kleurcode
1	7.31	7.61	
2	7.06	7.31	
3	6.81	7.06	
4	6.56	6.81	
5	6.31	6.56	
6	6.06	6.31	
7	5.81	6.06	
8	5.56	5.81	
9	5.31	5.56	
10	5.06	5.31	
11	4.81	5.06	
12	4.56	4.81	
13	4.31	4.56	
14	4.06	4.31	
15	3.81	4.06	
16	3.56	3.81	
17	3.31	3.56	
18	3.06	3.31	
19	2.81	3.06	
20	2.56	2.81	
21	2.31	2.56	

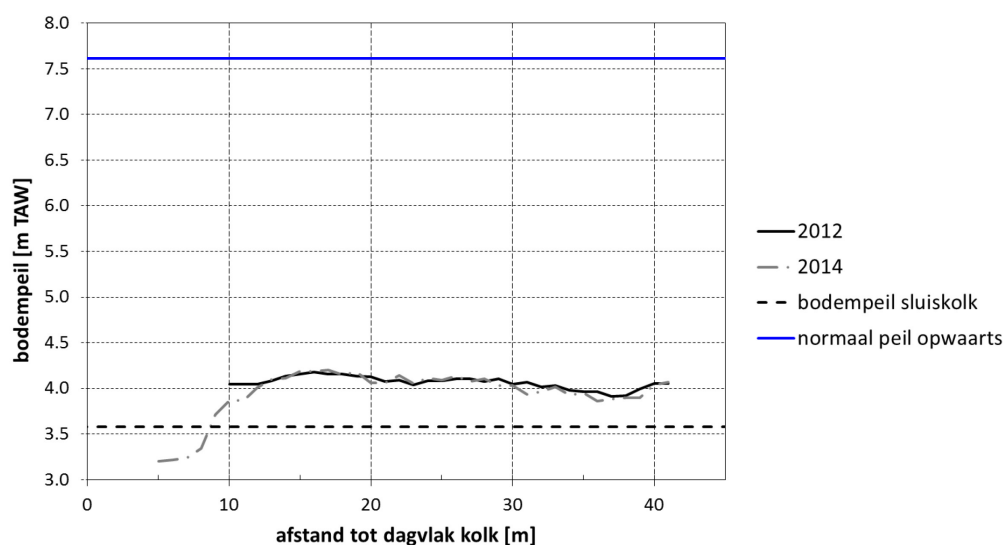
Een verschilkaart tussen de in 2012 en de in 2014 uitgevoerde bathymetriemeting wordt gegeven in Figuur 11. Bemerkt hierin dat het bodempeil in de vaar- en stuwgeul quasi niet gewijzigd zijn. Een toename van sedimentatie lijkt op te treden aan linkeroever, de zijde van de sluiskolk.

Figuur 11 – Bathymetrie opwaarts sluis Aalst - verschilkaart peiling dd. 05/11/2012 en peiling dd. 17/12/2014



Voor het center van de vaargeul wordt in Figuur 12 het bodempeil in functie van de afstand tot het dagvlak van de sluis gegeven. Bemerkt dat de in 2014 uitgevoerde meting een duidelijke afname van het bodempeil naar het dagvlak van de sluis toe laat zien. Het bodempeil opwaarts de sluis bedraagt ca. TAW + 4.10 m (waterdiepte 3.5 m). Deze waarde neemt over een afstand van ca. 10 m af tot TAW + 3.20 m (waterdiepte 4.41 m) op een afstand 5 m opwaarts het dagvlak van de sluis. Het opgemeten bodempeil opwaarts het dagvlak van de sluis (TAW + 3.20 m) is ca. 0.40 m lager dan het bodempeil van de sluisolk (TAW + 3.58 m).

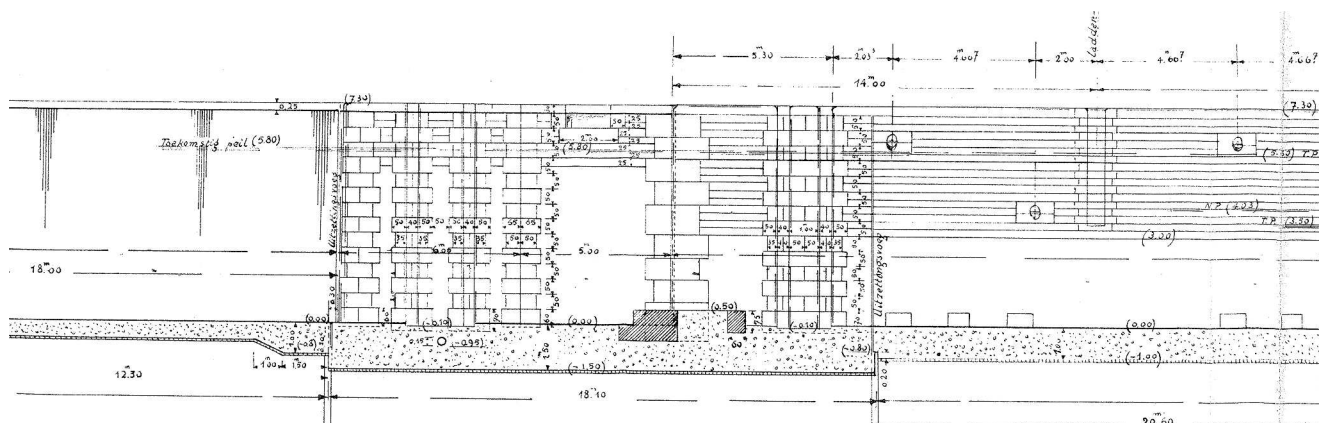
Figuur 12 – Sluis Aalst – vergelijking bodemprofiel center vaargeul meting 2012 ten opzichte van meting 2014



2.2.7 Denderbelle

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis te Denderbelle wordt gegeven in Figuur 13. Bemerk dat het bodempeil van de deurnis van het bovenhoofd gelijk is met het bodempeil van de kolk en dat de deuren openen tegen een lokale verhoging met hoogte 0.50 m. Het bodempeil van de deurnis van het bovenhoofd ligt op TAW + 0.00 m. Het normaal peil opwaarts Denderbelle bedraagt TAW + 5.83 m, de hierbij horende waterhoogte boven het bovenhoofd bedraagt 5.83 m.

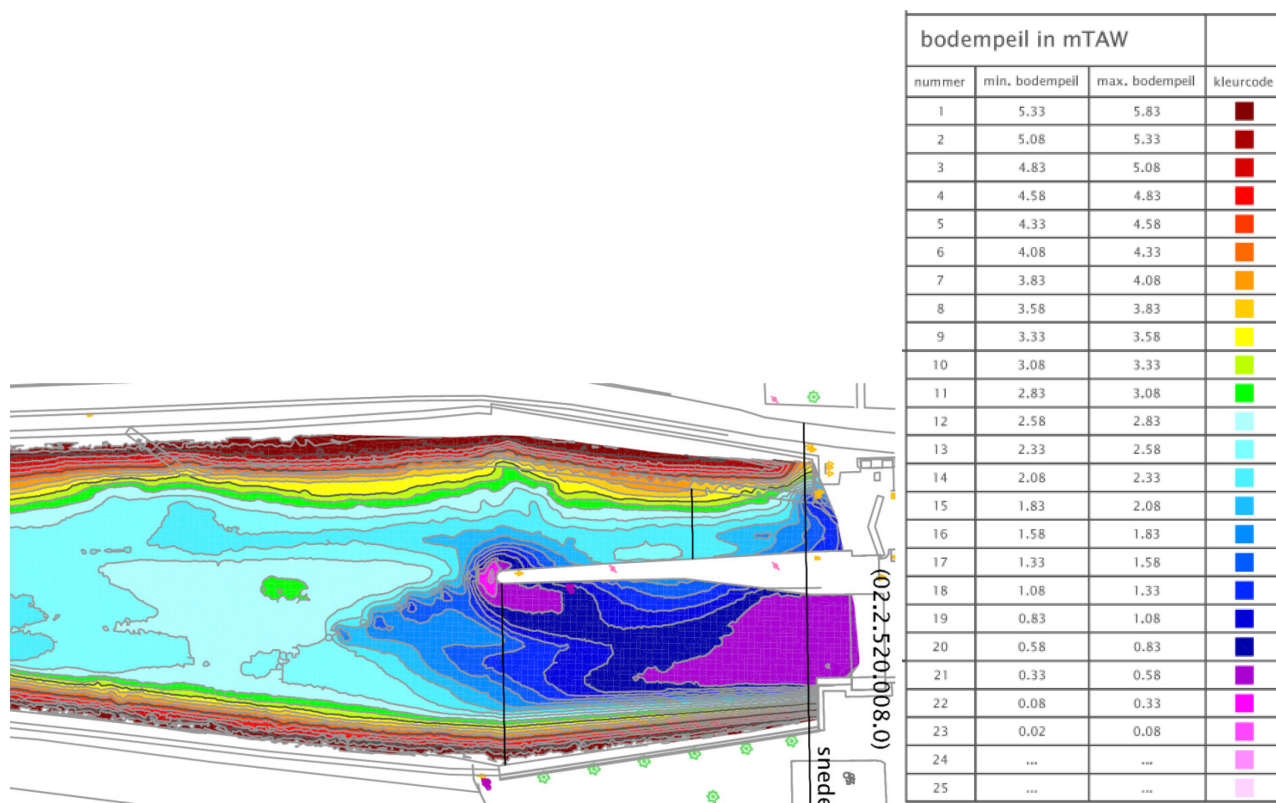
Figuur 13 – Bovenhoofd Denderbelle



(Ministerie van openbare werken. Bruggen en Wegen bijzondere dienst van het stroomgebied der Schelde., 1950)

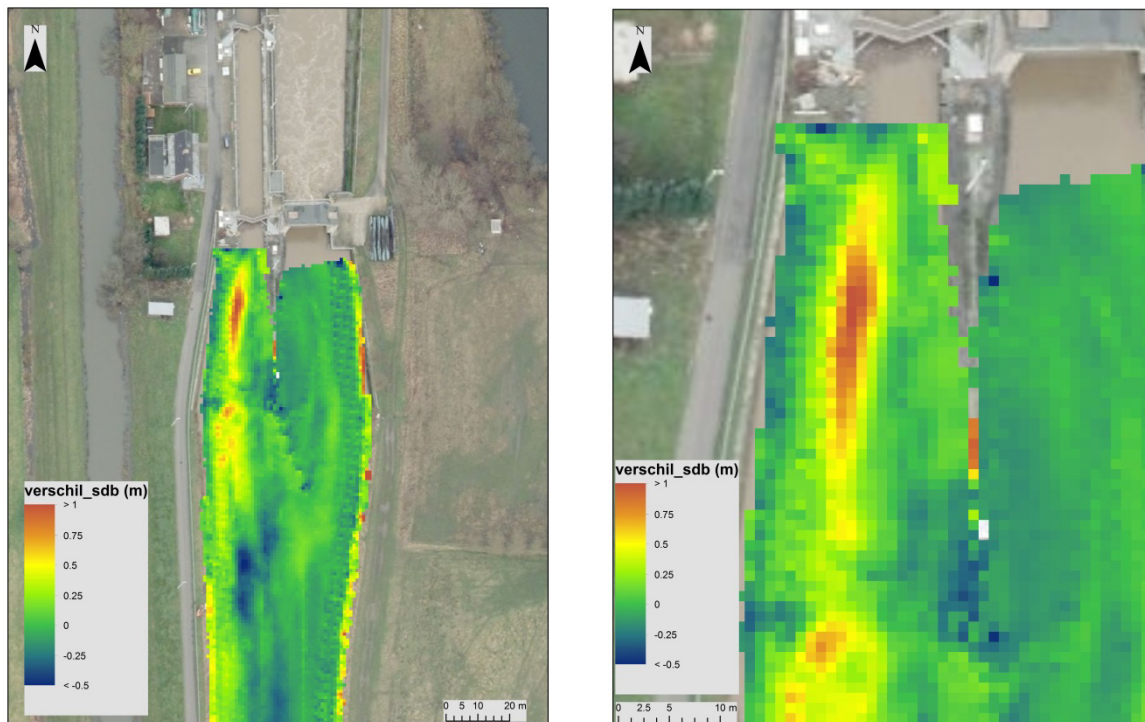
De in 2014 opgemeten Bathymetrie opwaarts Denderbelle wordt gegeven in Figuur 14. Bemerk hierin dat het bodempeil in het dagvlak van de sluis tussen TAW + 0.83 m en TAW + 1.08 m ligt. Dit is ca. 1.0 m hoger dan het bodempeil van de deurnis van het bovenhoofd dat op TAW – 0.00 m ligt. Opwaarts het dagvlak van de sluis wordt een toename van het bodemprofiel met ca. 1.25 m vastgesteld tot een bodempeil tussen TAW + 2.08 m en TAW + 2.33 m, dit komt overeen met een waterdiepte tussen 3.75 m en 3.50 m. Aan de linkeroever treedt sedimentatie op, ter hoogte van de tussenmuur blijft het bodempeil op diepte. In de sluis te Denderbelle treden geen problemen met sedimentatie op.

Figuur 14 – Bathymetrie opwaarts sluis Denderbelle – peiling dd. 27/11/2014 en 3/12/2014



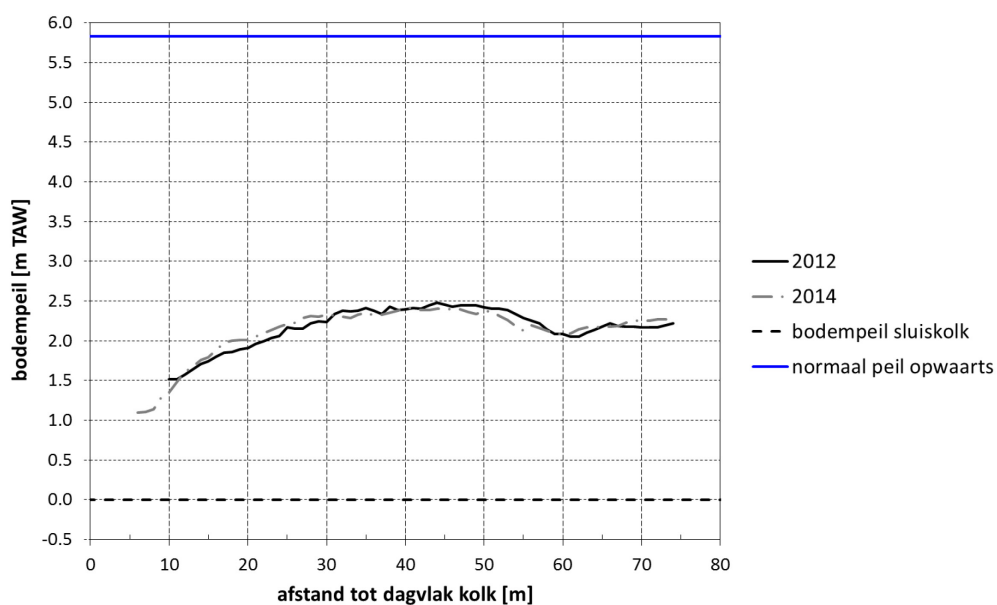
Een verschilkaart tussen de in 2012 en de in 2014 uitgevoerde bathymetriemetingen wordt gegeven in Figuur 15. Bemerkt hierin dat de bodempelen in de vaar- en stuwgeul quasi niet gewijzigd zijn. Aan linkeroever van de vaargeul wordt een toename van de sedimentatie opgemerkt.

Figuur 15 – Bathymetrie opwaarts sluis Denderbelle - verschilkaart peiling dd. 05/11/2012 en peiling dd. 27/11/2014 en 3/12/2014

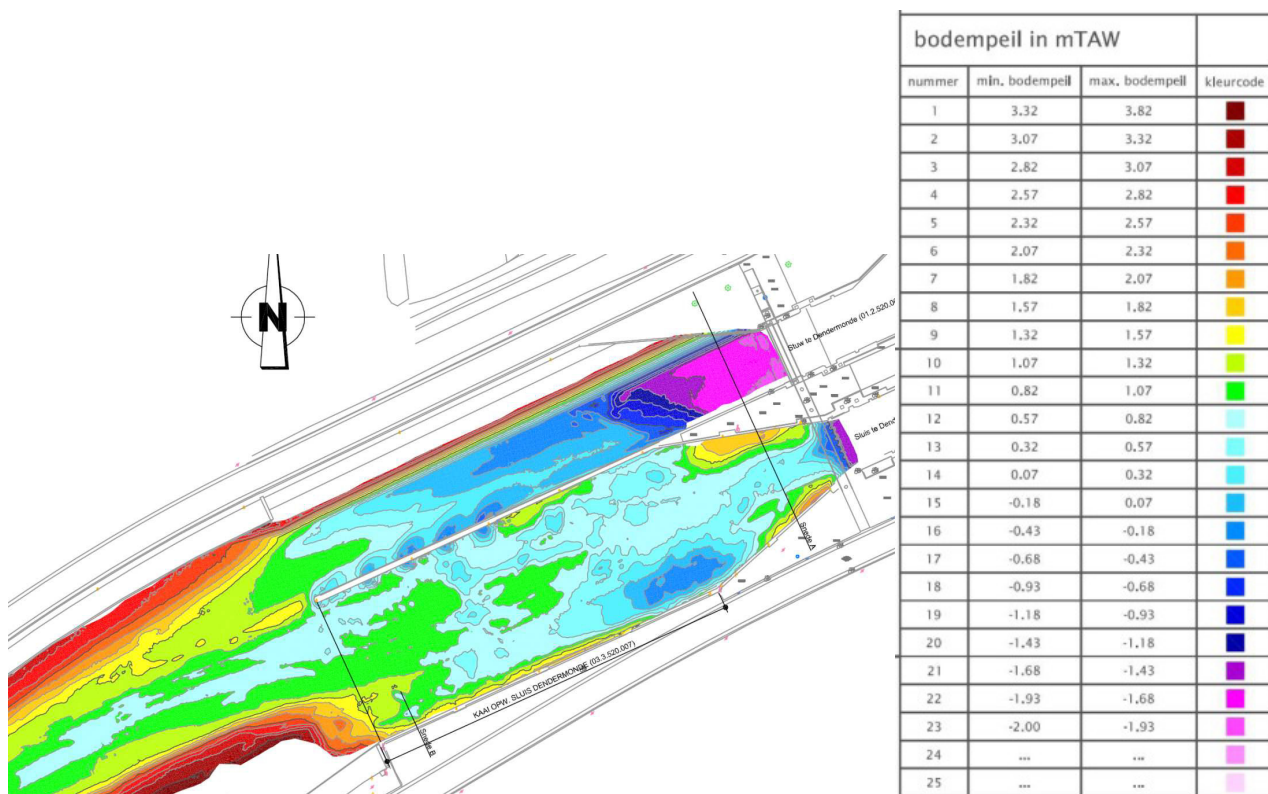


Voor het center van de vaargeul wordt in Figuur 16 het bodempeil in functie van de afstand tot het dagvlak van de sluis gegeven. Bemerkt dat de in 2012 en de in 2014 uitgevoerde meting een duidelijke afname van het bodempeil naar het dagvlak van de sluis toe laat zien. Het bodempeil opwaarts de sluis bedraagt ca. TAW + 2.45 m (waterdiepte 3.38 m). Deze waarde neemt over een afstand van ca. 25 m af tot TAW + 1.10 m (waterdiepte 4.73 m) op een afstand 6 m opwaarts het dagvlak van de sluis. Het opgemeten bodempeil is hierbij nog 1.1 m hoger dan bodempeil van de deurnis van het bovenhoofd (TAW + 0.00 m).

Figuur 16 – Sluis Denderbelle – vergelijking bodemprofiel center vaargeul meting 2012 ten opzichte van meting 2014



Figuur 18 – Bathymetrie opwaarts sluis Dendermonde – peiling dd. 27/11/2014



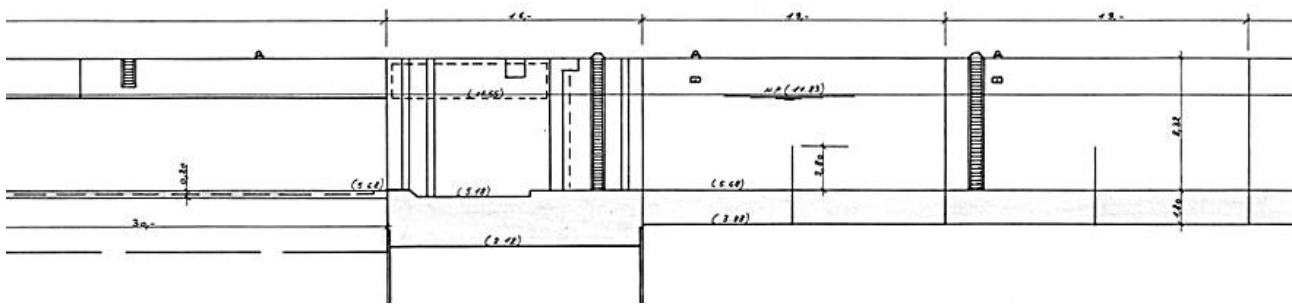
2.3 Leie

De Leie is tot de sluis te Harelbeke bevaarbaar voor CEMT klasse V schepen met een maximale diepgang 2.80 m, vanaf de sluis te Harelbeke tot en met de sluis te Menen is de Leie beperkt tot CEMT klasse IV schepen met een maximale diepgang 2.50 m. In kader van het Seine Schelde project wordt de volledige Leie opgewaardeerd naar CEMT klasse Vb met een maximale diepgang 3.5 m. In deze paragraaf worden achtereenvolgens de sluizen te Menen, te Harelbeke en te Sint-Baafs-Vijve besproken.

2.3.1 Menen

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis van Menen wordt gegeven in Figuur 19. Bemerk dat het concept van de sluis van Menen analoog is met de ontwerpen voor de sluizen te Harelbeke, Sint-Baafs-Vijve, en Denderbelle: een boven-, midden- en benedenhoofd met drie sets identieke puntdeuren met openingen in de deur als nivelleersysteem. Het bodempel van het bovenhoofd is gelijk met het bodempel van de kolk en bedraagt TAW + 5.68 m. De deuren openen in een lokale verdieping met hoogte 0.50 m en bodempel TAW + 5.18 m. Bemerk dat de overgang naar deze verdieping opwaarts door middel van een afgeschuinde hoek gebeurt. Het normaal peil opwaarts Menen bedraagt TAW + 11.83 m, de hierbij horende waterhoogte boven de deurnis in het bovenhoofd bedraagt 6.65 m.

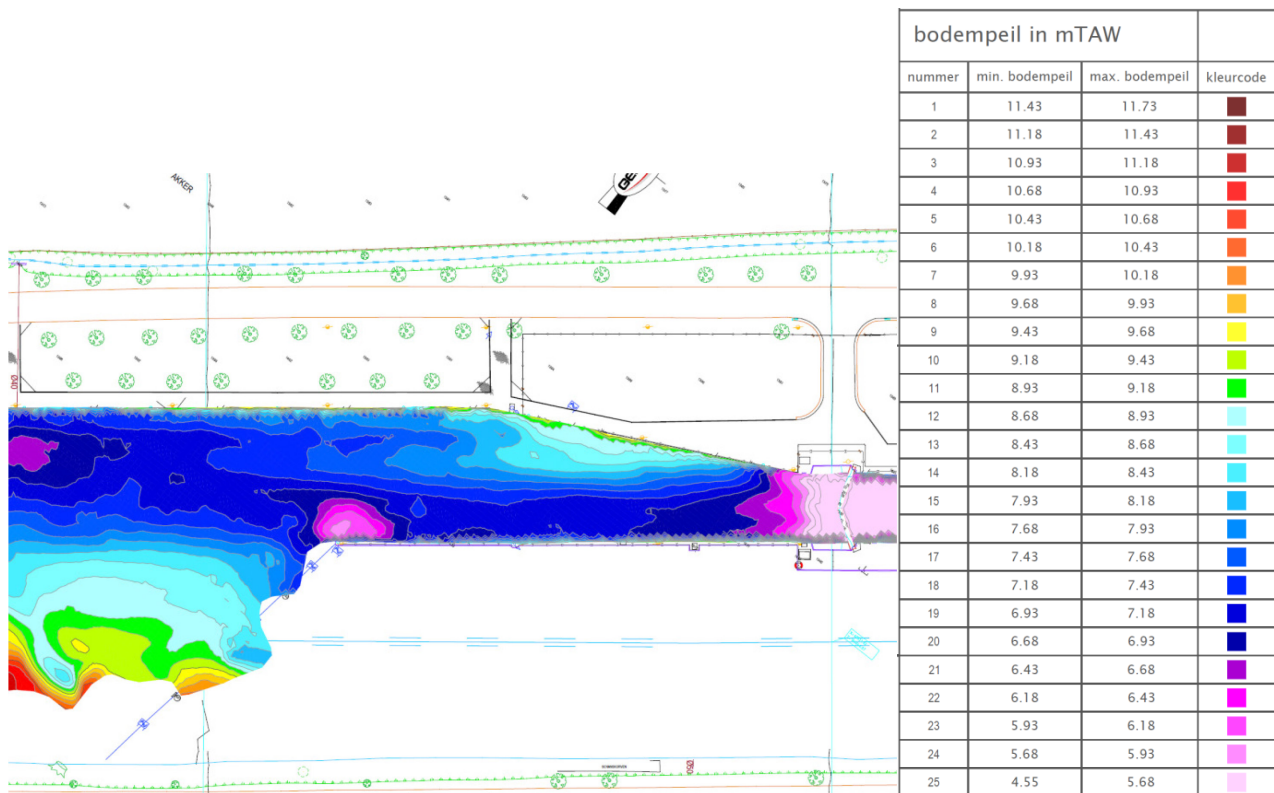
Figuur 19 – Sluis Menen – doorsnede bovenhoofd



(Waterwegen en Zeekanaal NV, n.d.-e)

De bathymetrie opwaarts het bovenhoofd wordt gegeven in Figuur 20. Bemerkt dat het bodempeil afneemt tot aan de lokale verdieping waarin de puntdeur opent. Het bodempeil tegen de geleidingsmuur aan rechteroever opwaarts de sluis bedraagt tussen TAW + 6.93 m en TAW + 7.18 m. Dit is tussen 1.25 m en 1.50 m boven het drempelpeil van het bovenhoofd. Over een lengte 12 m neemt het bodempeil met ca. 1.25 m af tot een bodempeil TAW + 5.68 m net opwaarts van de verdiepte deurnis.

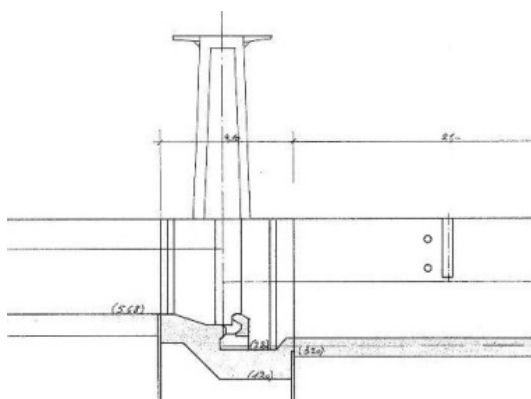
Figuur 20 – Bathymetrie opwaarts sluis Menen – peiling dd. 27/11/2014 en 3/12/2014



2.3.2 Harelbeke

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis van Harelbeke wordt gegeven in Figuur 21. De sluis van Harelbeke wordt genivelleerd door middel van een nivelleersysteem met een woelkelder afgesloten door een hefdeur. Het bodempeil van het bovenhoofd sluit aan met het opwaarts bodempeil. Het bodempeil van het bovenhoofd ligt op TAW + 5.68 m, i.e. 4.41 m onder het normaalpeil (TAW + 10.12 m).

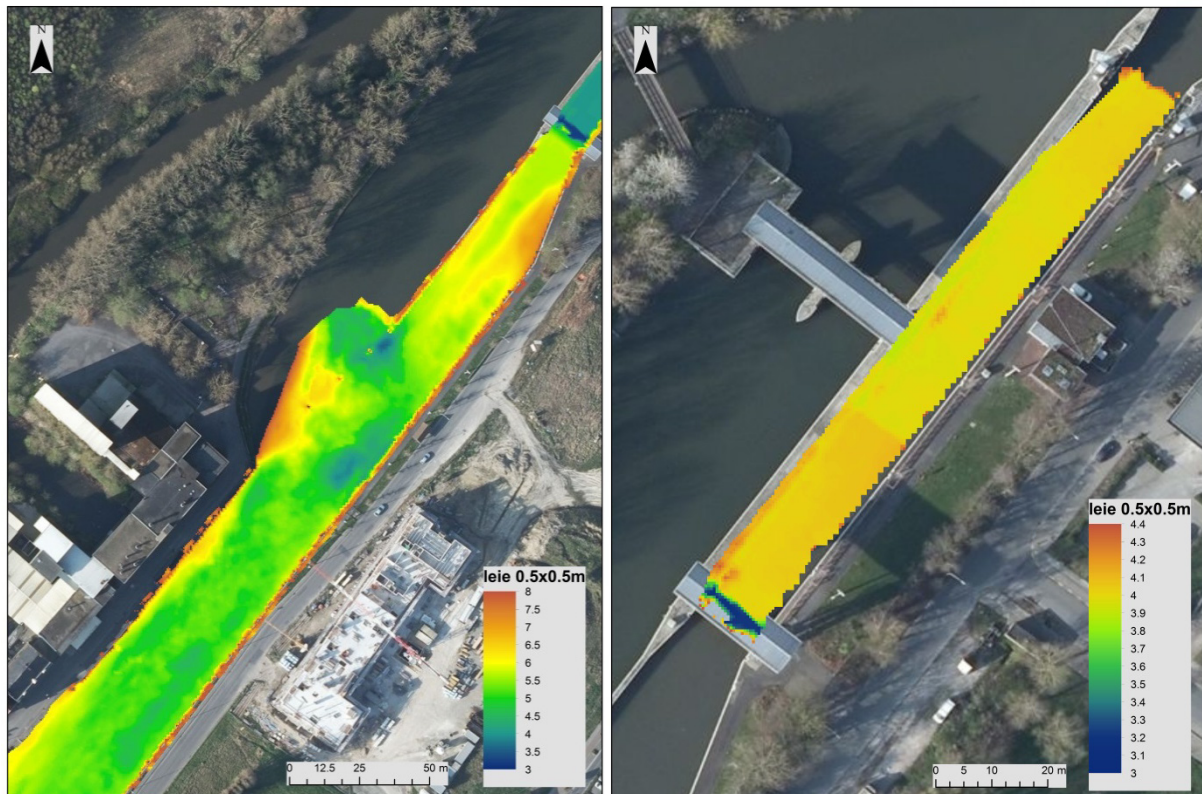
Figuur 21 – Sluis Harelbeke – doorsnede bovenhoofd



(Waterwegen en Zeekanaal NV, n.d.-d)

Een bathymetrie opwaarts en in de sluiskolk van Harelbeke wordt gegeven in Figuur 22. Opwaarts het bovenhoofd van de sluis is een lokale verdieping tot ca. TAW + 5.5 m aanwezig. Deze verdieping wordt, gelet op de uitgestrekte vorm, vermoedelijk veroorzaakt door schroefstraatwerking. Het opgemeten bodempeil in de kolk ligt tussen TAW + 4.20 m en TAW + 4.00 m, dit komt overeen met het bodempeil van de sluiskolk op plan (TAW + 4.00 m).

Figuur 22 – Bathymetrie Harelbeke – peiling dd. 14/10/2011

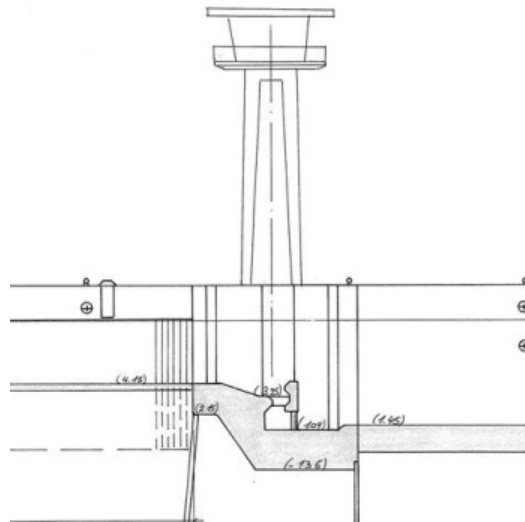


links : vaargeul opwaarts / rechts: sluiskolk

2.3.3 Sint-Baafs-Vijve

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis van Sint-Baafs-Vijve wordt gegeven in Figuur 23. De sluis van Sint-Baafs-Vijve wordt genivelleerd door middel van een nivelleersysteem met een woelkelder afgesloten door een hefdeur, analoog met de sluis te Harelbeke. Het bodempeil van het bovenhoofd ligt op TAW + 4.15 m, i.e. 3.85 m onder het normaalpeil (TAW + 8.00 m).

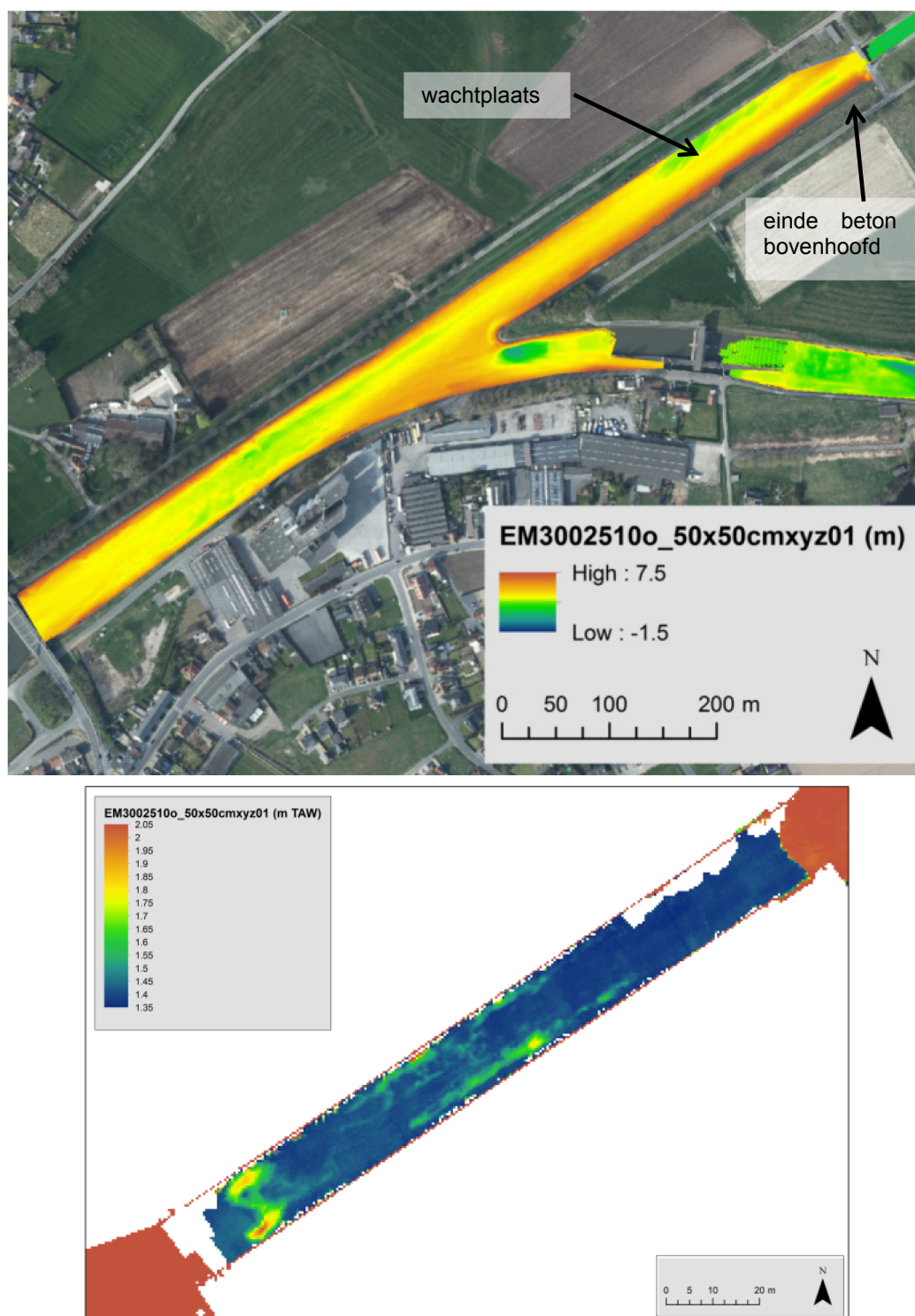
Figuur 23 – Sluis Sint-Baafs-Vijve – doorsnede bovenhoofd



(Waterwegen en Zeekanaal NV, n.d.-c)

Een bathymetrie van de vaargeul opwaarts en in de sluisolk van Sint-Baafs-Vijve wordt gegeven in Figuur 24. Merk hierin op dat opwaarts de bodembescherming van het bovenhoofd een erosiekuil ten gevolge van schroefstraalwerking ontstaat (met een bodempeil ca. TAW + 3.5 m). Aan de wachtplaats aan linkeroever wordt een erosiekuil (met een bodempeil ca. TAW + 2.7 m) vastgesteld. In de sluisolk zijn afwaarts van de woelkom twee zones met sedimentatie met een hoogte tot 0.5 m waarneembaar. Deze bevinden zich in de retourstroming na de woelkom.

Figuur 24 – Bathymetrie Sint-Baafs-Vijve – peiling dd.11/04/2011



boven : vaargeul opwaarts- onder : sluisolk

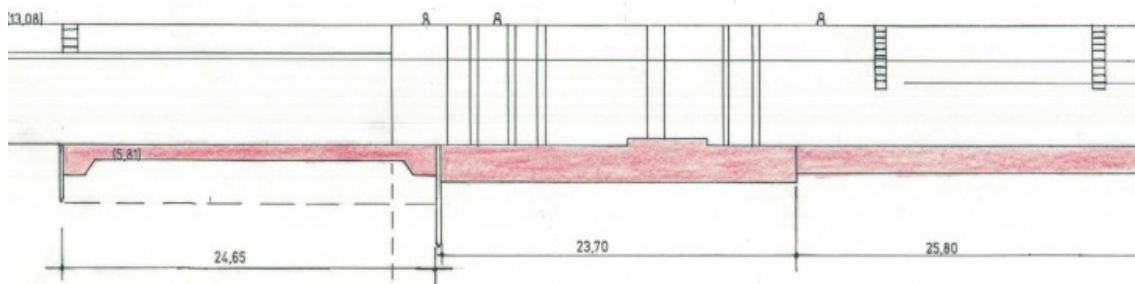
2.4 Bovenschelde

De Bovenschelde is tot opwaarts de sluis van Asper bevaarbaar voor CEMT klasse V schepen met een maximale diepgang 2.60 m. Afwaarts de sluis te Asper tot aan de ringvaart is de maximale diepgang 3.00 m. In deze paragraaf worden achtereenvolgens de sluizen te Kerkhove, Oudenaarde en Asper besproken.

2.4.1 Kerkhove

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis te Kerkhove wordt gegeven in Figuur 25. Het bodempeil van het bovenhoofd is gelijk met het bodempeil van de kolk. De deuren openen tegen een drempel met hoogte 0.50 m. Het nivelleersysteem bestaat uit omloopriolen met zijspruiten. Uit het plan kan een bodempeil van het bovenhoofd van TAW + 6.56 m afgeleid worden. De hierbij horende waterhoogte bij het opwaarts streefpeil (TAW +11.46 m) bedraagt 4.90 m.

Figuur 25 – Sluis Kerkhove – doorsnede bovenhoofd

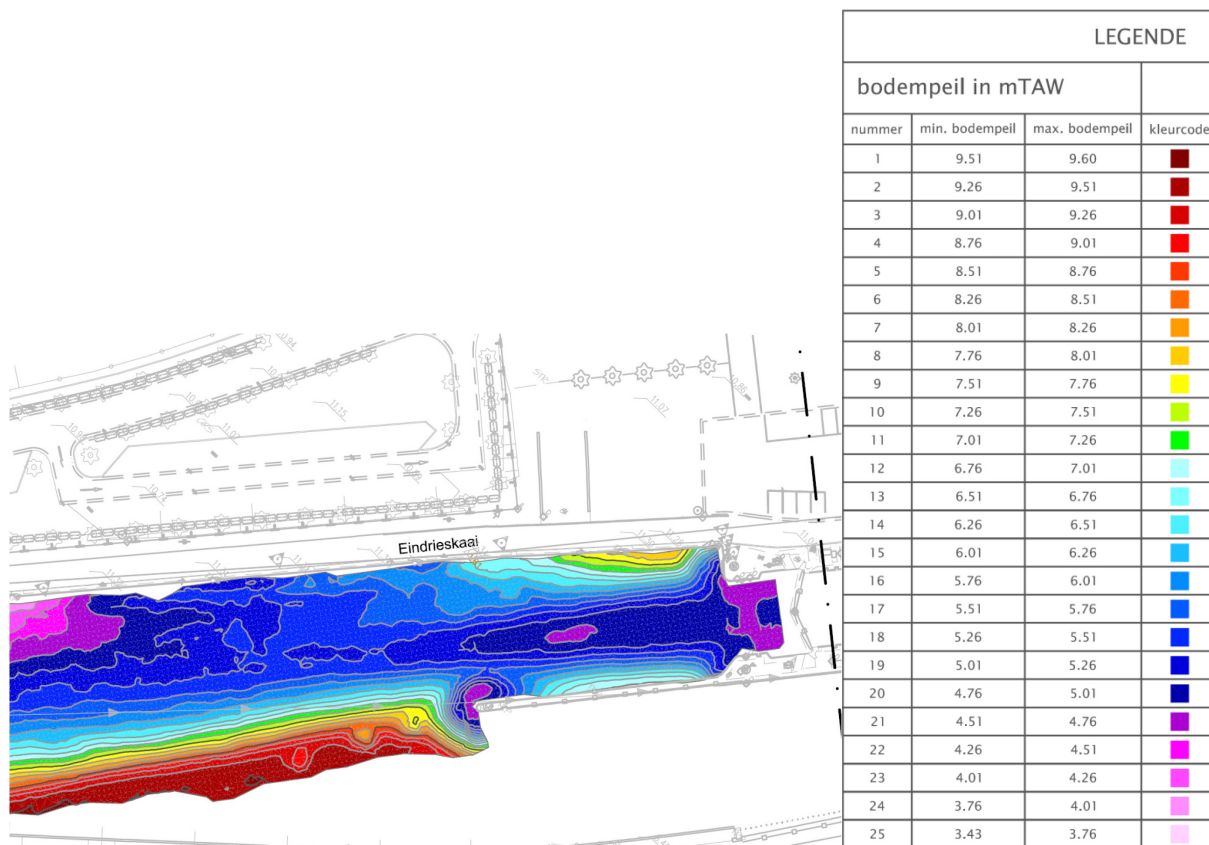


(Waterwegen en Zeekanaal NV, n.d.)

De in 2013 opgemeten bathymetrie opwaarts Kerkhove wordt gegeven in Figuur 26. Bemerkt hierin dat het bodempeil in het dagvlak van de sluis tussen TAW + 6.11 m en TAW +6.61 m ligt, dit komt overeen met het bodempeil op plan (TAW + 6.56 m). Het bodempeil in de center van de vaargeul blijft op dit peil. Aan de oevers in de vaargeul wordt op enkele locaties sedimentatie opgemerkt.

De in 2014 opgemeten bathymetrie opwaarts Oudenaarde wordt gegeven in Figuur 28. Bemerkt hierin een afname van het bodempeil naar het dagvlak van de sluis toe. Deze verdieping wordt, gelet op de uitgestrekte vorm, vermoedelijk veroorzaakt door schroefstraalwerking. Het minimumpeil bedraagt hierbij tussen TAW + 4.51 m en TAW + 4.76 m. Bij het opwaarts streefpeil (TAW + 10.11 m) komt dit overeen met een waterdiepte tussen 5.60 m en 5.35 m.

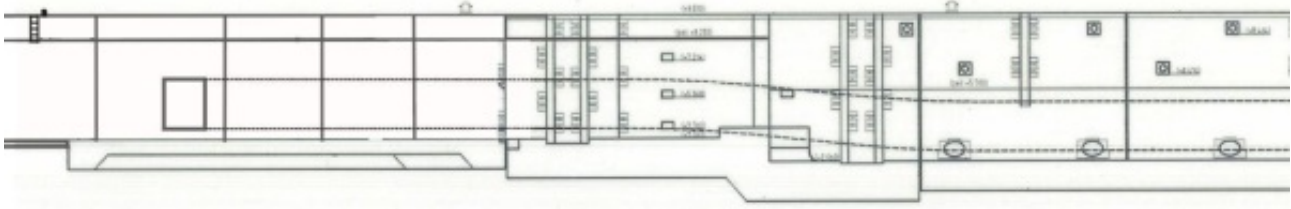
Figuur 28 – Bathymetrie opwaarts sluis Oudenaarde – peiling dd. 24/02/2014



2.4.3 Asper

Een doorsnede van het bovenhoofd van de sluis te Asper wordt gegeven in Figuur 29. Bemerkt hierin dat het bovenhoofd aansluit met het bodempeil van het opwaarts pand. Het nivelleersysteem bestaat uit omloopriolen met zijspruiten. Dit plan lijkt, op uitzondering van de achteraf bijgevoegde normaal peilen, identiek met het plan van de sluis te Oudenaarde (Figuur 27). Het bodempeil van de deurnis in het bovenhoofd bedraagt TAW + 3.26 m. Bij het opwaarts streefpeil (TAW + 8.25 m) komt dit overeen met een waterdiepte 4.59 m.

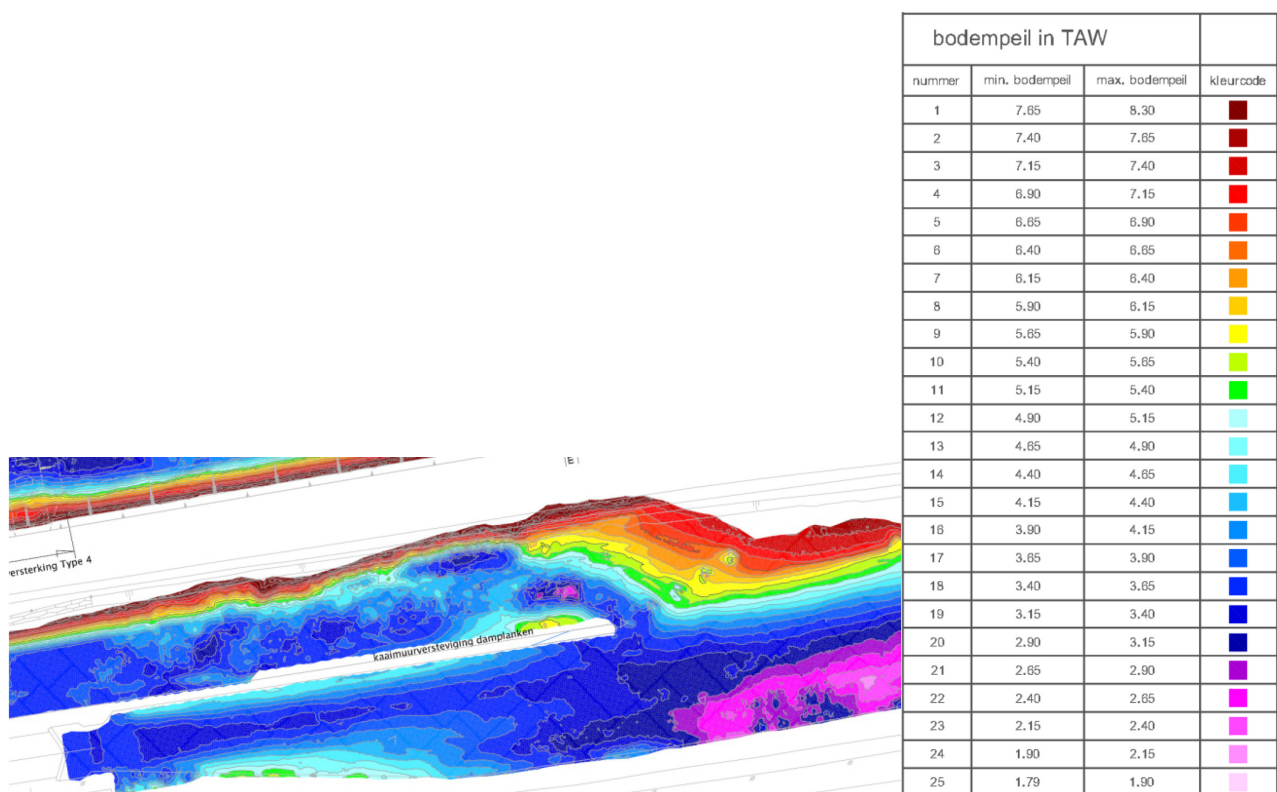
Figuur 29 – Sluis Asper – doorsnede bovenhoofd



(Waterwegen en Zeekanaal NV, n.d.-a)

De in 2015 opgemeten bathymetrie opwaarts Asper wordt gegeven in Figuur 30. Bemerkt dat het bodempeil in de vaargeul naar de sluis een waarde tussen TAW + 3.15 m en TAW + 3.40 m heeft, bij het streefpeil (TAW + 8.25 m) komt dit overeen met een waterdiepte tussen 5.10 m en 4.85 m. Het opgemeten bodempeil komt overeen met het bodempeil van het bovenhoofd op plan (TAW + 3.26 m). Het bodempeil wordt vermoedelijk op peil gehouden door schroefstraalwerking. Aan de oevers van de vaargeul wordt sedimentatie opgemerkt.

Figuur 30 – Bathymetrie opwaarts sluis Kerkhove – peiling dd. 27/10/2015

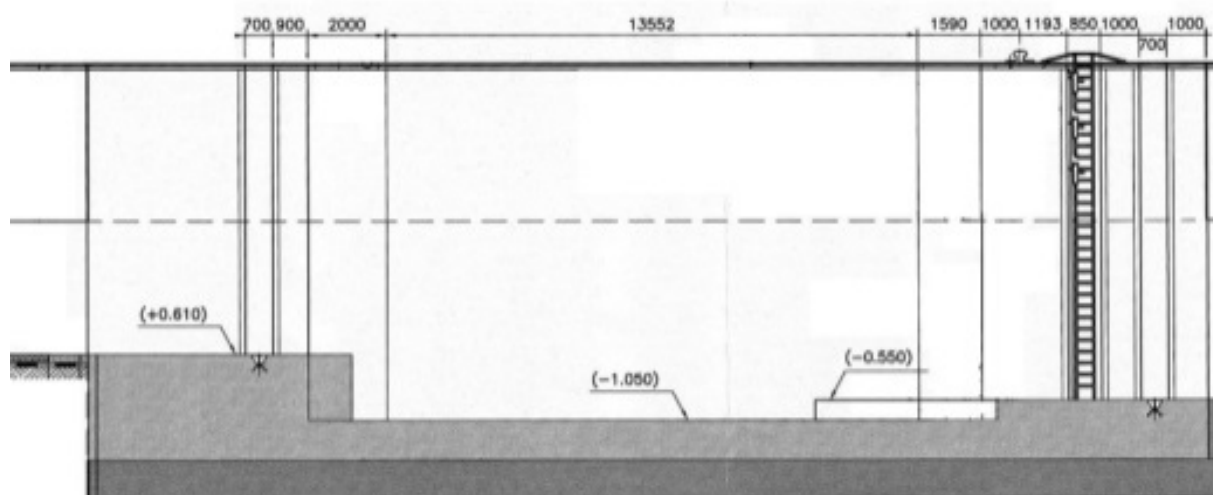


2.5 Ringvaart: Evergem

De sluizen te Evergem maken de verbinding tussen de Ringvaart en het kanaal Gent-Terneuzen. Een doorsnede van het bovenhoofd van de grote sluis te Evergem wordt gegeven in Figuur 31. Het bodempeil van de deurnis in het bovenhoofd van de grote sluis te Evergem ligt op TAW -1.05 m, i.e. 0.5 m lager dan het bodempeil van de kolk (TAW - 0.55 m). De overgang tussen het bodempeil van de deurnis en het bodempeil van het opwaarts pand (TAW + 0.61 m) wordt voorzien door middel van een verticale muur met hoogte 1.66 m. Het normaal peil opwaarts Evergem bedraagt TAW + 5.61 m de hierbij horende waterhoogte boven het bodempeil van de deurnis bedraagt 6.66 m.

Bemerkt dat het concept van de grote sluis te Evergem analoog is met de ontwerpen voor de sluizen te Harelbeke, Sint-Baafs-Vijve, Aalst en Denderbelle: een boven-, midden- en benedenhoofd met drie sets identieke puntdeuren met openingen in de deur als nivelleersysteem. De overgang tussen het bodempeil van het bovenhoofd naar het bodempeil van de deurnis in het bovenhoofd wordt bij de grote sluis te Evergem voorzien door middel van een abrupte overgang, waar dat in de andere sluizen een geleidelijke overgang wordt voorzien.

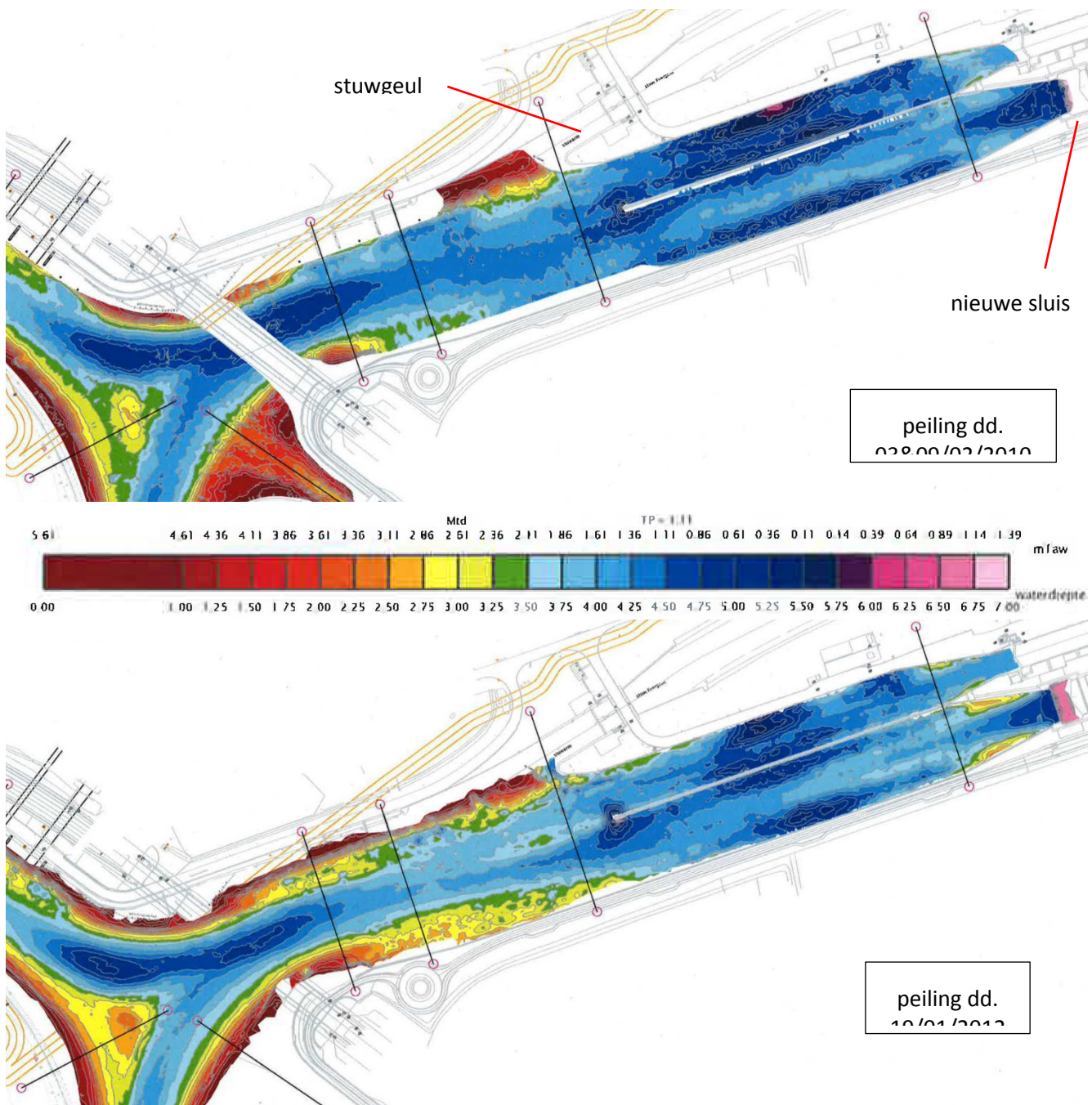
Figuur 31 – Grote sluis te Evergem doorsnede bovenhoofd



(Afdeling Metaalstructuren & W&Z nv Afdeling Bovenschelde, 2002)

W&Z heeft WL een pdf overgemaakt (mail Lien Vanhoutte dd. 4/12/2015) met hierin de tussen februari 2010 en november 2014 uitgevoerde bathymetriemetingen opwaarts het sluizencomplex te Evergem. Hiervan worden de in februari 2010 en in januari 2012 uitgevoerde meting gegeven in Figuur 32. Tussen beide periodes werd niet gebaggerd (het lokaal ruimen van slib in de deurnissen van de sluiskolken buiten beschouwing gelaten).

Figuur 32 – Bathymetrie opwaarts sluisencomplex Evergem



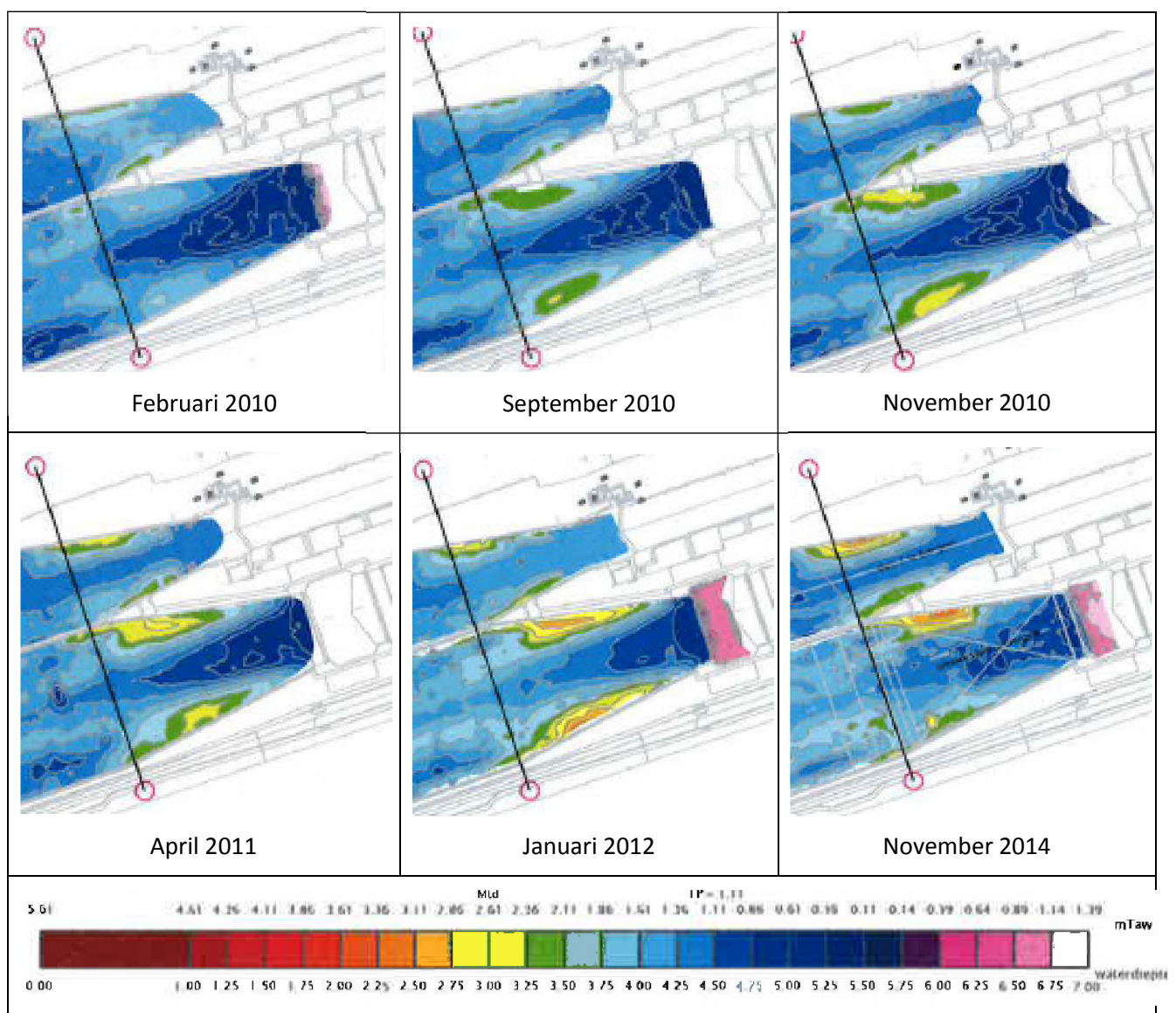
boven : peiling dd. 03&09/02/2010 / onder : peiling dd. 19/01/2012

Merk op dat tussen de in 2010 en de in 2012 uitgevoerde meting opwaarts de scheidingsmuur tussen de twee sluisen sedimentatie aan de oevers optreedt. Ter hoogte van de scheidingsmuur wordt geen sedimentatie aan de kaaimuren opgemerkt, de vermoedelijke verklaring hiervoor is dat de kaaimuren ter hoogte van deze scheidingsmuur gebruikt worden als wachtplaats voor schepen. Ter hoogte van de conische vernauwing van de kaaimuren naar het dagvlak van de grote sluis toe wordt een quasi symmetrische sedimentatie opgemerkt tijdens de in 2012 uitgevoerde peilmeting. Figuur 33 geeft in detail de ontwikkeling van deze sedimentatie weer voor de periode februari 2010 tot november 2014.

In 2014 hebben nog onderhoudsbaggerwerken plaatsgevonden in deze zone. Naarmate de dikte van het sediment pakket toeneemt, groeit de zone ook richting bovenhoofd van de sluis. Naarmate de afstand tussen het sedimentpakket en het bovenhoofd afneemt zal ook het risico op migratie van het sediment naar de verdiepte deurnis toenemen.

Het bodempeil in de voorhaven van de grote sluis is slechts beperkt toegenomen tussen de in 2012 en in 2010 uitgevoerde meting. De betonnen drempel opwaarts de deurnis in de tweede sluis te Evergem ligt op TAW + 0.61 m. Zowel tijdens de in 2010 als tijdens de in 2012 uitgevoerde peilmeting bedraagt het opgemeten peil ter hoogte van deze betonnen drempel ca. TAW + 0.6 m. De waterdiepte, bij een normaal peil: TAW + 5.61 m, bedraagt hier 5.0 m. Vermoedelijk wordt deze zone op een diepte van ca. 5.0 m gehouden door schroefstraalwerking van scheepvaart.

Figuur 33 – Evolutie sedimentatiezones opwaarts sluisen Evergem



2.6 Conclusie

Een analyse werd uitgevoerd van de sluizen op de gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen. Hieruit volgde dat een 8-tal sluizen op gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen een verlaagd bovenhoofd met puntdeuren hebben. Voor deze acht sluizen worden enkel problemen vastgesteld te Geraardsbergen, Idegem en Denderleeuw en de grote sluis te Evergem. Bemerkt hierbij dat de sluizen te Geraardsbergen, Idegem en Denderleeuw op de Dender enkel gebruikt worden door plezier- en passagiersvaart. Dit zijn veelal schepen met beperkte diepgang die in de wintermaanden niet varen.

Voor de sluizen op de Dender volgt duidelijk een aanslibbing van het bodemprofiel opwaarts de sluis wanneer deze in een nevengeul geplaatst wordt. Het naast elkaar plaatsen van sluis en stuw heeft hier een duidelijk voordeel. Er is geen of weinig stroming in de toegangsgeul tot de sluis of de voorhaven. Gesuspendeerd sediment in de waterkolom heeft hier tijd om te sedimenteren op de bodem. Onder invloed van schroefwerking kan het sediment op de bodem zich herverdelen. Dit effect is geïllustreerd aan de hand van Figuur 34, sluizencomplex van Lith, Nederland. De sedimentpluimen als gevolg van de schroefwerking van de manoeuvrerende schepen is duidelijk zichtbaar in de voorhavens. De sluizen van Lith worden verder besproken in paragraaf 4.3.

Figuur 34 – Sluizencomplex Lith: sedimentpluimen in de voorhavens door opwoeling van de gesedimenteerd sediment als gevolg van schroefwerking



De bathymetriemetingen voor de sluizen met een verlaagd bovenhoofd laten een afname van het in bodemprofiel naar het dagvlak van de sluis toe zien. De lengte en vorm van deze overgang kan sterk verschillend zijn, ook per rivier. Wanneer de afname van het bodemprofiel een langgerekte vorm heeft is deze het gevolg van schroefstraalwerking.

Door schroefstraalwerking bij het in- en uitvaren van schepen kan sediment terug in suspensie gebracht worden, waarna het verder kan migreren. Bij een toename van de waterdiepte neemt de invloed van deze schroefstralen af. Voor de representatieve sluizen wordt in Tabel 3 de maximale scheepsklasse en de waterdiepte boven het bovenhoofd getabelleerd. Op basis van de scheepsklasse en de waterdiepte wordt de minimale kielspeling berekend.

Tabel 3 – Scheepsklasse met maximale diepgang en waterdiepte boven bodempeil deurnis bovenhoofd bij het streefpeil voor sluizen met puntdeuren

waterweg	sluis	verval [m]	scheepsklasse	maximale diepgang [m]	waterdiepte boven deurnis bovenhoofd bij streefpeil [m]	minimale kielspeling [m]
Dender	Aalst	1.8	CEMT I	2.3	4.3	2.0
	Denderbelle	2.0	CEMT II	2.5	5.8	3.3
Leie	Menen	1.7	CEMT IV	2.5	6.7	4.2
Bovenschedde	Kerkhove	1.4	CEMT Va	2.6	5.0	2.4
	Asper	2.6	CEMT Va	2.6	5.0	2.4
Ringvaart	grote sluis Evergem	1.2	CEMT Va	3.0	6.7	3.7

(zie ook Bijlage C voor de typische dimensies horende bij de CEMT scheepsklasse)

Zowel Menen, Denderbelle als de grote sluis te Evergem hebben een waterpeil ter hoogte van het bovenhoofd van zes meter en meer. Bovendien is Menen beperkt tot klasse IV schepen en Denderbelle tot klasse II schepen (beide met een maximale diepgang van 2.5 m). Toch blijkt de grote sluis te Evergem gevoeliger voor sedimentatie dan Menen en Denderbelle. Bij Menen en Denderbelle is het bodempeil van het bovenpand vlak voor het dagvlak gelijk aan het bodempeil van het bovenhoofd. Stroomopwaarts neemt de diepte geleidelijk af. Bij Denderbelle is er bovendien geen verdiepte deurnis, maar een opstaande drempel met hoogte 0.5 m. In de sluis te Menen openen de deuren in een lokaal verdiepte deurnis met een hoogte 0.5 m. De opwaartse overgang naar deze verdiepte deurnis gebeurt door middel van een afgeschuinde hoek. Bij de grote sluis te Evergem is de overgang van het bodempeil van de deurnis in het bovenhoofd naar het bovenpand abrupt via een 1.66 m hoge muur. Ten gevolge van schroefwerking kan sediment in suspensie gebracht worden waarna het kan migreren in de voorhaven en de sluis. In de grote sluis te Evergem zijn de deurnissen geplaatst in een abrupte verdieping waardoor het sediment dat zich in de deurnissen opstapelt daarna nog moeilijk verplaatst kan worden. Een lokaal met 0.5 m verdiepte deurnis met opwaarts een afgeschuinde overgang wordt naar het verplaatsen van sediment toe niet merkkelijk nadeliger geacht dan een opstaande drempel.

Menen en Denderbelle hebben bovendien een kleinere voorhaven ten opzichte van Evergem. Het is niet duidelijk in welke mate de grootte van de voorhaven een rol speelt. De breedte van de sluis speelt zeker een belangrijke rol. Ten opzichte van de toegelaten CEMT klasse hebben Denderbelle en Menen in vergelijking met de grote sluis te Evergem een beperkte kolkbreedte. De sluis van Denderbelle heeft een kolkbreedte van 7.5 m voor schepen met een breedte tot 6.6 m en de sluis van Menen heeft een kolkbreedte van 12.5 m voor schepen met een breedte tot 9.5 m. Wanneer een schip de kolk in- of uitvaart zal de retourstroming onder de kiel te Denderbelle en Menen hoger zijn dan in de grote sluis te Evergem die een kolkbreedte heeft van 25.0 m voor schepen met een breedte tot 11.4 m.

Hierbij dient men eveneens op te merken dat de hinder die de deuren ondervinden onder invloed van ophopend slib toeneemt met de deurbreedte. Theoretisch kan verwacht worden dat het benodigd scharniermoment kwadratisch toeneemt bij een toename van de deurlengte. Enerzijds neemt bij een toename van de deurlengte de lengte waarover het slib geaccumuleerd is toe, anderzijds neemt bij een toename van de deurlengte de hefboomarm toe. Dit in de veronderstelling dat het slibpakket gelijkmatig verdeeld is over de breedte van de deur en zo een uniform verspreide tegendruk genereerd. In de deurnis in het bovenhoofd van de sluis te Denderbelle werd tijdens de bodembemonstering van november 2015 wel degelijk cohesief (kleihoudend) sediment aangetroffen, zie ook Hoofdstuk 3 en Bijlage B. Ook te Geraardsbergen werd een sliblaag in de kolk aangetroffen zonder dat dit de werking van de deuren verhinderde, zie paragraaf 4.1.

3 Analyse Bodemstalen

Op 22 en 23 november 2015 werden aan de hand van een Van Veen grijper, Figuur 35, bodemstalen genomen opwaarts van de sluizen Evergem, Sint-Baafs-Vijve, Denderbelle, Denderleeuw en Idegem. De stalen werden genomen ter hoogte van de deurnissen, in de voorhaven en langs de oevers, zie Bijlage B voor de exacte locaties. De stalen werden geanalyseerd op korrelverdeling door het Sedimentologisch Laboratorium van het WL.

Figuur 35 – Van Veen grijper



In de deurnissen van de grote sluis te Evergem en Sint-Baafs-Vijve werd geen sediment aangetroffen. Doordat de deurnis van de grote sluis te Evergem nog gereinigd werd in november, werd ook hier geen sediment teruggevonden. De sluis van Sint-Baafs-Vijve wordt genivelleerd door middel van een nivelleersysteem met een woelkelder afgesloten door een hefdeur. Bij het openen van de hefdeur ontstaat er een sterke stroming vlak boven de bodem ter hoogte van het bodemhoofd, die het bodemhoofd vrij houdt van sediment. Men kan echter verwachten dat het meer stroomopwaarts bemonsterd sediment representatief is voor het sediment dat zich anders opstapelt in de deurnissen. Bij de andere sluizen op de Dender werd wel sediment aangetroffen in de deurnissen, eveneens te Denderbelle waar weinig hinder door sedimentatie ondervonden wordt. Het sediment dat aangetroffen werd in de deurnis kent dezelfde granulaire verdeling als centraal in de vaargeul in de voorhaven van de sluis, zie Bijlage B. Slib dat aangetroffen werd ter hoogte van de oevers of kade heeft over het algemeen een iets fijnere samenstelling, slibrijker, dan centraal in de vaargeul.

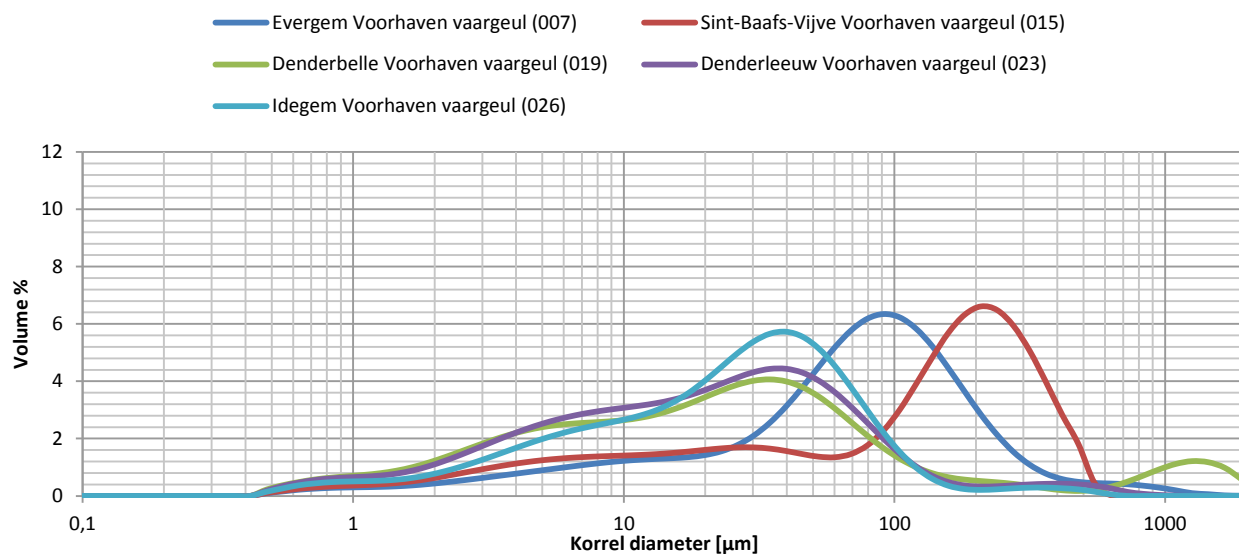
Onderstaande figuren geven de granulaire samenstelling van de verschillende stalen genomen in de voorhavens/toegangsgeulen/deurnissen. Figuur 36 geeft het percentage klei (korreldiameter $< 4\mu\text{m}$), silt ($4 < d < 64\mu\text{m}$) en zand ($d > 64\mu\text{m}$) per bodemstaal. Figuur 37 geeft het volledige spectrum van de korrelverdeling per staal. De bodemstalen op de Dender bevatten een kleiminerale fractie (Adriaens, 2015) tussen 10 en 20 % en een zandfractie tussen 5 en 10 %. De zandfractie bestaat vooral uit fijn zand kleiner dan $100\mu\text{m}$. Tussen de verschillende sluizen op de Dender onderling is er weinig variatie in samenstelling waar te nemen.

Ook Sint-Baafs-Vijve en Evergem vertonen sterke gelijkenissen in korrelverdeling. De ringvaart wordt gevoed door de Leie en de Bovenschelde. Ten opzichte van de stalen genomen op de Dender kennen de stalen van Evergem en Sint-Baafs-Vijve een hogere zandfractie, tussen de 50 en 65%, al werden er op sommige plaatsten ook monsters genomen die slechts 20 tot 30% zand bevatten. Te Evergem was dit nabij de oever of kade. In Sint-Baafs-Vijve was dit ter hoogte van de binnenbocht van de stuwgeul (jachthaven), waar onder invloed van spiraalstromingen fijn sediment afgezet kan worden. Maar ook in het begin van de voorhaven werd er centraal in de vaargeul slibrijker materiaal aangetroffen. Ten opzicht van Evergem bestaat de zandfractie te Sint-Baafs-Vijve uit iets grover zand van 100 tot 300µm. Zanderig sediment zal sneller bezinken en wordt moeilijker in suspensie gebracht. Zanderig materiaal zal ook meer weerstand bieden eens het zich ophoopt in de verdiepte deurnissen. Door het hogere zandgehalte wordt verwacht dat mitigerende maatregelen zoals het gebruik van een airlift weinig efficiënt zullen zijn voor de sluis van Evergem.

Cohesief sediment daarentegen biedt in vloeibare toestand weinig weerstand. Wanneer het slib echter niet in beweging gehouden wordt, bijvoorbeeld door het openen en sluiten van de deuren, heeft het de kans om te consolideren. Wanneer het slib consolideert neemt de densiteit en de weerstand toe.

Figuur 36 – Vergelijking samenstelling bodems voorhavens sluis Evergem, Sint-Baafs-Vijve, Denderbelle, Denderleeuw en Idegem

Figuur 37 – Korrelverdeling voor de bodemstalen genomen in de opwaartse voorhavens van sluis Evergem, Sint-Baafs-Vijve, Denderbelle, Denderleeuw en Idegem



4 Rondvraag

Om na te gaan of er in de huidige situatie op de Dender problemen met sedimentatie vastgesteld worden en hoe hiermee omgegaan wordt, werd een overleg gehouden met de beheerder. Een verslag van dit overleg wordt gegeven in paragraaf 4.1. Na beëindigen van advies 14_179 (Vercruysse *et al.*, 2015) was er nog enige onduidelijkheid over de frequentie waarmee de deurnissen van de grote sluis te Evergem gereinigd worden. In paragraaf 4.2 wordt de vaststellingen met betrekking tot sedimentatie in de grote sluis te Evergem sinds november 2014 gegeven. De tweede sluis te Lith op de Maas is geometrisch sterk gelijkend op de grote sluis te Evergem. De ervaringen met betrekking tot sedimentatie in de tweede sluis te Lith zijn opgevraagd bij de beheerder. Deze worden opgenomen in paragraaf 4.3. De conclusies worden samengevat in paragraaf 4.4.

4.1 Dender

Op 27/11/2015 heeft WL een overleg gehad met de beheerder. Tijdens dit overleg werd gevraagd naar de ervaringen met sedimentatie op de Dender en hoe hiermee omgegaan wordt:

- Om de sedimentatie op de Dender in evenwicht te houden wordt jaarlijks systematisch geploegd op de kritieke locaties. Op sommige locaties wordt, indien nodig, bijkomende halfjaarlijks geploegd. De locatie van deze halfjaarlijkse locaties wisselt.
- 1 à 2 maal per dag vaart een spits of kempenaar de Dender op naar de fabriek Amylum, gelegen ter hoogte van de sluis te Aalst. In de bestaande toestand is de sluis van Aalst slechts passeerbaar voor schepen CEMT I. Opwaarts van deze sluis is er een zwaaiком. De nieuwe sluis zal opwaarts van deze zwaaiком geplaatst worden. De zwaaiком zal uitgebreid worden naar CEMT klasse II waardoor CEMT II schepen die de fabriek Amylum aandoen hier kunnen keren.
- In de sluis te Denderleeuw worden soms problemen met sedimentatie vastgesteld, waarna het sediment weggegrepen wordt met een kraan.
- In de sluis van Geraardsbergen werd een sedimentlaag met een dikte van ca. 1.40 m vastgesteld. Bij deze toestand konden de deuren in het boven- en benedenhoofd nog normaal geopend worden.
- Het sediment wordt opwaarts de sluizen weggesleept tot een aanvaardbaar niveau voor de aanwezige scheepvaart. De toegelaten diepgang op de Dender tussen Geraardsbergen en Aalst bedraagt 1.9 m. Het sediment wordt hierbij dus niet verwijderd tot op het bodempeil van het bovenhoofd.

In navolging van dit gesprek werd op 18/12/2015 een mail overgemaakt met de te ploegen zones.

- Ter hoogte van de sluizen
 - standaard wordt opwaarts, in de kolk en afwaarts geploegd.
- Ter hoogte van de plotse verbreding van de sectie waardoor in een gedeelte geen stroming optreedt.
 - in de zwaaikommen op- en afwaarts Aalst. Uit de plannen van de in 2012 uitgevoerde bathymetrie meting volgt een sterke sedimentatie in deze zwaaikommen,
 - jachthaven 't Schipken opwaarts Idegem RO (ter hoogte van "De Gavers").

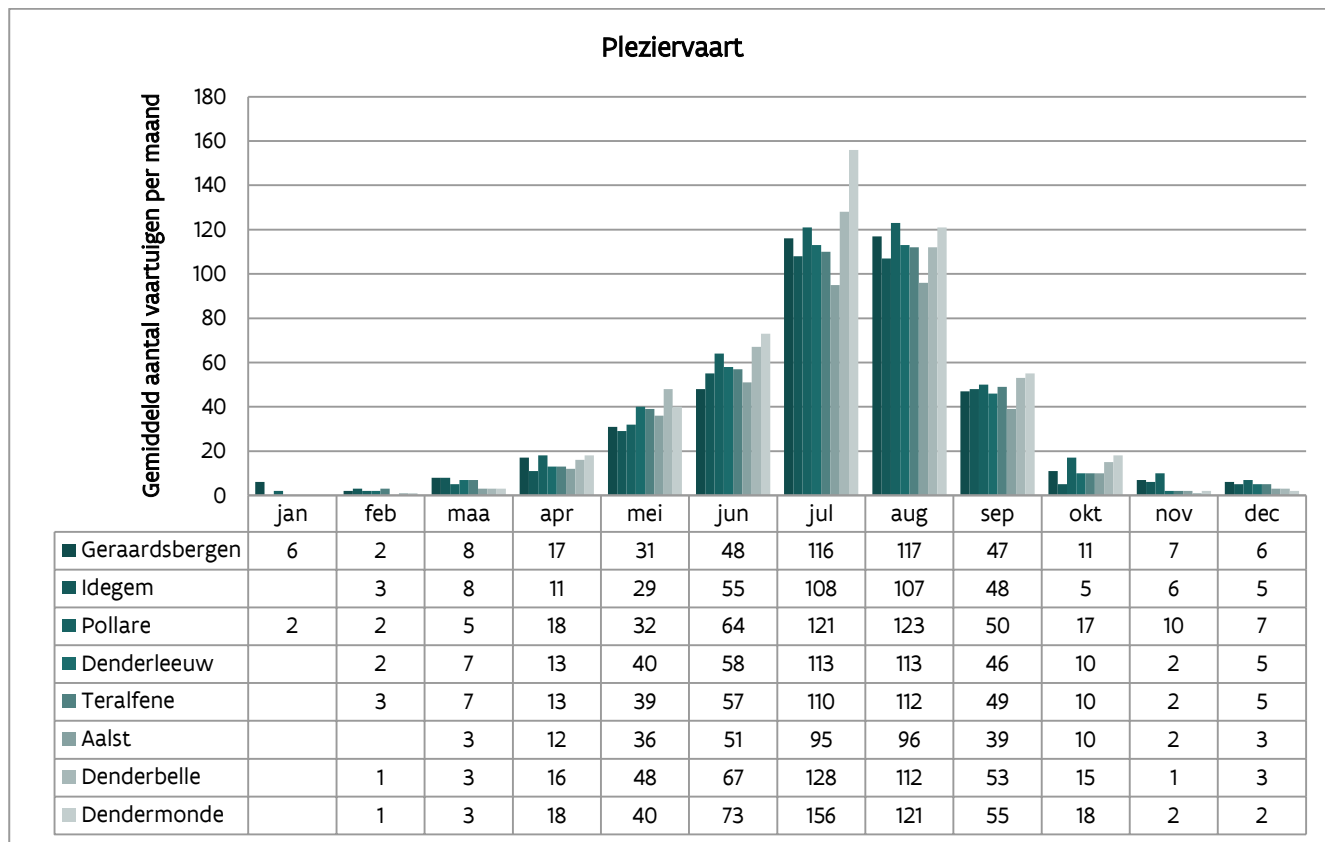
- Overige secties:
 - afwaarts Dendermonde moet meerder keren per jaar intensief geploegd worden,
 - slibway Dendermonde + Overgang van gekanaliseerde Dender naar oude Dender,
 - slibway Denderleeuw opwaarts voetgangers- en fietsersbrug Schiptrekkersbrug LO,
 - aan de zandhandel beneden de zwaai kom Denul (terreinen LO te Hofstade ter hoogte van de Doorsteeklaan (Terrein was van Holcim-Interbeton en is opgekocht door De Nul voor oprichting schrijnwerkerij),
 - jachthaven Geraardsbergen,
 - bocht van Aalst – Beneden de Zwartehoekbrug RO Pierre Corneliskaai,
 - Aalst Centrum recht tegenover de jachthaven,
 - alle bruggen waar een vernauwde doorgang is,
 - het volledige traject tussen Dendermonde en Geraardsbergen heeft hier en daar plaatselijke ophopingen die moeten weggewerkt worden,
 - samenvloeiing van vaargeul en stuwgeul Denderbelle, afwaartse zijde.

Een overzicht van de ploegwerkzaamheden per dag voor de periode 2/06/2014 tot 03/04/2015 werd overgemaakt aan WL. Deze gegevens, samengevat in een beschrijving per dag, worden gegeven in bijlage A. De volledige periode bevatte 305 dagen. Gedurende deze periode werd 67 dagen geploegd op de Dender waarvan:

- 40 dagen geploegd ter hoogte van de sluis te Dendermonde. Waarvan
 - 19 dagen: ½ dag afwaarts en ½ dag opwaarts,
 - 17 dagen: afwaarts,
 - 4 dagen: sluis kolk.
- 2 dagen Terafene
 - 1 dag: afwaarts,
 - 1 dag: locatie niet gekend.
- 2 dagen Geraardsbergen
 - 1 dag: afwaarts,
 - 1 dag: locatie niet gekend.
- 3 dagen Idegem
 - 1 dag: afwaarts,
 - 2 dagen: locatie niet gekend.
- 2 dagen Denderleeuw
 - 1 dag: afwaarts,
 - 1 dag: locatie niet gekend.
- 5 dagen geploegd te Aalst locatie niet gekend.
- 6 dagen geploegd te Denderbelle locatie niet gekend.

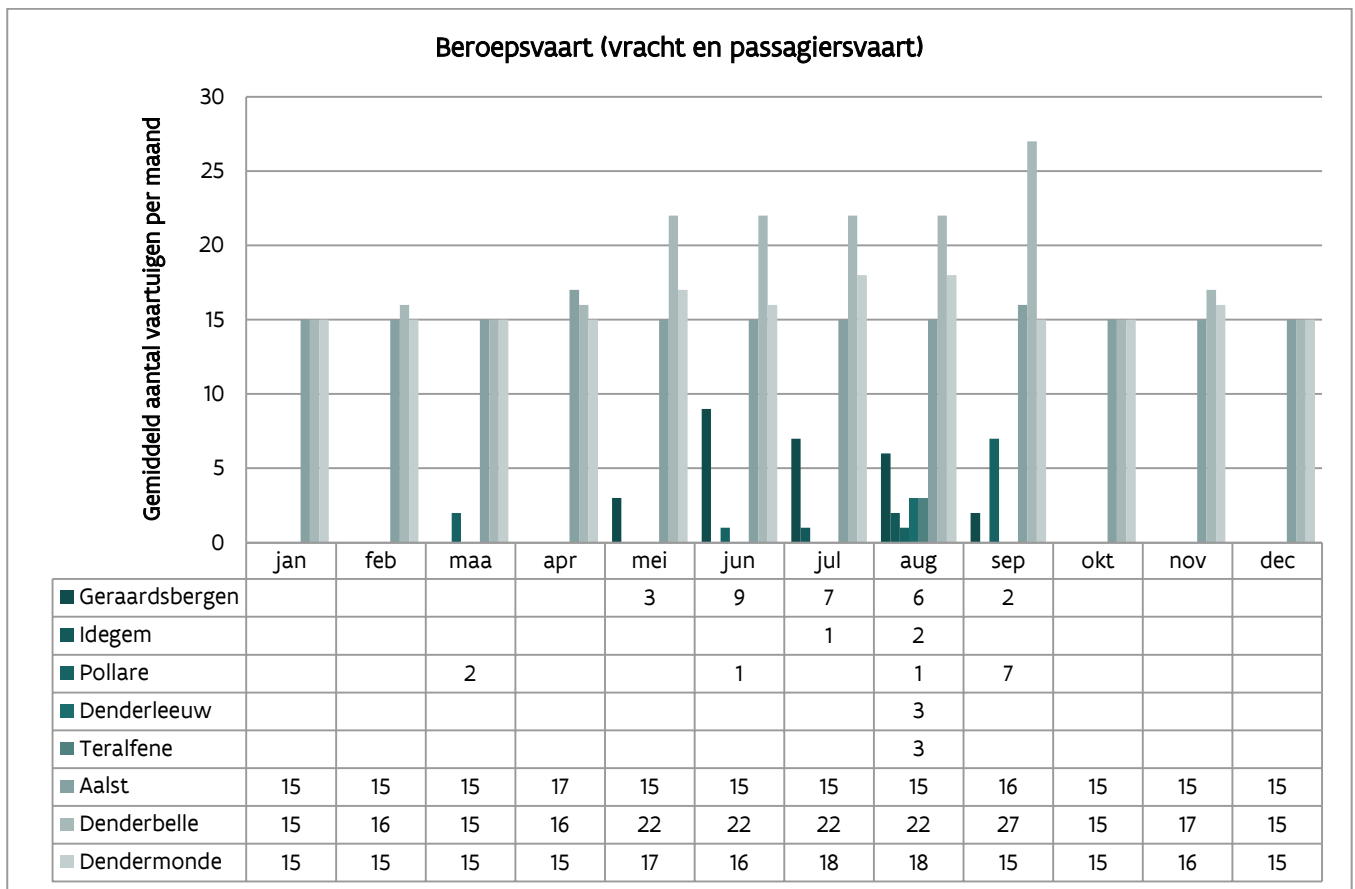
Het aantal verschutte pleziervaartuigen per maand voor de sluizen op de Dender wordt gegeven in Figuur 38. Deze data zijn gemiddelde voor de jaren 2013, 2014 en 2015.

Figuur 38 – Gebruiken sluizen op de Dender door pleziervaart: gemiddeld aantal pleziervaartuigen per maand per sluis (periode 2013 - 2015)



De sluizen boven Aalst worden beroepsmatig enkel voor passagiersvaart gebruikt. De sluizen Aalst, Denderbelle en Dendermonde worden wel voor vrachtvervoer gebruikt. Voor vrachtvervoer werden geen exacte cijfers meegedeeld. Het aantal schepen per dag wordt geschat op één à twee, onafhankelijk van het seizoen. Het gebruik voor beroepsvaart is gegeven in Figuur 39

Figuur 39 – Gebruik sluizen Dender door de beroepsvaart (passagiersvaart en vrachtvervoer).
De sluizen boven Aalst worden uitsluitend gebruikt voor passagiersvaart.



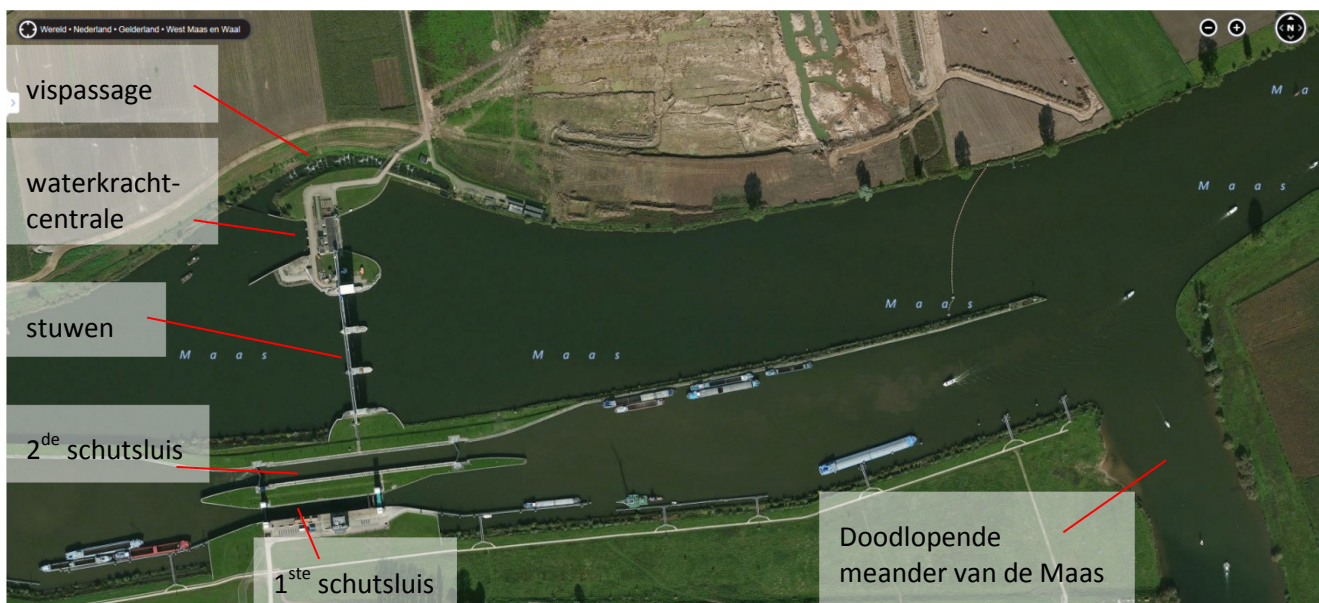
Het gebruik van de sluizen op de Dender is sterk seizoen afhankelijk. In de winterperiode kan het voorkomen dat in de sluizen opwaarts Aalst een volledige maand niet geschut wordt. In de zomerperiode stijgt de trafiek merkkelijk tot gemiddeld een 3-tal schuttingsen met plezier- / passagiersvaart per dag in de periode juli- augustus voor alle sluiscomplexen.

4.2 Evergem

In kader van advies 14_179 (Vercruysse *et al.*, 2015) werd gevraagd naar de frequentie waarop de deurnissen te Evergem gereinigd werden. Hieruit volgde dat het sediment in de deurnissen 6 maandelijks en na iedere was het sediment verwijderd wordt. Om een beter zicht hierop te krijgen heeft WL de bathymetriemetingen in de voorhaven en de tijdstippen en beschrijving van de events waarop geruimd wordt in de nissen of gebaggerd wordt in de voorhaven opgevraagd. De bathymetrie gegevens werden besproken in paragraaf 2.5. Hiernaast wordt door W&Z ook nog volgende beschrijving van events gegeven:

- september 2014 : opwaartse voorhaven grote sluis (deels) + grote sluis (3 sluishoofden, 2 kolken)
 - grote sluis : overgrote meerderheid aanwezig in opwaarts sluishoofd; in afwaartse kolk en afwaarts sluishoofd relatief weinig slib, wel (afval)hout op bodem; totaalvolume : ca. 1500 ton,
 - opwaartse voorhaven : geruimd om instroom naar pas geruimde grote sluis initieel te beperken; totaalvolume : ca. 3500 ton.
- maart-april 2015 : bocht RV-KGO (zone 01) + wachthaven LO (zone 02) + wachthaven RO (zone 03) + intake stuw (zone 04) + scheiding geul kleine sluis / grote sluis (zone 05) + aansluiting naar K1 (zone 10)
 - gepland structureel onderhoudsbaggerwerk,
 - totaalvolume ca. 40.000 m³,
 - duikinspectie nissen ca. april 2015 : nissen ruimen nog niet nodig.
- november 2015 : deurnissen grote sluis en opwaarts kleine sluis
 - aanleiding: sluisdeuren (opwaarts) bereiken eindstand niet volledig
 - verdeling (ca.):
 - grote sluis : opwaarts 20 ton, midden 15 ton, afwaarts 10 ton. Een totale massa sediment van 20 ton komt overeen met een egale verspreide sedimentlaag in de deurnis met een dikte 0.04 m. Hierbij wordt voor het sediment een gemiddelde densiteit tussen de 1.4 en 1.6 ton/m³ aangenomen en voor de deurnis een oppervlakte 338 m² (kolkbreedte 25 m bij een deurnis lengte 13m).
 - kleine sluis : opwaarts 5 ton.
 - veel (afval)hout aanwezig op bodem wat mogelijks nog meer dan het sediment het functioneren van de sluisdeuren kan verhinderen.

Merk op dat in maart-april 2015 gebaggerd werd tot opwaarts van de scheidsmuur tussen de sluizen. Tussen de in september 2014 en de in november 2015 uitgevoerde ruiming van de deurnissen zit een periode van 14 maand. Dit is merkkelijk langer dan de eerder aangegeven periode van 6 maand waarin de deurnissen geruimd moeten worden. Een mogelijke verklaring hiervoor is, zoals ook aangegeven door W&Z, het ruimen opwaarts van de grote sluis met als doel om de instroom van sediment te beperken.

Figuur 41 – Bovenaanzicht stuwsluizencomplex te Lith op de Maas (www.bing.com/maps)

Voor de specifieke ervaring naar de sedimentatie van de tweede schutsluis te Lith heeft WL contact opgenomen met de beheerder van de Maas in Nederland.

Hieruit volgde dat de opwaartse deurnis van de 2^{de} schutsluis te Lith, sedert de ingebruikname in 2001, nog niet gereinigd is geweest. Als mogelijke verklaring wordt hiervoor enerzijds het veelvuldig gebruik aangehaald en anderzijds de vrij grootte speling tussen bodem en onderkant deur (waardoor er minder uitval is door vervuiling) aangehaald. Het getransporteerde materiaal te Lith zijn veelal schelpen en fijn grind.

Niet specifiek voor de sluis te Lith wordt opgemerkt:

- Bij een beperkte kielspeling wordt het sediment verplaatst.
- Door het draaien van de deuren verplaatst het aanwezige sediment zich in de nis achter de deur. Het gesedimenteerde materiaal in de deurnissen betreft zand, grind en slib. Door het aanwezige sediment kan het voorkomen dat de deur de eindstand niet meer bereikt. Deze beschrijving komt overeen met de vastgestelde sedimentatie in de grote sluis te Evergem.
- De deurnissen kunnen manueel gereinigd worden door middel van een kraan met een grijper, zoals ook toegepast in de deurnissen van de grote sluis te Evergem. Een draadgrijper heeft de voorkeur boven een hydraulisch grijper omdat hiermee de kans op schade aan de kolkbodem afneemt.
- Indien een kraan met grijper praktisch niet mogelijk is kan het slib opgewoeld worden door middel van luchtballen geïnjecteerd door een duiker. Uit de in kader van advies 14_179 uitgevoerde rondvraag volgde dat deze procedure ook wordt toegepast door W&Z.
- Het sediment kan opgevangen worden in een slibvang opwaarts van het bovenhoofd. Deze slibvang dient gemonitord te worden en bijtijds leegemaakt te worden.
- Het slib kan ook verpompt of weggeblazen worden.

4.4 Conclusie

De sluizen op de Dender opwaarts Aalst worden uitsluitend gebruikt door plezier- en passagiersvaartuigen. Het gebruik van deze sluizen is hierdoor sterk seizoen afhankelijk waarbij in de winter een hele maand geen schutting kan gebeuren en in de zomermaanden tot gemiddeld 3 à 4 schuttingen per dag gedaan worden. De sluizen te Dendermonde, Denderbelle en Aalst worden 1 à 2 keer per werkdag gebruikt door beroepsvaart. De sluizen opwaarts Aalst worden geploegd tot een waterdiepte van 1.60 m. Bemerk dat dit opmerkelijk minder diep is dan de waterdiepte boven het bovenhoofd die 3.5 à 4.0 m bedraagt. Enkel voor de sluis te Denderleeuw werd al enkele keren vastgesteld dat de deuren niet volledig meer konden worden geopend, waarna het slib met een kraan verwijderd werd. Voor het bovenhoofd van de sluis te Denderbelle zijn geen problemen met sedimentatie gekend, echter werd er tijdens het bemonsteren (november 2015) wel slibrijk sediment aangetroffen in de deurnis.

In de voorhaven van de grote sluis te Evergem werd in september 2014 met een overdiepte gebaggerd. Hierdoor was het pas na 14 maanden nodig om sediment uit de nissen van de deuren te ruimen in plaats van de gebruikelijke 6 maanden.

Bij de nieuwe sluis te Lith op de Maas die een gelijkaardig concept heeft als de grote sluis te Evergem zijn geen problemen gekend met sedimentatie. Toch wordt melding gemaakt van soortgelijke sedimentatie als deze te Evergem in de deurnissen op andere sluizen. Dit sediment wordt bij voorkeur geruimd met een kraan met grijper en indien dit praktisch niet mogelijk is, wordt door een duiker het sediment verwijderd door luchtbellen te injecteren.

5 Sluizen in ontwerpfase

In paragraaf 5.1 wordt een analyse uitgevoerd van het ontwerp voor de nieuwe sluis te Denderbelle. In een eerste advies werd reeds een analyse uitgevoerd voor het ontwerp van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve. De nieuwe inzichten opgedaan in kader van dit advies worden in paragraaf 5.2 toegepast voor het ontwerp van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve.

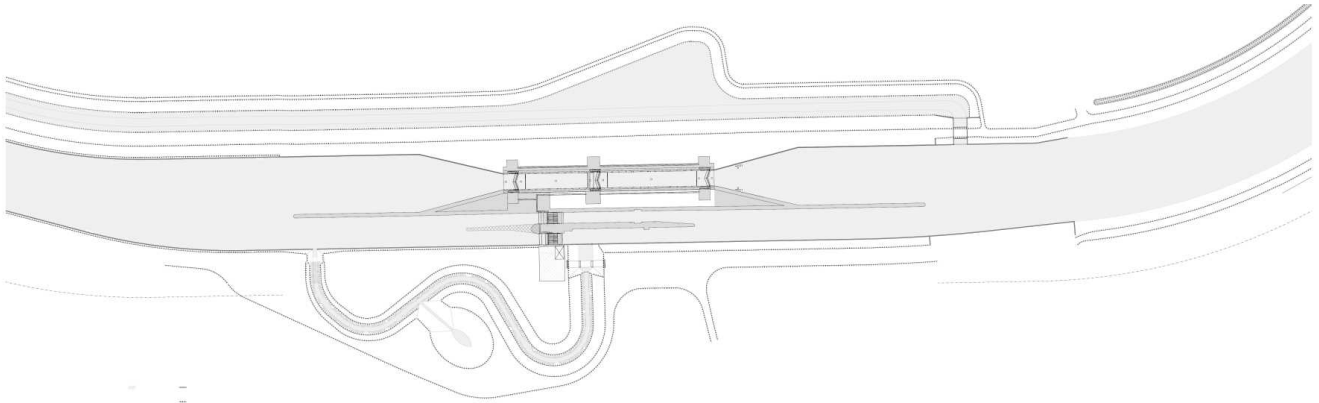
5.1 Nieuwe sluis te Denderbelle

Een bovenaanzicht van het huidige en het ontwerp van het nieuwe stuwsluiscomplex te Denderbelle wordt gegeven in Figuur 42 respectievelijk Figuur 43. De huidige sluis heeft een lengte 55 m en een breedte 7.5 m. De nieuwe sluis zal met een lengte 132 m tussen de uiterste roldeuren en een breedte 10.5 m aanzienlijk groter zijn. Door middel van een set middendeuren kan de sluis opgedeeld worden in een opwaartse kolkhelft met lengte 56.5 m en een afwaartse kolkhelft met lengte 75.5 m.

Figuur 42 – Bovenaanzicht huidig stuwsluiscomplex te Denderbelle (www.geopunt.be)

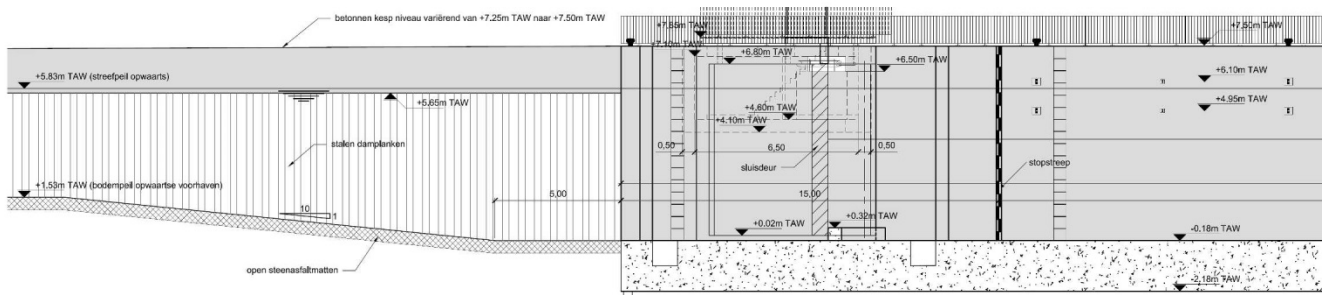


Figuur 43 – Bovenaanzicht ontwerp nieuw stuwsluiscomplex te Denderbelle (SBE, 2011a)



Een doorsnede van het ontwerp van de nieuwe sluis wordt gegeven in Figuur 44. Merk op dat dit plan verouderd is en dat de peilen van de kolkbodem en drempel met 0.5 m verlaagd dienen te worden. Het nieuwe bodempeil van de kolk en het bovenhoofd komt op TAW - 0.78 m. De deuren openen tegen een opstaande drempel met peil TAW - 0.28 m. De waterdiepte boven het bodempeil van de deurnis in het bovenhoofd, bij het streefpeil in het opwaarts pand, bedraagt hierbij 6.61 m.

Figuur 44 – Bovenhoofd sluis Denderbelle (SBE, 2011b)



(verouderd ontwerpplan peil kolkbodem en drempel dient met 0.50 m verlaagd te worden ten opzichte van dit plan)

In het ontwerp van de nieuwe sluis te Denderbelle ligt het bodempeil van het bovenhoofd gelijk met het bodempeil van de kolk. Dit is analoog met de huidige sluis te Denderbelle. Het bodempeil van de nieuwe sluis zal 0.78 m lager liggen ten opzichte van de huidige sluis (TAW - 0.78 m ten opzichte van TAW 0.00 m). De waterdiepte boven het bodemhoofd, bij het streefpeil in het opwaarts pand (TAW + 5.83 m), neemt hierdoor toe van 5.83 m naar 6.61 m. In paragraaf 2.6 wordt voor een aantal representatieve sluisen in Vlaanderen de waterdiepte boven het bovenhoofd gegeven. De maximale waterdiepte boven het bodempeil van de deurnis voor een sluis zonder gekende sedimentatieproblematiek bedroeg 6.7 m in de sluis te Menen. De waterdiepte boven de verdiepte deurnis in de grote sluis te Evergem bedraagt 6.7 m. In de sluis te Menen worden schepen tot een CEMT klasse IV met een diepgang tot 2.5 m verschut en in de grote sluis te Evergem worden schepen tot een CEMT klasse V met een diepgang tot 3.0 m verschut. Na de opwaardering van de Dender zal in een eerste fase de diepgang beperkt zijn tot 2.50 m in een tweede fase zal de diepgang toenemen tot 3.0 m.

Uit de rondvraag voor de sluis te Lith op de Maas (paragraaf 4.3) volgde dat de deurnissen van het bovenhoofd niet geruimd moeten worden. De uit plan afgeleide waterdiepte boven de verdiepte deurnis in de sluis te Lith ligt tussen 5.8 m en 11.3 m. Bemerk dat de sluizen te Menen, Evergem, Lith en Denderbelle qua sediment en scheepvaart karakteristieken verschillend zijn.

In de grote sluis te Evergem en de sluis te Lith openen de deuren in een verdiepte bak wat ook verschillend is ten opzichte van de sluis te Menen, de huidige sluis te Denderbelle en het ontwerp van de nieuwe sluis te Denderbelle. De nieuwe sluis te Denderbelle zal naast de huidige sluis (aan linkeroever zijde) gebouwd worden waarna in de huidige sluis een nieuwe stuw geplaatst wordt. Net zoals in de huidige situatie, zal de nieuwe sluis zich aan de binnenzijde van de bocht bevinden. Het schutvolume voor de nieuwe sluis met de uiterste deurcombinatie neemt met een factor 3.36 toe ten opzichte van de huidige sluis. Per schutting zal dus een aanzienlijk groter volume water en sediment verplaatst worden naar de voorhaven.

De sedimentatie die momenteel optreedt ter hoogte van het bestaande bovenhoofd vormde tot heden weinig hinder voor de goede werking van de sluisdeuren. Door de grotere diepte, de grotere voorhaven en het groter schutvolume zal de kans op sedimentatie ter hoogte van het bovenhoofd toenemen. Omdat de deuren breder worden zullen de krachten op de deuren eveneens toenemen. De deuren hebben echter een breedte vergelijkbaar met Menen, dit is minder dan de helft van de grote sluis te Evergem. Ook de diepte ter hoogte van het bovenhoofd is vergelijkbaar met Menen. In Denderbelle wordt enkel een opstaande drempel voorzien in plaats van een verdiepte deurnis. Aangenomen wordt dat een deurnis met een abrupte overgang, zoals in de grote sluis te Evergem, nadelig is voor het verplaatsen van sediment. Een lokaal met 0.5 m verdiepte deurnis met opwaarts een afgeschuinde overgang, zoals in de sluis te Menen, lijkt naar het vasthouden van sediment toe niet merkkelijk nadeliger dan een opstaande drempel. Algemeen kan gesteld worden dat de dimensies van de sluis het meest vergelijkbaar zijn met de sluis te Menen op de Leie. De samenstelling van het sediment op de Dender verschilt wel van het sediment op de Leie. Voor de sluizen op de Dender werden kleinere zandfracties in het sediment gevonden dan voor de sluizen op de Leie. Zanderig sediment bezinkt sneller, biedt meer weerstand tegen het openen van de deur en wordt moeilijker opgewoeld. Cohesief slib daarentegen biedt in vloeibare toestand minder weerstand, tenzij het de gelegenheid krijgt om te consolideren. Hinder door sedimentatie is echter niet volledig uit te sluiten. Verondersteld wordt dat het risico kleiner zal zijn dan te Evergem.

5.2 Nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve

Een uitgebreide bathymetrische en geometrische analyse van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve werd reeds uitgevoerd in Vercruysse et al. (2015). Bemerk hierbij dat sinds het vorige advies de kolkbreedte voor de nieuwe sluis aangepast werd van 12.5 m naar 16.0 m. De bodempeilen en het type nivelleersysteem (een verlaagd bovenhoofd en een nivelleersysteem bestaande uit openingen in de puntdeuren) zijn behouden. Qua geometrie en sediment karakteristieken heeft de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve sterke gelijkenissen met de sluis te Menen en de grote sluis te Evergem. De sluis te Menen wordt niet gekenmerkt door significante sedimentatie, de grote sluis te Evergem wel. Een vergelijking tussen deze sluizen wordt gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 – Vergelijking ontwerp nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve met de sluis te Menen en de grote sluis te Evergem.

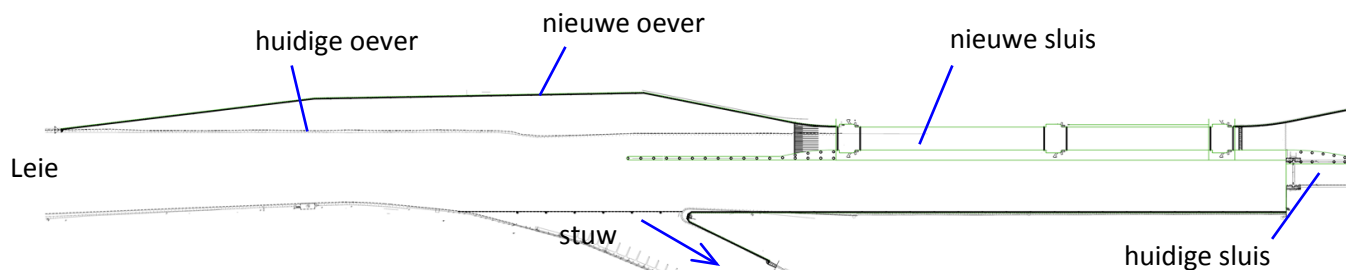
waterweg	sluis	kolk lengte	kolk- breedte [m]	verval [m]	schut- volume [m ³]	scheeps- klasse (huidige situatie)	maximale diepgang [m]	waterdiepte boven deurnis bovenhoofd bij streefpeil [m]	minimale kielspeling [m]
Leie	Menen	203	12.5	1.7	4314	CEMT IV	2.5	6.7	4.2
	Nieuwe sluis Sint- Baafs- Vijve	258	16.0	2.4	9901	CEMT Va	2.8 ²	7.6	4.8
Ringvaart	grote sluis Evergem	260	25.0	1.2	7800	CEMT Va	3.0	6.7	3.7

De waterdiepte boven de deurnis in het bovenhoofd van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve (7.6 m) is 0.9 m hoger dan bij de sluis te Menen (6.7 m) en de grote sluis te Evergem (6.7 m). De minimale kielspeling te Sint-Baafs-Vijve (4.8 m) bij de huidige toegelaten diepgang is 0.6 m hoger dan in de sluis te Menen en 1.1 m hoger dan in de grote sluis te Evergem (3.7 m). Een grotere minimale kielspeling wordt nadelig geacht omdat het opwoelend effect van schroefstraalwerking afneemt, hiernaast neemt ook de snelheid van de retourstroming af. De toekomstige toegelaten diepgang te Sint-Baafs-Vijve bedraagt 3.5 m. De minimale kielspeling zal hierbij afnemen tot 4.1 m. Dit komt overeen met de huidige minimale kielspeling te Menen en is nog 0.4 m hoger dan de huidige minimale kielspeling te Evergem. De kolkbreedte van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve bedraagt 16.0 m. Dit is breder dan de sluis te Menen (12.5 m) maar smaller dan de grote sluis te Evergem (25.0 m). Een grotere kolkbreedte wordt als nadelig beschouwd omdat de retourstroming onder de kiel bij in- of uitvaren kleiner zal zijn. Ook neemt het benodigde scharniermoment kwadratisch toe met de lengte van de deur (in de veronderstelling dat het slibpakket gelijkmatig verdeeld is over de breedte van de deur). De hoeveelheid naar de voorhaven verplaatst sediment is evenredig met het schutvolume van de sluis. Het schutvolume van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve is 130 % groter dan de sluis te Menen en 27 % groter dan de grote sluis te Evergem.

Een bovenaanzicht van de ligging van de nieuwe sluis ten opzichte van de huidige sluis wordt gegeven in Figuur 45.

² De huidige toelaatbare diepgang in de sluis te Sint-Baafs-Vijve is 2.8 m.
De ontwerpdiepte voor de nieuwe sluis is 3.5 m.

Figuur 45 – Bovenaanzicht Sint-Baafs-Vijve - huidige en ontwerp situatie



(o.b.v. cad tekening mail Charlotte Beels dd. 9/09/2016)

De nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve wordt in een aftakking geplaatst die aansluit op de buitenzijde van een bocht in de Leie. De locatie is opwaarts ten opzichte van de huidige sluis. Bemerkt hierbij dat in de huidige situatie deze locatie niet gekenmerkt wordt door sterke sedimentatie.

Uit de analyse van de bodemstalen volgt dat de het sediment opwaarts de sluizen te Sint-Baafs-Vijve en Evergem sterke gelijkenissen vertonen in korrelverdeling. De zandfractie van het sediment te Sint-Baafs-Vijve en Evergem bedraagt tussen de 50 % en 65 % met een gemiddelde korreldiameter tussen de 100 en 300 μm . Zanderig sediment zal sneller bezinken en wordt moeilijker in suspensie gebracht. Zanderig materiaal zal ook meer weerstand bieden eens het zich ophoopt in de verdiepte deurnissen. Door het hogere zandgehalte wordt verwacht dat mitigerende maatregelen zoals het gebruik van een spuien, jets of een airlift weinig efficiënt zullen zijn voor de nieuwe sluis van Sint-Baafs-Vijve. Het voordeel van de zandfractie is dat deze zich over de bodem verspreidt (via saltatie) en dus beperkt in suspensie hoger boven de bodem zal verplaatsen. Hierdoor kan getracht worden om deze zandfractie af te vangen in een zandvang (zie ook paragraaf 4.3). Een zandvang dient tijdig geruimd te worden. Hiervoor moet de sedimentatie in de zandvang gemonitord worden. De auteurs van dit rapport hebben geen kennis van ontwerpregels voor een zandvang.

De nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve heeft een risico op sedimentatie. In de huidige sluis wordt een type nivelleersysteem toegepast waarbij in de deurnis geen sedimentatie kan optreden. Het ontwerp van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve vertoont sterke gelijkenissen met de sluis te Menen opwaarts de Leie en de grote sluis te Evergem op de ringvaart. In de sluis te Menen wordt geen significante sedimentatie opgemerkt en dient niet gebaggerd te worden, in de grote sluis te Evergem treedt wel significante sedimentatie op en dient er gebaggerd te worden. Ten opzichte van de grote sluis te Evergem wordt de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve op enkele punten voordeliger geacht: de overgang van de deurnis in het bovenhoofd naar het opwaarts bodempeil wordt niet gekenmerkt door een plotse overgang op het einde van de deurnis en de deuren zijn minder breed. De minimale kielspeling te Sint-Baafs-Vijve is echter groter dan in de grote sluis te Evergem. Op basis hiervan wordt besloten dat sedimentatie te verwachten valt. Door het hoge zandgehalte wordt verwacht dat mitigerende maatregelen zoals spuien of het gebruik van jets of een airlift weinig efficiënt zullen zijn voor de nieuwe sluis van Sint-Baafs-Vijve.

6 Conclusies

In kader van het Seine-Scheldeproject en de opwaardering van de Dender naar klasse CEMT IV tot Aalst worden nieuwe sluizen gebouwd op de Leie te Harelbeke en te Sint-Baafs-Vijve en op de Dender te Denderbelle. Afdeling Bovenschelde van Waterwegen en Zeekanaal nv (W&Z) heeft aan WL gevraagd om na te gaan of er bij deze sluizen een risico is voor sedimentatie van het bovenhoofd. In een eerste advies (Vercruysse *et al.*, 2015) werd hiervoor een literatuurstudie en een rondvraag uitgevoerd. In dit advies wordt dit uitgebreid met een analyse van de geometrische en bathymetrische gegevens van de sluizen op gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen. Hiernaast zijn voor enkele representatieve sluizen bodemstalen genomen en geanalyseerd. Bijkomend werd navraag gedaan naar de actuele ervaringen met betrekking tot sedimentatie op de Dender en bij de tweede sluis te Lith in Nederland.

Uit de analyse van de sluizen op de gekanaliseerde rivieren in Vlaanderen volgde dat een 8-tal sluizen een verlaagd bovenhoofd met puntdeuren hebben. Van deze acht sluizen wordt enkel significante sedimentatie vastgesteld te Geraardsbergen, Idegem en Denderleeuw en de grote sluis te Evergem. Bemerk hierbij dat de sluizen te Geraardsbergen, Idegem en Denderleeuw op de Dender enkel gebruikt worden door plezier- en passagiersvaart. Dit zijn veelal schepen met beperkte diepgang die in de wintermaanden niet varen. Het ontwerp van de grote sluis te Evergem bevat ook een zeer specifiek element dat niet aanwezig is bij de hoger vernoemde sluizen namelijk de abrupte overgang van bovenpand naar deurnis (1.7 m betonnen muur).

Voor de sluizen op de Dender volgt duidelijk een toename van het bodemprofiel opwaarts de sluis wanneer deze in een nevengeul geplaatst wordt. Het naast elkaar plaatsen van sluis en stuw heeft hier een duidelijk voordeel.

De bathymetriemetingen voor de sluizen met een verlaagd bovenhoofd laten een afname van het bodemprofiel naar het dagvlak van de sluis toe zien. De lengte en vorm van deze overgang kan sterk verschillend zijn, ook per rivier. Wanneer de afname van het bodemprofiel een langgerekte vorm heeft is deze het gevolg van schroefstraalwerking. Behalve voor de sluizen te Evergem en Denderleeuw, wordt geen sediment geruimd in de deurnis van het bovenhoofd. Bij werken in de sluis te Geraardsbergen werd een sedimentlaag met een dikte ca. 1.4 m opgemerkt in de kolk, dit gaf echter geen problemen naar het openen van de deuren toe.

Door schroefstraalwerking bij het in- en uitvaren van schepen kan sediment terug in suspensie gebracht worden, waarna het verder kan migreren. Bij een toename van de waterdiepte neemt de invloed van deze schroefstralen af. De sluizen met puntdeuren en een verlaagd bovenhoofd zonder een gekende sedimentatieproblematiek hebben een waterdiepte boven de deurnis van het bovenhoofd tussen 4.3 m (Aalst) en 6.7 m (Menen). De grote sluis te Evergem, die wel gekenmerkt wordt door significante sedimentatie, heeft een waterdiepte boven de deurnis van het bovenhoofd van 6.7 m. Het ontwerp voor de nieuwe sluis te Denderbelle heeft een waterdiepte 6.6 m boven de deurnis van het bovenhoofd. Het ontwerp van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve heeft een waterdiepte 7.6 m boven het bovenhoofd, dit is hoger dan in de huidige sluizen. De nieuwe sluis te Lith op de Maas in Nederland heeft een diepte tussen 5.8 m en 11.3 m, afhankelijk van het opwaarts peil, boven het bodempeil van de deurnis van het bovenhoofd.

In de voorhaven of toegangsgeul tot de sluis (wanneer deze gescheiden is van de nevengeul voor de stuw) is er weinig stroming of staat het water nagenoeg stil. Gesuspendeerd sediment in de waterkolom heeft dan de tijd om te sedimenteren. Onder invloed van de schroefwerking kan dit gesedimenteerde materiaal verder migreren binnen de voorhaven. Wanneer het sediment terecht komt in een verdiepte deurnis kan dit sediment daar ophopen, zeker wanneer de overgang van bovenpand naar bovenhoofd abrupt gebeurt zoals te Evergem. Een dergelijke opstapeling van sediment werd niet waargenomen in de nieuwe sluis te Lith die een analoog ontwerp heeft als de grote sluis te Evergem. Wel werd door de Rijkswaterstraat afdeling Zuid Nederland opgemerkt dat een dergelijke problematiek als deze te Evergem voorkomt bij andere sluizen met puntdeuren, een concreet voorbeeld werd evenwel niet gegeven.

De grote kolkbreedte (25 m) te Evergem zou als nadelig kunnen beschouwd worden omdat de retourstroming onder de kiel bij in- of uitvaren kleiner zal zijn. Ook neemt het benodigde scharniermoment kwadratisch toe met de lengte van de deur (in de veronderstelling dat het slibpakket gelijkmatig verdeeld is over de breedte van de deur). Door de verdiepte deurnis en de abrupte overgang naar het bovenpand kan het sediment dat door de deuren weggeduwd wordt moeilijk ontsnappen.

Een grotere sluiskolk vraagt een groter watervolume tijdens het schutten en dus een grotere uitwisseling tussen rivier en voorhaven en bijgevolg een grotere aanvoer van sediment.

De bodemstalen die genomen werden in de voorhavens van de sluizen van Evergem en Sint-Baafs-Vijve kenden een zandfractie tot 60% en meer. Zanderig materiaal bezinkt sneller, word minder makkelijk opgewoeld en biedt meer weerstand dan het eerder cohesief slib dat aangetroffen werd in de deurnissen en voorhavens van de sluizen op de Dender. Cohesief slib biedt in vloeibare toestand weinig weerstand, tenzij het de gelegenheid krijgt om te consolideren. Regelmatig bedienen van de sluisdeuren houdt het slib vloeibaar en verhindert consolidatie.

De huidige sluis te Denderbelle heeft een verdiept bovenhoofd met puntdeuren, zoals het ontwerp voor de nieuwe sluis. Door de grotere diepte, grotere voorhaven en groter schutvolume zal de kans op sedimentatie ter hoogte van het bovenhoofd toenemen. Omdat de deuren breder worden zullen de krachten op de deuren eveneens toenemen. De deuren hebben echter een breedte vergelijkbaar met Menen, dit is minder dan de helft van Evergem. Ook de diepte ter hoogte van het bovenhoofd is vergelijkbaar met Menen. In Denderbelle wordt enkel een opstaande drempel voorzien in plaats van een verdiepte deurnis. Aangenomen wordt dat een deurnis met een abrupte overgang, zoals in de grote sluis te Evergem, nadelig is voor het verplaatsen van sediment. Een lokaal met 0.5 m verdiepte deurnis met opwaarts een afgeschuinde overgang, zoals in de sluis te Menen, lijkt naar het vasthouden van sediment toe niet merkkelijk nadeliger dan een opstaande drempel. Algemeen kan gesteld worden dat de dimensies van de sluis meest vergelijkbaar zijn met Menen. De samenstelling van het sediment verschilt wel van Menen. Voor de sluizen op de Dender werden kleinere zandfracties in het sediment gevonden dan voor de sluizen op de Leie. Hinder door sedimentatie is echter niet volledig uit te sluiten. Verondersteld wordt dat het risico kleiner zal zijn dan te Evergem.

De nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve heeft een risico op sedimentatie. In de huidige sluis wordt een type nivelleersysteem toegepast waarbij in de deurnis geen sedimentatie kan optreden. Het ontwerp van de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve vertoont sterke gelijkenissen met de sluis te Menen opwaarts de Leie en de grote sluis te Evergem op de ringvaart. In de sluis te Menen wordt geen significante sedimentatie opgemerkt en dient niet gebaggerd te worden, in de grote sluis te Evergem treedt wel significante sedimentatie op en dient er gebaggerd te worden. Ten opzichte van de grote sluis te Evergem wordt de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve op enkele punten voordeliger geacht: de overgang van de deurnis in het bovenhoofd naar het opwaarts bodempeil wordt niet gekenmerkt door een plotse overgang op het einde van de deurnis en de deuren zijn minder breed. De minimale kielspeling te Sint-Baafs-Vijve is echter groter dan in de grote sluis te Evergem. Op basis hiervan wordt besloten dat sedimentatie te verwachten valt. Door het hoge zandgehalte wordt verwacht dat mitigerende maatregelen zoals spuien of het gebruik van jets of een airlift weinig efficiënt zullen zijn voor de nieuwe sluis van Sint-Baafs-Vijve.

7 Referenties

- Adriaens, R.** (2015). Neogene and Quaternary clay minerals in the southern North Sea. Aardkundige Mededelingen, 47. PhD Thesis.: Leuven. 272 pp.
- Afdeling Metaalstructuren; W&Z nv Afdeling Bovenschelde.** (2002). Ringvaart-Noordervak, sluizencomplex te Evergem bouwen tweede sluis Fase 2 Burgelijke Bouwkunde sluis sluishoofd opwaarts bekisting+snedes dd. 10-01-2002
- Beem, R.C.A.; Boogaard, A.; Glerum, A.; de Graaf, M.A.; Henneberque, S.D.; Hiddinga, P.H.; Kranenburg, D.; van der Meer, M.T.J.; Nagtegaal, G.; Van der Paverd, M.; Smink, L.M.C.; Vrijburcht, A.; Weijers, J.** (2000). Ontwerp van schutsluizen: deel 1. Bouwdienst Rijkswaterstaat: Utrecht. ISBN 90-369-3305-6
- Berlamont, J.** (1981). Waterloop- en waterbouwkunde (cursustekst "waterwegen") [CURSUS]. Katholieke Universiteit Leuven. Departement Bouwkunde: Leuven
- Ministerie van openbare werken. Bruggen en Wegen bijzondere dienst van het stroomgebied der Schelde.** (1949). Dender. Sluis te Aalst. Bestaande constructies B3-3087. Kopij van plan goedgekeurd op 25 februari 1862
- Ministerie van openbare werken. Bruggen en Wegen bijzondere dienst van het stroomgebied der Schelde.** (1950). Dender Schutsluis met stuw te Denderbelle plan III langdoorsneden metselwerk. Kopij van goedgekeurd plan gevoegd bij bestek nr. 324 van 1936
- Ministerie van openbare werken. Bruggen en Wegen bijzondere dienst van het stroomgebied der Schelde.** (n.d.) Dender. Sluis te Geraardsbergen. Bestaande constructies B3-3088. Kopij van plan goedgekeurd op 25 februari 1862
- Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.** (2016). Vaarwegen in Nederland (editie november 2016). 355 pp.
- SBE.** (2011, Decembara). Dender – Dendermonde – Aalst. Opwaardering tot klasse IV. Voorontwerp. Deelproject: Stuwsluis te Denderbelle. Grondplan. Plan nummer 7309/V22-D
- SBE.** (2011, Decembarb). Dender – Dendermonde – Aalst. Opwaardering tot klasse IV. Voorontwerp. Deelproject: Stuwsluis te Denderbelle. Langdoorsneden nieuwe en bestaande sluis. Plan nummer 7309/V23-C
- Vercruysse, J.B.; Verelst, K.; Claeys, S.; Peeters, P.; Mostaert, F.** (2015). Sedimentatie in deurnissen van puntdeuren: voorstudie. *WL Adviezen*, 14_179. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Waterwegen en Zeekanaal NV.** (2014). Bericht aan de schipperij (10 september 2014) - TOEGELATEN AFMETINGEN OP DE WATERWEGEN BEHEERD DOOR WATERWEGEN EN ZEEKANAAL NV
- Waterwegen en Zeekanaal NV.** (n.d.a) Sluis te Asper Inspectieplan (patrimonium databank dd. 5/11/2015)
- Waterwegen en Zeekanaal NV.** (n.d.b) Sluis te Kerkhove Inspectieplan (patrimonium databank dd. 5/11/2015)
- Waterwegen en Zeekanaal NV.** (n.d.c) Sluis te St. Baafs-Vijve inspectieplan (patrimonium databank dd. 5/11/2015)
- Waterwegen en Zeekanaal NV.** (n.d.d) Stuwsluis te Harelbeke - sluis Inspectieplan (patrimonium databank dd. 5/11/2015)
- Waterwegen en Zeekanaal NV.** (n.d.e) Stuwsluis te Menen Inspectieplan (patrimonium databank dd. 5/11/2015)
- Waterwegen en Zeekanaal NV; Arcadis.** (2011). Bestaande Toestand: sluis Oudenaarde langssnede 1-1 & 2-2. dd. 20-09-2011

Bijlage A: ploegwerkzaamheden dender 02/06/2014 tot 03/04/2015

datum	locatie	detail locatie	aantal uren	ploegboot
2/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
3/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	12	Conquest 1
4/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	12	Conquest 1
5/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
10/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
11/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	12	Conquest 1
12/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
16/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
17/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
18/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
19/06/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
18/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
19/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
20/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
21/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
25/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	11	Conquest 1
26/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	12	Conquest 1
27/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	12	Conquest 1
28/08/2014	sluis Dendermonde	1/2 dag afwaarts en 1/2 dag opwaarts	10	Conquest 1
2/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1

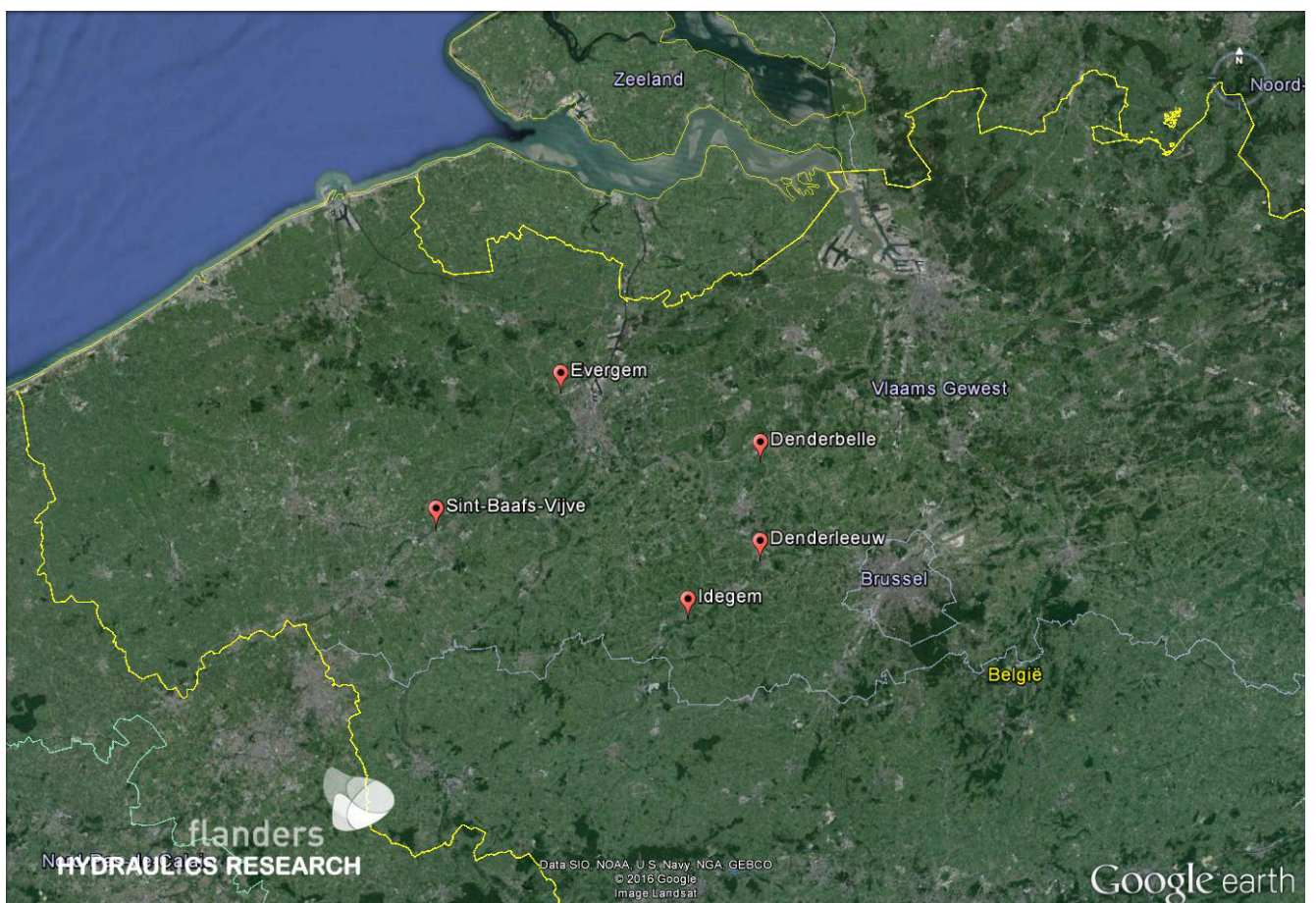
3/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
4/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
8/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
9/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
10/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
11/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
15/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
16/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
17/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
18/09/2014	sluis Dendermonde	afwaarts sluis	11	Conquest 1
22/09/2014	sluis Dendermonde	sluiskolk	10	Conquest 1
23/09/2014	sluis Dendermonde	sluiskolk	10	Conquest 1
24/09/2014	sluis Dendermonde	sluiskolk	10	Conquest 1
25/09/2014	sluis Dendermonde	sluiskolk	10	Conquest 1
29/09/2014	Aalst	bocht van Aalst	7	Conquest 1
30/09/2014	Aalst	bocht van Aalst	11	Conquest 1
1/10/2014	Aalst	bocht van Aalst	11	Conquest 1
2/10/2014	Aalst	bocht van Aalst	11	Conquest 1
21/01/2015	Denderbelle	n.b.	10	n.b.
22/01/2015	Denderbelle	n.b.	10	n.b.
26/01/2015	Denderbelle	n.b.	10	n.b.
27/01/2015	Denderbelle	n.b.	4.5	n.b.
28/01/2015	Denderbelle	n.b.	10	n.b.
29/01/2015	Denderbelle	n.b.	9.5	n.b.
2/02/2015	Dendermonde	afwaarts	5	n.b.
2/03/2015	Dendermonde	afwaarts	10	n.b.

3/03/2015	Dendermonde	afwaarts	10	n.b.
4/03/2015	Dendermonde	afwaarts	10	n.b.
5/03/2015	Dendermonde	afwaarts	10	n.b.
6/03/2015	Dendermonde	afwaarts	5	n.b.
10/03/2015	Idegem	n.b.	8	n.b.
11/03/2015	Idegem	n.b.	10	n.b.
12/03/2015	Schendelbeke	n.b.	10	n.b.
13/03/2015	Schendelbeke	n.b.	5	n.b.
16/03/2015	Geraardsbergen	n.b.	10	n.b.
17/03/2015	Geraardsbergen	n.b.	7	n.b.
23/03/2015	Idegem	afwaarts	4	n.b.
24/03/2015	Denderleeuw	opwaarts	10	n.b.
25/03/2015	Denderleeuw	afwaarts	n.b.	n.b.
25/03/2015	Terafene	afwaarts	3	n.b.
26/03/2015	Terafene	n.b.	n.b.	n.b.
26/03/2015	Aalst	zwaaiikom	6.5	n.b.
30/03/2015	Aalst	n.b.	10	n.b.
31/03/2015	Aalst	n.b.	10	n.b.
1/04/2015	Aalst	n.b.	10	n.b.
2/04/2015	Aalst	n.b.	10	n.b.
3/04/2015	Aalst	n.b.	5	n.b.

Bijlage B: Granulometrie bodemstalen

Figuur 46 geeft een overzicht van de verschillende locaties op de Dender en Leie waar bodemstalen genomen werden. De stalen werden genomen met behulp van een hand-Vanveengrijper opwaarts van de sluizen en ter hoogte van de sluisdeuren. De stalen werden genomen op maandag 22 en dinsdag 23 november 2015. De bodemstalen werden geanalyseerd door het sedimentologisch laboratorium van het Waterbouwkundig Laboratorium. Onderstaande secties geven per sluis de exacte locaties van de stalen en de analyse van de korrelverdeling weer.

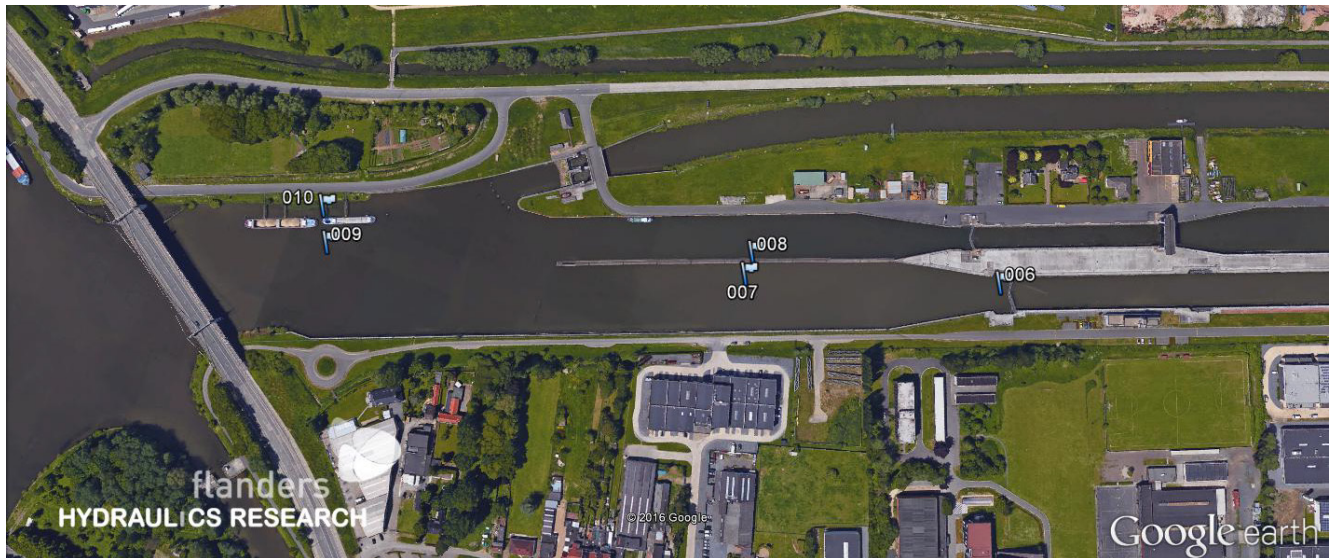
Figuur 46 – Locaties van de sluizen waar stalen werden genomen



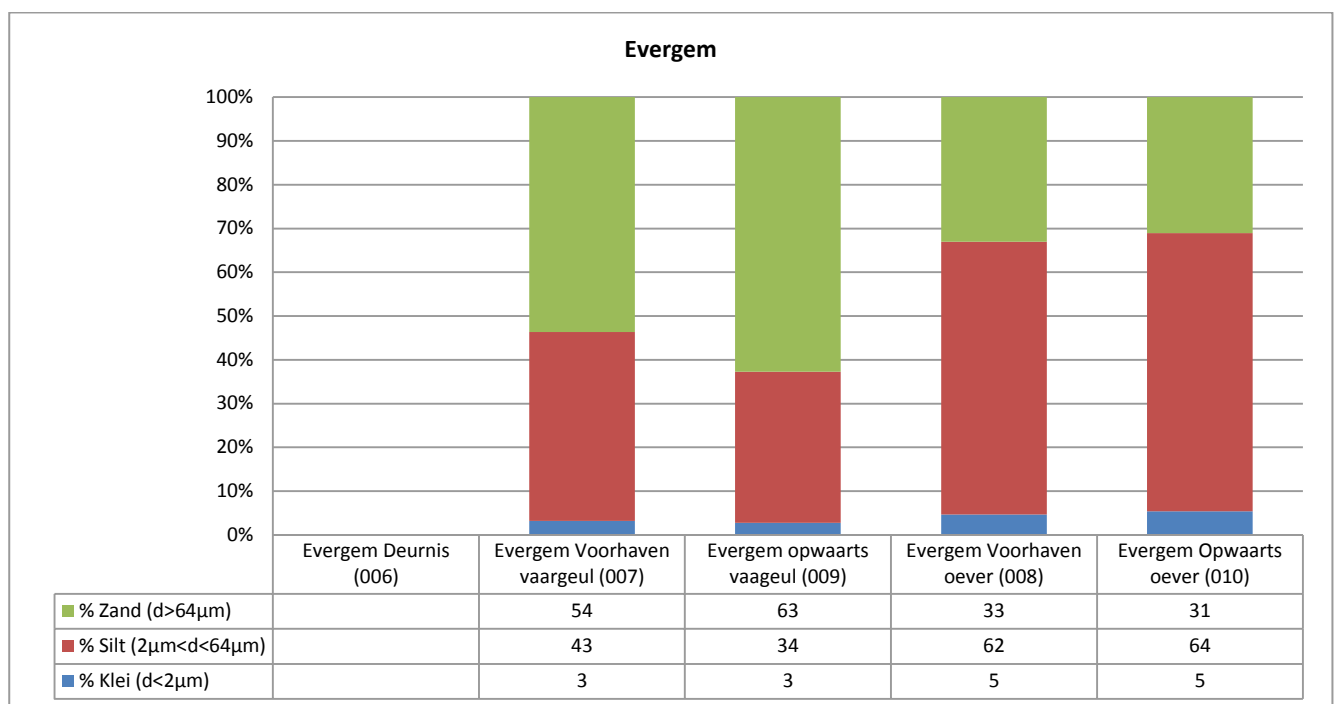
Evergem (maandag 23/11/2015)

Nabij Evergem werden stalen genomen in de voorhaven en stroomopwaarts. In de deurnissen werden op verschillende plaatsen stalen genomen. Hier werd echter geen sediment aangetroffen (Van Veen tot op betonnen plaat).

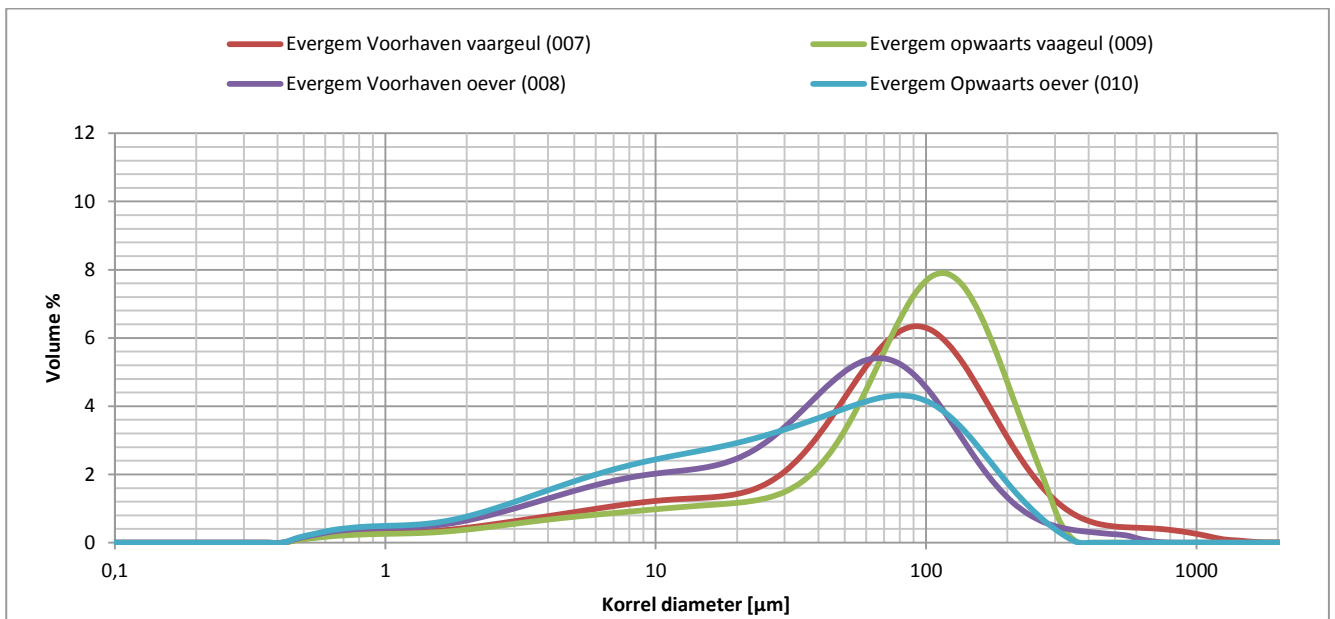
Figuur 47 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Evergem.



Figuur 48 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Evergem



Figuur 49 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Evergem



Sint-Baafs-Vijve (maandag 23/11/2015)

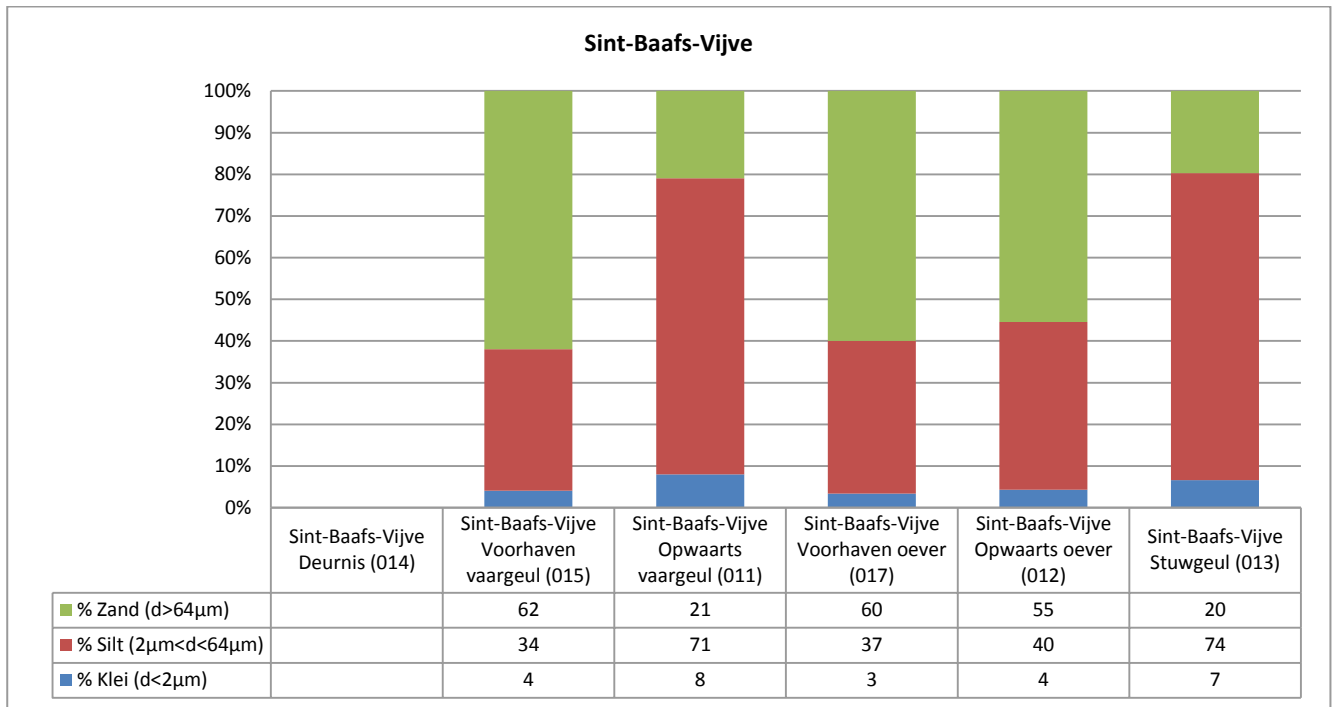
Door motorpech konden er geen stalen genomen worden stroomopwaarts in de vaargeul. Op moment dat stalen 012 en 013 genomen werden lag er een schip met draaiende boegschroef langs de kade te wachten.

In de deurnis werd er geen sediment aangetroffen.

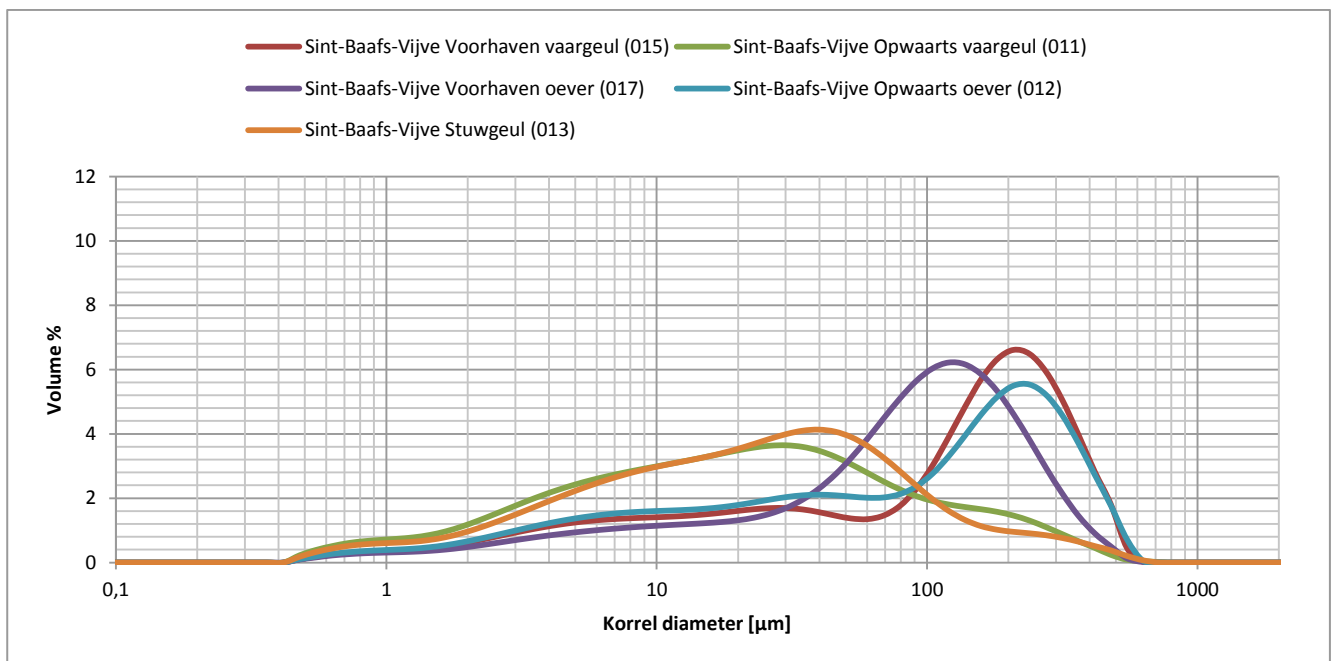
Figuur 50 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Sint-Baafs-Vijve



Figuur 51 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Sint-Baafs-Vijve

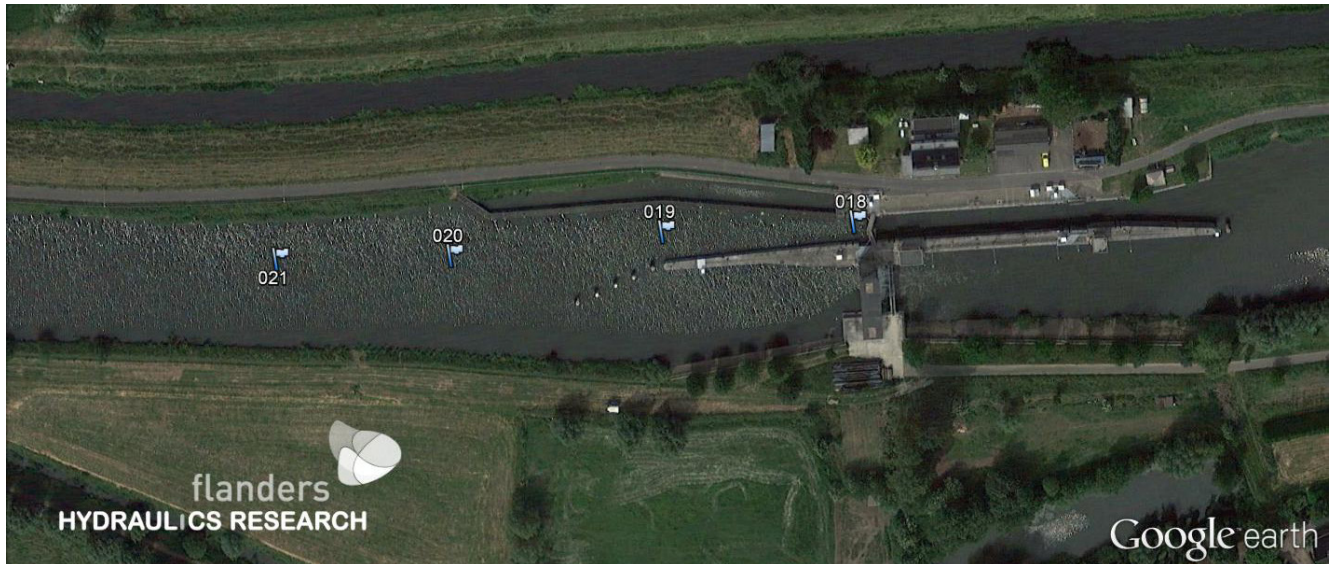


Figuur 52 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Sint-Baafs-Vijve

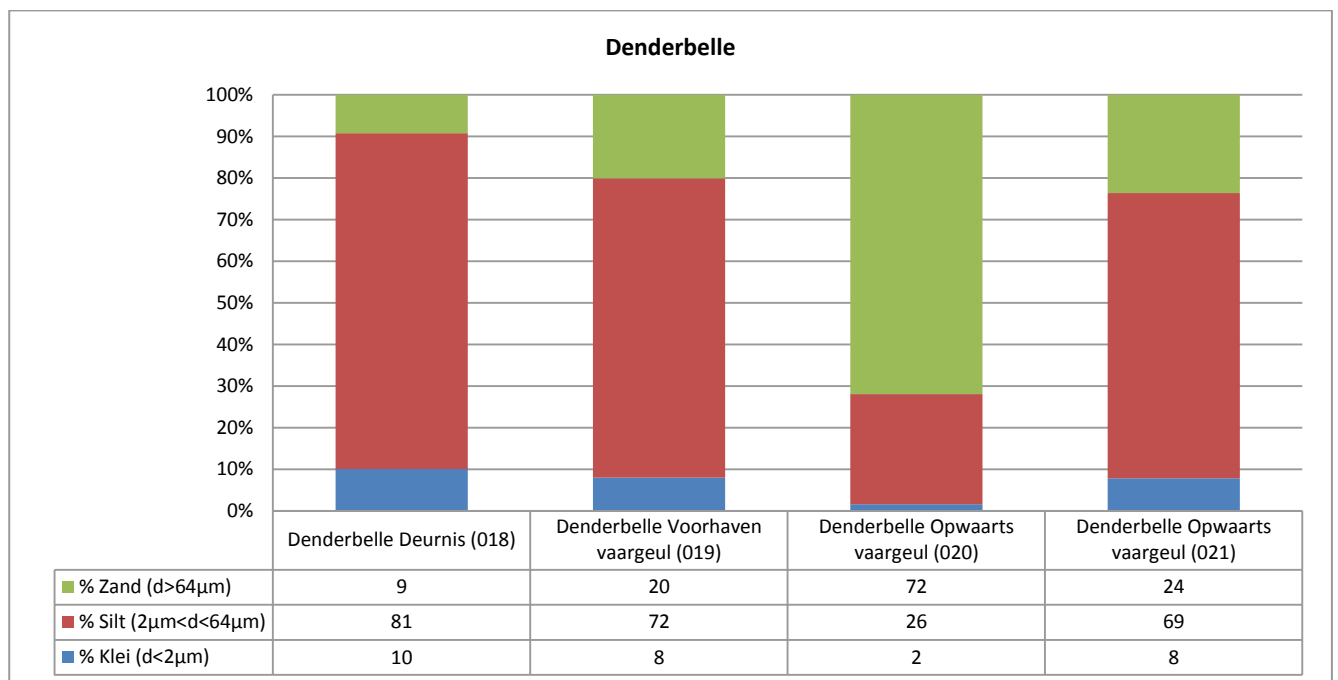


Denderbelle (dinsdag 24/11/2015)

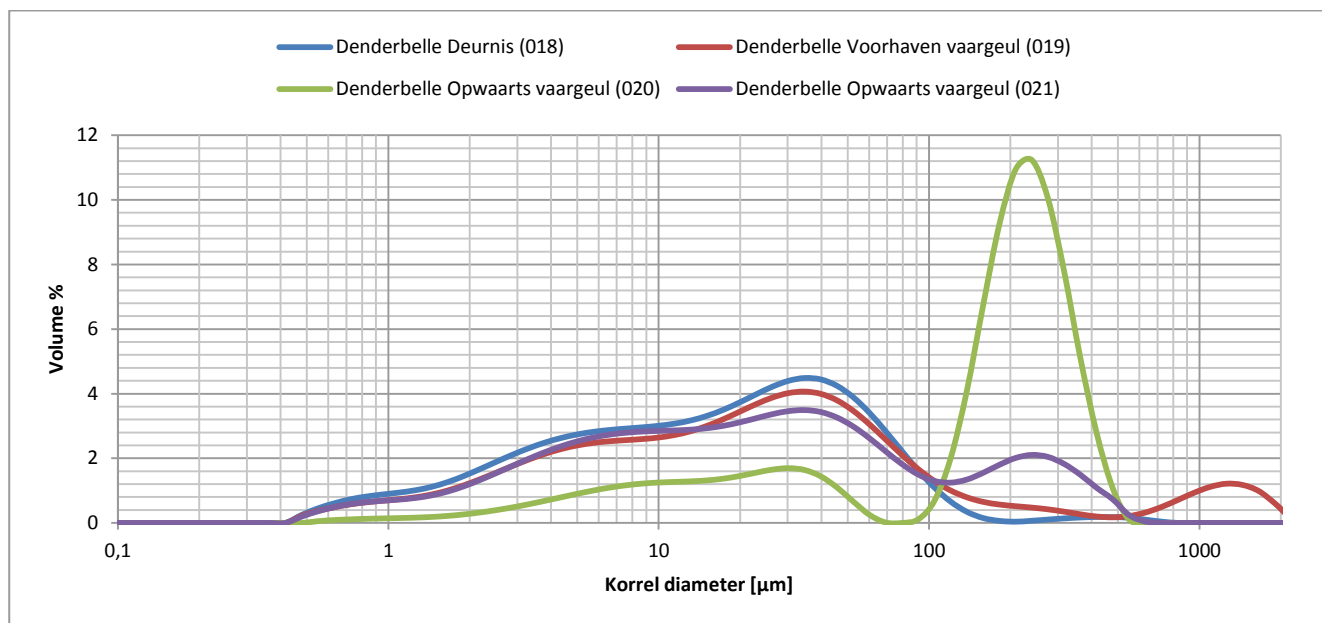
Figuur 53 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Denderbelle



Figuur 54 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Denderbelle

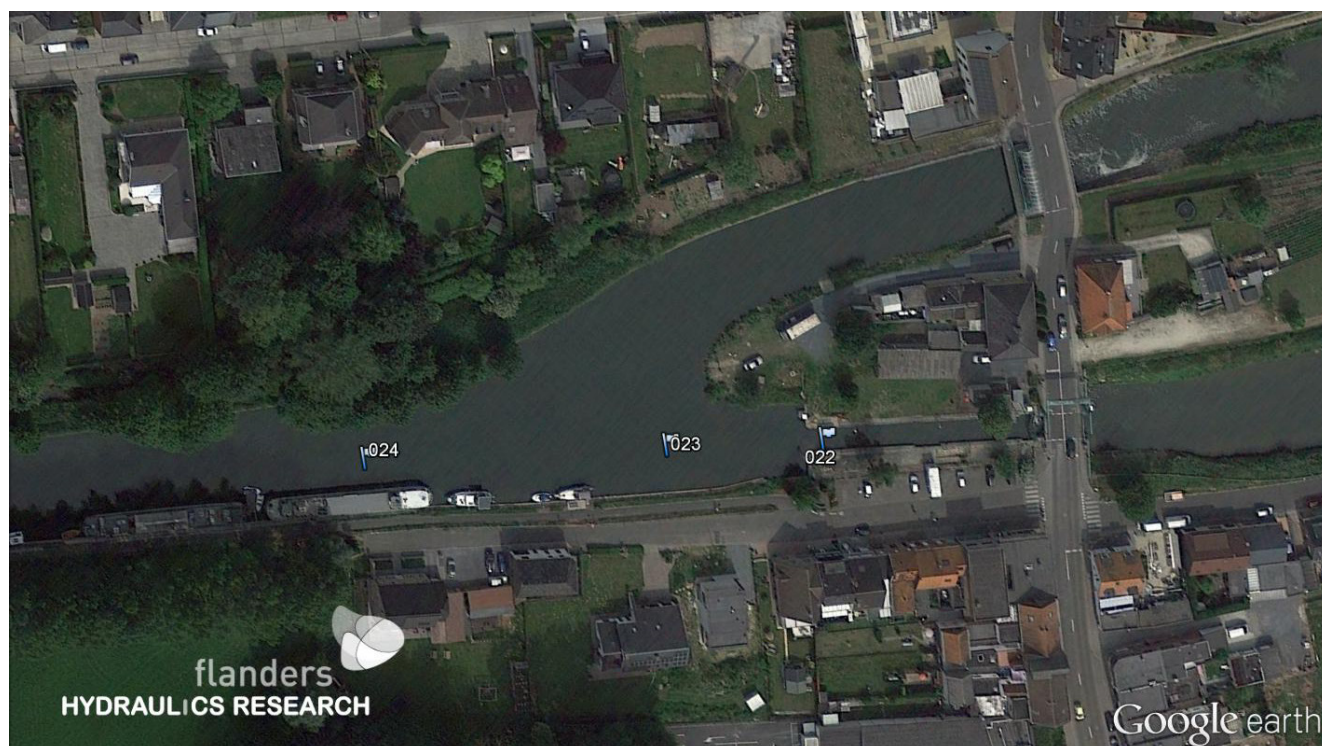


Figuur 55 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Denderbelle

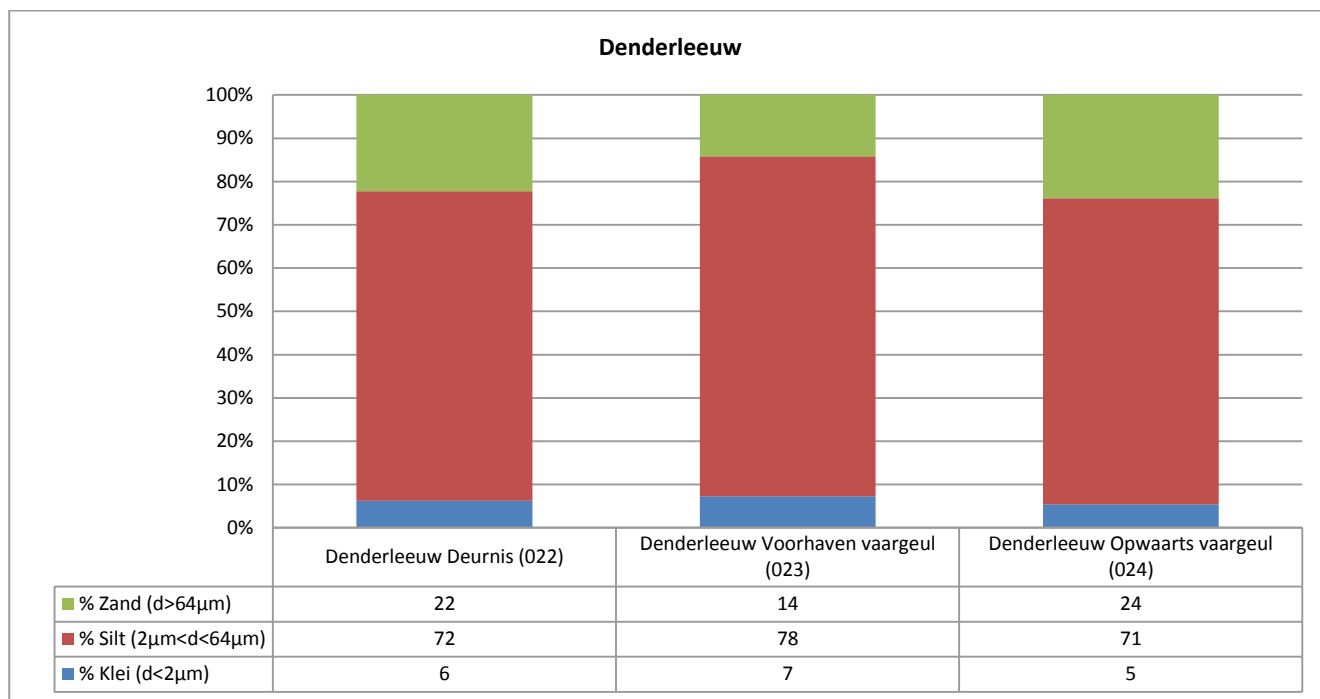


Denderleeuw (maandag 24/11/2015)

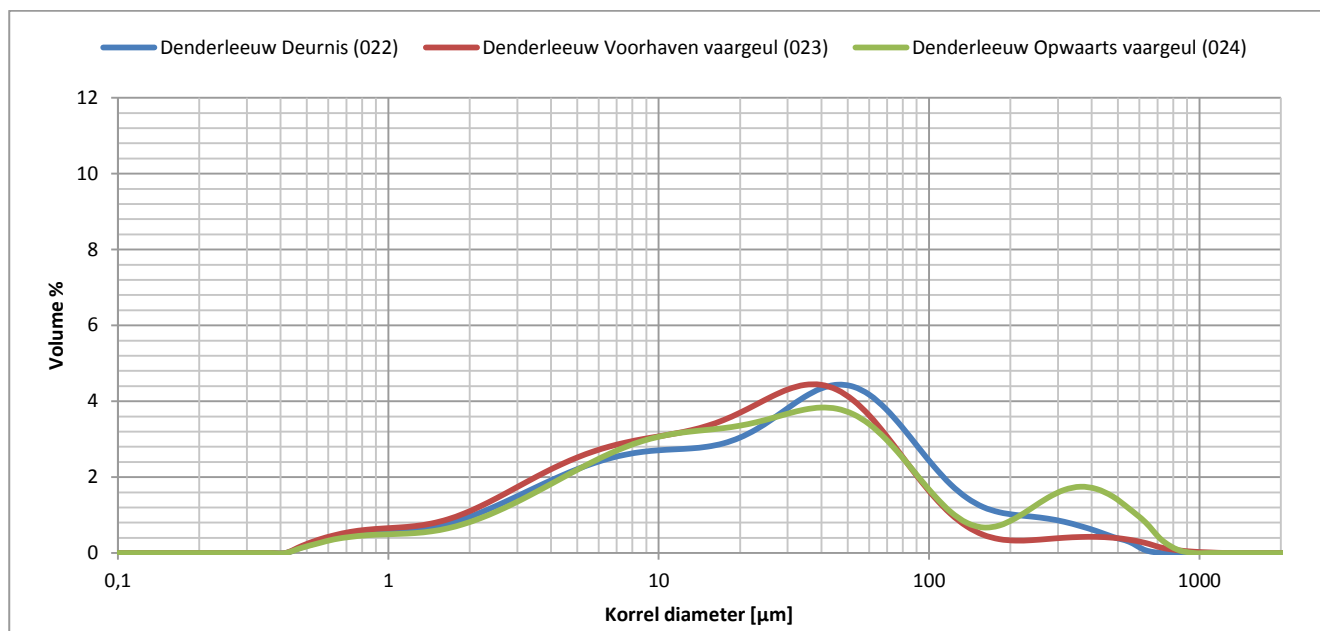
Figuur 56 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Denderleeuw



Figuur 57 – Fracties klei, silt en zand bodemstalen opwaarts sluis Denderleeuw

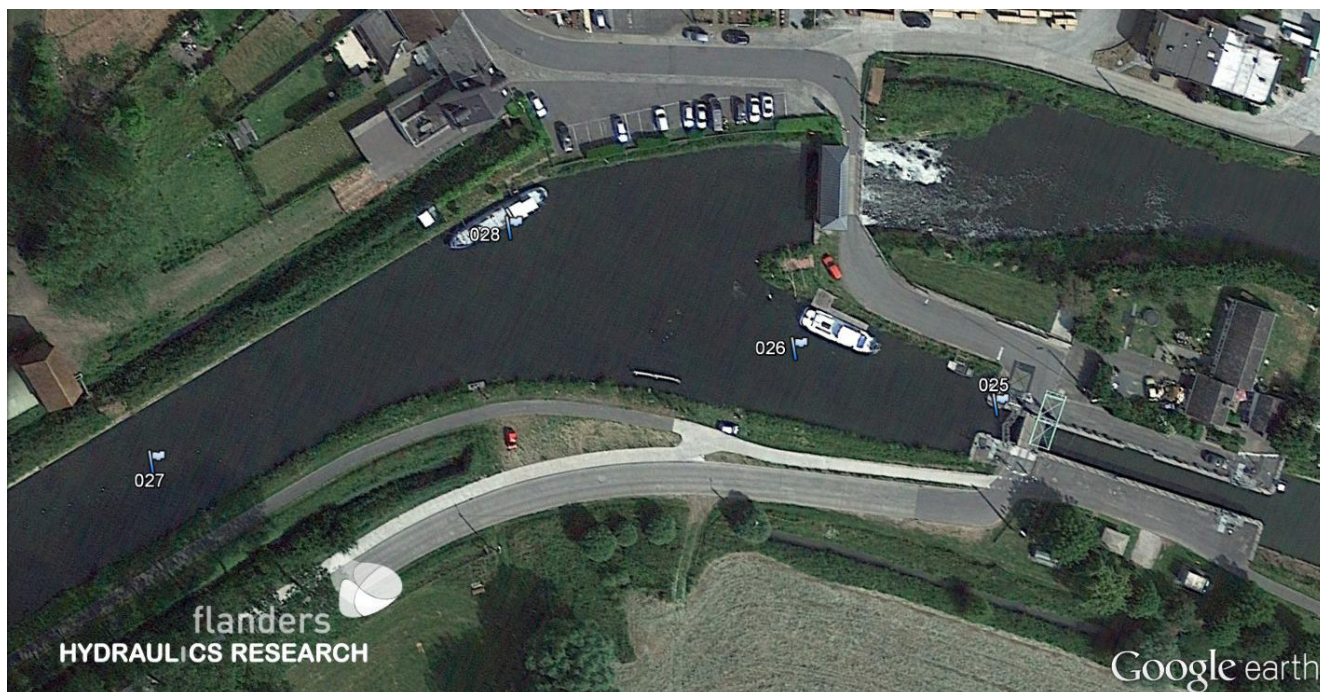


Figuur 58 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Denderleeuw

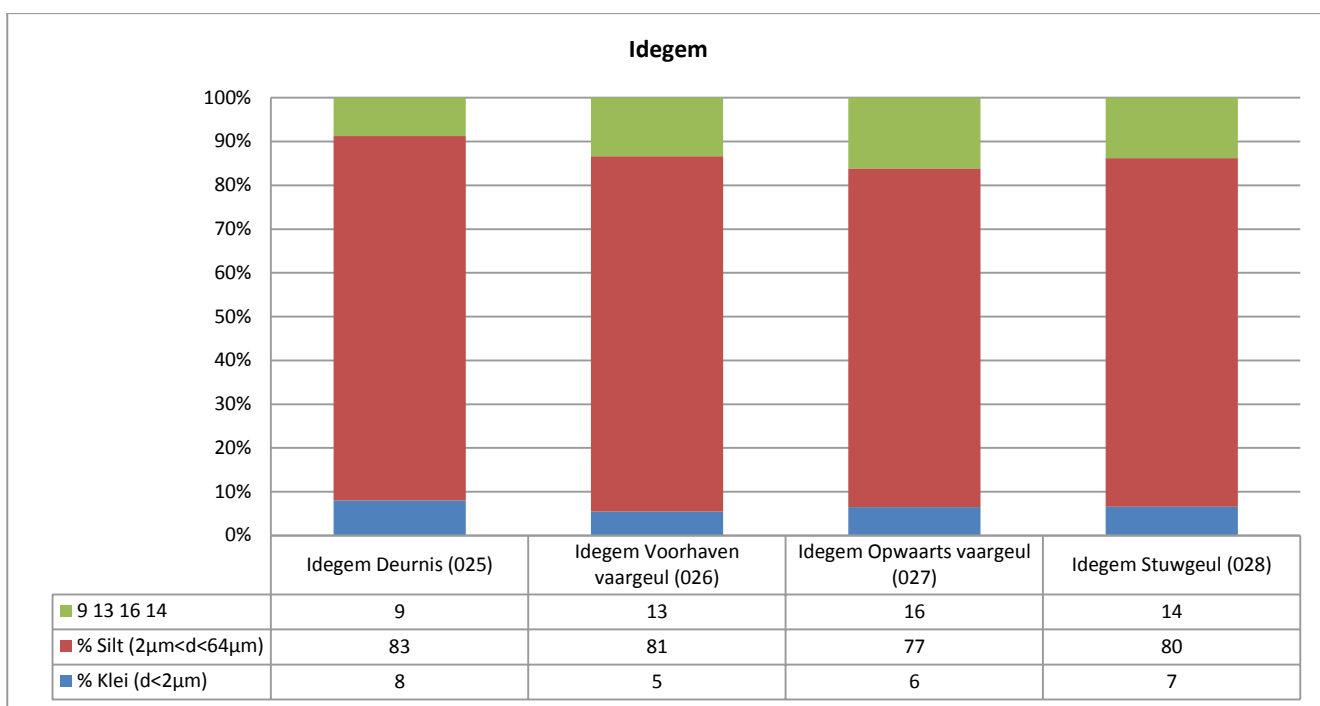


Idegem

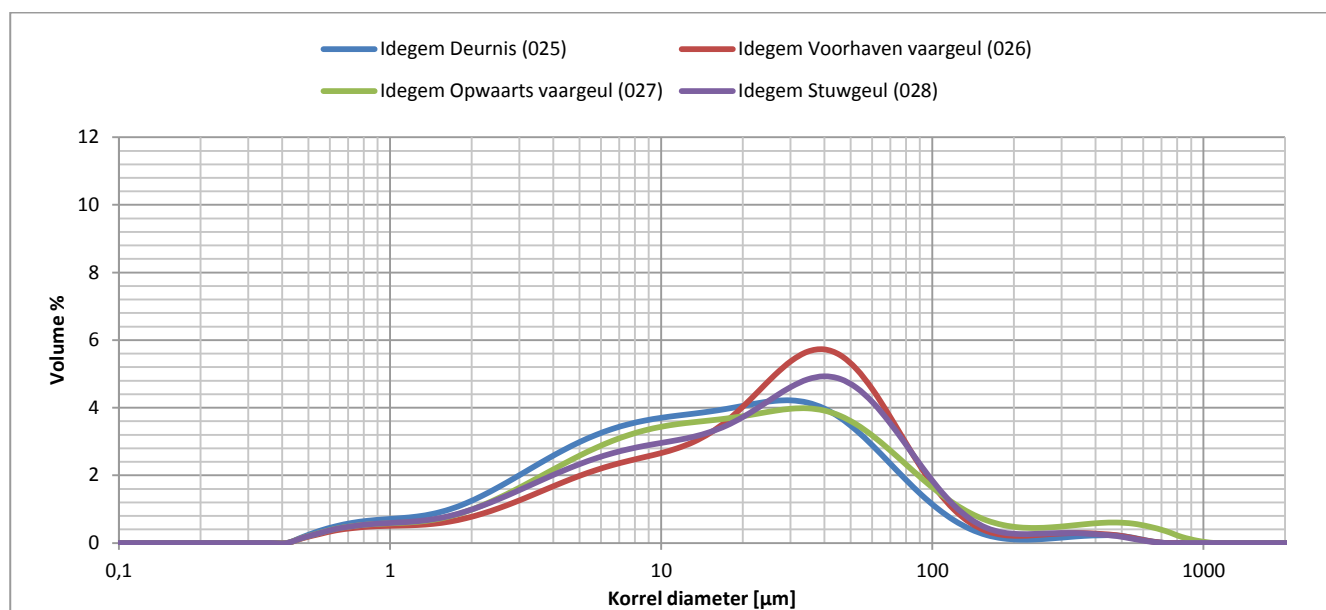
Figuur 59 – Locaties bodemstalen opwaarts sluis Idegem



Figuur 60 – Fracties klei, silt en zand opwaarts sluis Idegem



Figuur 61 – Korrelverdeling bodemstalen opwaarts sluis Idegem



Bijlage C: Afmeting en diepgang schepen

De binnen- of rivierscheepvaart is in Europa opgedeeld in CEMT-klassen om de afmetingen van vaarwegen in West-Europa op elkaar af te stemmen. De klasse-indeling is bepaald door de Conférence Européenne des Ministres de Transport (vandaar de term CEMT-klasse). De indeling loopt van 0 t/m VII en heeft vanaf klasse V een a, b of c-aanduiding. Deze aanduiding heeft met meerbaksduwvaart te maken. De karakteristieken per klasse worden gegeven in Tabel 5 en Tabel 6. Meer details over de CEMT klassen voor meerbaksduwvaart zijn gegeven in Tabel 7.

Tabel 5 – Klasse-indeling CEMT

Klasse	Type
0	Kleinere vaartuigen
I	Spits
II	Kempenaar
III	Dortmund-Eemskanaalschip
IV	Rijn-Hernekanaalschip
V	Groot Rijnschip en duwvaart
VI	Duwvaart
VII	Duwvaart

Tabel 6 – Dimensies en maximale diepgang volgens CEMT-klasse

Klasse	Lengte	Breedte	Diepgang	Hoogte	Laadvermogen (ton)
I	38,50	5,05	1,8-2,2	4	250-400
II	50-55	6,6	2,5	4-5	400-650
III	67-80	8,2	2,5	4-5	650-1000
IV	80-85	9,5	2,5	5,25-7	1000-1500
Va	95-110	11,4	2,5-4,5	5,25-7	1500-3000
Vb	172-185	11,4	2,5-4,5	9,1	3200 (duwkonvooi 1x 2 bakken in de lengte)
Vla	95-110	22,8	2,5-4,5	7-9,1	3200-6000 (duwkonvooi 1x 2 bakken naast elkaar)
Vlb	185-195	22,8	2,5-4,5	7-9,1	6400-12000 (duwkonvooi 2x 2 bakken naast elkaar)
Vlc	193-200	34,2	2,5-4,5	9,1	9600-18000 (duwkonvooi 2x 3 bakken naast elkaar)
VIIb	195/285	34,2	2,5-4,5	9,1	14500-27000 (duwkonvooi 3x 3 bakken naast elkaar)

(<https://nl.wikipedia.org/wiki/CEMT-klasse>)

Tabel 7 – CEMT classificatie (European conference of ministers of transport (CEMT), 1992)

CLASSIFICATION OF EUROPEAN INLAND WATERWAYS														
Type of inland waterways		Classes of navigable waterways	Motor vessels and barges					Pushed convoys				Minimum height under bridges $\frac{H}{2}$	Graphical symbols on maps	
			Type of vessel: General characteristics					Type of convoy: General characteristics						
			Designation	Maximum length	Maximum beam	Draught $\frac{T}{l}$	Tonnage		Length	Beam	Draught $\frac{T}{l}$			Tonnage
			L(m)	B(m)	d(m)	T(t)		L(m)	B(m)	d(m)	T(t)	H(m)		
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
OF REGIONAL IMPORTANCE	To West of Elbe	I	Barge	38.5	5.05	1.80-2.20	250-400						4.0	=====
		II	Kampine-Barge	50-55	6.6	2.50	400-650						4.0-5.0	=====
		III	Gustav Koenigs	67-80	8.2	2.50	650-1,000						4.0-5.0	=====
	To East of Elbe	I	Gross Finow	41	4.7	1.40	180						3.0	=====
		II	BM-500	57	7.5-9.0	1.60	500-630						3.0	=====
		III	g/	67-70	8.2-9.0	1.60-2.00	470-700		118-132	8.2-9.0	1.60-2.00	1,000-1,200	4.0	=====
OF INTERNATIONAL IMPORTANCE		IV	Johann Welker	80-85	9.5	2.50	1,000-1,500		85	9.5 $\frac{g}{l}$	2.50-2.80	1,250-1,450	5.25 or 7.00 $\frac{H}{2}$	=====
		Va	Large Rhine vessels	95-110	11.4	2.50-2.80	1,500-3,000		95-110 $\frac{l}{l}$	11.4	2.50-4.50	1,600-3,000	5.25 or 7.00 or 9.10 $\frac{H}{2}$	=====
		Vb							172-185 $\frac{l}{l}$	11.4	2.50-4.50	3,200-6,000		=====
		Vla							95-110 $\frac{l}{l}$	22.8	2.50-4.50	3,200-6,000	7.00 or 9.10 $\frac{H}{2}$	=====
		Vlb	2/	140	15.0	3.90			185-195 $\frac{l}{l}$	22.8	2.50-4.50	6,400-12,000	7.00 or 9.10 $\frac{H}{2}$	=====
		Vlc							270-280 $\frac{l}{l}$	22.8	2.50-4.50	9,600-18,000	9.10 $\frac{H}{2}$	=====
									195-200 $\frac{l}{l}$	33.0-34.2 $\frac{l}{l}$	2.50-4.50	9,600-18,000		=====
	VII							285	33.0-34.2 $\frac{l}{l}$	2.50-4.50	14,500-27,000	9.10 $\frac{H}{2}$	=====	

Per klasse zijn de maximale afmetingen van het schip vastgelegd. Hiernaast kan de vaarwegbeheerder restricties opleggen. De door Waterwegen en Zeekanaal NV opgelegde toelaatbare afmetingen per vaarweg zijn gepubliceerd in:

- (Waterwegen en Zeekanaal NV, 2014) Bericht aan de schipperij (10 september 2014) - TOEGELATEN AFMETINGEN OP DE WATERWEGEN BEHEERD DOOR WATERWEGEN EN ZEEKANAAL NV

Voor de ringvaart, Boven-Schelde, Leie en Dender worden deze overgenomen in Tabel 8.

Tabel 8 – Toegelaten afmetingen op de Ringvaart, Boven-Schelde, Leie en Dender

Traject	Maximaal toegelaten		
	Lengte	Breedte	diepgang
Ringvaart om Gent			
Vak Kanaal Gent-Terneuzen tot het sluizencomplex in Evergem (Noordervak)	135	11.5	3.5
Vak sluizencomplex in Evergem tot het sluizencomplex in Merelbeke (Westervak)	110	11.5	3
Vak sluizencomplex in Merelbeke tot de Boven –Zeeschelde in Melle (Zuidervak)	85	9.5	tij
Boven-schelde			
Vak Ringvaart om Gent (Zwijnaarde) sluis Asper	110	11.5	3
Vak sluis Asper – grens Waals gewest te Spiere	110	11.5	2.6
Leie en Grensleie			
Vak Deinze – sluis Sint-Baafs-Vijve	110	11.5	2.8
Vertakking van Zulte	73	7.5	2.5
Vak sluis Sint-Baafs-Vijve – 500 meter opwaarts de Kuurnebrug	110	11.5	2.8
Vak 500 meter opwaarts de Kuurnebrug tot de brug van Wervik	110	9.6	2.5
Vak brug van Wervik – grens Waals gewest	110	9.6	2.4
Dender			
Vak sluis Dendermonde - Ooiebrug	110	11.5	2.5
Vak Ooiebrug – sluis Aalst	55	7.5	2.5
Vak sluis Aalst – zwaaiikom Aalst	38.5	5.1	2.3
Vak zwaaiikom Aalst – grens Waals gewest te Geraardsbergen	38.5	5.1	1.9

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