



departement  
Mobiliteit en  
Openbare Werken

# Kanaal Gent-Terneuzen Zeesluis binnen complex

SIMULATIESTUDIE



803\_05

WL Rapporten

# **KGT - Zeesluis binnen complex**

Simulatiestudie

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Mostaert, F.

maart 2010

WL2010R803\_05\_rev2\_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Mostaert, F. (2010). KGT - Zeesluis binnen complex: Simulatiestudie. Versie 2\_0. WL Rapporten, 803\_05. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België



**Waterbouwkundig Laboratorium**

*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115  
B-2140 Antwerpen  
Tel. +32 (0)3 224 60 35  
Fax +32 (0)3 224 60 36  
E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)  
[www.watlab.be](http://www.watlab.be)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.



## Documentidentificatie

Titel:	KGT - Zeesluis binnen complex: Simulatiestudie		
Opdrachtgever:	Projectgroep KGT	Ref.:	WL2010R803_05_rev2_0
Keywords (3-5):	simulatiestudie, binnen complex, bulkcarrier, post-panamax, zeesluis		
Tekst (p.):	37	Tabellen (p.):	6
Bijlagen (p.):	191 (deels op Cd-rom)	Figuren (p.):	19
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input checked="" type="checkbox"/> Opdrachtgever
	<input type="checkbox"/> Nee		<input type="checkbox"/> Intern
		Vrijgegeven vanaf	<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	<input type="checkbox"/> Online beschikbaar		

## Goedkeuring

Auteur J. Verwilligen	Revisor K. Eloot	Projectleider K. Eloot	Afdelingshoofd F. Mostaert
--------------------------	---------------------	---------------------------	-------------------------------

## Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	10/02/2010	Conceptversie	Verwilligen, J.
1_1	12/02/2010	Inhoudelijke revisie	Eloot, K.
1_2	10/03/2010	Reacties debriefing en revisie opdrachtgever	Begeleidingsgroep Nautische Simulatie
2_0	19/03/2010	Definitieve versie	Verwilligen, J.

## Abstract

In de studie werden de nautische knelpunten van een grote zeesluis (427 m x 55 m) binnen het bestaande sluisencomplex onderzocht voor een bulkcarrier met post-panamax afmetingen (366 m x 49 m) en diepgang tot 14.5 m. Teneinde de optimale inplanting van de sluis binnen het complex te definiëren werden door Vlaamse en Nederlandse kanaalloosden real-time simulaties uitgevoerd naar twee alternatieve sluisinplantingen in op- en afvaart. De selectie van de te onderzoeken sluisomgevingen werd uitgevoerd in samenspraak met de begeleidingsgroep Nautische Simulatie.

Een eerste onderzochte sluisinplanting betrof deze waarvan uitgegaan werd in alle recente studies van een grote zeesluis binnen complex. Deze inplanting wordt gekenmerkt door een zuidelijke positie in het bestaande sluisencomplex.

In samenspraak met de begeleidingscommissie Nautische Simulatie werd een alternatieve sluisconfiguratie gedefinieerd die gekenmerkt werd door een meer noordelijke positie en een hoekverdraaiing ten opzichte van de Westsluis om de aansluiting naar het kanaal te verbeteren.

Het doel van de simulatiestudie is de manoeuvreertechnische mogelijkheden van het ontwerpschip voor het in- en uitvaren van de nieuwe zeesluis te onderzoeken. De verkeersafwikkeling bij de gekozen inplantingen werd niet onderzocht.

*Interactie met constructies > Sluizen > Invaren/uitvaren > simulaties*

*Veiligheid > Risico-analyse > simulaties*

## Inhoudstafel

Inhoudstafel.....	I
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren .....	VI
1 Situering en voortraject.....	1
1.1 Situatieschets.....	1
1.2 Verkenning.....	1
1.3 Grote zeesluis binnen complex.....	2
1.4 Voorafgaand onderzoek (803_3).....	2
1.5 Begeleidingsgroep nautische simulatie .....	3
2 Nautisch onderzoek 803_5.....	4
2.1 Onderzochte inplantingen van een grote zeesluis binnen complex.....	4
2.2 Scope van het onderzoek .....	5
2.3 Organisatie.....	5
2.4 Validatiedag .....	6
2.4.1 Deelnemers.....	6
2.4.2 Validatie .....	6
2.4.3 Te simuleren condities .....	7
3 Input.....	9
3.1 Omgeving.....	9
3.1.1 Sluis .....	9
3.1.2 Inplanting binnen complex .....	9
3.1.3 Havenmond.....	9
3.1.4 Bodem.....	9
3.1.5 Stroomcondities .....	9
3.1.6 Windcondities.....	10
3.1.7 Vreemde schepen .....	10
3.1.8 Sluiseffecten .....	10
3.2 Schepen.....	11
3.2.1 Simulatorschip.....	11

3.2.2	Sleepbootassistentie .....	11
3.3	Scenario's .....	11
3.3.1	Sluis invaren van op de rivier (22 simulaties) .....	11
3.3.2	Sluis invaren van op het kanaal (18 simulaties) .....	11
3.3.3	Sluis uitvaren naar het kanaal (6 simulaties).....	11
4	Evaluatie .....	12
4.1	Vaarbaanplots.....	12
4.2	Grafieken .....	12
4.3	Nabespreking.....	13
4.4	Debriefing.....	13
5	Sluis invaren van op de rivier .....	15
5.1	Zuidwestelijke wind .....	15
5.1.1	Simulatie 9: noordelijke variant, 5 Beaufort.....	15
5.1.2	Simulatie 10: zuidelijke variant, 5 Beaufort .....	16
5.1.3	Simulatie 14: noordelijke variant, 6 Beaufort.....	16
5.1.4	Simulatie 15: zuidelijke variant, 6 Beaufort .....	17
5.1.5	Simulatie 27: noordelijke variant, 6 Beaufort.....	17
5.1.6	Simulatie 34: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	18
5.1.7	Simulatie 35: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	18
5.1.8	Simulatie 36: noordelijke inplanting, 6 Beaufort .....	18
5.1.9	Simulatie 43: noordelijke inplanting, 6 Beaufort .....	19
5.1.10	Simulatie 44: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort.....	19
5.2	Oostelijke wind.....	19
5.2.1	Simulatie 6: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	19
5.2.2	Simulatie 7: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	19
5.2.3	Simulatie 18: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort.....	20
5.2.4	Simulatie 19: noordelijke inplanting, 6 Beaufort .....	20
5.2.5	Simulatie 28: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort.....	20
5.2.6	Simulatie 29: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	20
5.2.7	Simulatie 39 & 40: zuidelijke/noordelijke inplanting, 6 Beaufort .....	20
5.3	Noordwestelijke wind .....	21
5.3.1	Simulatie 3: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	21
5.3.2	Simulatie 5: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	21

5.3.3	Simulatie 24: noordelijke inplanting, 6 Beaufort .....	21
5.3.4	Simulatie 25: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort.....	21
5.4	Conclusies .....	22
5.4.1	Manoeuvreeer-technisch.....	22
5.4.2	Ruimtebeslag .....	22
6	Sluis invaren van op het kanaal .....	24
6.1	Zuidwestelijke wind.....	24
6.1.1	Simulatie 4: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	24
6.1.2	Simulatie 8: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	24
6.1.3	Simulatie 11: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	25
6.1.4	Simulatie 22: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	25
6.1.5	Simulatie 23: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	25
6.1.6	Simulatie 32: noordelijk inplanting, 4 Beaufort .....	25
6.1.7	Simulatie 33: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort.....	25
6.1.8	Simulatie 45: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	26
6.1.9	Simulatie 46: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	26
6.2	Oostelijke wind.....	26
6.2.1	Simulatie 2: noordelijke inplanting, 4 Beaufort .....	27
6.2.2	Simulatie 16: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	27
6.2.3	Simulatie 17: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	27
6.2.4	Simulatie 26: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	27
6.2.5	Simulatie 30: noordelijke inplanting, 4 Beaufort .....	28
6.2.6	Simulatie 31: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort.....	28
6.2.7	Simulatie 37: noordelijke inplanting, 5 Beaufort .....	28
6.2.8	Simulatie 38: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	29
6.3	Zuidoostelijke wind.....	29
6.3.1	Simulatie 12: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	29
6.4	Conclusies .....	29
6.4.1	Manoeuvreeer-technisch.....	29
6.4.2	Ruimtebeslag .....	30
7	Sluis uitvaren naar het kanaal .....	31
7.1	Zuidwestelijke wind.....	31
7.1.1	Simulatie 20: noordelijke inplanting, 6 Beaufort .....	31

7.1.2	Simulatie 21: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort.....	31
7.1.3	Simulatie 42: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort.....	31
7.2	Oostelijke wind.....	31
7.2.1	Simulatie 41: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort.....	31
7.3	Noordwestelijke wind.....	32
7.3.1	Simulatie 1: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort.....	32
7.3.2	Simulatie 13: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort.....	32
7.4	Conclusies.....	32
7.4.1	Manoeuvrer-technisch.....	32
7.4.2	Ruimtebeslag.....	32
8	Debriefing.....	33
8.1	Verloop en organisatie studie.....	33
8.2	Realisme simulatie en relevantie scenario's.....	34
8.3	Conclusies en vervolgstudies.....	34
9	Samenvatting en conclusie.....	36
10	Referentielijst.....	37
	Tabellen.....	T1
	Figuren.....	F1
	Bijlage 1: Vaarbaanplots.....	B1
	Bijlage 2: Standaardgrafieken.....	B94
	Bijlage 3: Debriefingsresultaten.....	B185



## Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Peilmaten op basis van [2] .....	T1
Tabel 2 – Hoofdkarakteristieken BULK366 .....	T1
Tabel 3 – Conditie waarbij de simulaties in het kader van 803_5 plaatsvonden .....	T2
Tabel 4 – Conditie waarbij invaarten van de sluis van op de rivier gesimuleerd werden .....	T4
Tabel 5 – Conditie waarbij invaarten van de sluis van op het kanaal gesimuleerd werden .....	T5
Tabel 6 – Conditie waarbij uitvaarten van de sluis naar het kanaal gesimuleerd werden .....	T6
Tabel 7 – Impact van de onderzochte inplantingsvarianten grote zeesluis binnen complex op de verkeersafwikkeling in het sluisencomplex op basis van ruimtebeslag .....	T6

## Lijst van de figuren

Figuur 1 – Configuratie sluizencomplex zoals onderzocht in de studie 803_03 (rood) vergeleken met de layout van het sluizencomplex in 2008 (grijs) (afbeelding ontleend aan [1]).....	F2
Figuur 2 – Inplanting van een grote zeesluis binnen complex voorgesteld door Arcadis .....	F3
Figuur 3 – Inplanting van een grote zeesluis binnen complex zoals voorgesteld aan de begeleidingsgroep: noordelijke inplanting parallel aan de Westsluis .....	F4
Figuur 4 – Inplanting van een grote zeesluis binnen complex zoals voorgesteld aan de begeleidingsgroep: noordelijke inplanting niet parallel aan de Westsluis .....	F5
Figuur 5 – Eerste gesimuleerde variant inplanting grote zeesluis binnen complex gebaseerd op [2] .....	F6
Figuur 6 – Tweede gesimuleerde variant inplanting grote zeesluis binnen complex voorgesteld door Waterbouwkundig Laboratorium en begeleidingsgroep Nautische Simulatie .....	F7
Figuur 7 – Buitenbeeldzicht van de zuidelijke inplanting van op de rivier .....	F8
Figuur 8 – Buitenbeeldzicht van de zuidelijke inplanting van op het kanaal .....	F8
Figuur 9 - Buitenbeeldzicht van de noordelijke inplanting van op de rivier .....	F9
Figuur 10 – Buitenbeeldzicht van de noordelijke inplanting van op het kanaal.....	F9
Figuur 11 – Visualisatie stroomprofielen waarbij invaarten gesimuleerd werden: 3 uur voor hoog water (links) en stil van hoog (rechts) .....	F10
Figuur 12 – Voorstelling windklimaat ter hoogte van de Westsluis in Terneuzen gedurende het meetjaar 2007 .....	F11
Figuur 13 – Visualisatie van de gesimuleerde windrichtingen ten opzichte van twee alternatieve inplantingen van een grote zeesluis binnen complex.....	F12
Figuur 14 – Kleurschakering in functie van de botssnelheid.....	F13
Figuur 15 – Koppelpunten/kluizen op simulatorschip Bulk366.....	F13
Figuur 16 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisinvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant .....	F14
Figuur 17 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisinvaart naar de noordelijke inplantingsvariant .....	F15
Figuur 18 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij afvarende sluisinvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant .....	F16
Figuur 19 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij afvarende sluisinvaart naar de noordelijke inplantingsvariant .....	F17
Figuur 20 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisuitvaart van de zuidelijke inplantingsvariant .....	F18
Figuur 21 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisuitvaart van de noordelijke inplantingsvariant .....	F19

# 1 Situering en voortraject

## 1.1 Situatieschets

De kanaalzone is een grensoverschrijdend Vlaams-Nederlands gebied langs het Kanaal Gent-Terneuzen. Het kanaal overschrijdt de Vlaams-Nederlandse grens tussen Sas van Gent en Zelzate. In Nederland behoren tot de kanaalzone de zeehaven van Terneuzen en de binnenhavens bij Sluiskil en Sas van Gent. In België behoort de gehele zeehaven van Gent en het nabijgelegen gebied (o.a. Zelzate) tot de Kanaalzone. De havens van Gent en Terneuzen zijn voor hun zeehavenactiviteiten volledig afhankelijk van het Kanaal Gent-Terneuzen. Langs het kanaal liggen tussen Terneuzen en Gent verschillende woonkernen en een groot aantal industrie- en haventerreinen.

Vanuit Europees perspectief wordt de kanaalzone beschouwd als een middelgrote zeehaven met een relatief sterke aanwezigheid van industriële en logistieke bedrijven. De huidige positie van de havens van Gent en Terneuzen wordt gekenmerkt door de sterke traditie in de overslag en verwerking van bulkgoederen. Daarnaast wordt een aanzienlijke hoeveelheid auto's vervoerd over het kanaal. Door de openstelling van de Seine-Nord verbinding (voorzien rond 2015) zal bovendien de doorvoerfunctie van het kanaal in omvang toenemen.

Het huidige sluisencomplex van Terneuzen bestaat uit drie sluisen, waarvan er één geschikt is voor de (grotere) zeescheepvaart. In deze Westsluis kan maximaal een gelichterde Panamax van beperkte lengte worden geschut. De Kanaalzone Gent-Terneuzen beschikt in de havenrange Amsterdam-Duinkerken over de kleinste maritieme toegang van alle concurrerende havens. Bovendien is vanwege groei en schaalvergroting van de binnenvaart het aantal scheepspassages door het sluisencomplex de afgelopen tien jaar aanmerkelijk gestegen. Bijgevolg staat de aanpassing van de nautische toegang naar de Kanaalzone Gent -Terneuzen al vele jaren in de belangstelling.

## 1.2 Verkenning

Op 11 maart 2005 hebben Vlaanderen en Nederland een Derde Memorandum van Overeenstemming (MvO3) ondertekend met betrekking tot de onderlinge samenwerking ten aanzien van het Schelde-estuarium.

In dit Memorandum werd bepaald dat de Technische Scheldec commissie (TSC) naar aanleiding van de gemeenschappelijke conclusies van de grensoverschrijdende overleggroep onder de leiding van de Commissaris van de Koningin van Zeeland en de Gouverneur van Oost-Vlaanderen en in overeenstemming met het Verdrag over het Kanaal Gent-Terneuzen uit 1960, overleg zal voeren over de toegankelijkheid van het Kanaal Gent-Terneuzen. Op basis van een eerste verkennend onderzoek naar de aard en omvang van de mogelijke problematiek nam de TSC een besluit over de te nemen vervolgstappen.

Voor de uitvoering besliste de TSC tot de oprichting van de projectgroep 'Kanaalzone Gent-Terneuzen 2008 (KGT 2008)'. In concreto luidde de opdracht voor de projectgroep KGT 2008 als volgt: "Verken de problematiek van de maritieme toegankelijkheid van de Kanaalzone Gent-Terneuzen, in het licht van de logistieke potentie van deze kanaalzone en de mogelijke oplossingsvarianten, zodat voorwaarden geschapen kunnen worden voor de wenselijke en noodzakelijke economische ontwikkeling van de Kanaalzone Gent-Terneuzen in het algemeen, en de havengebonden cluster van activiteiten in het bijzonder." De projectgroep diende uiterlijk in september 2008 de internationale verkenning klaar te hebben. Deze verkenning moest zich lenen voor goede besluitvorming en diende de Vlaamse en Nederlandse belangen op evenwichtige wijze te weerspiegelen.

Op 12 januari 2009 adviseerde het Stakeholders Advies Forum (SAF) - op basis van het onderzoek aangestuurd door de projectgroep KGT2008 - om de oplossing bestaande uit een grote zeesluis binnen het bestaande sluisencomplex te realiseren. Op 19 maart 2009 heeft het ambtelijk college van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) formeel de verkenning afgesloten. Ze nam ambtelijke besluiten over het vervoltraject en formuleerde adviezen aan het politieke college. Het politiek college van de VNSC heeft vervolgens op haar beurt op 16 april 2009 besluiten genomen over het vervoltraject.

Er werd besloten een planstudiebesluit te nemen, wanneer overeenstemming is bereikt over een Vlaams-Nederlandse kostenverdeling voor realisatie én Nederland voor haar deel zicht op financiering heeft én Vlaanderen zich bestuurlijk committeert aan haar deel. In afwachting daarvan heeft de VNSC de opdracht van de projectgroep KGT vernieuwd teneinde de in de verkenning uitgevoerde onderzoeken te optimaliseren, zover hiermee geen wettelijk onherroepelijke activiteiten worden uitgevoerd.

In afwachting van het Vlaams – Nederlands bestuurlijk akkoord over een planstudiebesluit, start de Projectgroep KGT een 'no-regret' onderzoeksprogramma. Hierin wordt voor een 'range' van mogelijke sluisalternatieven binnen het huidige sluisencomplex Terneuzen het verkennende onderzoek uit de periode 2006 – 2008 aangevuld en gedetailleerd. De 'range' wordt bepaald door een drietal sluisalternatieven uit de verkenning: combisluis (diepe binnenvaartsluis) – kleine zeesluis – grote zeesluis, alle binnen het huidige sluisencomplex en inclusief de benodigde kanaalaanpassingen. De opdracht voor de Projectgroep KGT is binnen deze range te zoeken naar de optimale variant. In het 'no-regret' onderzoeksprogramma zal de Projectgroep KGT tevens de flankerende randvoorwaarden beschouwen, die nodig zijn voor een ingreep in het sluisencomplex Terneuzen.

### 1.3 Grote zeesluis binnen complex

Begin 2009 adviseerde het SAF om de capaciteit van het sluisencomplex te verhogen door de huidige middensluis (140 m x 18 m x 8.63 m) te vervangen door een nieuwe zeesluis met afmetingen in overeenstemming met de in aanbouw zijnde Panamasluizen (427 m x 55 m waarbij voor de grote zeesluis in Terneuzen volgens [2] echter met een effectieve breedte van 58 m wordt gewerkt waarvan 3 m voor drijfrahmen aan beide zijden).

### 1.4 Voorafgaand onderzoek (803\_03)

Een eerste beperkte beoordeling van de impact van een grote zeesluis binnen het bestaande sluisencomplex werd in maart 2008 uitgevoerd in opdracht van de toenmalige projectgroep KGT2008. Dit onderzoek (803\_03, [1]) had als doel enerzijds de vereiste stopafstand tot de sluis en anderzijds de optimale configuratie van de havenmond te beoordelen voor opvarende maatgevende schepen.

De conclusies uit 803\_03 werden gebaseerd op een tweedaagse simulatiestudie waaraan drie Belgische loodsen (twee kanaalloodsen en één rivierloods) deelnamen. De simulaties werden uitgevoerd op basis van een bovenaanzicht van de sluisomgeving en werden afgebroken vóór het schip de sluis bereikte en wanneer de stopafstand afdoende beoordeeld kon worden. De nadruk lag tijdens deze simulaties op aanloopmanoeuvres naar een grote zeesluis binnen complex waarbij de startpositie zich op de rivier bevond. Er werden uitsluitend simulaties uitgevoerd aan de rivierzijde van de sluis. De inplanting van de grote zeesluis binnen het complex werd ontleend aan [2] en wordt weergegeven in Figuur 1.

De belangrijkste conclusies uit studie 803\_03 worden hieronder weergegeven:

- Een verbreding van de havenmond tot 430 m volstaat niet om ten allen tijde een schip met lengte 366m veilig de voorhaven in te varen. Simulaties uitgevoerd bij een maximale vloedstroom die gepaard ging met stroomsnelheden gelijk aan 3.5 kn bleken niet aanvaardbaar. Voor simulaties bij een beperkte vloedstroom (stroomsnelheden gelijk aan 2.1 kn) en een volle ebstroom (stroomsnelheden gelijk aan 2.8 kn) werd een 430 m brede havenmond wel aanvaardbaar beschouwd.
- In alle simulaties bleek de beschikbare afstand tussen havenmond en sluisolk voldoende om het schip tijdig gestopt te krijgen. De reserves in stopafstand waren bovendien van dien aard dat de loodsen oordeelden dat de sluis ook iets noordelijker gepositioneerd kan worden (bijvoorbeeld op gelijke hoogte met de Westsluis). Een gevolg van een dergelijke keuze is wel dat de afstand om het schip al varend op te lijnen verkort en dat het schip in belangrijke mate gepositioneerd dient te worden door de assisterende sleepboten. Op basis van aan het WL uitgevoerde simulaties voor de toegankelijkheid van de grootste sluisen in Vlaanderen voor Ultra Large Container Ships (ULCS) kan men besluiten dat gezien de scheepsgrootte het oplijnen met sleepboten voor de sluis altijd noodzakelijk is en dat koerscorrecties minimaal moeten zijn tijdens het invaren van de sluis.

- Tijdens de simulaties kon het schip beschikken over de volledige ruimte in de voorhaven. De deelnemende loodsen merkten op dat indien er zich tegelijkertijd meerdere schepen in de buitenhaven zouden bevinden dit de manoeuvres zou kunnen hinderen.

## 1.5 Begeleidingsgroep nautische simulatie

Nadat het SAF de bouw van een grote zeesluis binnen complex adviseerde werd deze variant meer in detail onderzocht. Ten behoeve van een grondige evaluatie van de nautische implicaties verbonden aan een grote zeesluis binnen complex, werd op 27 oktober 2009 de begeleidingsgroep nautische simulatie opgericht. In de begeleidingsgroep werden nautische experts en overheden van de beide betrokken landen samengebracht met de opdrachtgever en uitvoerder van de studie. Het betrof onderstaande partijen:

- Projectgroep KGT (opdrachtgever);
- Waterbouwkundig Laboratorium (uitvoerder);
- DAB Loodswezen (deelnemer);
- Nederlands Loodswezen (deelnemer);
- Rijkswaterstaat;
- Vlaamse Overheid;
- Kennis & Co. (expert);
- Serendipity UnLtd (expert).

Tijdens de uitvoering van de in dit rapport beschreven simulatiestudie 803\_5 werd de begeleidingsgroep betrokken in onderstaande fases van het onderzoek:

- Bepalen van de randcondities waarbij simulaties uitgevoerd dienden te worden [3]:
  - inplantingen van de zeesluis binnen complex;
  - condities (wind, stroom, schepen, ...);
  - scenario's (op- en afvaart, in- en uitvaart sluis, oost of westelijke traject op rivier);
  - oriëntatielichten en bebakening.
- Bijwonen van simulaties:
  - bezoek aan het Waterbouwkundig Laboratorium tijdens de uitvoering van de simulaties.
- Rapporteren:
  - bespreking resultaten simulaties op basis van conceptrapport
  - formuleren van conclusies en aanbevelingen.

## 2 Nautisch onderzoek 803\_05

In het onderzoek beschreven in dit rapport werd de nautische toegankelijkheid van twee alternatieve inplantingen van een grote zeesluis binnen complex onderling vergeleken.

### 2.1 Onderzochte inplantingen van een grote zeesluis binnen complex

Een eerste variant betreft de inplanting van een grote zeesluis binnen het bestaande sluisencomplex zoals voorgesteld door Arcadis [2] en weergegeven in Figuur 2. Deze configuratie werd ingegeven door het voornemen een zo groot mogelijke stopafstand naar de sluis te verwezenlijken. Het ontwerp van Arcadis garandeert een stopafstand naar de zeesluis binnen complex gelijk aan viermaal de scheepslengte van het maatgevende schip. Dit kan vergeleken worden met de stopafstand naar de Westsluis die vijfmaal de scheepslengte van het maatgevende schip voor de Westsluis bedraagt.

Op basis van de conclusies uit [1] (zie paragraaf 1.4) legde het Waterbouwkundig Laboratorium twee alternatieve inplantingen van een zeesluis binnen het bestaande complex voor aan de begeleidingsgroep. Deze alternatieven worden gekenmerkt door een meer noordelijke positie van de nieuwe zeesluis dan deze voorgesteld in [2] en verschillen in oriëntatie. Het betrof een noordelijke inplanting parallel aan de huidige Westsluis (zie Figuur 3) en een noordelijke inplanting met een afwijkende voorligging ten opzichte van de Westsluis (zie Figuur 4). De begeleidingsgroep werd gevraagd om één van de voorgestelde inplantingen te weerhouden als te simuleren alternatief voor de inplanting voorgesteld in [2].

Betreffende de meest gunstige locatie voor het inplanten van een grote zeesluis binnen complex werden door de begeleidingsgroep volgende opmerkingen geformuleerd:

voordeel	nadeel
hoe westelijker de inplanting, hoe meer manoeuvreerruimte aan de binnenzijde ontstaat voor het verkeer naar de nieuwe zeesluis en de Oostsluis  hoe westelijker, hoe meer manoeuvreerruimte er ontstaat in de voorhaven in verband met lagerwal	hoe westelijker, hoe lastiger het wordt om de Westsluis en de nieuwe sluis tegelijk in- of uit te varen
draaien van de sluis levert aan de binnenkant een vlotter aanloopmanoeuvre vanaf het kanaal naar de grote zeesluis;	draaien van de sluis levert minder manoeuvreerruimte op in de voorhaven  draaien van de sluis levert problemen op aan de binnenzijde, als schepen tegelijk de Westsluis en grote zeesluis in- of uitvaren
voor de begeleidingsgroep is een symmetrische inplanting van beide zeesluizen in de voorhaven geen absolute noodzaak	het parallel houden van de sluis met de Westsluis heeft tot gevolg dat de schepen een S-bocht moeten varen als zij vanuit de richting van de Westerschelde de sluis aandoen

Rekening houdend met deze opmerkingen besliste de begeleidingsgroep om de inplanting waarbij de sluis 5° in wijzerzin wordt gedraaid ten opzichte van de Westsluis verder te onderzoeken in het simulatieonderzoek.

Bij het tot stand komen van deze beslissing werden de manoeuvreertechnische omstandigheden als maatgevend beschouwd. Om dezelfde reden verzocht de begeleidingsgroep om de meerpalen centraal in de buiten- en binnenhaven te verwijderen uit de omgevingen waarin gesimuleerd werd. Bij het initieel opstellen van de alternatieve inplantingen door het WL werden de centrale meerpalen indien mogelijk behouden teneinde de verkeerstromen naar de grote zeesluis en de Westsluis te scheiden.

De twee alternatieve inplantingen van een grote zeesluis binnen complex die het onderwerp vormen van deze studie worden weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6. In de gesimuleerde buitenbeelden werden de sluisbruggen op grotere afstand van de sluisingang geplaatst dan voorzien in de inplantingschetsen Figuur 2 en Figuur 4. Dit heeft echter geen invloed op de gesimuleerde manoeuvres. Sfeerbeelden van het buitenbeeld voor beide varianten worden weergegeven in Figuren 7 tot 10.

## 2.2 Scope van het onderzoek

De scope van het onderzoek betreft de nautische toegankelijkheid van het sluisencomplex te Terneuzen voor de variant grote zeesluis binnen complex. De twee configuraties die het onderwerp vormen van deze studie (zie Figuur 5 en Figuur 6) werden ingebouwd in de scheepsmanoeuvresimulators van het Waterbouwkundig Laboratorium. In het kader van het uit te voeren onderzoek dienden voor beide alternatieven volgende knelpunten beoordeeld te worden:

- invaren van de sluis van op de rivier;
  - invaren voorhaven en beoordeling breedte havenmond;
  - stopafstand;
  - oplijnen van het schip naar de sluis;
  - interactie met scheepvaart naar/uit de Westsluis werd door de begeleidingsgroep niet bepalend geacht in dit stadium van het project en werd niet gesimuleerd;
- uitvaren van de sluis richting rivier;
  - uitvaren van de sluis;
  - voldoende snelheid opbouwen alvorens op de rivier te komen;
- invaren van de sluis van op het kanaal;
  - stopafstand;
  - oplijnen van het schip naar de sluis en beoordeling beschikbare manoeuvreerruimte;
  - interactie met scheepvaart naar/uit de Westsluis of binnenvaart naar/uit de Oostsluis. Deze interactie wordt eveneens niet bepalend geacht in dit stadium van het project door de begeleidingsgroep en werd niet gesimuleerd.

In het huidige onderzoek werd geen rekening gehouden met de toegankelijkheid van het kanaal van de nieuwe zeesluis tot de Kluizendokken voor post-panamax schepen.

## 2.3 Organisatie

De simulatievaarten werden gespreid over vijf dagen in de maand december 2009. Voorafgaand aan deze simulatiedagen werd een validatiedag georganiseerd waarop de volledige begeleidingsgroep uitgenodigd werd. Tijdens de validatiedag werden de te simuleren scenario's bepaald net als de condities waarbij deze uitgevoerd dienden te worden.

- Validatiedag: 7 december 2009
- Simulatiedag 1: 10 december 2009
- Simulatiedag 2: 14 december 2009
- Simulatiedag 3: 15 december 2009
- Simulatiedag 4: 16 december 2009
- Simulatiedag 5: 17 december 2009

Tijdens de eerste drie simulatiedagen werden de simulaties uitgevoerd door twee loodsen bestaande uit één Vlaamse kanaalloods en één Nederlandse kanaalloods. De laatste twee simulatiedagen werden de simulaties uitgevoerd door drie Vlaamse kanaalloodsen die niet betrokken waren bij de eerste drie simulatiedagen.

Gedurende de vijf simulatiedagen werden 46 simulaties uitgevoerd. Door een technische panne tijdens één simulatie werd voor 45 simulaties output gegenereerd op basis waarvan postprocessing mogelijk was.

## 2.4 Validatiedag

Op 7 december 2009 werd de validatiedag van deze studie georganiseerd. Op deze dag werden de leden van de begeleidingsgroep Nautische Simulatie aangevuld met enkele Vlaamse en Nederlandse kanaalloodsen uitgenodigd op het Waterbouwkundig Laboratorium (WL). Het opzet van deze validatiedag was tweeërlei. Enerzijds werd op de validatiedag de simulatoromgeving, voorbereid door het WL, gevalideerd en anderzijds werden de condities (scenario's) gedefinieerd waarbij de simulaties op de simulatiedagen door zouden gaan.

### 2.4.1 Deelnemers

De validatiedag werd bijgewoond door volgende personen:

- Projectgroep KGT
  - Wouter Freeling
- Waterbouwkundig Laboratorium
  - Katrien Eloot
  - Jeroen Verwilligen
- DAB Loodswezen
  - Ronny Tratsaert
  - Tom Van Holsbeke
- Nederlands Loodswezen
  - Bert Oldenbeuving
  - Reggie Stein
  - Jos van Drongelen
- URS (sleepdienst)
  - Rudy Notterdaeme
- Rijkswaterstaat
  - Hank Prins
  - Kees Storm
- Kennis & Co.
  - Peter Storm
- Serendipity UnLtd
  - Peter Kluytenaar

### 2.4.2 Validatie

Tijdens de validatiedag werden acht simulaties uitgevoerd door de aanwezige kanaalloodsen. De condities waarbij deze plaatsvonden worden hieronder opgelijst:

- Simulatie 1: Uitvaren van de noordelijke sluisvariant in afvaart met het simulatorschip in ballast en bij ZW4 en zonder stroom
- Simulatie 2: Uitvaren van de zuidelijke sluisvariant in opvaart met het simulatorschip met diepgang 14.5 m zonder wind



- Simulatie 3: Invaren van de zuidelijke sluisvariant in opvaart met het simulatorschip met diepgang 14.5 m zonder wind en zonder stroom
- Simulatie 4: Invaren van de zuidelijke sluisvariant in afvaart met het simulatorschip in ballast bij windconditie ZW3
- Simulatie 5: Invaren van de noordelijke sluisvariant in opvaart met het simulatorschip met diepgang 14.5 m bij windconditie ZW5 en zonder stroom
- Simulatie 6: Invaren van de noordelijke sluisvariant in afvaart met het simulatorschip in ballast en bij windconditie ZW5
- Simulatie 7: Invaren van de zuidelijke sluisvariant in afvaart met het simulatorschip in ballast en bij windconditie ZW5
- Simulatie 8: Invaren van de zuidelijke sluisvariant in afvaart met het simulatorschip in ballast en bij windconditie O4

Bij het uitvoeren van de validatiesimulaties werden volgende opmerkingen geformuleerd:

- hoge dead slow van het simulatorschip (30 rpm) vereist grote sleepbootkracht achteraan;
- het simulatorschip in ballast was loefgierig;
- draaipunt van het simulatorschip lag dicht bij de boeg;
- sluseffect in afvaart is groter dan in realiteit;
- onrustig scheepsgedrag bij het invaren van de sluis;
- sluseffect in opvaart is kleiner dan in realiteit;
- de ecdis-kaart vertoonde een offset in heading (+1.3°);
- in het buitenbeeld bleek de havenmond enkel verwijd aan de oostelijke zijde;
- het scharnierpunt van de basculebrug lag vrijwel in het verlengde van de sluismuur.

Door enerzijds de beperkte tijd die beschikbaar was tussen de validatiedag en de eerste simulatiedag konden niet alle opmerkingen tijdig verwerkt worden. Wel werd het manoeuvreergedrag van het simulatorschip zodanig aangepast dat het draaipunt bij lage toerentallen op één vierde scheepslengte achter de boeg kwam te liggen en werd de monding van de havenmond aangepast conform de schetsen uit paragraaf 1.1.

### 2.4.3 Te simuleren condities

Tijdens een overlegmoment in de voormiddag werden volgende afspraken gemaakt betreffende de te simuleren condities:

#### Scenario's

- Nadruk dient te liggen op het invaren van de sluis waarbij de simulaties afgebroken dienen te worden wanneer het schip zich één derde in de sluis bevindt.
- Beide inplantingsvarianten zullen evenwaardig onderzocht worden.
- Op- en afvaart zullen evenwaardig onderzocht worden voor wat betreft invaren van de sluis. Het uivaren van de sluis zal enkel in opvaart onderzocht worden.
- De interactie tussen verkeerstromen naar de verschillende sluizen dient niet onderzocht te worden. Behalve het simulatorschip en diens sleepboten dient geen andere scheepvaart aan de omgeving toegevoegd te worden.
- Om het aantal verschillende condities te beperken wordt afgesproken om de opvaart van op de rivier steeds te simuleren voor een schip komende vanuit westelijke richting. Simuleren van uit de Put van Terneuzen (oostelijke invaart) dient niet onderzocht te worden.

## Omgeving

- De palen centraal in de voorhavens aan zowel kanaal- als rivierzijde dienen verwijderd te worden uit de simulatieomgevingen. De enige palen die tijdens de simulaties aanwezig mogen zijn, zijn:
  - de westelijke palen voor de Westsluis aan de rivierzijde;
  - de westelijke palen voor de Westsluis aan de kanaalzijde;
  - nieuwe oostelijke palen voor de grote zeesluis binnen complex aan de rivierzijde.
- De te onderzoeken windcondities dienen conform gekozen te worden met de huidige limieten voor vaart naar de Westsluis. Het betreft een maximale windkracht gelijk aan 6 Beaufort in opvaart en 5 Beaufort in afvaart.
- Doordat tjsupers op heden of zo vroeg mogelijk (stroomconditie 3 uur voor hoog water) of op hoog water (stil van hoog) het sluisencomplex bereiken in opvaart, dienen enkel deze twee gematigde stroomcondities onderzocht te worden.

## 3 Input

### 3.1 Omgeving

#### 3.1.1 Sluis

De grote zeesluis binnen het complex die onderzocht werd, combineert een lengte tussen de deuren gelijk aan 427 m met een beschikbare breedte gelijk aan 55 m. Dergelijke sluisafmetingen zoals in Panama zijn ontworpen voor schepen met lengte gelijk aan 366 m en breedte gelijk aan 48.8 of afgerond 49 m. Hoewel de ontwerpdiepgang van het ontwerpschip voor de nieuwe sluisen te Panama 15.2 m bedraagt, wordt de maximale diepgang voor scheepvaart op het kanaal Gent-Terneuzen 14.5 m verondersteld. De bodemdieptes van buitenhaven, sluis en binnenhaven (zie paragraaf 3.1.4) werden conform deze diepgang gekozen.

In de studie werd de afwezigheid van drijfrahmen verondersteld en werd de totale breedte van de sluis gelijk gekozen aan de beschikbare breedte van de sluis of dus 55 m.

#### 3.1.2 Inplanting binnen complex

In studie 803\_5 werden twee mogelijke configuraties onderzocht waarin de grote zeesluis binnen het bestaande sluisencomplex geïmplementeerd werd. De eerste inplanting van de grote zeesluis binnen complex (zie Figuur 5) werd ontleend aan het vooronderzoek uitgevoerd door Arcadis [2]. Bij het opstellen van deze configuratie werd ervan uitgegaan dat de beschikbare ruimte in de buitenhaven het belangrijkste knelpunt was voor de variant grote zeesluis binnen complex.

Een tweede inplanting van een grote zeesluis binnen complex werd voorgesteld in het kader van de studie 803\_5 en wordt beschreven in paragraaf 2.1 (zie Figuur 6).

#### 3.1.3 Havenmond

Door de grotere afmetingen van schepen die de buitenhaven in- en uit dienen te varen werd de havenmond die de aansluiting vormt tussen buitenhaven en rivier met 130 m verbreed. De aanpassing van de havenmond werd in samenspraak met de kanaalloosden ongeveer gelijkmatig verdeeld over de oost- en westkant van de havenmond. Door de westkant 70 m naar het westen te verplaatsen en de oostkant 60 m naar het oosten werd de oorspronkelijke breedte van de havenmond (300 m) opgevoerd tot 430 m.

#### 3.1.4 Bodem

De minimale bodemdiepte van voorhaven, sluis en kanaal werd aangepast aan de waarden afgeleid in [2] en weergegeven in Tabel 1. Deze bodemdieptes laten toe om:

- langs de rivierzijde te allen tijde de sluis in te varen met een schip met diepgang gelijk aan 13.1 m;
- te allen tijde een schip met diepgang 14.5 m te laten overtijen in de buitenhaven;
- een schip met diepgang 14.5 m bij hoog water te schutten;
- een waterdiepte 16 m te bereiken op het kanaal.

#### 3.1.5 Stroomcondities

Op de validatiedag werd in overleg met de begeleidingsgroep, de Vlaamse en Nederlandse loosden besloten om de simulaties enkel uit te voeren bij de gematigde stroomcondities drie uur voor hoog water en op hoog water. Deze stroomcondities worden visueel voorgesteld in Figuur 11.

De beperking tot gematigde stroomcondities werd verantwoord op basis van de huidige ervaring met tijsupers enerzijds en de invaarten uitgevoerd bij volle vloedcondities uitgevoerd in 803\_03 [1] anderzijds.

### 3.1.6 Windcondities

Net als de stroomcondities werden de te simuleren windcondities vastgelegd door de begeleidingsgroep in samenspraak met Vlaamse en Nederlandse kanaalloodsen. Er werd beslist om de te simuleren windcondities te beperken tot deze waarbij vandaag op- en afschutten in de Westsluis toegelaten is. Het betreft in opvaart een maximale windsnelheid gelijk aan zes Beaufort (13.8 m/s) en in afvaart een maximale windsnelheid gelijk aan vijf Beaufort (10.7 m/s). Tijdens de eerste simulaties uitgevoerd door de simulerende loodsen werden gewenningsvaarten uitgevoerd bij vier Beaufort (7.0 m/s).

Als te onderzoeken windrichtingen werden geselecteerd:

- Zuidwestelijke wind: Dominante windrichting ter hoogte van het sluisencomplex (zie Figuur 12). De dominantie van de zuidwestelijke wind is meer uitgesproken bij de hogere windklassen.
- Noordwestelijke wind: Achteraankomende windrichting voor opvaart heeft een nadelig effect om het schip tijdig gestopt te krijgen in de buitenhaven.
- Oostelijke wind: windrichting ca. dwars op de sluis.

De oriëntatie van de drie onderzochte windrichtingen ten opzichte van de oriëntatie van de grote zeesluis worden weergegeven in Figuur 13.

Windluwte ten gevolge van massieve constructies in de buurt van het sluisencomplex werd niet in rekening gebracht. Wel werd aan zowel windsnelheid als windrichting een vlagerigheid toegekend waardoor de windvector ter hoogte van het schip varieerde met de tijd.

### 3.1.7 Vreemde schepen

In de begeleidingsgroep Nautisch Simulatie werd beslist om de verkeerstechnische knelpunten verbonden aan de inplanting van een grote zeesluis binnen complex niet te beschouwen in deze studie. Tijdens de simulaties waren weliswaar vreemde schepen aanwezig maar deze beïnvloedden in geen van de simulaties de op- of afvaart van het simulatorschip.

### 3.1.8 Sluiseffecten

Aangezien het invaren van een sluis gepaard gaat met belangrijke hydrodynamische effecten dienden ook deze effecten gemodelleerd te worden voor de afmetingen van schip en sluis<sup>1</sup> die het onderwerp vormden van deze studie.

De onderstaande effecten die een schip ervaart bij het invaren van een sluis werden gemodelleerd:

- Translatiegolven: boegwolf die bij het invaren van de sluis opgesplitst wordt in enerzijds een positieve golf die zich voortplant in de sluis en reflecteert tegen het einde van de sluisdeur en anderzijds een negatieve golf die zich voortplant richting open water (enkel langsscheepse invloed).
- Retourstromen: stroom rond het schip in tegengestelde richting als de scheepsbeweging onder invloed van de beperkte ruimte rond het schip (ook bekend als het "piston-effect"). Het betreft hier enkel de invloed van retourstromen op dwarskracht en giermoment, de langsscheepse component van de retourstroom zit vervat in de translatiegolven.
- Cushioneffecten: dwarskrachten en giermomenten die ontstaan doordat wanneer een schip een steile wand nadert, het water tussen beide lichamen opgestuwd wordt. Bij het verwijderen van een schip van een steile wand treedt een omgekeerd effect op. Het cushioneffect werkt de heersende beweging van het schip tegen en geeft aanleiding tot een stabiel gedrag van het schip in de sluis.

---

<sup>1</sup> De keuze om de simulaties uit te voeren in een sluis met totale breedte tussen de sluiswanden gelijk aan 55 m gaat gepaard met grotere sluiseffecten in vergelijking met eenzelfde effectieve sluisbreedte bekomen met een breedte tussen de sluiswanden van 58 m en drijframen.

Na opmerkingen van de loodsen betreffende het sluis effect voor invaarten van op het kanaal werd geconstateerd dat er oorspronkelijk een te groot sluis effect gemodelleerd was op het kanaal doordat een te grote scheepsdiepgang verondersteld werd. Vanaf de vierde simulatiedag werd dit sluis effect voor invaart van op het kanaal realistisch gemodelleerd.

## **3.2 Schepen**

### **3.2.1 Simulatorschip**

Alle simulaties in het kader van 803\_05 werden uitgevoerd met een bulkcarrier met afmetingen conform het ontwerpschip voor de toekomstige sluisen te Panama. Dergelijke post-panamax schepen combineren een lengte over alles gelijk aan 366 m met een breedte gelijk aan 49 m.

De maximale diepgang op het kanaal Gent-Terneuzen is maatgevend voor de maximale diepgang door de sluisen. Tijdens de simulaties werden opvaarten uitgevoerd met een post-panamax bulk carrier met diepgang 14.5 m terwijl in afvaart hetzelfde schip onderzocht werd in een ballastconditie die een diepgang achter gelijk aan 9.6 m combineert met een diepgang voor gelijk aan 8.4 m.

Tot op heden zijn er geen bulkcarriers in de vaart met hoofdafmetingen 366 m x 49 m. Door vergelijking met bulk carriers met gelijkaardige afmetingen kan men veronderstellen dat de ontwerpdiepgang van het simulatorschip ca. 22 m is. Voor een dergelijke bulkcarrier zal bijgevolg de maximale diepgang in Terneuzen gelijk aan 14.5 m gepaard gaan met een groot vrijboord wat resulteert in een groot frontaal en lateraal windoppervlak.

De hoofdkarakteristieken van het simulatorschip Bulk366 worden opgelijst in Tabel 2.

### **3.2.2 Sleepbootassistentie**

Bij de start van elke simulatie werd in samenspraak met de uitvoerende loodsen en op basis van ervaring opgebouwd tijdens voorafgaande simulaties de meest gepaste sleepbootconfiguratie geselecteerd. Maximaal vier sleepboten konden ingezet worden met bollard pull gelijk aan 45 ton, 60 ton of 80 ton.

De bediening van de sleepboten op basis van aangrijpingspunt of kluis op het schip, trek- of duwrichting, trek- of duwkracht en lijnlengte werd tijdens de validatiedag en twee simulatiedagen uitgevoerd door sleepbootkapiteins van URS, ervaren met het assisteren van schepen in het sluisencomplex te Terneuzen. Op drie simulatiedagen werden de sleepboten bediend door de projectleider.

## **3.3 Scenario's**

Tijdens de validatiedag werd in samenspraak met de begeleidingsgroep en de uitvoerende loodsen afgesproken om de scenario's te beperken tot deze die in deze paragraaf besproken worden.

### **3.3.1 Sluis invaren van op de rivier (22 simulaties)**

Tijdens de opvaarten naar de sluis vatte het simulatorschip met diepgang 14.5 m de simulatie aan op de rivier op een westelijke positie van het sluisencomplex. Het invaren van de buitenhaven vanuit het oosten werd niet beschouwd. Het invaren van de buitenhaven van op de rivier werd enkel uitgevoerd bij gematigde stroomcondities (zie paragraaf 3.1.5). De simulatie werd afgebroken op het ogenblik dat het schip zich ca. een derde in de sluis bevond.

### **3.3.2 Sluis invaren van op het kanaal (18 simulaties)**

Afvaarten werden uitgevoerd met een bulkcarrier in ballastconditie. Het simulatorschip kreeg een startpositie ter hoogte van de massagoedhaven met snelheid gelijk aan 3 kn. De simulatie werd afgebroken op het ogenblik dat het schip zich ca. een derde in de sluis bevond.

### **3.3.3 Sluis uitvaren naar het kanaal (6 simulaties)**

Een beperkt aantal simulaties betrof het uitvaren van de sluis door een opvarend simulatorschip.

## 4 Evaluatie

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe de vaarten geëvalueerd werden. De evaluatie was gebaseerd op het traject dat afgelegd werd door de simulatorschepen, de waarden van belangrijke parameters tijdens de vaart en de reacties die de loodsen uitten na het uitvoeren van de simulaties. Ter beoordeling van deze eerste twee criteria werden per vaart volgende hulpdocumenten gegenereerd:

- Vaarbaanplot die het traject beschrijft van het simulatorschip inclusief een aanduiding van de posities waarop eventueel contact optrad tussen schip en sluisconstructie (zie Bijlage 1).
- Overzichtsgrafieken per vaart met informatie over scheepsparameters en sleepbootgebruik (zie Bijlage 2).

Korte tijd na het uitvoeren van de simulaties werd per mail een debriefingdocument verstuurd naar alle leden van de begeleidingsgroep Nautische Simulatie en de deelnemende kanaalloodsen door middel waarvan algemene opmerkingen over de simulaties aangebracht konden worden.

### 4.1 Vaarbaanplots

Voor 45 van de 46 simulaties werd een vaarbaanplot opgesteld waarin volgende informatie afgelezen kan worden:

- Traject van het simulatorschip en diens sleepboten aan de hand van een zwarte contourschets om de 60 seconden die om de 300 seconden vervangen wordt door een blauwe contourschets.
- Aanduiding van de posities waarop het schip contact maakte met de sluis door middel van grote of kleine cirkels in verschillende kleuren naargelang de snelheid waarbij het contact optrad.
  - Grote of kleine cirkel
    - Indien het contactpunt geaccentueerd wordt door een grote cirkel betreft het een contact tussen schip en kaaimuur. Voor een dergelijk contact wordt de botssnelheid gedefinieerd als de plaatselijke dwarse beweging van het schip bij het eerste contact tussen schip en constructie.
    - Indien het contactpunt geaccentueerd wordt door middel van een kleine cirkel betreft het een contact tussen schip en de hoek van de sluisconstructie. Voor een dergelijk contact wordt de botssnelheid gedefinieerd als de langsscheepse snelheid van het schip.
  - Kleurschakering
    - De kleurschakeringen van de cirkels worden bepaald door de botssnelheden waarmee het contact gepaard ging. De gehanteerde legende wordt weergegeven in Figuur 14.
- Aanduiding van de scheepscontour op het ogenblik dat er contact optrad tussen schip en sluis in een oranje kleur.

### 4.2 Grafieken

Om een beter inzicht te krijgen in de oorzaak van bepaalde fenomenen dient de evolutie van een aantal parameters weergegeven te worden. Om deze reden werd voor elke uitgevoerde vaart een pagina met overzichtsgrafieken gegenereerd. Deze bevat de evolutie van algemene gegevens zoals:

- schroeftoerental [rpm];
- stand hoofdruer [°];

- koers [°];
- langsscheepse snelheid van het schip gemeten over de grond [kn];
- langsscheepse stroomsnelheid [kn];
- dwarsscheepse snelheid van het schip gemeten over de grond [kn];
- dwarsscheepse stroomsnelheid [kn];
- giersnelheid van het schip gemeten over de grond [°/min];
- waterdiepte [m];

De snelheid over de grond en de stroomsnelheid worden zowel in langsscheepse als dwarsscheepse richting in dezelfde grafiek weergegeven. Het verschil van beide is gelijk aan de respectievelijke langsscheepse en dwarsscheepse scheepssnelheid door het water.

De verschillende grootheden werden uitgezet ten opzichte van de tijd. Door middel van een zwarte ruit op de horizontale as wordt aangegeven op welk tijdstip de boeg van het schip de ingang van de sluis kolk overschreed.

Alle vaarten uit deze studie werden uitgevoerd met behulp van sleepbootassistentie. Op een tweede blad met grafieken wordt het gebruik van sleepboten tijdens de vaart weergegeven. Tijdens de simulaties konden maximaal vier sleepboten gebruikt worden. Voor elk van de vier sleepboten worden aan de hand van twee grafieken volgende parameters weergegeven.

- sleepbootgebruik (per sleepboot);
  - troskracht sleepboot [ton];
  - stuwkracht sleepboot [ton];
  - koppelpunt sleepboot [-];
  - hoek sleeplijn [°].

Sommige van deze grafieken vereisen extra uitleg:

- De sleepboten hadden de keuze uit verschillende kluizen om zich vast te maken aan het zeeschip. In de simulator worden deze kluizen koppelpunten genoemd die genummerd werden van 1 tot 16. De locaties van de kluizen op het onderzochte schip worden weergegeven in Figuur 15. In deze figuur wordt aan de hand van een 1 of 2 aangeduid of de koppelpunten bedoeld zijn om een sleeplijn te bevestigen (1) of om een sleepboot te laten duwen in de flank (2).
- De troskracht van een sleepboot is de kracht die een sleepboot uitoefent op de lijn. Deze kracht is afhankelijk van zowel het gedrag van de sleepboot als het gedrag van het zeeschip. De stuwkracht is de kracht gegenereerd door de sleepboot en is bijgevolg enkel afhankelijk van het gedrag van de sleepboot.

De overzichtsgrafieken worden weergegeven in Bijlage 2. Deze is in digitale vorm toegevoegd aan dit rapport.

### 4.3 Nabespreking

Na elke simulatie werd het verloop van de vaart besproken met de uitvoerende loodsen en de assisterende sleepbootkapitein indien aanwezig. De belangrijkste opmerkingen worden opgenomen in de beschrijving van de simulaties in hoofdstukken 5 tot 7.

### 4.4 Debriefing

Enkele weken na de laatste simulatiedag werd door de projectgroep KGT een debriefingformulier verspreid onder de deelnemers van de validatiedag en de simulatiedagen. Het debriefingformulier betrof

een vragenlijst bestaande uit twaalf vragen aangaande het verloop, het realistische karakter en de conclusies van de studie. De antwoorden die verkregen werden uit dit debriefingformulier worden verwerkt in hoofdstuk 8 van dit rapport. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de resultaten van deze briefing pas geconsulteerd werden na het schrijven van het concept-rapport. De hoofdstukken 5, 6 en 7 werden bijgevolg geschreven zonder kennis over de debriefingsresultaten.



## 5 Sluis invaren van op de rivier

Het eerste scenario dat in dit rapport besproken wordt, betreft het invaren van een grote zeesluis binnen complex van op de rivier. De startpositie van het opvarende simulatorschip ( $T = 14.5$  m) werd op de rivier gekozen ten westen van het sluisencomplex. De opvaarten van op de rivier werden uitgevoerd met gematigde stroomcondities die gepaard gaan met relatief hoge waterstanden.

Een overzicht van de condities waarbij opvaarten naar de sluis gesimuleerd werden, wordt weergegeven in Tabel 4. Tijdens 22 van de 46 simulaties werd het invaren van de sluis door een opvarend schip onderzocht, waarbij 12 maal de noordelijke inplantingsvariant gesimuleerd werd en 10 maal de zuidelijke variant.

Het invaren van de sluis van op de rivier kan opgesplitst worden in vier manoeuvres:

- 1) invaren van de buitenhaven;
- 2) terugbrengen van de snelheid in de buitenhaven;
- 3) oplijnen van het schip naar de sluis;
- 4) invaren van de sluis.

De bespreking van de sluisinvaarten van op de rivier worden gebundeld volgens de windrichting waarbij ze uitgevoerd werden.

### 5.1 Zuidwestelijke wind

Tijdens 10 van de 22 sluisinvaarten van op de rivier werd een zuidwestelijke wind onderzocht. De gesimuleerde windkracht betrof steeds vijf of zes Beaufort. De hogere windklasse (zes Beaufort) werd pas gehanteerd wanneer de uitvoerende kanaalloods enkele simulaties bij meer gematigde windcondities (minder dan zes Beaufort) uitgevoerd had.

#### 5.1.1 Simulatie 9: noordelijke variant, 5 Beaufort

De eerste sluisinvaart van op de rivier bij een zuidwestelijke wind werd uitgevoerd op de tweede simulatiedag. Het betrof de invaart van de noordelijke inplanting van de grote zeesluis binnen complex die gepaard gaat met de kleinste ruimte in de buitenhaven.

De uitvoerende loodsen konden bij het selecteren van de gewenste sleepbootassistentie buigen op de ervaring opgebouwd tijdens acht voorafgaande simulaties. De simulatie werd aangevat met zowel voor als achter twee sleepboten bestaande uit één sleepboot met trekkracht 45 ton en één sleepboot met trekkracht 60 ton. Er werd geopteerd om zodra het schip zich in de buitenhaven bevond de voorste sleepboot met trekkracht 60 ton in de zij aan bakboord (koppelpunt 13) te laten assisteren.

Het invaren van de buitenhaven bij stroomconditie hoog water werd zonder problemen uitgevoerd (zie Bijlage 1 15). Doordat de noordelijke inplanting van de grote zeesluis binnen complex gepaard gaat met een verdraaiing ten opzichte van de oriëntatie van de Westsluis dient slechts een kleine hoekverdraaiing en dus koerswijziging uitgevoerd te worden in de buitenhaven.

Wanneer het schip zich in de buitenhaven bevond, werd de scheepssnelheid teruggebracht van 5.6 kn tot 3.3 kn door de volle inzet van de beide achterste sleepboten en een machinegebruik slow astern gedurende 1.2 minuten. Vanaf het ogenblik dat de snelheid 3.3 kn bereikt werd, kon men (voor deze simulatie) stellen dat het oplijnmanoeuvre naar de sluis begon. De loodsen oordeelden dat het stoppen van het schip in de buitenhaven geen probleem stelde.

De sleepbootkapitein die tijdens de tweede simulatiedag de sleepboten bediende, liet de beide voorste sleepboten in het begin van de vaart steeds 25% trekken om spanning in de lijnen te houden. Mogelijks hierdoor diende achteruit geslagen te worden om de snelheid af te bouwen. Na de simulatie werd overeengekomen dat de sleepboten enkel actie ondernemen wanneer dit door de loods gevraagd wordt.

Tijdens het oplijnen van het schip naar de sluis werden uitsluitend positieve telegraafstanden gehanteerd. Om de scheepssnelheid verder terug te brengen tot de 2 kn waarbij het invaren van de sluis geschiedde was een intensief gebruik van de achterste sleepboten vereist.

Op het ogenblik dat de snelheid nog 3.3 kn bedroeg ( $t = 12$  min) assisteerde een sleepboot met Bollard Pull gelijk aan 60 ton in de zij aan bakboord. Om het schip tegen de wind in te duwen werd de sleepboot in de zij aan bakboord intensief gebruikt vanaf  $t = 14.5$  min (zie Bijlage 2).

Het invaren van de sluis geschiedde probleemloos tot wanneer het schip zich meer dan één derde in de sluis bevond. Wanneer immers het schip zich diep in de sluis bevond, kon de sleepboot in de zij niet langer assisteren en ging het schip verlijeren. Hierdoor maakte het schip midscheeps contact met de oostelijke hoek van de sluis. De botssnelheid die hiermee gepaard ging bedroeg 0.13 kn.

De loodsen oordeelden dat de simulatie vlot uitgevoerd werd met voldoende reserves.

### 5.1.2 Simulatie 10: zuidelijke variant, 5 Beaufort

In Simulatie 10 werden dezelfde condities onderzocht als in Simulatie 9 voor de zuidelijke inplanting van de sluis. Er werd een identieke sleepbootconfiguratie gehanteerd als in Simulatie 9.

Doordat de inplanting op een zuidelijke positie binnen complex parallel aan de Westsluis gekozen werd, dient het schip, eenmaal de buitenhaven ingevaren, een grotere koerswijziging te verwezenlijken dan het geval was bij het invaren van de noordelijke variant.

Gedurende vrijwel de volledige simulatie werd een telegraafstand dead slow ahead gehanteerd. Men kan stellen dat door de erg lage snelheid waarmee het schip de buitenhaven invoer (4 kn) het oprijmanoeuvre en het afstopmanoeuvre gecombineerd uitgevoerd werden. De snelheid kon afgebouwd worden tot 2.2 kn bij het invaren van de sluis zonder achteruit te slaan of de schroef te stoppen.

Analoog als in Simulatie 9 werd het invaren van de sluis probleemloos uitgevoerd tot op het ogenblik wanneer de duwende sleepboot uit de zij moest. Op dat ogenblik bleek een vol gebruik van de voorste sleepboot (waarvan de bewegingsruimte beperkt werd door de beide sluismuren) niet te volstaan om het schip tegen de wind op te houden. Het schip kwam midscheeps met snelheid 0.09 kn tegen de oostelijke sluishoek.

De in Simulatie 9 en 10 gehanteerde invaarmethode is deze die vandaag gehanteerd wordt naar de Westsluis. Gebruikmakend van de aanwezigheid van drijfrahmen in de Westsluis wordt het schip gecontroleerd tegen de drijfrahmen gebracht waarna het schip verder de sluis inglijdt langs het drijfraam. Doordat uit Simulatie 9 en Simulatie 10 blijkt dat het verlijeren van het schip niet vermeden kan worden wanneer geen sleepboot (centraal) in de zij kan assisteren, is contact tussen het varende schip en de sluisconstructie onvermijdbaar. Op basis hiervan wordt de aanwezigheid van drijfrahmen in een grote zeesluis noodzakelijk geacht.

De loodsen merkten op dat de trechtersvormige aanloop die eigen is aan de zuidelijke inplantingsvariant de bewegingsruimte van de sleepboten in het algemeen en van sleepboten assisterend in de zij in het bijzonder in belangrijke mate beperkt.

### 5.1.3 Simulatie 14: noordelijke variant, 6 Beaufort

Later tijdens de tweede simulatiedag werden dezelfde condities als in simulaties 9 en 10 onderzocht bij windkracht 6 Beaufort. De sleepbootassistentie werd niet aangepast aan de hogere windsnelheden en werd identiek gekozen als in simulaties 9 en 10.

Simulaties 14 en 15 werden uitgevoerd bij de stroomconditie drie uur voor hoog water. De invloed van het uitvoeren van invaarmanoeuvres met de ene of andere stroomconditie die het onderwerp vormden van deze studie werd door alle deelnemende loodsen nihil beschouwd.

Het afbouwen van de sloopssnelheid in de buitenhaven kon verwezenlijkt worden zonder de schroef achteruit te gebruiken<sup>2</sup>. Ook de achterste sleepboten dienden slechts gedurende anderhalve minuut vol gebruikt te worden om een aanvaardbaar snelheidsverloop te verwezenlijken. Het oprijnen van het schip naar de sluis vond plaats aan 2 kn terwijl de sluis ingevaren werd aan 2.5 kn.

---

<sup>2</sup> Door een slecht contact van de telegraaf op de brug werd tijdens een deel van deze simulatie een toerental gehanteerd dat lager was dan het toerental overeenkomstig met dead slow ahead (zie Bijlage 2)

Zowel tijdens het oplijnen naar de sluis als tijdens het invaren naar de sluis diende de sleepboot in de zij vol gebruikt te worden.

De simulatie werd afgebroken wanneer het schip zich één derde in de sluis bevond. Tot op dat ogenblik had er geen contact opgetreden tussen schip en sluis.

Ondanks de gunstige resultaten van deze simulatie oordeelden de uitvoerende loodsen dat er in de zij te weinig reserve in sleepbootkracht voorhanden was om een aanvaardbaar manoeuvre uit te voeren.

#### **5.1.4 Simulatie 15: zuidelijke variant, 6 Beaufort**

Dezelfde condities als in simulatie 14 werden in simulatie 15 toegepast op een invaart van de zuidelijke inplantingsvariant.

Hoewel in simulatie 14 geconcludeerd werd dat de geselecteerde sleepbootassistentie ontoereikend was voor een veilig manoeuvre en er bijgevolg een zwaardere sleepboot in de zij gewenst is bij ZW6, werd simulatie 15 ten behoeve van de vergelijking van de twee inplantingsvarianten uitgevoerd bij een identieke sleepbootconfiguratie als simulatie 14.

De resultaten uit simulatie 15 zijn erg gelijkaardig aan deze in simulatie 14. Doordat in simulatie 15 de buitenhaven aan grotere snelheid ingevaren werd, dienden de achterste sleepboten langdurig vol gebruikt te worden en werd de schroef een aantal maal gestopt om de snelheid voldoende laag te krijgen om het schip op te lijnen. Bij het naderen van de sluis worden ook de voorboot en de sleepboot in de zij intensief gebruikt en waren de reserves in sleepbootkracht nihil.

De conclusies uit simulatie 14 worden bevestigd. Op het ogenblik dat het schip zich één derde in de sluis bevond en de duwende sleepboot niet langer kon assisteren, trad contact op met de oostelijke hoek van de sluis. De botssnelheid bedroeg 0.12 kn.

De loodsen concludeerden dat de moeilijkheidsgraad verbonden aan opvaart naar de zuidelijke of noordelijke inplantingsvariant erg gelijkaardig is. De zuidelijke variant heeft in de buitenhaven het nadeel van een trechteraanloop waardoor de bewegingsvrijheid van de sleepboten beperkt wordt en de duwende sleepboot vroeger uit de zij weg moet. De kortere stopafstand die gepaard gaat met de noordelijke inplantingsvariant werd door de loodsen steeds voldoende beschouwd.

#### **5.1.5 Simulatie 27: noordelijke variant, 6 Beaufort**

De laatste simulatie van de derde simulatiedag betrof het invaren van de noordelijke sluis van op de rivier bij windconditie ZW6. Op dat ogenblik waren de uitvoerende loodsen ervaren met de manoeuvres op de simulator.

In simulaties 14 en 15 bleek dat de combinatie van een duwende sleepboot met BP 60 ton en een voorboot met BP 45 ton gepaard ging met erg weinig reserves bij het invaren van de sluis en dat de voorboot het schip niet kon ophouden tegen de wind wanneer de duwende sleepboot niet langer kon assisteren. Om tegemoet te komen aan de te beperkte sleepbootassistentie ter hoogte van het voorschip werd in simulatie 27 de voorboot vervangen door een sleepboot met BP 60 ton. De twee achterste sleepboten hadden beide een trekkracht gelijk aan 45 ton.

Mede dankzij de grote ervaring van de loodsen bij gelijkaardige sluismanoeuvres werd simulatie 27 vlot uitgevoerd.

Uit Bijlage 2 blijkt dat alle sleepboten erg intensief gebruikt werden en dat om de gewenste snelheid te bekomen de schroef kortstondig gestopt werd. Anders dan in de vorige simulaties slaagden de loodsen er in om het schip volledig in de centerlijn van de sluis te laten invaren. Ook wanneer de duwende sleepboot niet langer kon assisteren bleek de assistentie van een voorboot met BP 60 ton voldoende om contact met de sluis te vermijden.

Behalve de grotere sleepbootkracht vooraan verschilt ook de snelheid waarmee de sluis ingevaren werd gevoelig met de waarden die in vorige vaarten gehanteerd werden. In simulatie 27 werd de sluis ingevaren aan meer dan 3 kn. Het invaren van de sluis aan hogere snelheden is het resultaat van de ervaring van de loodsen opgebouwd tijdens de drie eerste simulatiedagen.

### 5.1.6 Simulatie 34: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Op de vierde en vijfde simulatiedag werden de simulaties uitgevoerd door drie loodsen die niet betrokken waren bij de voorafgaande simulatiedagen noch bij de validatiedag.

De eerste sluisinvaart van op de rivier bij zuidwestelijke wind door deze loodsen werd uitgevoerd naar de zuidelijke inplantingsvariant. De loodsen opteerden voor een afwijkende sleepbootconfiguratie bestaande uit één voorboot met BP 45 ton en één achterboot met BP 60 ton bij het invaren van de buitenhaven aangevuld met twee sleepboten in de zij aan bakboord wanneer het schip zich in de buitenhaven bevond. De sleepboot vooraan aan bakboord (koppelpunt 14) beschikte over BP 45 ton terwijl de sleepboot achteraan aan bakboord (koppelpunt 11) over BP 60 ton beschikte.

Uit Bijlage 2 blijkt dat de achterste sleepboot in de zij aan bakboord niet gebruikt werd en dat ook de voorste sleepboot en de voorste duwende sleepboot slechts kortstondig (weliswaar vol) gebruikt werden. De achterste sleepboot werd wel intensief gebruikt om de snelheid uit het schip te halen. Bovendien werd de schroef gedurende ca. 40 seconden slow astern gebruikt.

Het erg beperkte sleepbootgebruik resulteerde in een aantal contacten tussen de oostelijke sluishoek en het voorschip die gepaard gingen met botssnelheden tot 0.2 kn. De loodsen oordeelden dat deze vaart ten einde gebracht werd met schade.

De loodsen oordeelden dat de sleepboten onvoldoende gebruikt werden. Bovendien werd opgemerkt dat de trechtervormige aanloop van de sluis, de voorste duwende sleepboot op koppelpunt 14 vroeg uitschakelt bij het invaren van de sluis.

### 5.1.7 Simulatie 35: noordelijke inplanting, 5 Beaufort

Het invaren van de noordelijke sluis bij identieke condities als in simulatie 34 vormde het onderwerp van simulatie 35. De sleepbootconfiguratie werd aangepast aan de resultaten uit de vorige simulatie. Vooraan en achteraan assisteerde een sleepboot met trekkracht 60 ton terwijl zowel centraal aan bakboord als centraal aan stuurboord een duwende sleepboot met 45 ton vastmaakte. Deze laatste sleepboot werd enkel tijdens het oplijnen op grote afstand van de sluis gebruikt.

In simulatie 35 werd na het invaren van de buitenhaven het schip stilgelegd door machine achteruit te geven en de achterste sleepboot intensief te laten trekken. Vanuit stilstand werd het oplijnen naar de sluis bewerkstelligd.

Op het einde van de simulatie, wanneer het schip zich reeds voor bijna de helft in de sluis bevond en de duwende sleepboot niet langer kon assisteren raakte het schip de oostelijke sluishoek aan 0.13 kn. Uit het feit dat de voorste sleepboot niet vol gebruikt werd om deze botsing te vermijden, kan men concluderen dat de loodsen dit een gecontroleerde botsing achtten.

De loodsen achten deze vaart vlot uitgevoerd met voldoende reserves.

### 5.1.8 Simulatie 36: noordelijke inplanting, 6 Beaufort

Dezelfde condities als in simulatie 35 werden onderzocht bij een windsterkte gelijk aan zes Beaufort. In deze simulatie werd een identieke sleepbootassistentie geselecteerd als in simulatie 35.

Het oplijnen naar de sluis en het invaren van de sluis (3.3 kn) vond plaats aan hogere snelheid dan gehanteerd bij de simulaties met lagere windsterktes. Op het einde van de simulatie viel op dat wanneer de duwende sleepboten niet langer assisterden het schip heel snel verlijerde (zie Bijlage 1 70) om ondanks een ultiem vol gebruik van de voorste sleepboot met een snelheid gelijk aan 0.32 kn midscheeps tegen de oostelijke sluishoek te vallen.

Hoewel de loodsen oordeelden dat deze invaart gepaard ging met voldoende reserves werd aan hoge snelheid gebotst met de oostelijke sluishoek. Na het uitvallen van de duwende sleepboot aan bakboord bleek de voorboot met BP 60 ton onvoldoende sterk om de door de wind geïnitieerde dwarse beweging naar bakboord tijdig te compenseren. Zolang de sleepboot in de zij kon assisteren werd het manoeuvre probleemloos uitgevoerd. Men stelt ook vast dat wanneer de boeg zich ter hoogte van de sluisingang bevindt, de koers van het schip nog niet overeenstemt met de voorligging van de sluis. Gezien de beperkte manoeuvreerruimte voor het schip in de sluis is het aangewezen dat het schip is opgelijnd voor de sluis en dat het manoeuvre zeer stabiel wordt uitgevoerd waarbij de dwarse snelheden van boeg en hek lager dan 0.2 kn worden gehouden.

### 5.1.9 Simulatie 43: noordelijke inplanting, 6 Beaufort

Op de laatste simulatiedag werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 36. Hoewel in simulatie 36 de sleepbootassistentie voldoende beoordeeld werd, selecteerden de loodsen in simulatie 43 een aangepaste sleepbootconfiguratie. De kracht van de voorste sleepboot werd verminderd tot BP 45 ton terwijl de kracht van zowel de duwende sleepboot aan bakboord als de achterste sleepboot verhoogd werd tot respectievelijk 60 ton en 80 ton. Bovendien werden beide duwbotten in de zij meer naar achteren gepositioneerd (op koppelpunten 6 en 12) waardoor zij langer konden assisteren bij het invaren van de sluis.

Door de kracht van de voorste sleepboot te verminderen en de duwende sleepboten meer naar achter op te schuiven waren de sleepbootreserves ter hoogte van het voorschip onvoldoende. Dit resulteerde in een groot aantal contacten tussen de sluis en het voorschip met weliswaar kleine botssnelheden tot 0.05 kn.

### 5.1.10 Simulatie 44: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort

In simulatie 44 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 43 voor opvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant. Rekening houdend met de conclusies uit simulatie 43 werden de duwende sleepboten opnieuw centraal in de zij gebruikt. Hierdoor werd in simulatie 44 een sleepbootconfiguratie gehanteerd die sterk overeenkomt met deze uit simulatie 36. De resultaten van beide vaarten zijn dan ook gelijkaardig.

Amper 23 seconden nadat de assistentie van de duwende sleepboot onmogelijk werd, trad het eerste contact op tussen schip en sluis wat gepaard ging met een botssnelheid gelijk aan 0.19 kn. Opnieuw dient men te concluderen dat het schip niet tegen de wind in opgehouden kon worden indien de assistentie van een duwende sleepboot in de zij ontbrak.

## 5.2 Oostelijke wind

8 van de 22 opvaarten naar de sluis werden uitgevoerd bij een oostelijke wind. Deze vaarten werden gelijkmatig verdeeld over de zuidelijke en de noordelijke variant.

### 5.2.1 Simulatie 6: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Simulatie 6 werd uitgevoerd bij een oostelijke wind met kracht vijf Beaufort. De simulatie werd aangevat met een sleepbootconfiguratie bestaande uit twee voorboten met BP 45 ton en twee achterboten met BP 60 ton. Deze sleepbootconfiguratie bleek ontoereikend om het schip veilig in de sluis te brengen. Tot tweemaal toe bleek op het ogenblik dat de boeg in de sluis kwam dat de beide voorste sleepboten onvoldoende dwarse kracht konden genereren om het verlijeren van het voorschip tegen te gaan. Bij een derde poging werd één van de voorste sleepboten centraal in de zij aan stuurboord gepositioneerd. Door deze ingreep kon een evenwicht bereikt worden tussen de windkracht en de sleepbootassistentie. Wanneer de sleepboot in de zij niet langer kon assisteren verlijerde het schip analoog als bij zuidwestelijke winden naar de westelijke sluishoek.

De loodsen oordeelden dat ze de windgevoeligheid van het schip onderschat hadden. Doordat de gehanteerde scheepsdiepgang ( $T = 14.5$  m) sterk afwijkt van de ontwerpdiepgang (22 m) heeft het schip ook in opvaart een groot windoppervlak.

### 5.2.2 Simulatie 7: noordelijke inplanting, 5 Beaufort

In simulatie 7 werden lessen getrokken uit de ongunstige simulatie 6. De condities in beide simulaties verschillen enkel in de locatie van de sluis en de geselecteerde sleepbootconfiguratie. In simulatie 7 werd in de buitenhaven dezelfde sleepbootassistentie geselecteerd als op het einde van simulatie 6.

Bij deze sleepbootassistentie en erg lage vaarsnelheden (tot 0.6 kn tijdens het oplijnen en 1 kn bij het invaren van de sluis) kon er een evenwicht gevonden worden tussen de windkrachten en de sleepbootkrachten. Het schip voer de sluis gecontroleerd in en ook na 3 minuten nadat de duwende sleepboot in de zij het werk diende te staken trad er geen contact op tussen schip en sluisconstructie. Het schip kon ook van zodra het voorschip in de sluis was zonder sleepboot centraal in de zij hoog de sluis invaren.

### 5.2.3 Simulatie 18: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort

Simulatie 18 werd uitgevoerd op de derde simulatiedag wanneer de loodsen een belangrijke ervaring opgebouwd hadden in het uitvoeren van sluismanoeuvres op de simulator.

In de buitenhaven werd het schip geassisteerd door één voorboot met BP 45 ton en één achterboot met BP 60 ton. Twee duwbotten assisteerden het schip in de zij aan stuurboord. Vooraan betrof het een duwende sleepboot met BP 45 ton en achteraan een duwende sleepboot met BP 60 ton.

Het invaren van de sluis werd uitgevoerd aan een opvallend hogere snelheid (2.3 kn) dan het geval was in simulatie 7. Pas 60 seconden nadat de achterste duwende sleepboot het werk moet staken, treed er contact op tussen schip en westelijke sluishoek wat gepaard ging met een botssnelheid van 0.07 kn.

### 5.2.4 Simulatie 19: noordelijke inplanting, 6 Beaufort

In simulatie 19 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 18 voor opvaart naar een noordelijk gepositioneerde sluis. De sleepbootconfiguratie werd aangepast zodat dezelfde sleepbootassistentie gehanteerd werd als in simulatie 27. Simulaties 19 en 27 hebben behalve hun sleepbootconfiguratie ook hun gunstige verloop gemeenschappelijk.

Alle sleepboten werden erg intensief gebruikt maar net als in simulatie 27 bleek dat ook na het wegvallen van de sleepboot centraal in de zij, de voorste sleepboot (BP 60 ton) het schip kan ophouden. Contact tussen schip en sluis kon in deze vaart vermeden worden, maar de loodsen merkten op dat de reserves in sleepbootgebruik gering waren.

### 5.2.5 Simulatie 28: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort

Simulatie 28 betrof de eerste simulatie uitgevoerd door de tweede groep kanaalloodsen. Het betreft een gewenningsvaart uitgevoerd bij een gematigde windkracht.

De aanloop naar de sluis werd uitgevoerd met twee sleepboten in de zij en werd uitgevoerd zonder contact te maken met de sluis. De loodsen merkten de beperkte bewegingsruimte voor de sluis op die gepaard gaat met een trecheraanloop eigen aan de zuidelijke inplanting.

### 5.2.6 Simulatie 29: noordelijke inplanting, 5 Beaufort

In simulatie 29 werd de windkracht verhoogd tot 5 Beaufort en werd een noordelijke inplanting onderzocht. De sleepbootconfiguratie bestond uit één voorboot en één achterboot met BP 60 ton en twee sleepboten met BP 45 ton assisterend in de zij aan stuurboord.

De loodsen merkten op dat de noordelijke inplanting een kleinere koerswijziging in de buitenhaven vereist.

Het invaren van de sluis werd – zeker rekening houdend met de beperkte ervaring op de simulator - uitgevoerd aan een hoge snelheid (3.3 kn). Wanneer de voorste duwende sleepboot niet langer kon assisteren en het schip één derde in de sluis zat, botste het schip met de westelijke sluishoek aan een snelheid gelijk aan 0.08 kn.

Simulatie 29 werd volgens de loodsen vlot uitgevoerd met voldoende reserves.

### 5.2.7 Simulatie 39 & 40: zuidelijke/noordelijke inplanting, 6 Beaufort

Op de laatste simulatiedag werden de simulaties uitgevoerd bij de maximale windkracht zoals opgelegd tijdens de validatiedag. Voor opvarende schepen betreft dit 6 Beaufort. Door de erg gelijkaardige resultaten in simulaties 39 en 40 worden deze samen besproken. Het enige verschil tussen beide simulaties betreft de ligging van de sluis.

Net als in simulaties 43 en 44 uitgevoerd bij zuidwestelijke wind werd in simulaties 39 en 40 gebruik gemaakt van één voorboot (BP 45 ton) één achterboot (BP 80 ton) en twee duwbotten achteraan in de zij waarvan één aan stuurboord (BP 60 ton) op koppelpunt 6 en één aan bakboord (BP 45 ton) op koppelpunt 12.

De simulaties op de tweede simulatiedag werden gekenmerkt door opvallend betere resultaten dan deze op de vierde simulatiedag. De loodsen die simulaties uitvoerden tijdens de laatste simulatiedagen baseerden zich meer op de beschikbare instrumenten en minder op het visuele.

Door de sleepboten in de zij iets meer naar achter te laten duwen konden deze het schip langer assisteren. Een identieke sleepbootconfiguratie bij ZW6 bleek in simulatie 43 gepaard te gaan met onvoldoende reserves in het voorschip. Bij een oostelijke wind met identieke kracht slaagde men er wel tweemaal in om het schip tot één derde in de sluis te brengen zonder contact met de vaste constructies. Wanneer het schip zich één derde in de sluis bevond, werd de simulatie afgebroken. De loodsen merkten wel op dat één sleepboot achteraan met trekkracht 80 ton gepaard gaat met weinig reserves. Door een vol sleepbootgebruik achteraan kon een scheepssnelheid gelijk aan 3 kn gecombineerd worden met een telegraafstand dead slow. Ook de duwende sleepboot aan de lijzijde van het schip (BP 60 ton) werd langdurig vol gebruikt.

Zoals te verwachten bij deze sleepbootconfiguratie werd de duwende sleepboot aan de loefzijde van het schip amper gebruikt. De loodsen achtten deze echter gewenst als reserve.

### **5.3 Noordwestelijke wind**

In 4 van de 22 gesimuleerde opvaarten naar de sluis werd een noordwestelijke wind onderzocht. Deze windrichting gaat gepaard met een achter aankomende wind in de buitenhaven en bemoeilijkt het tijdig afstoppen van het schip.

#### **5.3.1 Simulatie 3: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort**

Door een technische storing in de simulator zijn er geen evaluatiegegevens beschikbaar van deze vaart. Uit de nabespreking bleek dat het tijdig stoppen van het schip geen probleem vormde.

#### **5.3.2 Simulatie 5: noordelijke inplanting, 5 Beaufort**

In simulatie 5 werd de noordelijke inplanting van de grote zeesluis binnen complex onderzocht bij windconditie NW5. De noordelijke inplanting van de sluis gaat gepaard met een kortere ruimte in de buitenhaven dan de zuidelijke inplanting.

Het schip werd geassisteerd door twee voorboten met BP 45 ton en twee achterboten met BP 60 ton. Deze sleepbootconfiguratie werd gehanteerd bij alle opvaartsimulaties naar de sluis bij noordwestelijke wind.

Zoals blijkt uit bijlage 2 kon de scheepssnelheid afgebouwd worden zonder achteruit te slaan met de schroef. Wel werd gedurende 3.5 minuten de schroef gestopt maar dat werd door de loods als gangbare praktijk beschouwd. De twee achterste sleepboten werden steeds recht achteruit gebruikt en werden beide gedurende 5 minuten vol gebruikt op grote afstand van de sluis.

De loodsen oordeelden dat de stopafstand in deze simulatie geen probleem stelt. Een manoeuvre bij noordwestelijke wind werd veel eenvoudiger beschouwd dan deze bij oostelijke of zuidwestelijke windrichtingen door de geringe dwars-scheepse windcomponent. Er trad in deze vaart ook geen contact op tussen schip en sluis.

#### **5.3.3 Simulatie 24: noordelijke inplanting, 6 Beaufort**

In simulatie 24, uitgevoerd op de derde simulatiedag van de eerste groep kanaalloodsen, werd het invaren van de noordelijke inplantingsvariant onderzocht bij NW6. De sleepbootconfiguratie was identiek als in simulatie 5.

De grotere windkracht vereiste een grotere inzet van de beide achterste sleepboten die gedurende lange tijd vol gebruikt werden. De schroef werd kortstondig gestopt en de loodsen oordeelden dat het stoppen en schutten van het schip geen enkel probleem stelde in de onderzochte condities.

#### **5.3.4 Simulatie 25: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort**

In simulatie 25 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 24 voor een zuidelijke inplanting van de sluis. De achterste sleepboten werden minder intensief gebruikt maar vermoedelijk had dit eerder te maken met de kleinere snelheid waarmee het schip de buitenhaven invoer dan door de grotere stopafstand die simulatie 25 onderscheidde van simulatie 24.

Er wordt opgemerkt dat twee sleepboten met trekkracht 60 ton achteraan noodzakelijk zijn bij een achter aankomende wind met kracht 6 Beaufort.

## 5.4 Conclusies

### 5.4.1 Manoeuvreeer-technisch

Uit de simulaties uitgevoerd bij winden dwars op de sluis blijkt dat de moeilijkheidsgraad van simulaties naar beide onderzochte inplantingsvarianten van een grote zeesluis binnen complex erg gelijkaardig is. Tijdens de simulaties kwamen echter twee voordelen van de noordelijke inplanting tot uiting:

- een kleinere koerswijziging in de buitenhaven voor de noordelijke variant die gepaard gaat met een hoekverdraaiing gelijk aan 5° ten opzichte van de oriëntatie van de Westsluis;
- afwezigheid van de trechtvorm in de aanloop naar de sluis bij de noordelijke inplantingsvariant impliceert een grotere bewegingsvrijheid voor de sleepboten op korte afstand van de sluis en meer bepaald het langer kunnen assisteren van de duwboten in de zij. Hierbij dient echter opgemerkt dat de noordelijke variant gesimuleerd werd zonder remmingswerken. Dergelijke remmingswerken worden bij sluizen wereldwijd niet noodzakelijk toegepast.

Hoewel de moeilijkheidsgraad van beide inplantingsvarianten slechts weinig verschilt, kunnen toch belangrijke conclusies getrokken worden uit de opvaarsimulaties naar de sluis bij dwarse winden. Bij een dwarse wind gelijk aan vijf of zes Beaufort bleek een duwende sleepboot aan de lijzijde van het schip steeds vereist om evenwicht te bekomen met de windkrachten. Wanneer bij het invaren van de sluis de duwende sleepboot niet langer over de benodigde ruimte beschikte om het schip te assisteren, kon het schip niet langer opgehouden worden door de voorste sleepboot en verlijerde het schip tegen de benedenwindse hoek of muur van de sluis. Dit invaarmanoeuvre wordt vandaag toegepast voor de Westsluis. Gebruik makend van de aanwezigheid van drijfrahmen in de Westsluis wordt het schip namelijk gecontroleerd tegen de drijfrahmen gebracht waarna het schip verder de sluis inglijdt langs het drijfraam. Doordat uit opvaarsimulaties naar de sluis bij dwarse winden blijkt dat het verlijeren van het schip slechts moeilijk vermeden kan worden wanneer geen sleepboot (centraal) in de zij kan assisteren wordt contact tussen het varende schip en de sluisconstructie moeilijk vermijdbaar. De aanwezigheid van drijfrahmen is dan ook aangewezen in de grote zeesluis.

Hoewel in het merendeel van de simulaties bij dwarse winden er contact optrad tussen schip en sluis wanneer de duwende sleepboot niet langer kon assisteren, werden er ook simulaties uitgevoerd bij dwarse winden met kracht 6 Beaufort die geen aanleiding gaven tot een dergelijk contact. Deze simulaties werden alle drie gekenmerkt door een erg intensief sleepbootgebruik en werden uitgevoerd wanneer de uitvoerende loodsen reeds een belangrijke ervaring (op de simulator) opgebouwd hadden. Voor de windconditie ZW6 betreft het simulatie 36 waarin het uitvallen van twee duwboten met kracht 45 ton opgevangen kon worden door een voorste sleepboot met kracht 60 ton. Voor de windconditie O6 betrof het de simulaties 39 en 40 waarbij in de lijzijde een sleepboot met BP 60 ton op één derde van het achterschip gepositioneerd werd en de voorste sleepboot over een trekkracht gelijk aan 45 ton beschikte. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de simulaties afgebroken werden wanneer het schip zich één derde tot de helft in de sluis bevond. Voor de simulaties 39 en 40 zou het langer uitvoeren van de simulatie tot op het ogenblik dat de duwende sleepboten niet langer konden assisteren mogelijks wel hebben geleid tot het verlijeren van het schip tegen de sluis. Het verhogen van de BP van de slepende voorboot (bijvoorbeeld 60 ton in plaats van 45 ton) zorgt er voor dat van zodra de duwende sleepboot niet meer kan assisteren de voorboot dit extra vermogen kan gebruiken om dwars te trekken.

Bij dwarse winden bedraagt de minimale sleepbootassistentie achteraan 80 ton. Deze gaat echter gepaard met weinig reserves.

Uit de simulaties bij noordwestelijke wind blijkt dat ook voor een achteraankomende wind tot 6 Beaufort de beschikbare stopafstand in de buitenhaven voor beide inplantingsvarianten steeds voldoende was indien het schip geassisteerd werd door twee achterboten met trekkracht 60 ton. In deze situatie bleek het in geen van de simulaties nodig om achteruit te slaan met de schroef om de snelheid voldoende snel terug te brengen. In geen van de simulaties naar de sluis bij noordwestelijke wind werd er contact gemaakt tussen schip en sluis.

### 5.4.2 Ruimtebeslag

Hoewel tijdens de simulaties de interactie tussen het simulatorschip en andere scheepvaart niet onderzocht werd, kan op basis van het ruimtebeslag bij opvaart naar beide inplantingsvarianten een oordeel geveld worden over de impact van de inplantingsvarianten op de verkeersafwikkeling in de



buitenhaven. In Figuur 16 en Figuur 17 wordt het ruimtebeslag weergegeven voor opvaart naar respectievelijk de zuidelijke en de noordelijke sluisinplantingsvariant. Deze figuren werden gegenereerd door de vaarbaanplots van alle gesimuleerde opvaarten naar de desbetreffende inplantingsvariant af te beelden op één figuur.

Uit Figuur 16 blijkt dat het afgelegde traject in één simulatie (oranje) in belangrijke mate verschilt van de andere trajecten. Het betreft het traject afgelegd in simulatie 6 waarbij het positioneren naar de sluis erg moeizaam ging. De moeilijke positionering naar de sluis werd hierbij in verband gebracht met de trechteraanloop eigen aan de zuidelijke inplantingsvariant.

Uit Figuur 17 blijkt eveneens één opvaarsimulatie naar de noordelijke inplantingsvariant een afwijkend traject op te leveren. Het betreft simulatie 35 waarbij een afwijkend manoeuvre gehanteerd wordt om de buitenhaven in te varen. Het afwijkende invaarmanoeuvre van de buitenhaven kan echter niet toegeschreven worden aan de gesimuleerde inplantingsvariant.

Wanneer voor beide inplantingsvarianten abstractie gemaakt wordt van de afwijkende simulatie blijkt dat het ruimtebeslag bij het invaren van de sluis in opvaart naar beide inplantingsvarianten geconcentreerd wordt in een relatief smal ruimtebeslag. De voorspelbaarheid van het scheepstraject naar beide varianten is met ander woorden groot. Bovendien blijkt de aangepaste oriëntatie van de noordelijke inplantingsvariant aanleiding te geven tot divergerende verkeersstromen in de buitenhaven. Hierdoor is de beschikbare ruimte voor andere scheepvaartverkeer groter voor de noordelijke inplantingsvariant dan voor de zuidelijke inplantingsvariant.

## 6 Sluis invaren van op het kanaal

Behalve het invaren van de twee sluisvarianten van op de rivier werd tijdens 18 simulaties het invaren van beide sluisvarianten in afvaart onderzocht. De simulaties werden steeds aangevat op een voldoende grote afstand van de sluis aan een snelheid van 3 kn en uitgevoerd met het simulatorschip in ballast (zie Tabel 2). In afvaart werden er windsnelheden tot maximaal 5 Beaufort onderzocht. De simulaties werden voornamelijk uitgevoerd bij zuidwestelijke of oostelijke windrichtingen. Eén enkele simulatie vond plaats bij zuidoostelijke wind.

### 6.1 Zuidwestelijke wind

De helft van de simulaties in afvaart naar de sluis werden uitgevoerd bij een zuidwestelijke wind. Het overgrote deel van deze simulaties werd uitgevoerd bij vijf Beaufort.

#### 6.1.1 Simulatie 4: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Een eerste simulatie in afvaart naar de sluis bij zuidwestelijke wind werd uitgevoerd naar de zuidelijke variant bij windkracht vijf Beaufort. De zuidelijke inplanting van de sluis wordt aan de kanaalzijde gekenmerkt door een excentrische ligging ten opzichte van het kanaal en een kleinere beschikbare ruimte voor het schip op te lijnen.

Simulatie 4 werd uitgevoerd met één voorste sleepboot met BP 45 ton, één sleepboot met BP 45 ton centraal aan bakboord (koppelpunt 5) en twee sleepboten achteraan met BP 60 ton.

Door het gebruik van de achterste sleepboten (zie Bijlage 2) werd de snelheid teruggebracht tot 1 kn om het schip op te lijnen. Tijdens de volledige simulatie werd de telegraafstand dead slow gehanteerd.

Door de kleine ruimte om het schip op te lijnen die eigen is aan de zuidelijke inplanting van de grote zeesluis binnen complex is het noodzakelijk om de snelheid vrijwel volledig uit het schip te halen bij het oplijnen van het schip. Het invaarmanoeuvre werd in simulatie 4 bijgevolg aan opvallend lage snelheid gecontroleerd uitgevoerd. Alle sleepboten werden intensief gebruikt. Vooral het intensieve gebruik van de voorste sleepboot die verschillende keren bakboord en stuurboord uit trekt was opvallend. De uitvoerende loods oordeelde dat een dergelijk gebruik van de voorste sleepboot weinig realistisch is. In realiteit lijken twee voorste sleepboten noodzakelijk om het schip te assisteren.

Ondanks het grote gebruik van de voorste sleepboot trad bij het invaren van de sluis een licht contact op tussen schip en sluis (botssnelheid 0.04 kn).

De loodsen oordeelden dat deze vaart gepaard ging met weinig reserves.

#### 6.1.2 Simulatie 8: noordelijke inplanting, 5 Beaufort

In Simulatie 8 werd invaart van de noordelijke inplanting van op het kanaal onderzocht. Door de meer noordelijke en westelijke positie van deze variant en doordat deze variant gekenmerkt wordt door een hoekverdraaiing van 5° ten opzichte van de Westsluis ligt de noordelijke variant vrijwel in lijn met het kanaal. Hierdoor kan het oplijnen naar de sluis uitgesponnen worden over een grote afstand en dient de snelheid niet sterk afgebouwd te worden zoals het geval was in simulatie 4 naar de zuidelijke inplanting. Het oplijnen naar en invaren van de sluis gebeurde in simulatie 8 aan 1.8 kn. Uit Bijlage 1 13 is te zien hoe het schip in een rechte lijn naar de sluis kon varen.

In simulatie 8 werd een vergelijkbare sleepbootassistentie gebruikt als in simulatie 4. De sleepboot in de zij op koppelpunt 5 werd in kracht verhoogd (BP 60 ton) terwijl de trekkracht van één van beide achterste sleepboten verminderd werd tot 45 ton. De sleepboten werden intensief gebruikt.

Bij het invaren van de sluis treden enkele belangrijke contacten op tussen schip en sluis met botssnelheden tot 0.5 kn. De loodsen oordeelden dat tijdens de simulaties van op het kanaal het schip bij het invaren van de sluis minder stabiel reageerde dan in realiteit.

Hoewel de loodsen oordeelden dat de noordelijke inplanting van de sluis zich veel beter leent voor invaart van op het kanaal werd net als in simulatie 4 gesteld dat simulatie 8 gepaard ging met weinig reserves.

### 6.1.3 Simulatie 11: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

In simulatie 11 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 4 en werd de sleepbootassistentie identiek gekozen als in simulatie 8. Door de beperkte ruimte voor de sluis werd de sluis ingevaren met een hoek ten opzichte van de voorligging van de sluis. Er werd geoordeeld dat behalve indien het schip vrijwel gestopt wordt (zie simulatie 4) de beschikbare ruimte voor de sluis onvoldoende is om het schip op te lijnen. In simulatie 11 werd bij het naderen van de sluis de snelheid slechts teruggebracht tot 1.7 kn waardoor het schip bij het invaren van de sluis een hoek van ca. 5° maakte met de voorligging van de sluis. Wanneer het schip zich meer dan één derde in de sluis bevond en de duwende sleepboot in de zij aan stuurboord niet langer kon assisteren trad een belangrijk contact op tussen het schip en de benedenwindse hoek van de sluis (botssnelheid 0.25 kn).

De loodsen oordeelden dat de condities gesimuleerd in simulatie 11 de minst gunstige zijn die in het kader van deze studie onderzocht werden. Er werd gesteld dat het een moeilijk manoeuvre betrof.

### 6.1.4 Simulatie 22: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

In simulatie 22 werd voor de derde maal de zuidelijk ingeplante sluis ingevaren van op het kanaal bij een zuidwestelijke wind. Voor de derde maal werd geopteerd voor een aangepaste sleepbootconfiguratie. In simulatie 22 werd het schip geassisteerd door één voorboot met BP 45 ton, één achterboot met BP 60 ton en twee duwbotten in de zij. De voorste duwende sleepboot beschikte over een BP 45 ton en de achterste duwende sleepboot over BP 60 ton.

Ondanks de ongunstige inplanting van de sluis slaagden de loodsen er in om contact tussen schip en de sluisconstructie te vermijden ondanks bij een naderingssnelheid naar de sluis die op minimaal 1.3 kn gehouden werd. Er werd opnieuw opgemerkt dat het bij de zuidelijke variant oplijnen naar de sluis pas mogelijk wordt op korte afstand van de sluis en dat hierdoor het invaren van de sluis een moeilijk manoeuvre betreft.

### 6.1.5 Simulatie 23: noordelijke inplanting, 5 Beaufort

In simulatie 23 werd de noordelijke variant ingevaren. Er werd een afwijkende sleepbootconfiguratie onderzocht bestaande uit één voorboot met trekkracht 60 ton, twee achterboten met trekkracht 45 ton en één duwende sleepboot aan de lijzijde met BP 60 ton.

Hoewel de loodsen het invaren van de noordelijke variant opvallend gunstiger beoordeelden dan het invaren van de zuidelijke variant kon in simulatie 23 contact met de sluis niet vermeden worden. Wanneer het schip zich meer dan de helft in de sluis bevond en de duwende sleepboot het schip niet langer kon assisteren viel het schip ondanks een vol gebruik van de voorboot tegen de sluismuur met snelheid 0.15 kn. Op basis van deze vaart zou men kunnen concluderen dat een voorste sleepboot met BP 60 ton niet volstaat om het ontwerpschip in ballastconditie op te houden tegen een dwarse wind met kracht vijf Beaufort indien het voorschip zich in de sluis bevindt. Tijdens simulatie 22 volstond 45 ton BP vooraan. Bij een dergelijke windconditie wordt het vermijden van contact tussen schip en sluisconstructie moeilijk wanneer de assistentie van duwende sleepboten in de zij vervalft.

### 6.1.6 Simulatie 32: noordelijk inplanting, 4 Beaufort

Wanneer tijdens de vierde simulatiedag een nieuwe ploeg kanaalloodsen de simulaties uitvoerden werden ter gewenning gematigde windcondities onderzocht.

Het invaren van de noordelijke sluisvariant van op het kanaal werd door de loodsen gunstig beoordeeld. Op het einde van de vaart werd het schip gecontroleerd tegen de sluismuur gebracht.

### 6.1.7 Simulatie 33: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort

In een volgende situatie werd de zuidelijke inplanting van de sluis onderzocht. Meermaals bleek al dat deze inplanting minder gunstig is voor sluisinvaarten van op het kanaal. Simulatie 33 geeft duidelijk de nadelen van de zuidelijke inplanting van de sluis aan.

Wanneer tijdens simulatie 33 getracht werd om het schip met snelheid 3 kn op te lijnen naar de sluis bleek de beschikbare ruimte onvoldoende om een aanvaardbare afstand tot de kaaimuren langs het kanaal te verwezenlijken. Uit Bijlage 1 63 blijkt de kleine afstand die slechts gerespecteerd werd tussen het achterschip en de kaaien.

### 6.1.8 Simulatie 45: noordelijke inplanting, 5 Beaufort

Op de laatste simulatiedag voerden de loodsen achtereenvolgens een invaarmanoeuvre uit naar de noordelijke en de zuidelijke inplanting in simulaties 45 en 46. De invaarten werden uitgevoerd bij ZW5. Net als bij de sluisinvaarten van op de rivier verkozen de loodsen op de laatste simulatiedag om één sleepboot voor met BP 45 ton te combineren met één sleepboot achter met BP 80 ton en twee duwende sleepboten in de zij. Deze boten werden verdeeld over de loefzijde (BP 45 ton) en de lijzijde (BP 60 ton) van het schip. In simulatie 45 werden de duwende sleepboten ter hoogte van het achterschip gepositioneerd (koppelpunten 6 en 12).

Net als in simulatie 43 waarin dezelfde sleepbootassistentie geselecteerd werd voor het invaren in opvaart met diepgang 14.5 m en windconditie ZW6, bleek uit simulatie 45 de sleepbootassistentie gepaard te gaan met belangrijke contacten tussen het voorschip en de sluis. Het invaren van de sluis werd uitgevoerd zonder dat het schip opgelijnd was en aan een opvallend hoge snelheid (3.6 kn). De hoge snelheid is een rechtstreeks gevolg van de hoge telegraafstanden die in deze simulatie gehanteerd werden.

De ongunstige koers bij het invaren van de sluis gaf aanleiding tot een contact met de bovenwindse hoek van de sluis (botssnelheid 0.24 kn). Tijdens het verdere invaarmanoeuvre van de sluis trad nog tweemaal contact op tussen schip en sluis. Deze contacten gingen gepaard met botssnelheden van 0.15 kn (bovenwindse hoek) en 0.33 kn (benedenwindse hoek). De contactpunten op het schip bevinden zich alle ter hoogte van het voorschip wat aangeeft dat de sleepbootassistentie ter hoogte van het voorschip ontoereikend was. Men kan ook opmerken dat door het grote verschil in vermogen tussen de achterboot (80 ton BP) en de voorboot (45 ton BP) van zodra de achterboot uit de aslijn van het schip trekt dit een moment uitoefent op het schip waarbij de boeg bewogen wordt weg van de trekrichting van de achterboot.

De loodsen gaven aan dat de combinatie van hoge snelheid en ongunstige sleepbootconfiguratie aanleiding gaven tot de ongunstige resultaten van de vaart. Hoewel de grote ruimte om het schip op te lijnen die gepaard gaat met de noordelijke inplanting van de sluis het invaren aan hogere snelheden mogelijk maakt onderstreepten de loodsen dat de mindere resultaten uit deze vaart niet veroorzaakt werden door de geselecteerde inplanting van de sluis.

Uit deze vaart blijkt dat bij het invaren van een sluis door schepen met afmetingen zoals onderzocht in deze studie het schip volledig opgelijnd dient te zijn voordat de sluis ingevaren kan worden. Het manoeuvre moet bovendien zeer gecontroleerd gebeuren waarbij zowel de langse snelheid (snelheden van 1 à 2 knoop) als de dwarse snelheden van boeg en hek (snelheden lager dan 0.2 knoop) beneden limietwaarden moeten gehouden worden.

### 6.1.9 Simulatie 46: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Rekening houdend met de resultaten uit simulatie 45 werd in simulatie 46 dezelfde sleepbootassistentie geselecteerd als in simulatie 45 waarbij de beide duwende sleepboten in de zij verplaatst werden naar een positie centraal aan bakboord en stuurboord (koppelpunten 5 en 13). De in deze simulatie gehanteerde sleepbootconfiguratie werd door de uitvoerende loodsen als optimaal beschouwd.

Hoewel uit vorige vaarten bleek dat voor het invaren van de zuidelijke inplanting van op het kanaal het schip vrijwel volledig stil gelegd dient te worden om het schip te kunnen oplijnen naar de sluis, werd simulatie 46 uitgevoerd aan relatief hoge snelheid. De snelheid waarmee het schip de sluis invoer bedroeg 3 kn. Rechtstreeks gevolg van deze hoge snelheid is dat het schip niet goed opgelijnd was bij het invaren van de sluis. Bij het invaren van de sluis resulteerde dit in grote roerhoeken, giersnelheden en dwarse snelheden. Uiteindelijk slaagde men erin om contact tussen schip en sluis te vermijden tot wanneer het schip zich meer dan één derde in de sluis bevond. Dit contact ging gepaard met een belangrijke botssnelheid gelijk aan 0.37 kn. Het invaren van de sluis werd niet gecontroleerd uitgevoerd met een belangrijke botsing als gevolg.

## 6.2 Oostelijke wind

Behalve 9 sluisinvaarten van op het kanaal bij zuidwestelijke wind werden er 8 sluisinvaarten uitgevoerd bij een oostelijke wind.

### **6.2.1 Simulatie 2: noordelijke inplanting, 4 Beaufort**

De eerste invaarsimulatie die in het kader van deze studie uitgevoerd werd, betrof het invaren van de noordelijke inplantingsvariant en ging gepaard met een gematigde windconditie. Het schip werd geassisteerd door één voorboot met BP 45 ton, twee achterboten met BP 60 ton en één duwende sleepboot centraal aan de lijzijde (koppelpunt 13) met BP 45 ton.

Door intensief gebruik van de achterste sleepboten en door de machine constant bij telegraafstand dead-slow te gebruiken werd deze simulatie uitgevoerd bij een lage snelheid. De snelheid tijdens het oplijnen bedroeg 1 kn en bij het invaren van de sluis 1.4 kn.

Het invaren van de sluis werd gunstig uitgevoerd. Wanneer het schip zich voor de helft in de sluis bevond en de duwende sleepboot in de zij niet langer kon assisteren verlijerde het schip midscheeps tegen de benedenwindse sluishoek. Dit contact ging gepaard met een botsnelheid gelijk aan 0.18 kn.

### **6.2.2 Simulatie 16: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort**

De tweede gesimuleerde sluisinvaart van op het kanaal bij oostelijke wind vormde het onderwerp van de simulatie 16. De sleepbootassistentie werd conform deze in simulatie 2 gekozen. De sleepbootkracht van de sleepboot in de zij werd echter opgetrokken tot 60 ton terwijl de achterste sleepboot aan de lijzijde in kracht verminderd werd tot 45 ton.

Door de grote ervaring van de loodsen op het einde van de tweede simulatiedag kon deze vaart ondanks de kleine ruimte om het schip op te lijnen uitgevoerd worden aan een relatief hoge snelheid. De snelheid tijdens het oplijnen bedroeg tussen 2 en 2.6 kn.

De loodsen slaagden erin om ondanks de behoorlijke snelheid het schip goed op te lijnen. Wel werd opgemerkt dat de ruimte hiervoor eigenlijk te beperkt is. Zo bleek de ruimte voor de achterste sleepboten onvoldoende om het schip tegen de wind op te trekken.

De simulatie werd afgebroken wanneer het schip zich net geen één derde in de sluis bevond. Tot op dat ogenblik had er geen contact opgetreden met de sluisconstructie.

Hoewel simulatie 16 gepaard gaat met gunstige resultaten merkten de loodsen op dat de kleine ruimte om het schip op te lijnen gepaard gaat met weinig reserves. Bovendien werd opgemerkt dat manoeuvres van en naar de zuidelijke inplanting van de sluis gepaard zullen gaan met grote hinder voor de binnenvaart naar de Oostsluis.

### **6.2.3 Simulatie 17: noordelijke inplanting, 5 Beaufort**

Simulatie 17 betreft de eerste simulatie van de derde simulatiedag waarop dezelfde loodsen als tijdens de tweede simulatiedag de simulaties uitvoerden.

Het invaren van de sluis in simulatie 17 werd uitgevoerd met dezelfde sleepbootassistentie als in simulatie 16 waarbij de voorste sleepboot vervangen werd door een sleepboot met BP 60 ton en beide achterste sleepboten over BP 45 ton beschikten.

De verminderde sleepbootassistentie achteraan bleek voldoende voor het uitvoeren van het invaarmanoeuvre. Beide sleepboten werden tijdens het oplijnmanoeuvre slechts voor 75% gebruikt en konden ondanks een constant machinegebruik de snelheid constant houden op 2.2 kn.

De loodsen merkten op dat de sluis effecten bij het invaren van de sluis opvallend groter waren dan deze in realiteit.

Hoewel het schip goed opgelijnd was bij het invaren van de sluis treden er twee botsingen op met respectievelijk de bovenwindse (0.02 kn) en benedenwindse hoek (0.29 kn) van de sluis. Ondanks deze contacten oordeelden de uitvoerende loodsen dat de simulatie normaal uitgevoerd werd met voldoende reserves.

### **6.2.4 Simulatie 26: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort**

Simulatie 26 betreft de voorlaatste simulatie van de derde simulatiedag. Op dat ogenblik konden de uitvoerende loodsen erg ervaren genoemd worden in het uitvoeren van sluisinvaarten op de simulator. Het schip werd geassisteerd door één voorboot met BP 45 ton, één achterboot met BP 60 ton en twee duwende sleepboten in de lijzijde van het schip met BP 45 ton (koppelpunt 14) en BP 60 ton (koppelpunt 12). De assistentie van twee sleepboten aan de lijzijde bleek voldoende om evenwicht te

verwezenlijken met de dwarse wind.

Het oplijnen naar de sluis geschiedde aan 2.2 kn. Door optimaal gebruik te maken van de beschikbare ruimte en het hanteren van kleine afstanden tot de oostelijke kaaien op het kanaal kon het schip goed opgelijnd worden naar de sluis. Wanneer het schip zich één derde in sluis bevond trad een eerste contact op met de benedenwindse hoek van de sluis (botssnelheid 0.09 kn). Wanneer het schip zich later meer dan de helft in de sluis bevond, gaf een groot roergebruik aanleiding tot grote giersnelheden en dwarse snelheden op het schip. Deze leidden uiteindelijk tot een vrijwel gelijktijdige botsing tussen voorschip en bovenwindse sluismuur (0.48 kn) en het middenschip en de benedenwindse sluishoek (0.43 kn). De loodsen oordeelden dat de grote roerhoeken noodzakelijk waren om de belangrijke sluis effecten te compenseren. De optredende sluis effecten werden echter als niet realistisch beoordeeld. Na de derde simulatiedag werd het sluis effect bij afvaart aangepast (zie paragraaf 3.1.8).

De kleine ruimte om het schip op te lijnen deed de loodsen besluiten dat simulatie 26 gepaard ging met weinig reserves.

### **6.2.5 Simulatie 30: noordelijke inplanting, 4 Beaufort**

Op de vierde simulatiedag werden de eerste simulaties voor de nieuwe groep kanaalloodsen uitgevoerd bij gematigde windcondities. De nieuwe groep kanaalloodsen selecteerde in simulatie 30 dezelfde sleepbootassistentie als de kanaalloodsen uit de eerste groep in simulatie 26.

De tweede groep loodsen voert het invaren van de sluis aan opvallend hogere snelheid uit dan de eerste groep. In simulatie 30 werd de sluis ingevaren aan meer dan 3 kn.

Wanneer het schip zich reeds meer dan de helft in de sluis bevond, landde het schip op de benedenwindse hoek van de sluis aan een snelheid gelijk aan 0.16 kn.

### **6.2.6 Simulatie 31: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort**

Simulatie 31 werd uitgevoerd bij dezelfde condities als deze in simulatie 30 voor het invaren van de zuidelijke inplantingsvariant. Doordat uit simulatie 30 bleek dat de voorste duwende sleepboot intensiever gebruikt werd dan de achterste duwende sleepboot werden in simulatie 31 beide van plaats verwisseld.

In simulatie 31 werd de sluis genaderd aan snelheid 2.3 kn. De kleine ruimte voor de sluis laat niet toe om het schip volledig op te lijnen voor de sluis indien de snelheid niet sterk afgebouwd wordt. Hierdoor werd de sluis ingevaren door een hoek te maken tussen schip en sluis. De tweede groep loodsen oordeelde dat dit een manoeuvre is dat ook in realiteit uitgevoerd wordt. Nochtans geeft deze methode aanleiding tot harde contacten tussen schip en beide hoeken van de sluis tijdens het invaren. De twee contacten die geïllustreerd worden in Bijlage 1 60 gingen gepaard met botssnelheden 0.23 kn en 0.24 kn. Het is opmerkelijk dat in simulatie 45 waarin de sluis eveneens niet opgelijnd ingevaren werd er ook contact plaats vond met zowel de benedenwindse als de bovenwindse sluismuur. Uit beide simulaties blijkt dat het niet opgelijnd invaren van de sluis gepaard gaat met een belangrijk roergebruik en bijgevolg belangrijke dwarssnelheden en giersnelheden.

De zuidelijke inplanting van de sluis werd door de loodsen als gevaarlijk omschreven door de beperkte ruimte voor de sluis.

### **6.2.7 Simulatie 37: noordelijke inplanting, 5 Beaufort**

In simulatie 37 werd de noordelijk ingeplante sluis ingevaren van op het kanaal bij windconditie O5. De gehanteerde sleepbootassistentie bestond uit één voorboot met BP 45 ton, één achterboot met BP 60 ton en twee duwbotten centraal in de zij waarvan één in de lijzijde (BP 60 ton) en één in de loefzijde (BP 45 ton). De enkele achterste sleepboot met BP 60 ton werd door de loodsen als ontoereikend beoordeeld. Het volle gebruik van deze sleepboot bleek noodzakelijk om de snelheid constant op 3 kn te houden bij telegraafstand dead slow.

De simulatie werd afgebroken wanneer het schip zich voor één derde in de sluis bevond. Tot op dat ogenblik had er nog geen contact opgetreden tussen schip en sluis.

De loodsen merkten op dat de noordelijke inplanting van de sluis gepaard gaat met een ruime afstand waarover een evenwicht gezocht kan worden tussen sleepboot- en windkrachten en het schip opgelijnd kan worden.

### 6.2.8 Simulatie 38: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Rekening houdend met de opmerkingen uit simulatie 37 werd de trekkracht van de achterste sleepboot verhoogd tot 80 ton en werden de duwbotten meer naar achter vastgemaakt (koppelpunten 12 en 6).

Bij simulatie 38 wordt de sluis ingevaren bij een belangrijke giersnelheid. Doordat het schip niet volledig gecontroleerd de sluis invoer, trad contact op tussen voorschip en benedenwindse sluishoek (botssnelheid 0.12 kn). De kleine reserves ter hoogte van het voorschip werden bovendien in de hand gewerkt door het naar achter verschuiven van de duwbotten.

## 6.3 Zuidoostelijke wind

Eén simulatie werd uitgevoerd bij een zuidoostelijke windrichting. Het betreft een sluisinvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant waarvoor een zuidoostelijke windrichting overeenstemt met een achteraankomende wind.

### 6.3.1 Simulatie 12: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Doordat de wind het schip voortstuwt werden in deze simulatie twee achterbotten met trekkracht 60 ton gehanteerd. Eén voorboot en één duwende sleepboot in de lijzijde beschikten over BP 45 ton.

De geselecteerde sleepbootassistentie was ruim voldoende om evenwicht te maken met de heersende windconditie. Wanneer het schip zich meer dan één derde in de sluis bevond, werd het gecontroleerd tegen de sluismuur gebracht (botssnelheid 0.11 kn).

## 6.4 Conclusies

### 6.4.1 Manoeuvreeer-technisch

Bij het simuleren van sluisinvaarten in afvaart bleek een duidelijke voorkeur voor de noordelijke inplanting.

Uit de simulaties bleek dat bij sluisinvaart van schepen met afmetingen zoals onderzocht in deze studie en gekenmerkt door een belangrijk windoppervlak, deze schepen volledig gecontroleerd<sup>3</sup> en opgelijnd<sup>4</sup> de sluis ingevaren dienen te worden waardoor de vereiste koerscorrecties minimaal zijn. Deze stelling wordt onderschreven door andere aan het WL uitgevoerde simulaties voor de toegankelijkheid van de grootste sluisen in Vlaanderen voor Ultra Large Container Ships (ULCS).

Om de sluis in te varen volgens de voorwaarden die hierboven gesteld worden is voldoende tijd en ruimte noodzakelijk in de aanloop naar de sluis.

Door de meer noordelijke en westelijke positie van de noordelijke inplantingsvariant en doordat deze variant gekenmerkt wordt door een hoekverdraaiing van 5° ten opzichte van de Westsluis, ligt de grote zeesluis vrijwel in lijn met het kanaal. Het oplijnen naar de sluis en zoeken naar een evenwicht tussen sleepboten en windkrachten kan hierdoor gespreid worden over een grote afstand (ca. 1700 m).

Bij het invaren van de noordelijk ingeplante sluis met het ontwerpschip in ballast bij windkrachten tot 5 Beaufort blijkt de assistentie noodzakelijk van één sleepboot met BP 80 ton, één sleepboot met BP 60 ton en twee sleepboten met BP 45 ton.

De zuidelijke inplanting gaat gepaard met een zuidelijker en oostelijker positie en heeft dezelfde oriëntatie als de Westsluis. Hierdoor wordt deze variant aan de kanaalzijde gekenmerkt door een excentrische ligging ten opzichte van het kanaal en een kleinere beschikbare ruimte om het schip op te lijnen. De maximale afstand tussen boeg en sluisingang wanneer het schip in lijn ligt met de aslijn van

---

<sup>3</sup> volledig gecontroleerd: evenwicht tussen sleepbootkrachten en windkrachten waardoor dwarse snelheden en giersnelheden van het schip klein blijven.

<sup>4</sup> volledig opgelijnd: koers van het schip is gelijk aan de oriëntatie van de sluis en het schip vaart symmetrisch tussen het verlengde van de sluiswanden.

de sluis bedraagt slechts 350 m. Om op deze beperkte ruimte de sluis in te varen onder de voorwaarden hierboven gesteld is het noodzakelijk om het schip vrijwel stil te leggen voor de sluis en het oplijnen van de sluis uit te voeren aan lage snelheid (ca. 1 kn). Door de lage scheepsnelheden die noodzakelijk zijn om met voldoende reserve de zuidelijk ingeplante variant in te varen, zijn deze manoeuvres erg tijdrovend. De ligging van de zuidelijke variant impliceert bovendien een grote hinder voor de vaart naar de Oostsluis.

Tijdens de simulaties werd het invaren van de zuidelijke inplanting behalve in simulatie 4 niet uitgevoerd volgens de voorwaarden die hierboven gesteld werden. De minimale vereiste sleepbootassistentie voor invaarten naar de zuidelijke variant werd begroot op basis van simulaties naar de noordelijke inplanting rekening houdend met de grotere vereisten voor de achterste sleepboten om de snelheid terug te brengen. Bij het invaren van de zuidelijk ingeplante sluis met het ontwerpschip in ballast bij winden tot 5 Beaufort blijkt de assistentie noodzakelijk van twee sleepboten met BP 60 ton en twee sleepboten met BP 45 ton.

Net als bij de sluisinvaarten in opvaart bleek het bij de sluisinvaarten in afvaart erg moeilijk om het verlijeren van het schip te vermijden zonder assistentie van duwende sleepboten in de zij. De noodzaak aan drijfrahmen werd in de afvaartscenario's onderschreven.

#### **6.4.2 Ruimtebeslag**

In Figuur 18 en Figuur 19 wordt het ruimtebeslag voor een sluisvaart in afvaart naar respectievelijk de zuidelijke en de noordelijke inplantingsvariant weergegeven. Opvallend is het grotere ruimtebeslag dat gepaard gaat met afvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant.

Op basis van Figuur 18 kan men bovendien stellen dat de sluisvaart van een afvarend zeeschip naar de zuidelijke inplantingsvariant een langdurige obstructie van de Oostsluis tot gevolg heeft. In het geval van een noordelijke inplantingspositie, wordt slechts een beperkte hinder verwacht voor scheepvaartverkeer naar de Oostsluis (zie Figuur 19).

Door de meer zuidoostelijke positie en de parallelle ligging van de zuidelijke inplantingsvariant is de ruimte voor scheepvaart naar de Westsluis groter dan het geval is bij de noordelijke inplantingsvariant. Door de verschillende oriëntatie van de noordelijk ingeplante sluis en de Westsluis ontstaan er bovendien convergerende verkeersstromen aan de kanaalzijde waardoor simultane afvaart naar de Westsluis en de noordelijke inplanting van grote zeesluis binnen complex uitgesloten lijkt.



## 7 Sluis uitvaren naar het kanaal

In zes simulaties werd het uitvaren van de sluis richting kanaal onderzocht. Dergelijk opvaartmanoeuvres werden uitgevoerd met het ontwerpschip met diepgang 14.5 m en bij windkrachten tot zes Beaufort. Aangezien voor de noordelijke variant de sluis in lijn ligt met het kanaal lag de nadruk in uitvaarsimulaties op de zuidelijke inplantingsvariant.

Doordat bij het genereren van het buitenbeeld de sluisdeuren te ver van de slusingangen geplaatst werden, was de beschikbare ruimte in de kolk kleiner dan deze die in werkelijkheid beschikbaar zou zijn (d.i. 427 m).

Een sluislengte tussen de deuren gelijk aan 427 m impliceert dat bij sluismanoeuvres met een schip met lengte 366 slechts 30 m ruimte voorzien wordt voor de sleepboten voor en achter het schip. Bij de start van het uitvaarmanoeuvre zullen bijgevolg enkel de voorste sleepboten kunnen assisteren. Deze dienen de boeg los te trekken van de muur waarna met de machine snelheid in het schip gebracht dient te worden.

### 7.1 Zuidwestelijke wind

#### 7.1.1 Simulatie 20: noordelijke inplanting, 6 Beaufort

Hoewel bij het uitvaren van de noordelijke inplantingsvariant geen moeilijkheden verwacht werden, werd in één simulatie het uitvaren uit de noordelijke variant onderzocht. De sleepbootassistentie werd conform gekozen met deze die gehanteerd werd bij het invaren van de sluis in simulatie 19. Het betreft twee achterboten met BP 45 ton, één voorboot met BP 60 ton en duwende sleepboot in het voorschip met BP 60 ton wanneer het schip uit de sluis kwam.

Uit Bijlage 1 38 blijkt dat het schip reeds een voorwaartse snelheid opbouwde wanneer het schip nog niet los was van de sluismuur. Het bleek niet mogelijk om het schip tegen de wind in van de sluismuur weg te trekken met de geselecteerde sleepbootassistentie. Ook voor het uitvaren van de Westsluis wordt vandaag deze strategie gehanteerd. Het schuren tussen schip en sluis zoals uitgevoerd in simulatie 20 vereist drijfrahmen.

#### 7.1.2 Simulatie 21: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort

In simulatie 21 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 20 voor uitvaart van de zuidelijke inplantingsvariant. De resultaten van het uitvaarmanoeuvre zijn gelijkaardig. De vaart van de sluis naar het kanaal kon zonder problemen uitgevoerd worden.

De loodsen merkten op dat in de condities onderzocht in simulatie 20 en 21 drijfrahmen noodzakelijk zijn.

#### 7.1.3 Simulatie 42: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort

In simulatie 42 werden dezelfde condities onderzocht als in simulatie 21 met aangepaste sleepbootassistentie. Het schip werd in de sluis geassisteerd door één voorboot met trekkracht 45 ton en één achterboot met trekkracht 80 ton. Eenmaal in het kanaal werd het schip bovendien geassisteerd door een duwende sleepboot in de lijzijde met BP 60 ton.

Uit Bijlage 1 82 blijkt dat in deze simulatie het schip over een grote sluislengte contact maakte met de sluis. Het schip werd met andere woorden glijdend tegen de sluismuur uit de sluis gevaren. Een dergelijk manoeuvre vereist drijfrahmen.

### 7.2 Oostelijke wind

#### 7.2.1 Simulatie 41: zuidelijke inplanting, 6 Beaufort

In één simulatie werd het uitvaren van de sluis uitgevoerd bij oostelijke wind. De resultaten zijn volledig symmetrisch met deze uit simulatie 42.

## 7.3 Noordwestelijke wind

### 7.3.1 Simulatie 1: zuidelijke inplanting, 4 Beaufort

De eerste simulatie die in het kader van deze studie uitgevoerd werd betreft een uitvaarmanoeuvre bij windconditie NW4. Aan deze gewenningsvaart worden geen conclusies verbonden.

### 7.3.2 Simulatie 13: zuidelijke inplanting, 5 Beaufort

Een noordwestelijke wind komt in opvaart overeen met een achter aankomende wind. Hiermee rekening houdend werden achteraan twee sleepboten met BP 60 ton geselecteerd en vooraan twee sleepboten met trekkracht BP 45 ton.

Bij deze langsscheepse windrichting kon het schip door middel van de sleepboten losgetrokken worden van de sluismuur en werd na vertrek geen contact meer gemaakt met de sluis. Ook de vaart op het kanaal vormde in deze simulatie geen probleem.

## 7.4 Conclusies

### 7.4.1 Manoeuvrer-technisch

Zoals reeds bleek tijdens de invaartsimulaties in opvaart volstaat de geselecteerde sleepbootassistentie niet om bij dwarse winden met kracht zes Beaufort het schip los te trekken van de sluismuur. Het uitvaren van de sluis bij dwarse winden werd steeds schurend tegen de sluis muren uitgevoerd. Voor een dergelijk manoeuvre zijn drijfrahmen vereist.

Enmaal het schip de sluis verlaten heeft bleek de opvaart van sluis naar kanaal geen probleem te stellen.

Voor een sluis van 427 m tussen de deuren is de beschikbare ruimte voor de sleepboten vooraan en achteraan wanneer zij een schip van 366 m assisteren slechts 61 m. Aangezien de sleepboten ongeveer 30 m lang zijn, is de beschikbare ruimte tussen sluisdeur en schip minimaal. Van zodra de sluisdeur vooraan open is, kunnen de voorsleepboten uiteraard wel hun lijnlengte aanpassen. De achtersleepboten moeten echter wachten tot het schip naar voor begint te glijden.

### 7.4.2 Ruimtebeslag

In Figuur 20 en Figuur 21 wordt het ruimtebeslag weergegeven voor simulaties waarbij sluisuitvaarten door een opvarend schip onderzocht werden. Doordat het aantal dergelijke simulaties erg beperkt was, kunnen er geen conclusies getrokken worden betreffende de voorspelbaarheid van de sluisuitvaarten.

De conclusies betreffende hinder voor ander scheepvaartverkeer geformuleerd op basis van de sluisinvaarten van aan de kanaalzijde (zie paragraaf 6.4.2) worden bevestigd.

## 8 Debriefing

Op 12 januari 2010 werd door de projectgroep KGT per mail een debriefingsformulier verstuurd naar alle deelnemers aan de validatiedag en de simulatiedagen. Aan de hand van twaalf vragen werd gepolst naar de bevindingen van de deelnemers betreffende de verschillende fases van de studie. Hieronder worden de vragen die deel uitmaakten van het debriefingformulier gebundeld volgens onderwerp.

### Verloop en organisatie studie

1. Heeft u voldoende inspraak gehad in het bepalen van de te simuleren situaties?
2. Was direct voorafgaande aan elke simulatie duidelijk welke situatie gesimuleerd zou worden en waarom deze situatie was gekozen?
3. Hebben de loodsen volledig vrij en naar eigen professioneel inzicht kunnen beslissen en handelen tijdens de simulaties?

### Realisme simulatie en relevantie scenario's

4. In welke opzichten waren de simulaties voldoende realistisch?
5. In welke opzichten weken zij naar uw mening teveel af van de werkelijkheid?
6. Zijn de simulaties in overeenstemming met het doel waarvoor zij zijn uitgevoerd, namelijk het toetsen van de nautische impact van een grote zeesluis binnen complex?
7. Zijn er naar uw mening situaties die alsnog gesimuleerd zouden moeten worden?

### Conclusies en vervolgstudies

8. Welke conclusies kunnen er naar uw mening met vertrouwen getrokken worden uit de simulaties?
9. Welke conclusies mag men naar uw mening niet trekken uit de simulaties?
10. De invaart van de sluis is nog niet vormgegeven, zonder trechtervorm of fender. Acht u één van beide wenselijk?
11. Wat is in uw ogen de meerwaarde van het drijfraam in de sluis?
12. Na deze serie van simulaties volgen nog simulaties voor de vaarten op het kanaal, waarbij met name de passages van de bruggen van belang zijn. Hebt u suggesties voor deze simulaties?

Er werden tien ingevulde debriefingsformulieren ontvangen, waarvan zeven afkomstig van kanaalloodsen. De ontvangen reacties worden letterlijk overgenomen en gebundeld per vraag in Bijlage 3. Een samenvatting van de reacties wordt in het vervolg van dit hoofdstuk gegeven.

### 8.1 Verloop en organisatie studie

Op de drie vragen die het verloop van de simulaties en de organisatie van de studie behandelen werd door alle respondenten positief geantwoord.

## 8.2 Realisme simulatie en relevantie scenario's

In vragen 4 tot 7 werd gepeild naar de kwaliteit van de simulaties. Deze beoordeling kan opgesplitst worden in een beoordeling van de mate waarin de uitgevoerde real-time simulaties de werkelijkheid benaderen (vraag 4 en 5) en de relevantie van de gesimuleerde condities (vraag 6 en 7).

Ondanks het feit dat ervaring met schepen gelijkaardig aan het simulatorschip ontbreekt, werd het manoeuvreergedrag van het simulatorschip gunstig beoordeeld. Er werd geoordeeld dat de invaarmanoeuvres volledig waarheidsgetrouw uitgevoerd werd tot wanneer de boeg van het schip zich op minder dan 100 m van de sluis kolk bevond. Het invaren van de sluis en het scheepsgedrag in de sluis werd door verschillende respondenten beoordeeld als moeilijker dan in realiteit.

Over het realisme van de sleepbootassistentie werd door verschillende respondenten zowel positief als negatief geoordeeld. Uit de resultaten kan men opmaken dat de sleepbootassistentie door een ervaren sleepbootkapitein (zoals op de validatiedag en tijdens twee simulatiedagen) sterk geapprecieerd werd en dit het realisme van het sleepbootgedrag tijdens de simulaties ten goede kwam. Negatieve opmerkingen betreffende de sleepboot hadden allen betrekking op de reactiesnelheid.

Verschuillende respondenten merken op dat het buitenbeeld van beide gesimuleerde varianten realistisch was. Er werden echter twee opmerkingen geformuleerd betreffende de simulatieomgeving. Het invaren van de sluis terwijl je in de zij staat is op dit buitenbeeld moeilijker dan in realiteit. Bovendien werd opgemerkt dat in realiteit de beschikbare ruimte aan de kanaalzijde verder beperkt wordt door afgemeerde schepen die in deze simulatie ontbraken.

Eén respondent legde de nadruk op de afwezigheid van een Portable Pilot Unit (PPU). Tijdens de simulaties konden de loodsen niet terzelfdertijd posities aflezen van een elektronische kaart en zich in de zij van het schip positioneren.

Over het algemeen wordt gesteld dat de uitgevoerde simulaties toelaten om de nautische impact van een grote zeesluis binnen complex te beoordelen. In deze studie werd echter enkel onderzoek uitgevoerd naar varianten binnen het bestaande sluisencomplex. Meerdere respondenten merken op dat een knelpunt eigen aan de inplanting binnen complex de interactie tussen verschillende verkeersstromen van en naar de sluisen betreft. De verkeersafwikkeling in beide voorhavens is een factor in de nautische toegankelijkheid die niet meegenomen werd in deze studie.

## 8.3 Conclusies en vervolgstudies

Volgende conclusies komen tot uiting in de debriefing (vraag 8):

- manoeuvreer-technisch is een grote zeesluis binnen complex een aanvaardbare optie;
- invaren van een grote zeesluis met het simulatorschip is mogelijk;
- de gedraaide noordelijke variant geniet duidelijk de voorkeur;
- de zuidelijke variant is te gevaarlijk in afvaart;
- invaren van de buitenhaven van op de rivier stelde geen problemen bij de gesimuleerde stroomcondities;
- de afstand van havenmonding tot de ingang van de sluis is ook voor de noordelijke variant voldoende;
- voldoende sleepbootassistentie dient voorhanden te zijn;
- een sluis met breedte 58 m en drijfrahmen met diameter 1.5 m zijn aangewezen.

Bij de antwoorden op vraag 9 wordt benadrukt dat de gunstige resultaten uit deze studie, betreffende de manoeuvreer-technische toegankelijkheid van een grote zeesluis binnen complex, niet wegnemen dat deze variant ook gepaard gaat met belangrijke nadelen zoals het verdwijnen van de Middensluis en de nabijheid van verschillende verkeersstromen. Men stelt dat men op basis van de gevoerde studie niet kan stellen dat een sluis binnen het bestaande complex de juiste optie is.

Bovendien wordt opgemerkt dat de toegankelijkheid van een grote zeesluis binnen complex slechts

onderzocht werd bij gematigde stroomcondities (en windcondities). Men kan bijgevolg niet concluderen dat de sluis ten allen tijde toegankelijk is.

In vragen 10 en 11 werd gepeild naar de vereisten voor fendering in de sluis. In de vraagstelling wordt gewag gemaakt van een trechtervorm of fendering. Over het algemeen wordt in de reacties de trechteroptie afgewezen omdat deze de beschikbare ruimte voor de sleepboten gevoelig verkleint. Om dezelfde reden werd door twee respondenten geoordeeld dat ook remmingswerken analoog als voor de huidige Westsluis niet gewenst zijn.

Slechts één respondent noemt een *trechtervorm met eventuele houten stootrand* een alternatief maar plaatste daar zelf ook een vraagteken bij. Een andere respondent stelt voor om dezelfde fendering te hanteren als in de Westsluis. Het betreft remmingswerken gecombineerd met drijfrahmen.

Uit de antwoorden op vraag 11 blijkt dat de respondenten zich meermaals sterk uitspreken in het voordeel van drijfrahmen. Dit blijkt ook uit de gehanteerde woordkeuze: *onontbeerlijk, gigantische meerwaarde, moeten er zijn (2x), noodzakelijk*. Er wordt gesteld dat de voorste sleepboot eenmaal in de kolk slechts weinig dwarskracht kan genereren op de boeg waardoor contact tussen schip en kunstwerk onvermijdelijk wordt. Onderstaande voordelen die gepaard gaan met drijfrahmen werden in de debriefing vermeld:

- beperken en vermijden van schade aan schip en kunstwerk;
- vlottere in- en uitvaarmanoeuvre als langs de drijfrahmen gegleden kan worden, wat zal resulteren in kleinere schuttijden en een groter rendement;
- kleinere blockage waardoor meer gematigde sluiseffecten wat resulteert in tijdwinst bij in- en uitvaart van de sluis;
- creëert een veiligheidsgevoel bij loods en kapitein.

Op basis van de debriefing kan gesteld worden dat wat betreft fendering de voorkeur uitgaat naar een bescherming van de sluishoeken (vb. wiefenders en rolfenders) gecombineerd met drijfrahmen in de sluis.

De antwoorden op vraag 12 kunnen als input dienen voor een eventuele vervolgstudie betreffende de nautische toegankelijkheid van het kanaal.

## 9 Samenvatting en conclusie

Teneinde de optimale inplanting te bepalen van een grote zeesluis binnen het bestaande sluisencomplex te Terneuzen werden gedurende vijf simulatiedagen manoeuvres uitgevoerd naar twee inplantingsvarianten. Een eerste inplanting werd gekenmerkt door een zuidelijke positie en had dezelfde oriëntatie als de Westsluis (zie Figuur 5). Deze inplanting werd rechtstreeks overgenomen uit het vooronderzoek [2]. Door het Waterbouwkundig Laboratorium werd in samenspraak met de begeleidingsgroep Nautische Simulatie een alternatieve inplanting voor de grote zeesluis binnen complex voorgesteld. Deze gaat gepaard met een meer noordwestelijke positie en een oriëntatie die 5° verschilt met deze van de Westsluis (zie Figuur 6). Alle simulaties werden uitgevoerd met een bulkcarrier met afmetingen maatgevend voor de in aanbouw zijnde sluisen te Panama waarvan de diepgang beperkt werd tot 14,5 m.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan geconcludeerd worden dat de inplanting van een grote zeesluis binnen complex vanuit manoeuvreer-technisch oogpunt een realistische keuze is. Een noordwestelijke inplanting zoals voorgesteld in Figuur 6 gaat gepaard met een goede aansluiting op het kanaal en wordt verkozen boven de inplanting waarvan uitgegaan werd tijdens het vooronderzoek [2]. Het enige argument dat in het voordeel pleit van de eerste inplantingsvariant betreft de grotere stoplengte in de buitenhaven. Uit de simulaties bleek dat bij de gematigde stroomcondities die onderzocht werden het terugbrengen van de scheepssnelheid in de buitenhaven voor beide inplantingsvarianten met voldoende marge uitgevoerd kan worden indien voldoende sleepbootassistentie voorhanden is.

Tijdens de simulaties bleek dat bij belangrijke dwarse windkrachten de voorste sleepboot niet kon vermijden dat contact optrad tussen het simulatorschip en de sluisconstructie. Een geschikt fendersysteem bestaande uit drijfrahmen en een bescherming van de sluishoeken is aangewezen. Teneinde de bewegingsruimte voor de sleepboten zo min mogelijk te beperken is een trechtersvormige aanloop (zoals gesimuleerd bij opvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant) of de aanwezigheid van remmingswerken voor de sluis (zoals het geval in de Westsluis) te vermijden.

De interactie tussen verschillende verkeersstromen die in het geval van een grote zeesluis binnen complex onvermijdelijk op korte afstand van elkaar zullen opereren, werd in deze studie niet in acht genomen. Wel kan op basis van het ruimtebeslag tijdens de gesimuleerde sluisnaderingen, de impact van de twee onderzochte inplantingsvarianten op de verkeersafwikkeling in de buitenhaven (rivierzijde) en aan de kanaalzijde beoordeeld worden. Een samenvatting van deze beoordeling<sup>5</sup> wordt weergegeven in Tabel 7. In deze tabel wordt de meest gunstige situatie weergegeven tegen een lichtgroene achtergrond.

Tabel 7 – Impact van de onderzochte inplantingsvarianten grote zeesluis binnen complex op de verkeersafwikkeling in het sluisencomplex op basis van ruimtebeslag

	Voorspelbaarheid		Hinder Westsluis		Hinder Oostsluis	
	Buitenhaven	Kanaalzijde	Buitenhaven	Kanaalzijde	Buitenhaven	Kanaalzijde
Zuidelijke inplanting	Goed	Matig	Matig	Belangrijk	Geen	Groot
Noordelijke inplanting	Goed	Zeer Goed	Matig	Groot	Geen	Weinig

<sup>5</sup> Voor de beoordeling van voorspelbaarheid en hinder werd uitgegaan van vijf gradaties, hieronder weergegeven van gunstig naar ongunstig:

Voorspelbaarheid: Zeer Goed, Goed, Matig, Slecht, Zeer Slecht

Hinder: Geen, Weinig, Matig, Belangrijk, Groot

## 10 Referentielijst

- [1] Verwilligen, J.; Laforce, E.; Mostaert, F. (2008). Manoeuvresimulaties zeesluis binnen complex Terneuzen. WL Rapporten, 803/3. Waterbouwkundig Laboratorium: Borgerhout, België
- [2] Arcadis, Kanaal Gent - Terneuzen: Technische en kostenstudie (met nautische toets) Fase 4, november 2007.
- [3] Verwilligen, J.; Eloit, K.; Mostaert, F. (2009). KGT - Zeesluis binnen complex: simulatiestudie. Versie 2\_0 . WL Projectplan, 803\_05. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België (ID: WL2009P000\_027\_rev2\_0)

## Tabellen

Tabel 1 – Peilmaten op basis van [2]

	Peilmaten (m t. o. v. NAP)		
	Buithaven	Sluisbodem	Binnenhaven
<b>Zeesluis binnen complex</b>	-18.44	-17.18	-13.87

Tabel 2 – Hoofdkarakteristieken BULK366

### BULK366 PRINCIPLE CHARACTERISTICS

op basis van fast-times

Name	BULK366.SHI
Project	803_5: Nautische toegankelijkheid grote zeesluis binnen complex

Hoofdafmetingen			
$L_{OA}$	[m]	366	
$L_{PP}$	[m]	353.8	
B	[m]	49	
$T_{ontwerp}$	[m]	22	
$T_{voor}$	[m]	14.5	8.4
$T_{achter}$	[m]	14.5	9.6
m	[ton]	221200	132800
$A_{wind\ frontaal}$	[m <sup>2</sup> ]	1322	1509
$A_{wind\ lateraal}$	[m <sup>2</sup> ]	6318	7726

Schroeven		
#	[-]	1
$n_{max}$	[1/s]	1.33
Motorvermogen	[HP]	32320 (indicatief)
FPP		ja
Boegschroef	[-]	neen
Totaal vermogen	[HP]	-
Hekschroef	[-]	neen
Totaal vermogen	[HP]	-



Roeren		
#	[-]	1
d <sub>max</sub>	[°]	35
Tijd van +35 tot -35	[s]	23

Manoeuvring speed			
UKC = 100 %	n	T <sub>achter</sub> = 14.5 m	T <sub>achter</sub> = 9.6 m
	[rps]	[kn]	[kn]
Sea Full Ahead	1.33	15.4	15.5
Manoeuvring Full Ahead	1.00	10.2	11.7
Half Ahead	0.83	9.2	9.7
Slow Ahead	0.67	7.7	7.8
Dead Slow Ahead	0.50	5.7	5.6

Manoeuvring speed			
UKC = 20 %	n	T <sub>achter</sub> = 14.5 m	T <sub>achter</sub> = 9.6 m
	[rps]	[kn]	[kn]
Sea Full Ahead	1.33	13.4	-
Manoeuvring Full Ahead	1.00	10.0	-
Half Ahead	0.83	8.8	-
Slow Ahead	0.67	7.1	-
Dead Slow Ahead	0.50	4.0	-

Tabel 3 – Condities waarbij de simulaties in het kader van 803\_5 plaatsvonden

	inplanting sluis	scenario	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
1	zuidelijk	sluis uitvaren naar kanaal	nw4		10/12/2009	M803_5_040	2x45+2x60
2	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	o4		10/12/2009	M803_5_041	1x45+1x45+2x60
3	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	nw5	HW	10/12/2009	geen nummer	
4	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		10/12/2009	M803_5_042	1x45+1x45+2x60
5	noordelijk	sluis invaren van op rivier	nw5	HW	10/12/2009	M803_5_043	2x45+2x60
6	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	o5	3hVH W	10/12/2009	M803_5_044	2x45+2x60
7	noordelijk	sluis invaren van op rivier	o5	3hVH W	10/12/2009	M803_5_045	1x45+1x45+2x60
8	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		14/12/2009	M803_5_049	1x45+1x60+(1x45+60)
9	noordelijk	sluis invaren van op rivier	zw5	HW	14/12/2009	M803_5_050	1x45+1x60+(1x45+60)
10	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	zw5	HW	14/12/2009	M803_5_051	1x45+1x60+(1x45+60)
11	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		14/12/2009	M803_5_052	1x45+1x60+(1x45+60)

	inplanting sluis	scenario	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
12	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	zo5		14/12/2009	M803_5_053	1x45+1x45+2x60
13	zuidelijk	sluis uitvaren naar kanaal	nw6		14/12/2009	M803_5_054	2x45+2x60
14	noordelijk	sluis invaren van op rivier	zw6	3hVH W	14/12/2009	M803_5_055	1x45+1x60+(1x45+60)
15	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	zw6	3hVH W	14/12/2009	M803_5_056	1x45+1x60+(1x45+60)
16	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	o5		14/12/2009	M803_5_058	1x45+1x60+(1x45+60)
17	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	o5		15/12/2009	M803_5_061	1x60+1x60+2x45
18	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	o6	3hVH W	15/12/2009	M803_5_062	2x45+2x60 > 1x45+1x45+1x60+1x60
19	noordelijk	sluis invaren van op rivier	o6	3hVH W	15/12/2009	M803_5_063	2x60+2x45 > 1x60+1x60+2x45
20	noordelijk	sluis uitvaren naar kanaal	zw6		15/12/2009	M803_5_064	1x60+1x60+2x45
21	zuidelijk	sluis uitvaren naar kanaal	zw6		15/12/2009	M803_5_065	1x60+1x60+2x45
22	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		15/12/2009	M803_5_066	1x45+1x45+1x60+1x60
23	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		15/12/2009	M803_5_067	1x60+1x60+2x45
24	noordelijk	sluis invaren van op rivier	nw6	HW	15/12/2009	M803_5_068	2x45+2x60
25	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	nw6	HW	15/12/2009	M803_5_069	2x45+2x60
26	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	o5		15/12/2009	M803_5_070	1x45+1x45+1x60+1x60
27	noordelijk	sluis invaren van op rivier	zw6	HW	15/12/2009	M803_5_071	1x60+1x60+2x45
28	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	o4	3hVH W	16/12/2009	M803_5_075	1x45+1x45+1x60+1x60
29	noordelijk	sluis invaren van op rivier	o5	3hVH W	16/12/2009	M803_5_076	1x60+1x45+1x45+1x60
30	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	o4		16/12/2009	M803_5_077	1x45+1x45+1x60+1x60
31	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	o4		16/12/2009	M803_5_078	1x45+1x60+1x45+1x60
32	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	zw4		16/12/2009	M803_5_079	1x45+1x60+1x45+1x60
33	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	zw4		16/12/2009	M803_5_080	2x45+1x60+1x60
34	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	zw5	HW	16/12/2009	M803_5_082	1x45+1x45+1x60+1x60
35	noordelijk	sluis invaren van op rivier	zw5	HW	16/12/2009	M803_5_083	1x60+1x45+1x45+1x60
36	noordelijk	sluis invaren van op rivier	zw6	HW	16/12/2009	M803_5_084	1x60+1x45+1x45+1x60

	inplanting sluis	scenario	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
37	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	o5		17/12/2009	M803_5_085	1x45+1x60+1x45+1x60
38	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	o5		17/12/2009	M803_5_086	1x45+1x60+1x45+1x80
39	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	o6	3hVH W	17/12/2009	M803_5_087	1x45+1x60+1x45+1x80
40	noordelijk	sluis invaren van op rivier	o6	3hVH W	17/12/2009	M803_5_088	1x45+1x60+1x45+1x80
41	zuidelijk	sluis uitvaren naar kanaal	o6		17/12/2009	M803_5_089	1x45+1x60+1x80
42	zuidelijk	sluis uitvaren naar kanaal	zw6		17/12/2009	M803_5_091	1x45+1x60+1x80
43	noordelijk	sluis invaren van op rivier	zw6	HW	17/12/2009	M803_5_092	1x45+1x60+1x45+1x80
44	zuidelijk	sluis invaren van op rivier	zw6	HW	17/12/2009	M803_5_093	1x45+1x60+1x45+1x80
45	noordelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		17/12/2009	M803_5_094	1x45+1x60+1x45+1x80
46	zuidelijk	sluis invaren van op kanaal	zw5		17/12/2009	M803_5_095	1x45+1x60+1x45+1x80

Tabel 4 – Conditie waarbij invaarten van de sluis van op de rivier gesimuleerd werden

	inplanting sluis	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
3	zuidelijk	nw5	HW	10/12/2009	geen nummer	
5	noordelijk	nw5	HW	10/12/2009	M803_5_043	2x45+2x60
6	zuidelijk	o5	0300VHW	10/12/2009	M803_5_044	2x45+2x60
7	noordelijk	o5	0300VHW	10/12/2009	M803_5_045	1x45+1x45+2x60
9	noordelijk	zw5	HW	14/12/2009	M803_5_050	1x45+1x60+(1x45+60)
10	zuidelijk	zw5	HW	14/12/2009	M803_5_051	1x45+1x60+(1x45+60)
14	noordelijk	zw6	0300VHW	14/12/2009	M803_5_055	1x45+1x60+(1x45+60)
15	zuidelijk	zw6	0300VHW	14/12/2009	M803_5_056	1x45+1x60+(1x45+60)
18	zuidelijk	o6	0300VHW	15/12/2009	M803_5_062	2x45+2x60 > 1x45+1x45+1x60+1x60
19	noordelijk	o6	0300VHW	15/12/2009	M803_5_063	2x60+2x45 > 1x60+1x60+2x45
24	noordelijk	nw6	HW	15/12/2009	M803_5_068	2x45+2x60
25	zuidelijk	nw6	HW	15/12/2009	M803_5_069	2x45+2x60
27	noordelijk	zw6	HW	15/12/2009	M803_5_071	1x60+1x60+2x45
28	zuidelijk	o4	0300VHW	16/12/2009	M803_5_075	1x45+1x45+1x60+1x60

	inplanting sluis	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
29	noordelijk	o5	0300VHW	16/12/2009	M803_5_076	1x60+1x45+1x45+1x60
34	zuidelijk	zw5	HW	16/12/2009	M803_5_082	1x45+1x45+1x60+1x60
35	noordelijk	zw5	HW	16/12/2009	M803_5_083	1x60+1x45+1x45+1x60
36	noordelijk	zw6	HW	16/12/2009	M803_5_084	1x60+1x45+1x45+1x60
39	zuidelijk	o6	0300VHW	17/12/2009	M803_5_087	1x45+1x60+1x45+1x80
40	noordelijk	o6	0300VHW	17/12/2009	M803_5_088	1x45+1x60+1x45+1x80
43	noordelijk	zw6	HW	17/12/2009	M803_5_092	1x45+1x60+1x45+1x80
44	zuidelijk	zw6	HW	17/12/2009	M803_5_093	1x45+1x60+1x45+1x80

Tabel 5 – Condities waarbij invaarten van de sluis van op het kanaal gesimuleerd werden

	inplanting sluis	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
2	noordelijk	o4		10/12/2009	M803_5_041	1x45+1x45+2x60
4	zuidelijk	zw5		10/12/2009	M803_5_042	1x45+1x45+2x60
8	noordelijk	zw5		14/12/2009	M803_5_049	1x45+1x60+(1x45+60)
11	zuidelijk	zw5		14/12/2009	M803_5_052	1x45+1x60+(1x45+60)
12	zuidelijk	zo5		14/12/2009	M803_5_053	1x45+1x45+2x60
16	zuidelijk	o5		14/12/2009	M803_5_058	1x45+1x60+(1x45+60)
17	noordelijk	o5		15/12/2009	M803_5_061	1x60+1x60+2x45
22	zuidelijk	zw5		15/12/2009	M803_5_066	1x45+1x45+1x60+1x60
23	noordelijk	zw5		15/12/2009	M803_5_067	1x60+1x60+2x45
26	zuidelijk	o5		15/12/2009	M803_5_070	1x45+1x45+1x60+1x60
30	noordelijk	o4		16/12/2009	M803_5_077	1x45+1x45+1x60+1x60
31	zuidelijk	o4		16/12/2009	M803_5_078	1x45+1x60+1x45+1x60
32	noordelijk	zw4		16/12/2009	M803_5_079	1x45+1x60+1x45+1x60
33	zuidelijk	zw4		16/12/2009	M803_5_080	2x45+1x60+1x60
37	noordelijk	o5		17/12/2009	M803_5_085	1x45+1x60+1x45+1x60
38	zuidelijk	o5		17/12/2009	M803_5_086	1x45+1x60+1x45+1x80
45	noordelijk	zw5		17/12/2009	M803_5_094	1x45+1x60+1x45+1x80
46	zuidelijk	zw5		17/12/2009	M803_5_095	1x45+1x60+1x45+1x80

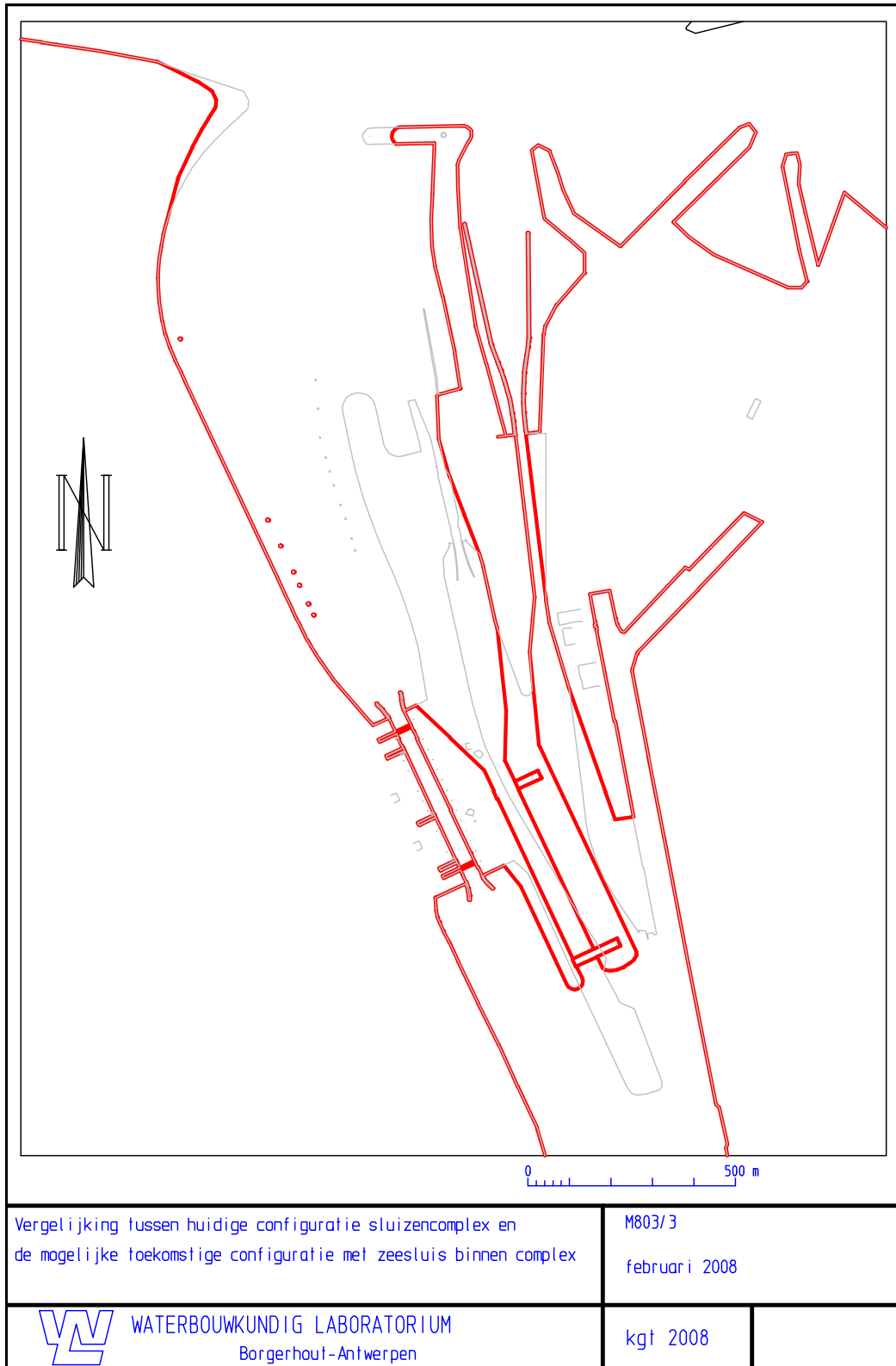
Tabel 6 – Condities waarbij uitvaarten van de sluis naar het kanaal gesimuleerd werden

	inplanting sluis	wind	stroom	datum	vaartnr	sleepboten
1	zuidelijk	nw4		10/12/2009	M803_5_040	2x45+2x60
13	zuidelijk	nw6		14/12/2009	M803_5_054	2x45+2x60
20	noordelijk	zw6		15/12/2009	M803_5_064	1x60+1x60+2x45
21	zuidelijk	zw6		15/12/2009	M803_5_065	1x60+1x60+2x45
41	zuidelijk	o6		17/12/2009	M803_5_089	1x45+1x60+1x80
42	zuidelijk	zw6		17/12/2009	M803_5_091	1x45+1x60+1x80

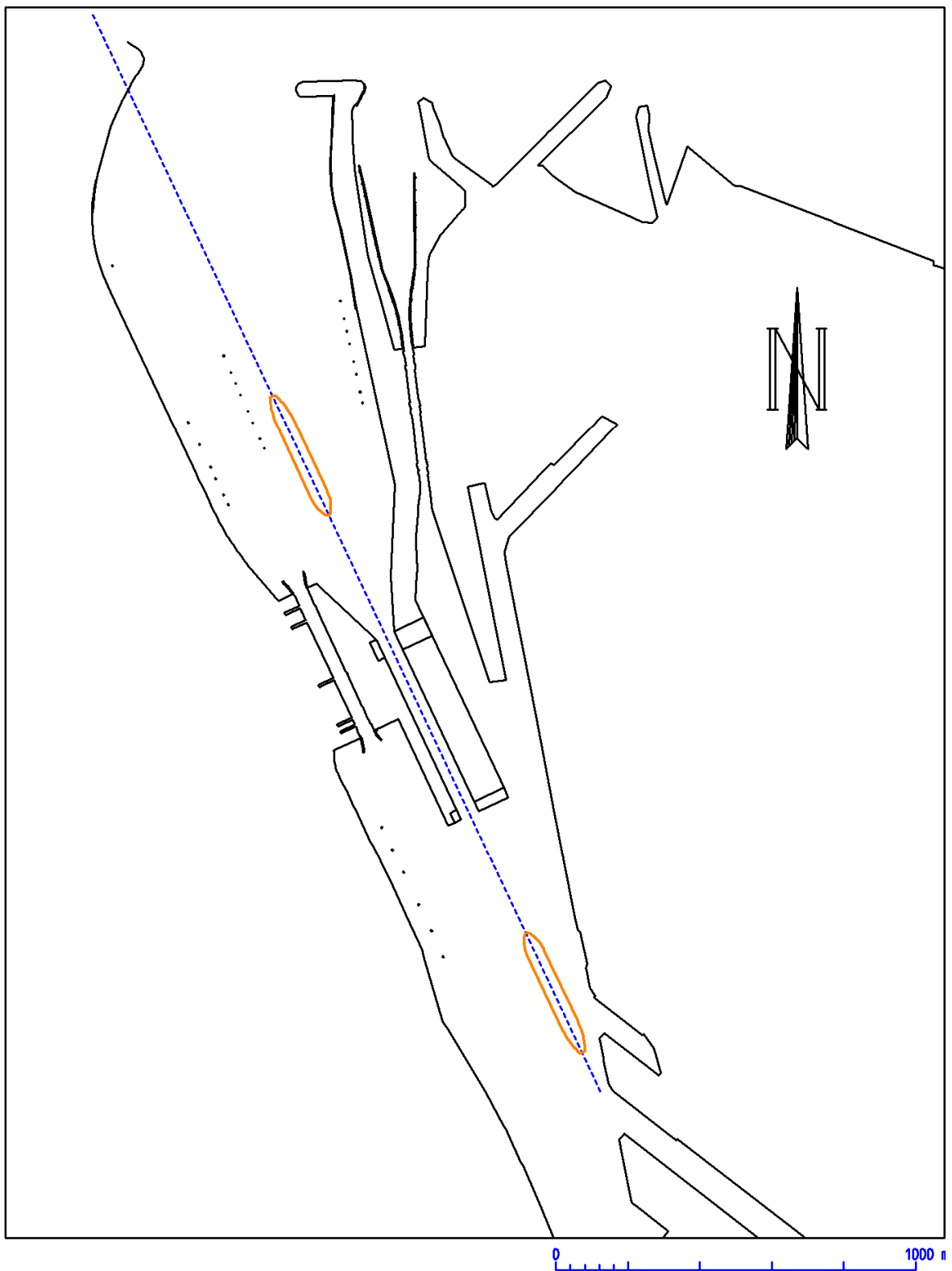
Tabel 7 – Impact van de onderzochte inplantingsvarianten grote zeesluis binnen complex op de verkeersafwikkeling in het sluisencomplex op basis van ruimtebeslag

	Voorspelbaarheid		Hinder Westsluis		Hinder Oostsluis	
	Buitenhaven	Kanaalzijde	Buitenhaven	Kanaalzijde	Buitenhaven	Kanaalzijde
Zuidelijke inplanting	Goed	Matig	Matig	Belangrijk	Geen	Groot
Noordelijke inplanting	Goed	Zeer Goed	Matig	Groot	Geen	Weinig

## Figuren

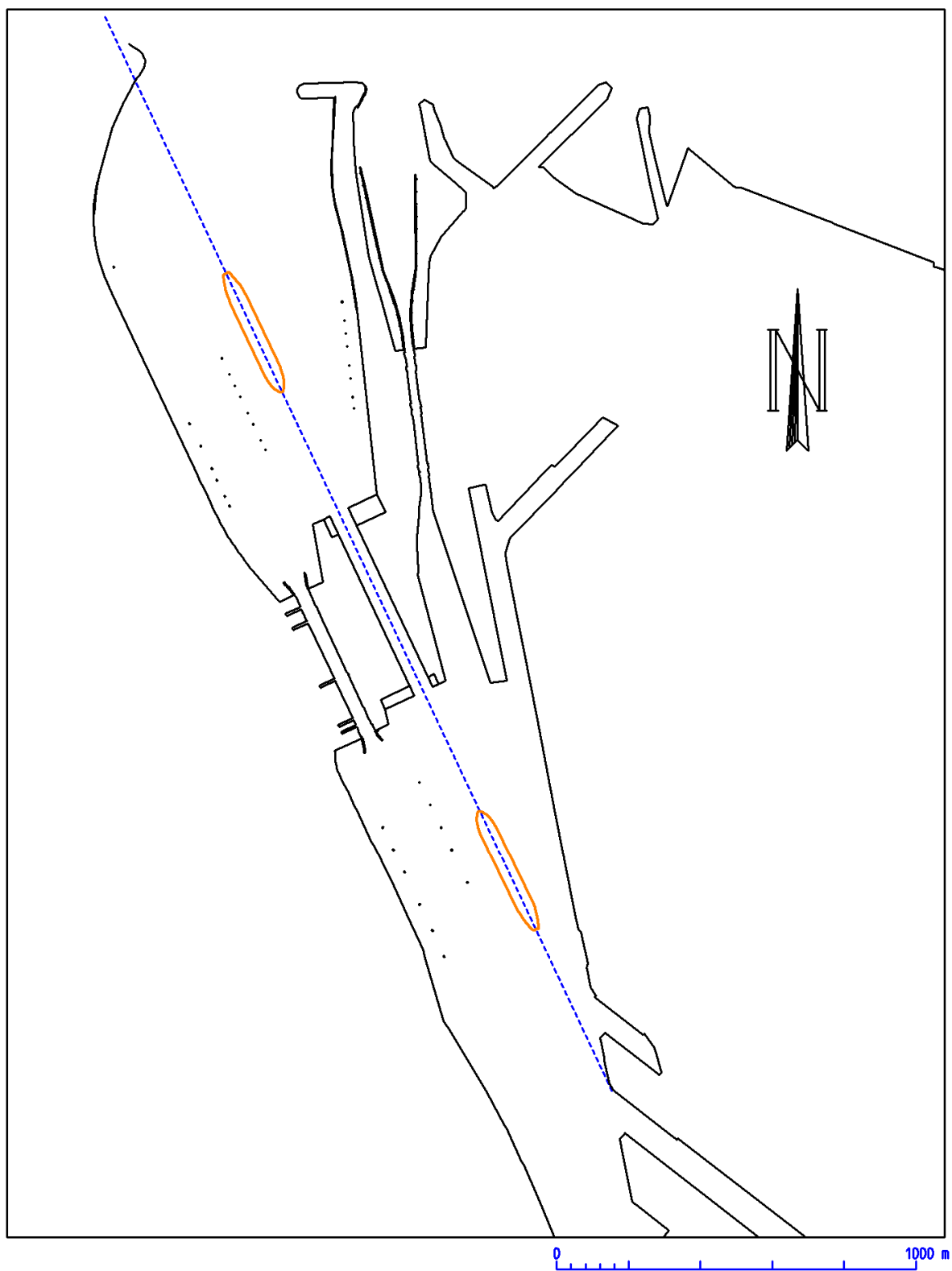


Figuur 1 – Configuratie sluizencomplex zoals onderzocht in de studie 803\_03 (rood) vergeleken met de layout van het sluizencomplex in 2008 (grijs) (afbeelding ontleend aan [1])

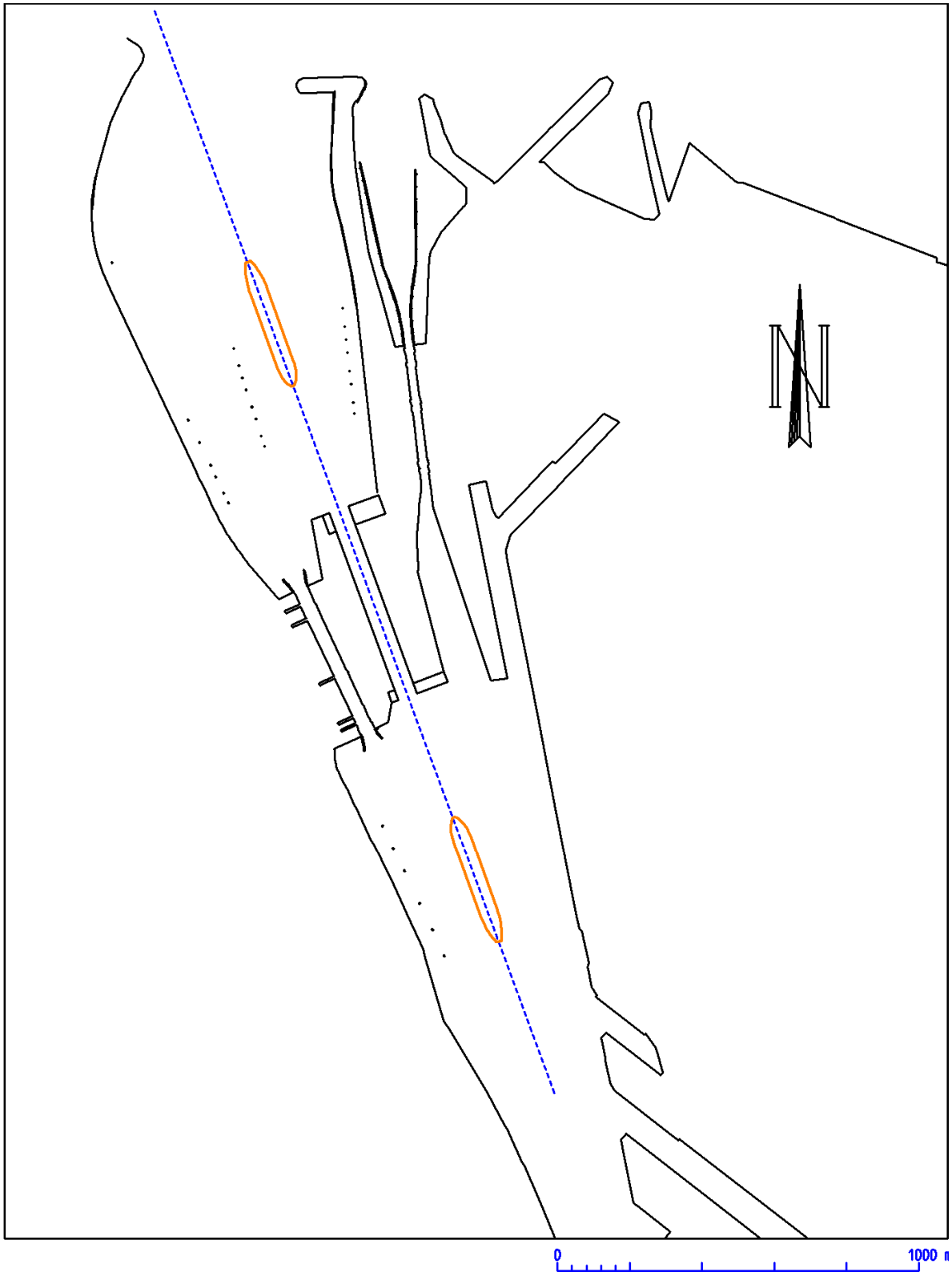


Figuur 2 – Inplanting van een grote zeesluis binnen complex voorgesteld door Arcadis

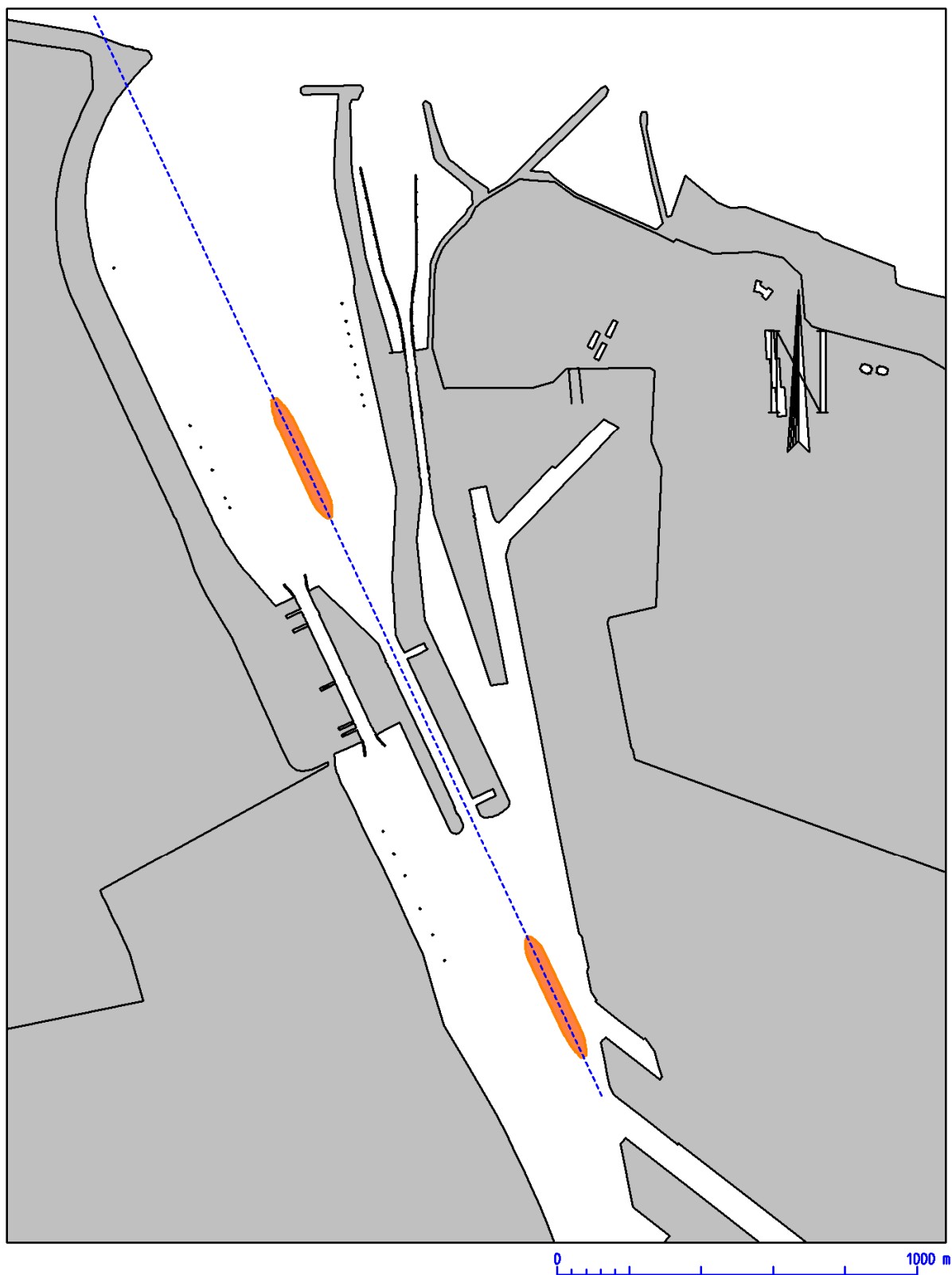




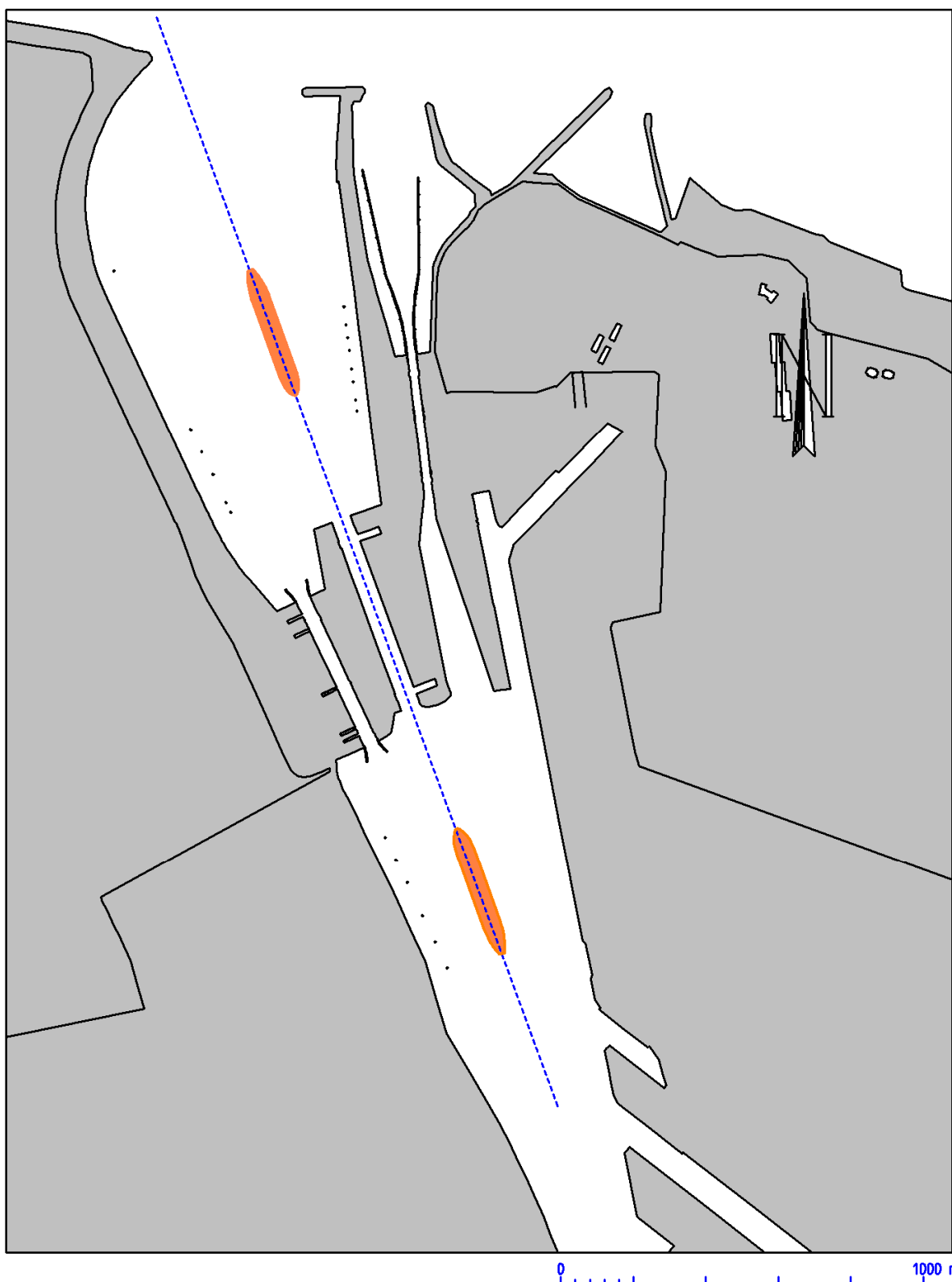
Figuur 3 – Inplanting van een grote zeesluis binnen complex zoals voorgesteld aan de begeleidingsgroep: noordelijke inplanting parallel aan de Westsluis



Figuur 4 – Inplanting van een grote zeesluis binnen complex zoals voorgesteld aan de begeleidingsgroep: noordelijke inplanting niet parallel aan de Westsluis



Figuur 5 – Eerste gesimuleerde variant inplanting grote zeesluis binnen complex gebaseerd op [2]



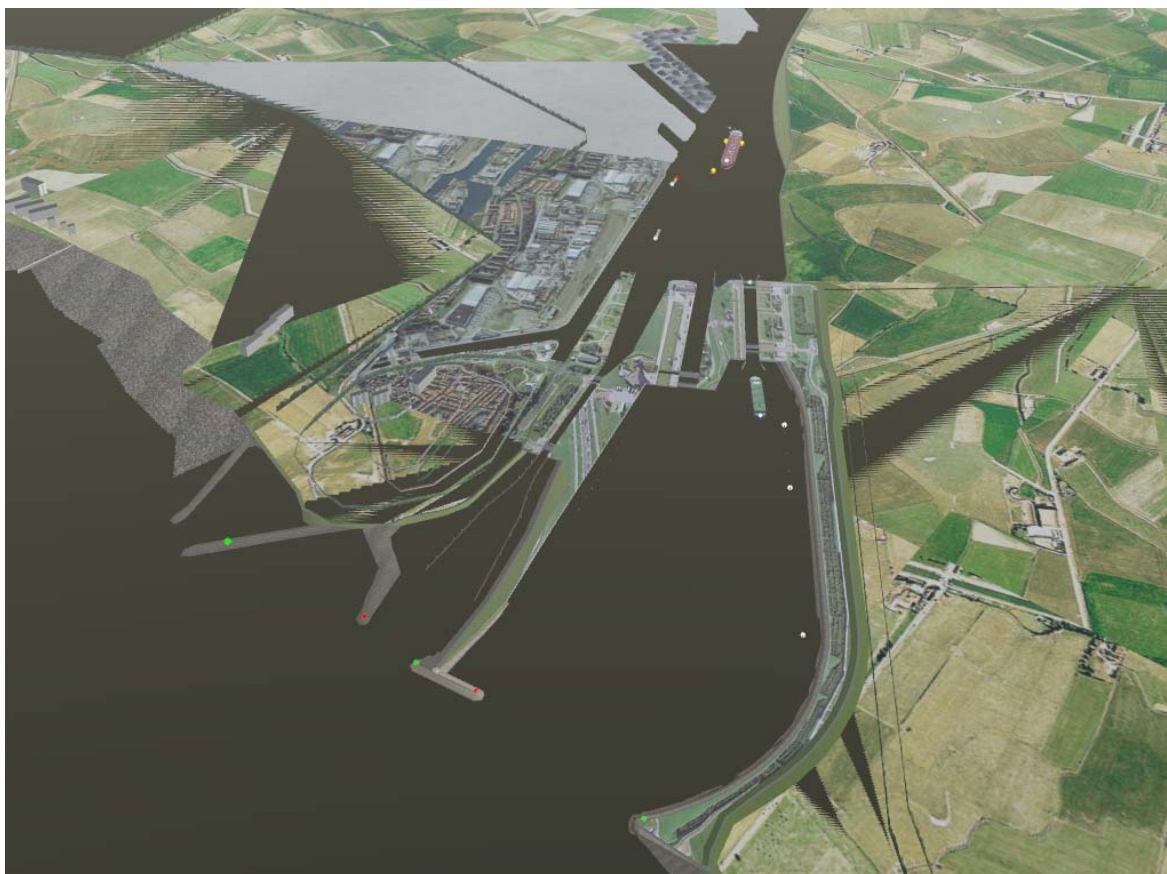
Figuur 6 – Tweede gesimuleerde variant inplanting grote zeesluis binnen complex voorgesteld door Waterbouwkundig Laboratorium en begeleidingsgroep Nautische Simulatie



Figuur 7 – Buitenbeeldzicht van de zuidelijke inplanting van op de rivier



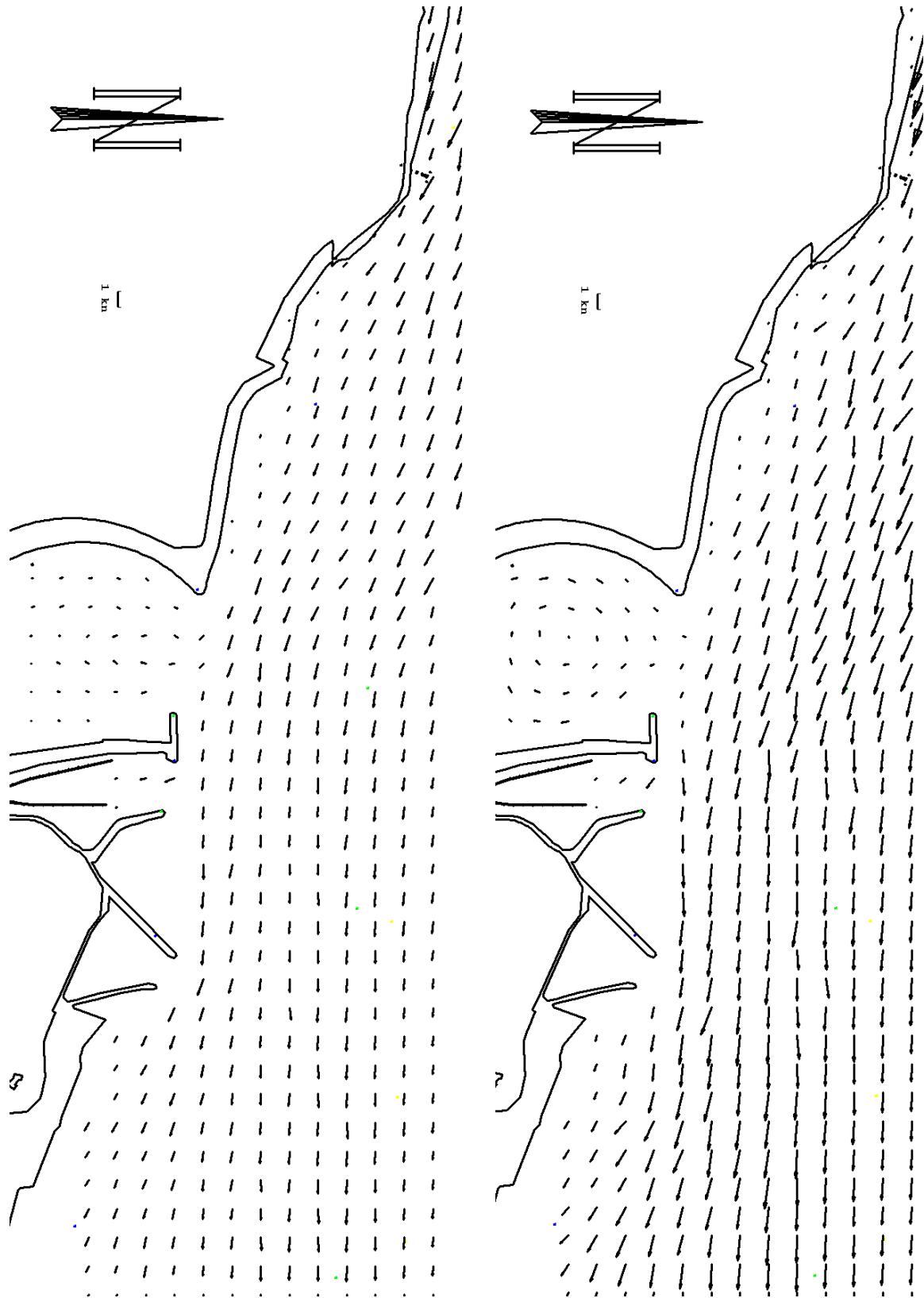
Figuur 8 – Buitenbeeldzicht van de zuidelijke inplanting van op het kanaal



Figuur 9 - Buitenbeeldzicht van de noordelijke inplanting van op de rivier

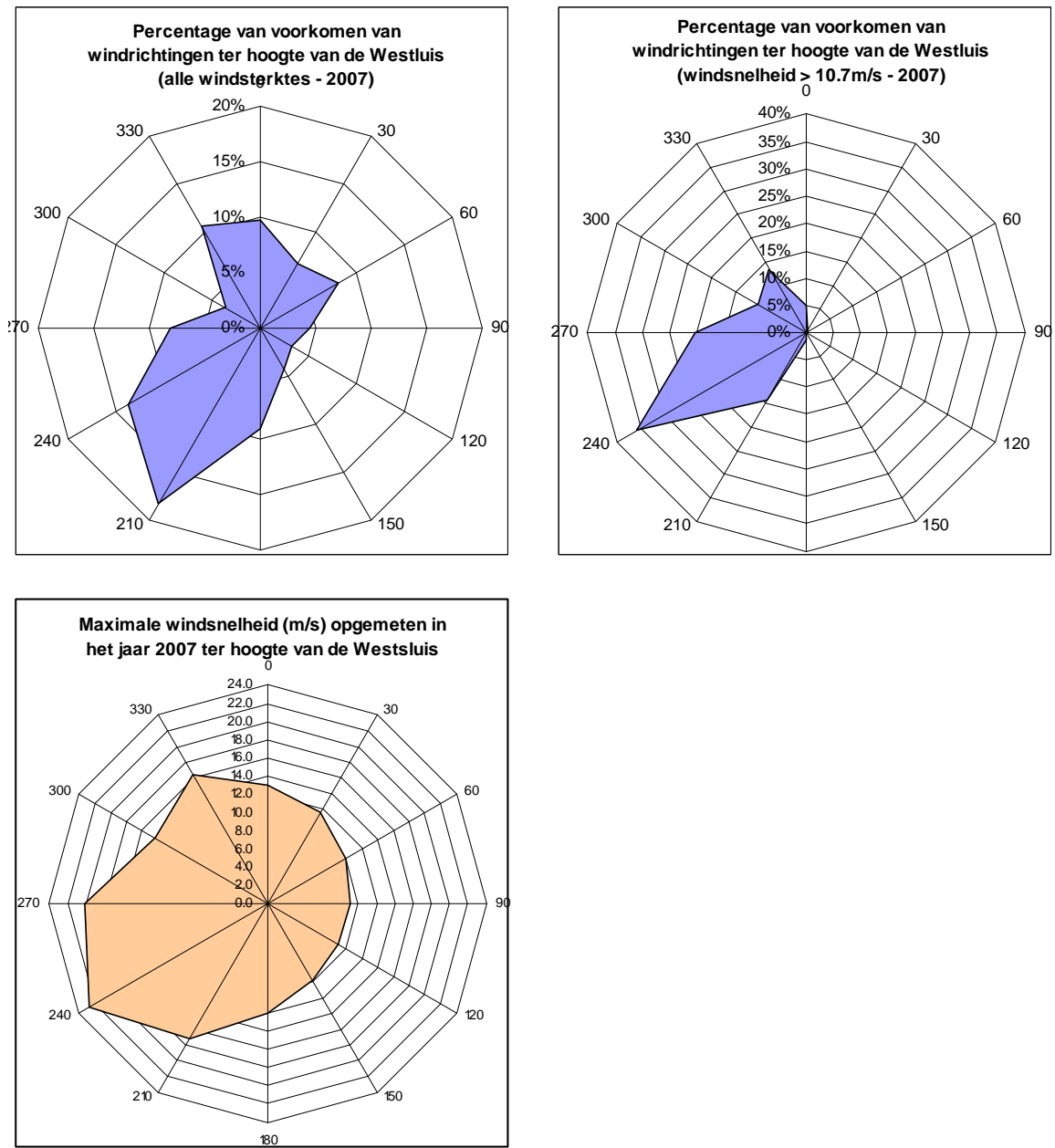


Figuur 10 – Buitenbeeldzicht van de noordelijke inplanting van op het kanaal



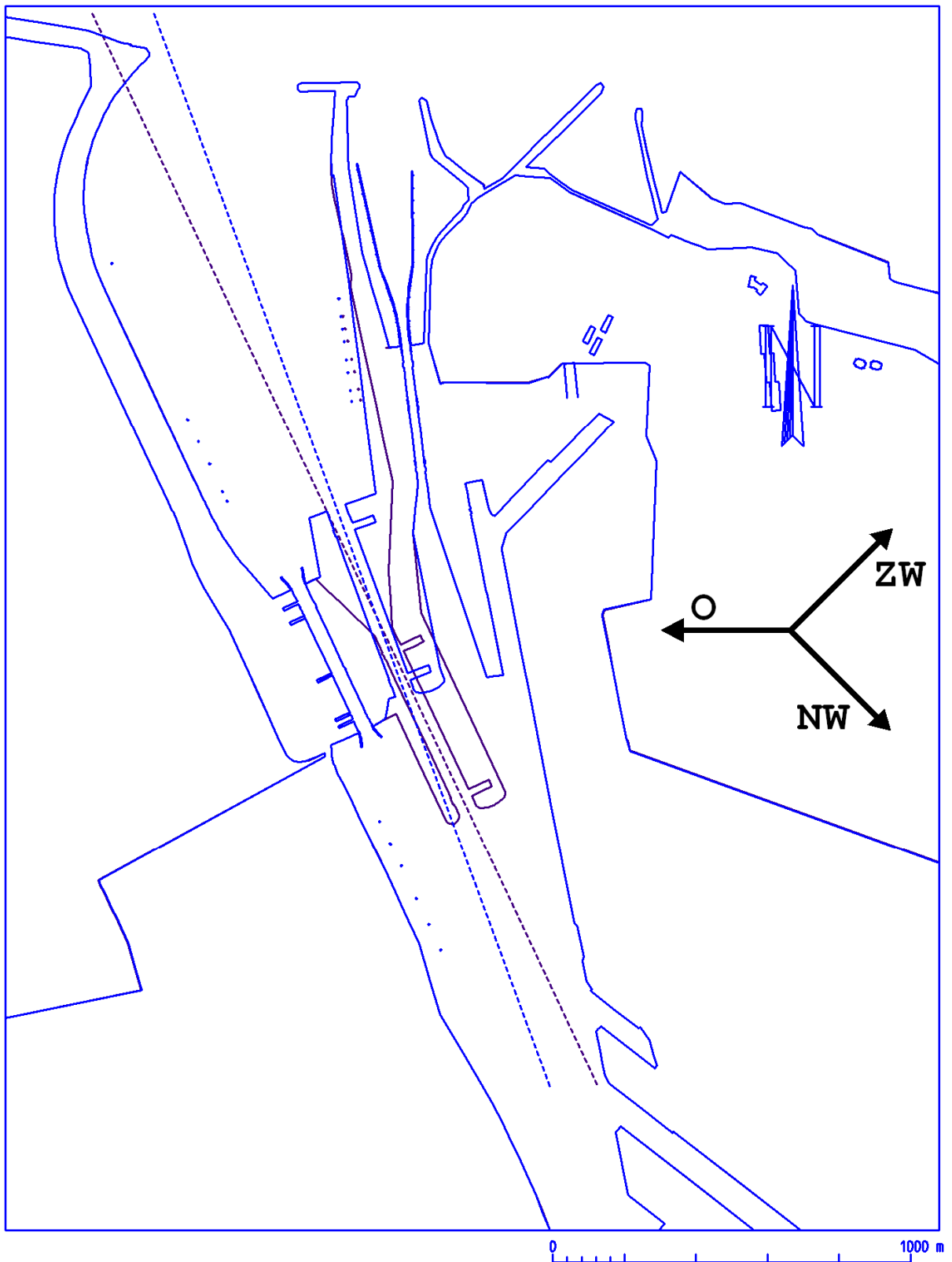
Figuur 11 – Visualisatie stroomprofielen waarbij invaarten gesimuleerd werden: 3 uur voor hoog water (links) en stil van hoog (rechts)





Figuur 12 – Voorstelling windklimaat ter hoogte van de Westluis in Terneuzen gedurende het meetjaar 2007

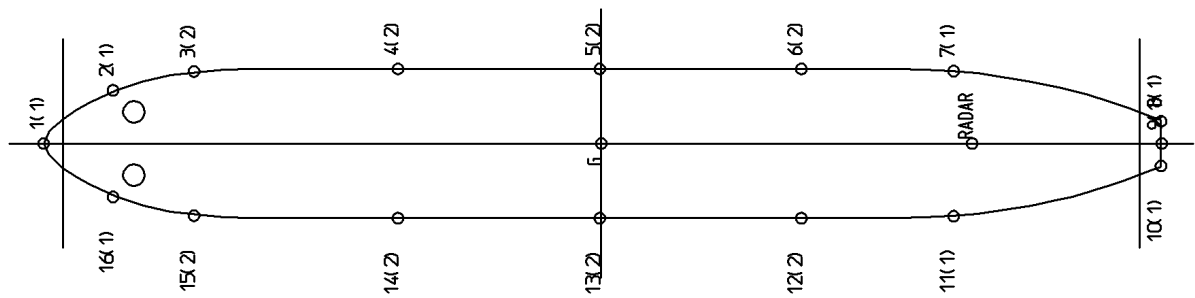




Figuur 13 – Visualisatie van de gesimuleerde windrichtingen ten opzichte van twee alternatieve inplantingen van een grote zeesluis binnen complex



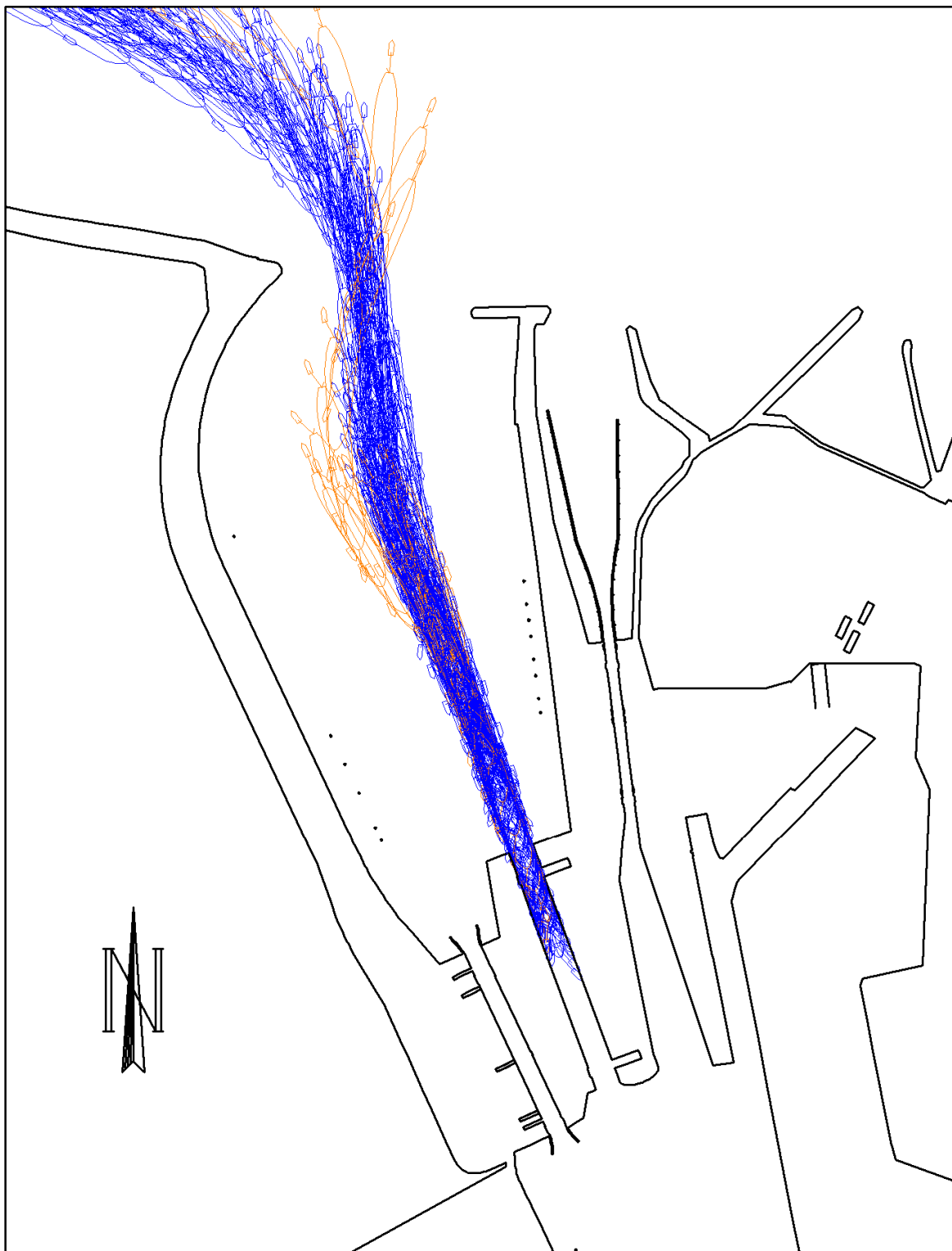
Figuur 14 – Kleurschakering in functie van de botssnelheid



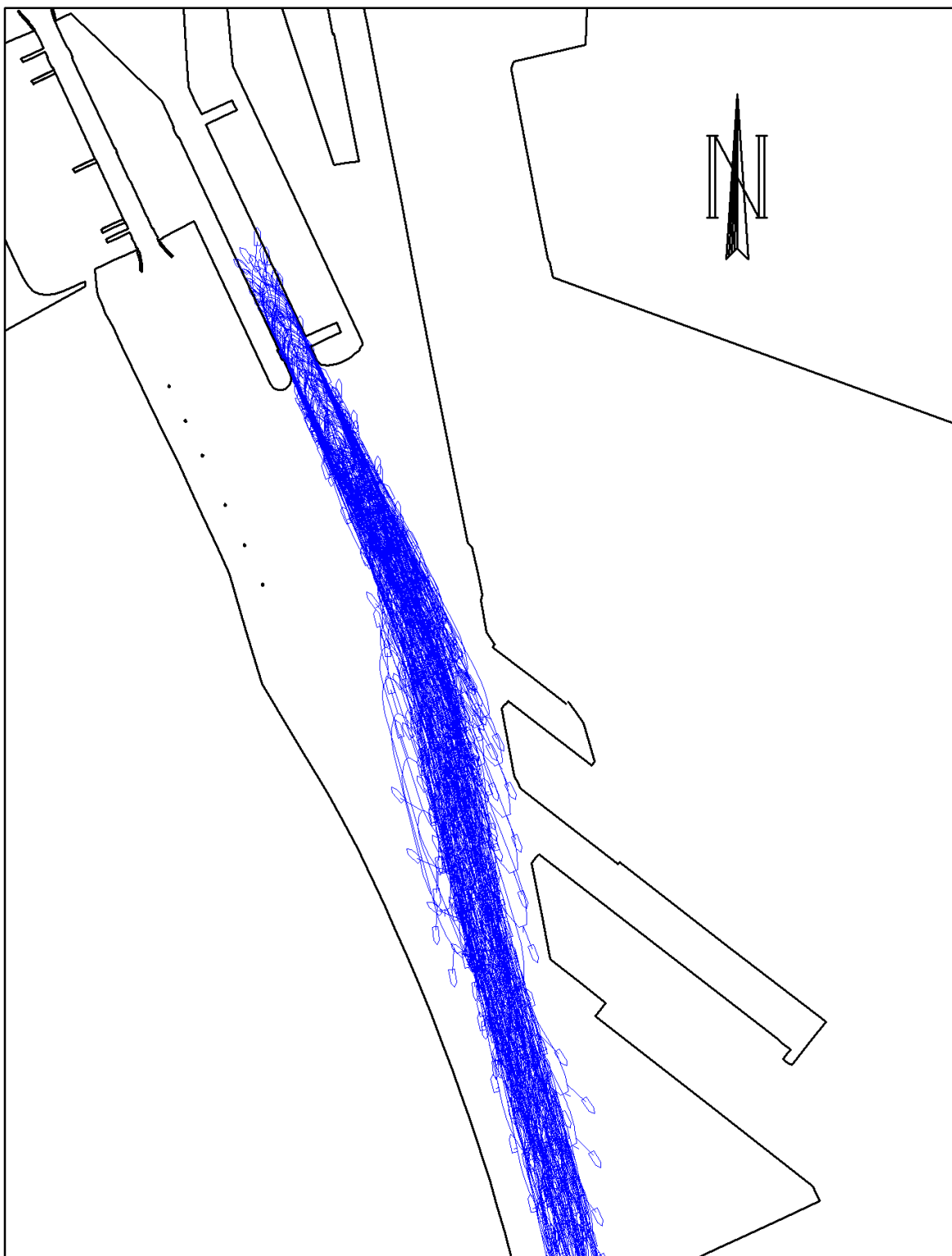
Figuur 15 – Koppelpunten/kluizen op simulatorschip Bulk366



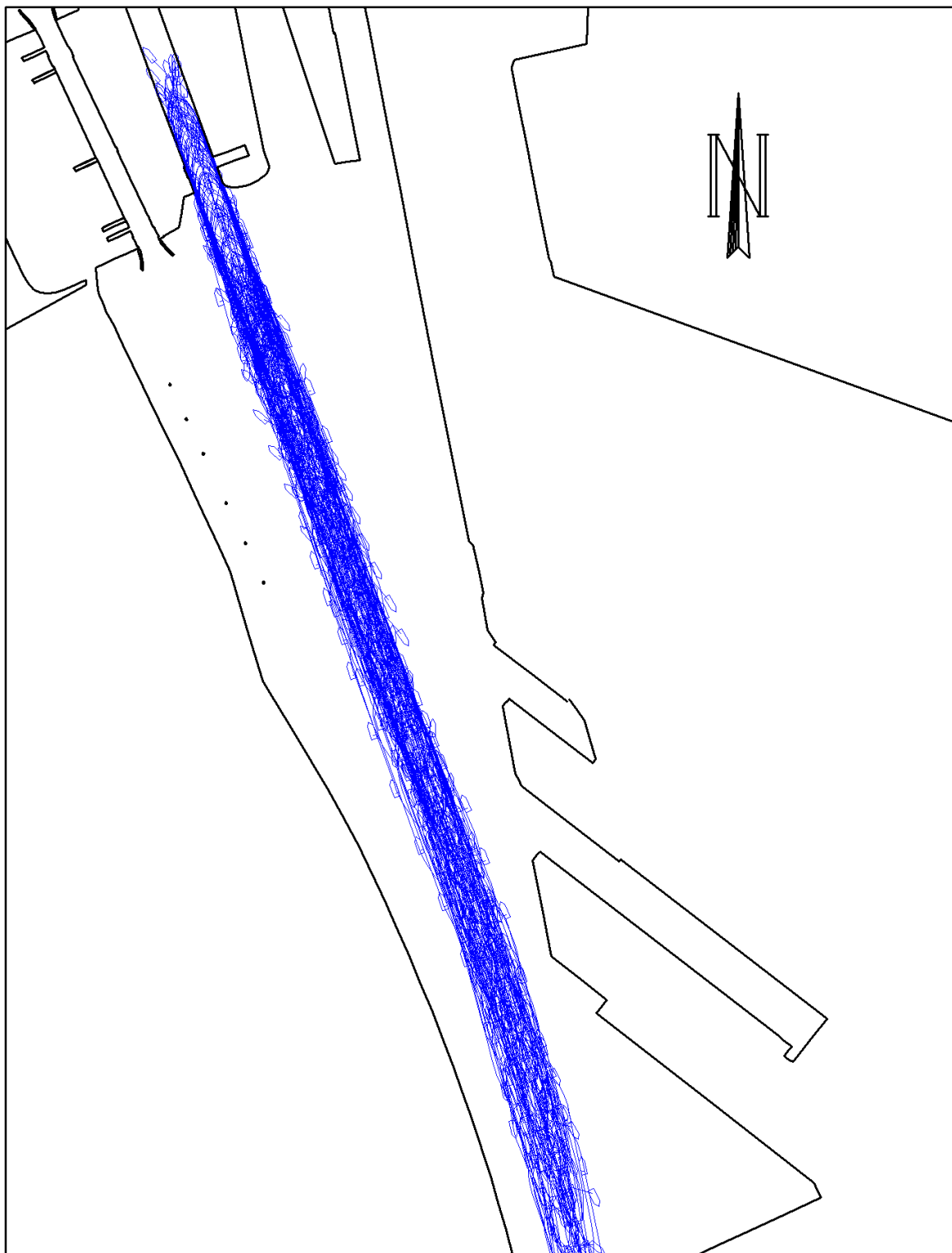
Figuur 16 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisinvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant



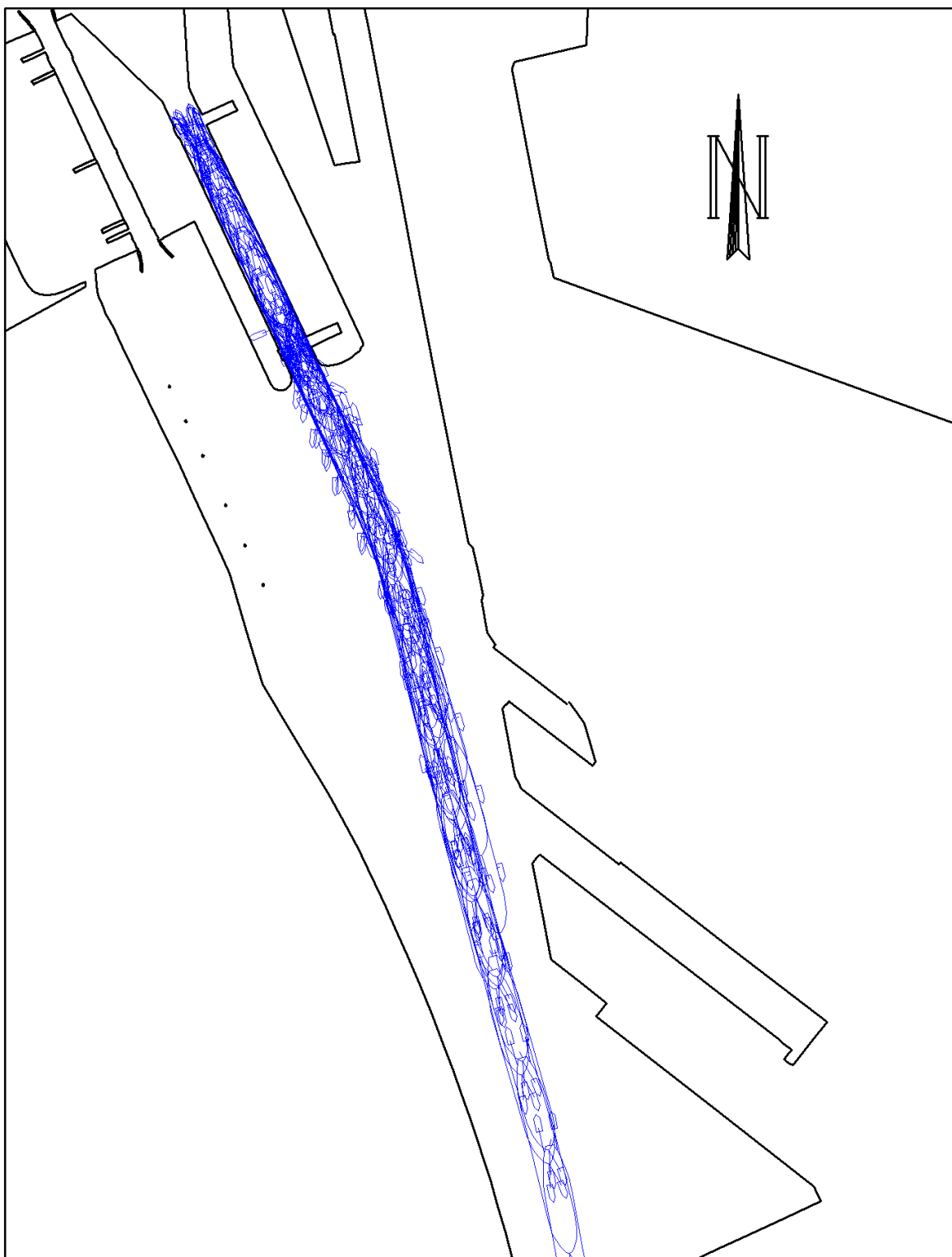
Figuur 17 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisvaart naar de noordelijke inplantingsvariant



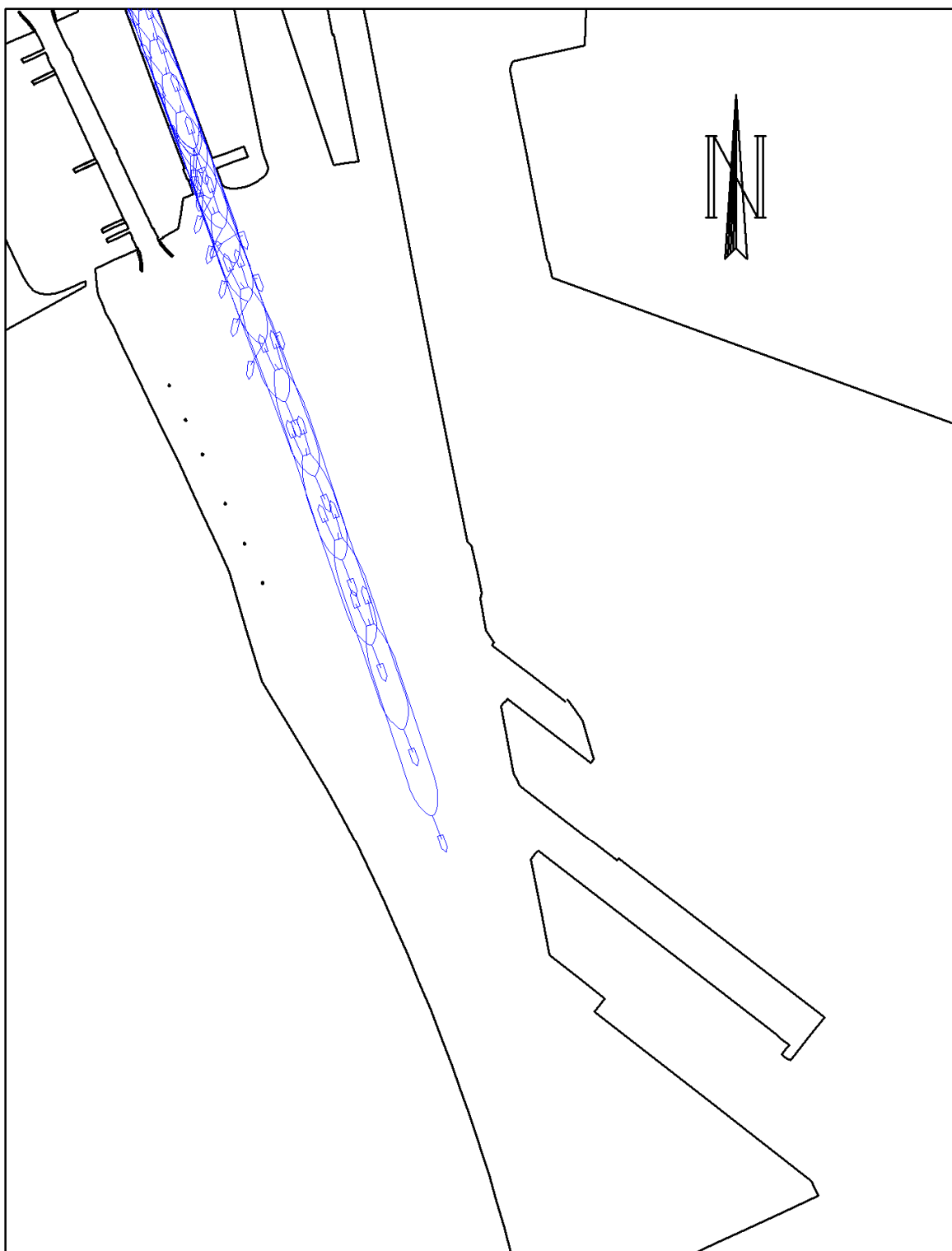
Figuur 18 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij afvarende sluisinvaart naar de zuidelijke inplantingsvariant



Figuur 19 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij afvarende sluisinvaart naar de noordelijke inplantingsvariant



Figuur 20 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisuitvaart van de zuidelijke inplantingsvariant



Figuur 21 – Visualisatie van het ruimtebeslag bij opvarende sluisuitvaart van de noordelijke inplantingsvariant

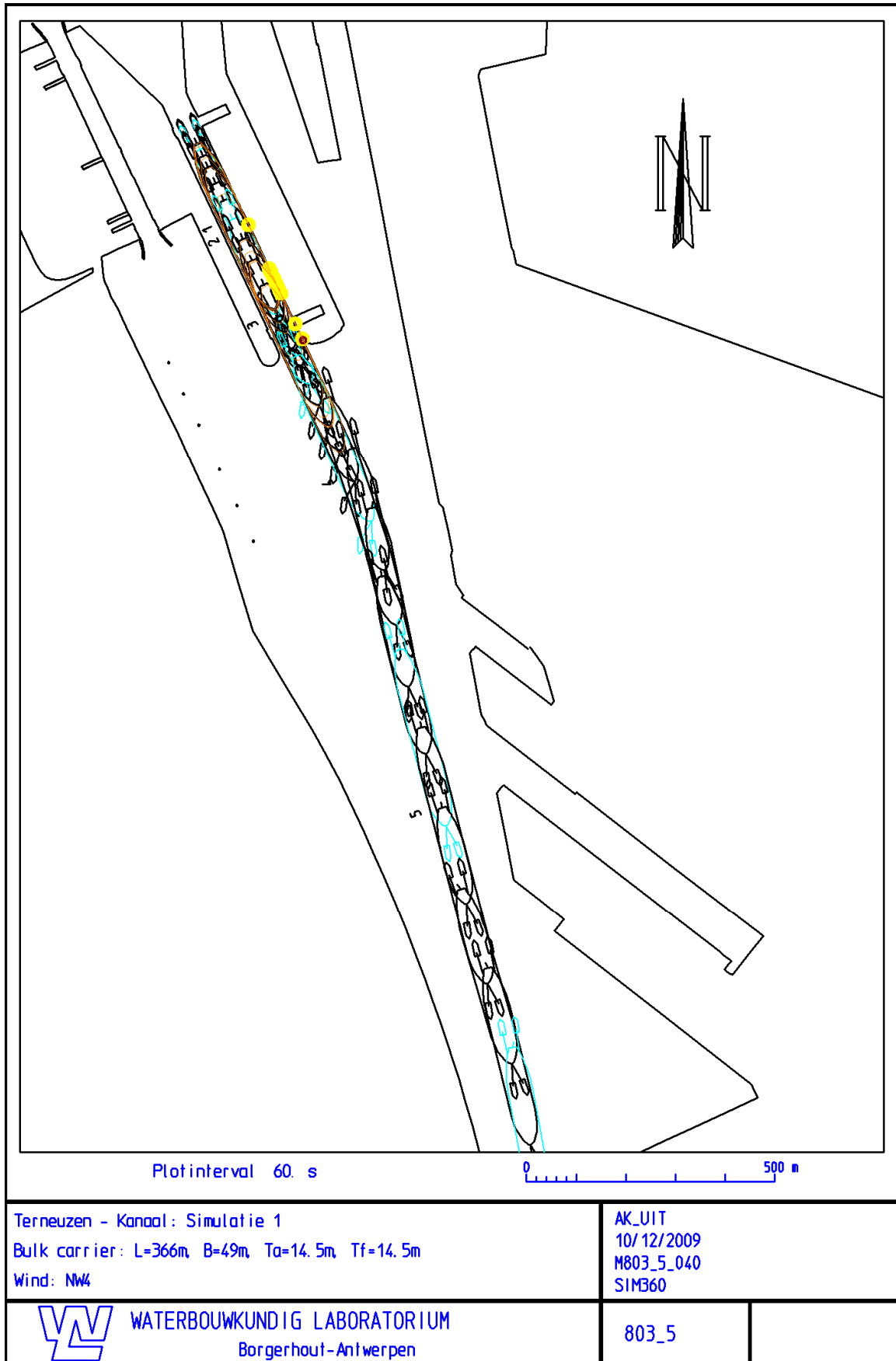


## Bijlage 1: Vaarbaanplots

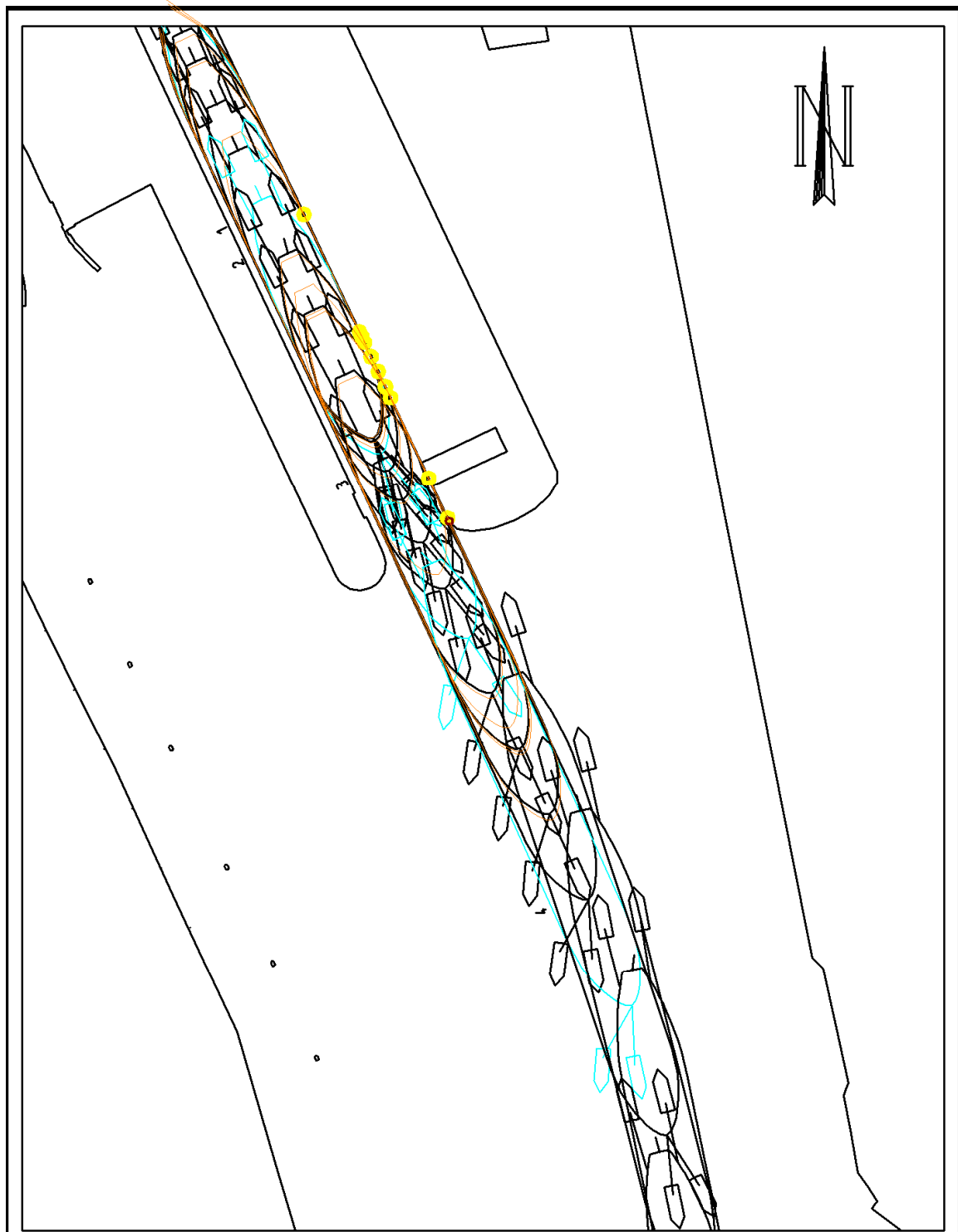
Bijlage 1 1 – Simulatie 1 overzicht .....	B4
Bijlage 1 2 – Simulatie 1 sluis .....	B5
Bijlage 1 3 – Simulatie 2 overzicht .....	B6
Bijlage 1 4 – Simulatie 2 sluis .....	B7
Bijlage 1 5 – Simulatie 4 overzicht .....	B8
Bijlage 1 6 – Simulatie 4 sluis .....	B9
Bijlage 1 7 – Simulatie 5 overzicht .....	B10
Bijlage 1 8 – Simulatie 5 sluis .....	B11
Bijlage 1 9 – Simulatie 6 overzicht .....	B12
Bijlage 1 10 – Simulatie 6 sluis .....	B13
Bijlage 1 11 – Simulatie 7 overzicht .....	B14
Bijlage 1 12 – Simulatie 7 sluis .....	B15
Bijlage 1 13 – Simulatie 8 overzicht .....	B16
Bijlage 1 14 – Simulatie 8 sluis .....	B17
Bijlage 1 15 – Simulatie 9 overzicht .....	B18
Bijlage 1 16 – Simulatie 9 sluis .....	B19
Bijlage 1 17 – Simulatie 10 overzicht .....	B20
Bijlage 1 18 – Simulatie 10 sluis .....	B21
Bijlage 1 19 – Simulatie 11 overzicht .....	B22
Bijlage 1 20 – Simulatie 11 sluis .....	B23
Bijlage 1 21 – Simulatie 12 overzicht .....	B24
Bijlage 1 22 – Simulatie 12 sluis .....	B25
Bijlage 1 23 – Simulatie 13 overzicht .....	B26
Bijlage 1 24 – Simulatie 13 sluis .....	B27
Bijlage 1 25 – Simulatie 14 overzicht .....	B28
Bijlage 1 26 – Simulatie 14 sluis .....	B29
Bijlage 1 27 – Simulatie 15 overzicht .....	B30
Bijlage 1 28 – Simulatie 15 sluis .....	B31
Bijlage 1 29 – Simulatie 16 overzicht .....	B32
Bijlage 1 30 – Simulatie 16 sluis .....	B33
Bijlage 1 31 – Simulatie 17 overzicht .....	B34
Bijlage 1 32 – Simulatie 17 sluis .....	B35
Bijlage 1 33 – Simulatie 18 overzicht .....	B36

Bijlage 1 34 – Simulatie 18 sluis .....	B37
Bijlage 1 35 – Simulatie 19 overzicht .....	B38
Bijlage 1 36 – Simulatie 19 sluis .....	B39
Bijlage 1 37 – Simulatie 20 overzicht .....	B40
Bijlage 1 38 – Simulatie 20 sluis .....	B41
Bijlage 1 39 – Simulatie 21 overzicht .....	B42
Bijlage 1 40 – Simulatie 21 sluis .....	B43
Bijlage 1 41 – Simulatie 22 overzicht .....	B44
Bijlage 1 42 – Simulatie 22 sluis .....	B45
Bijlage 1 43 – Simulatie 23 overzicht .....	B46
Bijlage 1 44 – Simulatie 23 sluis .....	B47
Bijlage 1 45 – Simulatie 24 overzicht .....	B48
Bijlage 1 46 – Simulatie 24 sluis .....	B49
Bijlage 1 47 – Simulatie 25 overzicht .....	B50
Bijlage 1 48 – Simulatie 25 sluis .....	B51
Bijlage 1 49 – Simulatie 26 overzicht .....	B52
Bijlage 1 50 – Simulatie 26 sluis .....	B53
Bijlage 1 51 – Simulatie 27 overzicht .....	B54
Bijlage 1 52 – Simulatie 27 sluis .....	B55
Bijlage 1 53 – Simulatie 28 overzicht .....	B56
Bijlage 1 54 – Simulatie 28 sluis .....	B57
Bijlage 1 55 – Simulatie 29 overzicht .....	B58
Bijlage 1 56 – Simulatie 29 sluis .....	B59
Bijlage 1 57 – Simulatie 30 overzicht .....	B60
Bijlage 1 58 – Simulatie 30 sluis .....	B61
Bijlage 1 59 – Simulatie 31 overzicht .....	B62
Bijlage 1 60 – Simulatie 31 sluis .....	B63
Bijlage 1 61 – Simulatie 32 overzicht .....	B64
Bijlage 1 62 – Simulatie 32 sluis .....	B65
Bijlage 1 63 – Simulatie 33 overzicht .....	B66
Bijlage 1 64 – Simulatie 33 sluis .....	B67
Bijlage 1 65 – Simulatie 34 overzicht .....	B68
Bijlage 1 66 – Simulatie 34 sluis .....	B69
Bijlage 1 67 – Simulatie 35 overzicht .....	B70
Bijlage 1 68 – Simulatie 35 sluis .....	B71
Bijlage 1 69 – Simulatie 36 overzicht .....	B72

Bijlage 1 70 – Simulatie 36 sluis .....	B73
Bijlage 1 71 – Simulatie 37 overzicht .....	B74
Bijlage 1 72 – Simulatie 37 sluis .....	B75
Bijlage 1 73 – Simulatie 38 overzicht .....	B76
Bijlage 1 74 – Simulatie 38 sluis .....	B77
Bijlage 1 75 – Simulatie 39 overzicht .....	B78
Bijlage 1 76 – Simulatie 39 sluis .....	B79
Bijlage 1 77 – Simulatie 40 overzicht .....	B80
Bijlage 1 78 – Simulatie 40 sluis .....	B81
Bijlage 1 79 – Simulatie 41 overzicht .....	B82
Bijlage 1 80 – Simulatie 41 sluis .....	B83
Bijlage 1 81 – Simulatie 42 overzicht .....	B84
Bijlage 1 82 – Simulatie 42 sluis .....	B85
Bijlage 1 83 – Simulatie 43 overzicht .....	B86
Bijlage 1 84 – Simulatie 43 sluis .....	B87
Bijlage 1 85 – Simulatie 44 overzicht .....	B88
Bijlage 1 86 – Simulatie 44 sluis .....	B89
Bijlage 1 87 – Simulatie 45 overzicht .....	B90
Bijlage 1 88 – Simulatie 45 sluis .....	B91
Bijlage 1 89 – Simulatie 46 overzicht .....	B92
Bijlage 1 90 – Simulatie 46 sluis .....	B93



Bijlage 1 1 – Simulatie 1 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 1  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: NW

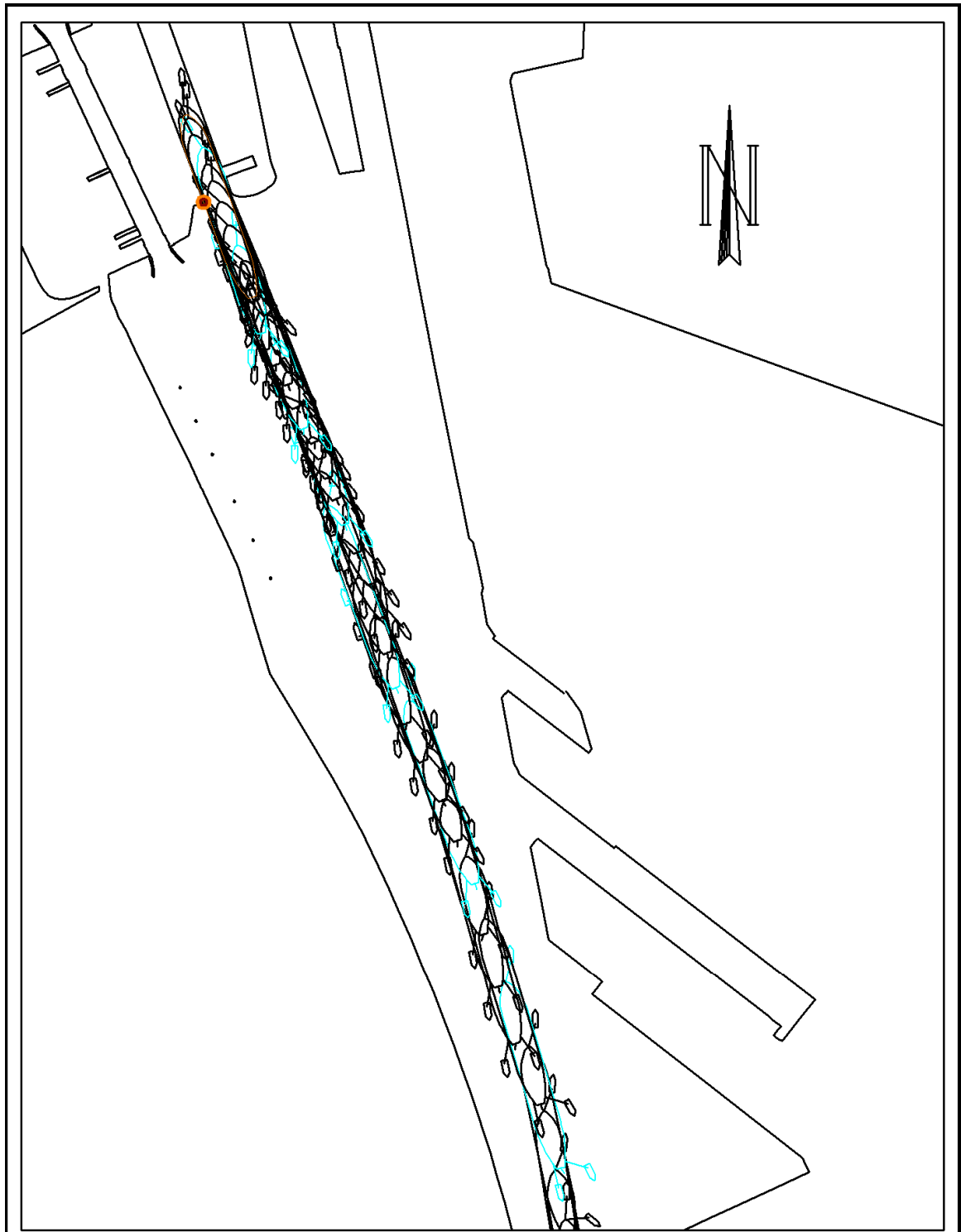
AK\_UIT  
 10/12/2009  
 M803\_5\_040  
 SIM360



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM**  
 Borgerhout-Antwerpen


803\_5

Bijlage 1 2 – Simulatie 1 sluis

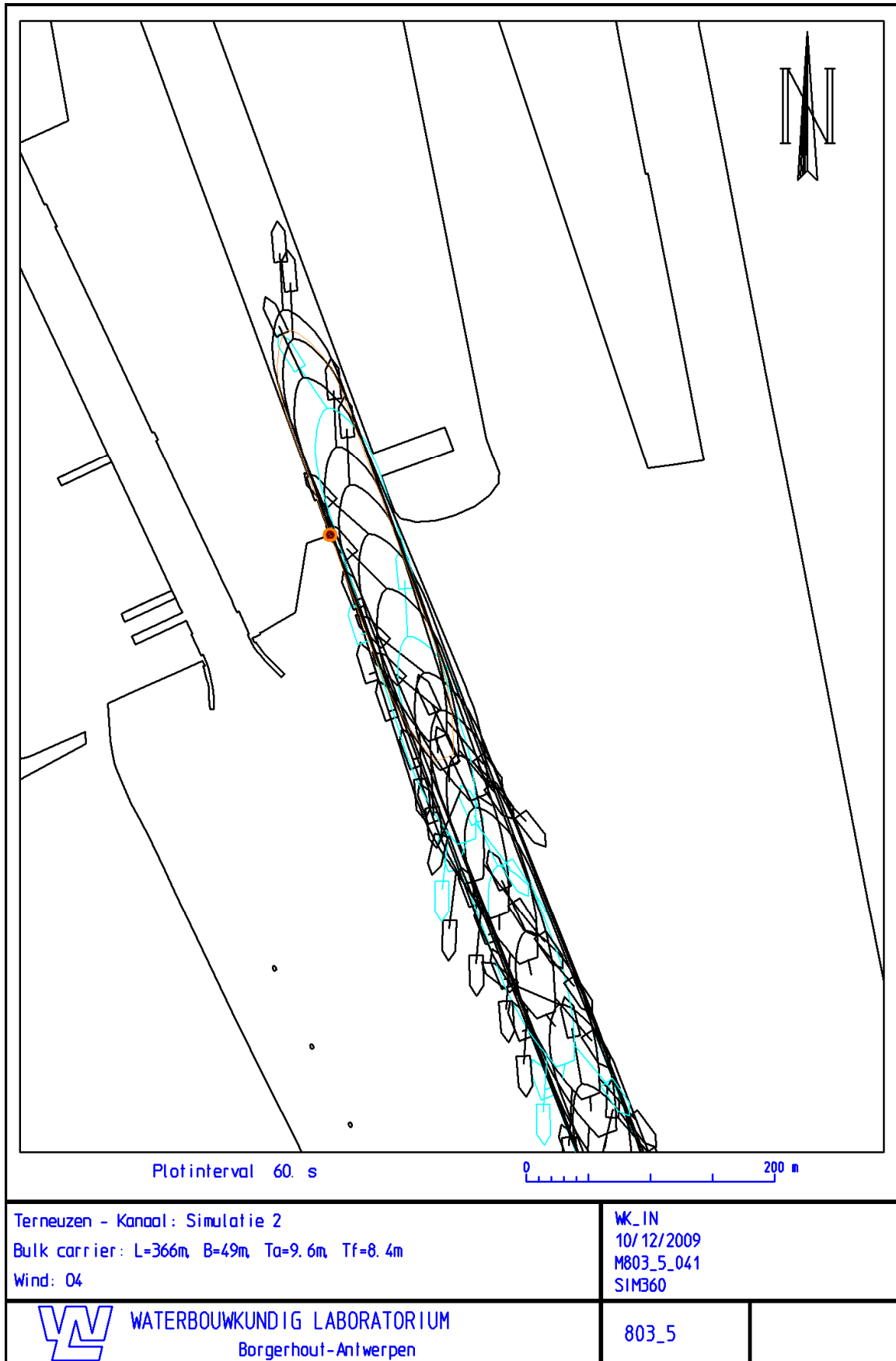


Plot interval 60. s

0 500 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 2 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m Wind: 04		WK_IN 10/12/2009 M803_5_041 SIMB60	
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5	

Bijlage 1 3 – Simulatie 2 overzicht

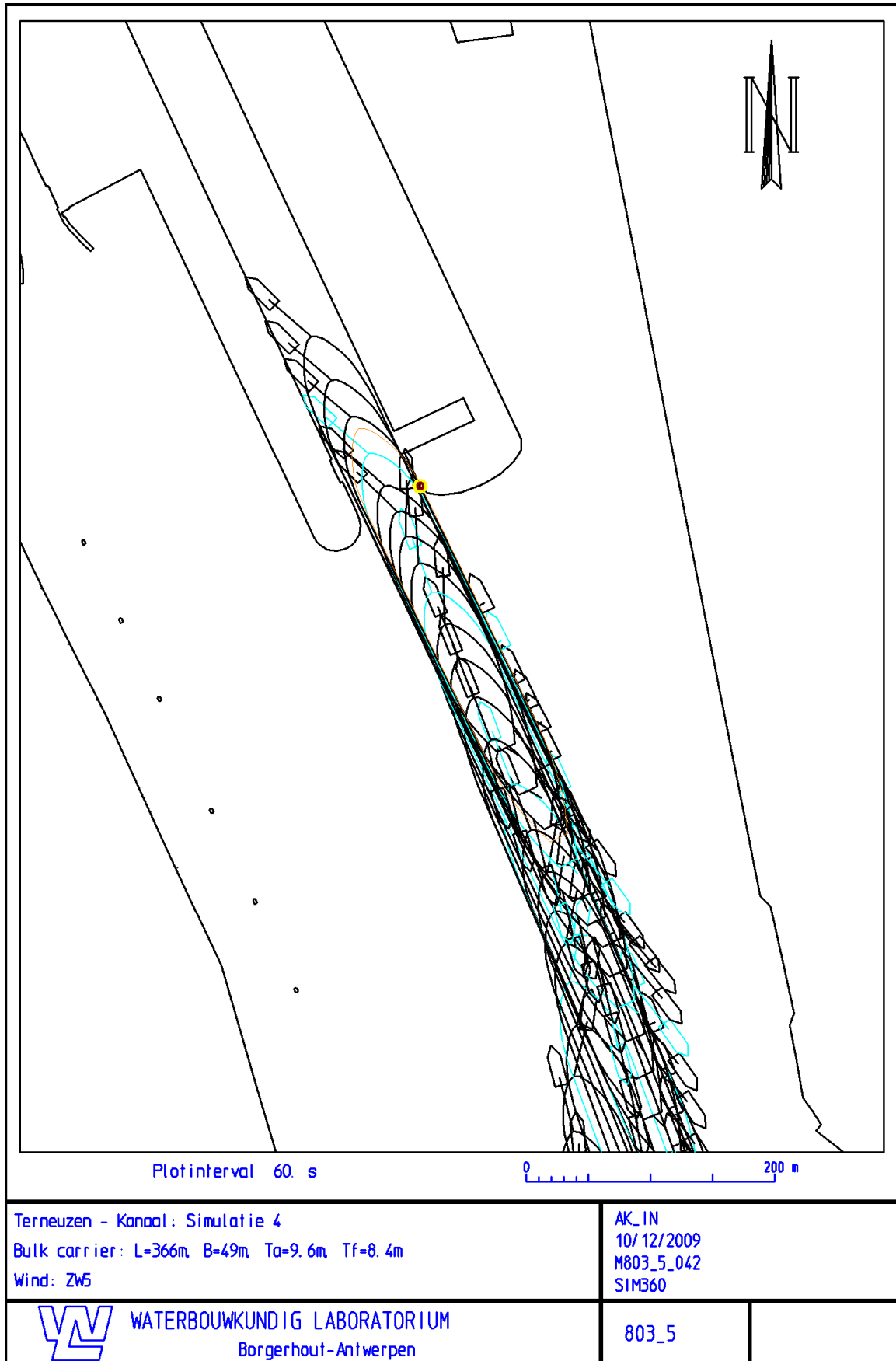


Bijlage 1 4 – Simulatie 2 sluis



Bijlage 1 5 – Simulatie 4 overzicht

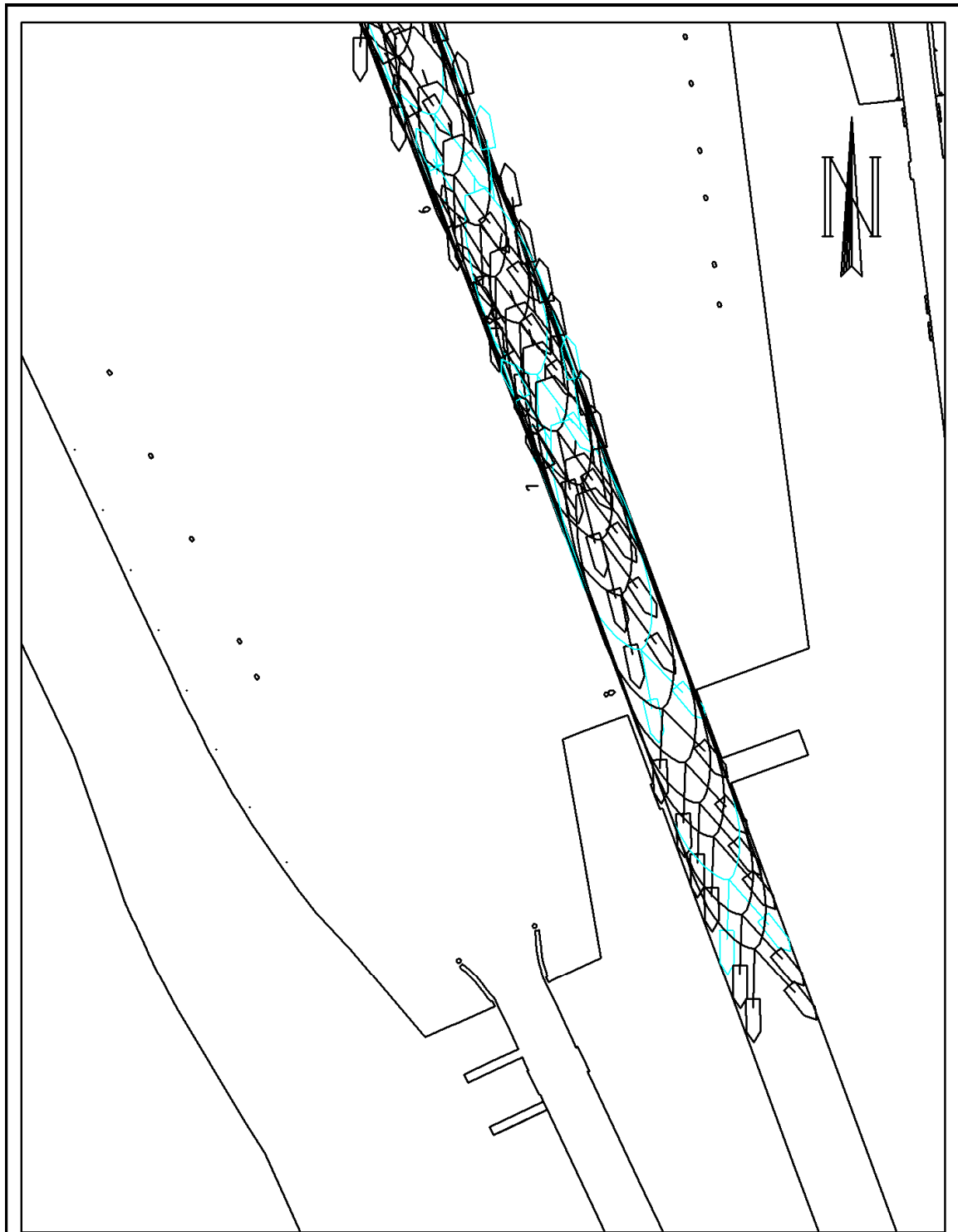




Bijlage 1 6 – Simulatie 4 sluis



Bijlage 1 7 – Simulatie 5 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 5  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: NW5, Stroomconditie: HW

WR\_IN  
 10/12/2009  
 M803\_5\_043  
 SIMB60




WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

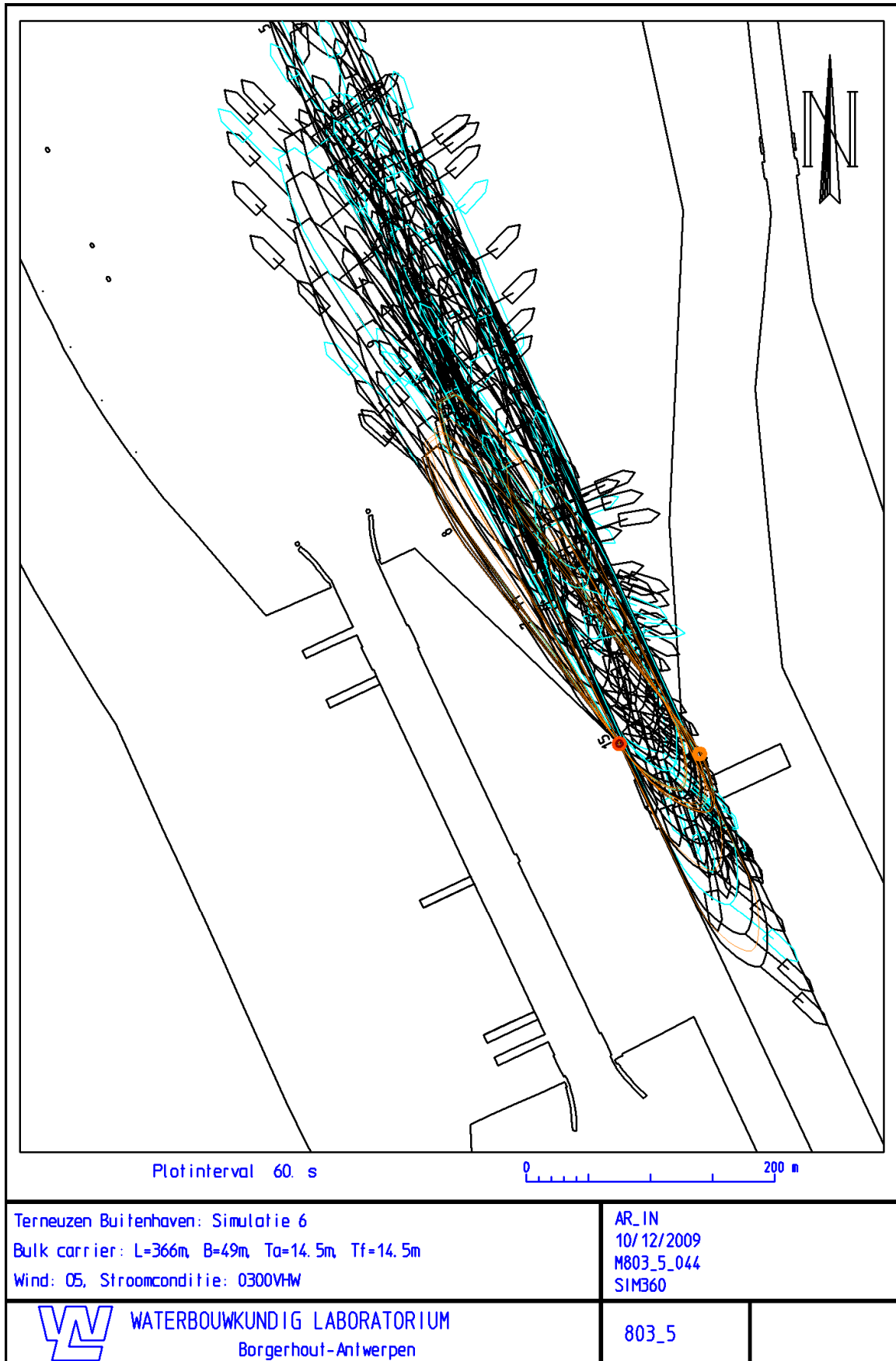
803\_5

Bijlage 1 8 – Simulatie 5 sluis



Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 6 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m Wind: 05, Stroomconditie: 0300VHW		AR_IN 10/12/2009 M803_5_044 SIMB60
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen	803_5	

Bijlage 1 9 – Simulatie 6 overzicht




Bijlage 1 10 – Simulatie 6 sluis

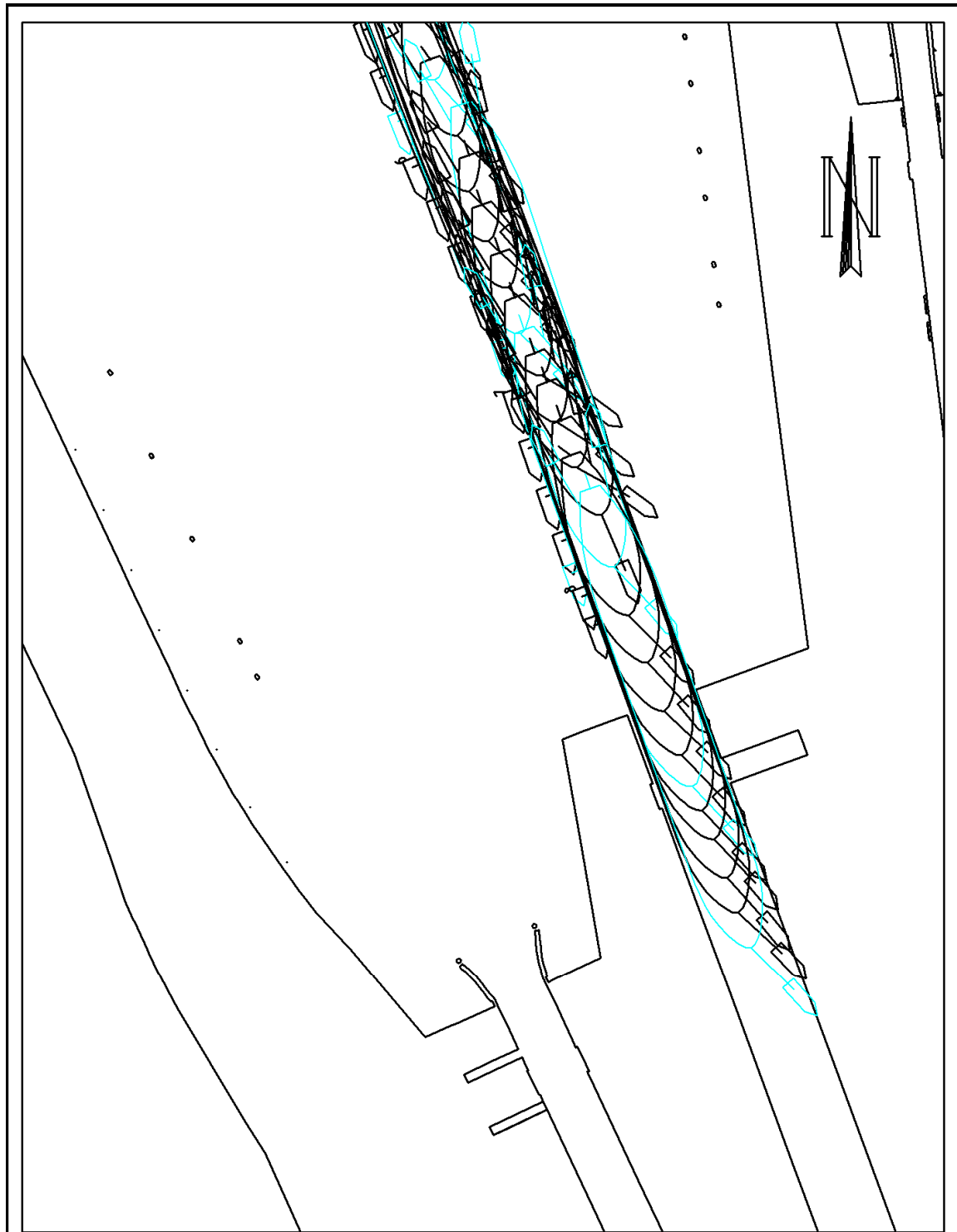


Plotinterval 60. s

0 500 m

<p>Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 7                  Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m                  Wind: 05, Stroomconditie: 0300VHW</p>	<p>WR_IN                  10/12/2009                  M803_5_045                  SIMB60</p>
<p> WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM                  Borgerhout-Antwerpen</p>	<p>803_5</p>

Bijlage 1 11 – Simulatie 7 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 7  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: 05, Stroomconditie: 0300VHW

WR\_IN  
 10/12/2009  
 M803\_5\_045  
 SIMB60



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

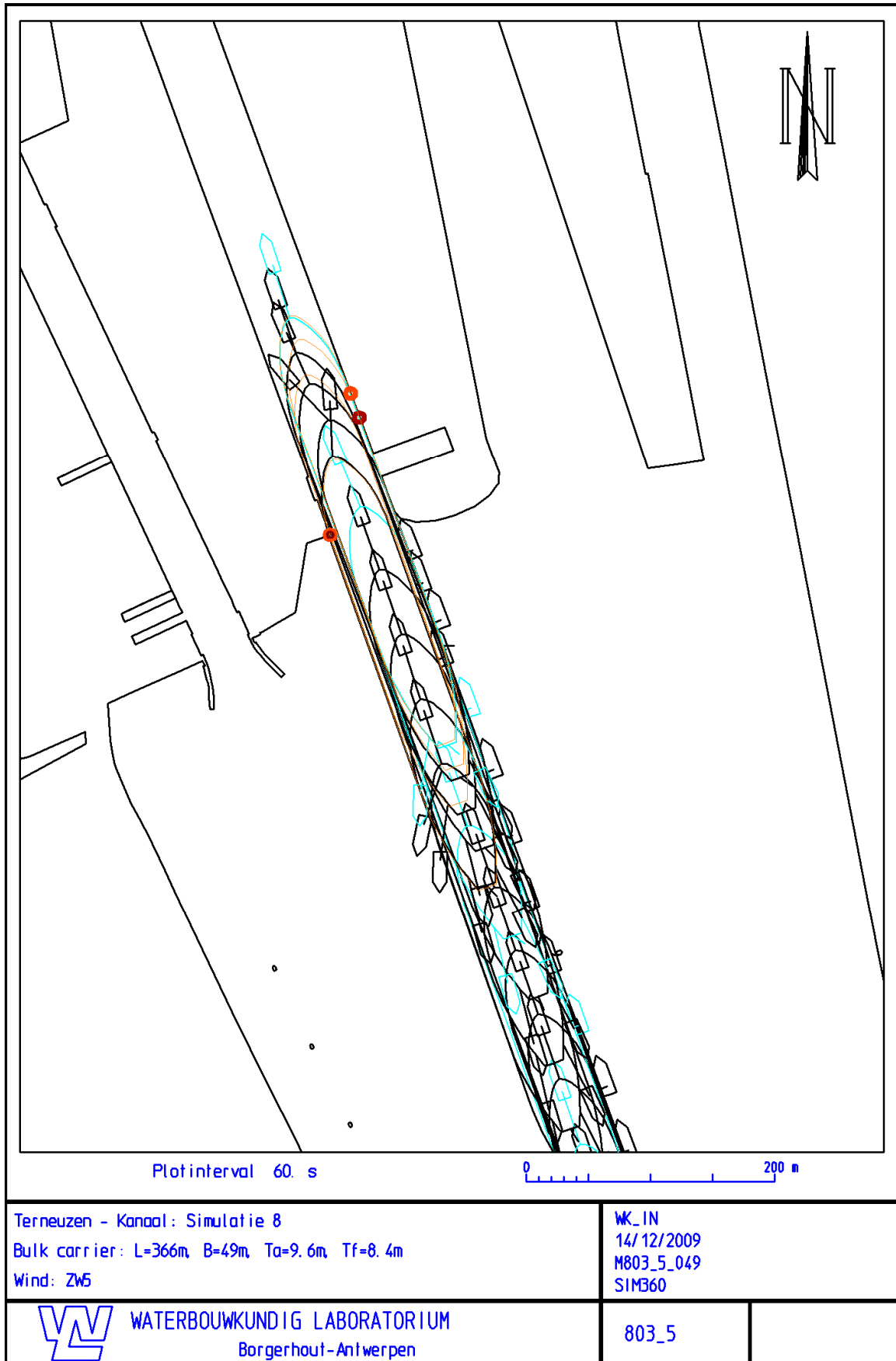
803\_5

Bijlage 1 12 – Simulatie 7 sluis

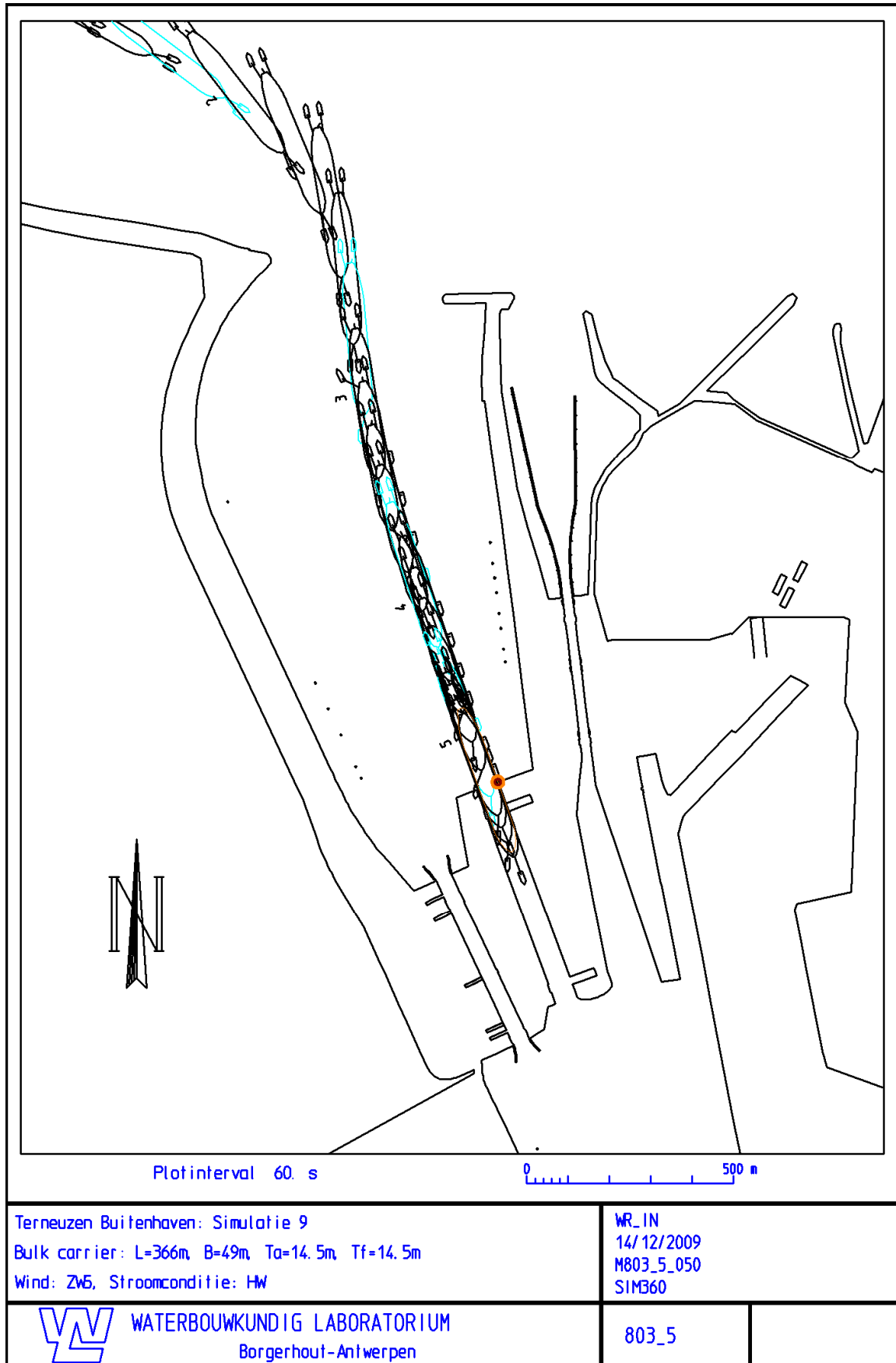


Bijlage 1 13 – Simulatie 8 overzicht

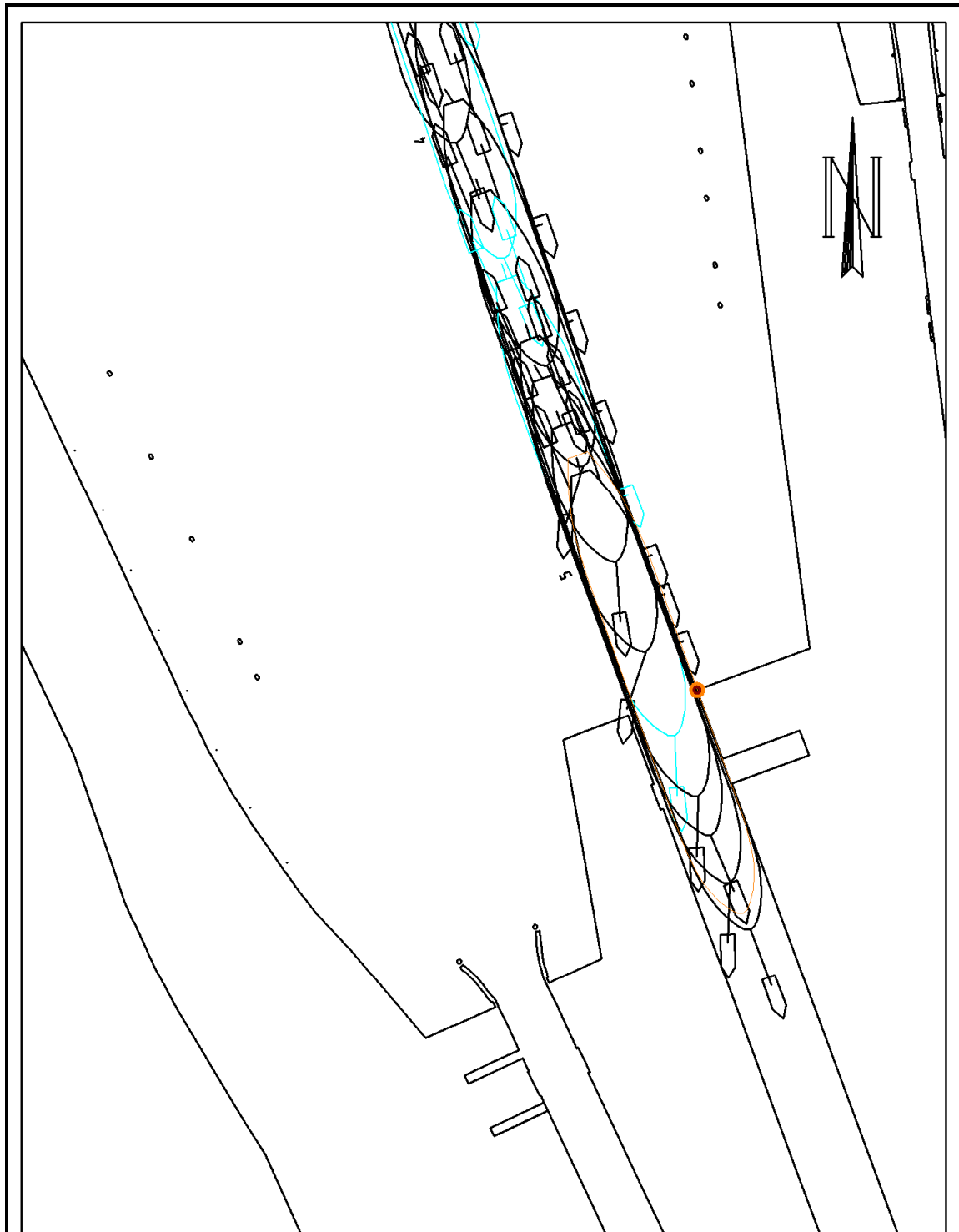




Bijlage 1 14 – Simulatie 8 sluis



Bijlage 1 15 – Simulatie 9 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 9  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: ZW5, Stroomconditie: HW

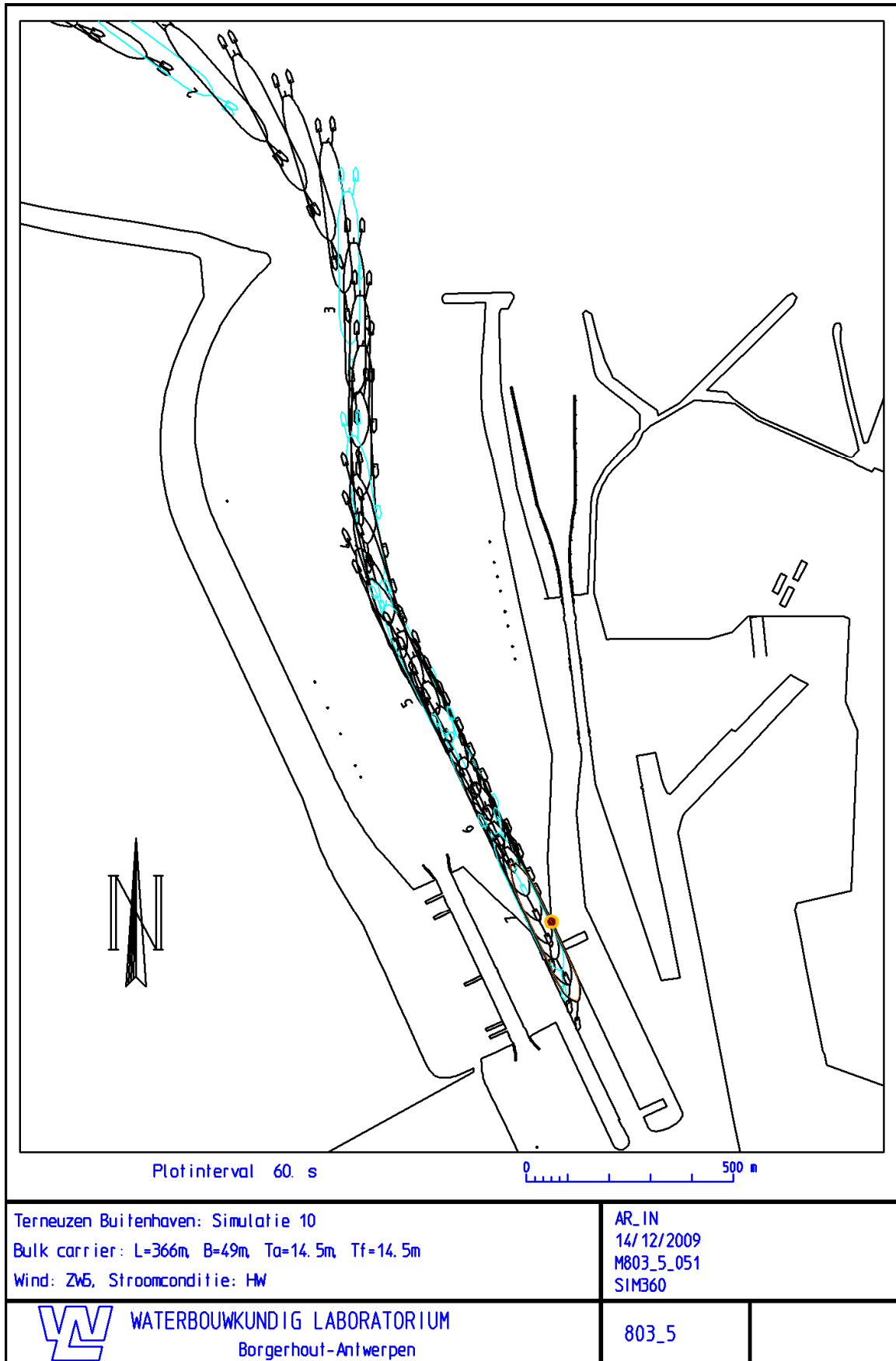
WR\_IN  
 14/12/2009  
 M803\_5\_050  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

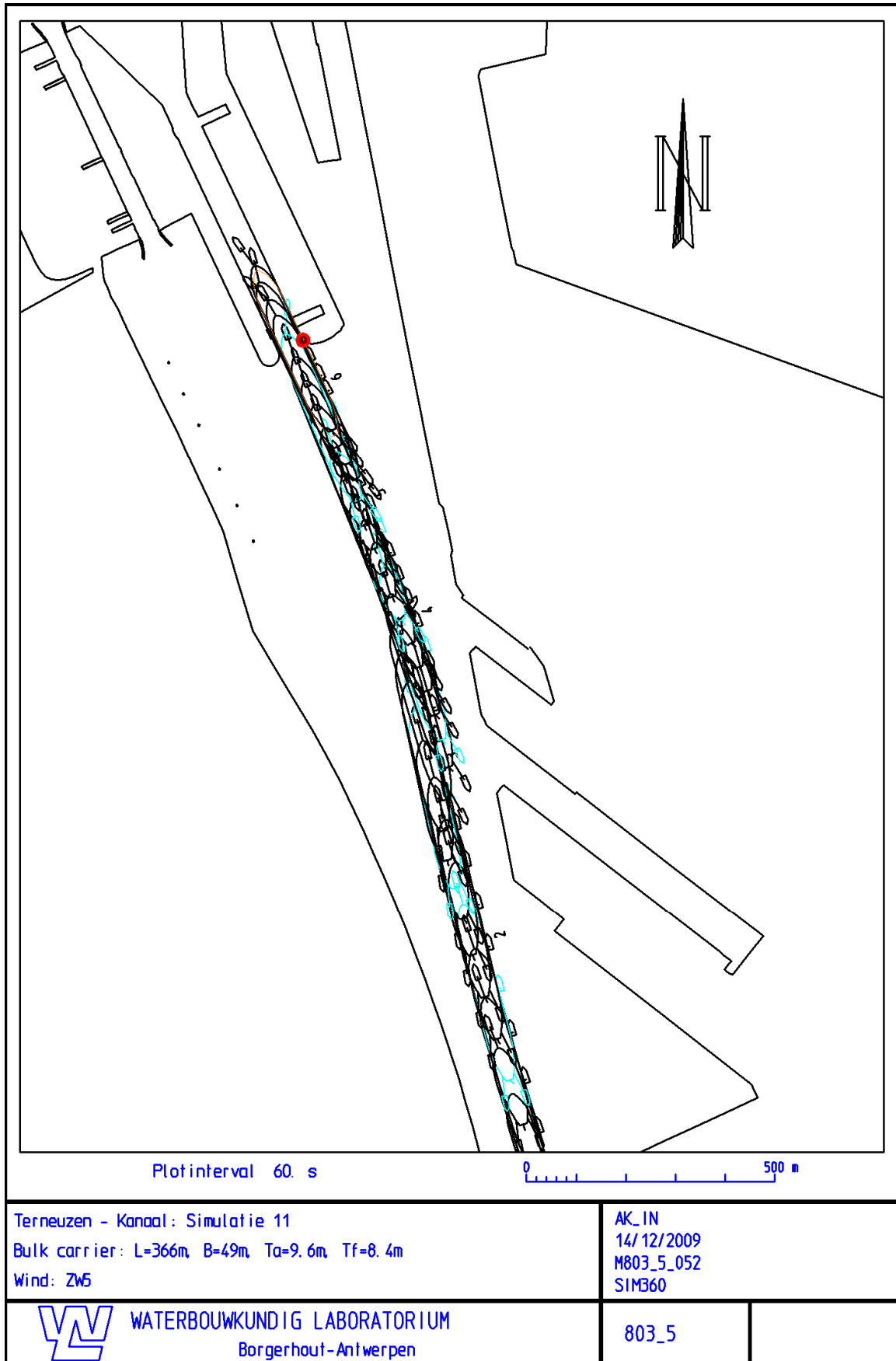
Bijlage 1 16 – Simulatie 9 sluis



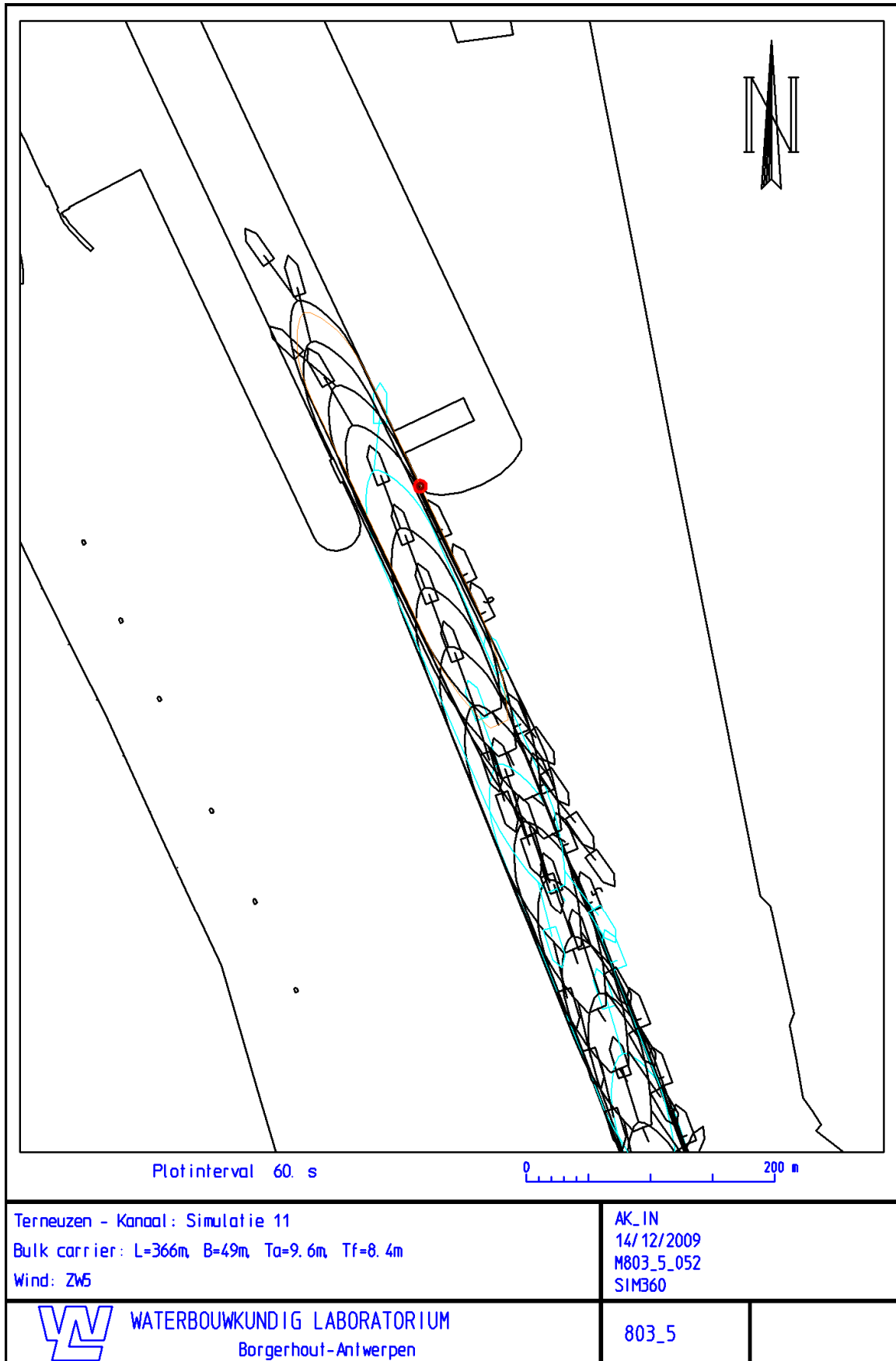
Bijlage 1 17 – Simulatie 10 overzicht



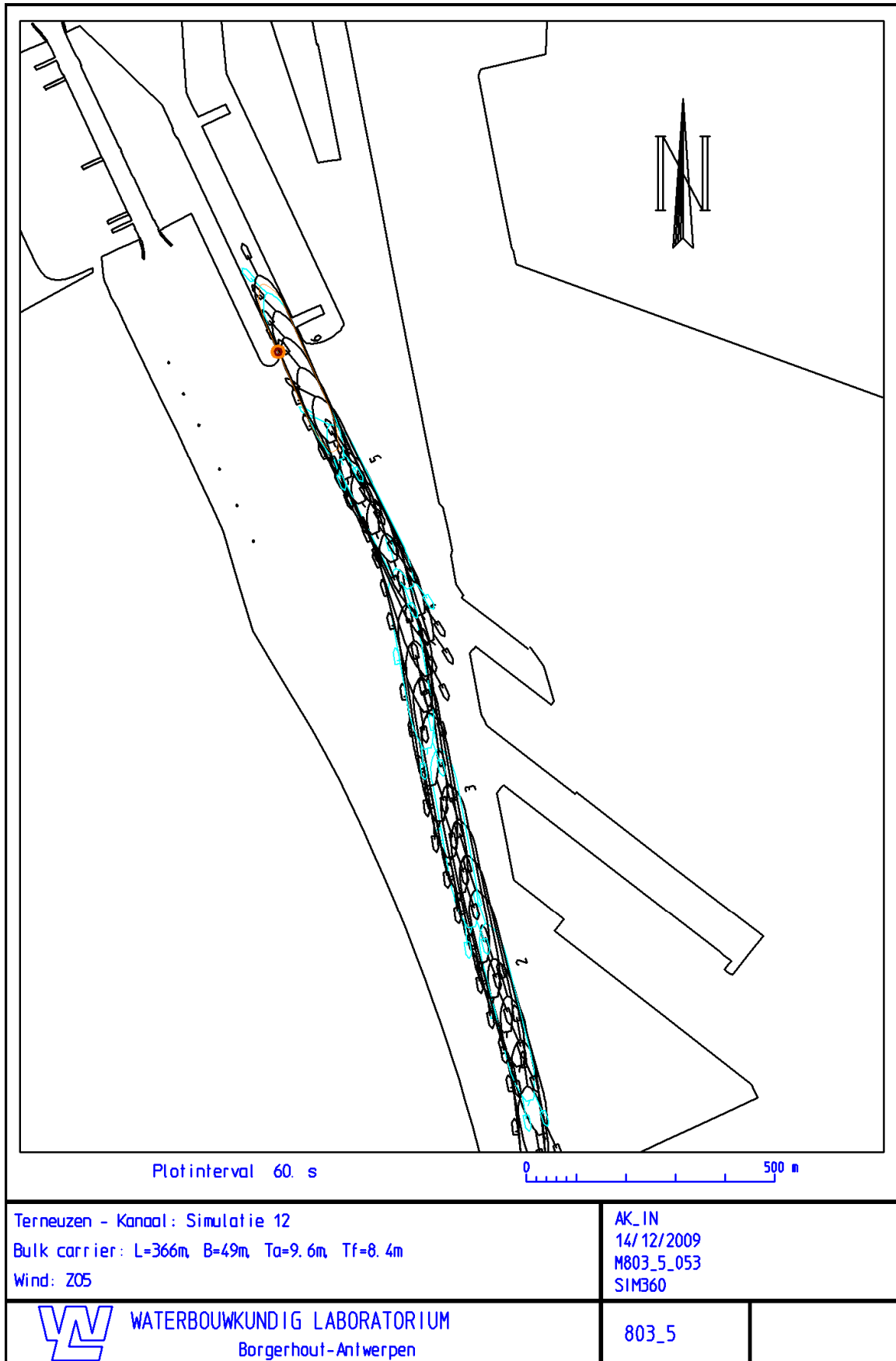
Bijlage 1 18 – Simulatie 10 sluis



Bijlage 1 19 – Simulatie 11 overzicht

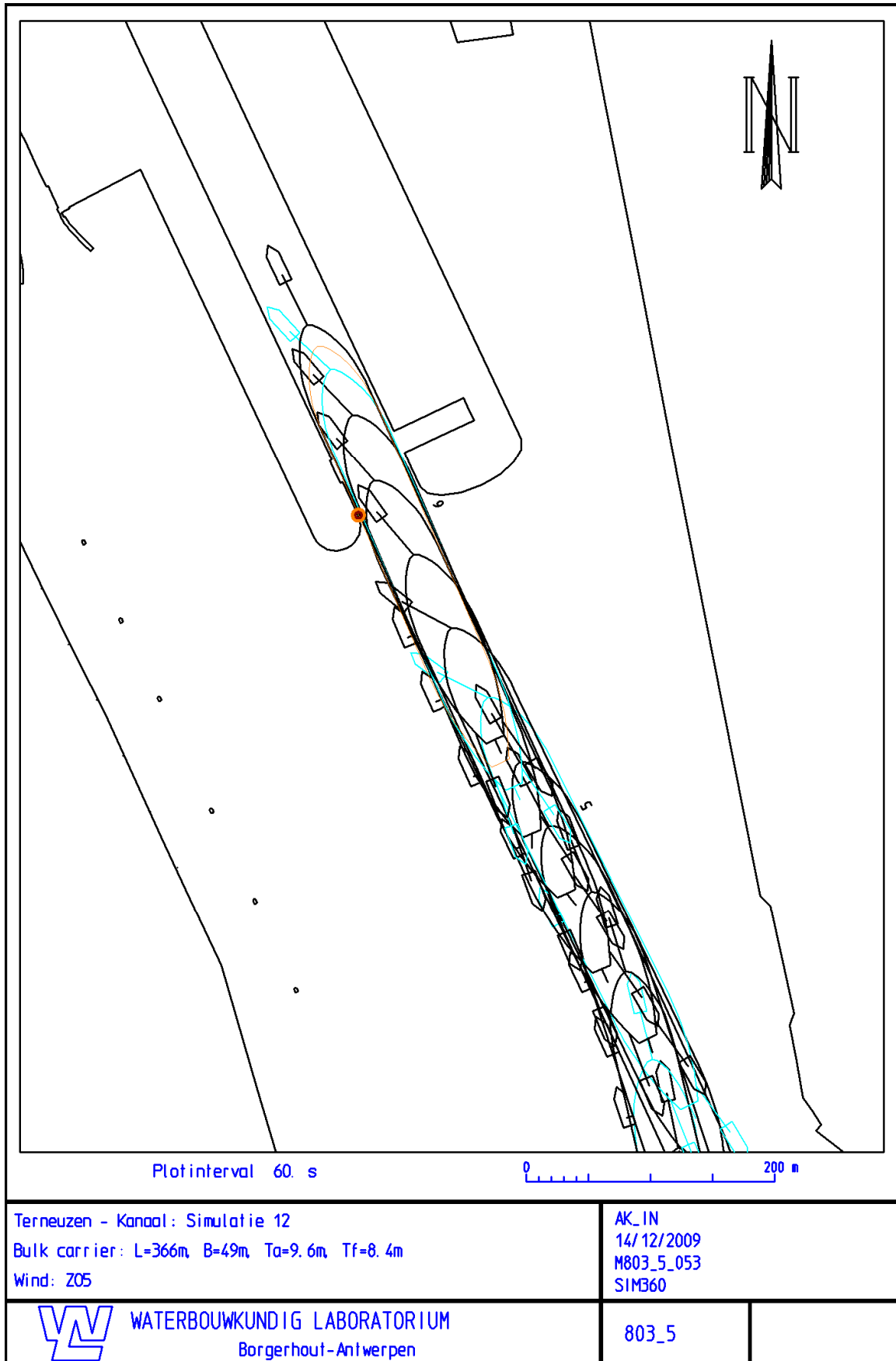


Bijlage 1 20 – Simulatie 11 sluis

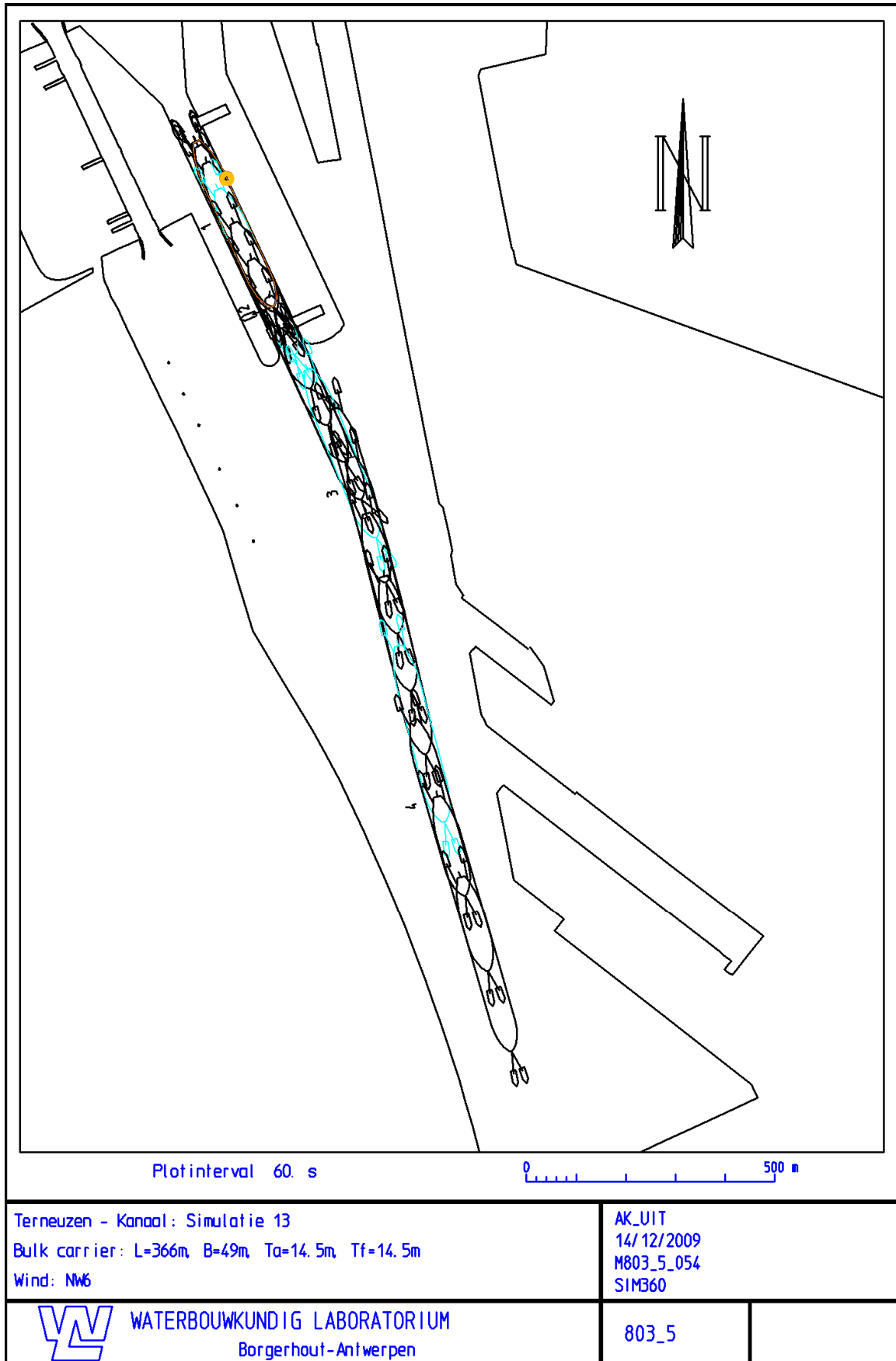


Bijlage 1 21 – Simulatie 12 overzicht

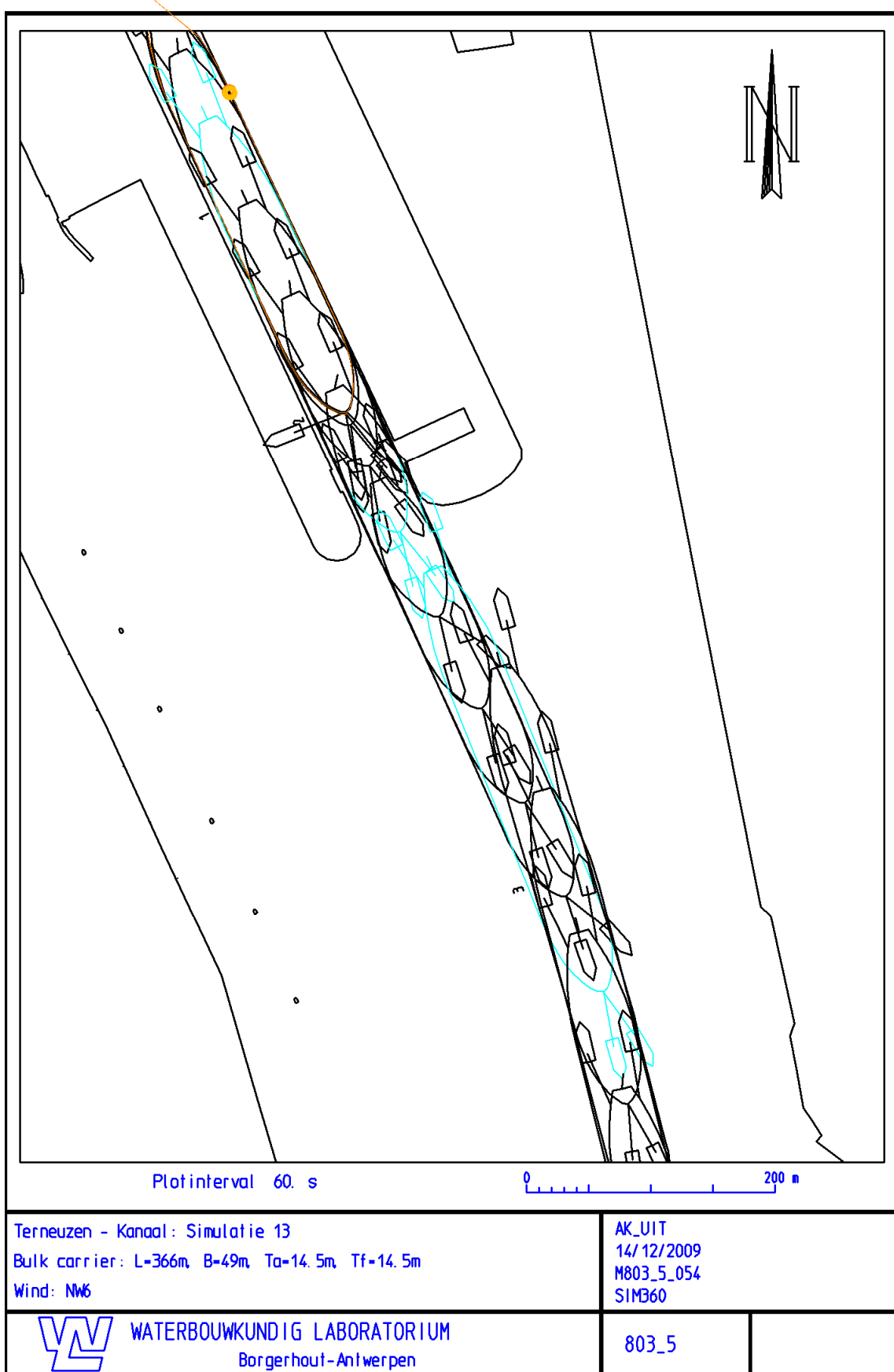




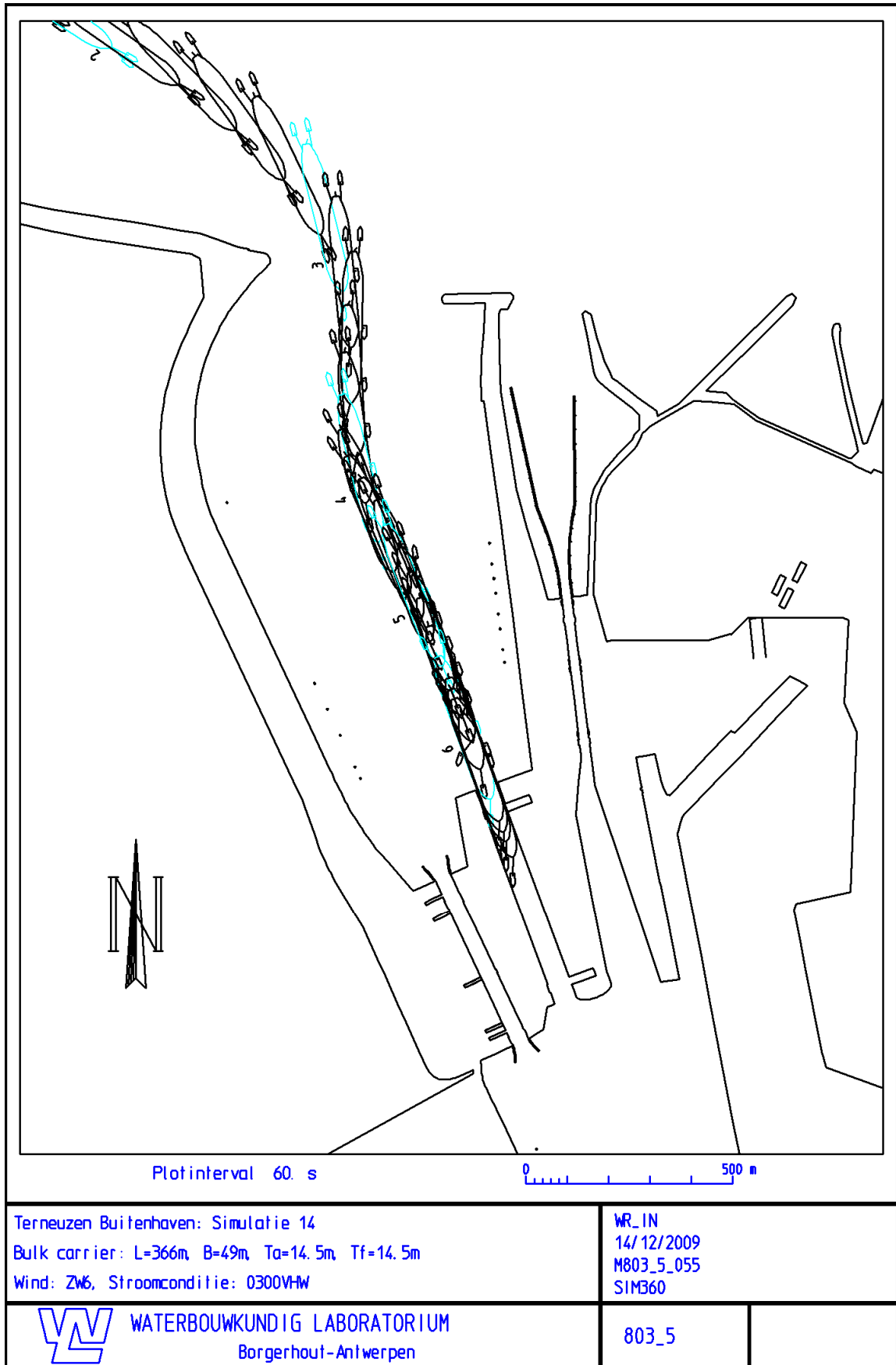
Bijlage 1 22 – Simulatie 12 sluis



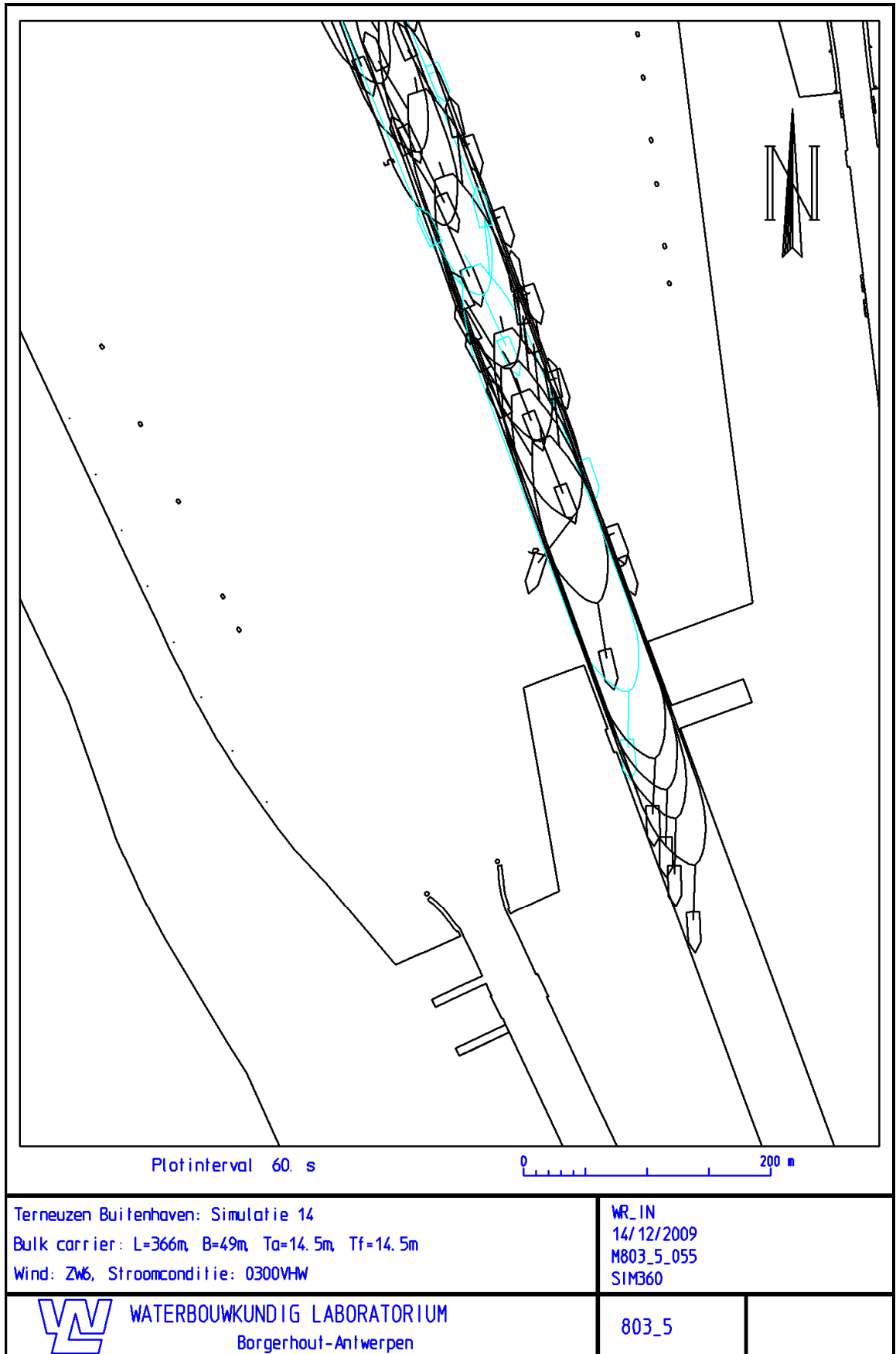
Bijlage 1 23 – Simulatie 13 overzicht



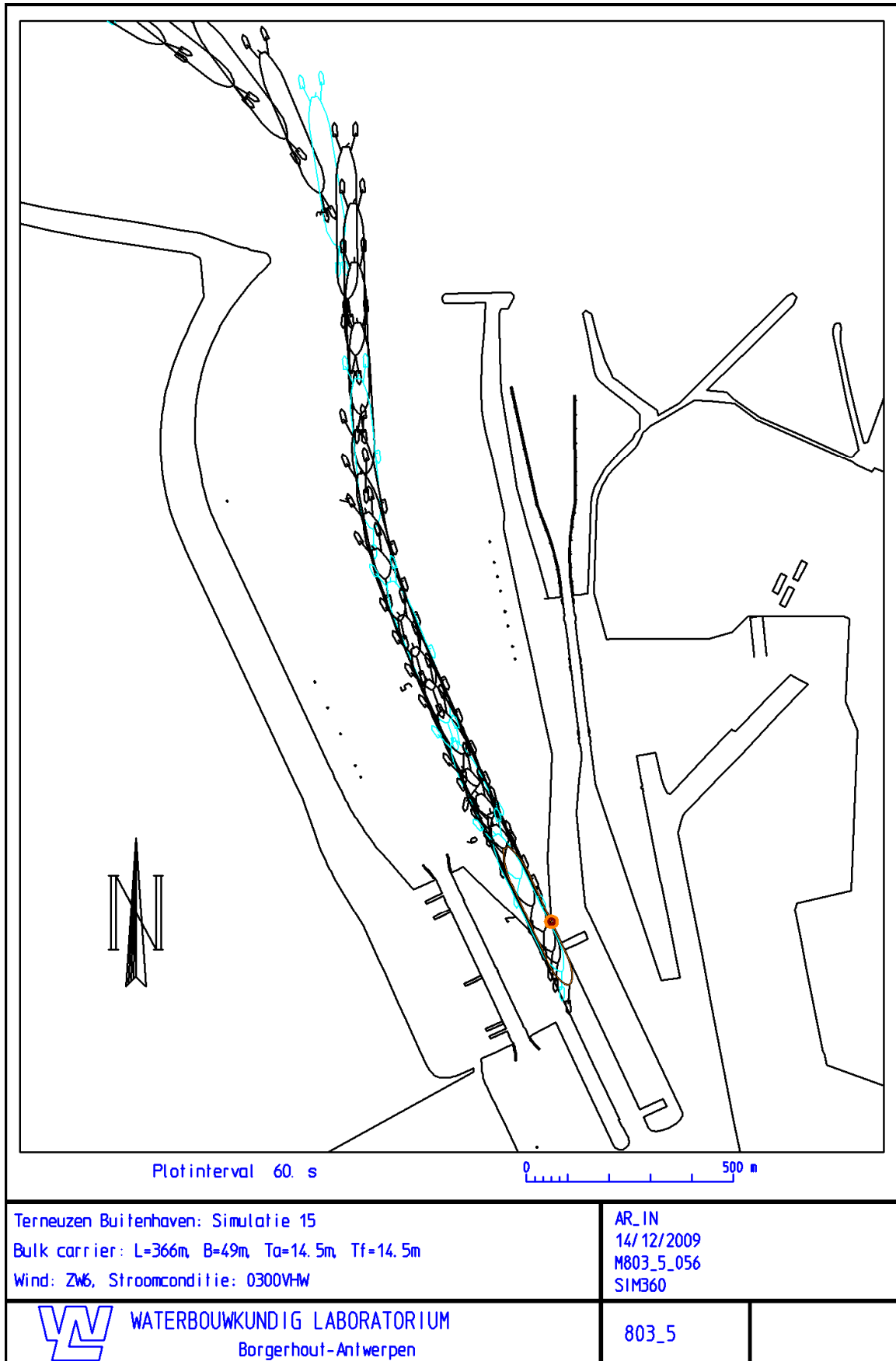
Bijlage 1 24 – Simulatie 13 sluis



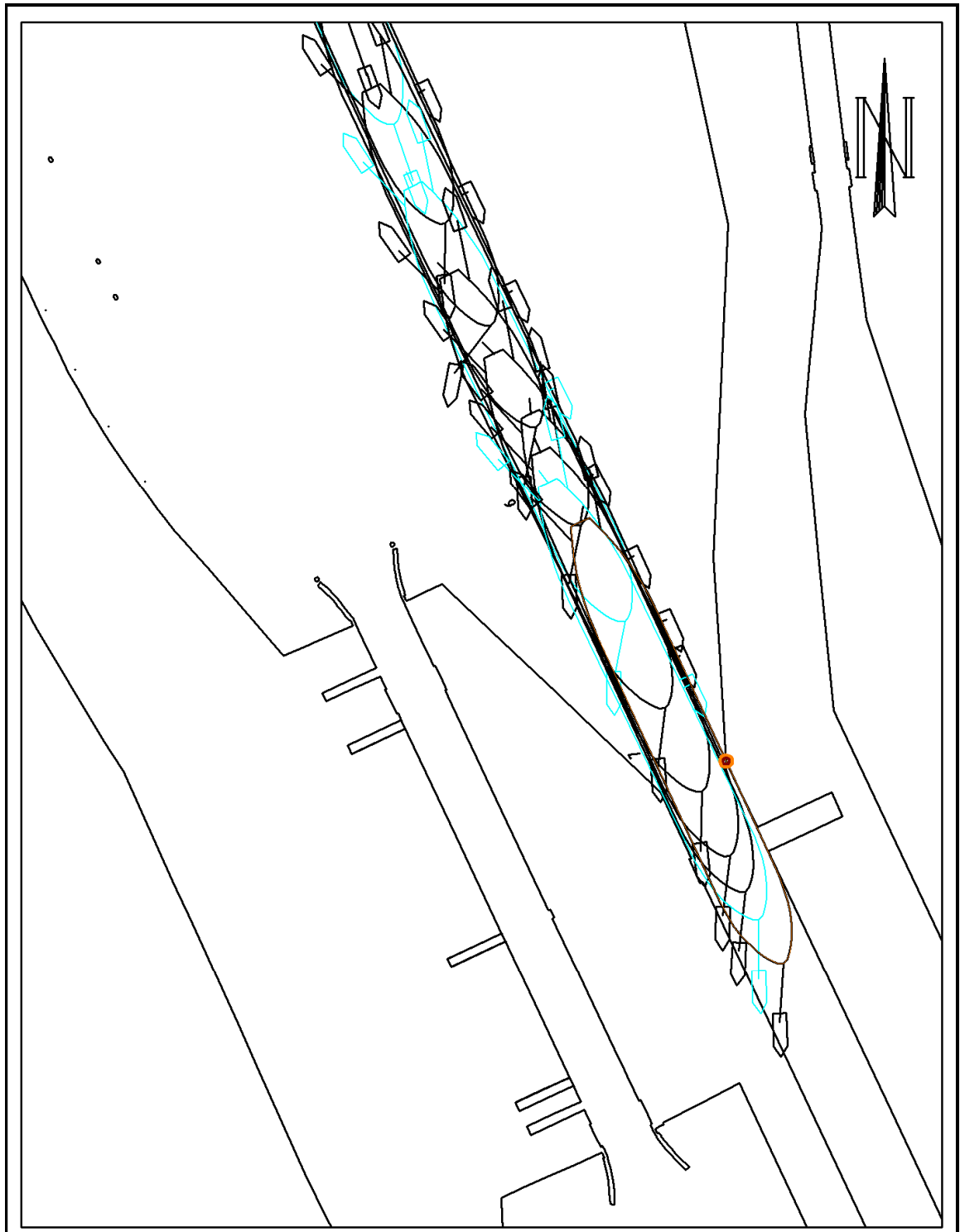
Bijlage 1 25 – Simulatie 14 overzicht



Bijlage 1 26 – Simulatie 14 sluis



Bijlage 1 27 – Simulatie 15 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 15  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: ZW6, Stroomconditie: 0300VHW

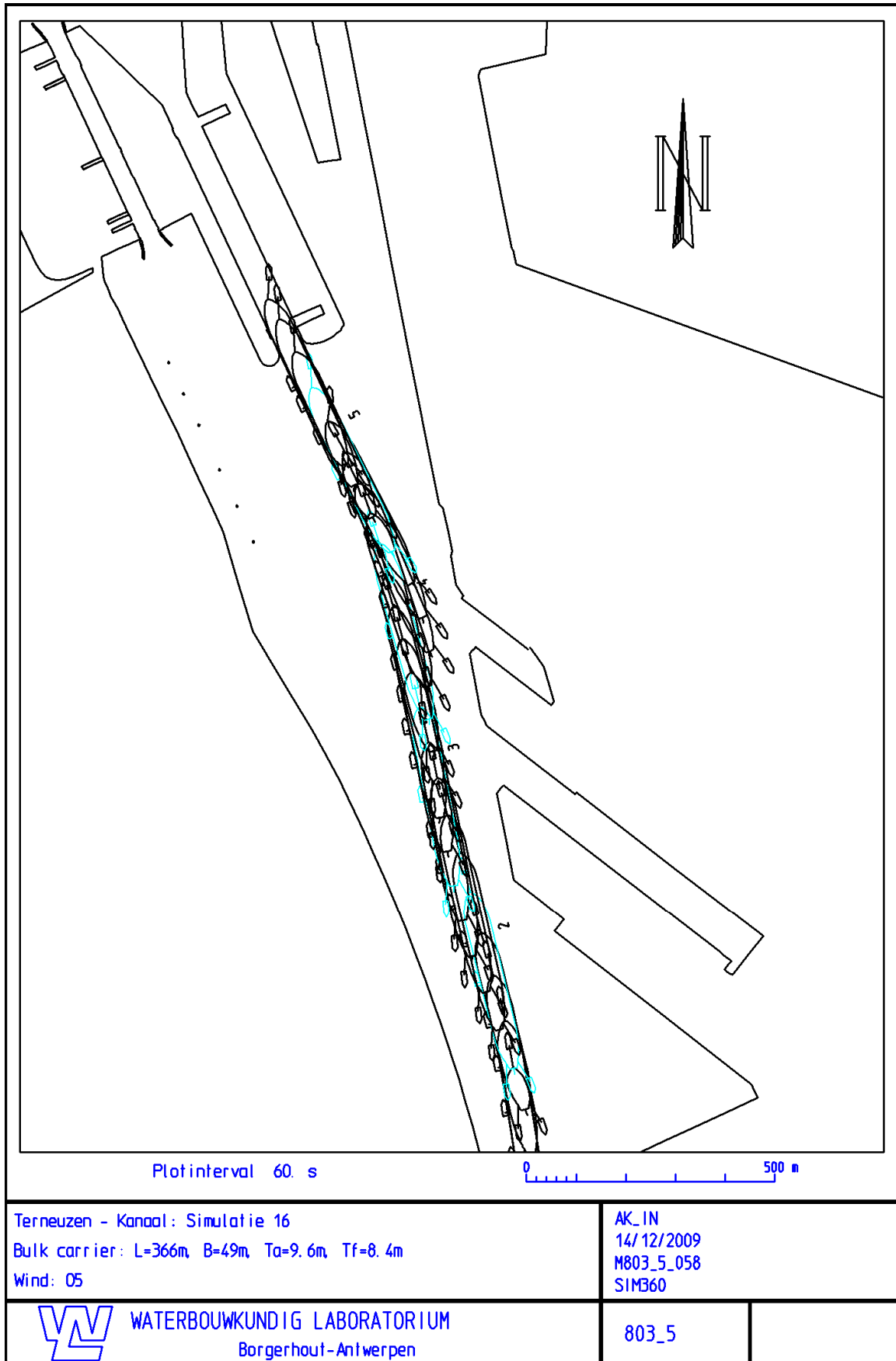
AR\_IN  
 14/12/2009  
 M803\_5\_056  
 SIMB60



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

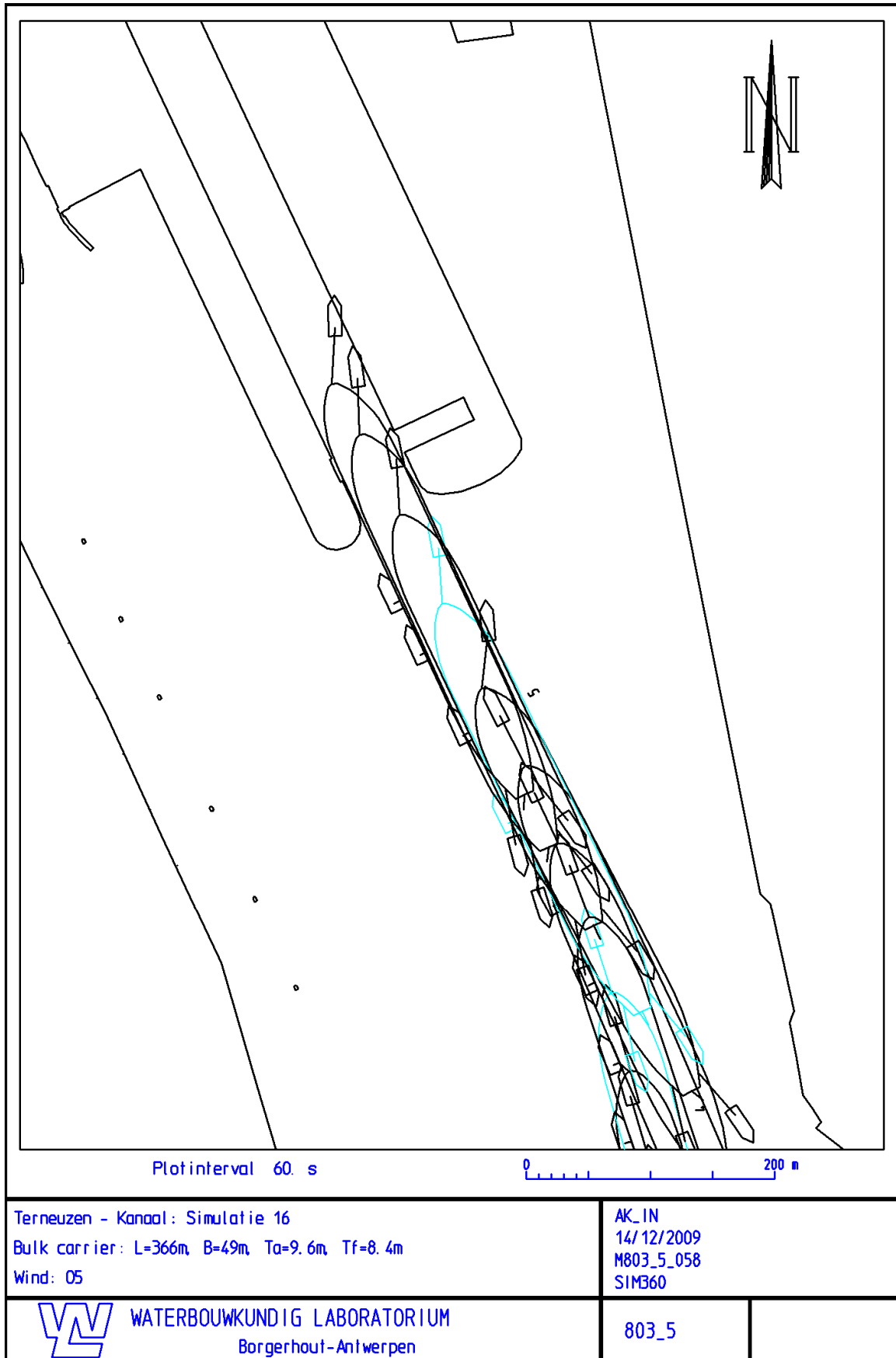
803\_5

Bijlage 1 28 – Simulatie 15 sluis



Bijlage 1 29 – Simulatie 16 overzicht

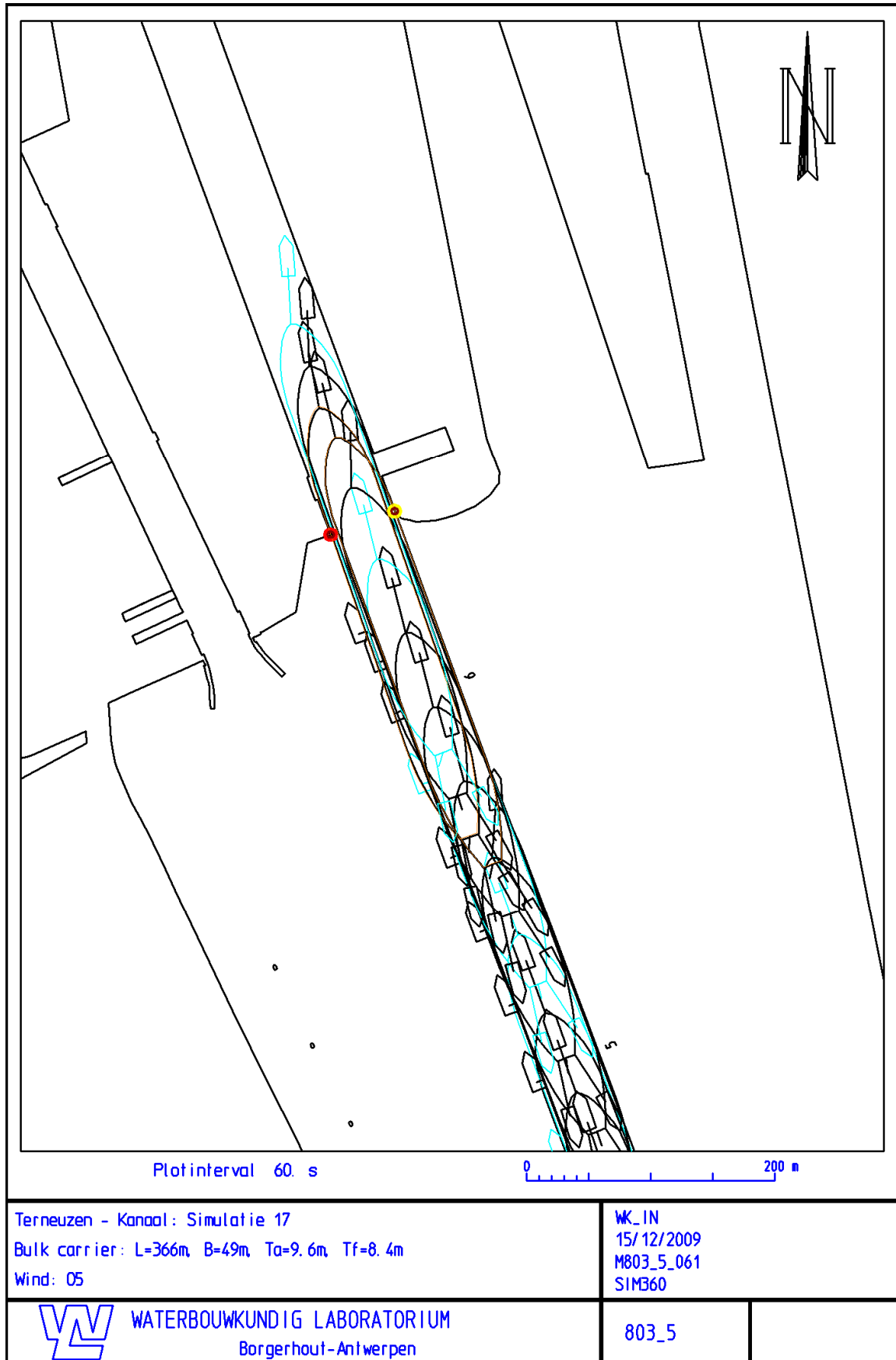




Bijlage 1 30 – Simulatie 16 sluis



Bijlage 1 31 – Simulatie 17 overzicht



Bijlage 1 32 – Simulatie 17 sluis



Bijlage 1 33 – Simulatie 18 overzicht



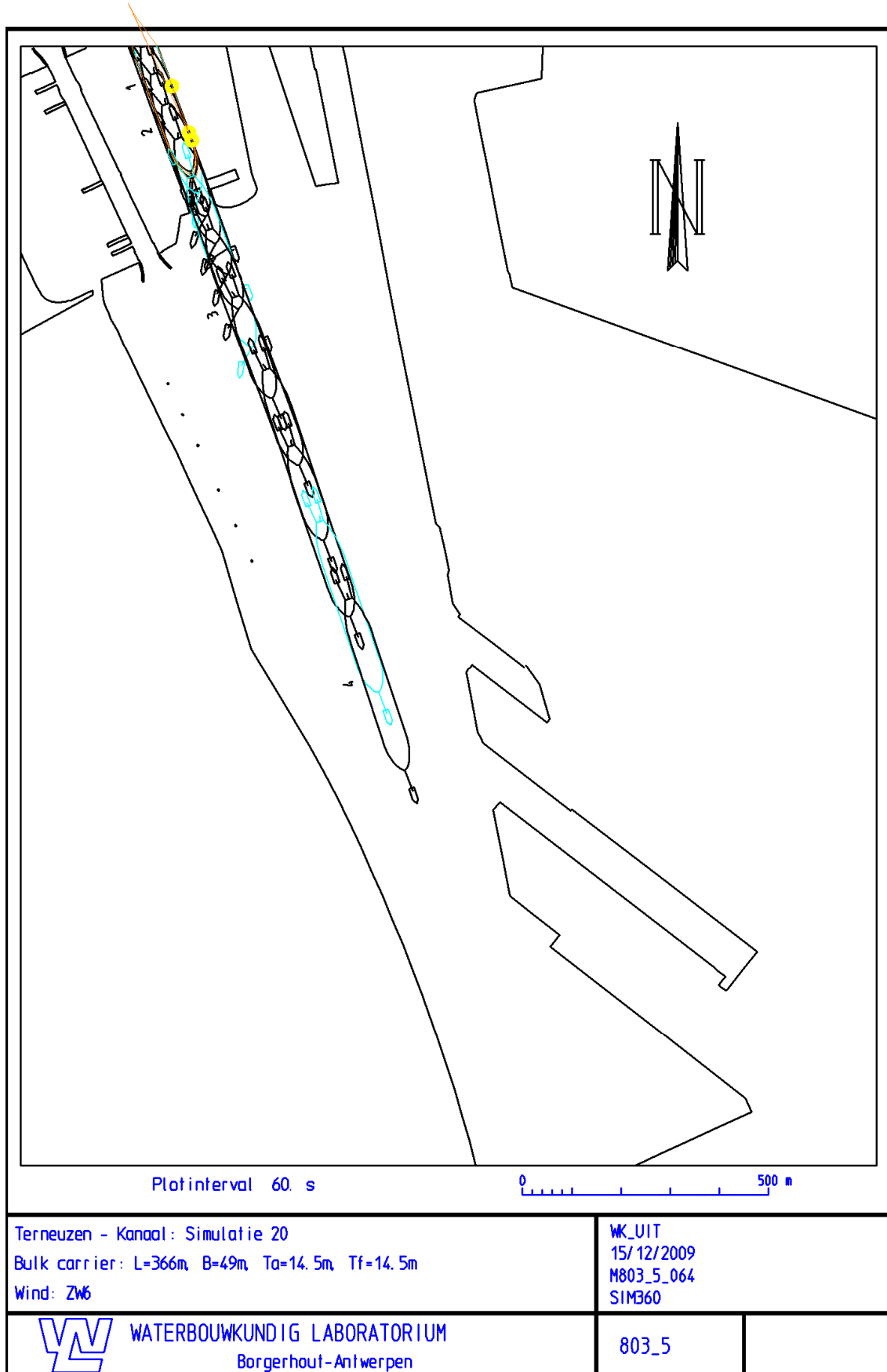
Bijlage 1 34 – Simulatie 18 sluis



Bijlage 1 35 – Simulatie 19 overzicht

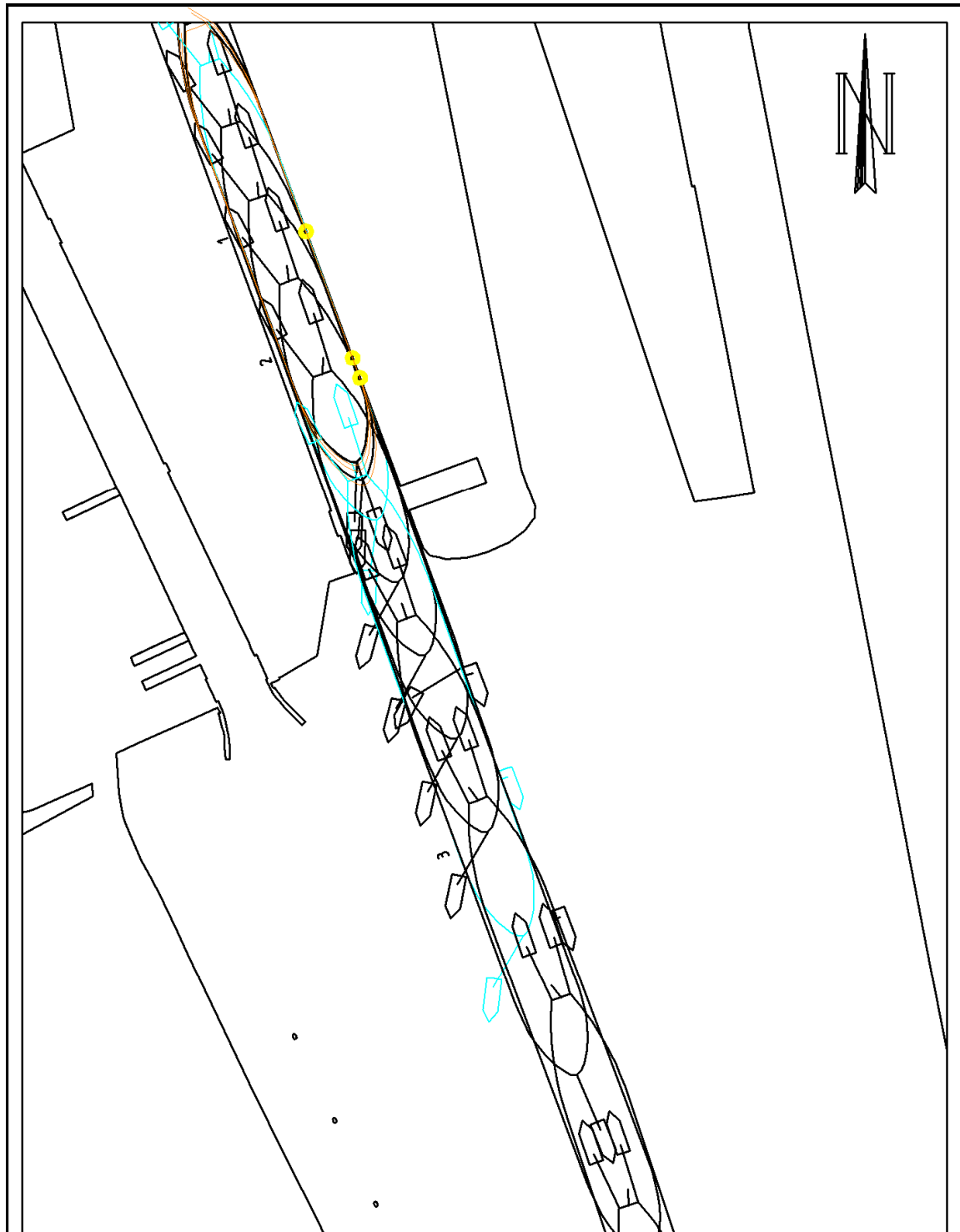


Bijlage 1 36 – Simulatie 19 sluis



Bijlage 1 37 – Simulatie 20 overzicht





Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 20  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: ZW6

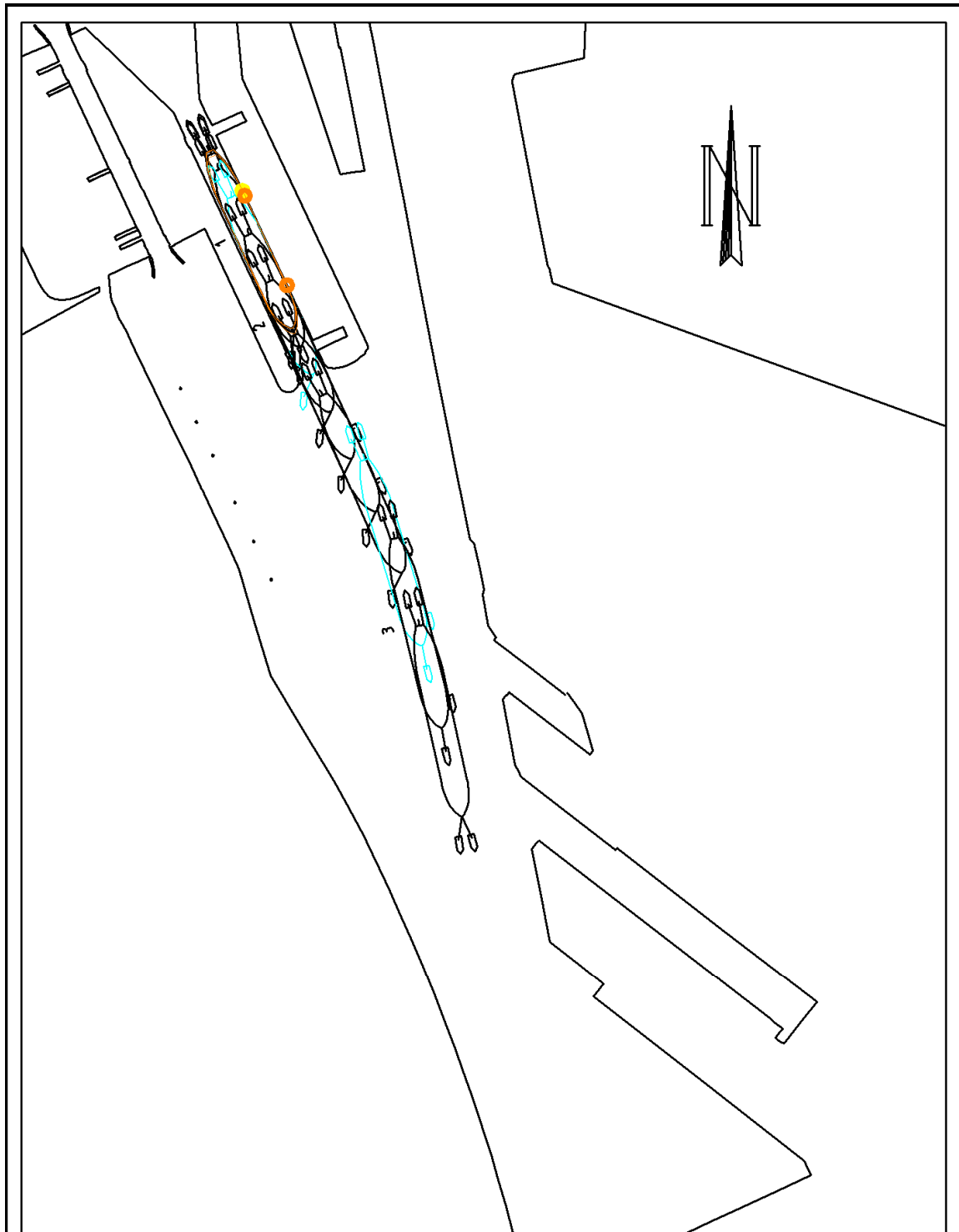
WK\_UT  
 15/12/2009  
 M803\_5\_064  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 38 – Simulatie 20 sluis



Plotinterval 60. s

0 500 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 21  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: ZW6

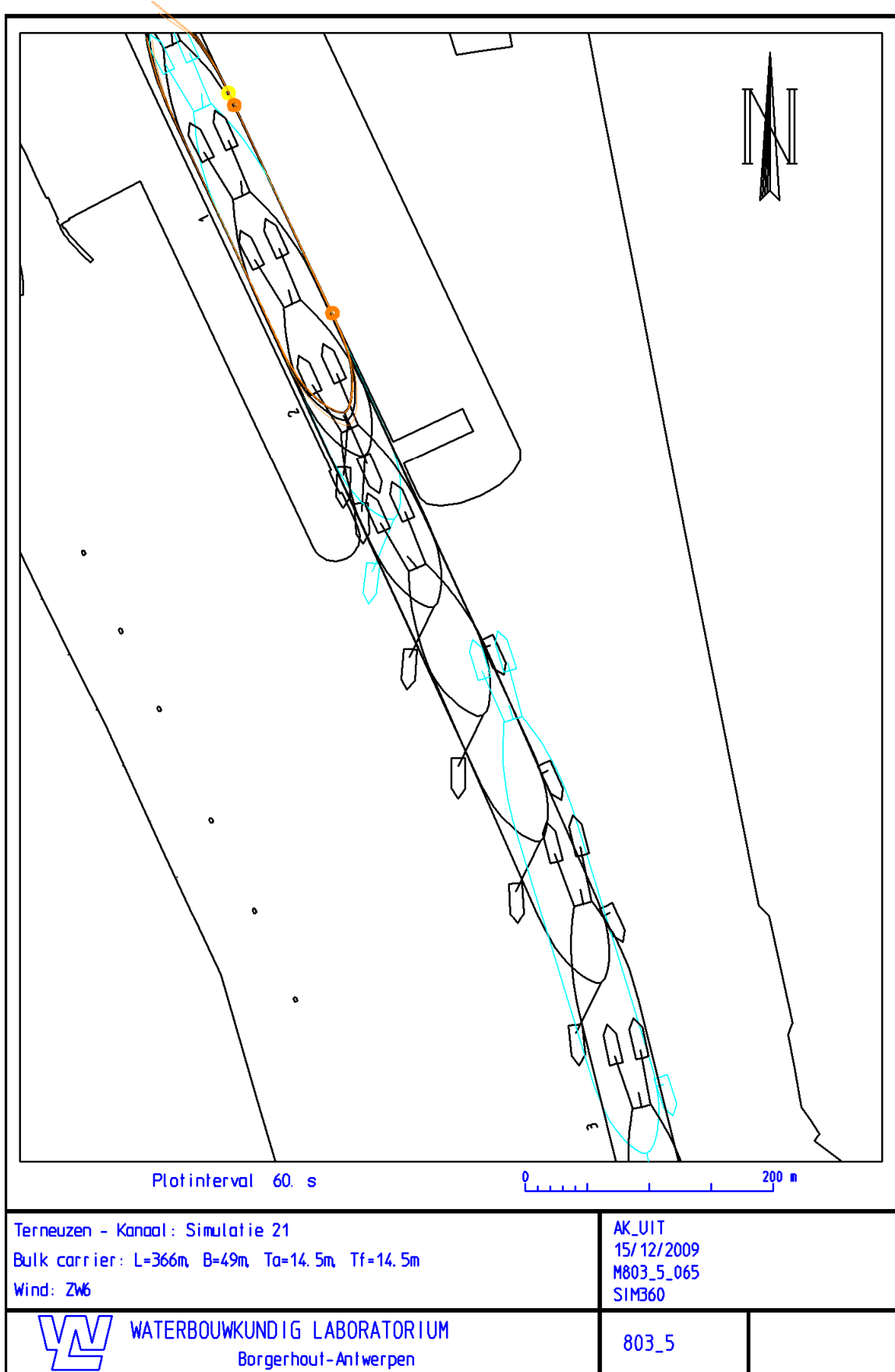
AK\_UIT  
 15/12/2009  
 M803\_5\_065  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

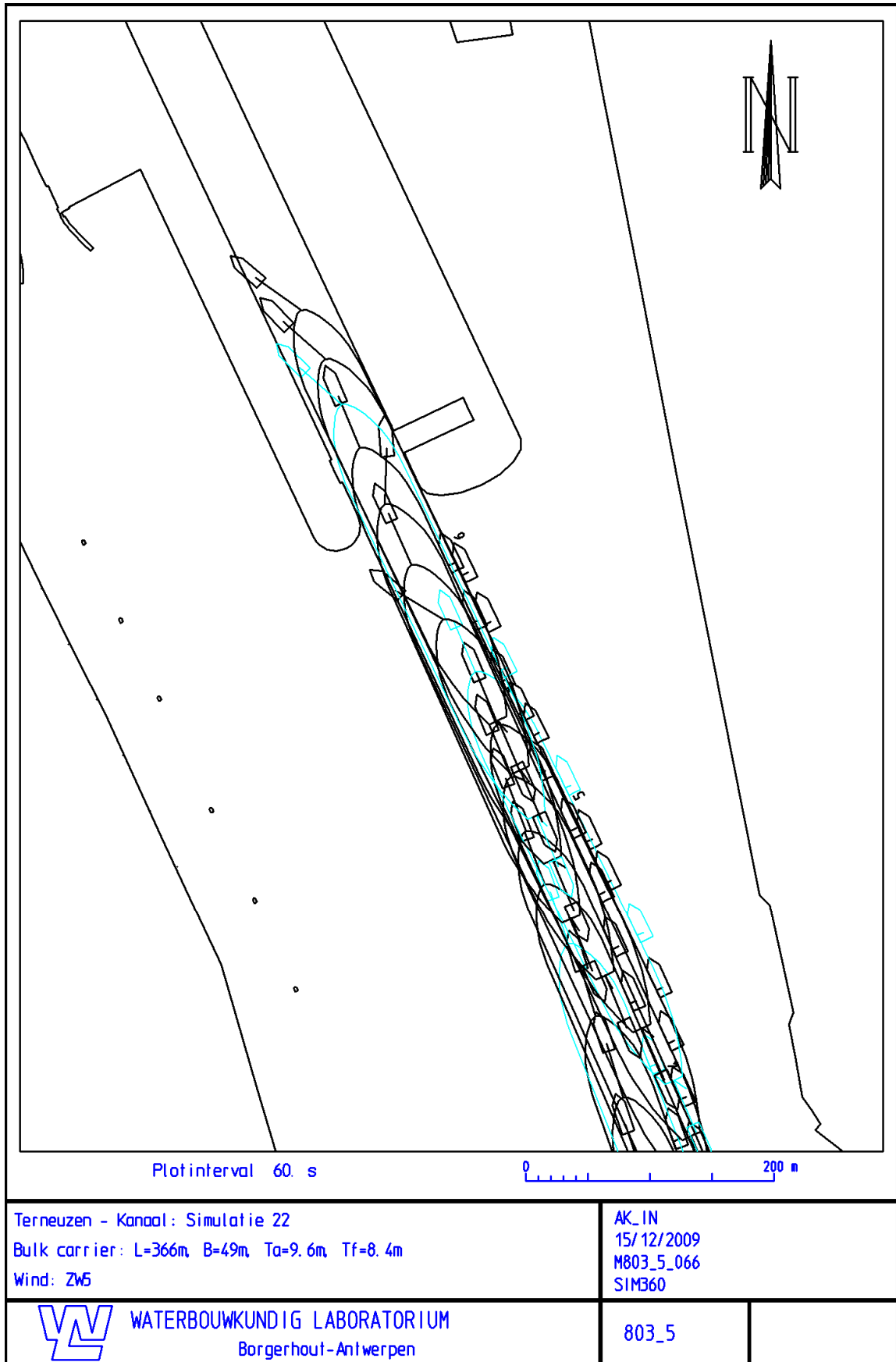
Bijlage 1 39 – Simulatie 21 overzicht



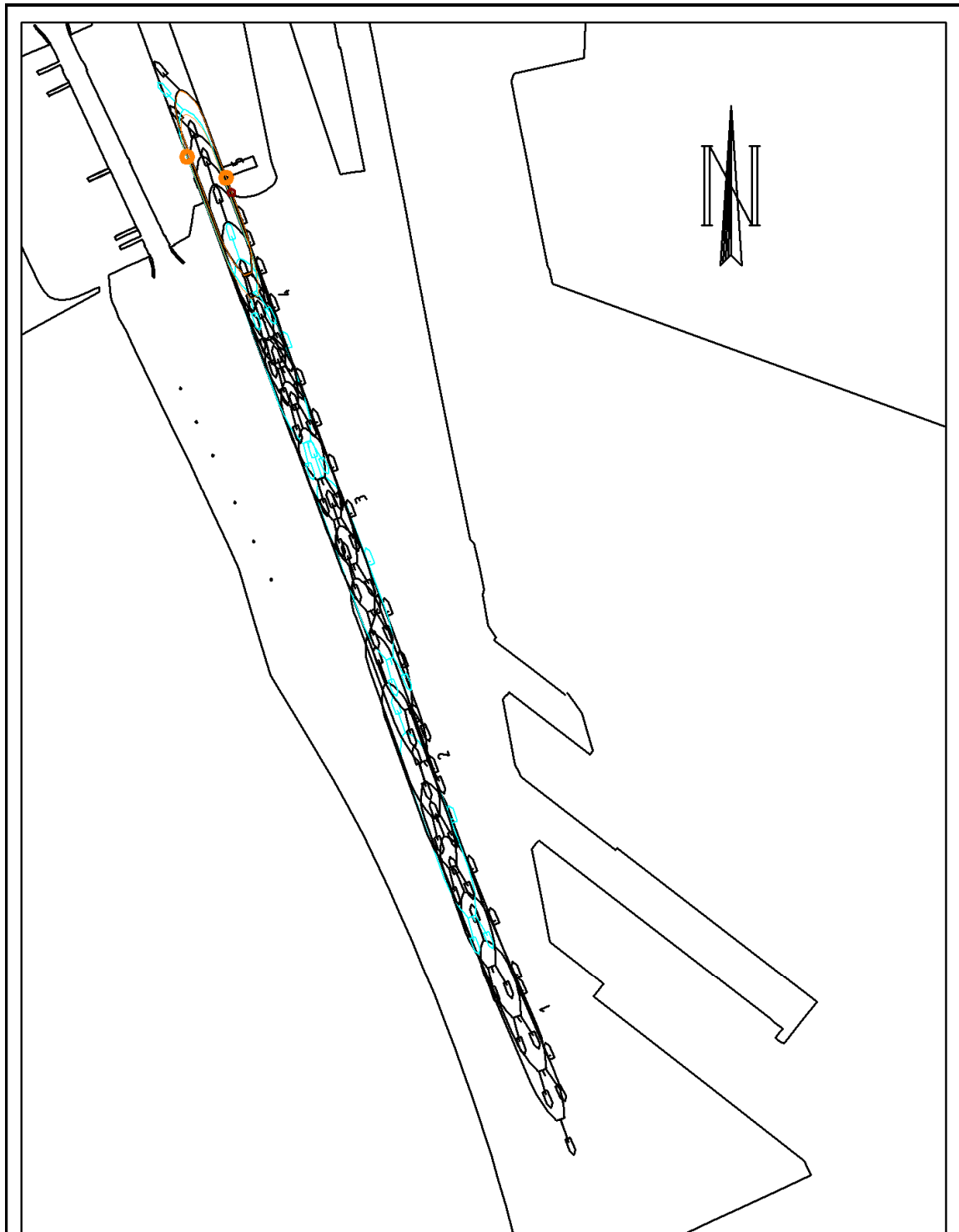
Bijlage 1 40 – Simulatie 21 sluis



Bijlage 1 41 – Simulatie 22 overzicht



Bijlage 1 42 – Simulatie 22 sluis



Plotinterval 60. s

0 500 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 23  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m  
 Wind: ZW5

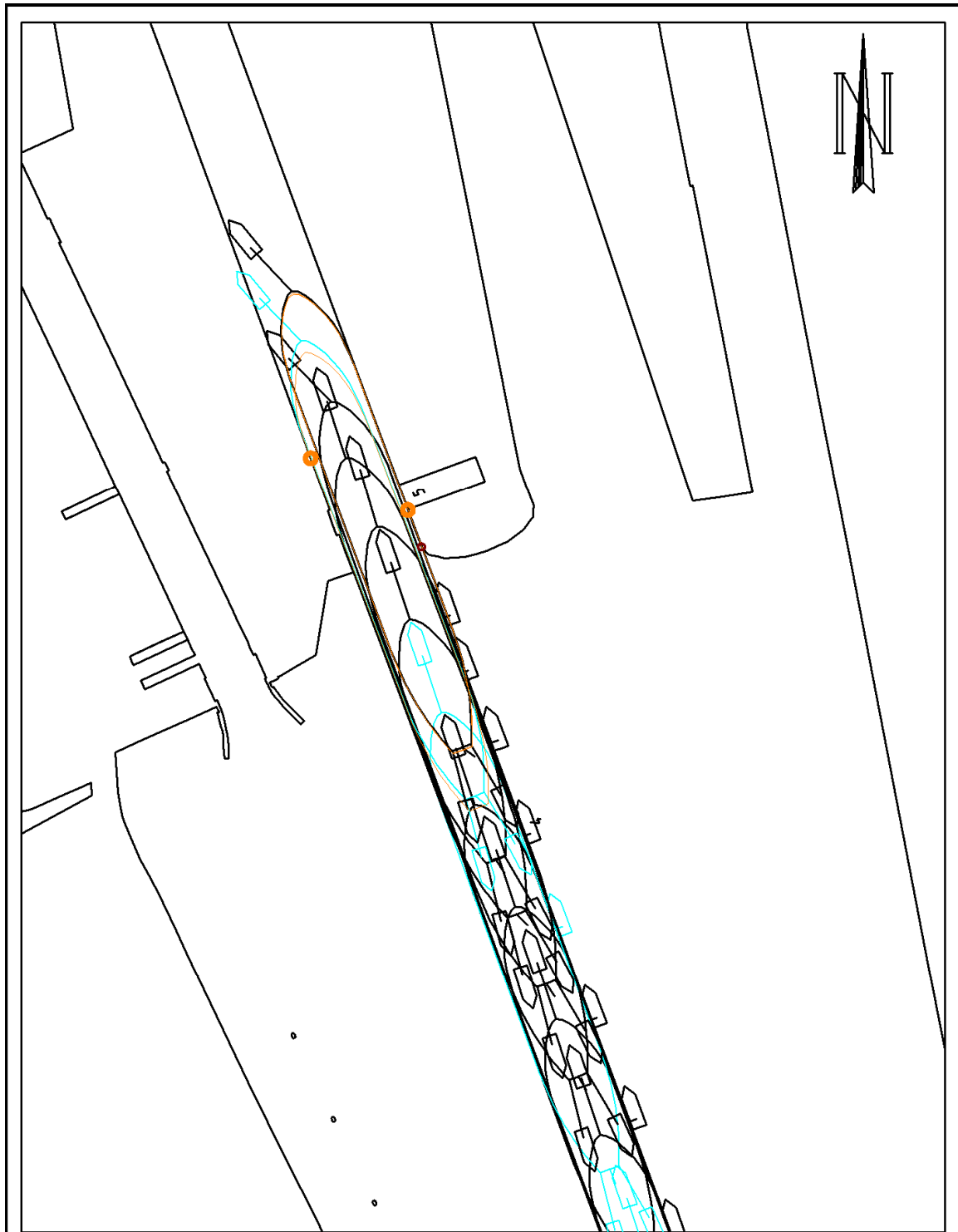
WK\_IN  
 15/12/2009  
 M803\_5\_067  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 43 – Simulatie 23 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 23  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m  
 Wind: ZW5

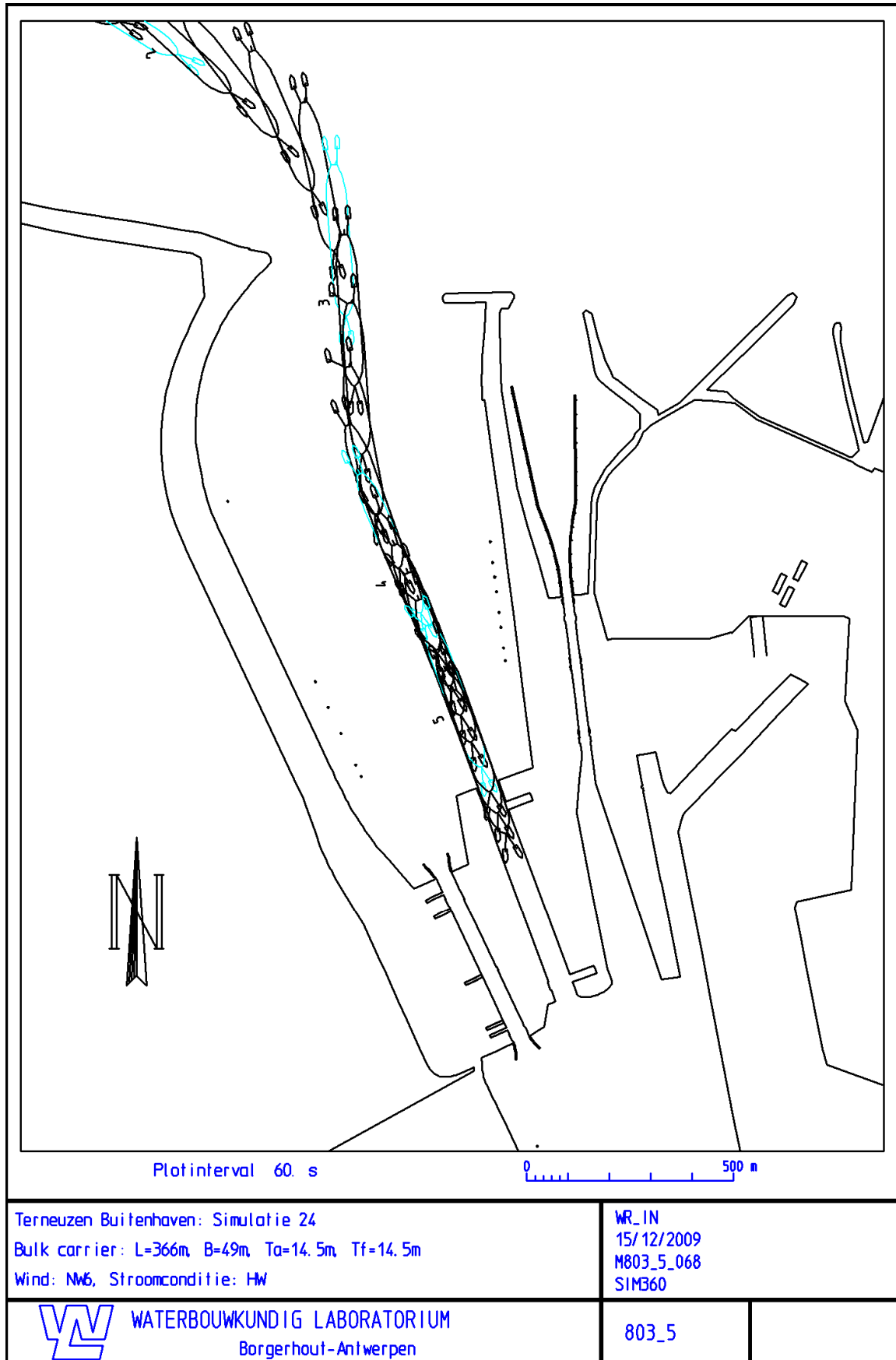
WK\_IN  
 15/12/2009  
 M803\_5\_067  
 SIMB60



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout - Antwerpen

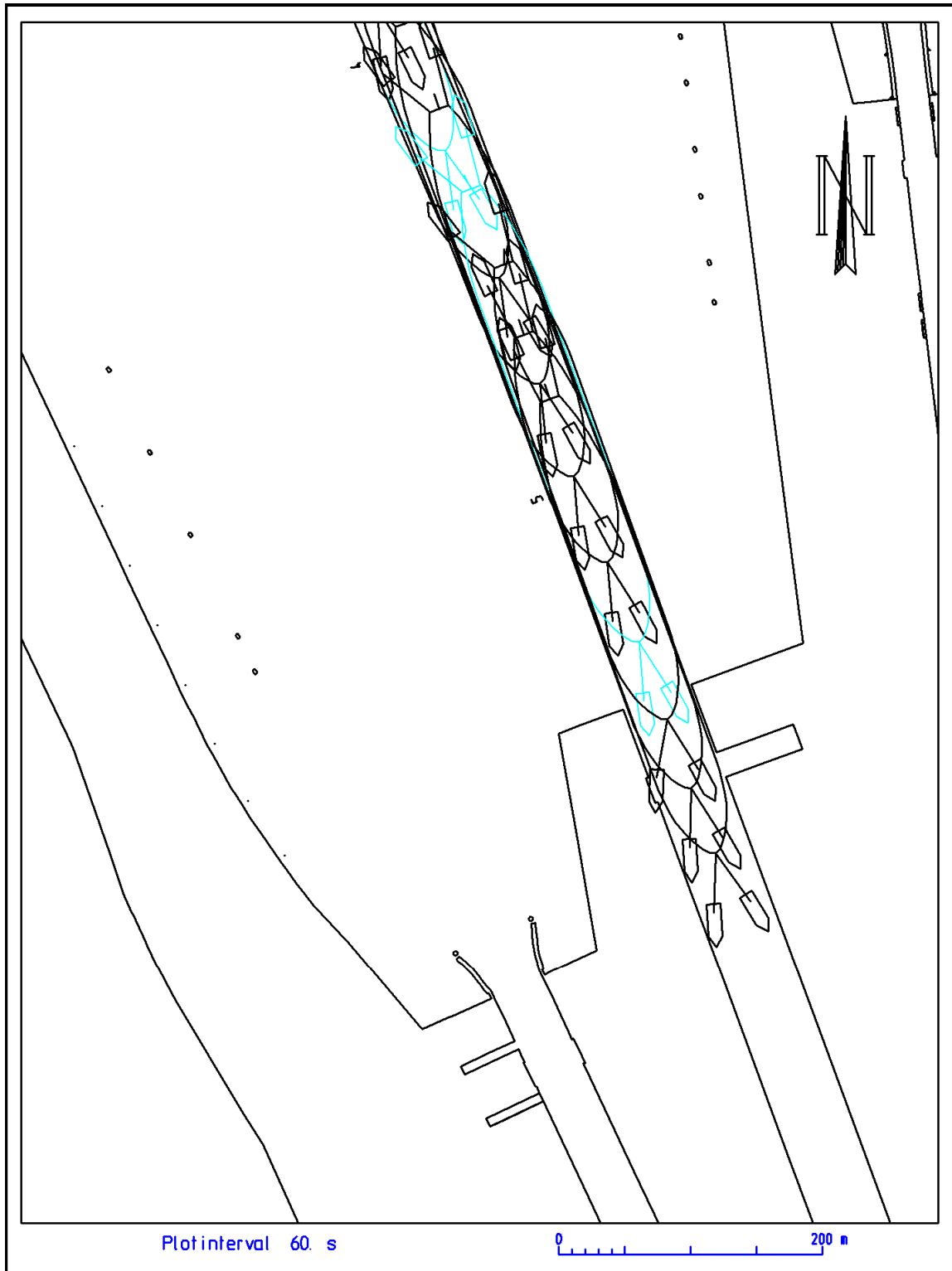
803\_5


Bijlage 1 44 – Simulatie 23 sluis



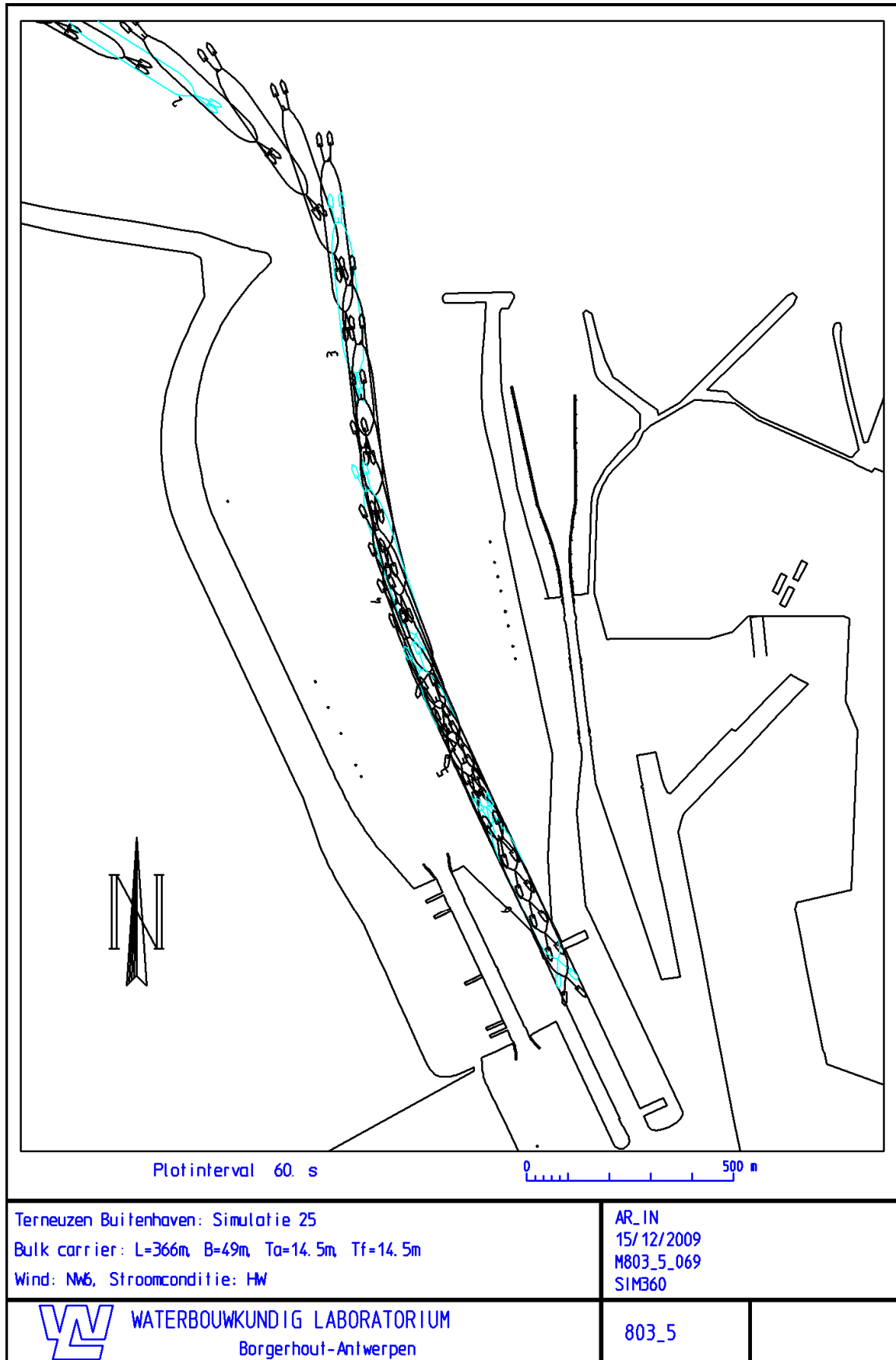
Bijlage 1 45 – Simulatie 24 overzicht





Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 24 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m Wind: NW6, Stroomconditie: HW		WR_IN 15/12/2009 M803_5_068 SIM360	
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5	

Bijlage 1 46 – Simulatie 24 sluis



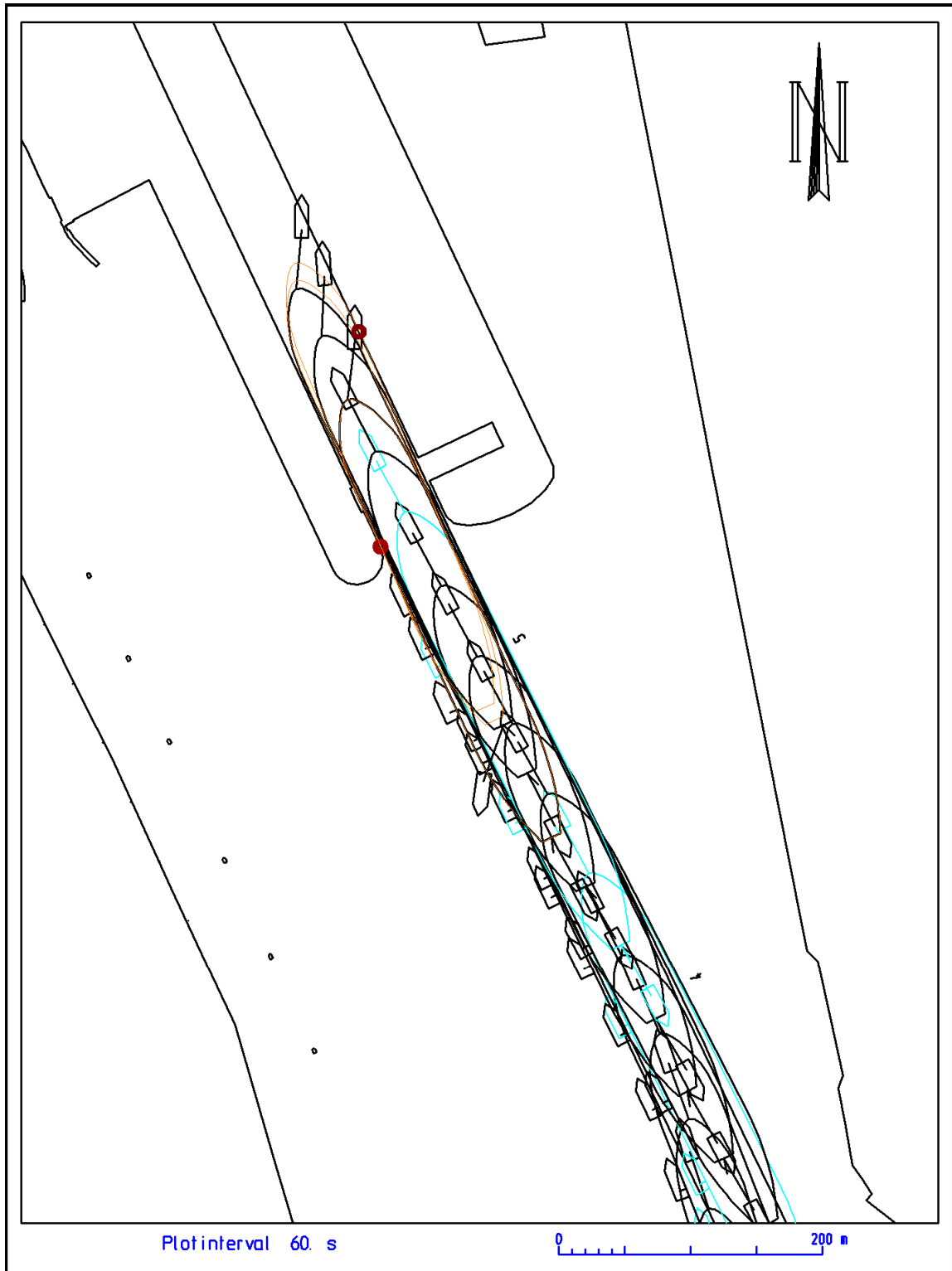
Bijlage 1 47 – Simulatie 25 overzicht




Bijlage 1 48 – Simulatie 25 sluis

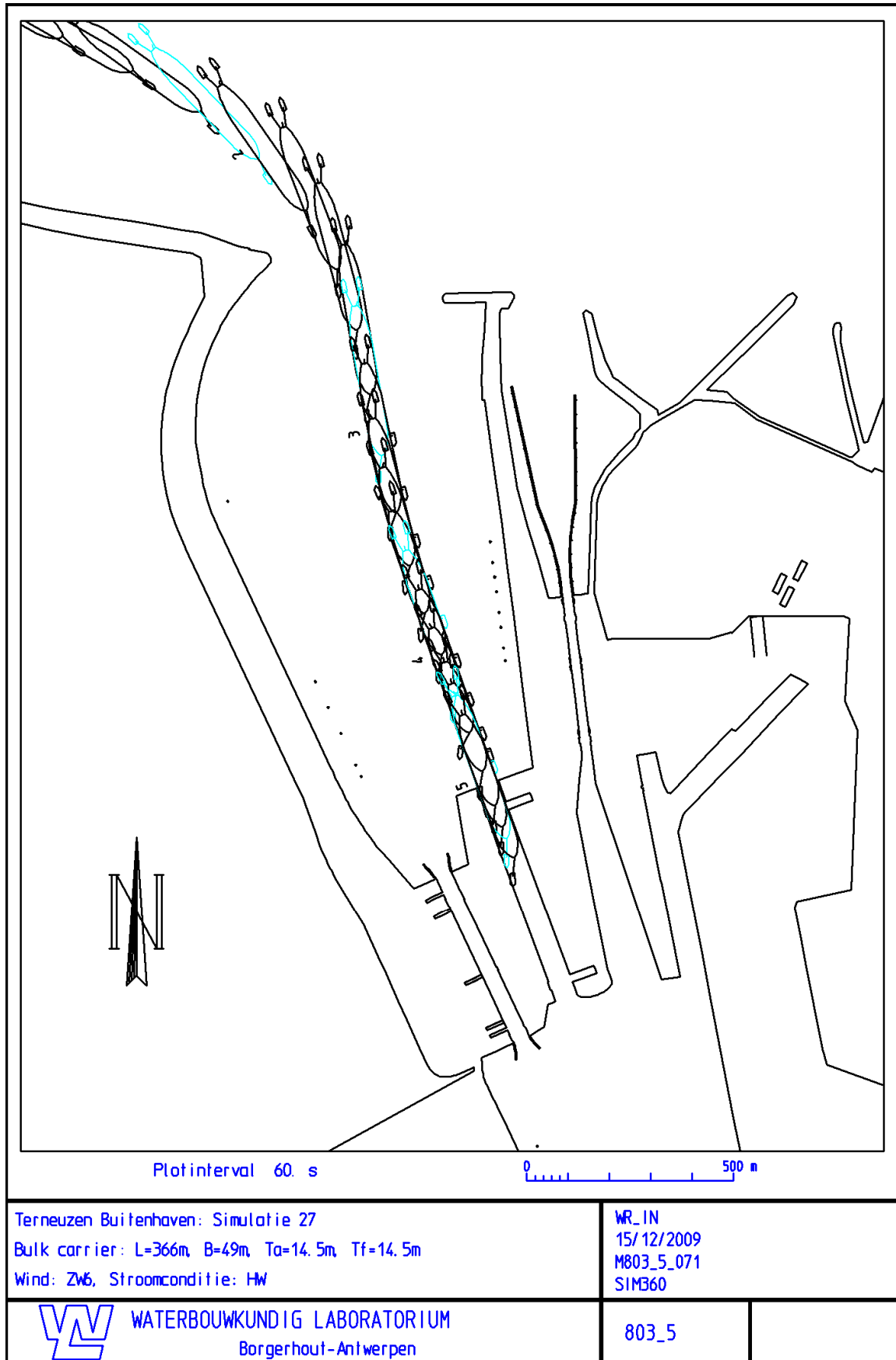


Bijlage 1 49 – Simulatie 26 overzicht



Terneuzen - Kanaal : Simulatie 26 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m Wind: 05		AK_IN 15/12/2009 M803_5_070 SIM360	
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5	

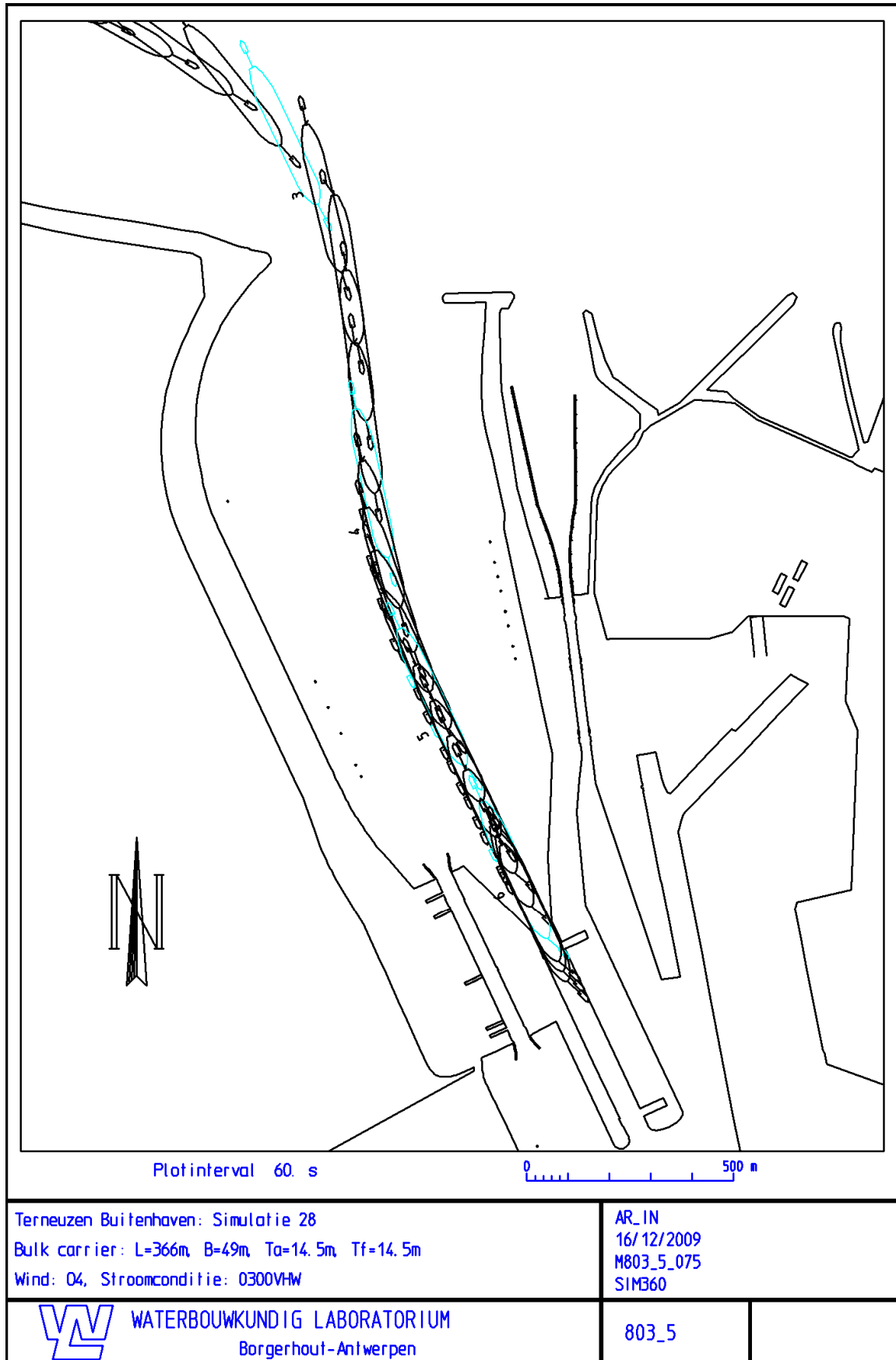
Bijlage 1 50 – Simulatie 26 sluis



Bijlage 1 51 – Simulatie 27 overzicht

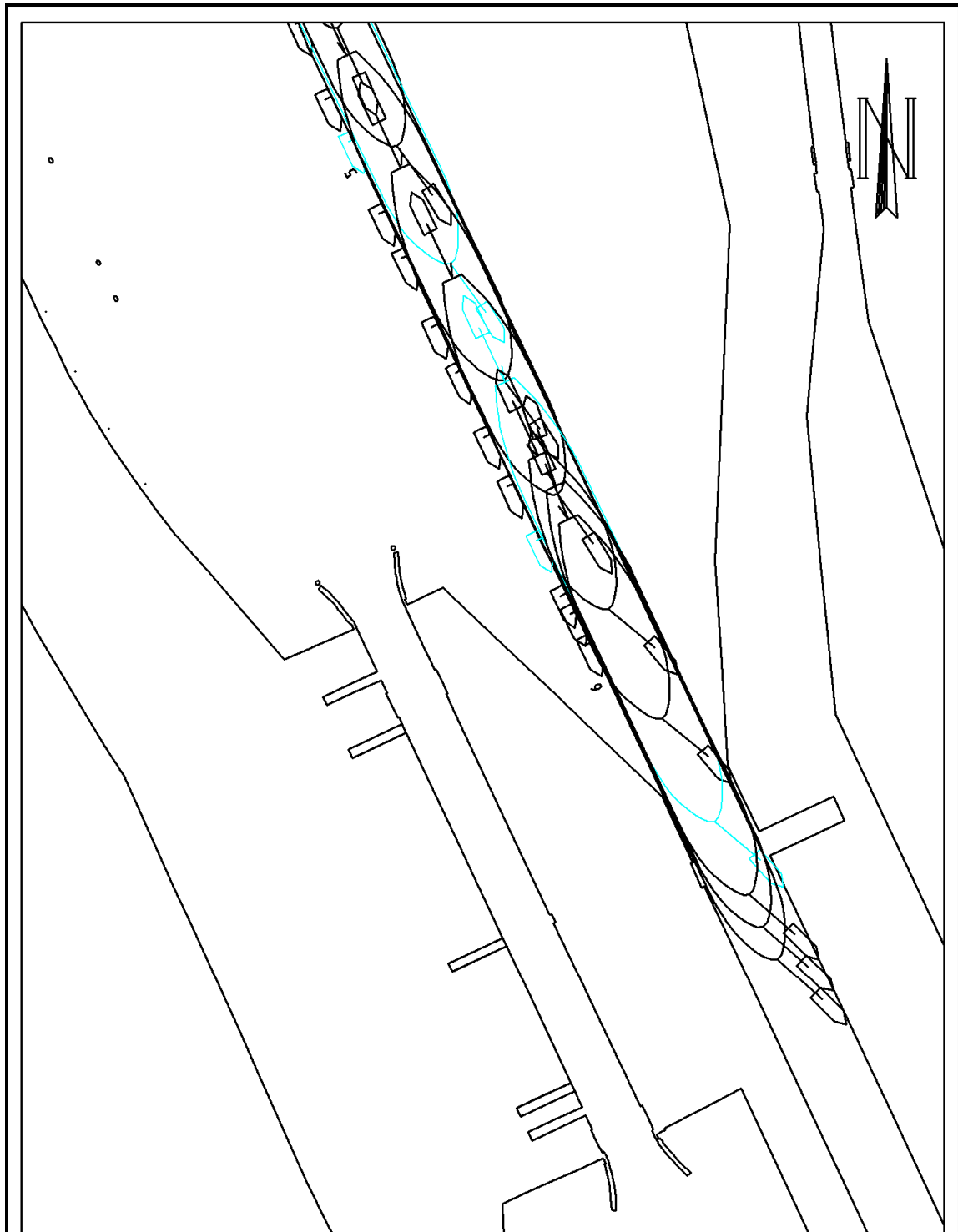


Bijlage 1 52 – Simulatie 27 sluis



Bijlage 1 53 – Simulatie 28 overzicht





Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 28  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: 04, Stroomconditie: 0300VHW

AR\_IN  
 16/12/2009  
 M803\_5\_075  
 SIM360



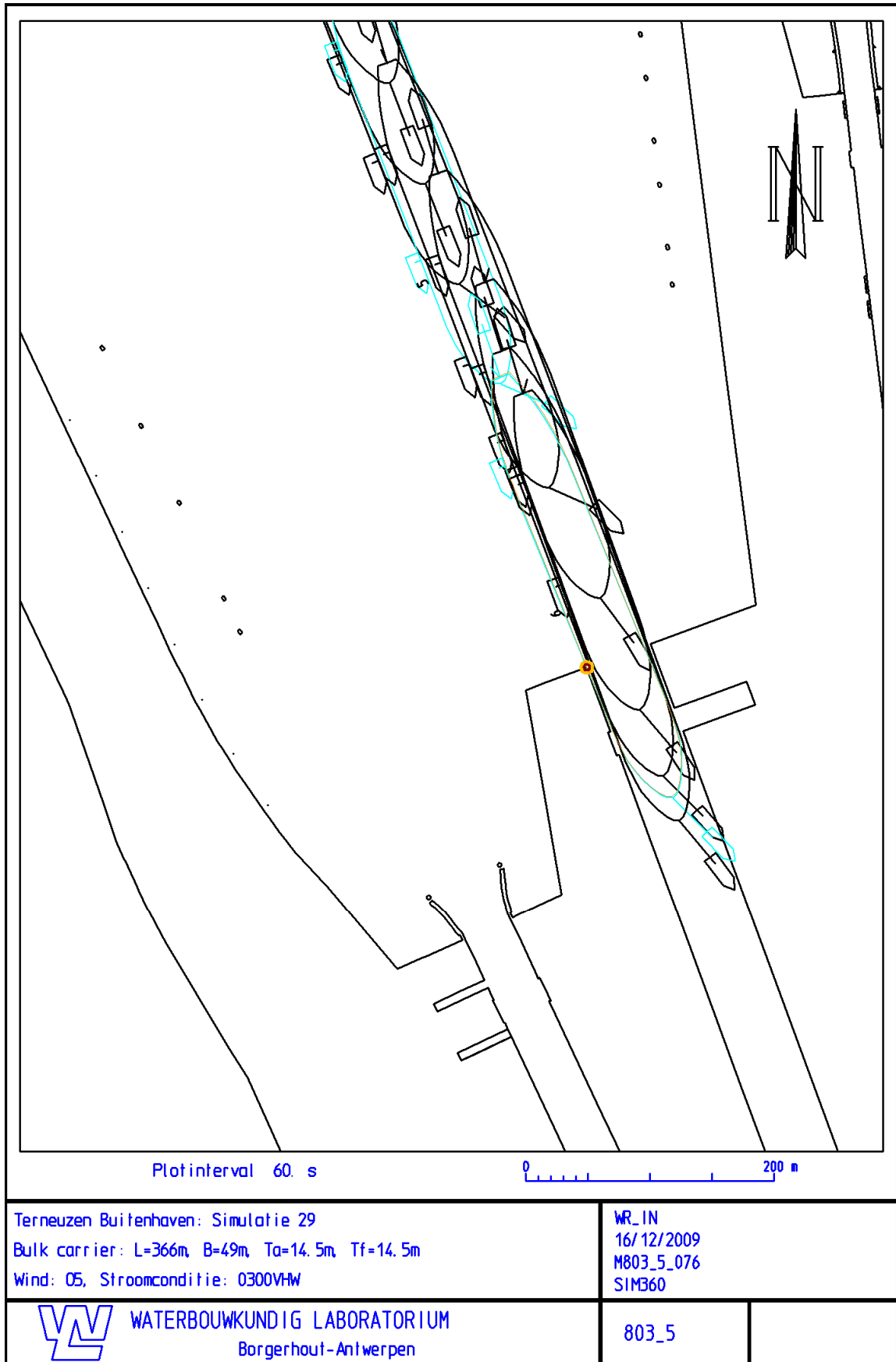
WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 54 – Simulatie 28 sluis



Bijlage 1 55 – Simulatie 29 overzicht




Bijlage 1 56 – Simulatie 29 sluis

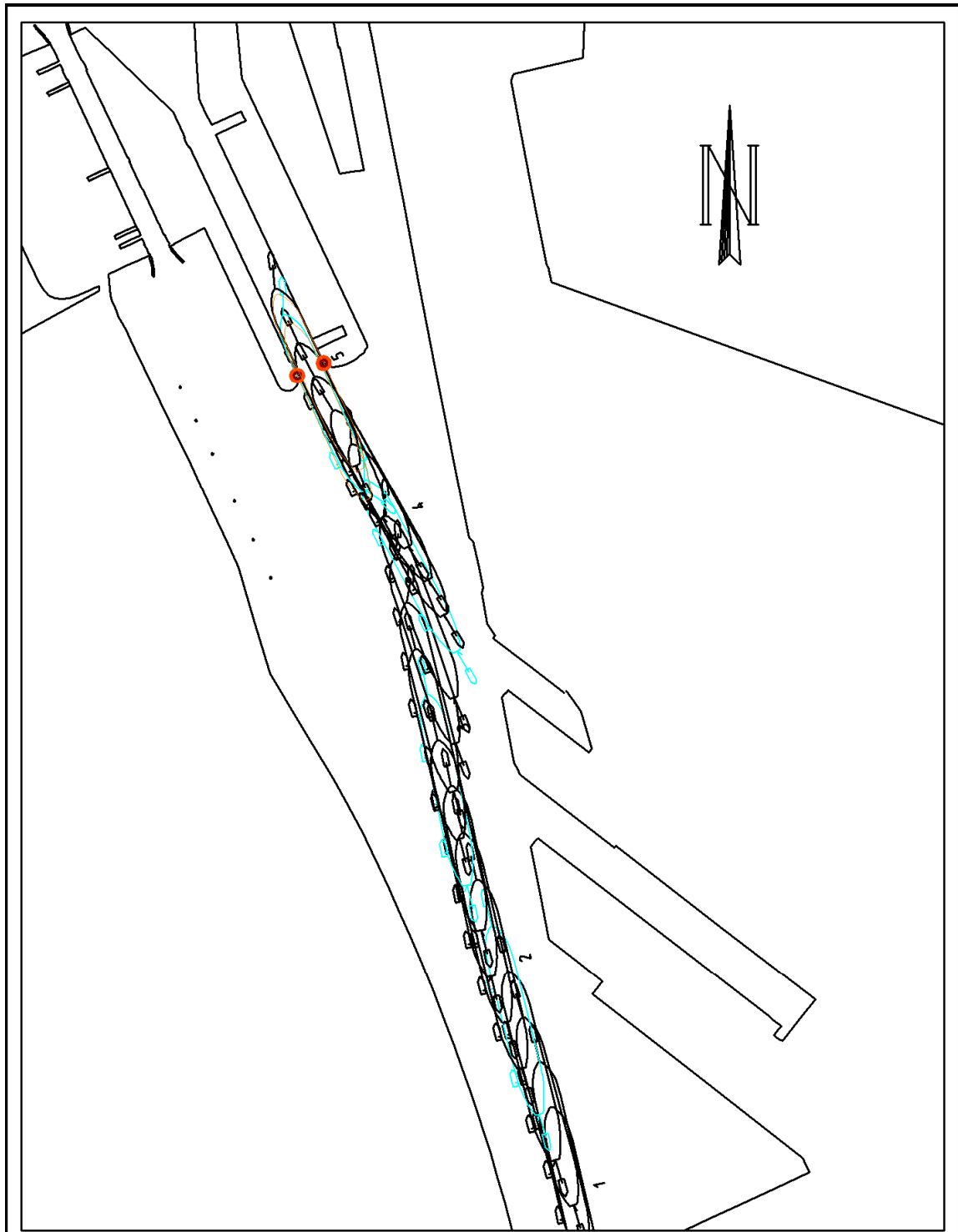


Bijlage 1 57 – Simulatie 30 overzicht



<p>Terneuzen - Kanaal : Simulatie 30                  Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m                  Wind: 04</p>	<p>WK_IN                  16/12/2009                  M803_5_077                  SIM360</p>
<p> WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM                  Borgerhout-Antwerpen</p>	<p>803_5</p>

Bijlage 1 58 – Simulatie 30 sluis



Plotinterval 60. s

0 500 m

Terneuzen - Kanaal : Simulatie 31  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m  
 Wind: 04

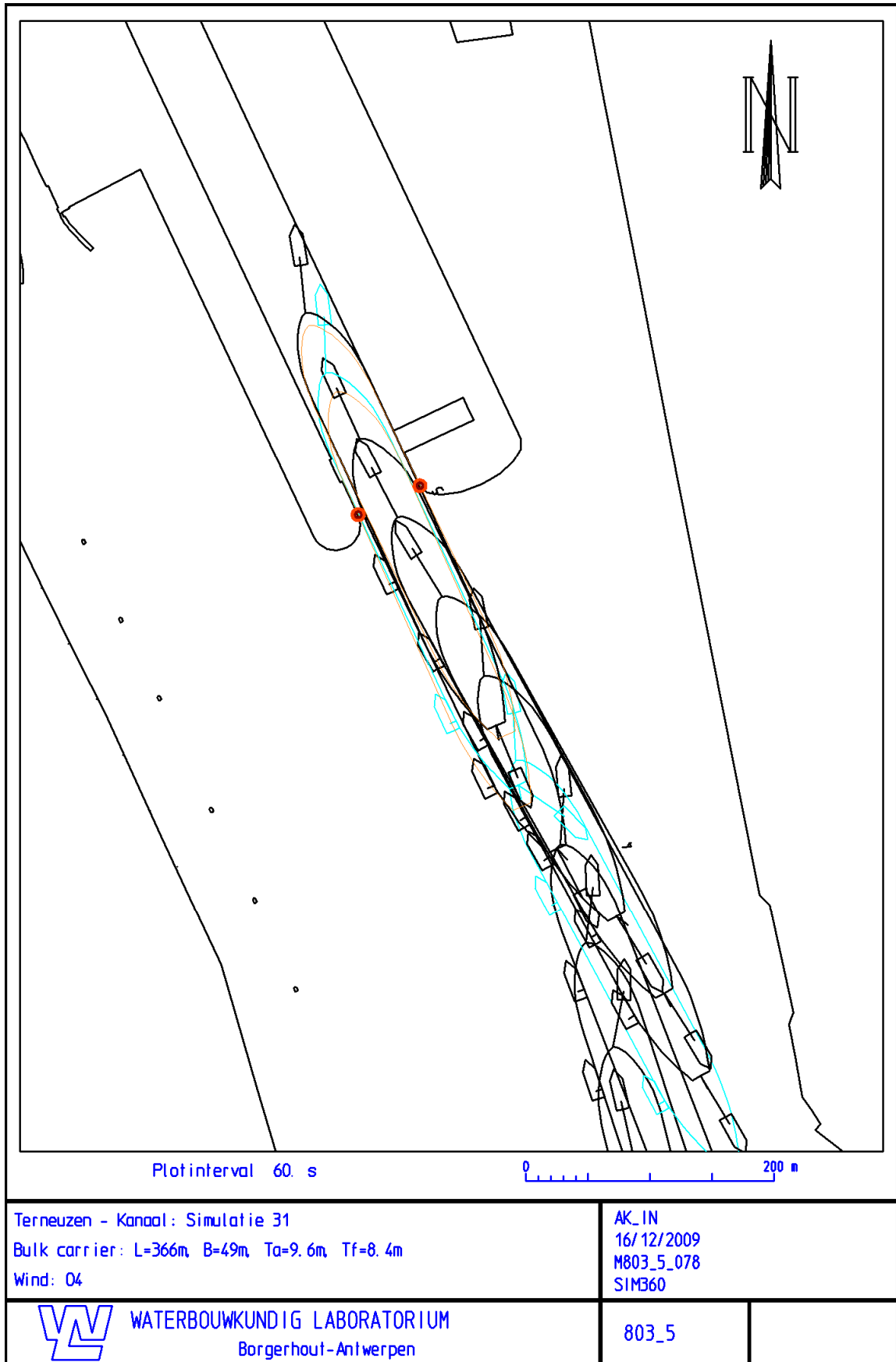
AK\_IN  
 16/12/2009  
 M803\_5\_078  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 59 – Simulatie 31 overzicht

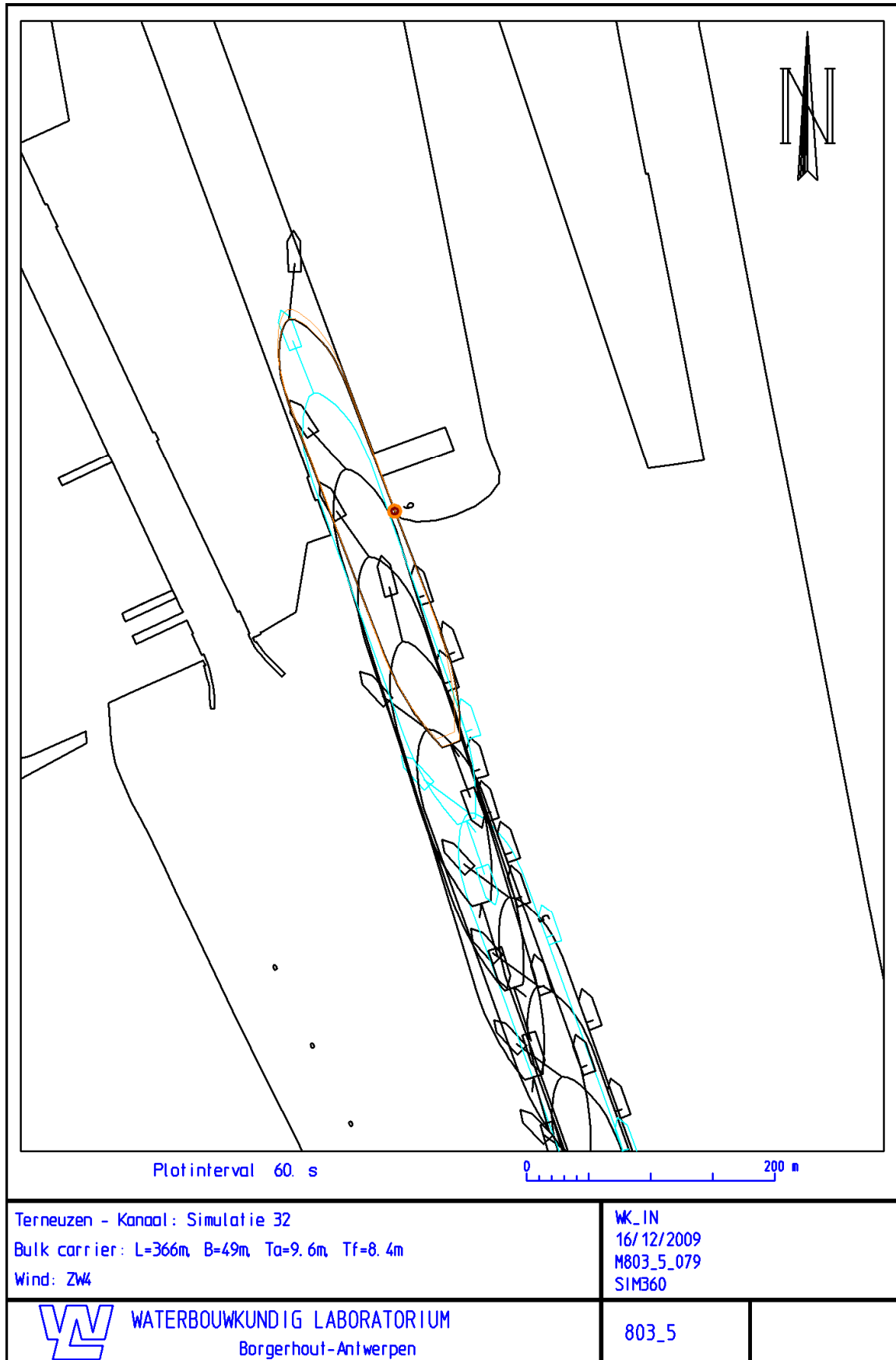


Bijlage 1 60 – Simulatie 31 sluis

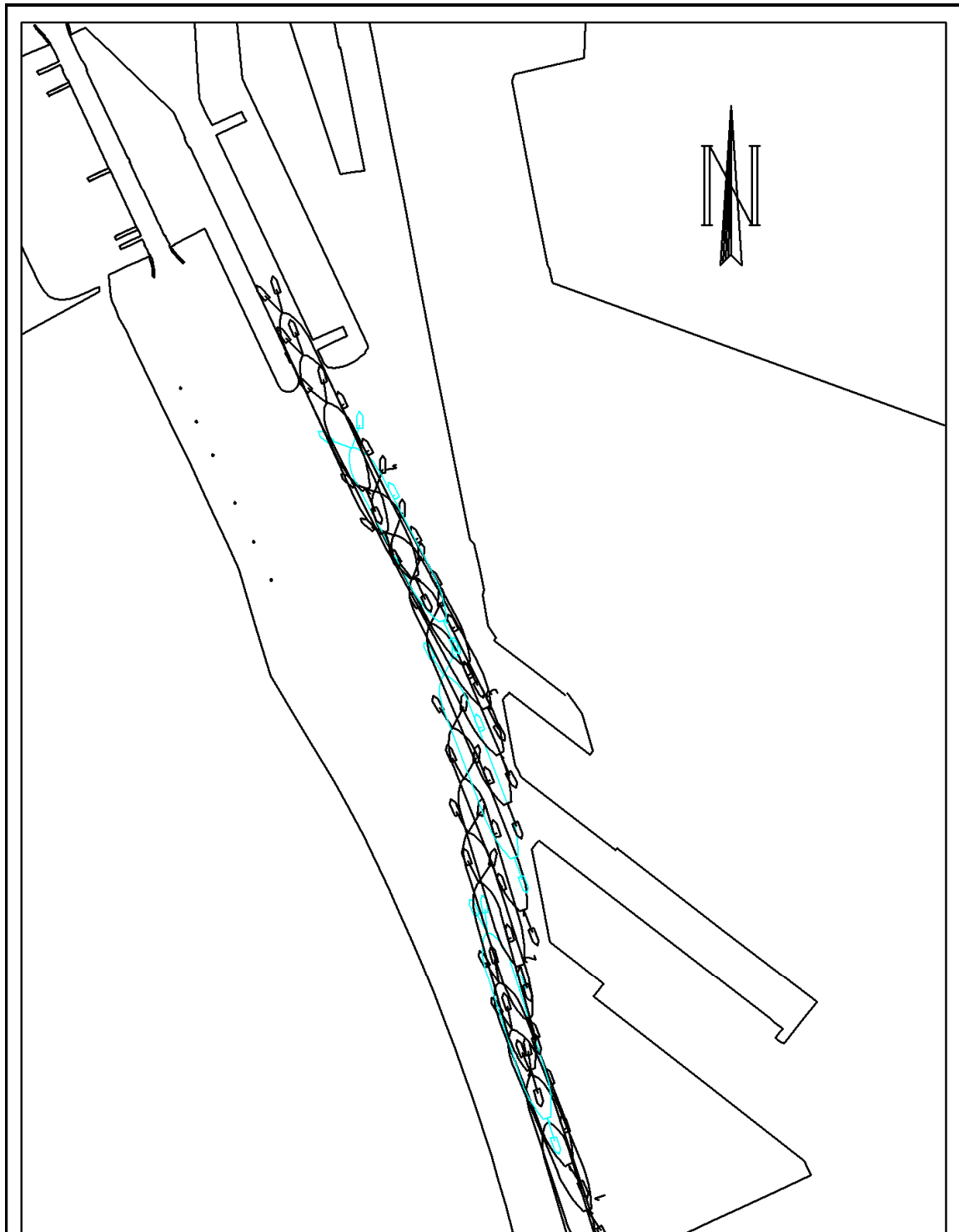


Bijlage 1 61 – Simulatie 32 overzicht





Bijlage 1 62 – Simulatie 32 sluis



Plotinterval 60. s

0 500 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 33  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m  
 Wind: ZW4

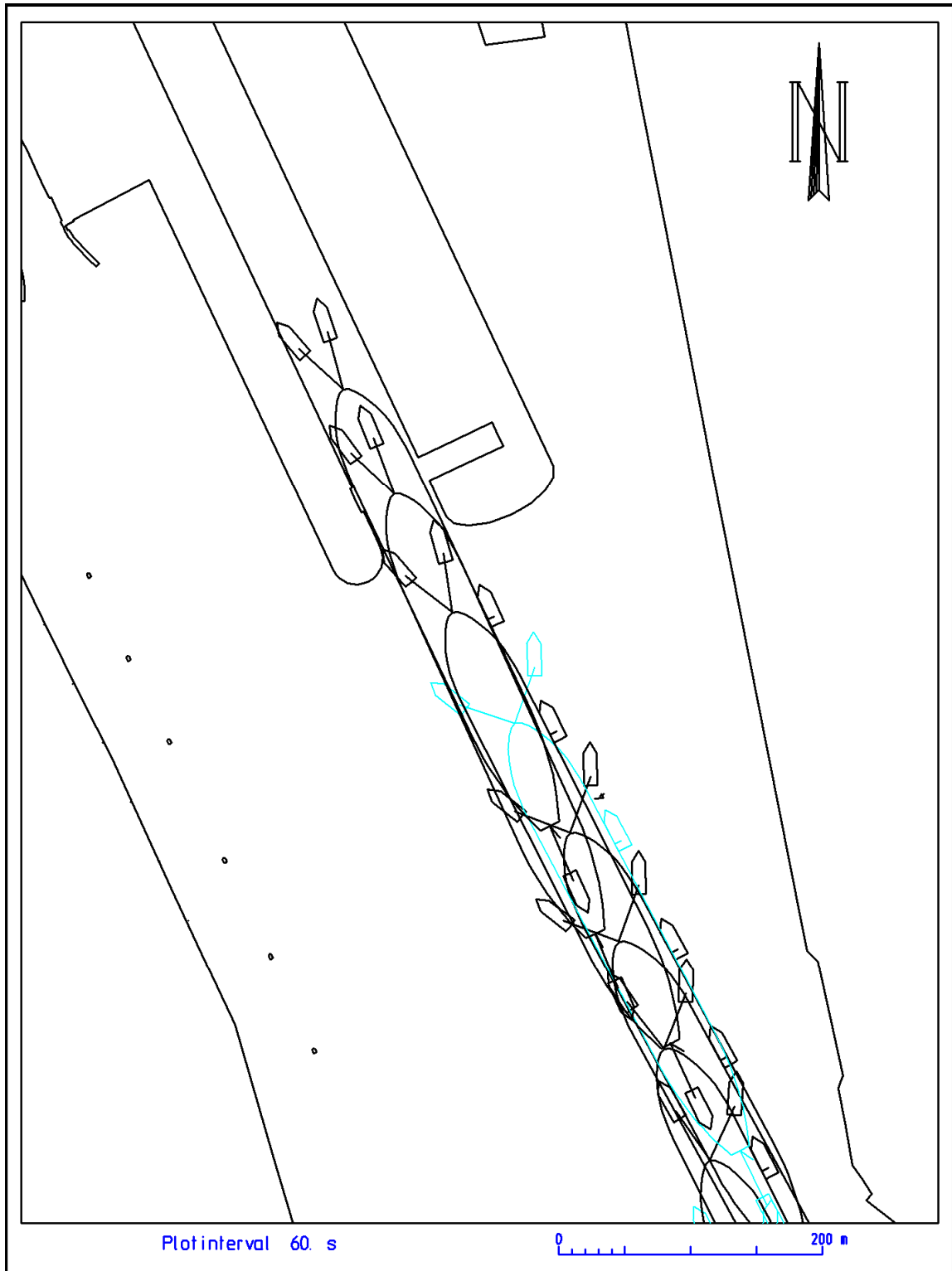
AK\_IN  
 16/12/2009  
 M803\_5\_080  
 SIM360




WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 63 – Simulatie 33 overzicht

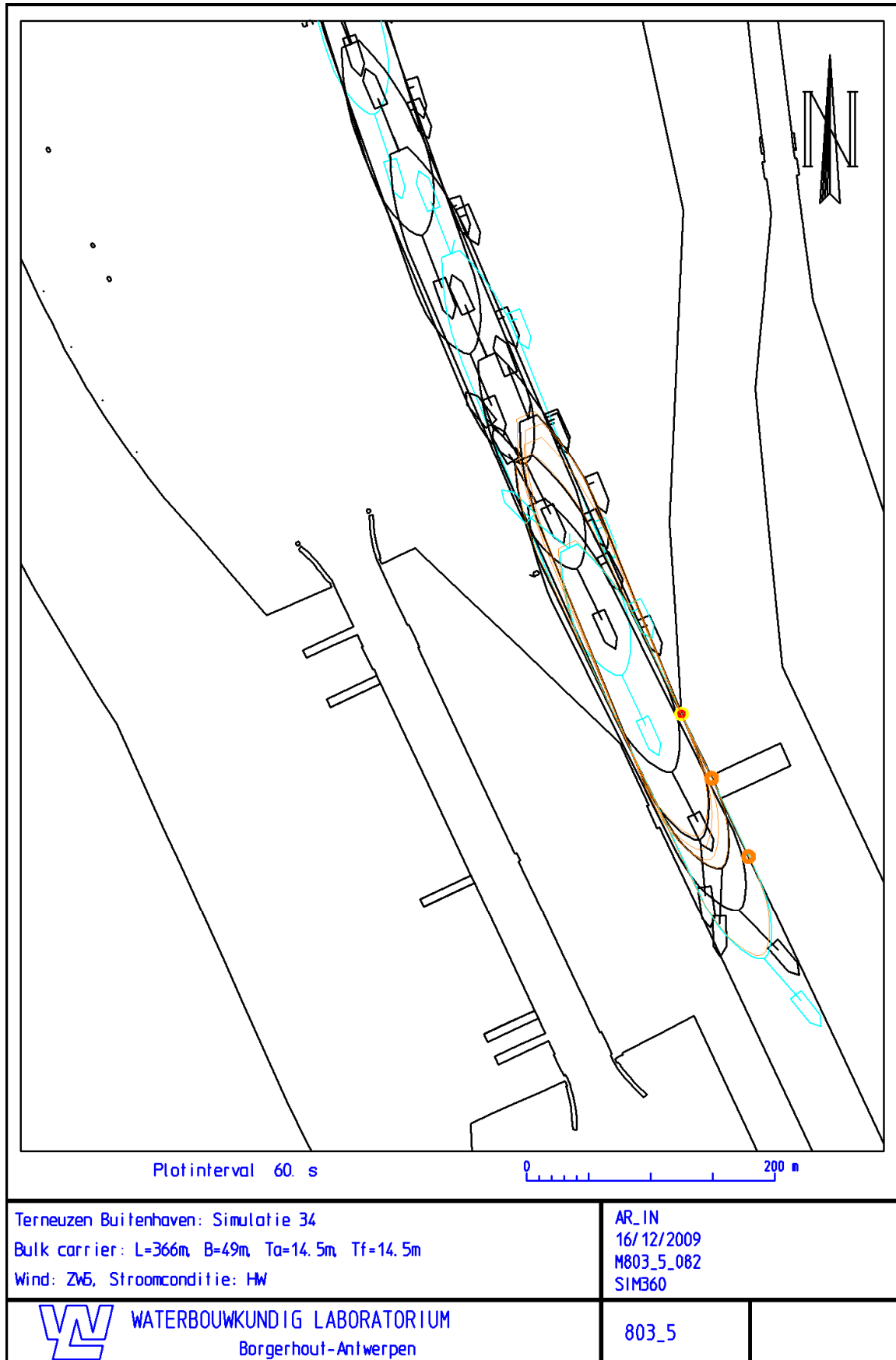


Terneuzen - Kanaal : Simulatie 33 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m Wind: ZW4		AK_IN 16/12/2009 M803_5_080 SIM360	
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5	

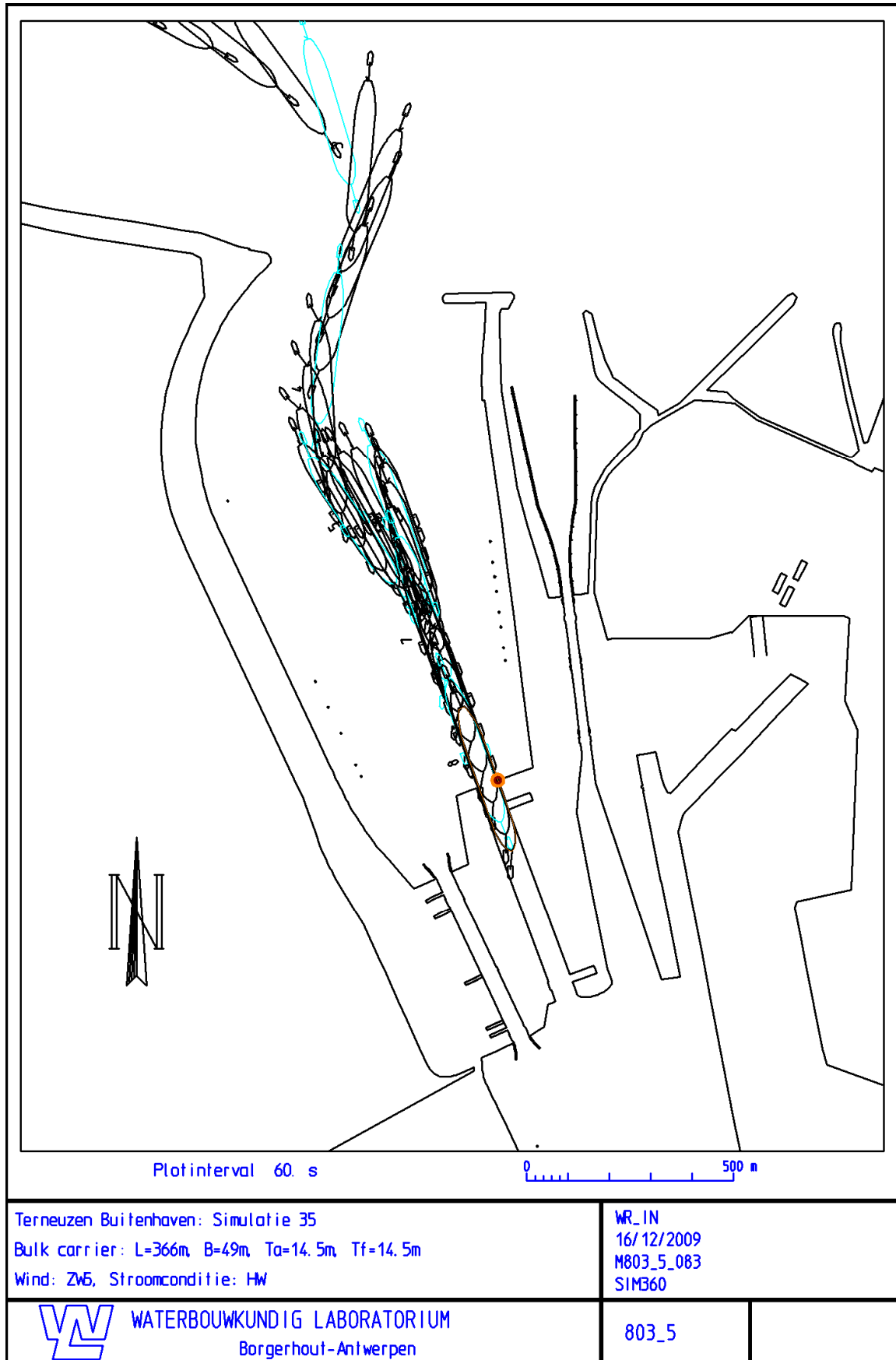
Bijlage 1 64 – Simulatie 33 sluis



Bijlage 1 65 – Simulatie 34 overzicht



Bijlage 1 66 – Simulatie 34 sluis



Bijlage 1 67 – Simulatie 35 overzicht



Bijlage 1 68 – Simulatie 35 sluis

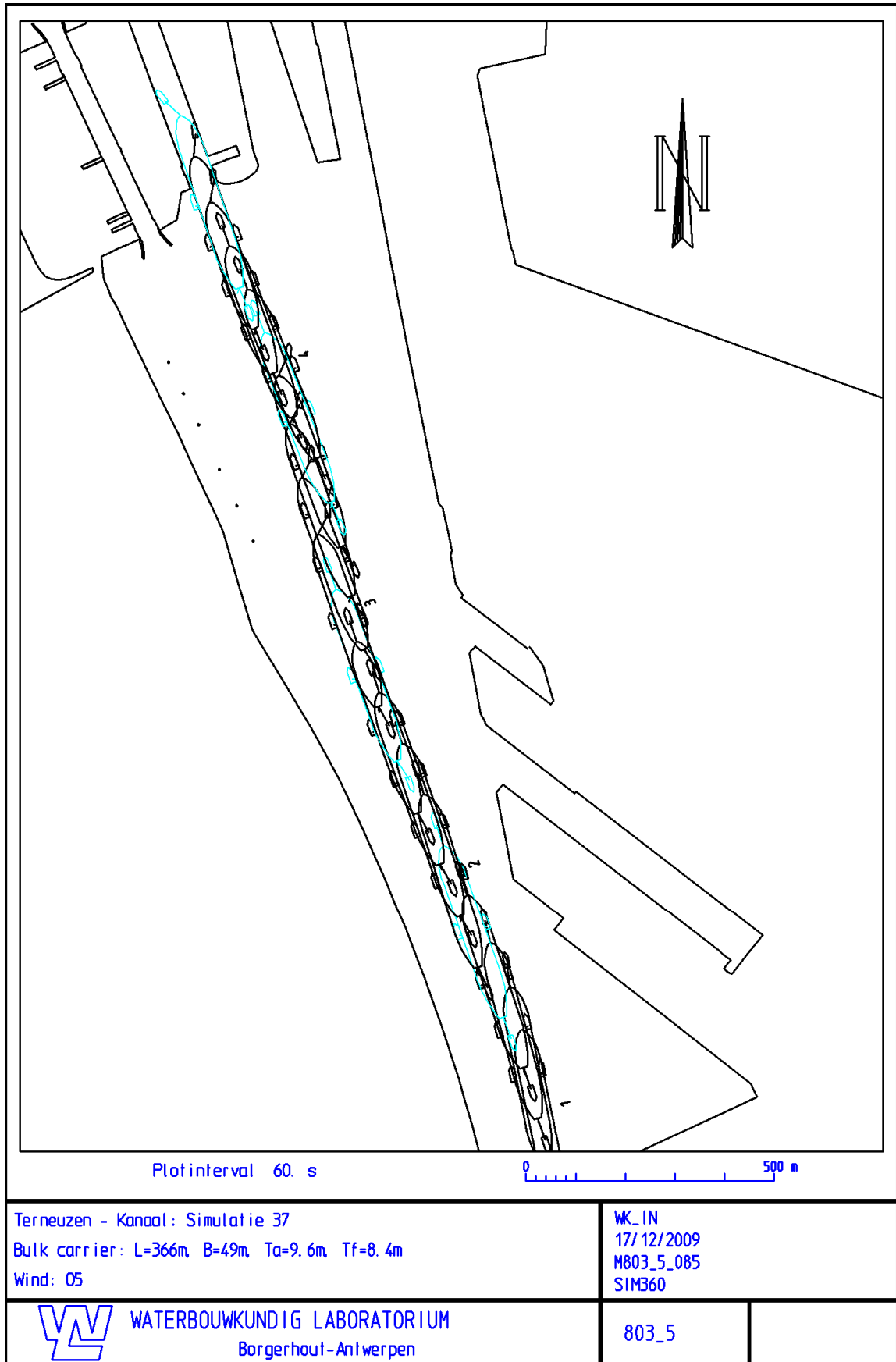


Bijlage 1 69 – Simulatie 36 overzicht

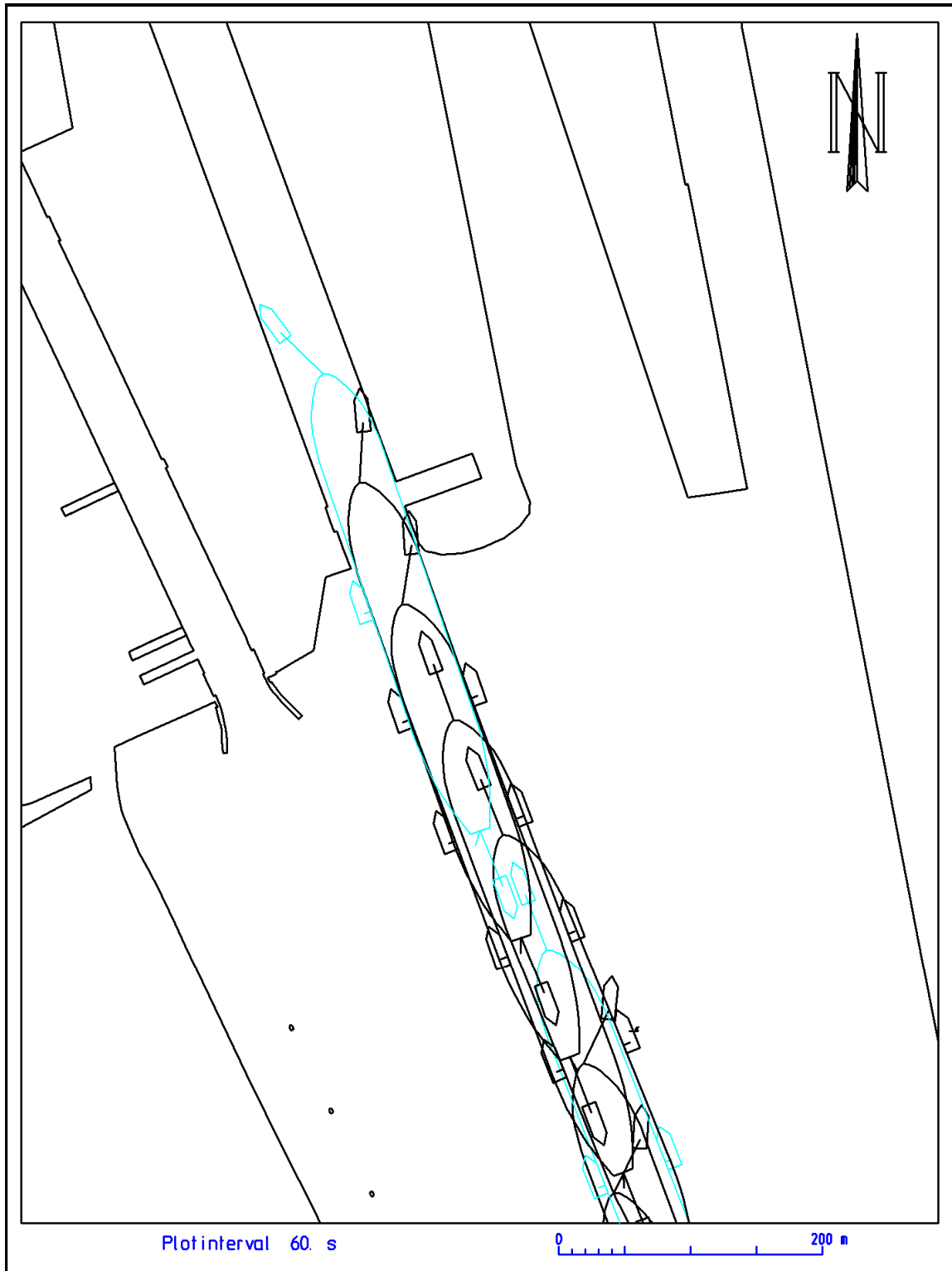





Bijlage 1 70 – Simulatie 36 sluis

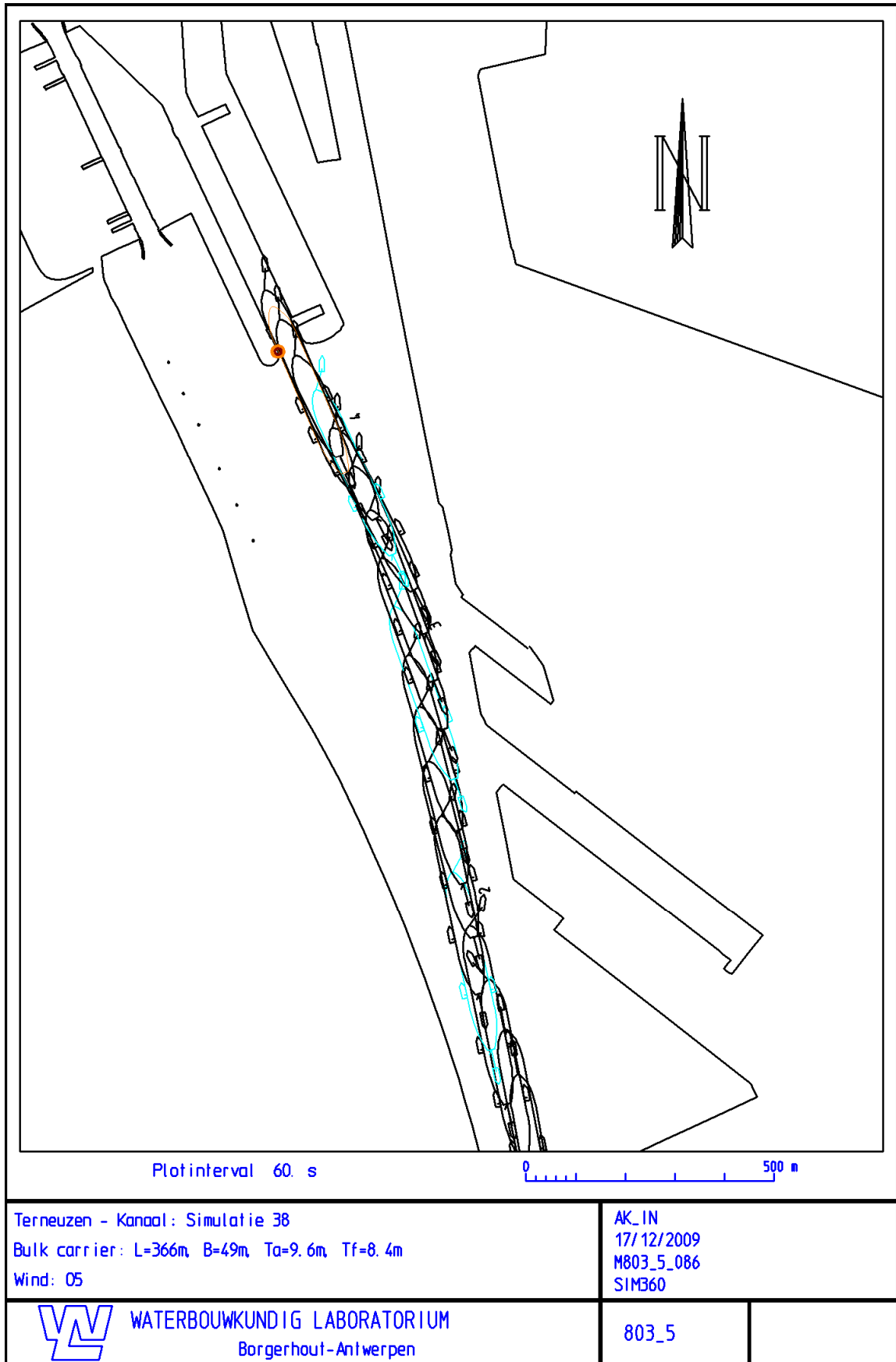


Bijlage 1 71 – Simulatie 37 overzicht

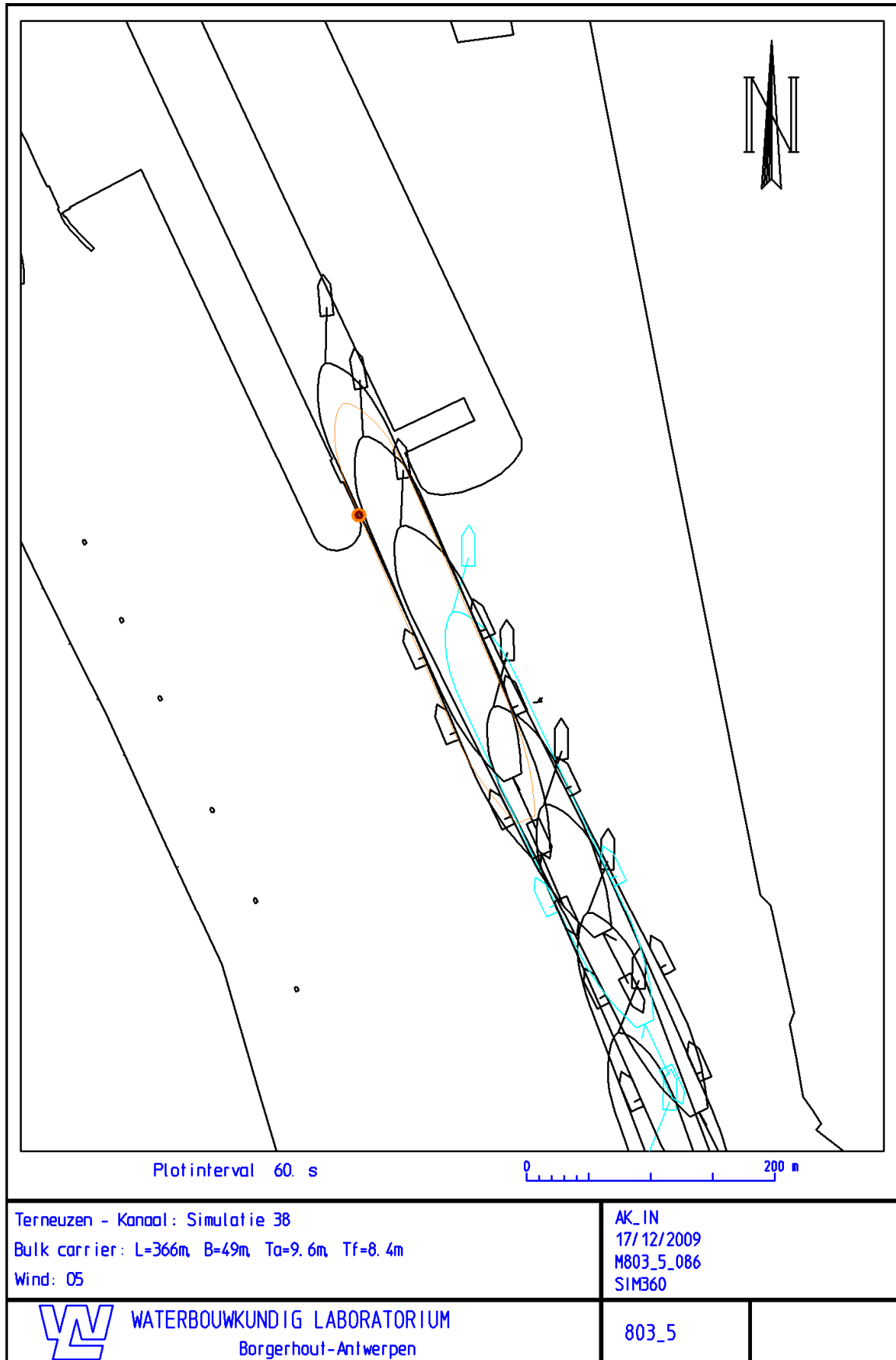


Terneuzen - Kanaal : Simulatie 37 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m Wind: 05		WK_IN 17/12/2009 M803_5_085 SIM360	
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5	

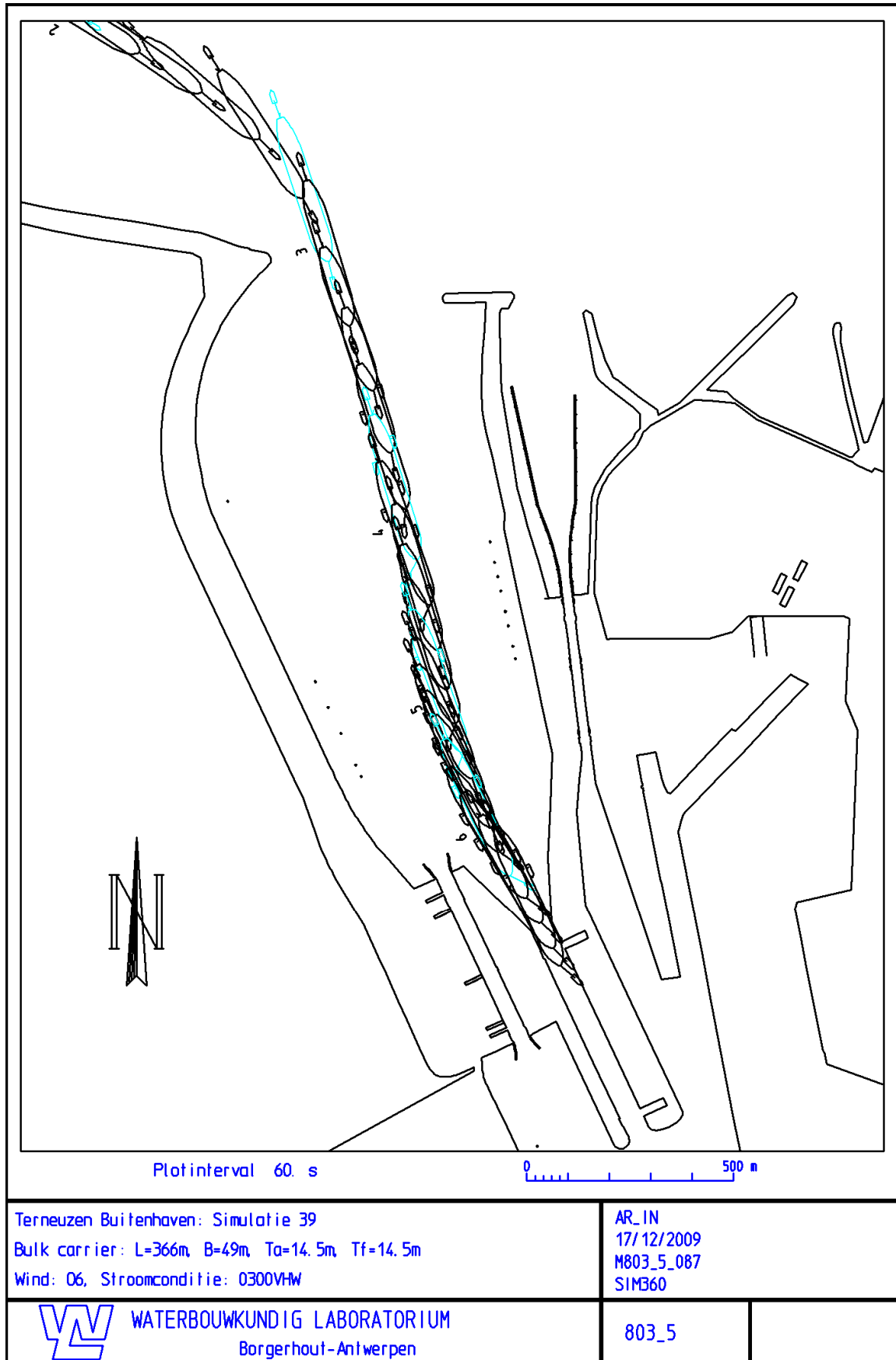
Bijlage 1 72 – Simulatie 37 sluis



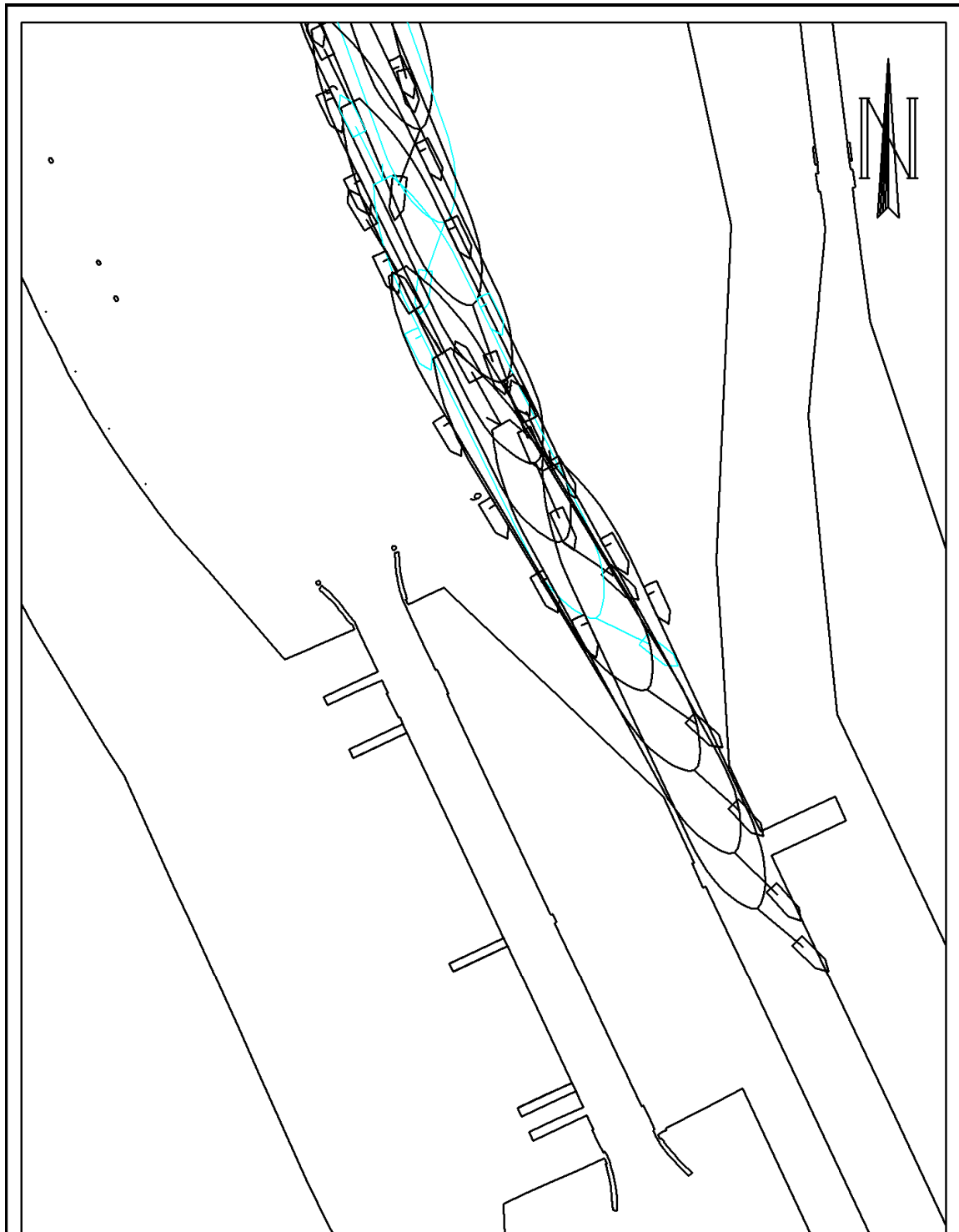
Bijlage 1 73 – Simulatie 38 overzicht



Bijlage 1 74 – Simulatie 38 sluis



Bijlage 1 75 – Simulatie 39 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 39  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: 06, Stroomconditie: 0300VHW

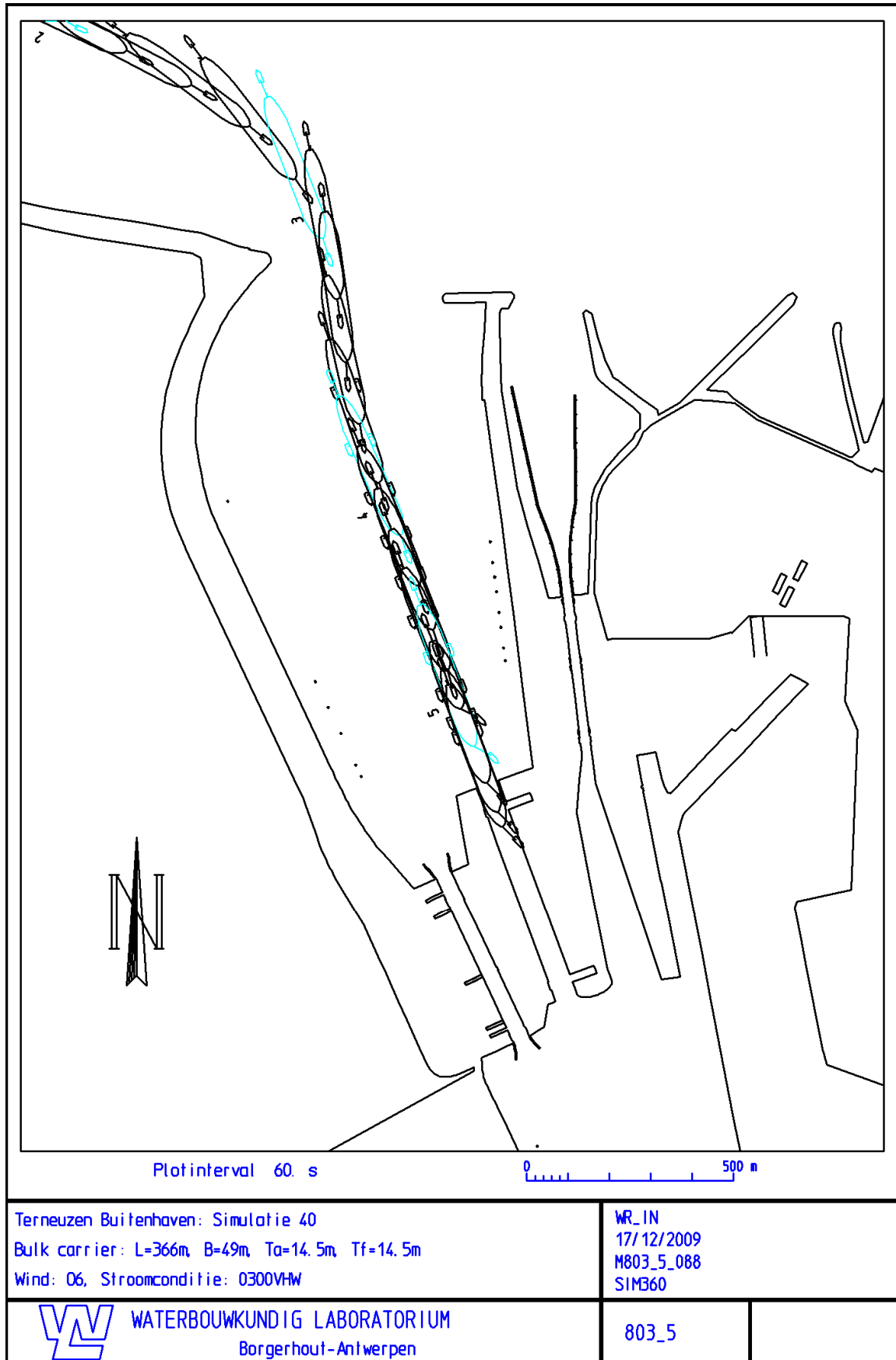
AR\_IN  
 17/12/2009  
 M803\_5\_087  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout-Antwerpen

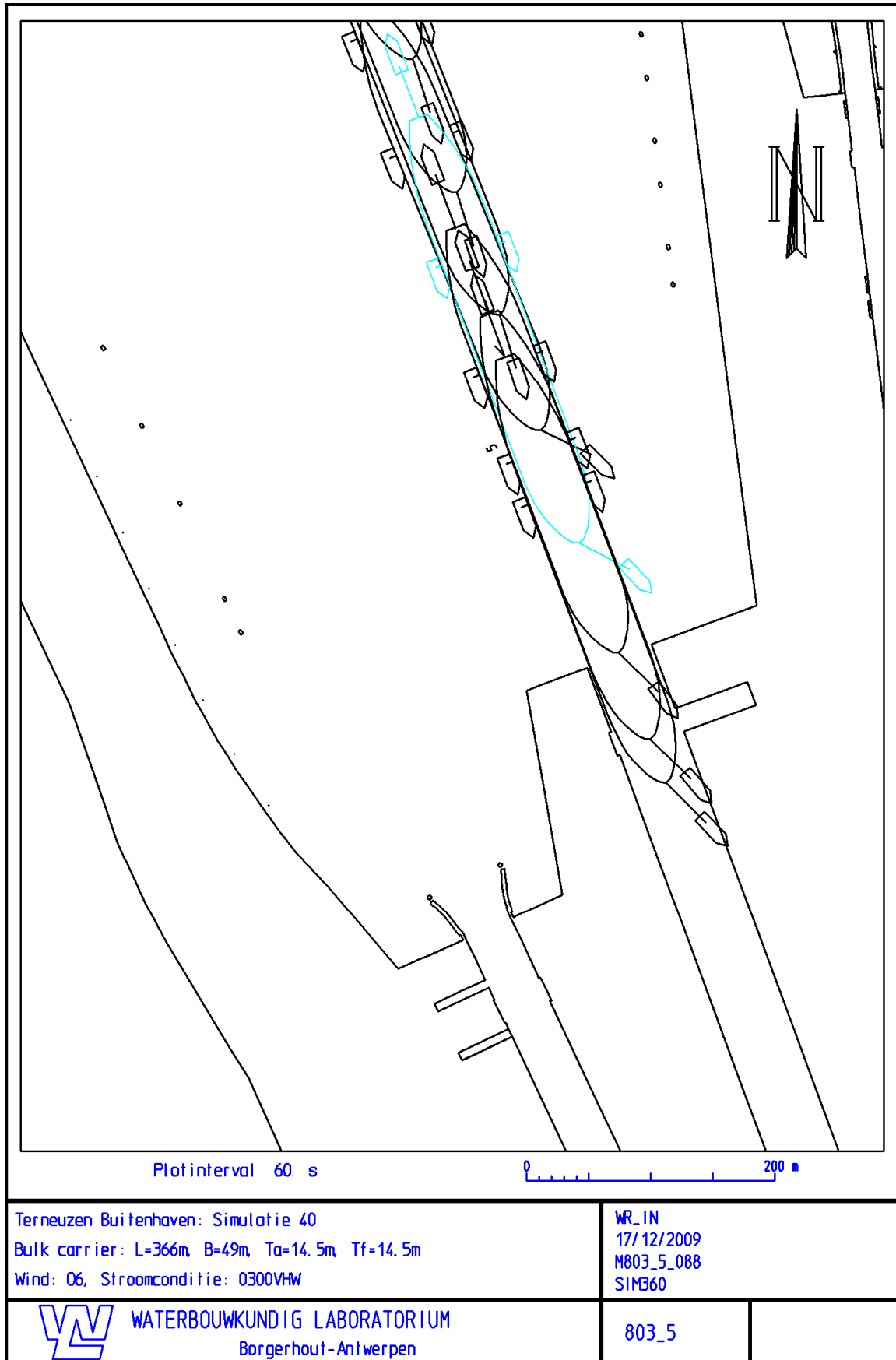
803\_5

Bijlage 1 76 – Simulatie 39 sluis

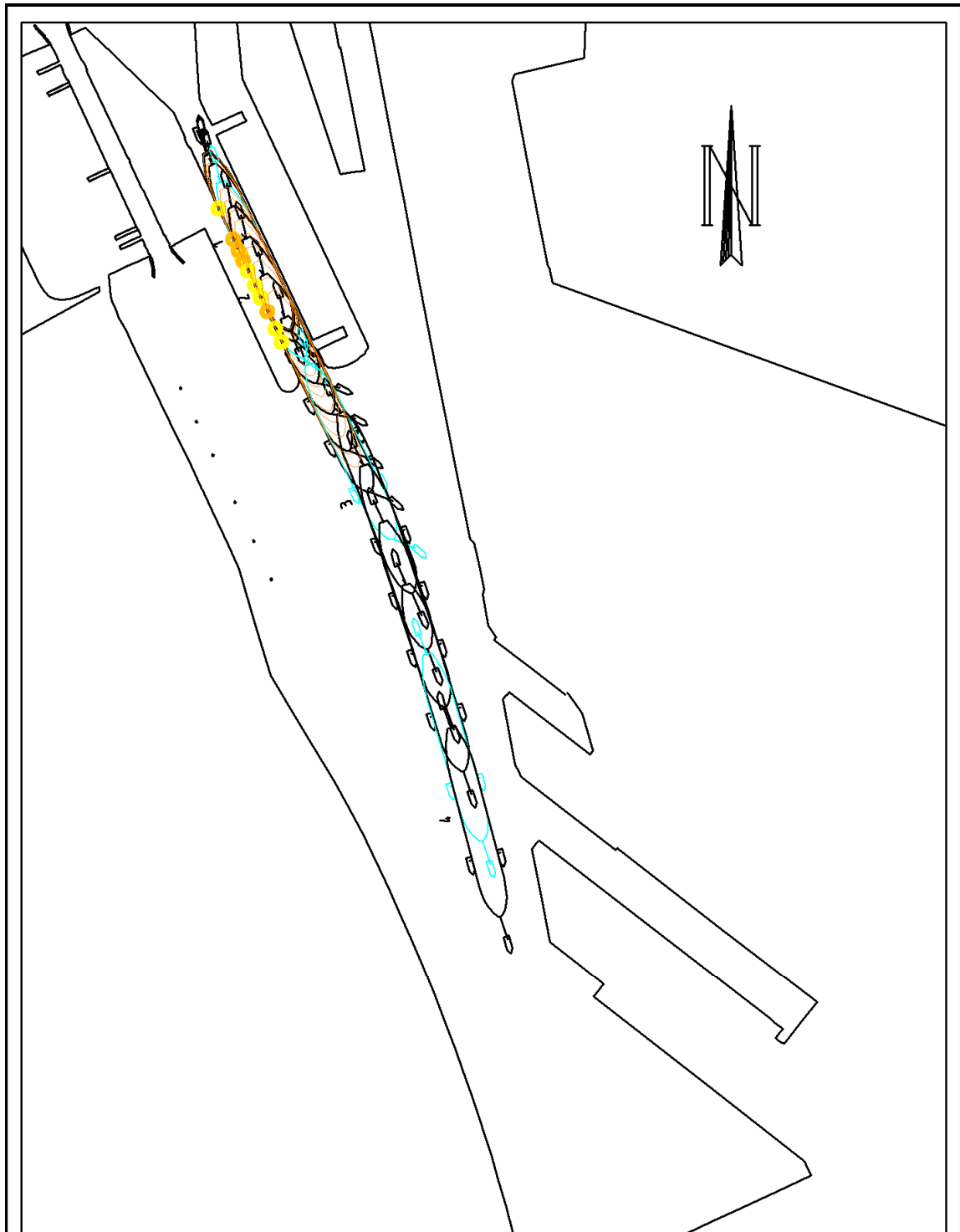


Bijlage 1 77 – Simulatie 40 overzicht





Bijlage 1 78 – Simulatie 40 sluis



Plotinterval 60. s

0 500 m

Terneuzen - Kanaal : Simulatie 41  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: 06

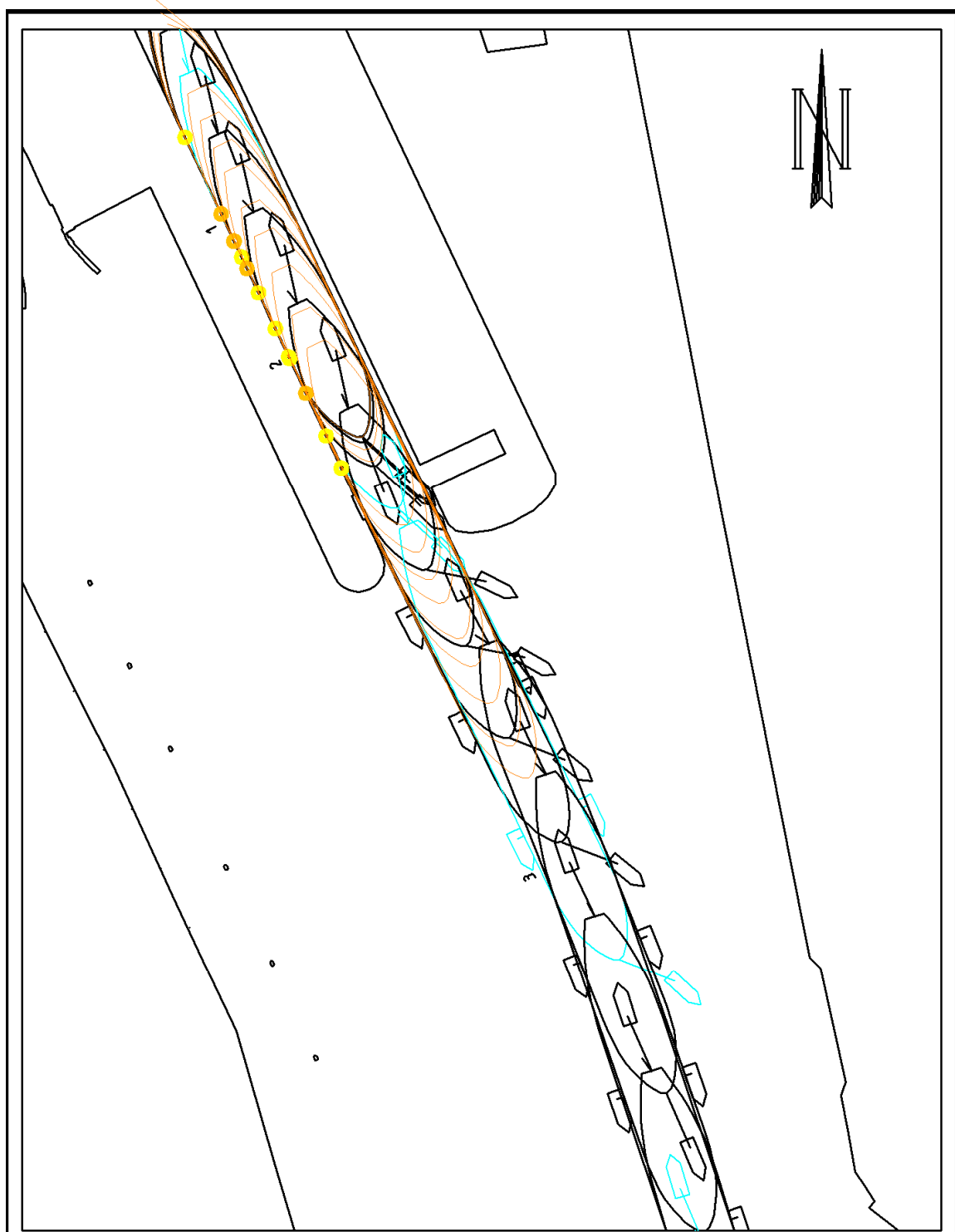
AK\_UIT  
 17/12/2009  
 M803\_5\_089  
 SIM360



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 Borgerhout - Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 79 – Simulatie 41 overzicht



Plotinterval 60. s

0 200 m

Terneuzen - Kanaal: Simulatie 41  
 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m  
 Wind: 06

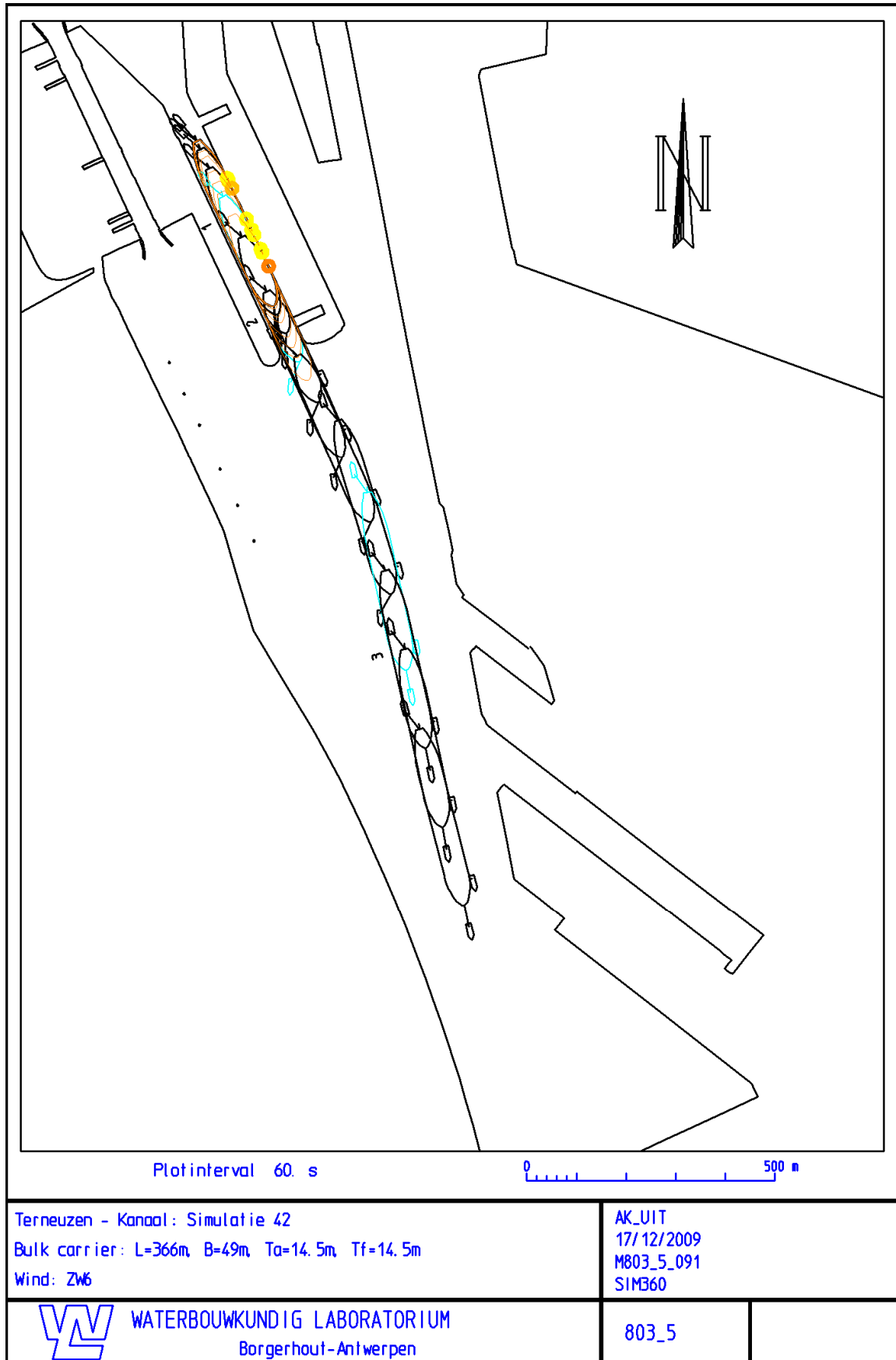
AK\_UT  
 17/12/2009  
 M803\_5\_089  
 SIMB60



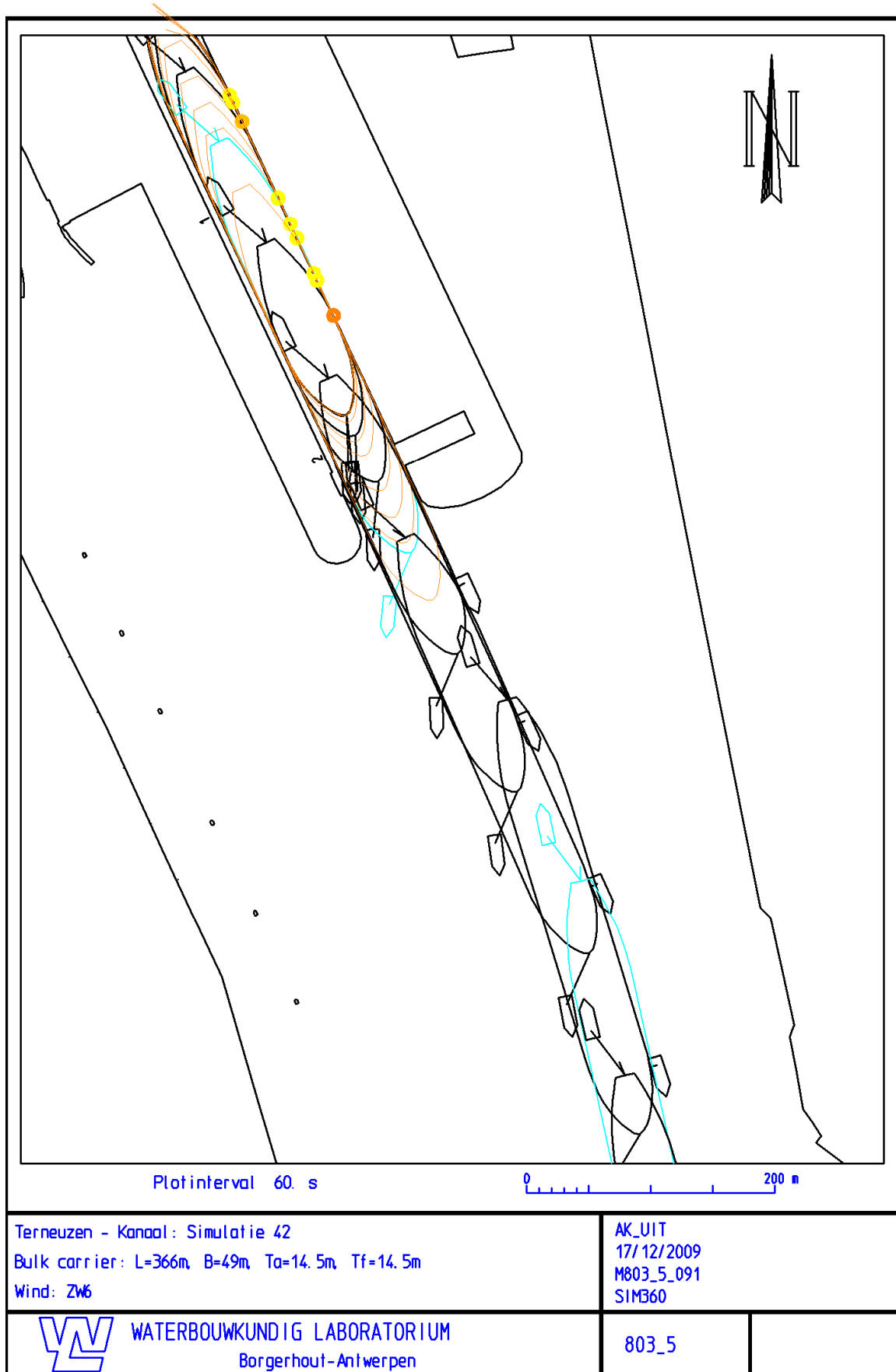
**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM**  
 Borgerhout - Antwerpen

803\_5

Bijlage 1 80 – Simulatie 41 sluis




Bijlage 1 81 – Simulatie 42 overzicht

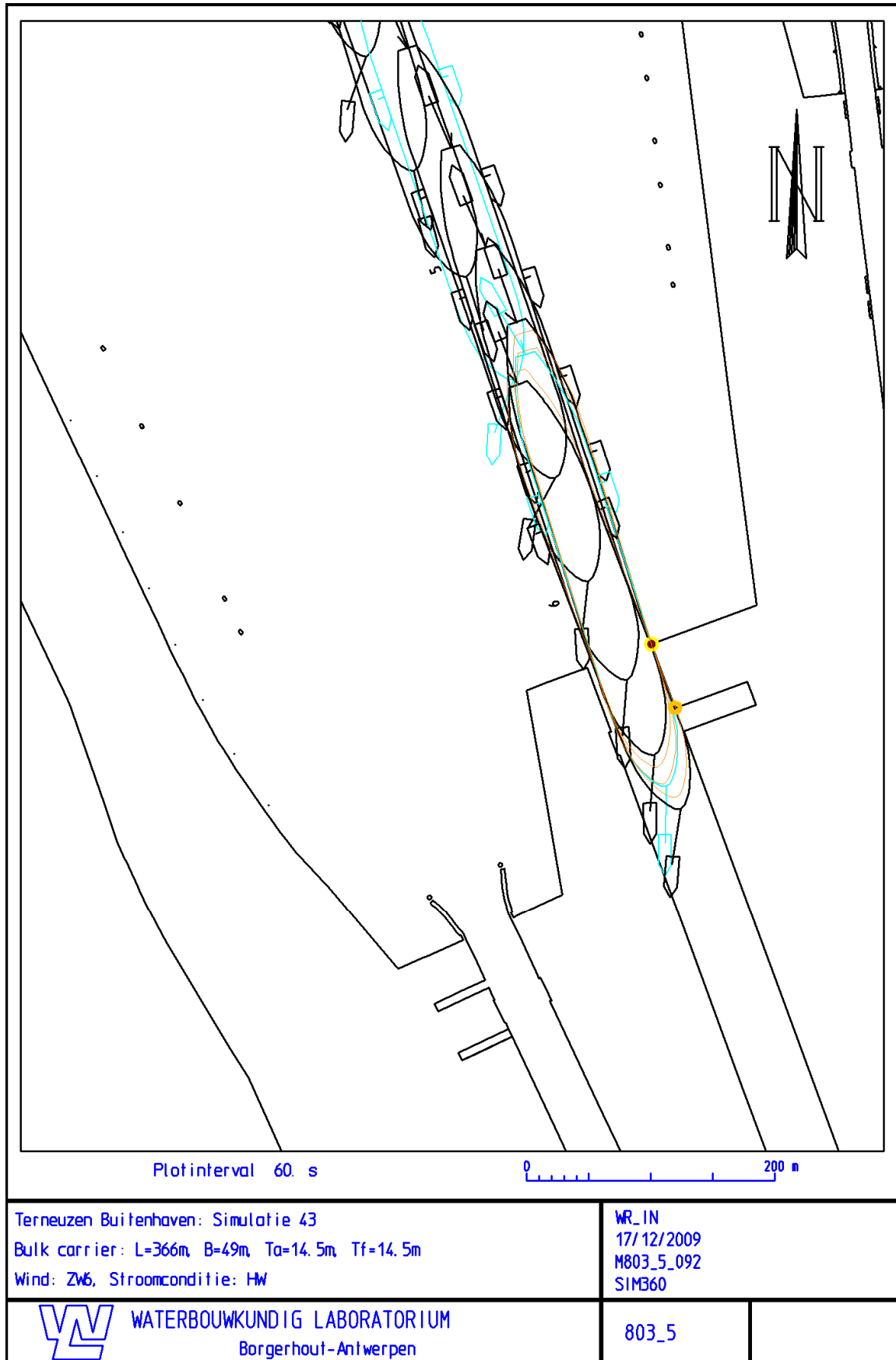


Bijlage 1 82 – Simulatie 42 sluis

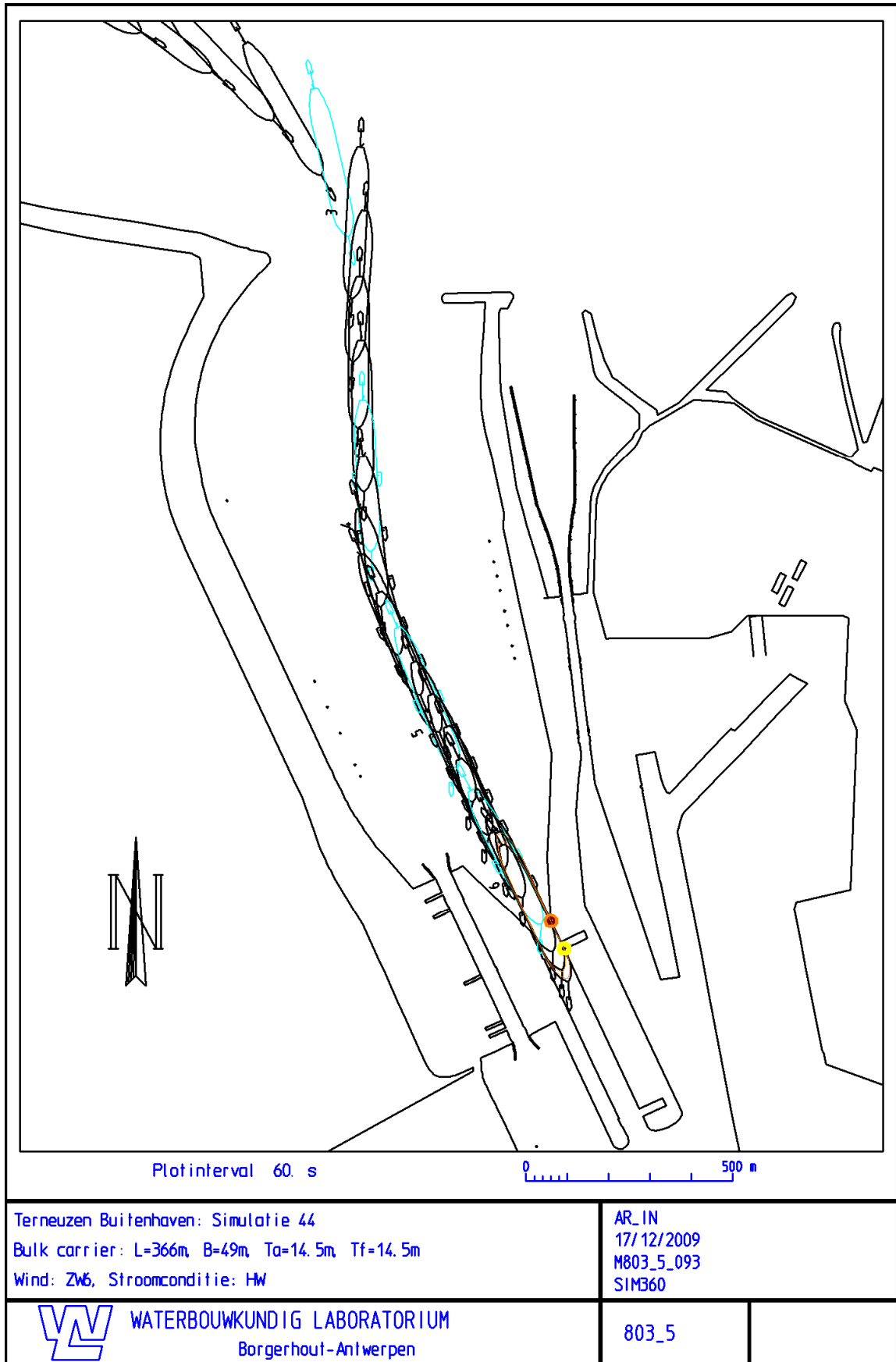


Terneuzen Buitenhaven: Simulatie 43 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=14.5m, Tf=14.5m Wind: ZW6, Stroomconditie: HW		WR_IN 17/12/2009 M803_5_092 SIM360
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5

Bijlage 1 83 – Simulatie 43 overzicht

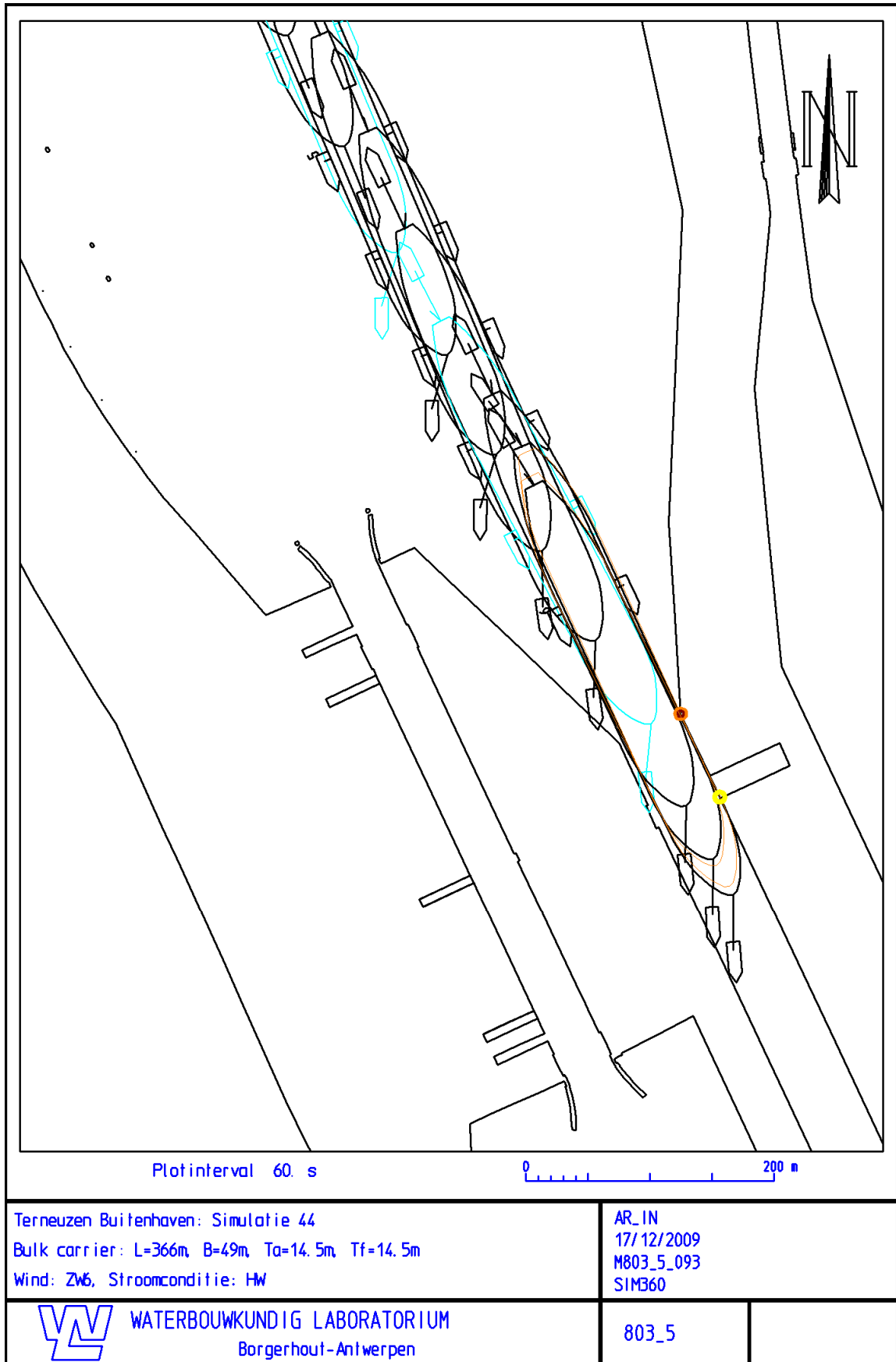


Bijlage 1 84 – Simulatie 43 sluis



Bijlage 1 85 – Simulatie 44 overzicht

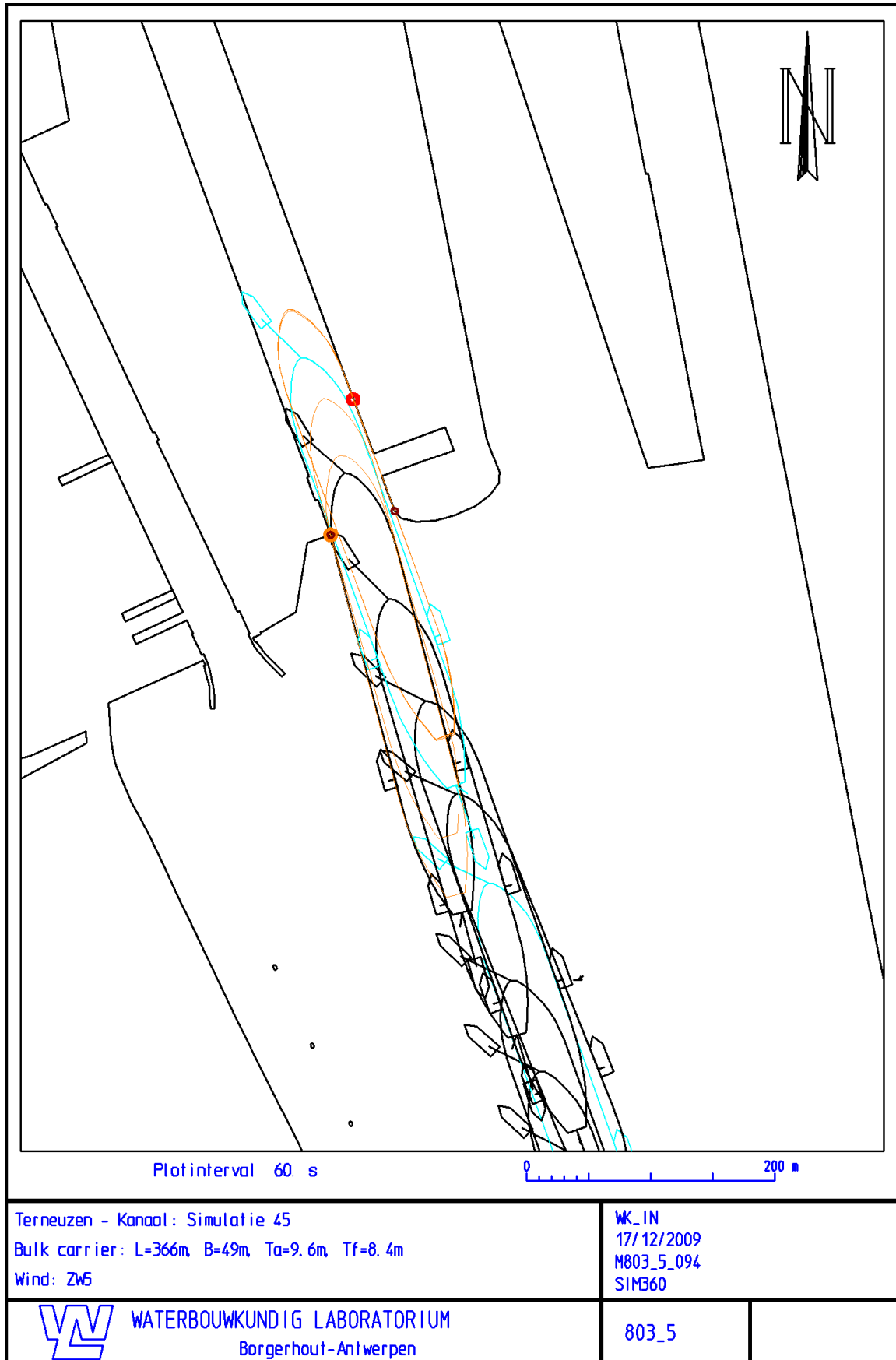




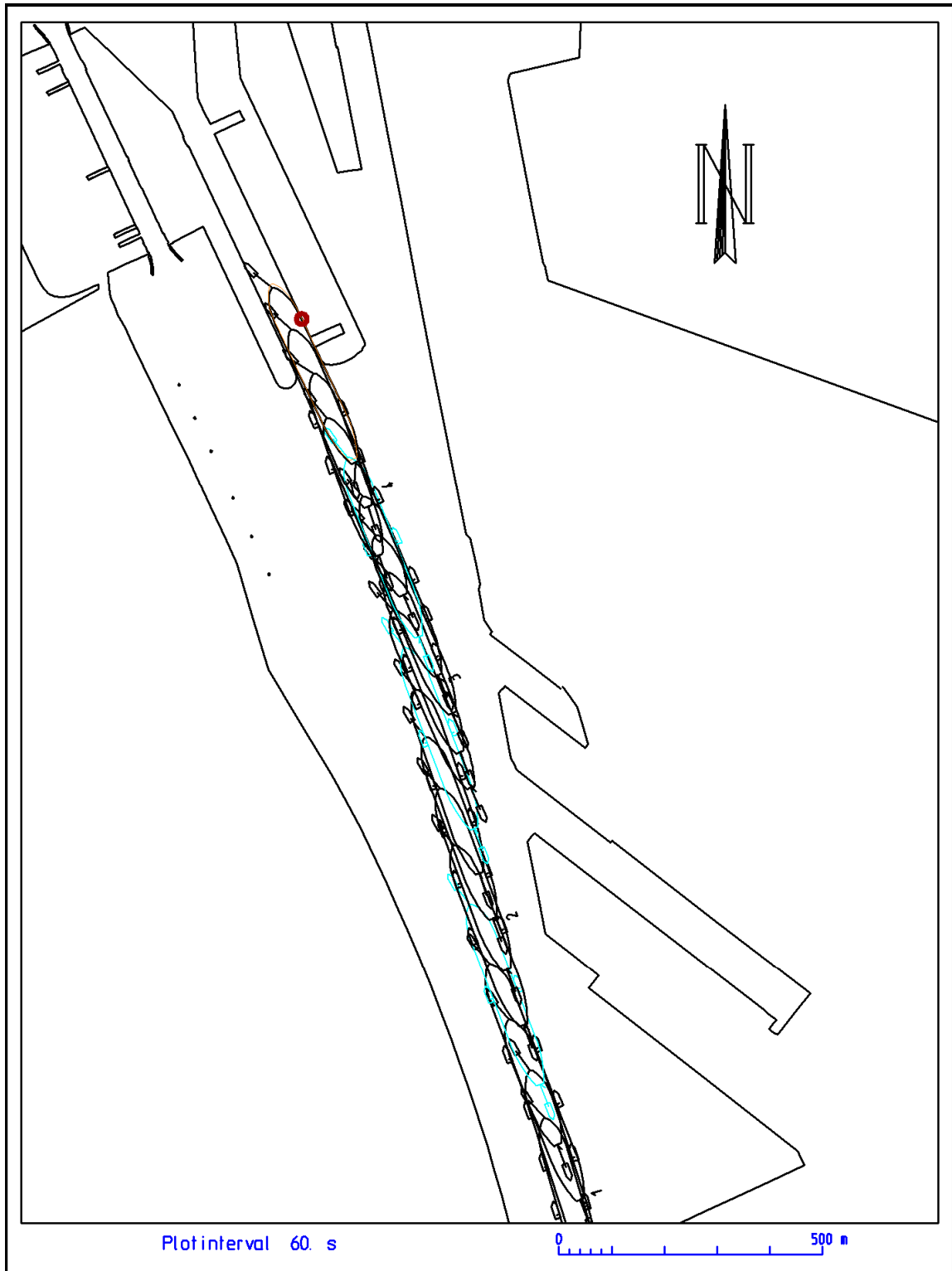
Bijlage 1 86 – Simulatie 44 sluis




Bijlage 1 87 – Simulatie 45 overzicht



Bijlage 1 88 – Simulatie 45 sluis



Terneuzen - Kanaal : Simulatie 46 Bulk carrier: L=366m, B=49m, Ta=9.6m, Tf=8.4m Wind: ZW5		AK_IN 17/12/2009 M803_5_095 SIM360	
 WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM Borgerhout-Antwerpen		803_5	

Bijlage 1 89 – Simulatie 46 overzicht



Bijlage 1 90 – Simulatie 46 sluis

## Bijlage 2: Standaardgrafieken

Zie cd-rom toegevoegd aan dit rapport

Vaarten 1 tot 5 van 46 vaarten als voorbeeld op volgende bladzijden.

**OVERZICHTSGRAFIEKEN**

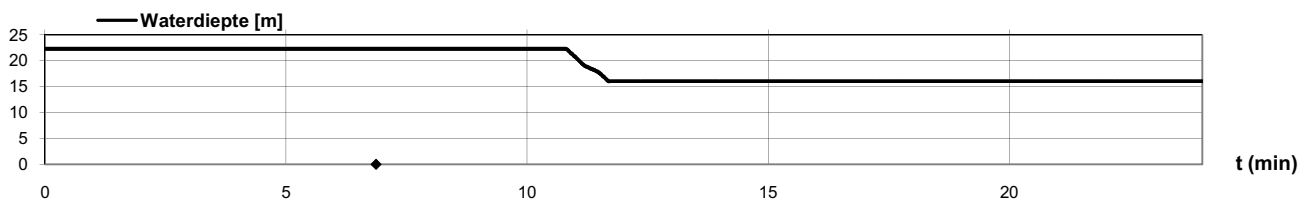
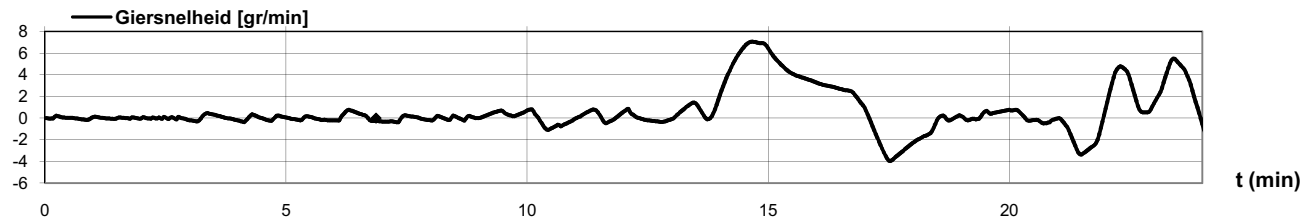
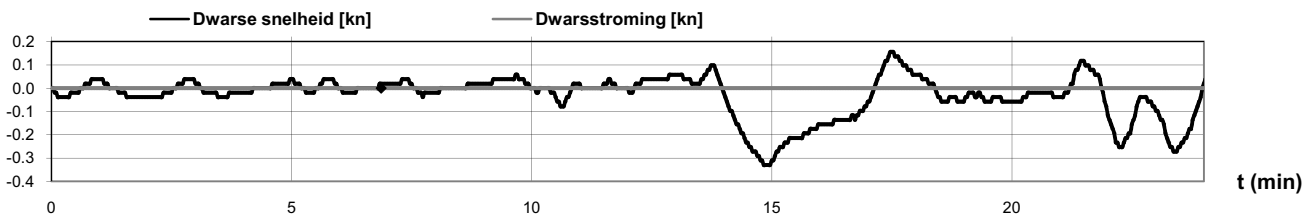
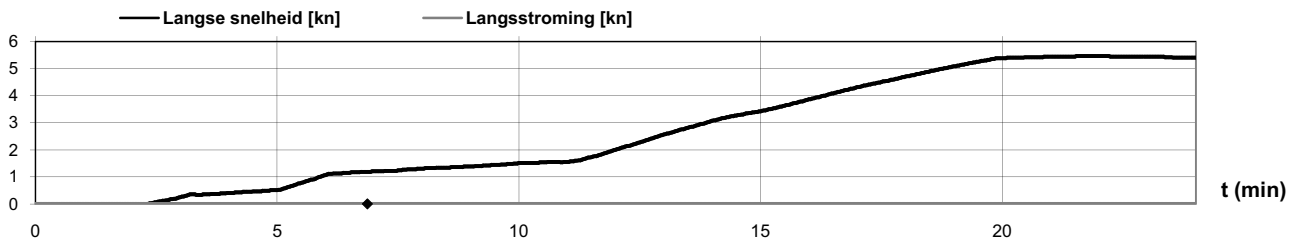
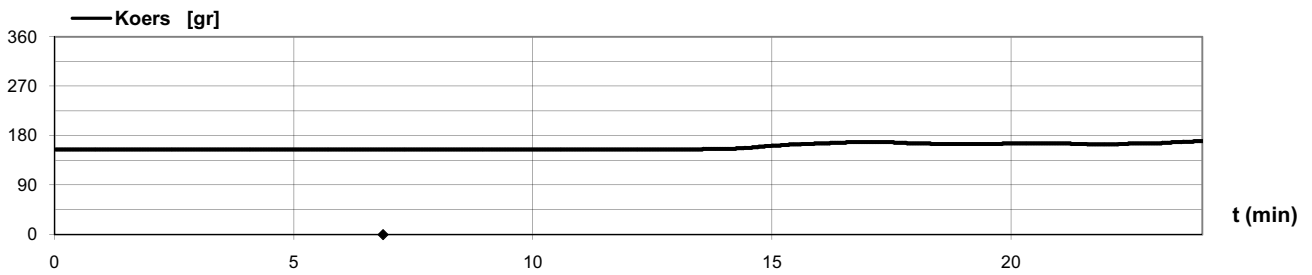
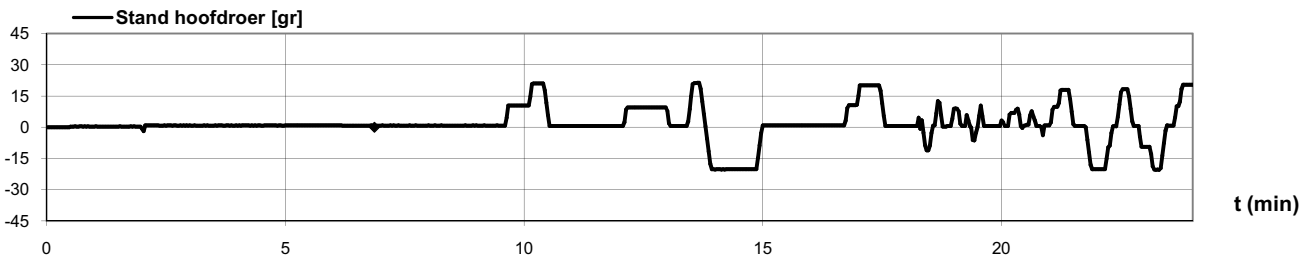
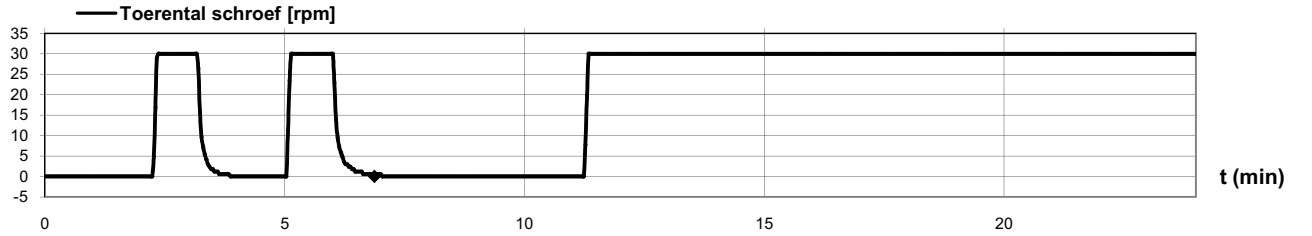
M803\_5: Zeesluis binnen complex

VAART 1  
M803\_5\_040

10/12/2009

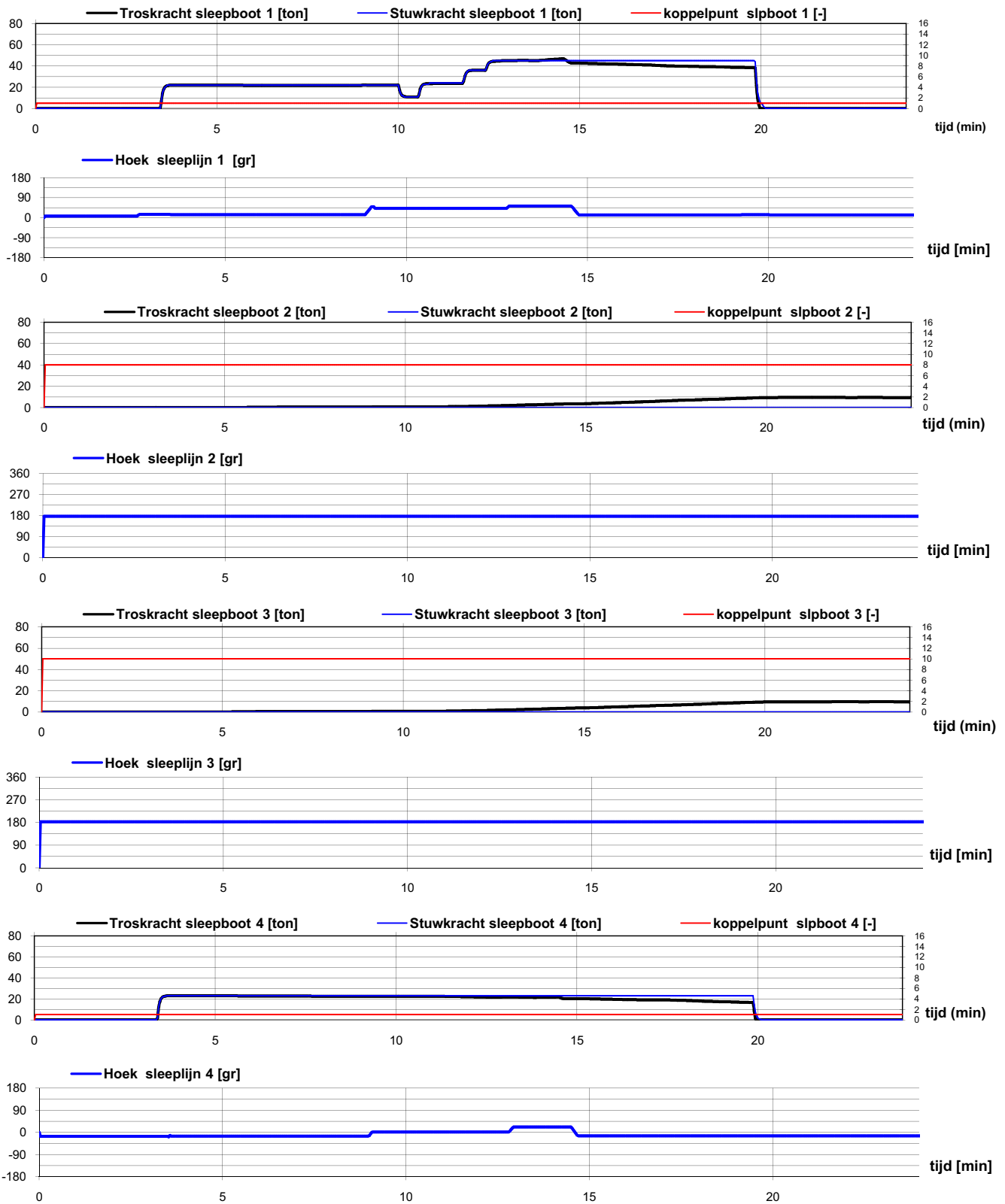
AK\_UIT

duur 24 min  
sluis 6.9 min



# SLEEPBOOTGEBRUIK VAART 1

M803/5: Zeesluis binnen complex





### OVERZICHTSGRAFIEKEN

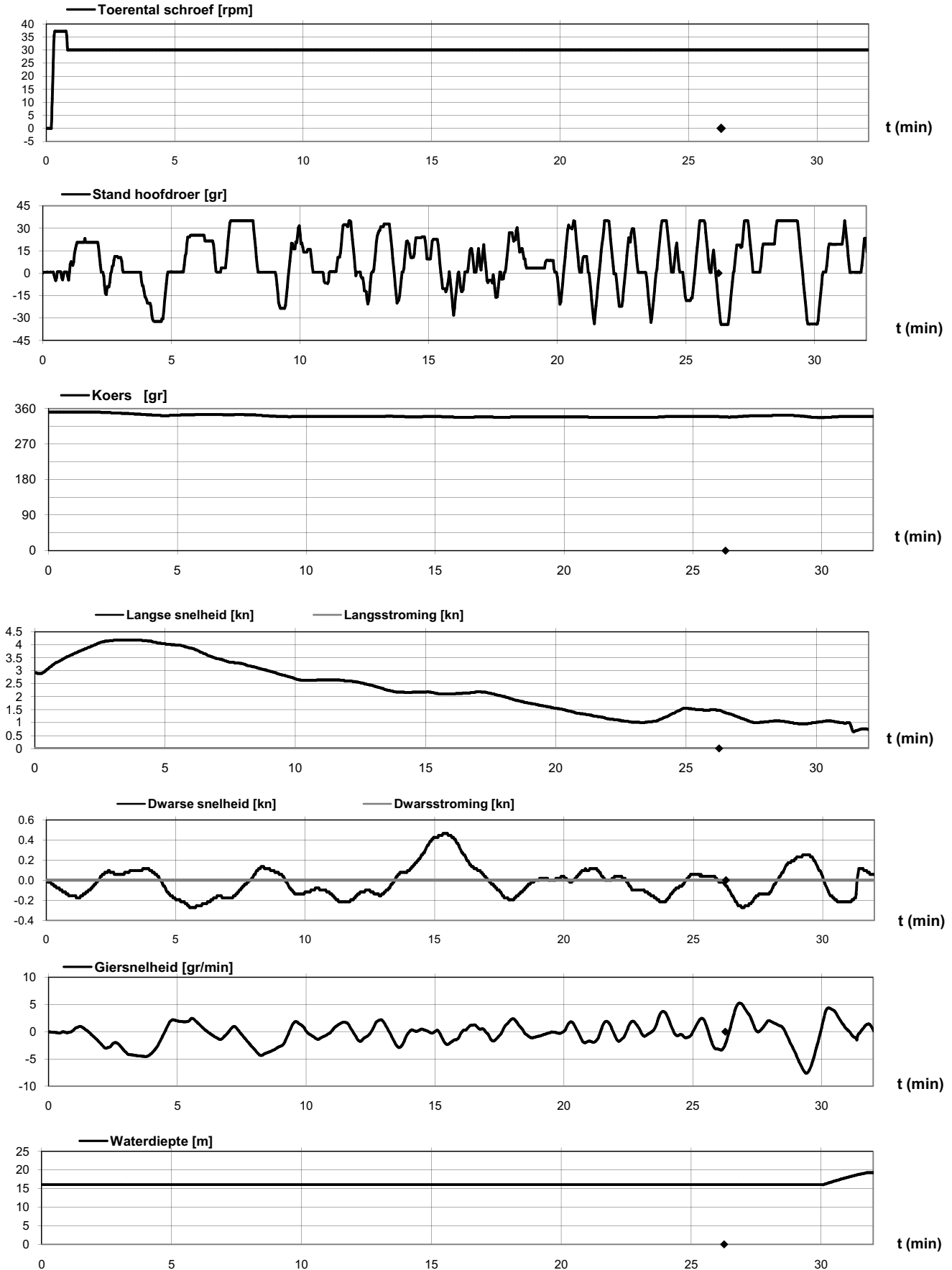
M803\_5: Zeesluis binnen complex

VAART 2  
M803\_5\_041

10/12/2009

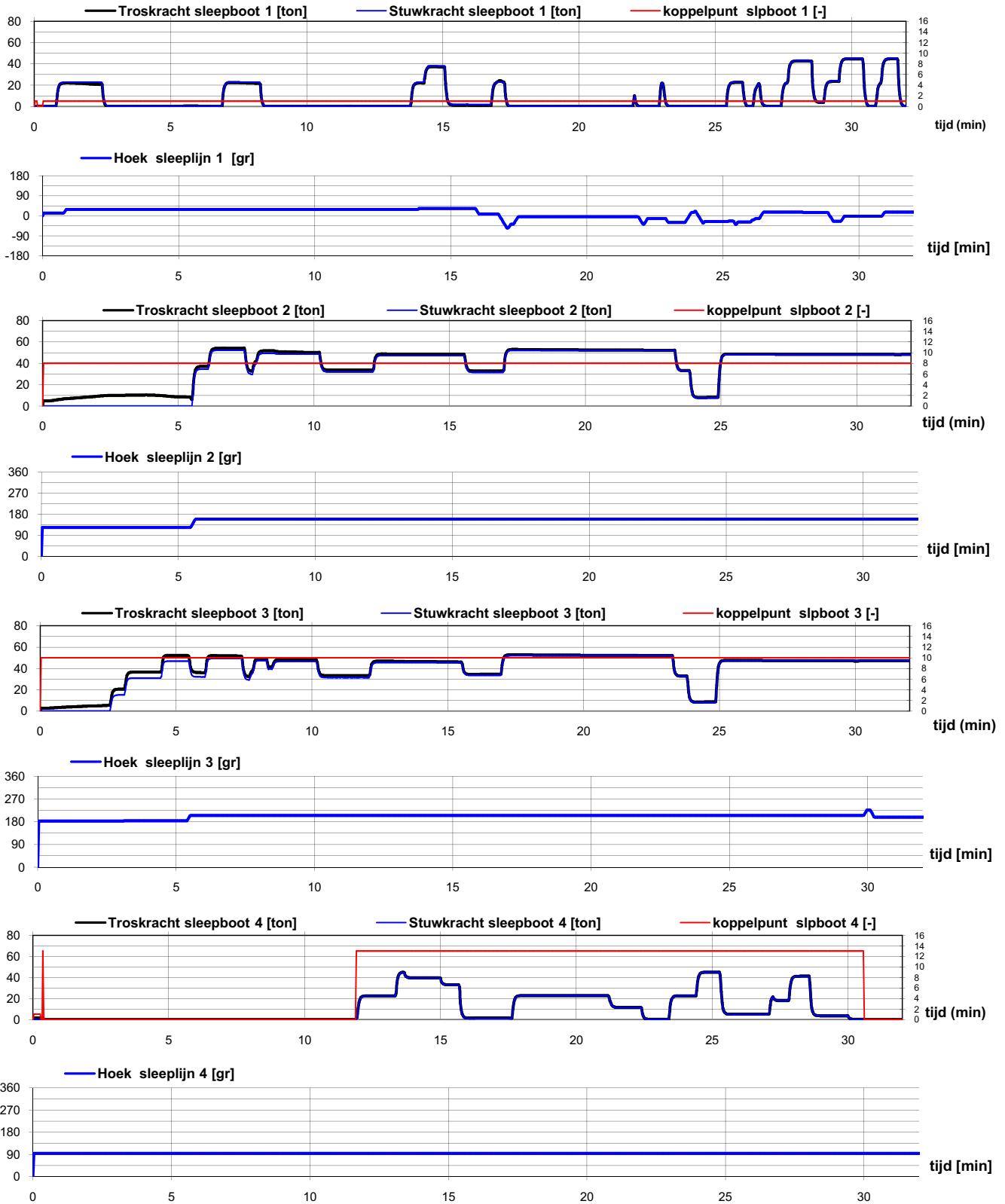
WK\_IN

duur 32 min  
sluis 26.3 min



**SLEEPBOOTGEBRUIK**  
VAART 2

M803/5: Zeesluis binnen complex



### OVERZICHTSGRAFIEKEN

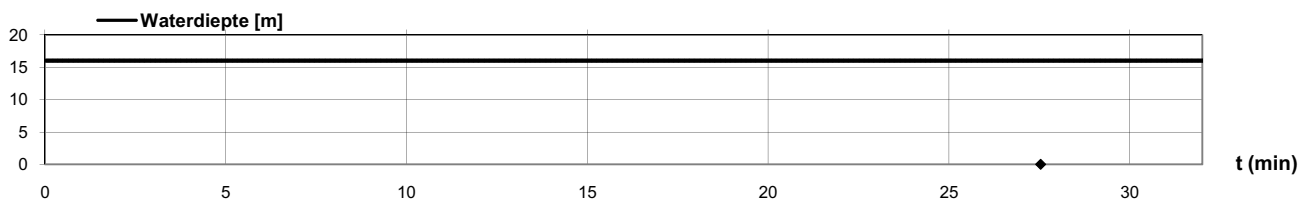
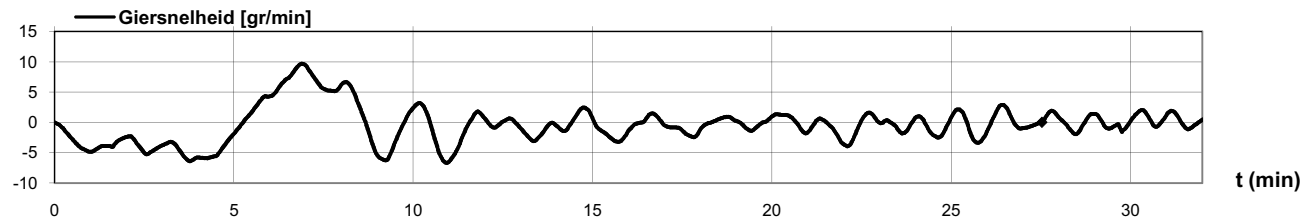
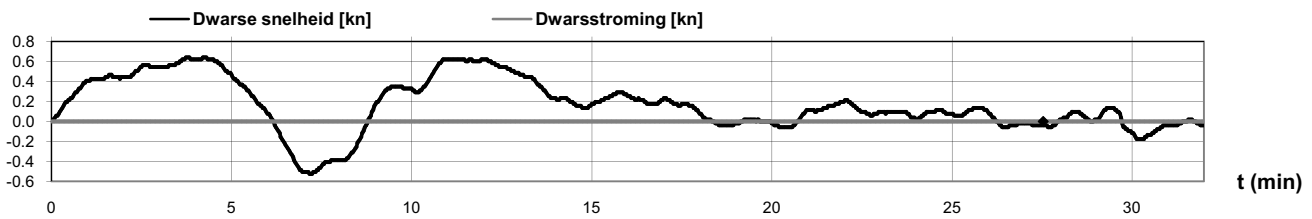
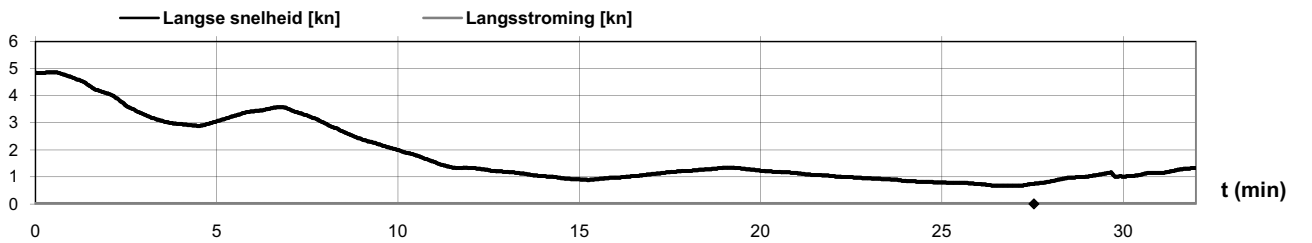
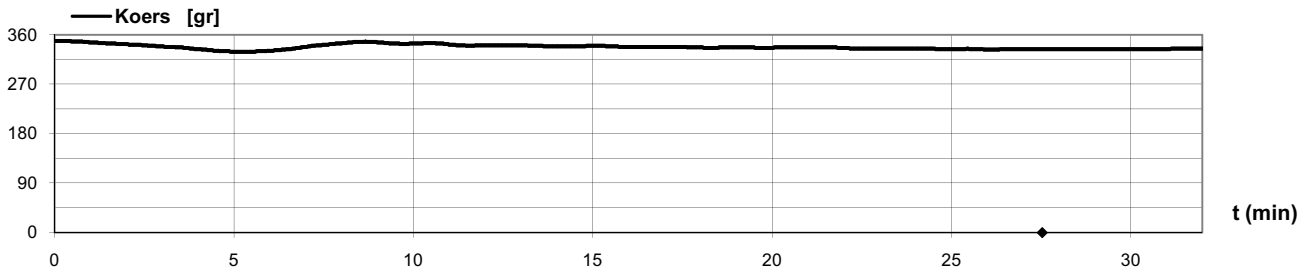
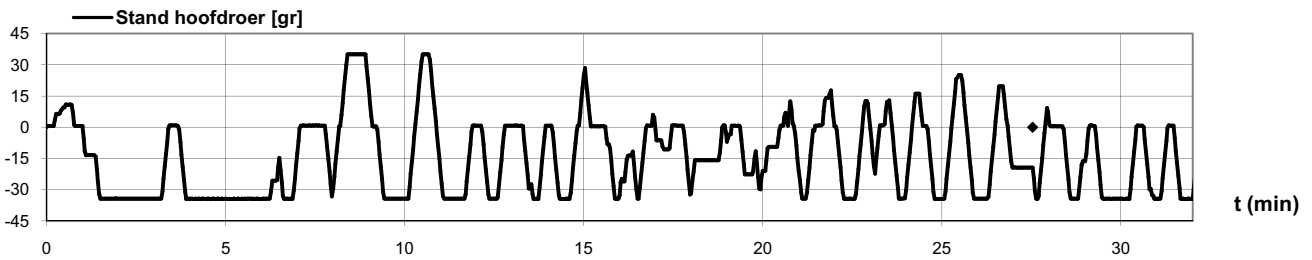
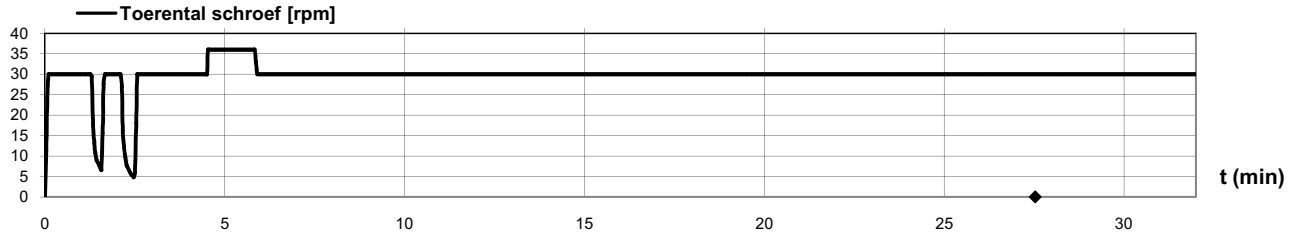
M803\_5: Zeesluis binnen complex

VAART 4  
M803\_5\_042

10/12/2009

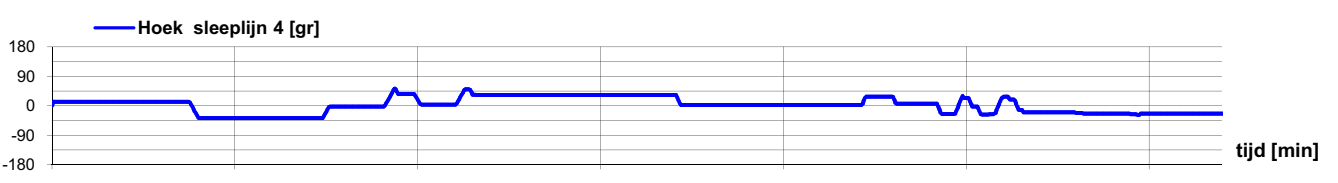
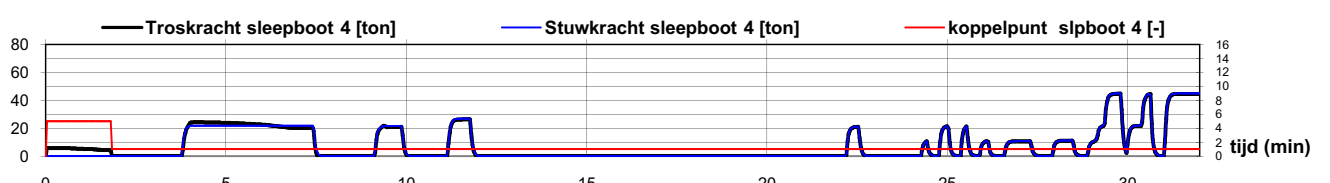
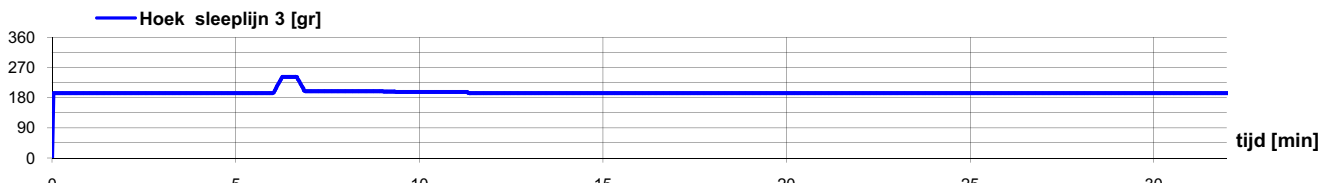
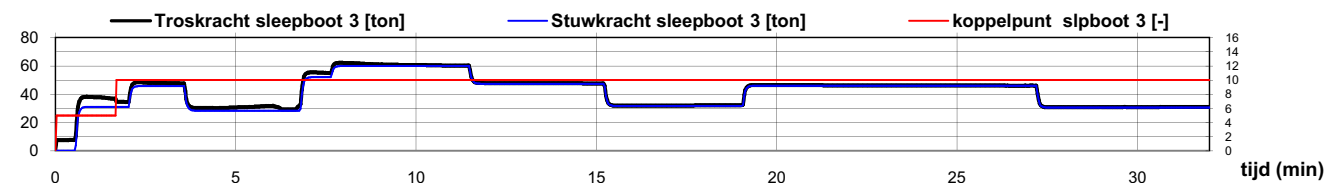
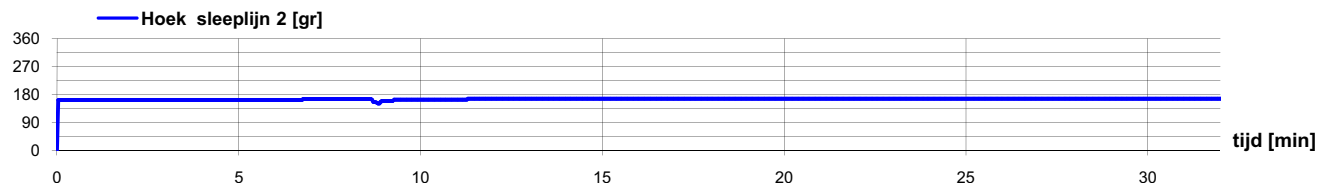
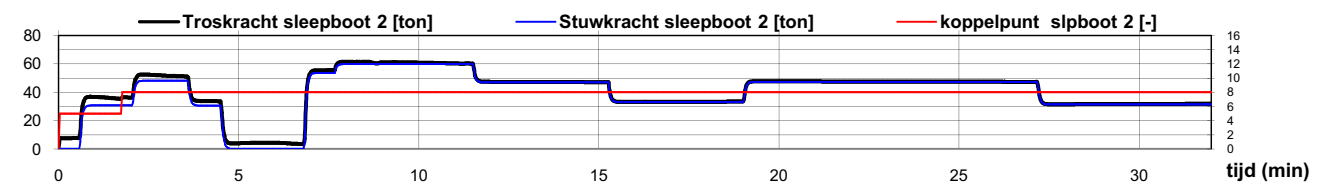
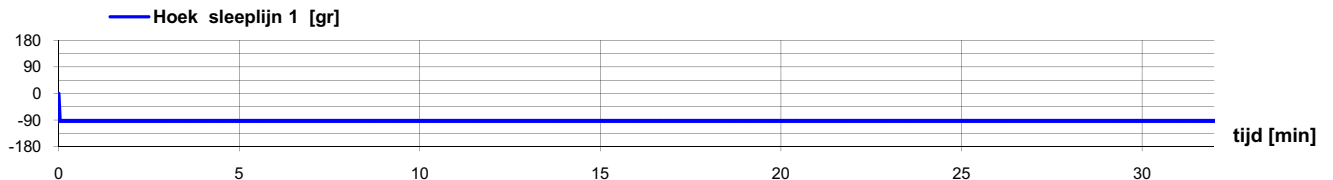
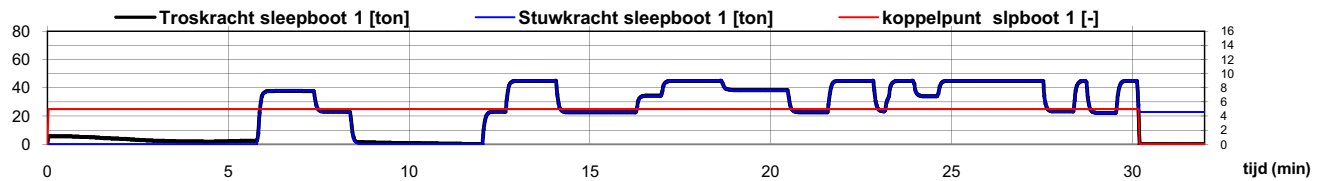
AK\_IN

duur 32 min  
sluis 27.5 min



**SLEEPBOOTGEBRUIK**  
VAART 4

M803/5: Zeesluis binnen complex



### OVERZICHTSGRAFIEKEN

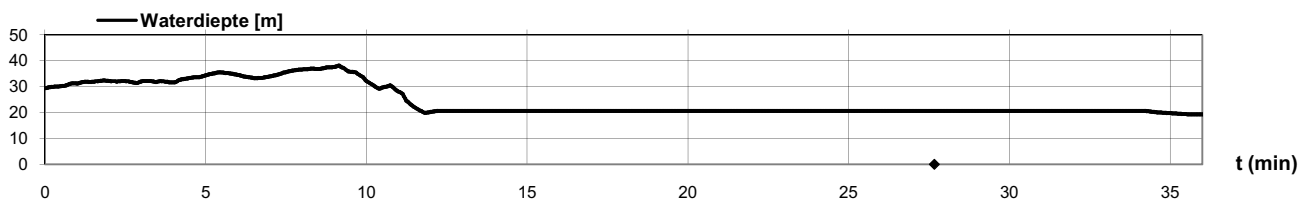
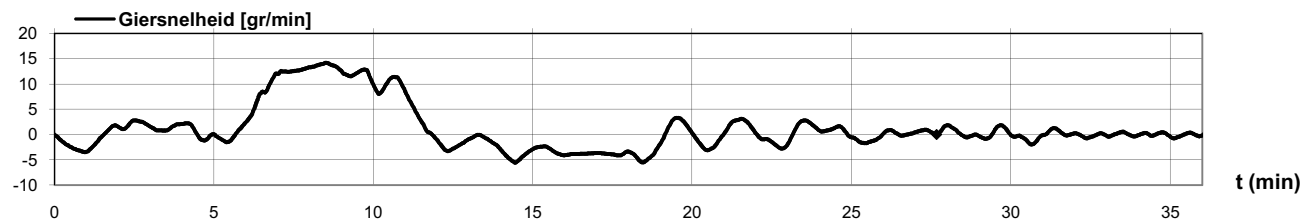
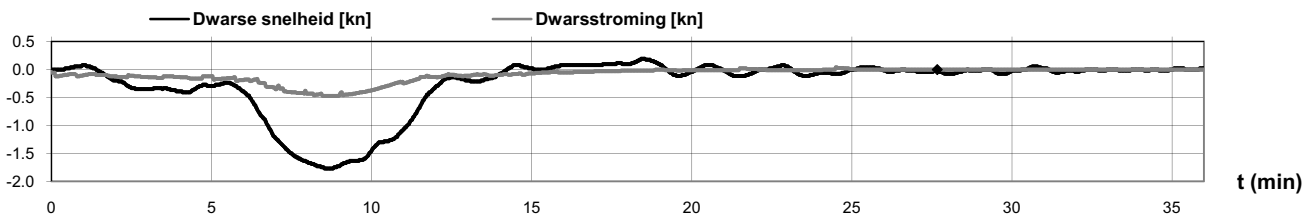
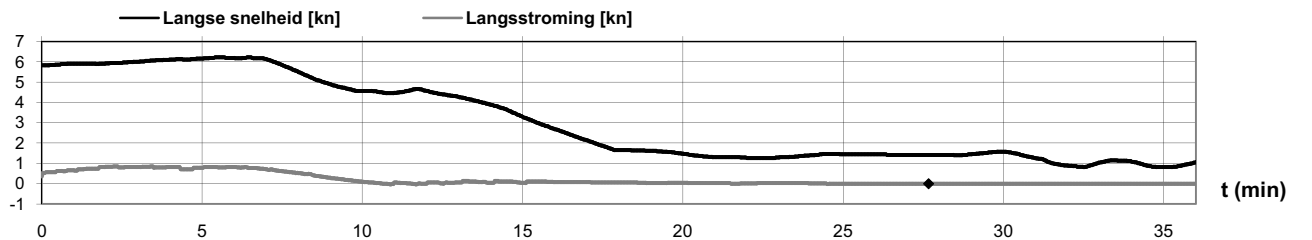
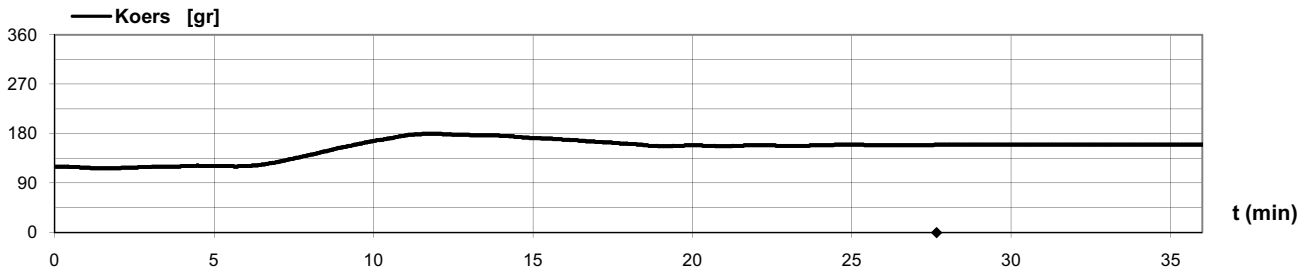
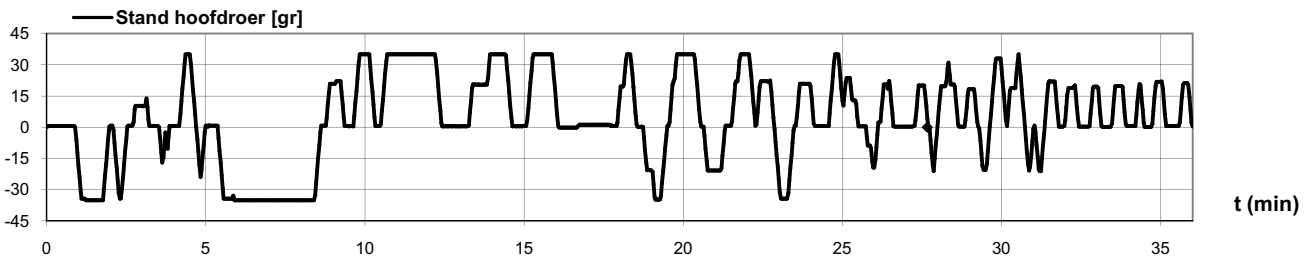
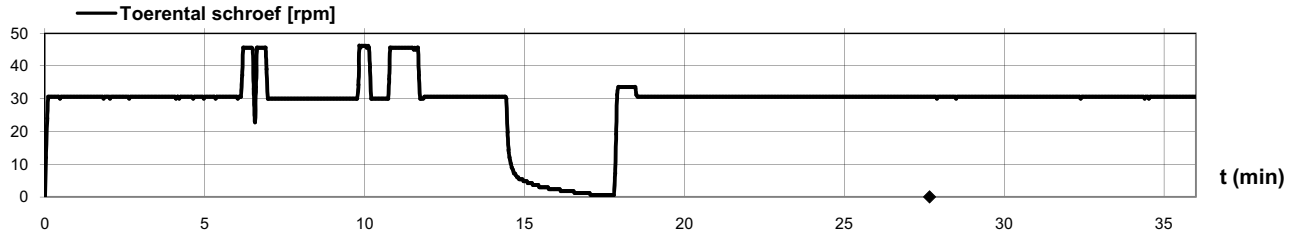
M803\_5: Zeesluis binnen complex

VAART 5  
M803\_5\_043

10/12/2009

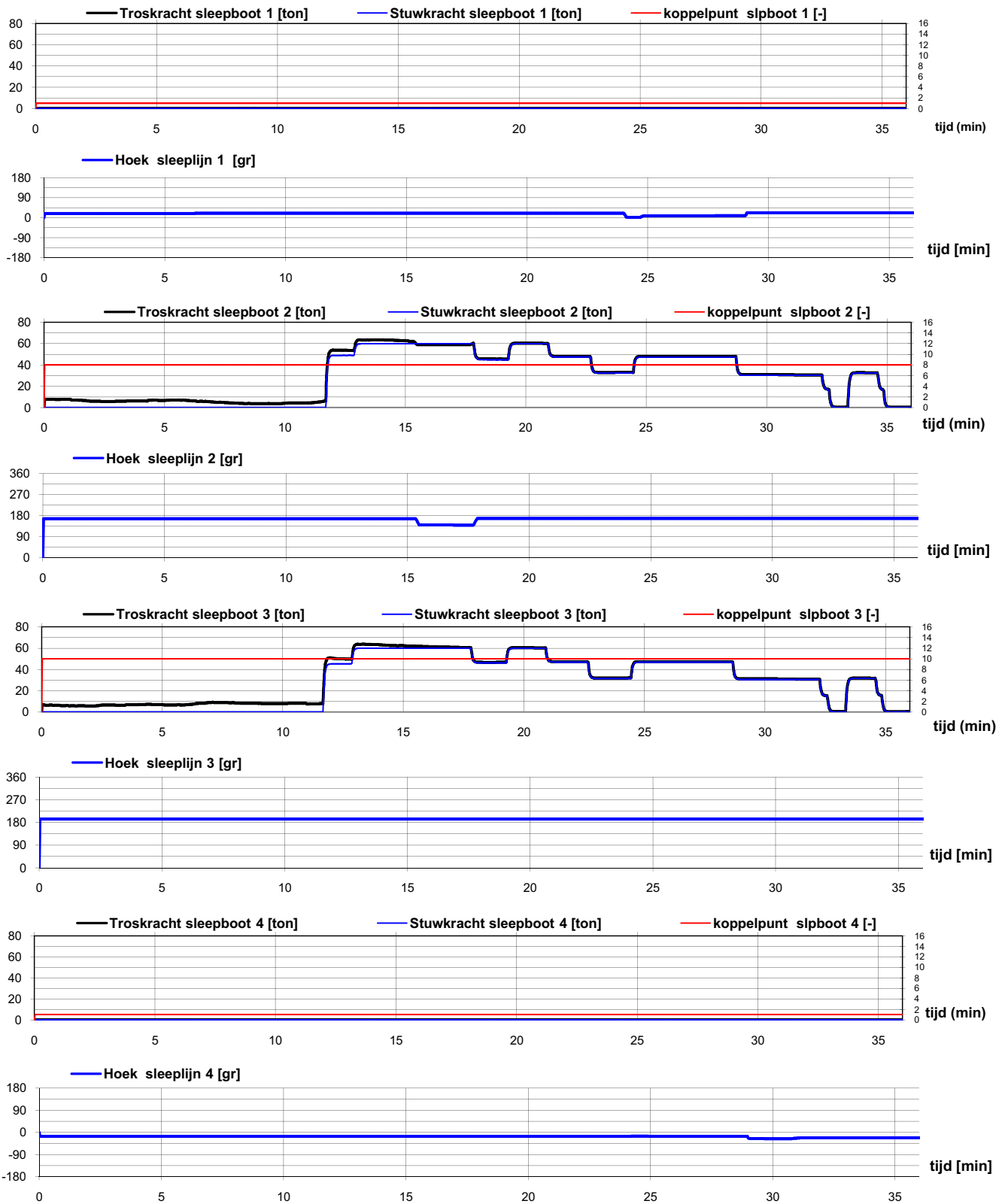
WR\_IN

duur 36 min  
sluis 27.7 min



# SLEEPBOOTGEBRUIK VAART 5

M803/5: Zeesluis binnen complex



## Bijlage 3: Debriefingsresultaten

In deze bijlage worden de ontvangen antwoorden op het debriefingformulier letterlijk overgenomen en gebundeld per onderwerp. Aangezien in de antwoorden enkele malen teruggekoppeld werd naar antwoorden op andere vragen worden de reacties steeds in dezelfde volgorde opgelijst.

### Verloop en organisatie studie

#### 1. Heeft u voldoende inspraak gehad in het bepalen van de te simuleren situaties?

1. Ja
2. Ja
3. Er was voldoende overleg zodat ik inderdaad vind dat ik mijn inbreng heb kunnen doen.
4. Ja
5. Tijdens de validatie is hier uitvoerig over gesproken, waarbij iedere aanwezige zijn mening heeft kunnen uiten, dus ja wij hebben hier voldoende inspraak in gehad. Zie ook ons antwoord op vraag 9.
6. Ja
7. Ja
8. Jawel, zijn eerst voor alle deelnemers een inloopreis gesimuleerd waarna er over de, volgende reizen overleg gepleegd werd over de sleepbootconfiguraties etc.
9. Ja
10. Ja

#### 2. Was direct voorafgaande aan elke simulatie duidelijk welke situatie gesimuleerd zou worden en waarom deze situatie was gekozen?

1. Ja
2. Ja
3. Dit werd telkens voor de simulatie door de begeleidende onderzoeker toegelicht zodat ik veronderstel dat elke gesimuleerde situatie voldoende duidelijk was vooraf. De loodsen hadden tijdens de simulaties ook nog inspraak en hun opmerkingen werden nauw opgevolgd.
4. Ja
5. Voorafgaande aan elke oefening was er een korte briefing waarbij de simulatie werd besproken. Er heeft een verdeling plaatsgevonden over de deelnemers in verschillende moeilijkheidsgradaties. Dus duidelijk.
6. Ja
7. Ja
8. Ja, zie vraag 1
9. Ja
10. Ja

### 3. Hebben de loodsen volledig vrij en naar eigen professioneel inzicht kunnen beslissen en handelen tijdens de simulaties?

1. Ja
2. Ja
3. Ik vermoed van wel, hoewel de onderzoekers uiteraard ook suggesties doen gebaseerd op voorgaande simulaties.
4. Ja
5. De situaties die wij hebben gesimuleerd, hebben wij volledig autonoom verricht. Er waren wat dat betreft geen beperkingen.
6. Ja
7. Op de dagen waarop ik aanwezig was, was er een zeer prettige, open en professionele discussie met de loodsen
8. Jawel, er werd wel overleg gepleegd met de aanwezige loodsen over de volgende simulatie.
9. Ja
10. Ja

## Realisme simulatie en relevantie scenario's

### 4. In welke opzichten waren de simulaties voldoende realistisch?

1. Opdraaien haven, manoeuvreren, de sluis naderen
2. Alles wat betreft opdraaien van de haven, naderen van de sluis en manoeuvreren
3. Deze simulaties waren voldoende realistisch omdat er naar gestreefd werd om het schip en de krachtwerkingen (hydrodynamische en externe) zo realistisch mogelijk na te bootsen. De verkeersafwikkeling werd niet gerealiseerd maar dit was ook niet het doel van deze (deel)studie.
4. Uitgezonderd andere verkeersdeelnemers en aanvankelijke krappe monding (is dacht ik later verholpen door verkorten landtong) zeer realistisch; de loodsen stonden met het zweet op hun voorhoofd
5. Het gekozen model schip is moeilijk te beoordelen. Verder waren de omstandigheden betreffende de simulaties goed. Het beeld was vrij realistisch en de aanwezigheid van een kapitein van de URS droeg bij aan het geheel.
6. Op haven komen, sloopssnelheid onder controle brengen en de sluis naderen
7. De simulaties waren voldoende realistisch om inzicht te krijgen in de voorspelbaarheid van de vaarbaan en de benodigde stopafstanden voor de sluis. Verwacht mag worden dat de daadwerkelijke invaart in de praktijk beter zal gaan op voorwaarde dat er gebruik gemaakt wordt van een portable pilot unit (ppu) die beter inzicht geeft in de positie en snelheden (m.n. driftsnelheden)
8. Beeldmateriaal van de voorgestelde inplantingen zeesluis.
9. Zeer realistisch tot positie kort voor de sluis. Vanaf ongeveer 100 m voor de sluis wordt de boeg plots zeer onstabiel.
10. De aanloop naar de sluis in alle modellen en beide richtingen was realistisch mbt versnelling en vertraging, draaipunt, drift... De manier van werken en communiceren op de brug via machine-, roer- en sleepbootorders was vrij realistisch. De reactiesnelheid of –traagheid van sleepboten die door een sleepbootkapitein bediend werden was ook realistisch. Ook de communicatie ermee was realistisch.



### 5. In welke opzichten weken zij naar uw mening teveel af van de werkelijkheid?

1. Invaren van de sluis, sleepboot te snel
2. Invaren van de sluis op zicht (zijzicht perspectief)
3. De kennis over de 366 m bulkcarrier is beperkt aangezien een dergelijk schip momenteel niet bestaat. De ontwikkeling van het wiskundig model voor dit schip werd dus gebaseerd op bestaande kennis en ervaring. Dit model moet bij oplevering van vergelijkbare schepen getoetst worden met de realiteit. Tijdens de validatie werd er een opmerking gemaakt over de ligging van het draaipunt van het schip bij draaiproeven in diep water. Er werd met deze opmerking rekening gehouden en het wiskundig model werd aangepast.
4. Zie boven; kijk nog goed naar posities van (afmeer)palen
5. Zie ons antwoord op vraag 4 en 7.
6. Sleepboot gebruik is in realiteit trager. Schip vlak voor en in sluis wordt heel onstabiel, komt niet overeen met de werkelijkheid. Langs zij kaaien voor sluis binnenkant moeten binnenvaart, sleepboten ed afgemeerd liggen
7. Zie opmerking bij vraag 4. Het ligt voor de hand dat bij de gesimuleerde scheepsafmetingen gebruik gemaakt zal gaan worden van een ppu c.q. geavanceerdere scheepsuitrusting ter ondersteuning van de manoeuvre in de vorm van verbeterde positie en snelheidsinformatie.
8. Weten niet of het ingevoerde schip reageert zoals ingevoerd. Bij vorige simulaties bleek de realiteit beter te reageren dan de simulatie.
9. Zie vraag 4
10. De laatste 50m van de aanloop en bij het "bekken" zelf in de sluis reageerde de kop van het schip nerveuzer dan verwacht.

### 6. Zijn de simulaties in overeenstemming met het doel waarvoor zij zijn uitgevoerd, namelijk het toetsen van de nautische impact van een grote zeesluis binnen complex?

1. Ja
2. Ja
3. Enkel het manoeuvreer-technisch gedeelte van het "geïsoleerde" schip werd onderzocht bij het in- en uitvaren van de sluis. Verder onderzoek moet nog uitgevoerd worden naar de fendering van de sluis voor deze schepen, o.a. wiefenders aan de ingang van de sluis.
4. Ja, maar wel alleen voor de marginale zeevaart
5. Behalve het niet kunnen toetsen van de invloed op de verkeersstromen, verder wel.
6. Ja, maar de positie van een nieuwe sluis -binnen complex- brengt de grootste (360m/14m) en de kleinste schepen (binnenvaart) heeel dicht bij elkaar...en is fundamenteel verkeerd. Daar wordt in de simulaties te weinig rekening mee gehouden. De constructie van dergelijke sluis binnen complex zal voor jaren van chaos zorgen rond het sluisencomplex (zonder middensluis!) met enorme vertragingen van de scheepvaart (sleepkosten !) voor gevolg ( vooral rond HW)
7. Ja, zij het dat de verkeerskundige implicaties door middel van verkeerssimulaties nader onderzocht zouden moeten worden.
8. Ik denk het wel.
9. Ja
10. Ja

## 7. Zijn er naar uw mening situaties die alsnog gesimuleerd zouden moeten worden?

1. Neen
2. Neen
3. De optie van het plaatsen van de sluis buiten het bestaande complex werd tijdens het eerste overleg opnieuw aangebracht. Manoeuvreeer-technisch voor een schip op zich (geen verkeersafwikkeling wordt beschouwd) ben ik van mening dat de voordelen ten opzichte van de nu onderzochte situaties beperkt zijn. Indien alle partijen het daarover eens kunnen zijn, kan deze optie na deze simulaties uitgesloten worden voor verder onderzoek. De verkeersafwikkeling bij de gekozen lay-out zou moeten onderzocht worden maar hierbij zijn real-time simulaties niet de enige toe te passen techniek. Verkeerssimulatie met regeling door alle partijen dient ook meegenomen te worden.
4. Mogelijk simulaties met andere verkeersdeelnemers (bv binnenvaart van en naar de Oostsluis)
5. Er is alleen gesimuleerd op de aspecten met betrekking tot het in/uitvaren van de sluisen, met name de impact op het overige scheepvaartverkeer is niet ter sprake gekomen, naar onze mening verdient dit de nodige aandacht in het verdere traject ter bepaling van een keuze tot plaatsbepaling van een nieuwe sluis. Zie ook ons antwoord op vraag 9.
6. Nieuwe sluis buiten complex - west van huidige Westsluis
7. Verkeerssimulaties om inzicht te krijgen in het verkeer in de voorhavens aan beide zijden van de sluis om inzicht te krijgen in of en in welke mate er conflict situaties zouden kunnen ontstaan en een aanzet te geven tot het vinden van oplossingen als bijvoorbeeld verkeersmaatregelen
8. Geen idee, aangezien wij slechts 2 dagen gesimuleerd hebben en niet weten wat de andere ploegen uigevoerd hebben.
9. Neen
10. Neen

## Conclusies en vervolgstudies

### 8. Welke conclusies kunnen er naar uw mening met vertrouwen getrokken worden uit de simulaties?

1. Simulatie invaren onder deze omstandigheden mogelijk. Meest noordelijke inplanting heeft mijn voorkeur
2. Invaren van de sluis met het gesimuleerde schip onder de gesimuleerde omstandigheden is mogelijk. De meest noordelijke inplanting van de sluis lijkt mij de beste
3. Dat een zeesluis binnencomplex gelegen volgens het voorstel van WL-werkgroep manoeuvreer-technisch toegankelijk is voor een 366 m x 48.8 m bulkcarrier onder zeer verschillende tij- en windcondities, zowel vanaf de zijde van de rivier als van het kanaal. Wat de breedte van de sluis betreft, is het aangewezen om een breedte van 58 m te gebruiken met drijfrahmen van elk 1.5 m zodat de huidige werking in Terneuzen kan verder gezet worden.
4. N-Z Invaart kan op betrouwbare wijze worden gerealiseerd (dus sluis in midden is een reële optie); uitvaart (Z-N) is mogelijk kritischer en daarbij is een gedraaide sluis beter dan Arcadis variant
5. Conclusies kunnen alleen worden getrokken na bestudering van alle runs. Echter naar onze mening was het invaren van de Arcadis-variant (figuur 2 projectplan) in afvaart erg moeilijk door de weinige beschikbare manoeuvreerruimte voor de sluis en de koersverandering die voor het aanlopen van de sluis gemaakt moet worden. Dit in tegenstelling tot de alternatieve implementatie zoals voorgesteld in figuur 4, waarbij de aanloop minder problematisch verliep. Verder bleek het aanlopen van de sluis in opvaart (geladen conditie) weinig problemen op te leveren. Bij het oplopen van de haven met enige stroom, was de vaart van het schip met de

beschikbare sleepbootconfiguraties goed te controleren.

6. De afstand van de havenmond tot de ingang v/d sluis is voldoende, zelfs bij noordelijke variant, om de snelheid onder controle te krijgen vooraleer de sluis in te varen.
7. Conclusies met betrekking tot de stopweg en de voorspelbaarheid van het oplopen van de voorhaven en de sluisnadering.
8. Bij de simulaties bleek dat de achtersleepboot best 80 ton Bp heeft, de voorboot 60 ton Bp en ten slotte de boten aan Bb en Stb ook best 60 ton Bp hebben en dat optimale plaatsing van de zijboten Bb/Stb van groot belang zijn (plaatsing meer naar de boeg of achterschip). Zuidelijke implantatie sluis te gevaarlijk bij afvaart met of zonder wind.
9. *Zuidelijke* implant, gedraaide versie is te prefereren.
10. Dat de plots een betrouwbaar beeld geven mbt tot de aanloop. Dat een sluis binnen complex kan. Dat de "gedraaide WBL" versie de beste van de twee geteste versies is. Dat de aanloop-as aan kanaalzijde niet oostelijker mag liggen dan die in de gedraaide WBL-versie

### 9. Welke conclusies mag men naar uw mening niet trekken uit de simulaties?

1. Middensluis moet verdwijnen mag niet getrokken worden
2. dat de middensluis moet verdwijnen
3. Dat de zeesluis ten allen tijde toegankelijk is. Onderzoek naar de verkeersafwikkeling is nodig.
4. Geen antwoord
5. Naar onze mening zal het overig scheepvaartverkeer betrokken moeten worden in een keuze. Een eventuele sluis buiten het bestaande complex is hier niet gesimuleerd. Daarom kan naar onze mening uit de simulaties niet de conclusie worden getrokken dat een sluis binnen het bestaande complex de juiste optie is.
6. Als gevolg van de afgemeerde en varende binnenvaart zuid van de sluis, is de vaart zuid van de sluis (op/afvaart) niet zo veilig als zou blijken uit de simulaties
7. Conclusies over het daadwerkelijk invaren van de sluis moeten met voorzichtigheid benaderd worden.
8. Dat de voorgestelde opties de beste en veiligste zijn. De nieuwe sluis zou ten westen van de bestaande West-sluis moeten komen.
9. Conclusies kunnen velerlei zijn en dienen in overleg met deelnemende partijen genomen te worden
10. Dat de gedraaide WBL versie de enige optie zou zijn binnen complex of niet verfijnd kan worden. Er kunnen ook nog geen conclusies getrokken worden mbt randvoorwaarden voor stroom of sleepboten.

### 10. De invaart van de sluis is nog niet vormgegeven, zonder trechtervorm of fender. Acht u één van beide wenselijk?

1. Ja, fenders, zeker geen trechtervorm
2. Ja
3. Voor de Deurgancksluis werden de hoeken van de sluis enigszins afgeschuind (maar geen trechtervorm omdat deze hinderlijk is voor de sleepboten) en de wiefenders werden niet verticaal boven elkaar geplaatst maar zodanig dat de flare van de schepen kan opgevangen worden door alle wiefenders. Gedetailleerde informatie hierover is beschikbaar bij het WL.
4. Palenrij aan oostzijde noordhaven; aan zuidzijde geen palenrij midden in het vaarwater
5. Befendering is ons inziens zeer wenselijk. Een trechtervorm verdient niet de voorkeur, daar dit

de manoeuvreerbaarheid van de assisterende sleepboten niet ten goede komt.

6. Ontegensprekelijk zonder trechtervorm. Men kan voorsleepboot en sleepboten in de zij veel langer gebruiken. Remmingswerken zoals aan de huidige Westsluis voldoen. Drijfrahmen zoals in de huidige Westsluis
7. Een trechtervorm al of niet in de vorm van een remmingwerk beperkt de werkruimte van de sleepboten en is vanuit dat oogpunt niet gewenst. Anderzijds was de haakse betonnen hoek van het sluishoofd zoals in de simulator enigszins angstaanjagend. Een fender die deze hoek 'afdekt' lijkt daarom wenselijk. Overwogen zou kunnen worden om palen direct voor deze hoeken te plaatsen met een rolfender zoals bijvoorbeeld bij de sluis in Emden wordt gebruikt. Daarnaast dienen de drijfrahmen door te lopen tot in de sluishoofden zoals nu ook het geval is in de Westsluis.
8. Trechtervorm wenselijk met eventuele houten stootrand?
9. Remmingswerk in lijn met oostelijke muur (cfr. Panama) spijtig genoeg niet mogelijk wegens plaatsgebrek
10. Trechtervorm buiten de kolk (maw een "remmingswerk") is niet nodig en soms zelfs hinderlijk. Misschien kan de uitvoering van sluishoeken zelf misschien eens wat minder inspiratieloos gebeuren. Een haakse punt in staal en beton, met in het beste geval een wielfender, alias blikopener of wat flinterdunne wrijfhoutjes moet toch beter kunnen. Kan men de koppen niet gewoon afschuinen en afronden, en dit liefst uitgevoerd in een massief zacht materiaal (kunststof). Bestaan er geen kunststofblokken van 1m<sup>3</sup> of meer die men kan "shapen" en waarvoor in de beton uitsparingen voorzien zijn... Het is best dat een kop-fender in het vlak van de sluismuur ligt.

#### 11. Wat is in uw ogen de meerwaarde van het drijfraam in de sluis?

1. Beperking van schade aan het kunstwerk. Drijfrahmen moeten er zijn ivf sleepboot voor; eens deze in de kolk ligt kan hij niet veel meer doen.
2. onontbeerlijk, daar de voorboot eens in de sluis, niets meer kan doen
3. Er wordt het best gestreefd naar een minimale effectieve breedte van 55 m. Door een grotere breedte te realiseren (bijvoorbeeld 58 m) met drijfrahmen (breedte nog te bepalen) is de blockage in de sluis kleiner dan bij een sluisbreedte beperkt tot 55 m. De blockage is de verhouding van de natte sectie van het schip tot de natte sectie van de sluis. Een kleinere blockage betekent dat bij het in- en uitvaren van de sluis het omringende water gemakkelijker weg kan. Een drijfraam heeft in dit verband het voordeel dat er altijd water is tussen de scheepswand en de sluismuur.
4. Geen antwoord
5. De meerwaarde is gigantisch. Het bevordert het vlotte in- en uitvaren van de sluis (time is money). en komt de veiligheid zeer ten goede. Ook vermindert het eventuele schades aan schepen en sluis.
6. Drijfrahmen moeten er zijn. Zorgen ervoor dat de invaart en uitvaart manoeuvres voor grote en kleine schepen heel wat vlotter en zonder schade zullen verlopen. De schade aan de drijfrahmen weegt niet op tegen de vele kleine beschadigingen die de sluis en de scheepvaart zullen ondervinden. Diepliggende schepen ondervinden (oiv. schroeffeffect) dan ook minder problemen om de sluis uit te varen bij laag water
7. Drijfrahmen voorkomen schade, zijn klantvriendelijk en versnellen het sluisproces. (Hogere invaarsnelheden en minder verlet door schades.)
8. Noodzakelijk bij het vermijden van schade aan sluis en schip en het veiligheidsgevoel van de loodsen/kapiteins
9. Minder schade en snellere manoeuvres
10. De manoeuvres zullen veel vlotter verlopen. Zowel de aanloop als het bekken en dokken. Dat zal een grote impact hebben op de totale schuttijd en rendement van het complex. Er zal minder schade gevaren worden.

**12. Na deze serie van simulaties volgen nog simulaties voor de vaarten op het kanaal, waarbij met name de passages van de bruggen van belang zijn. Hebt u suggesties voor deze simulaties?**

1. Neen
2. Neen
3. Het varen op het kanaal is een discipline apart die ook nog bijkomende modelleringen vergt van de oevereffecten (interactie met oevers en brugpassages).
4. Geen antwoord
5. Het is zeker van belang de simulaties op het kanaal zo realistisch mogelijk te maken. Denk aan voldoende overig scheepvaartverkeer, waarbij passages met overig verkeer gesimuleerd moeten worden. En ook het maken van noodstops bij het niet functioneren van de bruggen. Alle simulaties natuurlijk onder verschillende windcondities.
6. Voorlopig nog niet
7. Het lijkt mij wenselijk dat bij deze vaarten gebruik gemaakt wordt van een ppu met nauwkeurige drift informatie van voor- en achterschip, afwijkingen van voor- en achterschip ten opzichte van de ideale vaarbaan en predictie.
8. Gelden deze simulaties voor het bestaande kanaal of voor een aangepast kanaal met tunnel bij Sluiskil eventuele verbreding/verdieping?
9. Neen
10. Nog niet



**Waterbouwkundig Laboratorium**

*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.watlab.be](http://www.watlab.be)