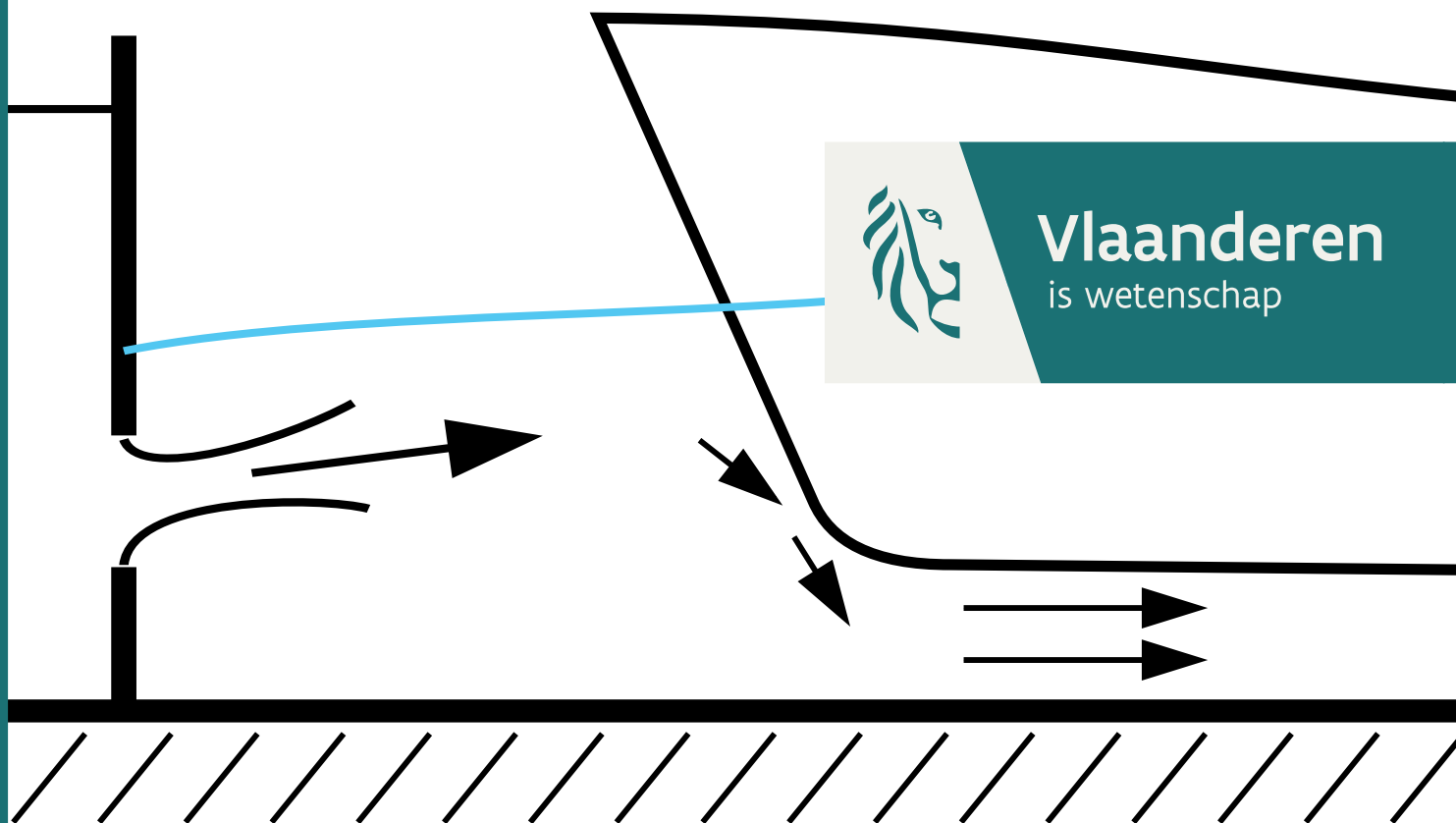




Vlaanderen
is wetenschap



15_007_2
WL rapporten

Verdere ontwikkeling programma vul_sluis

Systematische vergelijking VUL_SLUIS en LOCKFILL

Verdere ontwikkeling programma vul_sluis

Systematische vergelijking VUL_SLUIS en LOCKFILL

Vercruysse, J.; Verelst, K.; De Mulder, T.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019
D/2019/3241/234

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vercruysse, J.; Verelst, K.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2019). Verdere ontwikkeling programma vul_sluis: Systematische vergelijking VUL_SLUIS en LOCKFILL. Versie 6.0. WL Rapporten, 15_007_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

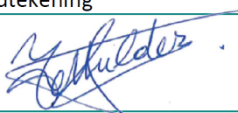
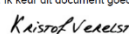
Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

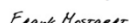
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2019R15_007_2
Keywords (3-5):	Lock, filling and emptying, software		
Tekst (p.):	26	Bijlagen (p.):	50
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

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

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	De Mulder, T. (UGent)	
Projectleider:	Verelst, K.	Getekend door: Kristof Verelst (Signature) Getekend op: 2019-11-29 09:39:01 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed 

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-11-29 13:12:29 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed 
-----------------	--------------	---



Abstract

Voor binnenvaartsluizen met een beperkt verval in Vlaanderen worden veelal puntdeuren met nivelleeropeningen in de deuren toegepast. Het dimensioneren van deze nivelleeropeningen en de openingswet van de schuiven of kleppen kan gebeuren door middel van simulaties met een gespecialiseerd programma. In 2008 is door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) begonnen met het ontwikkelen van een eigen programma dat het nivelleren van een schutsluis via openingen in de deuren beschrijft. Dit programma is gebaseerd op literatuur met betrekking tot het programma LOCKFILL, wat ontwikkeld is door Deltares in opdracht van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat en beschrijft in geschematiseerde vorm het vul- en ledigingsproces van een schutsluis bij vullen via openingen in de sluisdeuren.

In voorliggend rapport wordt een systematische vergelijking uitgevoerd tussen de programma's VUL_SLUIS en LOCKFILL voor een typesluis CEMT klasse Vb uit het Seine-Schelde project. Deze sluis heeft een lengte van 250 m, een breedte van 12.5 m en een waterdiepte bij aanvang nivelleren van 5.5 m. Het referentieschip betreft een duwkonvooi CEMT klasse Vb aangemeerd met de boeg op 5.0 m van de voor nivelleren gebruikte sluisdeur. Het nivelleersysteem bestaat uit rechthoekige openingen met een totale breedte gelijk aan 9.0 m en een hoogte 1.0 m, afgesloten met hefschuiven. Ten opzichte van deze referentie wordt een groot aantal simulaties uitgevoerd waarbij telkens één parameter wordt gevarieerd. De beschouwde varianten betreffen de afmetingen van de kolk, de waterdiepte in de kolk, de afmetingen en de diepgang van het schip, de afstand tussen de boeg en de voor nivelleren gebruikte deur, de afmeting van de nivelleeropening, het type afsluitmiddel (hefschuif/vlinderklep) en de openingssnelheid van het nivelleersysteem.

Het doel van deze oefening is tweeledig. Het eerste doel is om zich door middel van de systematische vergelijking een idee te vormen van de bandbreedte van de afwijking tussen beide programma's en om na te gaan of het wijzigen van een bepaalde parameter zorgt voor een sterke toename van de vastgestelde afwijking. Een tweede doel is om meer inzicht te krijgen op de invloed van de keuze voor VUL_SLUIS of LOCKFILL op de berekende langskrachten op het schip in de sluis kolk bij het ontwerp van een nivelleersysteem voor een nieuwe sluis.

Wat de totale langskracht op het schip betreft, is het positieve extremum berekend met LOCKFILL groter dan het positieve extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor het negatieve extremum is dit omgekeerd en is het negatieve extremum berekend met VUL_SLUIS in absolute waarde groter dan het negatieve extremum berekend met LOCKFILL. De belangrijkste verschillen tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL betreffen voornamelijk de component van de langskracht ten gevolge van de impulsafname en de component ten gevolge van de vulstraalwerking.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Beschrijving uitgevoerde simulaties	3
2.1 Referentiesimulatie	3
2.2 Gesimuleerde varianten	5
2.2.1 Kolkafmeting.....	5
2.2.2 Waterdiepte kolk.....	5
2.2.3 Schip	6
2.2.4 Afstand tussen boeg en voor nivelleren gebruikt deur.....	6
2.2.5 Nivelleeropening	6
2.3 Naamgeving simulaties.....	9
3 Vergelijking berekende langskracht op schip.....	11
3.1 Translatiegolven	11
3.2 Impulsafname	14
3.3 Wrijving.....	16
3.4 Vulstraal.....	18
3.5 Totale langskracht	20
4 Conclusies	24
5 Referenties	26
Bijlage A: Relatieve grootte nivelleeropeningen en blokkering dwarssectie schip.....	B1
Bijlage B: vergelijking VUL_SLUIS en LOCKFILL per simulatie.....	B3
5.1 Tabel	B4
5.2 Figuren.....	B7

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Versies LOCKFILL en VUL_SLUIS	2
Tabel 2 – Afmetingen referentiesluis	3
Tabel 3 – Nivelleeropening.....	4
Tabel 4 – Karakteristieken duwkonvooi CEMT klasse Vb	4
Tabel 5 - Kolkafmetingen.....	5
Tabel 6 – Waterdiepte bij laag kolkpeil	5
Tabel 7 – Karakteristieken schepen.....	6
Tabel 8 – Afstand tussen boeg en voor nivelleren gebruikte deur	6
Tabel 9 – Geometrie hefschuiven.....	7
Tabel 10 – Geometrie vlinderkleppen.....	8
Tabel 11 – Afvoercoëfficiënt in functie van klephoek voor vlinderklep.....	8
Tabel 12 – Openingswet hefschuiven.....	8
Tabel 13 – Openingswet vlinderkleppen.....	9
Tabel 14 - Uitgevoerde simulaties.....	10

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Component door translatiegolven – positief extremum.....	12
Figuur 2 – Component door translatiegolven – negatief extremum	13
Figuur 3 – Illustratie variatie van de component door translatiegolven in de tijd.....	14
Figuur 4 – Component door impulsafname– negatief extremum	15
Figuur 5 – Illustratie variatie van de component door impulsafname in de tijd.....	16
Figuur 6 – Component door wrijving – positief extremum	17
Figuur 7 – Illustratie variatie van de component door wrijving in de tijd	18
Figuur 8 – Component door vulstraal – positief extremum	19
Figuur 9 – Illustratie variatie van de component door vulstraal in de tijd	20
Figuur 10 – Totale langskracht – positief extremum.....	21
Figuur 11 – Totale langskracht – negatief extremum.....	22
Figuur 12 – Totale langskracht – absoluut extremum.....	23

1 Inleiding

Voor binnenvaartsluizen met een beperkt verval worden in Vlaanderen veelal puntdeuren met nivelleeropeningen in de deuren toegepast. Het dimensioneren van deze nivelleeropeningen en de openingswet van de schuiven of kleppen kan gebeuren door middel van simulaties met een gespecialiseerd programma. In 2008 is door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) begonnen met het ontwikkelen van een eigen programma dat het nivelleren van een schutsluis via openingen in de deuren beschrijft. Dit programma is gebaseerd op literatuur met betrekking tot het programma LOCKFILL, wat ontwikkeld is door Deltares in opdracht van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat (NL), en beschrijft in geschematiseerde vorm het vul- en ledigingsproces van een schutsluis bij vullen via openingen in de sluisdeuren. Nivelleren via korte omloopriolen, nivelleren via omloopriolen met woelkelder en de berekening van de component van de langskracht ten gevolge van dichtheidsverschillen zijn voorlopig niet beschouwd bij de ontwikkeling van het programma VUL_SLUIS, maar zijn wel in beperkte mate mogelijk in LOCKFILL.

De ontwikkeling van het programma VUL_SLUIS is gestart in het WL-project 00_077. Tijdens dit project zijn twee verschillende versies van het programma ontwikkeld. Deze beide releases geven echter identiek dezelfde resultaten wat betreft het debiet door de vulopeningen, de variatie in de tijd van het waterpeil in de sluiskolk en de optredende end-to-end waterspiegelhellingen. De verschillen tussen beide releases betreffen de formulering voor het berekenen van de langskrachten op het schip.

Bij de verdere ontwikkeling van VUL_SLUIS is reeds een eerste deelonderzoek uitgevoerd naar een aantal opmerkingen, aanbevelingen en verbeterpunten met betrekking tot de ontwikkeling van het programma VUL_SLUIS. Als resultaat van dit onderzoek is VUL_SLUIS release 01.53.01 ontwikkeld. Met deze release worden zowel versie A als versie B van het programma gesimuleerd. Daarna werd door Universiteit Gent een onderzoek uitgevoerd naar de berekening van debiet en impuls in de vulstraal. Het resultaat van dit onderzoek was een nieuwe implementatie van de subroutine VUL_SLUIS_impuls_straal.m, dewelke geïmplementeerd is in VUL_SLUIS release 01.54.00. Deze laatste release berekent slechts één versie meer van de langskrachten op het schip in de sluiskolk.

In voorliggend rapport wordt een systematische vergelijking uitgevoerd tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL met betrekking tot één bepaalde typesluis. In het kader van het Seine-Schelde-project zijn in Vlaanderen een aantal projecten lopende met betrekking tot het ontwerp en/of de bouw van nieuwe sluizen voor CEMT klasse Vb schepen. Deze sluizen betreffen alle binnenvaartsluizen met een beperkt verval van maximaal 2 à 3 m. Voor het ontwerp van het nivelleersysteem is voor deze sluizen gekozen voor openingen in de sluisdeuren. In dit rapport wordt een typesluis CEMT klasse Vb uit het Seine-Schelde-project beschouwd voor het uitvoeren van de systematische vergelijking tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL. Als referentiesimulatie wordt een sluis met lengte 250 m en breedte 12.5 m beschouwd. Het referentieschip betreft een duwkonvooi CEMT klasse Vb aangemeerd met de boeg op 5.0 m van de voor nivelleren gebruikte sluisdeur. Het nivelleersysteem bestaat uit rechthoekige openingen met een breedte 9.0 m en hoogte 1.0 m, afgesloten met hefschuiven. Ten opzichte van deze referentie wordt een groot aantal simulaties uitgevoerd waarbij telkens één parameter wordt gevarieerd. De beschouwde varianten betreffen de afmetingen van de kolk, de waterdiepte in de kolk, de afmetingen en de diepgang van het schip, de afstand tussen de boeg en de voor nivelleren gebruikte deur, de afmeting van de nivelleeropening, het type afsluitmiddel (hefschuif/vlinderklep) en de openingssnelheid van het nivelleersysteem.

Voor het berekenen van de nivelleerkromme en de variatie in de tijd van het debiet door de openingen in de sluisdeuren zijn LOCKFILL en VUL_SLUIS zo goed als identiek (Verelst *et al.*, 2018). Bij het uitvoeren van de simulaties ligt de focus op het vullen van de sluiskolk. Bij vullen van de kolk wordt de kinetische energie van de inkomende vulstralen gedissipeerd in de sluiskolk en worden op het schip in de kolk de hoogste krachten berekend. Uit Verelst *et al.* (2018) volgt dat de verschillen tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL voornamelijk de implementatie van de invloed van de geconcentreerde vulstraal uit de openingen op de berekening van de

langskracht op het schip betreffen. Deze verschillen zijn enkel aanwezig bij vullen van een sluiskolk. Om die reden wordt in voorliggend rapport het merendeel van de simulaties uitgevoerd voor vullen van de sluiskolk en betreffen slechts enkele simulaties ledigen. Daarnaast volgt uit Verelst *et al.* (2018) dat met beide programma's langskrachten op het schip in de kolk berekend worden, die gelijk zijn aan elkaar wat de periode van de krachten betreft, maar voornamelijk verschillen in amplitude. Bij een ontwerp van een nivelleersysteem van een sluiskolk wordt meestal ook enkel het positieve en negatieve extremum van de langskracht vergeleken met een maximaal toegelaten waarde. Om die redenen wordt voor de vergelijking van de resultaten van de simulaties in dit rapport enkel het positieve en negatieve extremum van de langskracht vergeleken.

De gebruikte versies van het programma VUL_SLUIS en LOCKFILL worden gegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Versies LOCKFILL en VUL_SLUIS

programma	versie
LOCKFILL	5.03.00
VUL_SLUIS	01.54.00

Zowel VUL_SLUIS als LOCKFILL berekenen de volgende 4 verschillende componenten van de langskracht op een schip in de sluiskolk:

- De component van de langskracht ten gevolge van translatiegolven in de sluiskolk
- De component van de langskracht ten gevolge van de impulsafname. Deze component wordt bepaald door de impulsafname van de vulstralen en door de impulsafname van de stroming in de langsricting van de kolk.
- De component van de langskracht ten gevolge van wrijving van de stroming tegen het schip en de kolkwanden.
- De component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking: deze component wordt bepaald door het botsen van de straal uit de openingen tegen de boeg van het schip.

Merk op dat wanneer de kolk gevuld wordt door middel van water met een andere dichtheid dit zal resulteren in een bijkomende kracht op het schip. Dit kan niet gesimuleerd worden met behulp van VUL_SLUIS en met behulp van de openbaar beschikbare versie van LOCKFILL. Daarom wordt de kracht ten gevolge van het vullen van de kolk door middel van water met een andere dichtheid niet beschouwd in dit rapport. Deze fenomenen zijn ook niet relevant voor de binnenvaartsluizen in het Seine-Schelde-project.

Het doel van deze oefening is tweeledig. Het eerste doel is om door middel van de systematische vergelijking een idee te vormen van de bandbreedte van de afwijking tussen beide programma's en om na te gaan of het wijzigen van een bepaalde parameter zorgt voor een sterke toename van de vastgestelde afwijking. Een tweede doel is om meer inzicht te krijgen op de invloed van de keuze voor VUL_SLUIS of LOCKFILL op de berekende langskrachten op het schip in de sluiskolk bij het ontwerp van een nivelleersysteem voor een nieuwe sluis.

De beschouwde referentiesluis en de gevarieerde parameters worden beschreven in hoofdstuk 2. De resultaten van de uitgevoerde simulaties worden beschreven in hoofdstuk 3. De conclusies worden vervolgens samengevat in hoofdstuk 4.

In bijlage B wordt voor elke uitgevoerde simulatie een figuur gegeven met de nivelleerkromme, de variatie in de tijd van het debiet door de nivelleeropeningen, de toegepaste openingswet, de variatie in de tijd van de totale langskracht op het schip en de verschillende componenten van de berekende langskrachten en een tabel met de kenmerkende resultaten.

2 Beschrijving uitgevoerde simulaties

De referentiesimulatie wordt besproken in paragraaf 2.1. In paragraaf 2.2 worden vervolgens de gesimuleerde varianten ten opzichte van deze referentiesimulatie besproken. Een overzicht van alle uitgevoerde simulaties met de bijhorende naamgeving wordt vervolgens gegeven in paragraaf 2.3.

2.1 Referentiesimulatie

Zoals vermeld in hoofdstuk 1 wordt als referentiesluis gekozen voor een binnenvaartsluis in het kader van het Seine-Schelde-project met als maatgevend schip een duwkonvooi CEMT klasse Vb. De afmeting van de sluis wordt gegeven in Tabel 2. Voor de sluis wordt een waterdiepte 5.50 m beschouwd. Dit komt overeen met een kielspelling van 1.00 m bij het verschutten van een schip met diepgang 4.50 m. Ter vergelijking worden in Tabel 2 ook de afmetingen voor de nieuwe sluisen te Sint-Baafs-Vijve en Harelbeke op de Leie gegeven. Merk hierin op dat de waterdiepte voor de referentiesluis groter is. De verklaring hiervoor is dat de maximale diepgang voor de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve slechts 3.50 m bedraagt terwijl het standaard schip in de referentiesluis een diepgang van 4.50 m heeft. Omdat te Sint-Baafs-Vijve occasioneel een schip met een grotere breedte verschut wordt, heeft de nieuwe sluis een breedte 16.0 m in plaats van de standaardbreedte voor een CEMT klasse Vb sluis (12.5 m).

Tabel 2 – Afmetingen referentiesluis

	Referentiesluis	nieuwe sluis Sint-Baafs-Vijve (Expertise Beton en staal & W&Z nv Afdeling Bovenschede, 2017)	nieuwe sluis Harelbeke (SBE, 2012)
Lengte (tussen scharnierpunten deuren)	250.0 m	260.6 m	244.7
Breedte	12.5 m	16.0 m	12.5
Waterdiepte	5.50 m	4.70 m	5.20
Stopstreepafstand	5.0	5.1 m	2.5
Hefsnellheid schuiven	0.002 m/s	0.002 m/s à 0.003 m/s	0.003 m/s

Het nivelleersysteem van de referentiesluis bestaat uit rechthoekige openingen. Deze worden opwaarts afgesloten door middel van een hefschuif. Aan de stroomafwaartse zijde van de opening worden breekbalken geplaatst. De afvoercoëfficiënt van de openingen bedraagt 0.70 en wordt dus onafhankelijk van de hefhoogte genomen¹. De standaardopening heeft een totale breedte 9.0 m, dit komt overeen met 72 % van de kolkbreedte². De relatieve breedte is 5 % hoger dan de in Ontwerp van Schutsluizen (Beem *et al.*, 2000) aanbevolen openingsbreedte van 67 % voor binnenvaartsluizen. De hoogte van de opening bedraagt 1.0 m

¹ Merk op dat in werkelijkheid de afvoercoëfficiënt wel varieert met de hoogte van de hefschuif. Aangenomen wordt dat deze variatie geen invloed heeft op dit vergelijkend onderzoek.

² Merk op dat in werkelijkheid deze openingsbreedte gespreid zal worden over meerdere nivelleeropeningen. In de formuleringen van VUL_SLUIS en LOCKFILL wordt hier geen rekening mee gehouden. Ook in de invoerfiles van VUL_SLUIS en LOCKFILL wordt enkel de totale breedte van de nivelleeropeningen opgegeven.

en de spreiding ten gevolge van de breekbalken wordt begroot op 120 %. De hefschuiven worden geopend met een constante snelheid van 0.002 m/s. De karakteristieken van de nivelleeropening worden samengevat in Tabel 3. Merk hierin op dat de peilen uitgedrukt worden in m ref. Dit betreft de hoogte ten opzichte van de kolkbodem.

Tabel 3 – Nivelleeropening

opwaarts dagvlak	breedte	9.0 m
	hoogte	1.0 m
	oppervlak	9.0 m ²
afwaarts dagvlak	center opening	0.75 m ref
	spreiding	120 % / 10.8 m ²
	bovenzijde vulstraal	1.35 m ref
breekbalken		Ja
afvoercoëfficiënt		0.7
hefsnelheid schuiven		0.002 m/s.

De karakteristieken van het duwkonvooi CEMT klasse Vb worden gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 – Karakteristieken duwkonvooi CEMT klasse Vb

lengte		180.0 m		
breedte		11.4 m		
diepgang		4.5 m	3.5 m	2.5 m
massa ³		7609614 kg	6019314 kg	4429014 kg
hoek boeg	verticaal vlak	30°		
	horizontaal vlak	90°		
ruwheidshoogte		0.005 m		

Alle simulaties worden uitgevoerd voor 4 vervallen: 1.0 m, 2.0 m, 4.0 m en 8.0 m. Zie Tabel 7. Bemerk hierbij dat de LOCKFILL manual vermeldt dat voor vervallen groter dan 4 m bijkomend fysisch schaalmodel onderzoek sterk aanbevolen wordt (Deltares, 2015). De kolkbodem bevindt zich in de simulaties steeds op 0 m. De andere peilen worden vervolgens uitgedrukt ten opzichte van het peil van de kolkbodem.

³ In het kader van sleeptankonderzoek door WL uitgevoerd met een schaalmodel (op schaal 1/25) van het duwkonvooi CEMT klasse Vb en een schaalmodel van het duwkonvooi CEMT klasse VIb (op schaal 1/40) is de totale massa van de beide duwkonvooien bepaald bij een diepgang van 4.0 m. De prototype-lengte van deze duwkonvooien bedroeg 185.0 m (2 duwbakken met een lengte van 76.5 m en een duwboot met een lengte van 32.0 m). Op basis van de opgemeten massa van de duwkonvooien (omgerekend naar prototypedimensies) en rekening houdend met het feit dat de duwboot een lengte heeft van 32.0 m, een diepgang van 1.75 m en een blokcoëfficiënt van 0.71, wordt voor de duwbak een blokcoëfficiënt van 0.94 berekend. Met behulp van de blokcoëfficiënt van de duwbak en de diepgang en kortere lengte van het duwkonvooi in rekening brengend (door een duwbak van 74.0 m te beschouwen) is voor het CEMT klasse VIb duwkonvooi de totale massa bij een diepgang van 4.5 m, 3.5 m en 2.5 m uit Tabel 4 bepaald.

2.2 Gesimuleerde varianten

Ten opzichte van de in paragraaf 2.1 gegeven referentiesimulatie worden telkens één of meerdere parameters gevarieerd. De beschouwde varianten betreffen de afmetingen van de kolk, de waterdiepte in de kolk, de afmetingen en de diepgang van het schip, de afstand tussen de boeg en de voor nivelleren gebruikte deur, de afmeting van de nivelleeropening, het type afsluitmiddel (hefschuif/vlinderklep) en de openingssnelheid van het nivelleersysteem. Merk in deze paragraaf op dat elke variant een afkorting krijgt. Op basis van deze afkortingen wordt in paragraaf 2.3 een code opgesteld die de simulatie karakteriseert.

2.2.1 Kolkafmeting

De referentie kolk heeft een lengte 250.0 m en een breedte 12.5 m. Hiernaast wordt ook nog een kolk met de halve lengte gesimuleerd en een kolk met de dubbele breedte. Merk op dat voor de simulaties met de dubbele kolkbreedte ook het nivelleersysteem herschaald wordt, zie paragraaf 2.2.5. De karakteristieken van de gesimuleerde kolken worden samengevat in Tabel 5.

Tabel 5 - Kolkafmetingen

afkorting	lengte	breedte
	[m]	[m]
<u>K1</u>	<u>250</u>	<u>12.5</u>
K2	125	12.5
K3	250	25

2.2.2 Waterdiepte kolk

De waterdiepte in de kolk bij begin nivelleren bedraagt 5.5 m voor de referentiesimulatie. Dit komt bij een schip met de maximale diepgang van 4.5 m overeen met een kielspeling van 1.0 m. Als variant worden ook simulaties uitgevoerd met een waterdiepte 3.5 m. Bij een waterdiepte 3.5 m en een kielspeling 1.0 m (i.e. de minimale kielspeling voor binnenvaart in een sluiskolk) bedraagt de diepgang van het schip 2.5 m. De gesimuleerde waterdieptes worden samengevat in Tabel 6.

Tabel 6 – Waterdiepte bij laag kolkpeil

afkorting	waterdiepte
	[m ref]
<u>A55</u>	<u>5.5</u>
A35	3.5

2.2.3 Schip

Het referentieschip betreft een duwkonvooi CEMENT klasse Vb met een diepgang 4.5 m. Hiernaast worden voor dit type schip als variatie ook een diepgang 3.5 m en 2.5 m gesimuleerd. Naast het standaardschip worden ook simulaties uitgevoerd met een schip CEMENT klasse Va met een maximale diepgang van 4.5 m en een schip CEMENT klasse I met een maximale diepgang van 2.2 m. De karakteristieken van deze schepen worden samengevat in Tabel 7.

Tabel 7 – Karakteristieken schepen

afkorting,	CEMT classi- ficatie	afmetingen			blok coëfficiënt	massa [kg]	hoek boeg		Nikuradse ruwheid scheepsromp [m]
		lengte	breedte	diepgang			verticaal vlak	horizontaal vlak	
		[m]	[m]	[m]			[°]	[°]	
<u>S1_D45</u>	<u>Vb</u>	<u>180</u>	<u>11.4</u>	<u>4.5</u>	0.82	7609614	<u>30</u>	<u>90</u>	<u>0.005</u>
S1_D35	Vb	180	11.4	3.5	0.84	6019314	30	90	0.005
S1_D25	Vb	180	11.4	2.5	0.86	4429014	30	90	0.005
S2_D45	Va	110	11.4	4.5	0.87	4909410	90	45	0.005
S3_D22	I	38.5	5.05	2.2	0.90	384962	90	45	0.005

2.2.4 Afstand tussen boeg en voor nivelleren gebruikt deur

De referentie afstand tussen de boeg en de voor nivelleren gebruikte deur bedraagt 5.0 m. Bijkomend wordt ook een afstand 2.5 m, 10.0 m en 20.0 m gesimuleerd. De toegepaste afstanden worden samengevat in Tabel 8.

Tabel 8 – Afstand tussen boeg en voor nivelleren gebruikte deur

afkorting	afstand
	[m]
<u>ST050</u>	<u>5.0</u>
ST025	2.5
ST100	10.0
ST200	20.0

2.2.5 Nivelleeropening

Voor de vergelijking worden rechthoekige openingen afgesloten door een hefschuif en breekbalken aan afwaartse zijde van de opening beschouwd. De afvoercoëfficiënt van de openingen wordt hierbij onafhankelijk van de hefhoogte verondersteld. De nivelleeropening van de referentiesimulatie heeft een totale breedte 9.0 m, wat overeenkomt met 72 % van de kolkbreedte. De hoogte van de opening bedraagt 1.0 m. Het center van de opening ligt op 0.75 m boven de kolkbodem en de spreiding van de vulstraal ten gevolge van de breekbalken wordt begroot op 120 %. Hierbij wordt de bovenzijde van de vulstraal bepaald op basis van een symmetrische spreiding in de hoogte ten opzichte van het center van de opening, zonder

spreiding in de breedte. Uit door WL uitgevoerd onderzoek naar de invloed van breekbalken op het stromingspatroon werd namelijk vastgesteld dat verticale breekbalken voornamelijk zorgen voor een spreiding in de hoogte en niet in de breedte (Vercruysse *et al.*, 2017). Als variant wordt ook een opening beschouwd met halve breedte (4.5 m) en een opening gelijk aan de kolkbreedte (12.5 m). Voor de simulaties met de dubbele kolkbreedte wordt ook de breedte van de opening verdubbeld (9.0 m → 18.0 m). Deze bijkomende simulaties werden eveneens uitgevoerd met een spreiding van de straal ten gevolge van breekbalken gelijk aan 120 %. Hiernaast wordt nog een variant ten opzichte van de referentiesimulatie gesimuleerd waarbij de spreiding van de straal afwaarts de breekbalken 100 % bedraagt. Ook wordt de hoogte van de opening in de deur gevarieerd. Een variant waarbij het center van de opening op 0.50 m boven de kolkbodem ligt (GO7), een variant waarbij het center van de opening op 1.00 m boven de kolkbodem ligt (GO8) en een variant waarbij het center van de opening op 1.50 m boven de kolkbodem ligt (GO9) worden gesimuleerd. Voor de vergelijkbaarheid van de simulaties wordt de spreiding en de bovenzijde van de vulstraal ten opzichte van het center van de opening in deze drie laatste simulaties gelijk gehouden. Bemerk dat bij de variant waarbij het center van de opening op 0.50 m boven de bodem gelegen is (GO7) de onderzijde van de opening samenvalt met de bodem en er geen spreiding van de straal naar onder toe mogelijk is. Hierdoor zal de spreiding vermoedelijk kleiner zijn dan 120 %, aangezien een symmetrische spreiding in de hoogte wordt beschouwd. De karakteristieken van de nivelleeropeningen afgesloten met hefschuiven worden samengevat in Tabel 9.

Tabel 9 – Geometrie hefschuiven

afkorting	opening opwaarts dagvlak			opening afwaarts dagvlak				breekbalken	afvoercoëfficiënt
	breedte	hoogte	oppervlak	center opening	spreiding		bovenzijde-vulstraal		
	[m]	[m]	[m ²]	[m ref]	[%]	[m ²]	[m ref]		
GO1	9.0	1	9.0	0.75	120	10.8	1.35	J	0.7
GO2	4.5	1	4.5	0.75	120	5.4	1.35	J	0.7
GO3	12.5	1	12.5	0.75	120	15.0	1.35	J	0.7
GO4	18.0	1	18.0	0.75	120	21.6	1.35	J	0.7
GO6	9.0	1	9.0	0.75	100	9.0	1.25	J	0.7
GO7	9.0	1	9.0	0.50	120	10.8	1.10	J	0.7
GO8	9.0	1	9.0	1.00	120	10.8	1.60	J	0.7
GO9	9.0	1	9.0	1.50	120	10.8	2.10	J	0.7

Hiernaast wordt ook een geometrie met vlinderkleppen gesimuleerd. De diameter van de vlinderkleppen wordt zo gekozen dat de doorstroomsectie overeenkomt met deze van de referentiesimulatie (9.0 m²). Het aantal openingen (6) en de diameter van de openingen (1.38 m) komt overeen met een vorig ontwerp van het nivelleersysteem voor de nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve met kolkbreedte 12.5 m (Vercruysse *et al.*, 2014), waarbij de openingen afgesloten werden door hefschuiven. Het center van de vlinderklep ligt op 0.94 m boven de kolkbodem zodat analoog met GO2 de onderzijde van de opening op 0.25 m boven de kolkbodem ligt. Om de vergelijking met hefschuiven te vergemakkelijken worden hierbij ook breekbalken toegepast en bedraagt de afvoercoëfficiënt van de vlinderkleppen in volledig geopende toestand 0.7. Voor de afvoercoëfficiënt in functie van de draaihoek wordt de reeks gegeven in Schwanenberg & Jongeling (2003) verschaald op basis van de verhouding bij een volledig geopende klep, zie Tabel 11.

Tabel 10 – Geometrie vlinderkleppen

af- kort- ing	aantal open- ingen	opwaarts dagvlak					afwaarts dagvlak				breek balk en	afvoer- coëf- ficiënt
		dia- meter	opper- vlak	klephoek gesloten toestand	klephoek open toestand	mini- mum klep- hoek	center open- ing	oppervlak na breek balken	boven- zijde- vulstraal			
	[-]	[m]	[m²]	[°]	[°]	[°]	[m ref]	[%]	[m²]	[m ref]		
GO5	6	1.38	9.00	0.00	90.00	0.00	0.94	120	10.8	1.77	J	0.70

Tabel 11 – Afvoercoëfficiënt in functie van klephoek voor vlinderklep

relatieve openingshoek	Afvoercoëfficiënt	
	(Schwanenberg & Jongeling, 2003)	verschaald
0.00	0.000	0.000
0.10	0.005	0.005
0.20	0.023	0.024
0.30	0.061	0.063
0.40	0.115	0.118
0.50	0.190	0.196
0.60	0.290	0.299
0.70	0.400	0.412
0.80	0.520	0.535
0.90	0.620	0.638
0.96	0.660	0.679
1.00	0.680	0.700

De referentie openingswet voor hefschuiven heeft een constante hefsnelheid van 0.002 m/s. Als variant wordt een simulatie met de halve hefsnelheid, de dubbele hefsnelheid en de viervoudige hefsnelheid uitgevoerd. De karakteristieken van de openingswetten voor een nivelleeropening met hefschuiven worden samengevat in Tabel 12. Merk op dat in situ soms ook openingswetten toegepast worden bestaande uit verschillende snelheden of openingswetten die een pauze bevatten. Deze worden hier niet beschouwd.

Tabel 12 – Openingswet hefschuiven

afkorting	type	hefsnelheid
	[-]	[m/s]
<u>O1</u>	<u>lineair</u>	<u>0.002</u>
O2	lineair	0.004
O3	lineair	0.008
O5	lineair	0.001

Voor de geometrie met vlinderkleppen wordt de hoeksnelheid van de vlinderklep zo bepaald dat deze op een zelfde tijdstip volledig geopend is als bij het toepassen van de standaard openingswet bij de geometrie met

hefschuiven. De hoeksnelheid voor de openingswet voor een nivelleeropening met vlinderkleppen wordt gegeven in Tabel 13.

Tabel 13 – Openingswet vlinderkleppen

	type	hoeksnelheid
afkorting	[-]	[°/s]
O4	lineair	0.18

2.3 Naamgeving simulaties

Door middel van het samenvoegen van de hierboven gegeven afkortingen krijgt elke simulatie een code, zoals bijvoorbeeld:

$\underbrace{R04}_{\text{reeks nr.}} - \underbrace{S017}_{\text{simulatie nr.}} - \underbrace{K1}_{\text{kolk}} - \underbrace{H35}_{\text{waterdiepte}} - \underbrace{V}_{\text{type v/L}} \underbrace{020}_{\text{verval}} - \underbrace{S1}_{\text{schip}} - \underbrace{D25}_{\text{diepgang}} - \underbrace{ST050}_{\text{stopstreep}} - \underbrace{G01}_{\text{nivelleer opening}} - \underbrace{O1}_{\text{openingswet}}$

Bemerk dat alle simulaties uitgevoerd worden voor 4 vervallen. Twee volgnummers worden gebruikt: een reeksnummer dat geen rekening houdt met het verval en een simulatienummer dat wel rekening houdt met het verval.

In totaal zijn 20 reeksen gesimuleerd. Per reeks worden 4 vervallen gesimuleerd zodat in totaal 80 simulaties zijn uitgevoerd. De uitgevoerde reeksen met een korte beschrijving ervan worden gegeven in Tabel 14. In bijlage A wordt per simulatie de verhouding tussen het oppervlak van de nivelleeropeningen en het oppervlak van de kolk gegeven en de blokkering van de natte sectie door het schip bij de minimale diepgang tijdens de simulatie.

Tabel 14 - Uitgevoerde simulaties

simulatie	beschouwde variant	beschrijving
R01_S001...S004_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O1	standaard	referentie
R02_S005...S008_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST025_GO1_O1	afstand tot deur	gehalveerd
R03_S009...S012_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST100_GO1_O1	afstand tot deur	verdubbeld
R04_S013...S016_K1_H35_H010....V080_S1_D25_ST050_GO1_O1	waterdiepte	waterdiepte 3.5 m
R05_S017...S020_K1_H55_H010....V080_S1_D35_ST050_GO1_O1	diepgang	diepgang 3.5 m
R06_S021...S024_K1_H55_H010....V080_S1_D25_ST050_GO1_O1	diepgang	diepgang 2.5 m
R07_S025...S028_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO2_O1	geometrie nivelleeropening	breedte nivelleeropening gehalveerd
R08_S029...S032_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO3_O1	geometrie nivelleeropening	breedte nivelleeropening = kolkbreedte
R09_S033...S036_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O2	openingswet	snelheid x 2
R10_S037...S040_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O3	openingswet	snelheid x 4
R11_S041...S044_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST200_GO1_O1	afstand tot deur	verviervoudigd
R12_S045...S048_K1_H55_H010....V080_S2_D45_ST050_GO1_O1	schip	CEMT Va
R13_S049...S052_K1_H55_H010....V080_S3_D22_ST050_GO1_O1	schip	CEMT I
R14_S053...S056_K2_H55_H010....V080_S2_D45_ST050_GO1_O1	kolk	kolk lengte / 2
R15_S057...S060_K3_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO4_O1	kolk	kolk breedte x 2
R16_S061...S064_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO7_O1	geometrie nivelleeropening	center opening -0.25 m
R17_S065...S068_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO5_O4	nivelleeropening	vlinderkleppen
R18_S069...S072_K1_H55_L010....L080_S1_D45_ST050_GO1_O1	type V/L	ledigen
R19_S073...S076_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O5	openingswet	snelheid /2
R20_S077...S080_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO5_O1	spreiding vulstraal	geen spreiding
R21_S081...S084_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO8_O1	geometrie nivelleeropening	center opening +0.25 m
R22_S085...S088_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO9_O1	geometrie nivelleeropening	center opening +0.75 m

3 Vergelijking berekende langskracht op schip

In bijlage B wordt voor elke uitgevoerde simulatie een figuur gegeven met de nivelleerkromme, de variatie in de tijd van het debiet door de nivelleeropeningen, de openingswet, de variatie in de tijd van de totale langskracht en de componenten van de langskracht. Zoals vermeld in hoofdstuk 1, wordt de vergelijking in dit hoofdstuk beperkt tot het negatieve en positieve extremum van de kracht.

In dit rapport worden figuren gegeven waarin in de bovenste deelfiguur het extremum van de langskracht gesimuleerd met LOCKFILL uitgezet wordt ten opzichte van het extremum van de langskracht gesimuleerd met VUL_SLUIS (zie bijvoorbeeld Figuur 10). In de onderste deelfiguur wordt voor het extremum van de langskracht de afwijking van LOCKFILL ten opzichte van VUL_SLUIS uitgezet in functie van de grootte van het extremum bepaald met VUL_SLUIS. Deze figuren worden afzonderlijk opgesteld voor het positieve extremum en het negatieve extremum. Bij deze figuren wordt opgemerkt dat het positieve en negatieve extremum van de langskracht in ‰ uitgedrukt zijn ten opzichte van het gewichtsdisplacement van het betreffende schip. In deze figuren worden alle in hoofdstuk 2 beschreven varianten meegenomen.

De in dit rapport gehanteerde conventie voor de langskracht is als volgt:

- een positieve waarde komt overeen met een kracht weg van de voor nivelleren gebruikte deur,
- een negatieve waarde komt overeen met een kracht naar de voor nivelleren gebruikte deur toe.

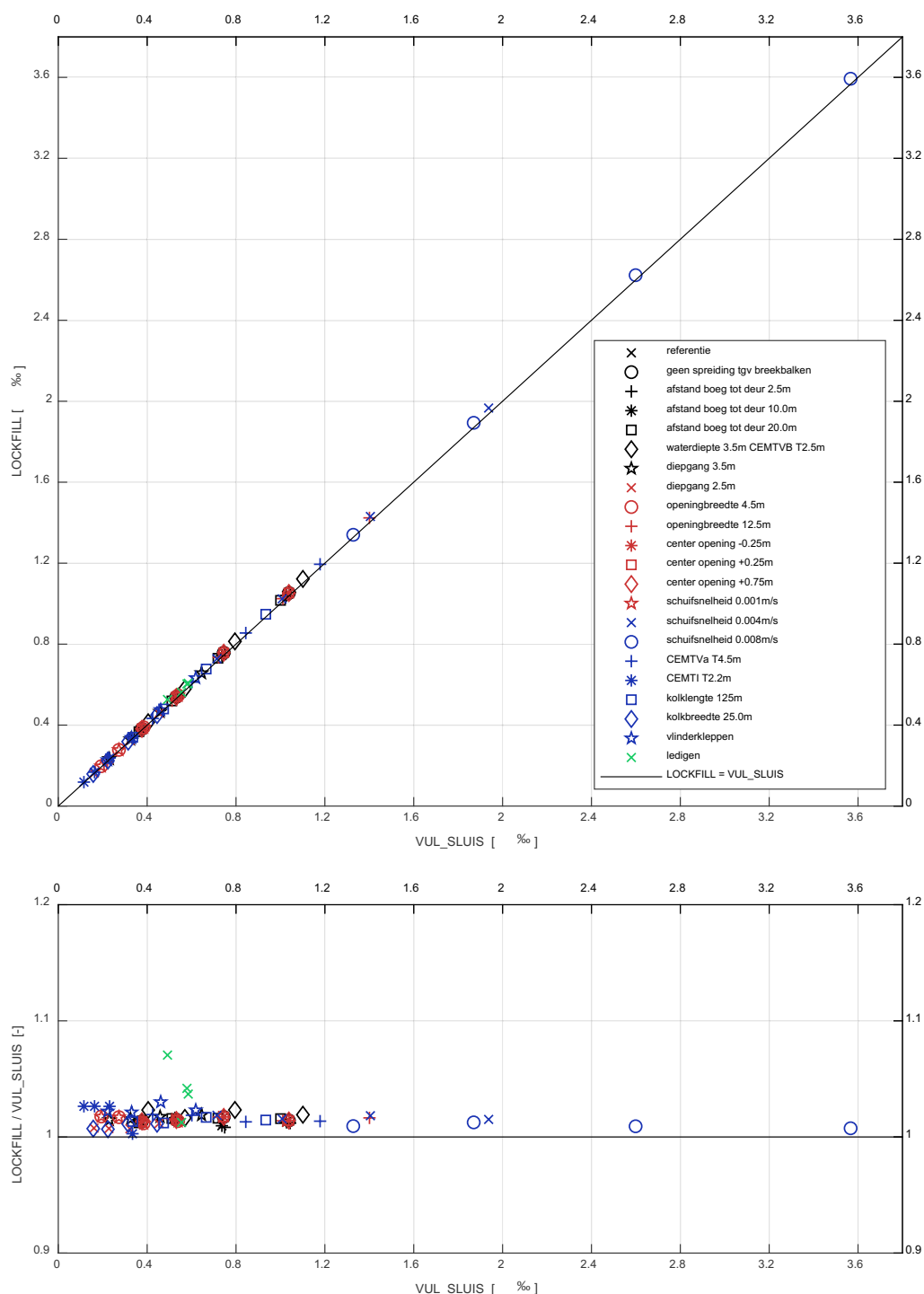
In dit hoofdstuk worden eerst de verschillende componenten vergeleken: de component ten gevolge van translatiegolven (paragraaf 3.1), de component ten gevolge van impulsafname (paragraaf 3.2), de component ten gevolge van wrijving (paragraaf 3.3) en de component ten gevolge van vulstraalwerking (paragraaf 3.4). Vervolgens wordt een vergelijking gegeven van de totale langskracht (paragraaf 3.5).

Merk op dat in dit rapport de verschillende simulaties beschreven in hoofdstuk 2 systematisch uitgevoerd worden met beide programma's. Hierdoor is het mogelijk dat sommige resultaten, zeker bij de hogere vervallen, buiten het geldigheidsgebied van een programma liggen en dus mogelijk niet realistisch zijn.

3.1 Translatiegolven

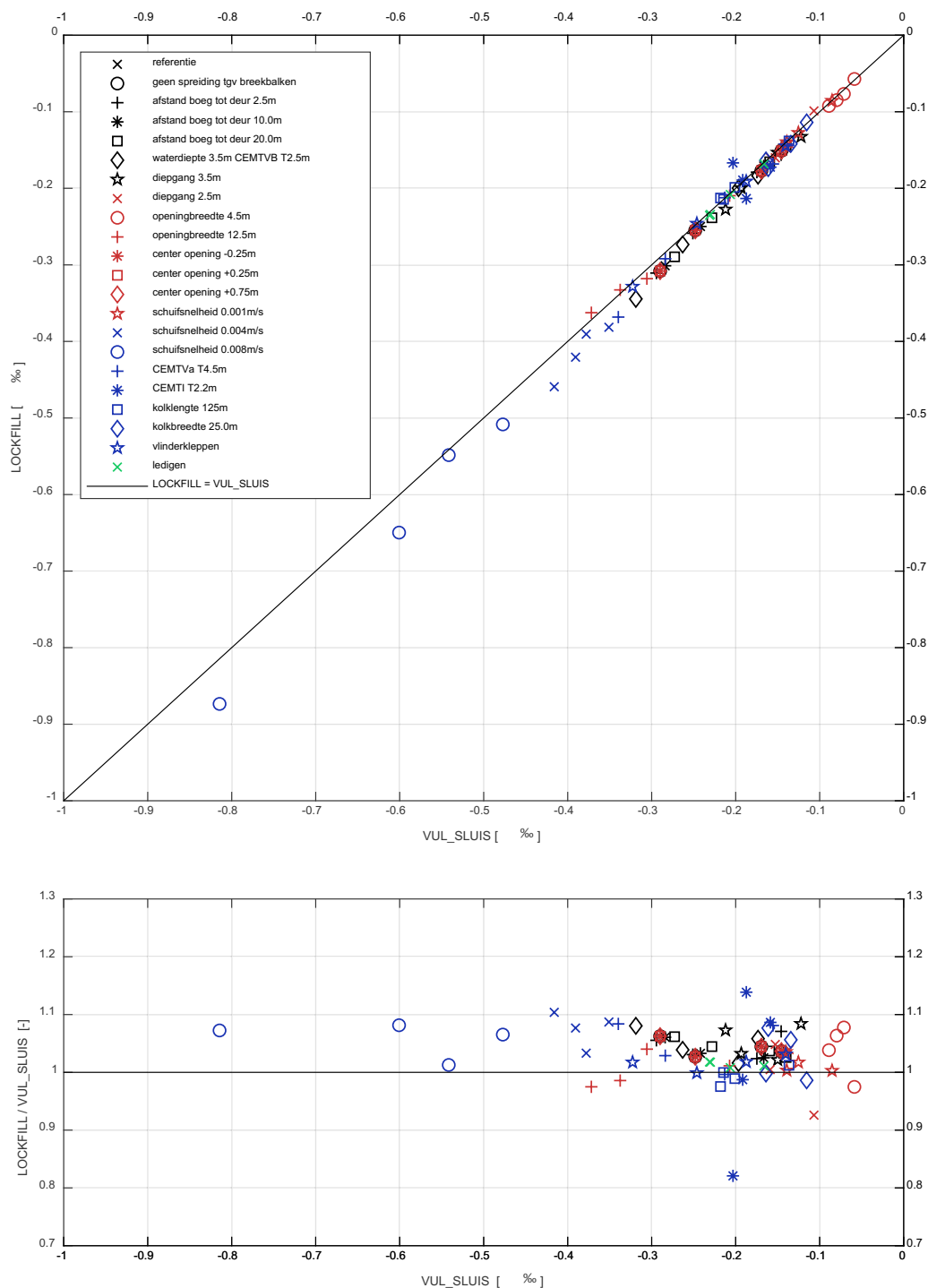
In deze paragraaf wordt de component ten gevolge van translatiegolven berekend met behulp van VUL_SLUIS vergeleken met deze berekend met LOCKFILL. Het positief extremum wordt vergeleken in Figuur 1, terwijl het negatief extremum wordt vergeleken in Figuur 2.

Figuur 1 – Component door translatiegolven – positief extremum



Bemerk in Figuur 1 dat voor de simulaties waarbij de kolk gevuld wordt het positief extremum berekend met LOCKFILL tussen 0 en 3 % hoger is dan het positief extremum berekend met VUL_SLUIS. Dit verschil is iets groter voor de simulatie waarbij de kolk geleidigd wordt. Bij deze simulaties is het positief extremum berekend met LOCKFILL max. 7 % hoger dan het positief extremum berekend met VUL_SLUIS.

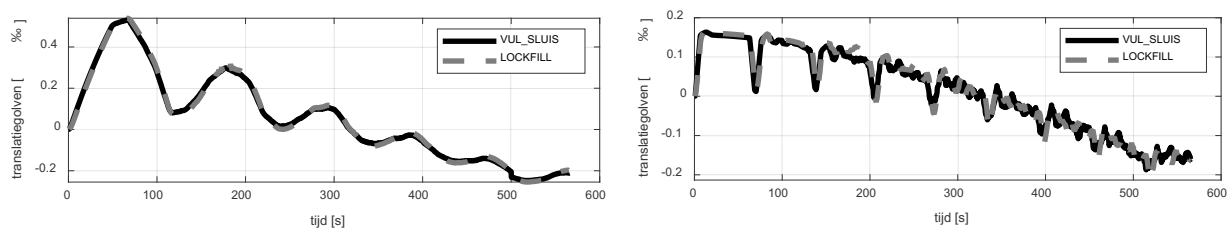
Figuur 2 – Component door translatiegolven – negatief extremum



Bemerk in Figuur 2 dat voor de component ten gevolge van translatiegolven het negatief extremum berekend met LOCKFILL (in absolute waarde) tussen 3 % kleiner en 11 % groter is dan het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS. Dit met uitzondering van één simulatie met een schip CEMT klasse Vb met een diepgang 2.5 m (LOCKFILL in absolute waarde 7 % kleiner ten opzichte van VUL_SLUIS) en één simulatie met een schip CEMT klasse I met een diepgang 2.2 m (LOCKFILL in absolute waarde 18 % kleiner dan VUL_SLUIS).

Merk in Bijlage B op dat de componenten door translatiegolven in functie van de tijd berekend met VUL_SLUIS en LOCKFILL voor alle simulaties zo goed als samenvallen. Een illustratie van de translatiegolfcomponent voor de referentie simulatie en de simulatie met een CEMT klasse I schip aangemeerd in de kolk wordt gegeven in Figuur 3. Merk hierin op dat het verloop van de translatiegolven voor beide simulaties sterk verschillend is. Desalniettemin valt de gemiddelde variatie in de tijd van de VUL_SLUIS en LOCKFILL simulatie ook voor het CEMT klasse I schip zo goed als samen.

Figuur 3 – Illustratie variatie van de component door translatiegolven in de tijd

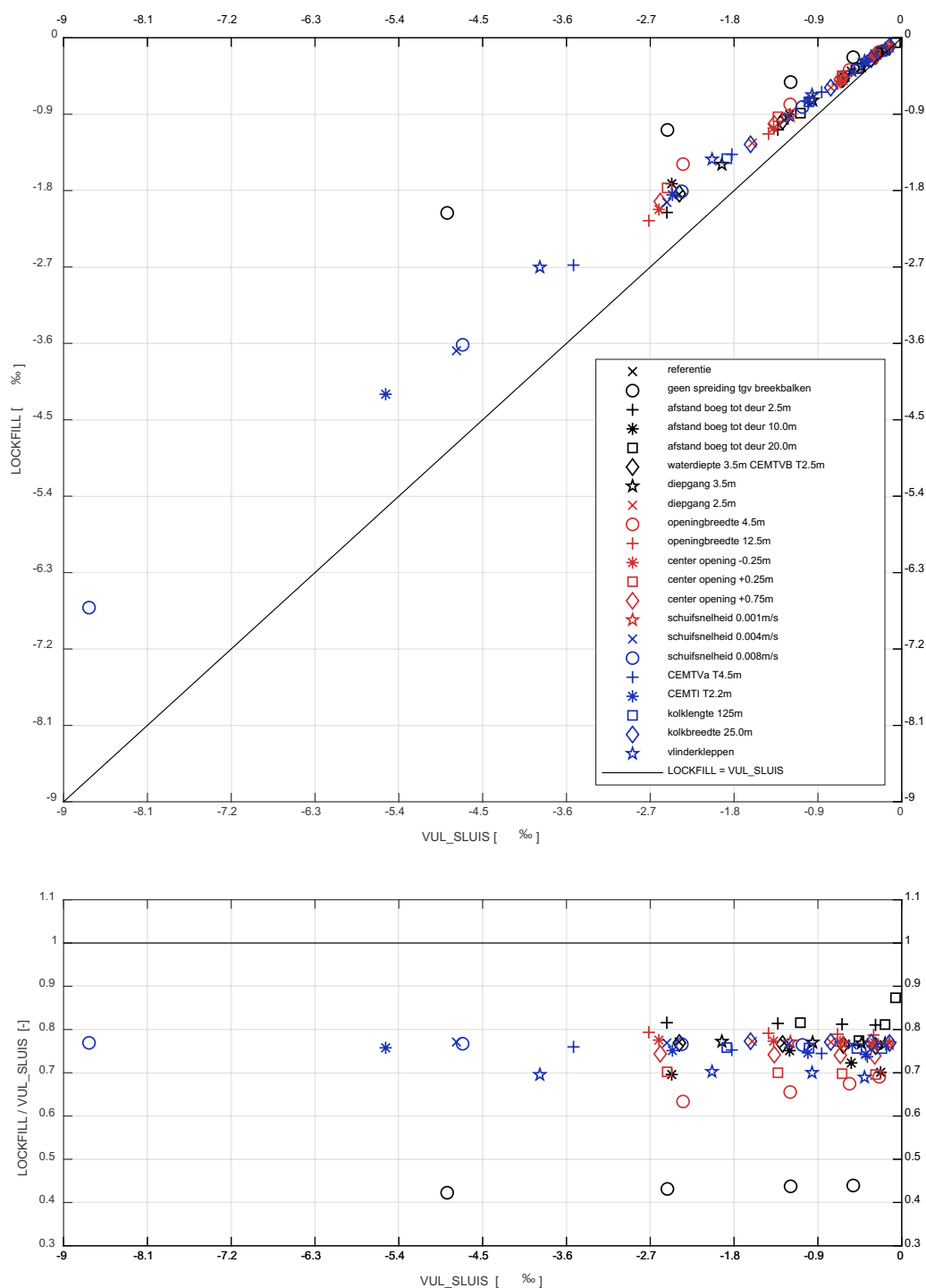


links simulatie R01_S002 met CEMT Vb konvooi / rechts simulatie R13_S050 met CEMT I schip

3.2 Impulsafname

In deze paragraaf wordt de component ten gevolge van impulsafname berekend met VUL_SLUIS vergeleken met deze berekend met LOCKFILL. Bemerkt dat de richting van de impulsafname component steeds naar de deur toe gericht is. Hierom wordt in deze paragraaf enkel het negatief extremum beschouwd. Het negatief extremum wordt vergeleken in Figuur 4.

Figuur 4 – Component door impulsafname– negatief extremum



Bemerk in Figuur 4 dat voor de meeste cases het negatief extremum berekend met LOCKFILL (in absolute waarde) tussen 20 % en 30 % kleiner is dan het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor de simulatie zonder bijkomende spreiding ten gevolge van breekbalken (oppervlakte stroming na breekbalken = oppervlakte stroming onder een volledig geopende hefschuif) is het negatief extremum berekend met LOCKFILL (in absolute waarde) 56 % tot 58 % kleiner dan het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor de meeste simulatiereeksen is het verschil tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS onafhankelijk van de grootte van het extremum. Enkel voor de simulatiereeksen met een openingsbreedte 4.5 m en de simulaties met een

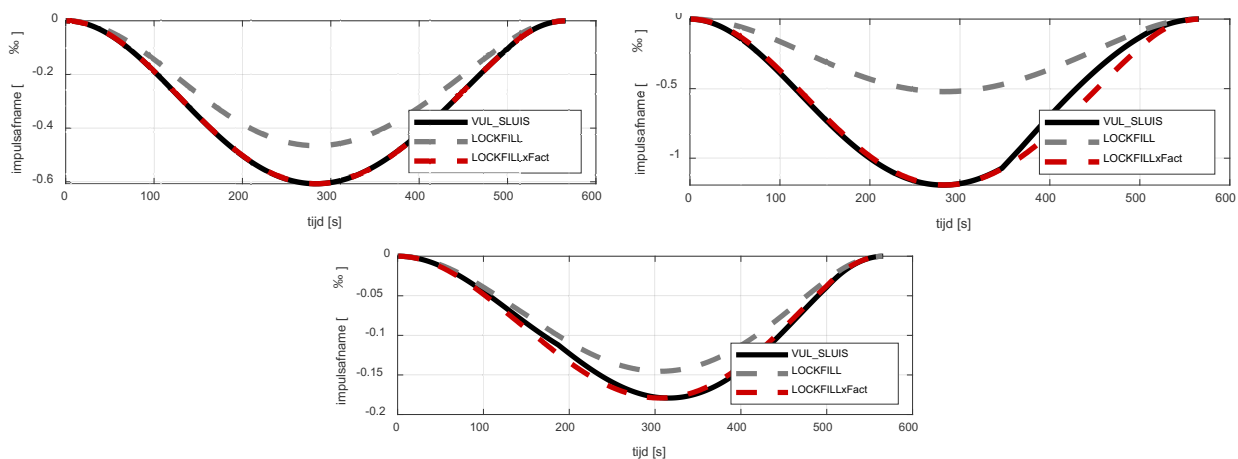
afstand tussen boeg en deur van 10.0 m en 20.0 m wordt opgemerkt dat het verschil tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS afhankelijk is van de grootte van het negatief extremum. Voor een afstand 10.0 m tussen boeg en deur wordt opgemerkt dat het verschil van het negatief extremum berekend met LOCKFILL ten opzichte van het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS 30 % bedraagt bij een verval 1.0 m en 8.0 m en hiertussen, bij een verval 4.0 m, afneemt tot 25 %. Bij een afstand 20.0 m tussen boeg en deur neemt het verschil van het negatief extremum berekend met LOCKFILL ten opzichte van het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS toe van 13 % bij een verval 1.0 m tot 23 % bij een verval 4.0 m om vervolgens terug af te nemen tot 18 % bij een verval 8.0 m. Bij een openingsbreedte 4.5 m neemt het verschil van het negatief extremum berekend met LOCKFILL ten opzichte van het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS toe van 31 % bij een verval 1.0 m tot 37 % bij een verval 8.0 m.

Merk in Bijlage B op dat voor de variatie van de impulsafname in de tijd nog een derde curve wordt gegeven. Dit betreft de met een factor verschaalde waarde voor de impulsafname berekend met LOCKFILL:

$$Factor = \frac{extr.(F_{imp_VUL_SLUIS})}{extr.(F_{imp_LOCKFILL})}$$

Een illustratie van de impulsafname voor de referentie simulatie en de simulatie zonder spreiding ten gevolge van breekbalken wordt gegeven in Figuur 5. Bij de referentiesimulatie wordt opgemerkt dat na verschaling de impulsafname berekend met VUL_SLUIS en deze berekend met LOCKFILL samenvallen. Voor quasi alle uitgevoerde reeksen en vervallen vallen de impulsafname berekend met VUL_SLUIS en deze berekend met LOCKFILL na verschaling zo goed als samen. Voor de simulaties met een afstand tussen boeg en de voor nivelleren gebruikte deur van 10.0 m en 20.0 m en de simulatie zonder spreiding ten gevolge van breekbalken (zie R20_S078 en R11_S042 in Figuur 5) werd een beperkte afwijking opgemerkt in het verloop van de impulsafname voorafgaand aan of volgend op het extremum.

Figuur 5 – Illustratie variatie van de component door impulsafname in de tijd

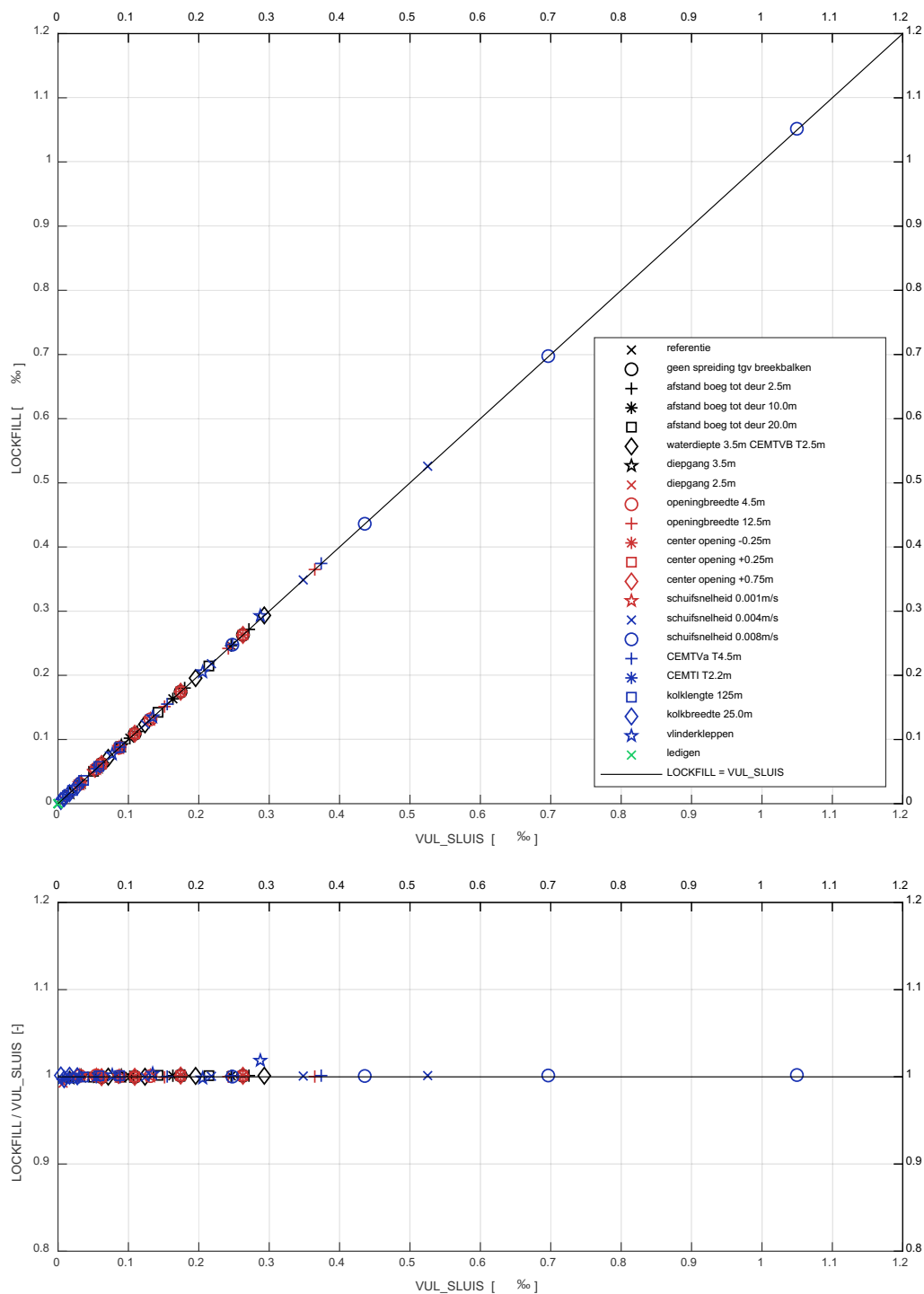


linksboven simulatie R01_S002 / rechtsboven simulatie R20_S078 / onder simulatie R11_S042

3.3 Wrijving

In deze paragraaf wordt de component ten gevolge van wrijving berekend met VUL_SLUIS vergeleken met deze berekend met LOCKFILL. Bemerkt dat de richting van de wrijving component bij vullen steeds van de voor nivelleren gebruikte deur weg gericht is. Daarom wordt in deze paragraaf enkel het positief extremum beschouwd. Het positief extremum wordt vergeleken in Figuur 6.

Figuur 6 – Component door wrijving – positief extremum

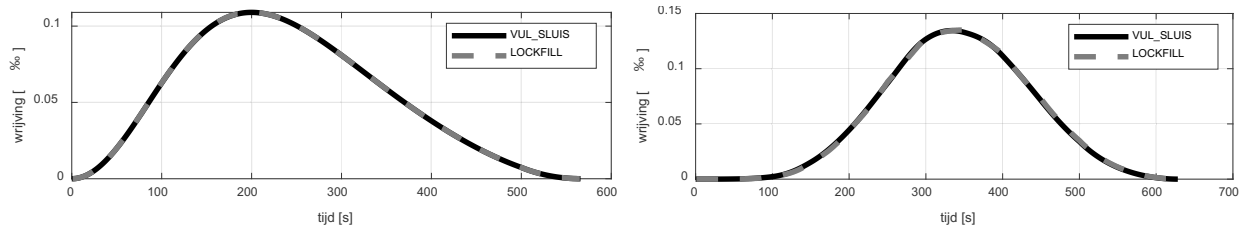


Merk in Figuur 6 op dat het verschil tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS voor het positief extremum van de component van de langskracht ten gevolge van wrijving verwaarloosbaar is. De grootste afwijking wordt opgemerkt voor één simulatie met vlinderkleppen en bedraagt + 2 %.

Merk in Bijlage B op dat de variatie van de wrijving in de tijd berekend met VUL_SLUIS en deze berekend met LOCKFILL zo goed als samenvallen. Een illustratie van de component van de langskracht ten gevolge van wrijving voor de referentiesimulatie en de simulatie met een schip CEMT klasse I in de kolk wordt gegeven in

Figuur 7. Merk bij deze figuur op dat de variatie in de tijd van de component van de langskracht ten gevolge van wrijving berekend met VUL_SLUIS samenvalt met deze berekend met LOCKFILL.

Figuur 7 – Illustratie variatie van de component door wrijving in de tijd

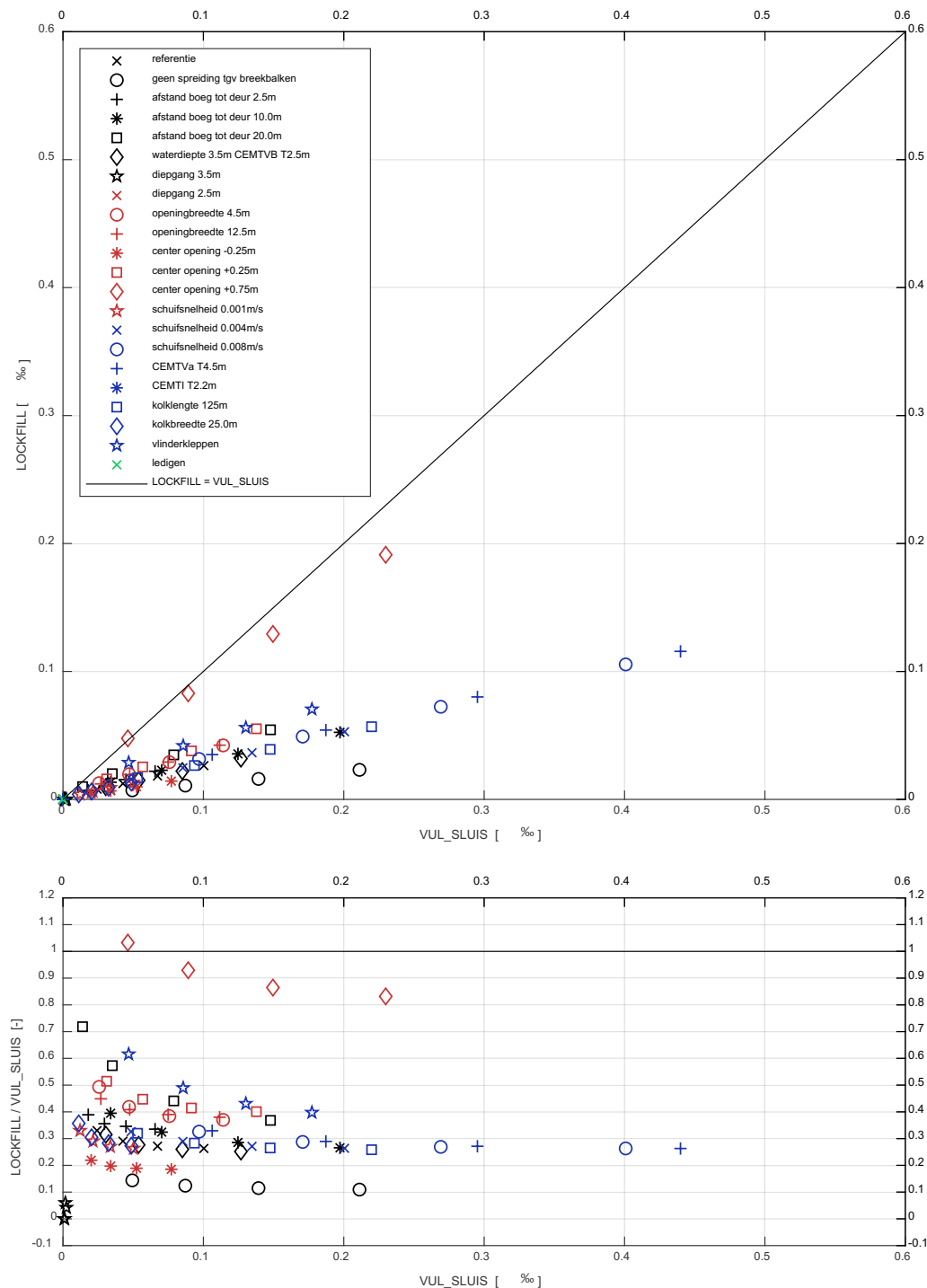


links simulatie R01_S002 / rechts simulatie R17_S066

3.4 Vulstraal

In deze paragraaf wordt de component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking berekend met VUL_SLUIS vergeleken met deze berekend met LOCKFILL. Bemerkt dat de richting van de component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking bij vullen steeds van de voor nivelleren gebruikte deur weg gericht is. Bij ledigen is deze component niet aanwezig. Hierom wordt in deze paragraaf enkel vullen beschouwd en wordt enkel het positief extremum vergeleken, zie Figuur 8.

Figuur 8 – Component door vulstraal – positief extremum

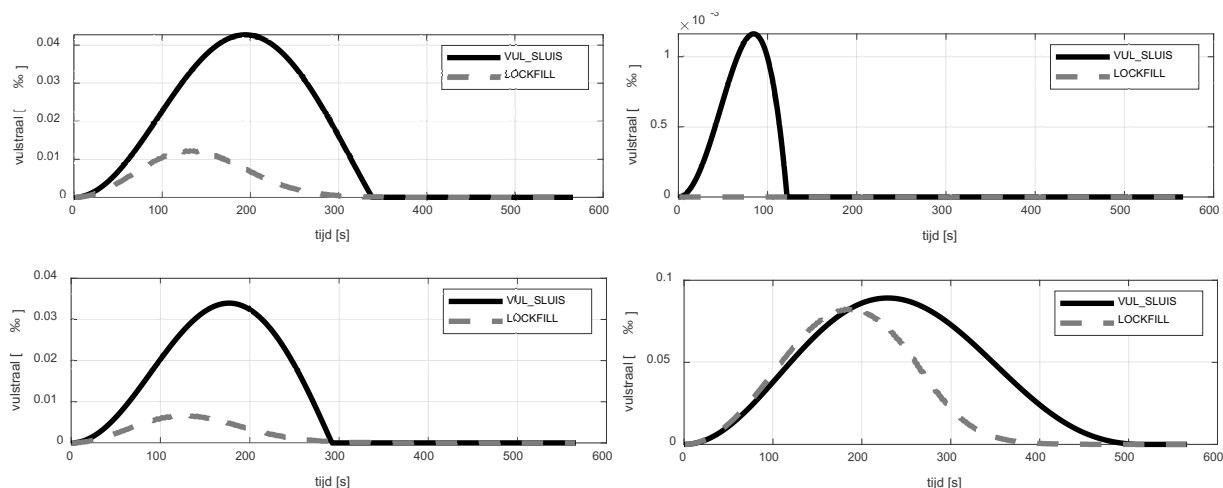


Bemerk in Figuur 8 dat voor de simulaties met een diepgang 3.5 m en lager de grootte van de component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking verwaarloosbaar is. Op één simulatie na is het positief extremum van de component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking berekend met LOCKFILL steeds lager dan berekend met VUL_SLUIS. Het verschil lijkt toe te nemen met een toename van het extremum om vervolgens naar een constante waarde toe te evolueren. Uit de simulaties waarbij de hoogte van de inlaatopening werd gevarieerd volgt dat bij een lagere plaatsing van de inlaatopening het verschil tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL toeneemt. Bij een 0.75 m hoger geplaatste inlaatopening bedraagt het verschil

+ 3 % tot -17 % terwijl bij een 0.25 m lager gepositioneerde inlaat het verschil toeneemt tot ca. – 80 %. Het grootste verschil wordt opgemerkt bij de simulatie zonder bijkomende spreiding ten gevolge van de breekbalken (86 % tot 89 %).

Merk bij de figuren met de variatie in de tijd van de vulstraal uit Bijlage B op dat de grootte van de vulstraal berekend met LOCKFILL consequent kleiner is dan deze berekend met VUL_SLUIS en dat de piekwaarde van LOCKFILL vroeger in de tijd bereikt wordt dan bij VUL_SLUIS. Hieruit volgt dat de verschillen tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS betrekking hebben op de spreiding van de vulstraal in de hoogte. Een illustratie van de component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking voor de referentiesimulatie (R01_S002), de simulatie met de halve openingsbreedte (R07_S026), de simulatie met een 0.25 m lagere positionering van de nivelleeropening (R16_S062) en de simulatie met een 0.75 m hogere positionering van de nivelleeropening (R21_S082) wordt gegeven in Figuur 9. Merk op dat de trend voor de 4 simulaties dezelfde is, doch dat de verhouding tussen het extremum berekend met LOCKFILL en dit berekend met VUL_SLUIS verschilt.

Figuur 9 – Illustratie variatie van de component door vulstraal in de tijd



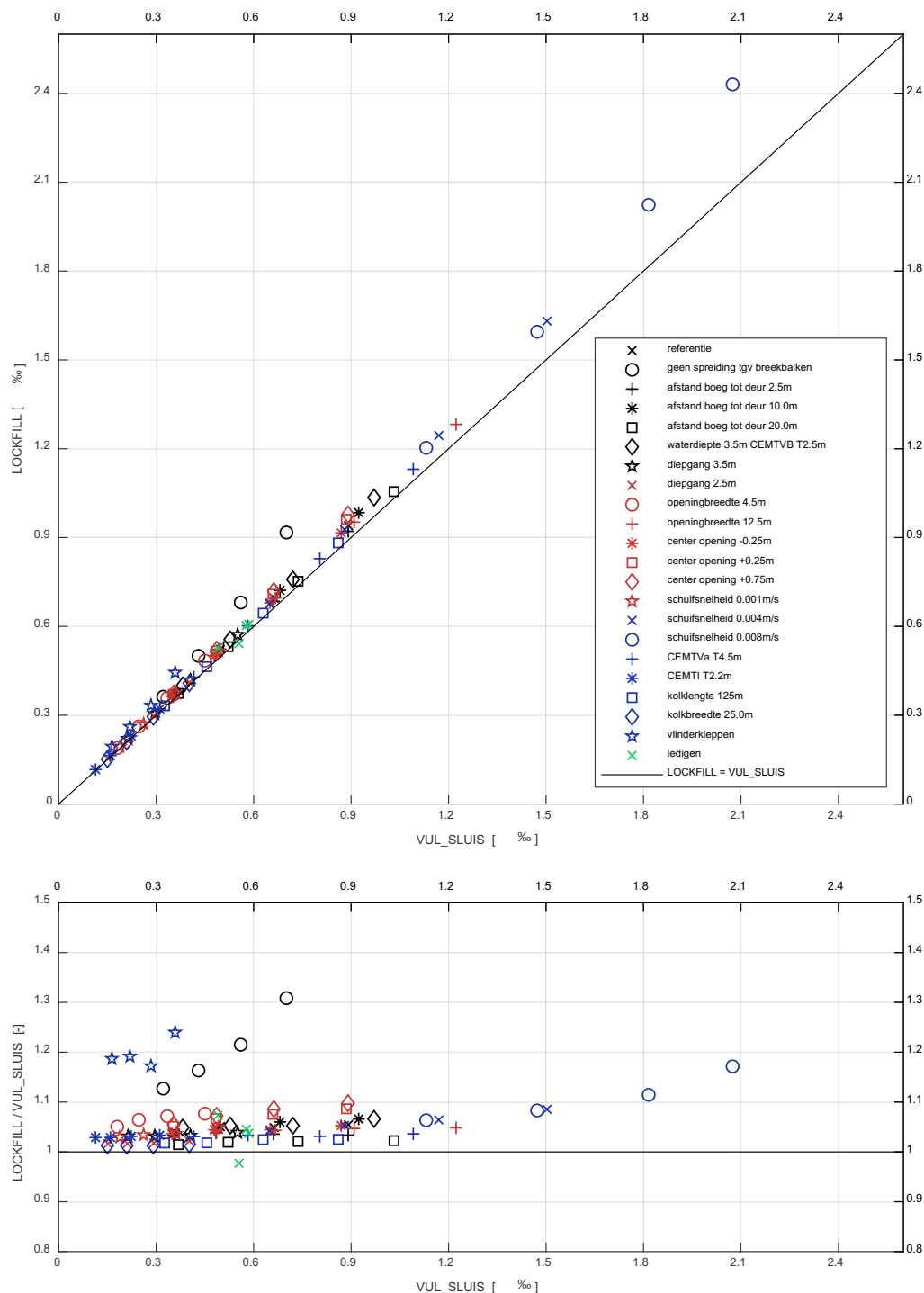
linksboven: R01_S002 / Rechtsboven R05_S018

linksonder: R16_S062 / Rechtsonder R22_S086

3.5 Totale langskracht

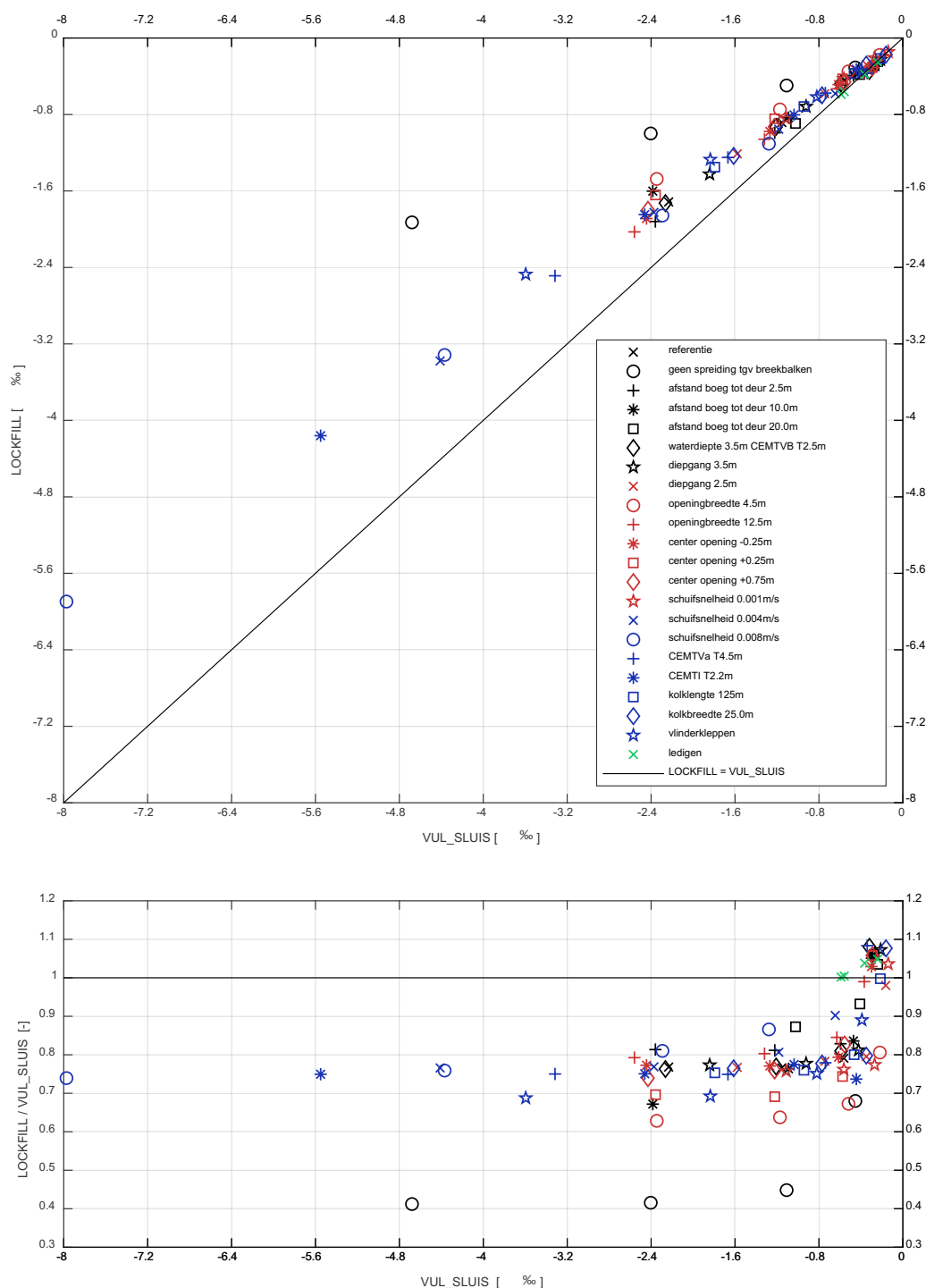
In deze paragraaf wordt de totale langskracht op het schip berekend met VUL_SLUIS vergeleken met de totale langskracht berekend met LOCKFILL. De totale langskracht betreft de sommatie van de component ten gevolge van translatiegolven, de component ten gevolge van impulsafname, de component ten gevolge van wrijving en de component ten gevolge van vulstraalwerking. Het positief extremum wordt vergeleken in Figuur 10, het negatief extremum wordt vergeleken in Figuur 11 en het absoluut extremum wordt vergeleken in Figuur 12.

Figuur 10 – Totale langskracht – positief extremum



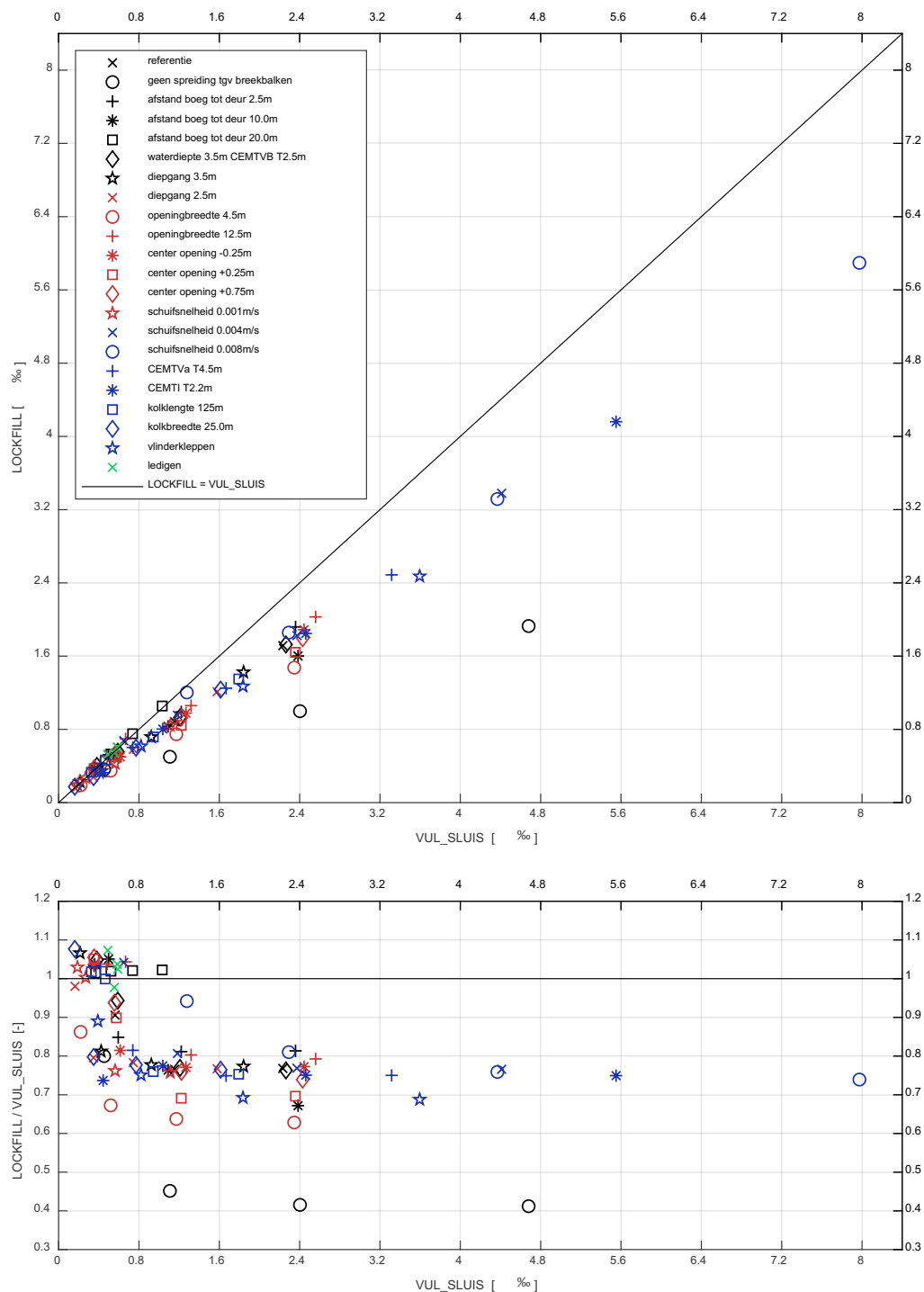
Uit Figuur 10 volgt dat voor de meeste simulaties het positief extremum van de totale langskracht berekend met LOCKFILL tussen 0 % en 10 % hoger is dan dit berekend met VUL_SLUIS. Dit met uitzondering van de simulaties zonder spreiding ten gevolge van breekbalken, de simulaties met vlinderkleppen en de simulaties met de hoogste hefsnelheid (0.008 m/s bij een verval 4 m en 8 m). Voor deze simulaties is het positief extremum van de totale kracht berekend met LOCKFILL tussen 10% en 30 % hoger dan dit berekend met VUL_SLUIS. Ook wordt in Figuur 10 vastgesteld dat voor simulaties binnen eenzelfde reeks een toename van het verschil tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS waargenomen wordt bij een toename van het verval, wat gekenmerkt wordt door hogere berekende langskrachten op het schip.

Figuur 11 – Totale langskracht – negatief extremum



Bemerk in Figuur 11 dat voor een negatief extremum (in absolute waarde) kleiner dan -0.8 ‰ het extremum berekend met VUL_SLUIS in absolute waarde groter is dan het extremum berekend met LOCKFILL. Met uitzondering van de simulaties bij afwezigheid van spreiding ten gevolge van breekbalken (oppervlakte stroming na breekbalken = oppervlakte stroming onder een volledig geopende hefschuif), volgt uit Figuur 11 dat het negatieve extremum berekend met LOCKFILL (in absolute waarde) 10 % tot 39 % kleiner is dan het negatieve extremum berekend met VUL_SLUIS. Bij de simulaties in afwezigheid van spreiding ten gevolge van breekbalken wordt met LOCKFILL een negatief extremum berekend dat (in absolute waarde) tot 59 % kleiner kan zijn dan het negatieve extremum berekend met VUL_SLUIS.

Figuur 12 – Totale langskracht – absoluut extremum



Uit paragraaf 3.1 tot en met 3.4 volgt dat ofwel de translatiegolven ofwel de impulsafname maatgevend is. Voor de translatiegolven volgde uit paragraaf 3.1 dat het positief/negatief extremum berekend met LOCKFILL tussen 0 en 11% hoger is dan het extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor de impulsafname volgde uit paragraaf 3.2 dat het negatief extremum berekend met LOCKFILL veelal 20 % tot 30 % lager is dan het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS. Het absoluut extremum volgend uit de LOCKFILL simulaties is hierbij veelal tussen 20 % en 30 % lager dan het absoluut extremum volgend uit de VUL_SLUIS simulaties en valt vrijwel samen met het negatieve extremum van de impulsafnamecomponent uit Figuur 4.

4 Conclusies

In voorliggend rapport wordt een systematische vergelijking uitgevoerd tussen de programma's VUL_SLUIS en LOCKFILL voor een referentiesluis CEMENT klasse Vb uit het Seine-Schelde-project. Deze sluis heeft een lengte van 250 m, een breedte van 12.5 m en een waterdiepte bij aanvang nivelleren van 5.5 m. Het referentieschip betreft een duwkonvooi CEMENT klasse Vb aangemeerd met de boeg op 5.0 m van de voor nivelleren gebruikte sluisdeur. Het nivelleersysteem bestaat uit rechthoekige openingen met een totale breedte gelijk aan 9.0 m en een hoogte 1.0 m afgesloten met hefschuiven. Ten opzichte van deze referentie wordt een groot aantal simulaties uitgevoerd waarbij telkens één parameter wordt gevarieerd. Hierbij worden volgende parameters beschouwd:

- variatie van de breedte van de sluiskolk/breedte schip,
- variatie van de waterdiepte in de sluiskolk/diepgang schip,
- variatie van de lengte van de sluiskolk/lengte schip,
- variatie van het verval,
- variatie van het type nivelleersysteem (breedte openingen, vlinderkleppen of hefschuiven, openingssnelheid van de hefschuiven).

Voor deze systematische vergelijking wordt VUL_SLUIS versie 01.54.00 beschouwd en LOCKFILL versie 5.03.00. Zowel VUL_SLUIS als LOCKFILL berekenen 4 verschillende componenten van de langskracht op het schip: de component ten gevolge van translatiegolven, de component ten gevolge van impulsafname, de component ten gevolge van wrijving en de component ten gevolge van vulstraalwerking. De vergelijking wordt in dit rapport enkel uitgevoerd voor het positieve en negatieve extremum van de totale langskracht en het positieve en het negatieve extremum van de verschillende componenten van de langskracht. Ter informatie is in Bijlage B voor elke uitgevoerde simulatie ook een vergelijking gemaakt van de variatie in de tijd van de langskrachten op het schip en de componenten ervan berekend met LOCKFILL en VUL_SLUIS.

Wat de totale langskracht op het schip betreft, is het positieve extremum berekend met LOCKFILL groter dan het positieve extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor het negatieve extremum is dit omgekeerd en is het negatieve extremum berekend met VUL_SLUIS in absolute waarde groter dan het negatieve extremum berekend met LOCKFILL. Uit de vergelijking van de verschillende componenten van de langskracht volgt:

- Er wordt geen verschil waargenomen tussen de component van de langskracht ten gevolge van wrijving berekend met VUL_SLUIS en deze berekend met LOCKFILL, zowel wat de extrema betreft als wat de variatie in de tijd betreft.
- Wat de component van de langskracht ten gevolge van translatiegolven betreft, zijn de verschillen tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS beperkt. Voor vullen van de kolk is voor de component ten gevolge van translatiegolven het positief extremum berekend met LOCKFILL tussen 0 en 3 % hoger dan dit berekend met VUL_SLUIS. Het negatief extremum berekend met LOCKFILL is in absolute waarde tussen 3 % kleiner en 11 % groter dan het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor het CEMENT klasse I schip treedt een ander krachtenverloop op en is de afwijking tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS groter (in absolute waarde-18 % kleiner tot 14 % groter). Verder onderzoek is nodig naar de verklaring hiervoor. De variatie in de tijd van de component van de translatiegolven valt vrijwel samen voor LOCKFILL en VUL_SLUIS ook voor de simulaties met het CEMENT klasse I schip in de kolk.
- Het negatieve extremum van de component van de impulsafname berekend met LOCKFILL is (in absolute waarde) consequent kleiner dan het negatieve extremum berekend met VUL_SLUIS. Het grootste verschil (tussen 56 % en 58 %) wordt opgemerkt voor de simulatie waar er geen bijkomende spreiding van de vulstraal in rekening wordt genomen. Voor de meeste simulaties is het negatief extremum van de component ten gevolge van de impulsafname berekend met LOCKFILL (in absolute waarde) 30 % lager dan berekend met VUL_SLUIS. Wanneer de variatie in de tijd van de component van de impulsafname berekend met LOCKFILL vermenigvuldigd wordt met een factor valt deze quasi

samen met deze berekend met VUL_SLUIS. Dit met uitzondering van de simulatie waar geen bijkomende spreiding van de vulstraal ten gevolge van breekbalken wordt toegepast en de simulaties met een afstand tussen boeg en deur 10.0 m en 20.0 m, waarvoor er een beperkte afwijking is, voorgaand aan of volgend op het extremum.

- Wat de component van de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking betreft, is het positieve extremum berekend met LOCKFILL, op één enkele simulatie na, steeds kleiner dan het positieve extremum berekend met VUL_SLUIS. Uit de simulaties waarbij de hoogte van de inlaatopening werd gevarieerd volgt dat bij een lagere plaatsing van de inlaatopening het verschil tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL toeneemt. Bij een hoog geplaatste inlaatopening is het extremum berekend met LOCKFILL 3 % hoger tot 17 % lager terwijl bij het plaatsen van de onderzijde van de inlaatopening ter hoogte van de kolkbodem de vulstraal volgend uit LOCKFILL ca. 80 % lager is.

Om te beoordelen of de berekende langskracht op het schip toelaatbaar is, wordt algemeen vergeleken met het extremum (in absolute waarde) van de totale langskracht, zijnde de optelling van de verschillende componenten. Uit de analyse volgt dat bij de totale langskracht ofwel de component ten gevolge van translatiegolven ofwel de component ten gevolge van impulsafname maatgevend is. Voor de translatiegolven is het absoluut extremum berekend met LOCKFILL tussen 0 en 11% hoger dan het extremum berekend met VUL_SLUIS. Voor de impulsafname is het negatief extremum berekend met LOCKFILL veelal 20 % tot 30 % lager dan het negatief extremum berekend met VUL_SLUIS. Bemerk dat de in dit rapport uitgevoerde vergelijking leert dat de verschillen tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL voornamelijk de component van de langskracht ten gevolge van de impulsafname en de component ten gevolge van de vulstraalwerking betreffen. Voor de meeste simulaties is het verschil tussen de extreme waarde berekend met VUL_SLUIS en LOCKFILL voor de component ten gevolge van impulsafname beperkt tot een constante factor. Wat de component ten gevolge van vulstraalwerking betreft wordt opgemerkt dat de piekwaarde berekend met LOCKFILL consequent eerder voorkomt en dat het ogenblik waarop deze component wegvalt (door het stijgen van het water en het schip in de kolk) eerder voorkomt in de tijd. Hieruit volgt dat de verschillen tussen LOCKFILL en VUL_SLUIS betrekking hebben op de spreiding van de vulstraal in de hoogte.

Bemerk dat in dit rapport varianten ten opzichte van één bepaalde referentiesimulatie zijn onderzocht. Of de gevonden trends ook gelden voor sluizen met andere afmetingen of een ander nivelleersysteem, vergt verder onderzoek.

Om meer inzicht te verkrijgen in de verschillen tussen VUL_SLUIS en LOCKFILL dient een vergelijking uitgevoerd te worden van de toegepaste formuleringen van de langskracht ten gevolge van impulsafname en de langskracht ten gevolge van vulstraalwerking.

5 Referenties

Beem, R.C.A.; Boogaard, A.; Glerum, A.; de Graaf, M.A.; Henneberque, S.D.; Hiddinga, P.H.; Kranenburg, D.; van der Meer, M.T.J.; Nagtegaal, G.; Van der Paverd, M.; Smink, L.M.C.; Vrijburcht, A.; Weijers, J. (2000). Ontwerp van schutsluizen: deel 1. Bouwdienst Rijkswaterstaat: Utrecht. ISBN 90-369-3305-6

Deltares. (2015). LOCKFILL. User and Technical manual. version 0.00 8 July 2015

Expertise Beton en staal; W&Z nv Afdeling Bovenschelde. (2017). Bouw van een nieuwe sluis te Sint-Baafs-Vijve Grondplan definitieve toestand sluiskolk/sluishoofden EBS00082-201 19-05-2017

SBE. (2012). SEINE - SCHELDE LEIE TE HARELBEKE Bouw van een stuwsluis BAFO Overzichtsplan nieuwe sluis B.1220-BF-TAL-K-S01 24/10/2012. pp.1

Schwanenberg, D.; Jongeling, T.H.G. (2003). Vul- en ledigingssysteem Royerssluis: deelopdracht I. Eerste ontwerp. Q2887. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Vercruysse, J.B.; Verelst, K.; De Mulder, T.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2014). Ondersteuning ontwerp klasse Vb sluis te Sint-Baafs-Vijve: Deelrapport 3 – Ontwerp nivelleersysteem. Versie 7.0. *WL Rapporten*, 12_142. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België. IV, 30 + 8 p. bijlagen pp.

Vercruysse, J.B.; Verelst, K.; Peeters, P.; Mostaert, F.. (2017). Klasse Vb-sluis te Sint-Baafs-Vijve: Optimalisatie ontwerp breekbalken.. *WL Rapporten*, 16_065_1: Antwerpen, België

Verelst, K.; De Mulder, T.; SchindFessel, L.; Mostaert, F. (2018). Verdere ontwikkeling programma vul_sluis: Vergelijking vul_sluis, LOCKFILL, LOCKSIM en Delft3D. (CONCEPT) Versie 4.0. *WL Rapporten*, 15_007_3: Antwerpen

Bijlage A: Relatieve grootte nivelleeropeningen en blokkering dwarssectie schip

De tabel op volgende bladzijde geeft per simulatie:

- de verhouding tussen het oppervlak van de nivelleeropeningen en het oppervlak van de kolk.
- de blokkering van de natte sectie door het schip bij de minimale diepgang in de kolk tijdens de simulatie.

simulatie	oppervlak openingen	Kolk- oppervlak	$\frac{\text{oppervlak openingen}}{\text{oppervlak kolk}}$	dwaarssectie schip	minimale natte sectie kolk	$\frac{\text{dwaarssectie schip}}{\text{minimale natte sectie kolk}}$ (blokkering)
	[m ²]	[m ²]	[-]	[m ²]	[m ²]	[-]
R01_S001...S004_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R02_S005...S008_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST025_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R03_S009...S012_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST100_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R04_S013...S016_K1_H35_H010....V080_S1_D25_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	28.5	43.75	0.65
R05_S017...S020_K1_H55_H010....V080_S1_D35_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	39.9	68.75	0.58
R06_S021...S024_K1_H55_H010....V080_S1_D25_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	28.5	68.75	0.41
R07_S025...S028_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO2_O1	4.5	3125	0.0014	51.3	68.75	0.75
R08_S029...S032_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO3_O1	12.5	3125	0.0040	51.3	68.75	0.75
R09_S033...S036_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O2	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R10_S037...S040_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O3	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R11_S041...S044_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST200_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R12_S045...S048_K1_H55_H010....V080_S2_D45_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R13_S049...S052_K1_H55_H010....V080_S3_D22_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	11.11	68.75	0.16
R14_S053...S056_K2_H55_H010....V080_S2_D45_ST050_GO1_O1	9.0	1563	0.0058	51.3	68.75	0.75
R15_S057...S060_K3_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO4_O1	18.0	6250	0.0029	51.3	137.5	0.37
R16_S061...S064_K1_H55_H010...V080_S1_D45_ST050_GO7_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R17_S065...S068_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO5_O4	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R18_S069...S072_K1_H55_L010....L080_S1_D45_ST050_GO1_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R19_S073...S076_K1_H55_H010....V080_S1_D45_ST050_GO1_O5	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R20_S077...S080_K1_H55_H010...V080_S1_D45_ST050_GO5_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R21_S081...S084_K1_H55_H010...V080_S1_D45_ST050_GO8_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75
R22_S085...S088_K1_H55_H010...V080_S1_D45_ST050_GO9_O1	9.0	3125	0.0029	51.3	68.75	0.75

Bijlage B: vergelijking VUL_SLUIS en LOCKFILL per simulatie

5.1 Tabel

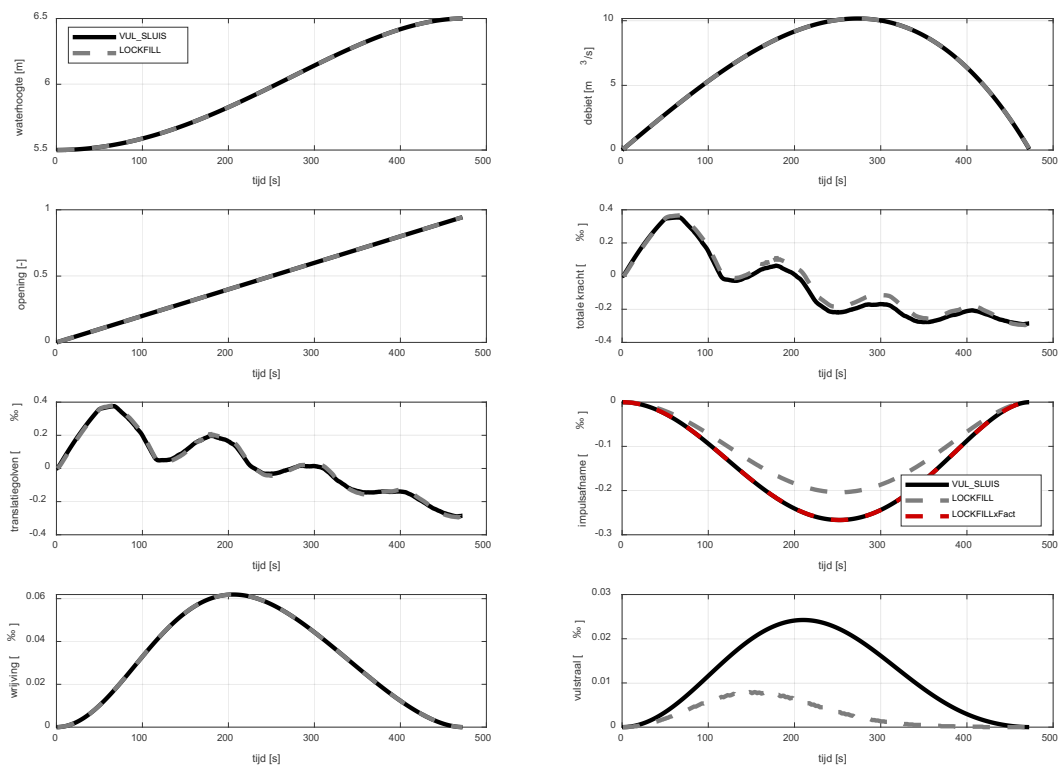
Bestand	Totale langskracht						Translatiegolven						Impulsafname						Wrijving						Vulstraal		
	positief			negatief			positief			negatief			positief			negatief			positief			negatief			positief		
	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL
[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]
R01_S001_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.354	0.367	1.037	-0.291	-0.308	1.058	0.376	0.381	1.013	-0.290	-0.308	1.063	0.000	0.000	NaN	-0.267	-0.204	0.765	0.062	0.062	1.000	0.000	0.000	NaN	0.024	0.008	0.330
R01_S002_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.487	0.509	1.047	-0.562	-0.445	0.791	0.532	0.539	1.015	-0.248	-0.255	1.027	0.000	0.000	NaN	-0.607	-0.466	0.767	0.109	0.109	1.000	0.000	0.000	NaN	0.043	0.012	0.290
R01_S003_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.663	0.695	1.049	-1.154	-0.884	0.766	0.745	0.758	1.017	-0.169	-0.177	1.044	0.000	0.000	NaN	-1.261	-0.970	0.769	0.174	0.174	1.001	0.000	0.000	NaN	0.067	0.018	0.272
R01_S004_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.892	0.941	1.055	-2.233	-1.715	0.768	1.038	1.053	1.014	-0.146	-0.151	1.037	0.000	0.000	NaN	-2.391	-1.844	0.771	0.263	0.263	1.001	0.000	0.000	NaN	0.100	0.026	0.263
R02_S005_K1_H55_V010_S1_D45_ST025_GO1_O1	0.354	0.365	1.033	-0.296	-0.311	1.051	0.378	0.384	1.014	-0.294	-0.311	1.055	0.000	0.000	NaN	-0.281	-0.228	0.811	0.064	0.064	0.999	0.000	0.000	NaN	0.018	0.007	0.389
R02_S006_K1_H55_V020_S1_D45_ST025_GO1_O1	0.485	0.504	1.038	-0.594	-0.492	0.829	0.534	0.542	1.014	-0.251	-0.259	1.031	0.000	0.000	NaN	-0.641	-0.520	0.812	0.113	0.113	1.000	0.000	0.000	NaN	0.030	0.011	0.356
R02_S007_K1_H55_V040_S1_D45_ST025_GO1_O1	0.661	0.685	1.036	-1.221	-0.991	0.812	0.749	0.755	1.008	-0.175	-0.179	1.024	0.000	0.000	NaN	-1.330	-1.083	0.814	0.180	0.180	1.002	0.000	0.000	NaN	0.045	0.015	0.346
R02_S008_K1_H55_V080_S1_D45_ST025_GO1_O1	0.891	0.921	1.034	-2.359	-1.919	0.814	1.044	1.056	1.012	-0.146	-0.156	1.071	0.000	0.000	NaN	-2.522	-2.058	0.816	0.271	0.272	1.001	0.000	0.000	NaN	0.066	0.022	0.335
R03_S009_K1_H55_V010_S1_D45_ST100_GO1_O1	0.359	0.372	1.038	-0.285	-0.301	1.057	0.372	0.377	1.014	-0.284	-0.301	1.061	0.000	0.000	NaN	-0.226	-0.159	0.701	0.058	0.058	1.000	0.000	0.000	NaN	0.034	0.013	0.395
R03_S010_K1_H55_V020_S1_D45_ST100_GO1_O1	0.497	0.523	1.051	-0.471	-0.394	0.836	0.525	0.534	1.017	-0.242	-0.250	1.033	0.000	0.000	NaN	-0.542	-0.392	0.723	0.102	0.102	1.000	0.000	0.000	NaN	0.070	0.023	0.324
R03_S011_K1_H55_V040_S1_D45_ST100_GO1_O1	0.681	0.722	1.060	-1.090	-0.833	0.764	0.736	0.744	1.010	-0.167	-0.171	1.025	0.000	0.000	NaN	-1.204	-0.904	0.751	0.163	0.163	1.001	0.000	0.000	NaN	0.125	0.036	0.286
R03_S012_K1_H55_V080_S1_D45_ST100_GO1_O1	0.923	0.984	1.066	-2.384	-1.601	0.672	1.027	1.040	1.013	-0.143	-0.148	1.035	0.000	0.000	NaN	-2.470	-1.719	0.696	0.246	0.246	1.001	0.000	0.000	NaN	0.197	0.052	0.266
R04_S013_K1_H35_V010_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.382	0.400	1.049	-0.319	-0.344	1.080	0.405	0.414	1.023	-0.319	-0.344	1.080	0.000	0.000	NaN	-0.280	-0.213	0.762	0.071	0.071	1.000	0.000	0.000	NaN	0.030	0.010	0.315
R04_S014_K1_H35_V020_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.528	0.556	1.053	-0.589	-0.477	0.810	0.570	0.579	1.016	-0.263	-0.273	1.039	0.000	0.000	NaN	-0.627	-0.479	0.764	0.124	0.124	1.000	0.000	0.000	NaN	0.054	0.015	0.277
R04_S015_K1_H35_V040_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.721	0.759	1.052	-1.208	-0.930	0.769	0.795	0.814	1.023	-0.197	-0.200	1.016	0.000	0.000	NaN	-1.279	-0.981	0.767	0.195	0.196	1.001	0.000	0.000	NaN	0.085	0.022	0.260
R04_S016_K1_H35_V080_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.971	1.035	1.066	-2.264	-1.727	0.763	1.101	1.122	1.019	-0.173	-0.183	1.058	0.000	0.000	NaN	-2.388	-1.836	0.769	0.293	0.293	1.001	0.000	0.000	NaN	0.127	0.032	0.252
R05_S017_K1_H55_V010_S1_D35_ST050_GO1_O1	0.213	0.220	1.031	-0.212	-0.228	1.073	0.230	0.233	1.015	-0.212	-0.228	1.073	0.000	0.000	NaN	-0.179	-0.137	0.767	0.017	0.017	0.999	0.000	0.000	NaN	0.001	0.000	0.000
R05_S018_K1_H55_V020_S1_D35_ST050_GO1_O1	0.295	0.305	1.031	-0.423	-0.344	0.812	0.325	0.330	1.016	-0.193	-0.200	1.032	0.000	0.000	NaN	-0.431	-0.332	0.768	0.033	0.033	1.001	0.000	0.000	NaN	0.001	0.000	0.000
R05_S019_K1_H55_V040_S1_D35_ST050_GO1_O1	0.405	0.419	1.033	-0.923	-0.717	0.777	0.458	0.466	1.017	-0.150	-0.153	1.022	0.000	0.000	NaN	-0.956	-0.737	0.770	0.057	0.057	1.000	0.000	0.000	NaN	0.002	0.000	0.060
R05_S020_K1_H55_V080_S1_D35_ST050_GO1_O1	0.551	0.572	1.039	-1.842	-1.424	0.773	0.645	0.657	1.019	-0.122	-0.133	1.084	0.000	0.000	NaN	-1.931	-1.491	0.772	0.090	0.090	1.001	0.000	0.000	NaN	0.002	0.000	0.042
R06_S021_K1_H55_V010_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.151	0.154	1.016	-0.163	-0.160	0.980	0.161	0.162	1.008	-0.153	-0.160	1.048	0.000	0.000	NaN	-0.132	-0.101	0.768	0.007	0.007	0.993	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R06_S022_K1_H55_V020_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.211	0.215	1.017	-0.348	-0.277	0.795	0.228	0.230	1.007	-0.159	-0.160	1.005	0.000	0.000	NaN	-0.329	-0.253	0.769	0.015	0.015	1.001	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R06_S023_K1_H55_V040_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.293	0.298	1.018	-0.744	-0.583	0.783	0.323	0.325	1.007	-0.136	-0.142	1.039	0.000	0.000	NaN	-0.760	-0.586	0.771	0.028	0.028	1.000	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R06_S024_K1_H55_V080_S1_D25_ST050_GO1_O1	0.402	0.411	1.022	-1.579	-1.211	0.767	0.454	0.459	1.012	-0.107	-0.099	0.926	0.000	0.000	NaN	-1.604	-1.240	0.773	0.047	0.047	1.001	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R07_S025_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO2_O1	0.180	0.189	1.051	-0.219	-0.177	0.806	0.193	0.197	1.018	-0.089	-0.092	1.038	0.000	0.000	NaN	-0.241	-0.167	0.691	0.031	0.031	1.001	0.000	0.000	NaN	0.026	0.013	0.493
R07_S026_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO2_O1	0.247	0.262	1.064	-0.519	-0.349	0.673	0.273	0.278	1.017	-0.080	-0.085	1.064	0.000	0.000	NaN	-0.561	-0.378	0.675	0.055	0.055	1.002	0.000	0.000	NaN	0.047	0.020	0.419
R07_S027_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO2_O1	0.334	0.358	1.072	-1.172	-0.747	0.637	0.384	0.389	1.012	-0.071	-0.077	1.078	0.000	0.000	NaN	-1.197	-0.785	0.655	0.087	0.087	1.001	0.000	0.000	NaN	0.076	0.029	0.384
R07_S028_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO2_O1	0.450	0.484	1.077	-2.346	-1.474	0.628	0.540	0.547	1.014	-0.059	-0.057	0.975	0.000	0.000	NaN	-2.348	-1.488	0.634	0.131	0.132	1.001	0.000	0.000	NaN	0.114	0.042	0.370
R08_S029_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO3_O1	0.484	0.502	1.038	-0.368	-0.364	0.990	0.512	0.520	1.015	-0.338	-0.333	0.986	0.000	0.000	NaN	-0.302	-0.237	0.787	0.086	0.086	0.999	0.000	0.000	NaN	0.027	0.012	0.449
R08_S030_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO3_O1	0.667	0.696	1.044	-0.629	-0.532	0.845	0.722	0.735	1.017	-0.372	-0.362	0.975	0.000	0.000	NaN	-0.688	-0.543	0.789	0.151	0.151	1.000	0.000	0.000	NaN	0.048	0.019	0.408
R08_S031_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO3_O1	0.909	0.952	1.047	-1.319	-1.059	0.803	1.011	1.025	1.014	-0.306	-0.318	1.040	0.000	0.000	NaN	-1.430	-1.132	0.791	0.242	0.242	1.000	0.000	0.000	NaN	0.075	0.029	0.390
R08_S032_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO3_O1	1.223	1.282	1.048	-2.559	-2.028	0.793	1.401	1.424	1.016	-0.207	-0.210	1.011	0.000	0.000	NaN	-2.715	-2.155	0.794	0.365	0.365	1.000	0.000	0.000	NaN	0.112	0.042	0.380
R09_S033_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O2	0.649	0.676	1.042	-0.645	-0.582	0.902	0.714	0.728	1.019	-0.378	-0.391	1.033	0.000	0.000	NaN	-0.533	-0.408	0.765	0.124	0.124	1.000	0.000	0.000	NaN	0.048	0.016	0.326
R09_S034_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O2	0.880	0.926	1.053	-1.183	-0.954	0.807	1.008	1.024	1.016	-0.351	-0.382	1.087	0.000	0.000	NaN	-1.215	-0.931	0.767	0.218	0.218	1.001	0.000	0.000	NaN	0.085	0.025	0.289
R09_S035_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O2	1.170	1.245	1.064	-2.373	-1.824	0.769	1.405	1.431	1.018	-0.391	-0.421	1.077	0.000	0.000	NaN	-2.522	-1.939	0.769	0.348	0.349	1.001	0.000	0.000	NaN	0.135	0.036	0.271
R09_S036_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O2	1.503	1.631	1.085	-4.411	-3.378	0.766	1.937	1.966	1.015	-0.416	-0.459	1.104	0.000	0.000	NaN	-4.781	-3.687	0.771	0.525	0.526	1.001	0.000	0.000	NaN	0.201	0.053	0.264

Bestand	Totale langskracht						Translatiegolven						Impulsafname						Wrijving						Vulstraal		
	positief			negatief			positief			negatief			positief			negatief			positief			negatief			positief		
	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL
[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]	[%o]	[%o]	[-]
R10_S037_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O3	1.131	1.203	1.063	-1.277	-1.106	0.866	1.328	1.340	1.009	-0.542	-0.548	1.013	0.000	0.000	NaN	-1.067	-0.815	0.764	0.248	0.248	1.000	0.000	0.000	NaN	0.097	0.032	0.326
R10_S038_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O3	1.473	1.595	1.083	-2.292	-1.857	0.810	1.870	1.893	1.013	-0.477	-0.508	1.065	0.000	0.000	NaN	-2.361	-1.809	0.766	0.436	0.436	1.001	0.000	0.000	NaN	0.171	0.049	0.288
R10_S039_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O3	1.816	2.024	1.114	-4.369	-3.316	0.759	2.599	2.623	1.009	-0.601	-0.650	1.081	0.000	0.000	NaN	-4.715	-3.617	0.767	0.696	0.698	1.002	0.000	0.000	NaN	0.269	0.072	0.269
R10_S040_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O3	2.074	2.430	1.172	-7.974	-5.895	0.739	3.567	3.593	1.007	-0.814	-0.874	1.072	0.000	0.000	NaN	-8.727	-6.713	0.769	1.050	1.052	1.002	0.000	0.000	NaN	0.401	0.105	0.263
R11_S041_K1_H55_V010_S1_D45_ST200_GO1_O1	0.368	0.374	1.015	-0.273	-0.289	1.061	0.363	0.367	1.012	-0.273	-0.289	1.062	0.000	0.000	NaN	-0.066	-0.058	0.873	0.051	0.051	1.000	0.000	0.000	NaN	0.014	0.010	0.718
R11_S042_K1_H55_V020_S1_D45_ST200_GO1_O1	0.521	0.531	1.019	-0.239	-0.247	1.035	0.511	0.519	1.016	-0.228	-0.238	1.045	0.000	0.000	NaN	-0.179	-0.145	0.812	0.089	0.089	1.000	0.000	0.000	NaN	0.035	0.020	0.573
R11_S043_K1_H55_V040_S1_D45_ST200_GO1_O1	0.737	0.752	1.021	-0.410	-0.382	0.932	0.719	0.730	1.016	-0.160	-0.165	1.037	0.000	0.000	NaN	-0.459	-0.356	0.774	0.142	0.142	1.002	0.000	0.000	NaN	0.079	0.035	0.441
R11_S044_K1_H55_V080_S1_D45_ST200_GO1_O1	1.032	1.055	1.023	-1.024	-0.893	0.873	1.000	1.016	1.016	-0.140	-0.143	1.026	0.000	0.000	NaN	-1.088	-0.888	0.816	0.214	0.215	1.001	0.000	0.000	NaN	0.148	0.054	0.368
R12_S045_K1_H55_V010_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.416	0.429	1.031	-0.340	-0.368	1.084	0.425	0.433	1.019	-0.340	-0.368	1.084	0.000	0.000	NaN	-0.370	-0.272	0.737	0.088	0.088	1.000	0.000	0.000	NaN	0.106	0.035	0.329
R12_S046_K1_H55_V020_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.582	0.602	1.034	-0.739	-0.576	0.779	0.601	0.612	1.019	-0.284	-0.292	1.029	0.000	0.000	NaN	-0.860	-0.640	0.745	0.155	0.155	1.000	0.000	0.000	NaN	0.187	0.054	0.289
R12_S047_K1_H55_V040_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.804	0.829	1.031	-1.668	-1.249	0.749	0.844	0.855	1.013	-0.213	-0.212	0.996	0.000	0.000	NaN	-1.824	-1.373	0.753	0.248	0.248	1.001	0.000	0.000	NaN	0.295	0.080	0.271
R12_S048_K1_H55_V080_S2_D45_ST050_GO1_O1	1.091	1.131	1.036	-3.316	-2.487	0.750	1.178	1.194	1.014	-0.156	-0.168	1.081	0.000	0.000	NaN	-3.524	-2.678	0.760	0.374	0.374	1.001	0.000	0.000	NaN	0.440	0.116	0.263
R13_S049_K1_H55_V010_S3_D22_ST050_GO1_O1	0.113	0.117	1.029	-0.444	-0.327	0.737	0.115	0.118	1.026	-0.192	-0.189	0.987	0.000	0.000	NaN	-0.388	-0.288	0.743	0.007	0.006	0.997	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R13_S050_K1_H55_V020_S3_D22_ST050_GO1_O1	0.159	0.164	1.029	-1.037	-0.804	0.775	0.163	0.168	1.026	-0.187	-0.213	1.139	0.000	0.000	NaN	-1.007	-0.752	0.746	0.015	0.015	1.000	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R13_S051_K1_H55_V040_S3_D22_ST050_GO1_O1	0.223	0.230	1.031	-2.461	-1.847	0.751	0.231	0.237	1.026	-0.159	-0.172	1.086	0.000	0.000	NaN	-2.462	-1.850	0.751	0.030	0.030	1.000	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R13_S052_K1_H55_V080_S3_D22_ST050_GO1_O1	0.311	0.321	1.033	-5.551	-4.160	0.749	0.334	0.335	1.003	-0.203	-0.167	0.821	0.000	0.000	NaN	-5.542	-4.199	0.758	0.055	0.054	0.999	0.000	0.000	NaN	0.000	0.000	NaN
R14_S053_K2_H55_V010_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.326	0.332	1.018	-0.215	-0.214	0.998	0.335	0.340	1.013	-0.214	-0.214	1.000	0.000	0.000	NaN	-0.213	-0.161	0.756	0.021	0.021	0.999	0.000	0.000	NaN	0.053	0.017	0.320
R14_S054_K2_H55_V020_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.456	0.464	1.018	-0.464	-0.372	0.800	0.474	0.480	1.012	-0.218	-0.213	0.975	0.000	0.000	NaN	-0.482	-0.364	0.756	0.036	0.036	1.000	0.000	0.000	NaN	0.094	0.026	0.283
R14_S055_K2_H55_V040_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.629	0.645	1.025	-0.943	-0.717	0.760	0.666	0.677	1.017	-0.201	-0.199	0.989	0.000	0.000	NaN	-0.995	-0.753	0.757	0.058	0.058	1.001	0.000	0.000	NaN	0.148	0.039	0.265
R14_S056_K2_H55_V080_S2_D45_ST050_GO1_O1	0.860	0.882	1.025	-1.793	-1.351	0.753	0.934	0.948	1.015	-0.137	-0.138	1.012	0.000	0.000	NaN	-1.878	-1.424	0.758	0.087	0.088	1.001	0.000	0.000	NaN	0.220	0.057	0.258
R15_S057_K3_H55_V010_S1_D45_ST050_GO4_O1	0.150	0.152	1.013	-0.161	-0.174	1.077	0.157	0.159	1.007	-0.161	-0.174	1.077	0.000	0.000	NaN	-0.130	-0.100	0.769	0.004	0.004	1.002	0.000	0.000	NaN	0.011	0.004	0.357
R15_S058_K3_H55_V020_S1_D45_ST050_GO4_O1	0.209	0.212	1.013	-0.349	-0.278	0.798	0.223	0.225	1.007	-0.164	-0.164	0.998	0.000	0.000	NaN	-0.327	-0.252	0.770	0.009	0.009	0.997	0.000	0.000	NaN	0.020	0.006	0.305
R15_S059_K3_H55_V040_S1_D45_ST050_GO4_O1	0.291	0.295	1.013	-0.771	-0.599	0.777	0.315	0.318	1.011	-0.134	-0.142	1.056	0.000	0.000	NaN	-0.762	-0.588	0.771	0.016	0.016	1.001	0.000	0.000	NaN	0.032	0.009	0.283
R15_S060_K3_H55_V080_S1_D45_ST050_GO4_O1	0.402	0.408	1.015	-1.613	-1.234	0.765	0.445	0.450	1.011	-0.115	-0.114	0.986	0.000	0.000	NaN	-1.623	-1.255	0.773	0.027	0.028	1.001	0.000	0.000	NaN	0.049	0.013	0.273
R16_S061_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO7_O1	0.349	0.362	1.037	-0.299	-0.308	1.029	0.376	0.381	1.013	-0.290	-0.308	1.063	0.000	0.000	NaN	-0.291	-0.224	0.769	0.062	0.062	1.000	0.000	0.000	NaN	0.020	0.004	0.219
R16_S062_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO7_O1	0.479	0.500	1.044	-0.614	-0.487	0.794	0.532	0.539	1.015	-0.248	-0.255	1.027	0.000	0.000	NaN	-0.663	-0.511	0.771	0.109	0.109	1.000	0.000	0.000	NaN	0.034	0.007	0.197
R16_S063_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO7_O1	0.651	0.680	1.044	-1.268	-0.977	0.771	0.745	0.758	1.017	-0.169	-0.177	1.044	0.000	0.000	NaN	-1.376	-1.064	0.773	0.174	0.174	1.001	0.000	0.000	NaN	0.052	0.010	0.189
R16_S064_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO7_O1	0.870	0.916	1.053	-2.444	-1.889	0.773	1.038	1.053	1.014	-0.146	-0.151	1.037	0.000	0.000	NaN	-2.607	-2.022	0.776	0.263	0.263	1.001	0.000	0.000	NaN	0.077	0.014	0.185
R17_S065_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO5_O4	0.164	0.194	1.187	-0.390	-0.348	0.890	0.222	0.227	1.022	-0.323	-0.328	1.017	0.000	0.000	NaN	-0.399	-0.275	0.690	0.077	0.077	1.002	0.000	0.000	NaN	0.047	0.029	0.616
R17_S066_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO5_O4	0.219	0.261	1.192	-0.821	-0.616	0.751	0.330	0.337	1.021	-0.246	-0.246	0.999	0.000	0.000	NaN	-0.962	-0.674	0.700	0.135	0.135	1.004	0.000	0.000	NaN	0.086	0.042	0.490
R17_S067_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO5_O4	0.284	0.333	1.172	-1.836	-1.271	0.692	0.461	0.475	1.030	-0.187	-0.191	1.018	0.000	0.000	NaN	-2.037	-1.431	0.703	0.206	0.205	0.998	0.000	0.000	NaN	0.130	0.056	0.431
R17_S068_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO5_O4	0.358	0.444	1.240	-3.595	-2.472	0.688	0.619	0.633	1.023	-0.140	-0.145	1.031	0.000	0.000	NaN	-3.886	-2.703	0.696	0.287	0.293	1.019	0.000	0.000	NaN	0.177	0.070	0.398
R18_S069_K1_H55_L010_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.490	0.526	1.073	-0.241	-0.253	1.048	0.492	0.526	1.071	-0.230	-0.234	1.018	0.000	0.000	NaN	-0.136	-0.136	0.999	0.000	0.000	NaN	-0.074	-0.074	0.999	0.000	0.000	NaN
R18_S070_K1_H55_L020_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.555	0.542	0.977	-0.364	-0.378	1.038	0.555	0.562	1.012	-0.231	-0.235	1.018	0.000	0.000	NaN	-0.284	-0.283	0.999	0.000	0.000	NaN	-0.142	-0.142	0.998	0.000	0.000	NaN
R18_S071_K1_H55_L040_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.585	0.606	1.037	-0.559	-0.561	1.005	0.585	0.607	1.037	-0.206	-0.208	1.008	0.000	0.000	NaN	-0.530	-0.529	0.998	0.000	0.000	NaN	-0.222	-0.222	0.998	0.000	0.000	NaN
R18_S072_K1_H55_L080_S1_D45_ST050_GO1_O1	0.577	0.603	1.045	-0.589	-0.590	1.002	0.579	0.603	1.042	-0.166	-0.168	1.011	0.000	0.000	NaN	-0.573	-0.572	0.998	0.000	0.000	NaN	-0.222	-0.222	0.998	0.000	0.000	NaN

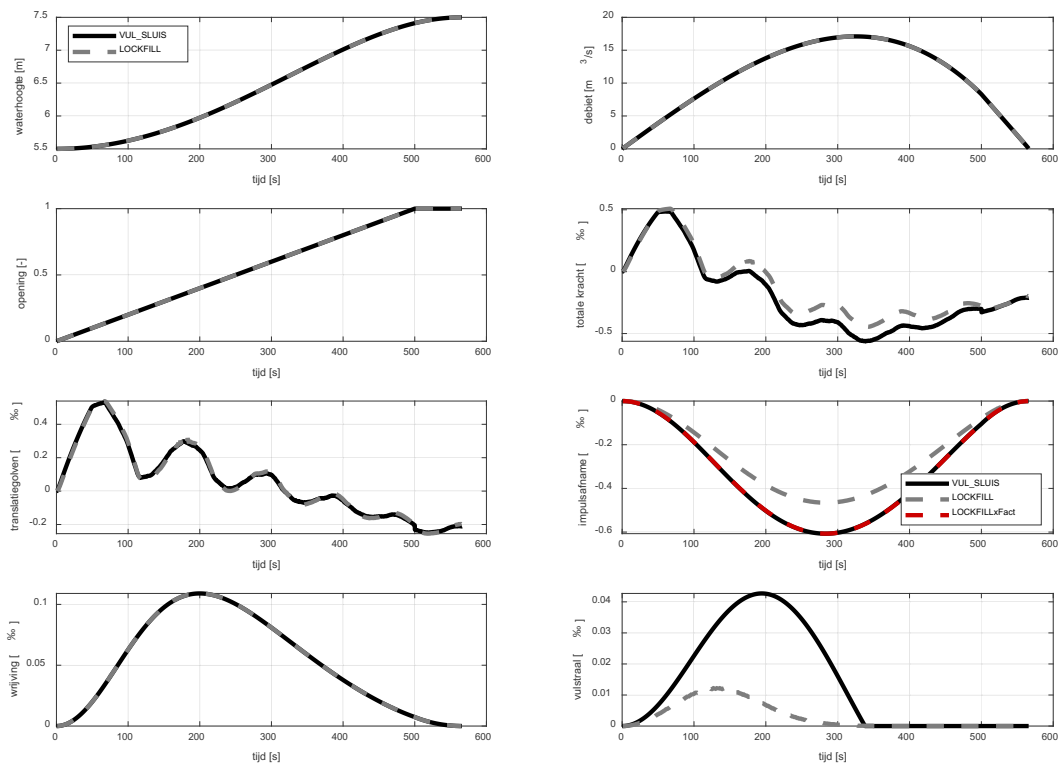
Bestand	Totale langskracht						Translatiegolven						Impulsafname						Wrijving						Vulstraal		
	positief			negatief			positief			negatief			positief			negatief			positief			negatief			positief		
	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL	VUL_SLUIS	LOCKFILL	LOCK/VUL
[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]	[‰]	[‰]	[-]
R19_S073_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O5	0.188	0.193	1.029	-0.140	-0.145	1.036	0.193	0.197	1.018	-0.140	-0.145	1.035	0.000	-0.000	NaN	-0.133	-0.102	0.767	0.031	0.031	1.001	0.000	0.000	NaN	0.012	0.004	0.330
R19_S074_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O5	0.261	0.270	1.034	-0.270	-0.209	0.774	0.273	0.278	1.017	-0.139	-0.140	1.003	0.000	-0.000	NaN	-0.304	-0.233	0.766	0.055	0.055	1.002	0.000	0.000	NaN	0.021	0.006	0.290
R19_S075_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O5	0.361	0.374	1.036	-0.562	-0.428	0.762	0.384	0.389	1.012	-0.125	-0.128	1.017	0.000	-0.000	NaN	-0.630	-0.485	0.769	0.087	0.087	1.001	0.000	0.000	NaN	0.034	0.009	0.270
R19_S076_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O5	0.492	0.516	1.048	-1.112	-0.843	0.758	0.540	0.547	1.014	-0.085	-0.086	1.003	0.000	-0.000	NaN	-1.195	-0.922	0.771	0.131	0.132	1.001	0.000	0.000	NaN	0.050	0.013	0.263
R20_S077_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO6_O1	0.322	0.362	1.127	-0.453	-0.308	0.680	0.376	0.381	1.013	-0.290	-0.308	1.063	0.000	-0.000	NaN	-0.520	-0.229	0.439	0.062	0.062	1.000	0.000	0.000	NaN	0.049	0.007	0.144
R20_S078_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO6_O1	0.430	0.500	1.163	-1.108	-0.497	0.448	0.532	0.539	1.015	-0.248	-0.255	1.027	0.000	-0.000	NaN	-1.193	-0.522	0.437	0.109	0.109	1.000	0.000	0.000	NaN	0.087	0.011	0.124
R20_S079_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO6_O1	0.560	0.681	1.215	-2.403	-0.999	0.415	0.745	0.758	1.017	-0.169	-0.177	1.044	0.000	-0.000	NaN	-2.516	-1.085	0.431	0.174	0.174	1.001	0.000	0.000	NaN	0.139	0.016	0.115
R20_S080_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO6_O1	0.701	0.917	1.309	-4.680	-1.929	0.412	1.038	1.053	1.014	-0.146	-0.151	1.037	0.000	-0.000	NaN	-4.881	-2.063	0.423	0.263	0.263	1.001	0.000	0.000	NaN	0.211	0.023	0.109
R21_S081_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO8_O1	0.353	0.371	1.051	-0.291	-0.308	1.058	0.376	0.381	1.013	-0.290	-0.308	1.063	0.000	-0.000	NaN	-0.281	-0.196	0.696	0.062	0.062	1.000	0.000	0.000	NaN	0.031	0.016	0.514
R21_S082_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO8_O1	0.484	0.516	1.067	-0.575	-0.427	0.744	0.532	0.539	1.015	-0.248	-0.255	1.027	0.000	-0.000	NaN	-0.640	-0.447	0.698	0.109	0.109	1.000	0.000	0.000	NaN	0.057	0.025	0.447
R21_S083_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO8_O1	0.659	0.709	1.075	-1.221	-0.844	0.691	0.745	0.758	1.017	-0.169	-0.177	1.044	0.000	-0.000	NaN	-1.329	-0.930	0.700	0.174	0.174	1.001	0.000	0.000	NaN	0.091	0.038	0.414
R21_S084_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO8_O1	0.885	0.962	1.086	-2.358	-1.642	0.696	1.038	1.053	1.014	-0.146	-0.151	1.037	0.000	-0.000	NaN	-2.519	-1.769	0.702	0.263	0.263	1.001	0.000	0.000	NaN	0.138	0.055	0.401
R22_S085_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO9_O1	0.354	0.373	1.055	-0.291	-0.308	1.058	0.376	0.381	1.013	-0.290	-0.308	1.063	0.000	-0.000	NaN	-0.290	-0.214	0.739	0.062	0.062	1.000	0.000	0.000	NaN	0.046	0.048	1.033
R22_S086_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO9_O1	0.486	0.521	1.072	-0.556	-0.460	0.827	0.532	0.539	1.015	-0.248	-0.255	1.027	0.000	-0.000	NaN	-0.659	-0.488	0.741	0.109	0.109	1.000	0.000	0.000	NaN	0.089	0.083	0.929
R22_S087_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO9_O1	0.662	0.719	1.086	-1.223	-0.928	0.759	0.745	0.758	1.017	-0.169	-0.177	1.044	0.000	-0.000	NaN	-1.368	-1.015	0.742	0.174	0.174	1.001	0.000	0.000	NaN	0.150	0.129	0.865
R22_S088_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO9_O1	0.890	0.978	1.098	-2.430	-1.796	0.739	1.038	1.053	1.014	-0.146	-0.151	1.037	0.000	-0.000	NaN	-2.593	-1.929	0.744	0.263	0.263	1.001	0.000	0.000	NaN	0.230	0.191	0.832

5.2 Figuren

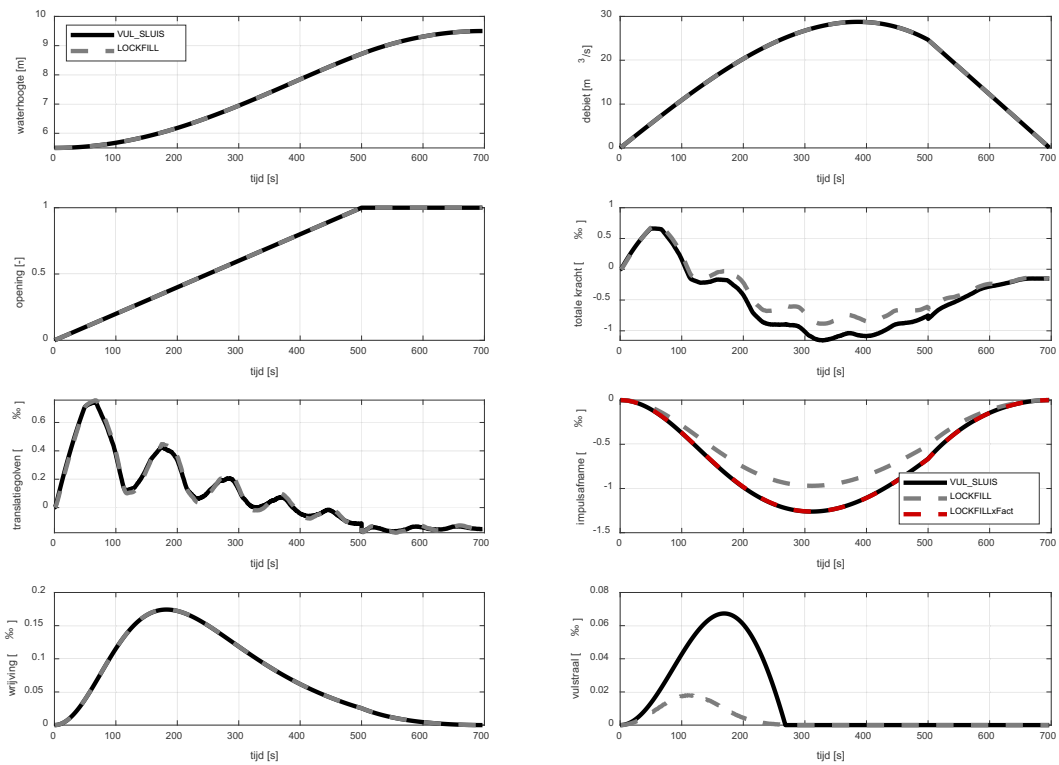
R01_S001_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O1



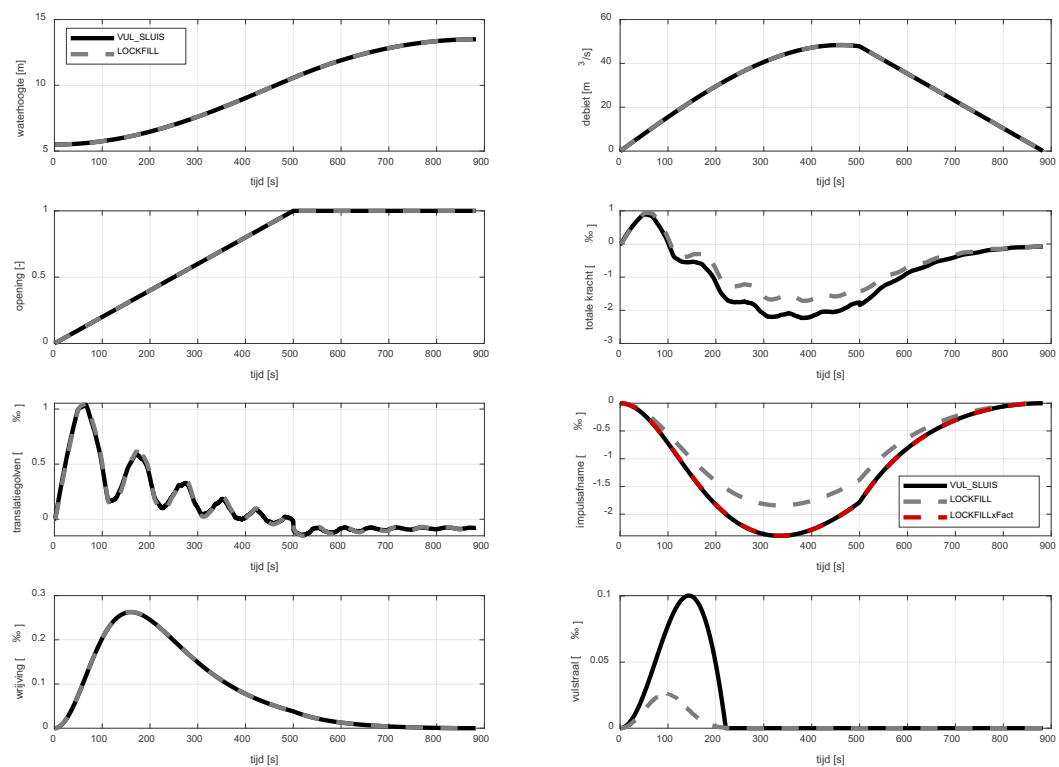
R01_S002_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O1



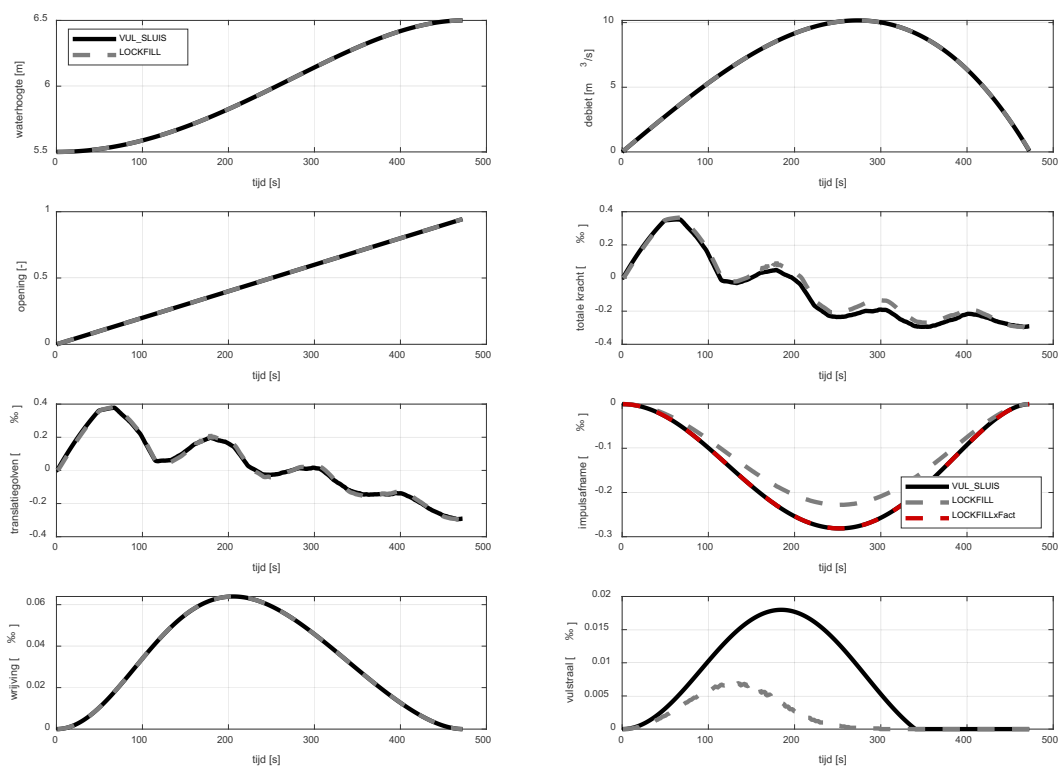
R01_S003_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O1



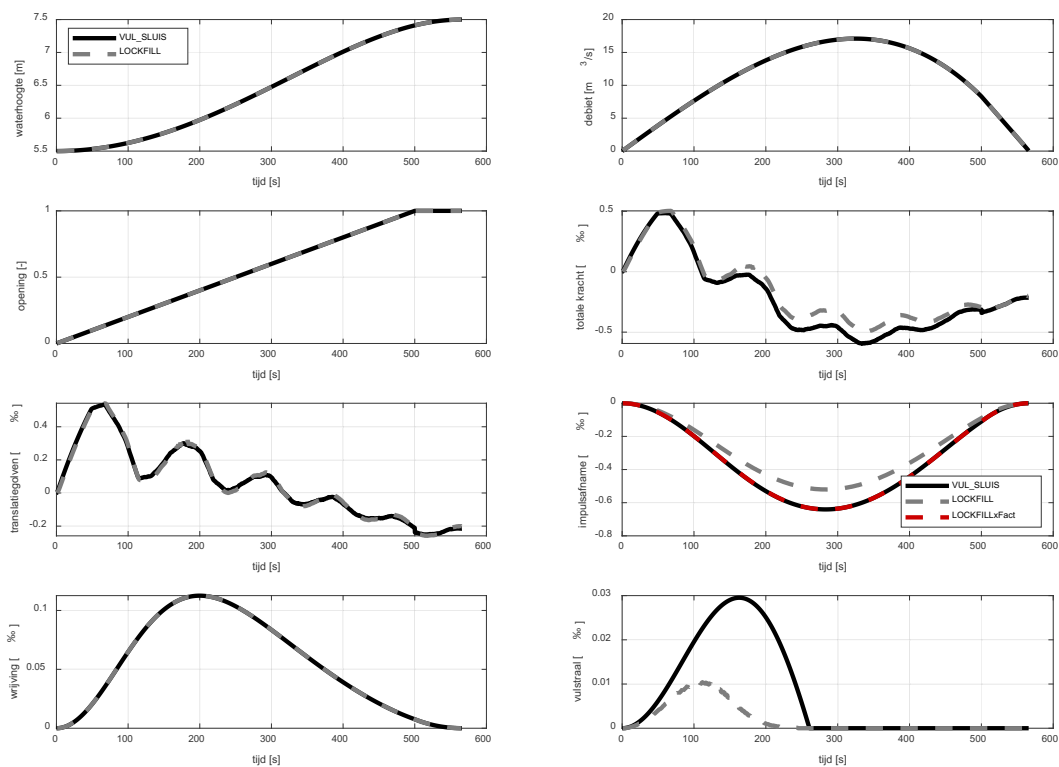
R01_S004_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O1



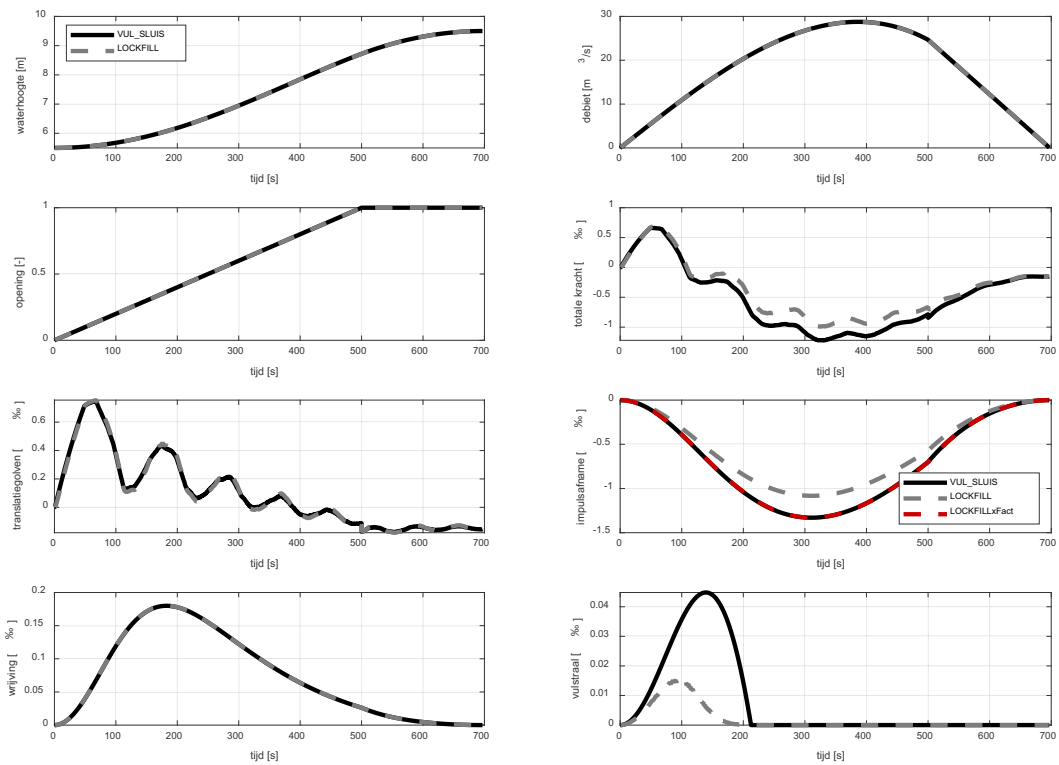
R02_S005_K1_H55_V010_S1_D45_ST025_GO1_O1



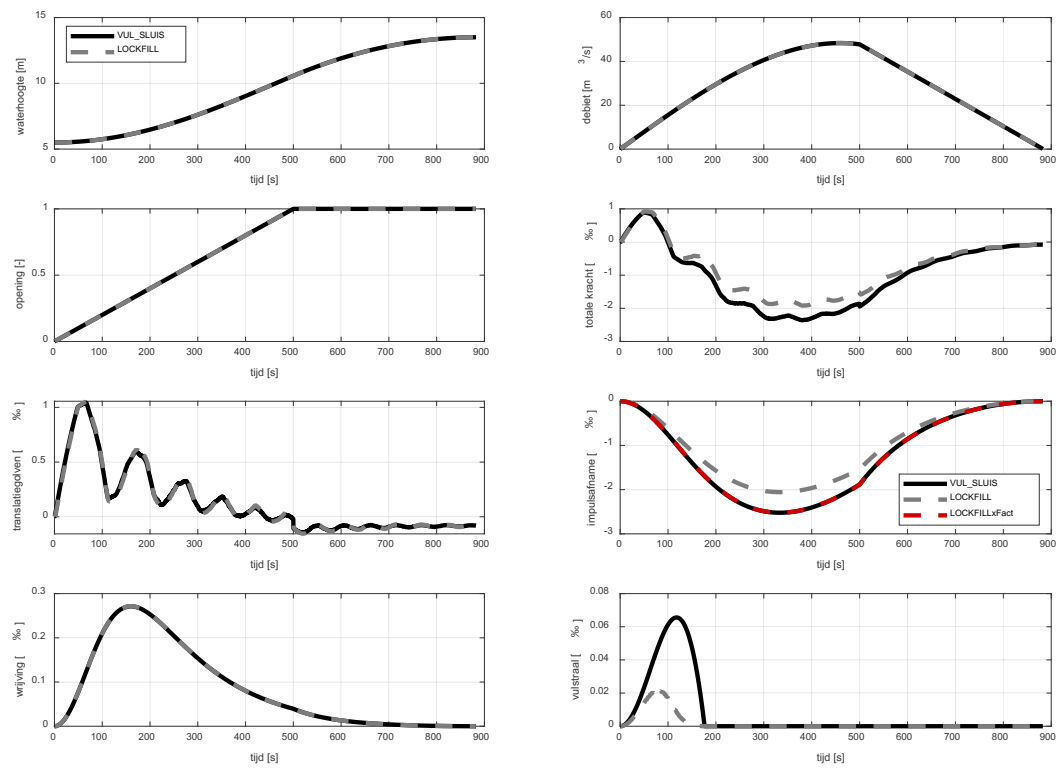
R02_S006_K1_H55_V020_S1_D45_ST025_GO1_O1



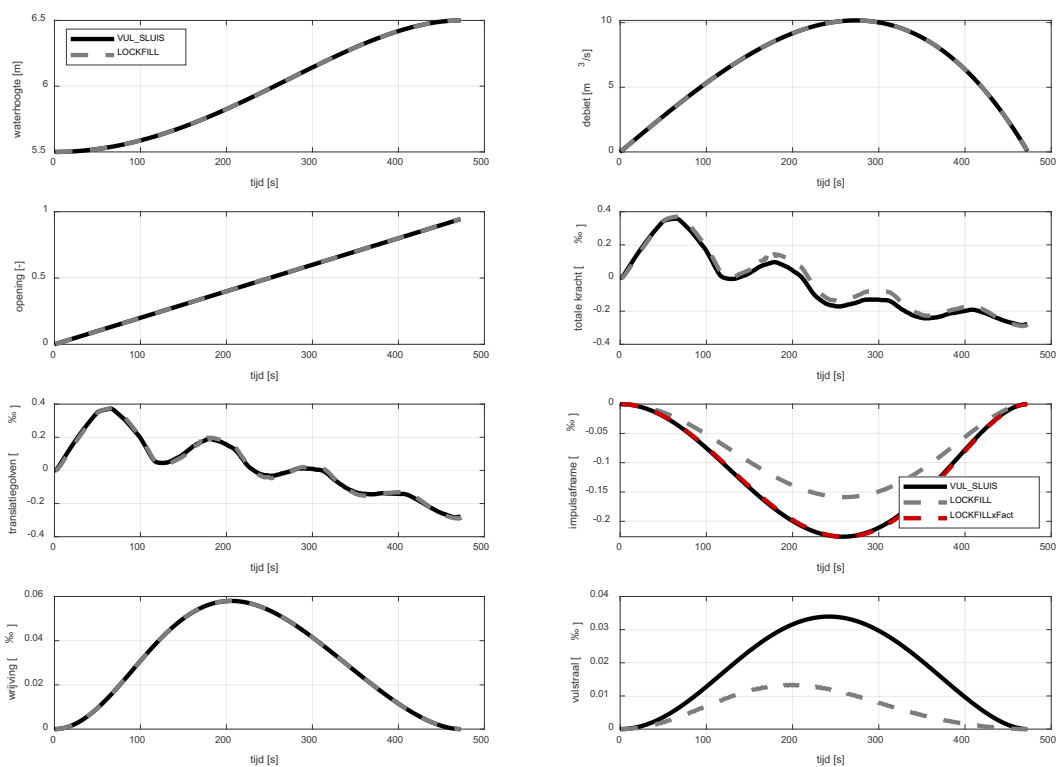
R02_S007_K1_H55_V040_S1_D45_ST025_GO1_O1



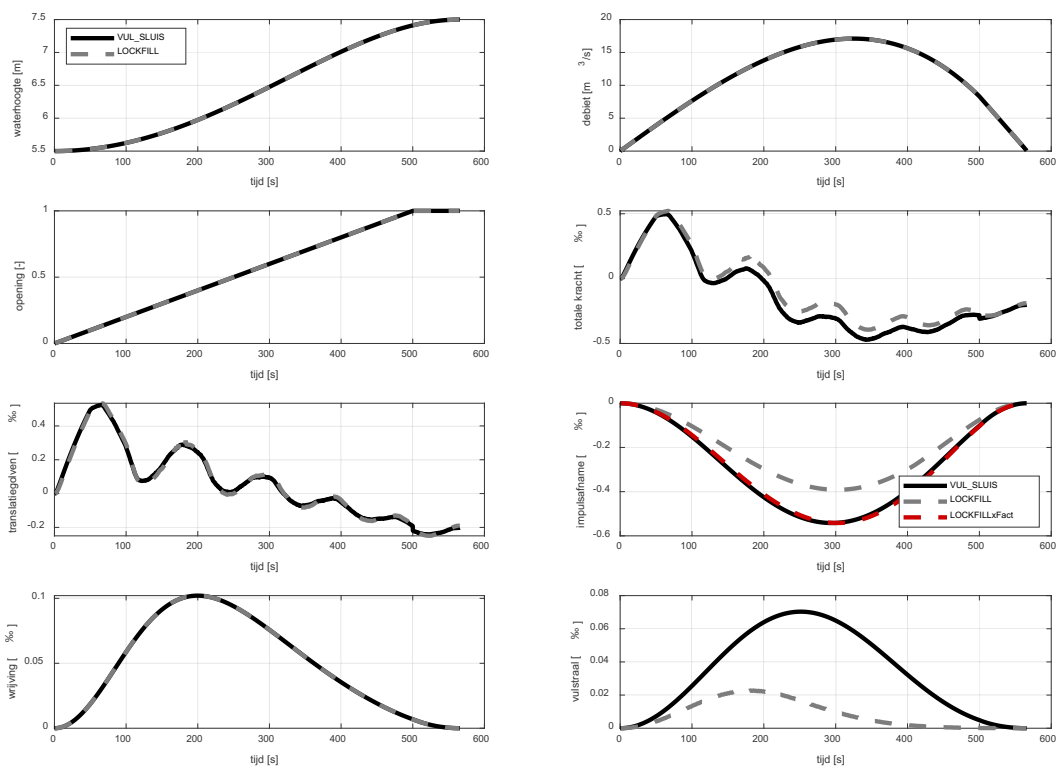
R02_S008_K1_H55_V080_S1_D45_ST025_GO1_O1



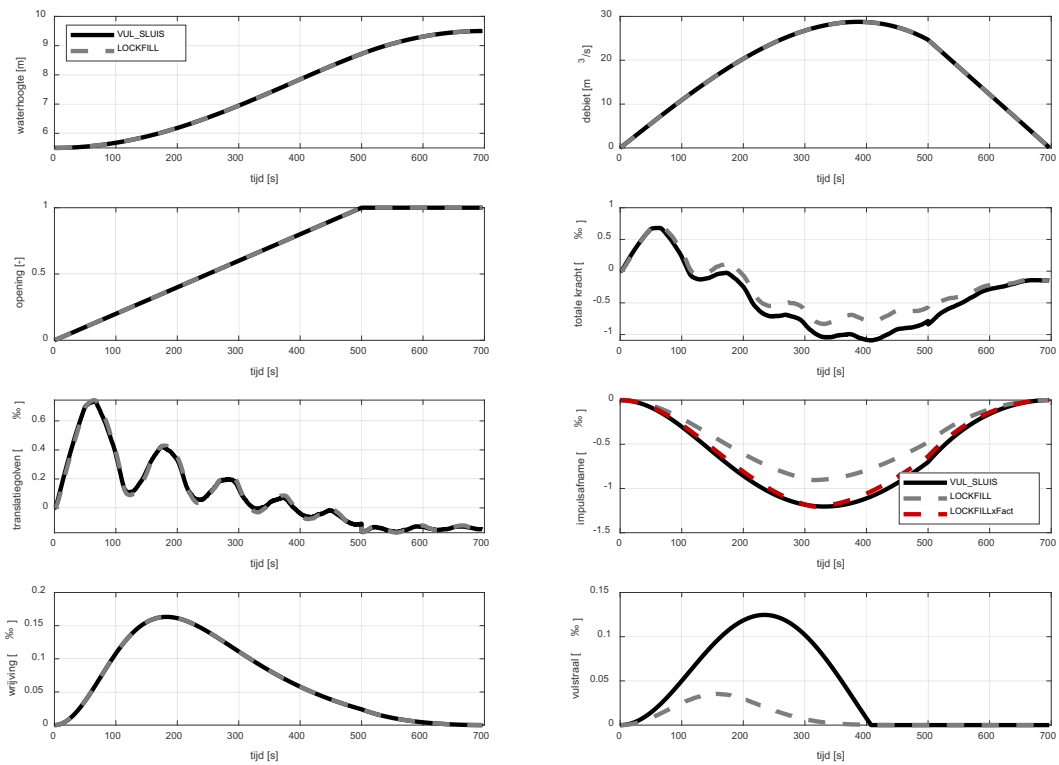
R03_S009_K1_H55_V010_S1_D45_ST100_GO1_O1



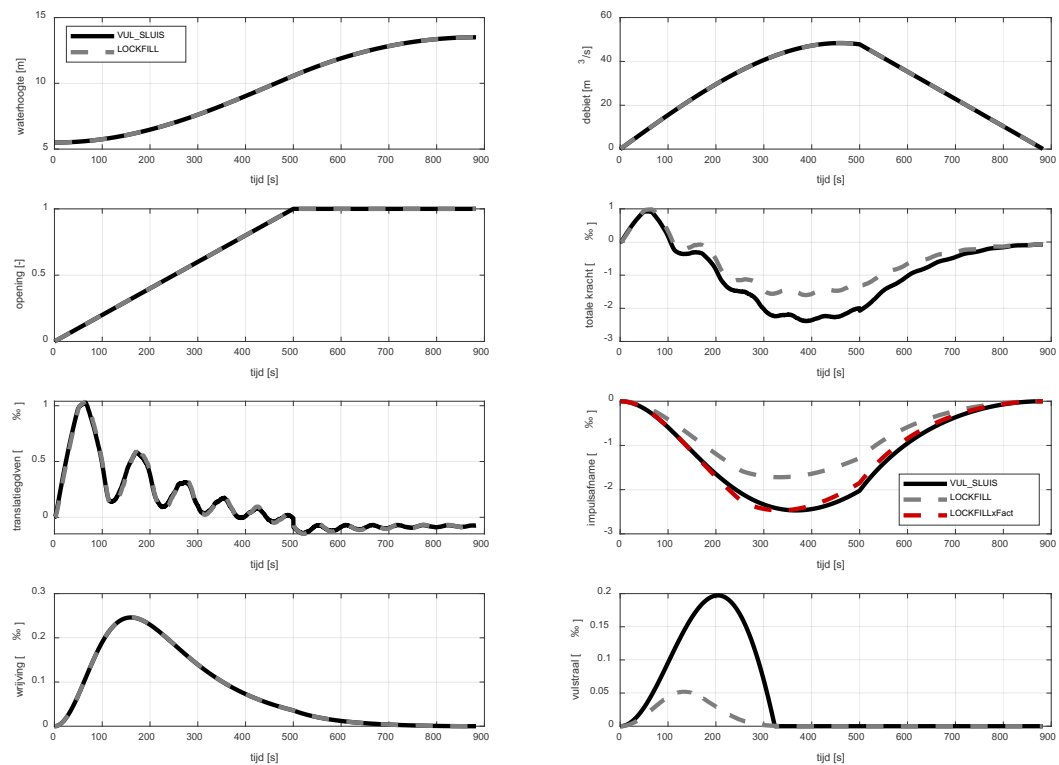
R03_S010_K1_H55_V020_S1_D45_ST100_GO1_O1



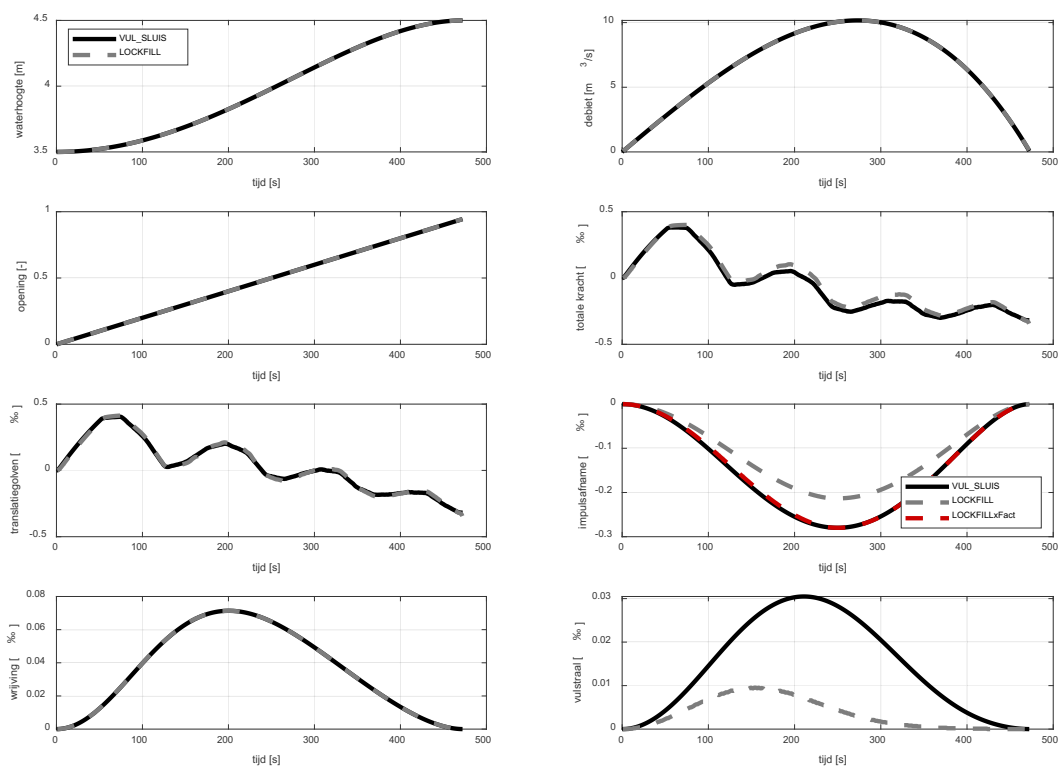
R03_S011_K1_H55_V040_S1_D45_ST100_GO1_O1



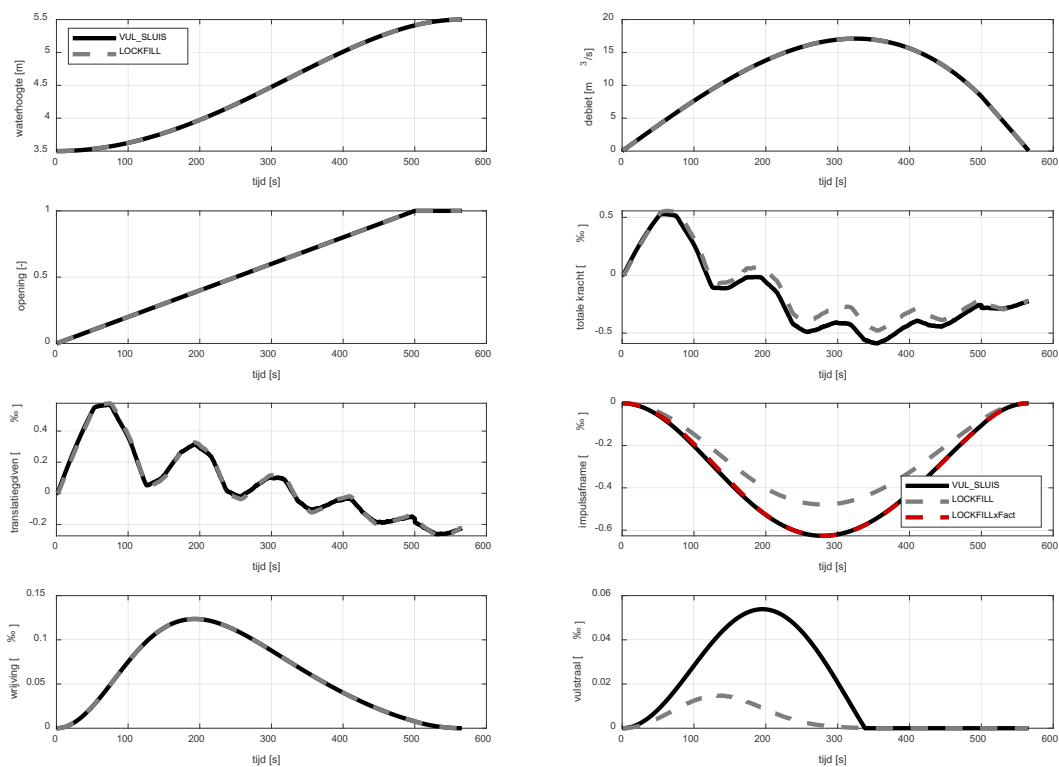
R03_S012_K1_H55_V080_S1_D45_ST100_GO1_O1



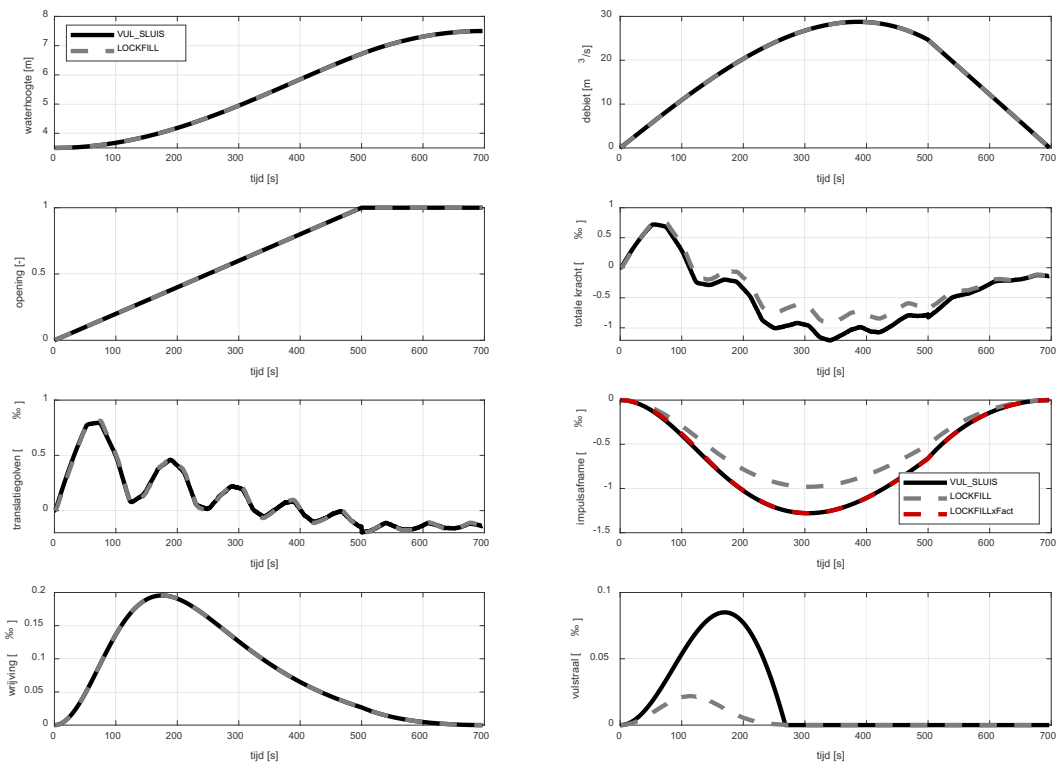
R04_S013_K1_H35_V010_S1_D25_ST050_GO1_O1



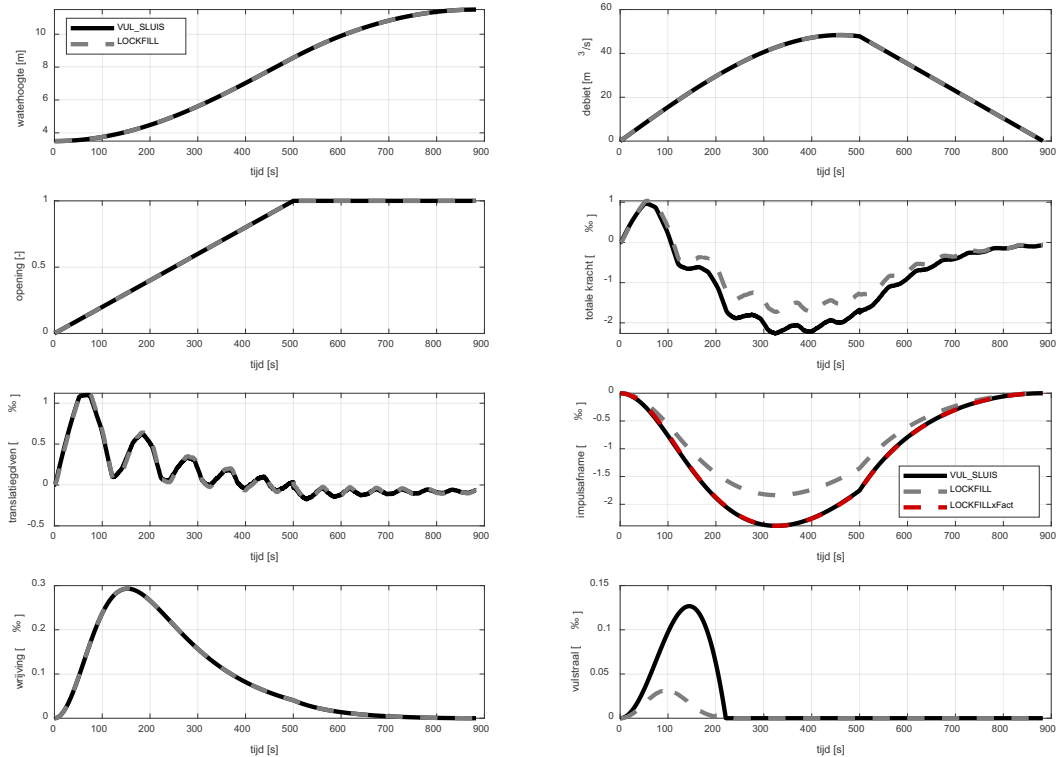
R04_S014_K1_H35_V020_S1_D25_ST050_GO1_O1



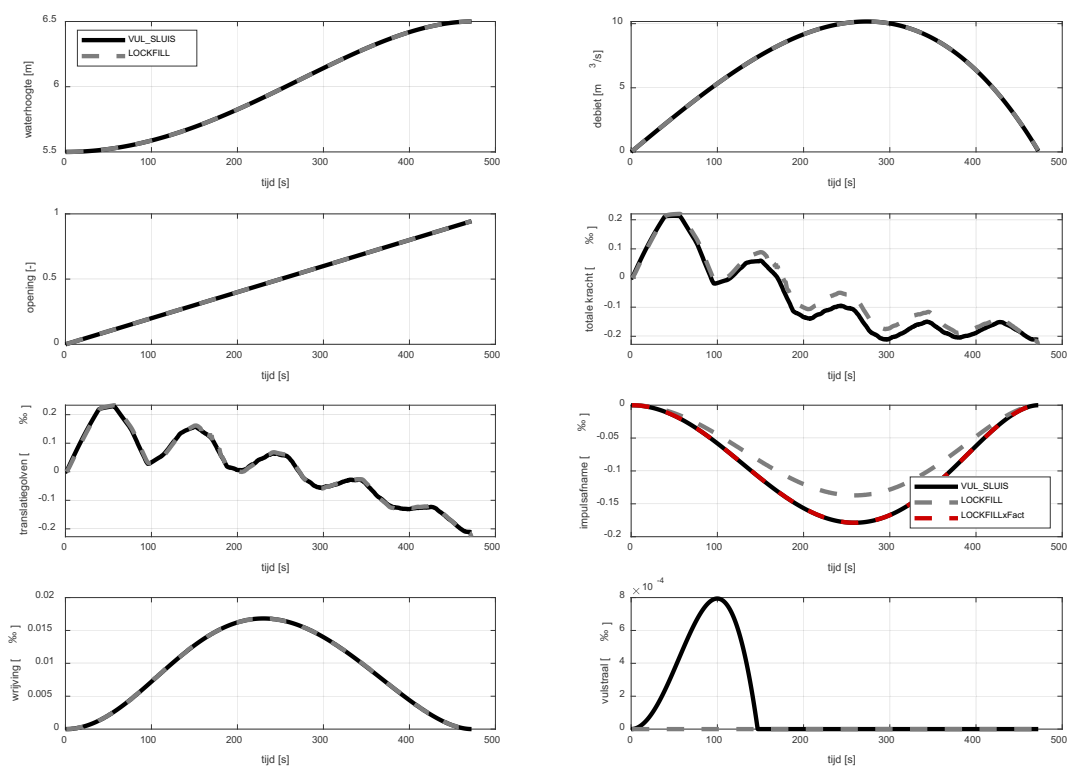
R04_S015_K1_H35_V040_S1_D25_ST050_GO1_O1



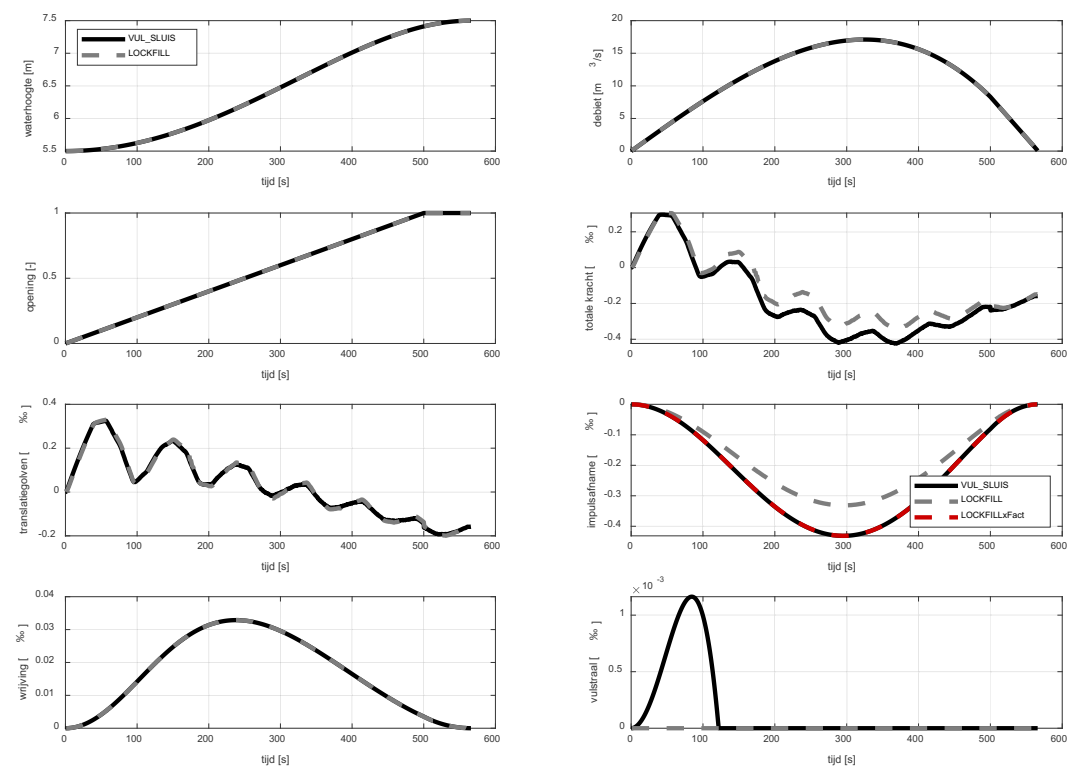
R04_S016_K1_H35_V080_S1_D25_ST050_GO1_O1



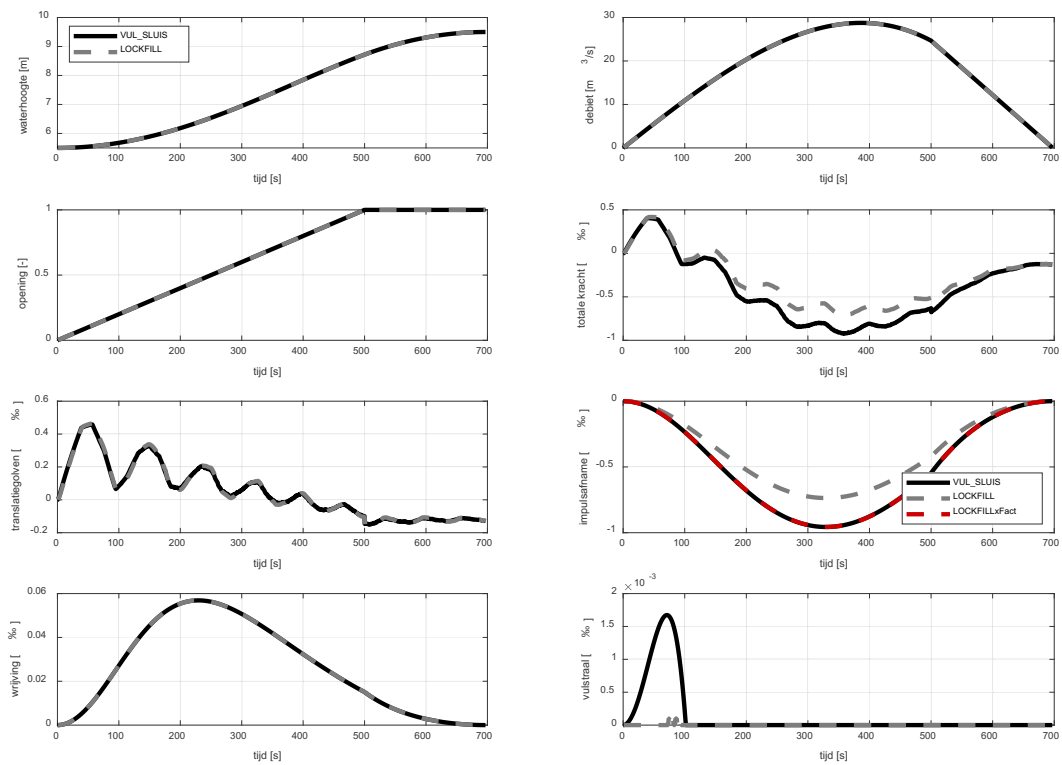
R05_S017_K1_H55_V010_S1_D35_ST050_GO1_O1



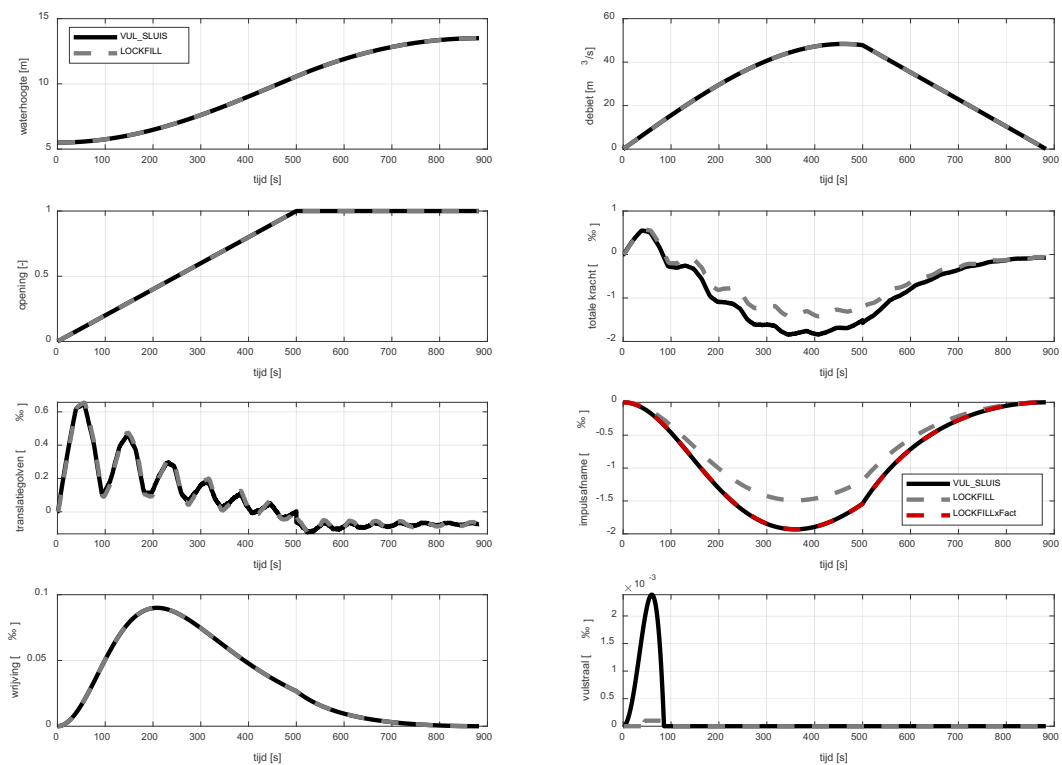
R05_S018_K1_H55_V020_S1_D35_ST050_GO1_O1



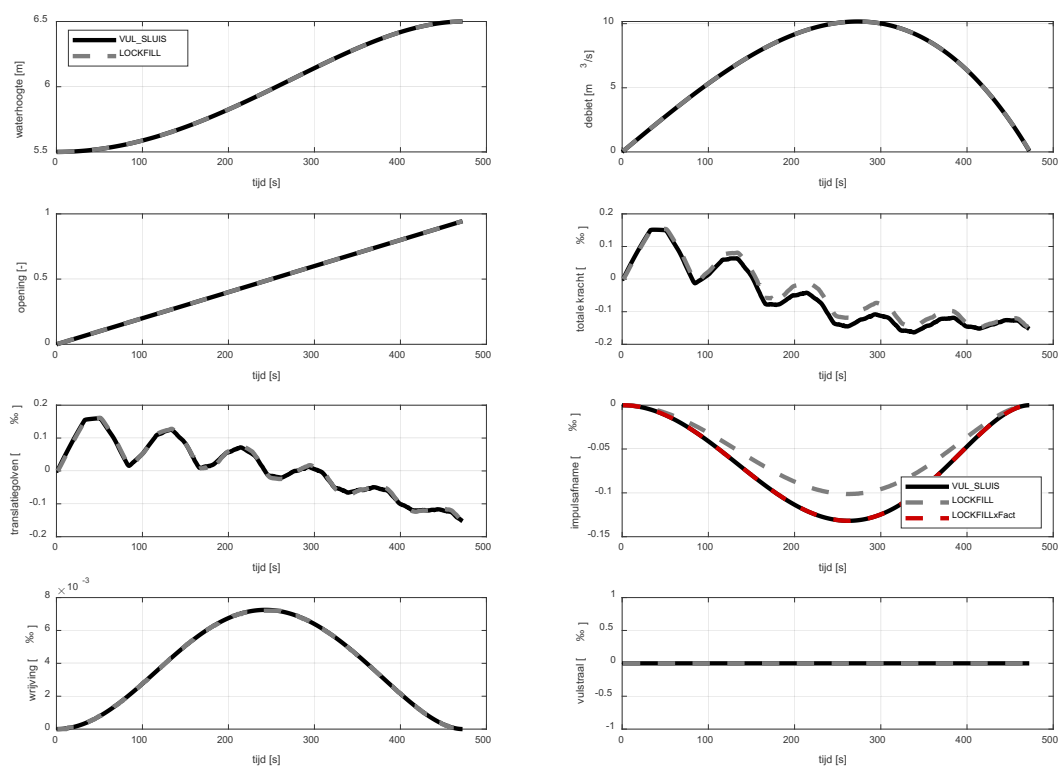
R05_S019_K1_H55_V040_S1_D35_ST050_GO1_O1



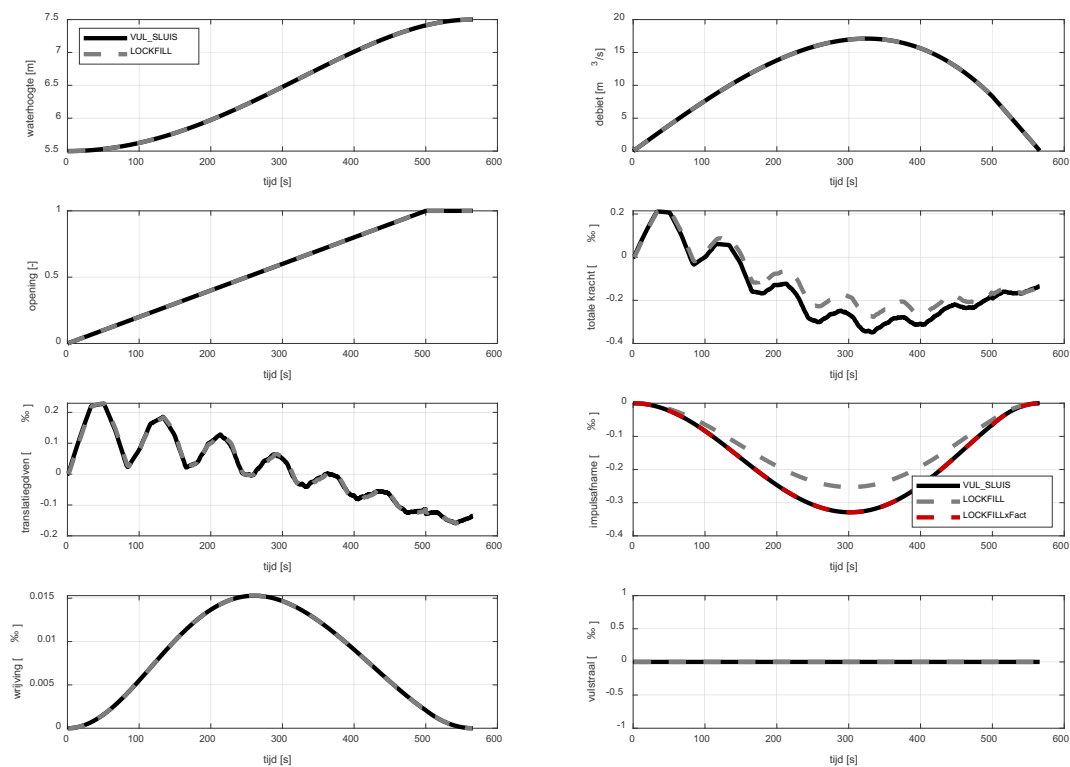
R05_S020_K1_H55_V080_S1_D35_ST050_GO1_O1



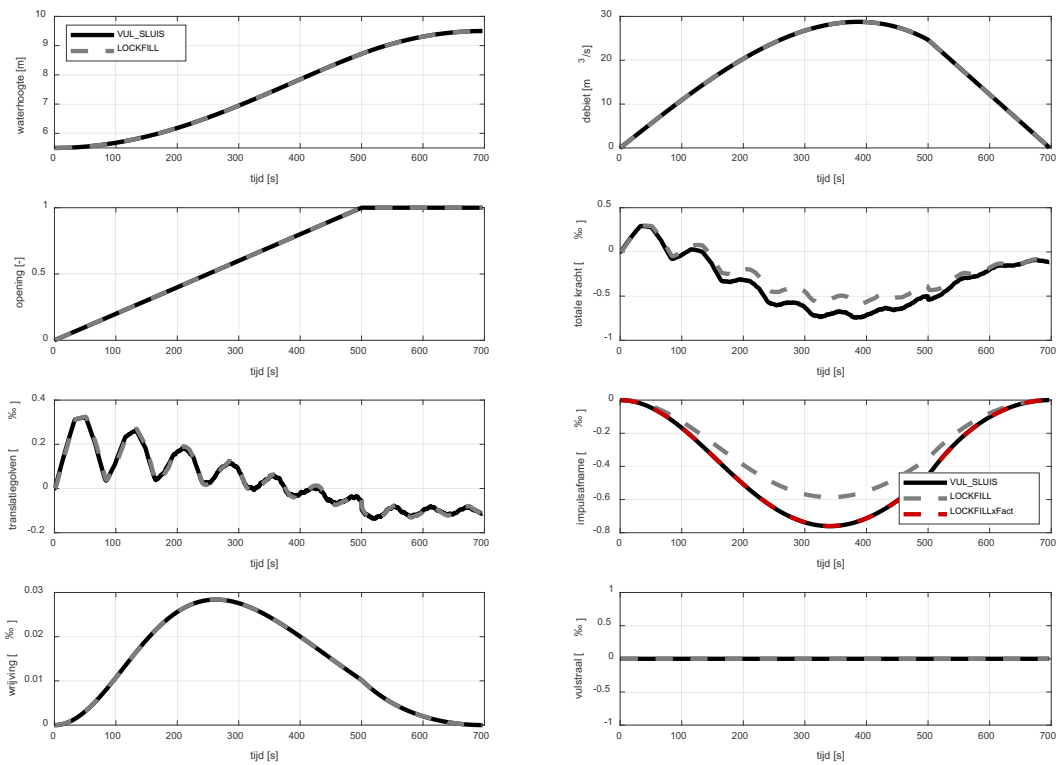
R06_S021_K1_H55_V010_S1_D25_ST050_GO1_O1



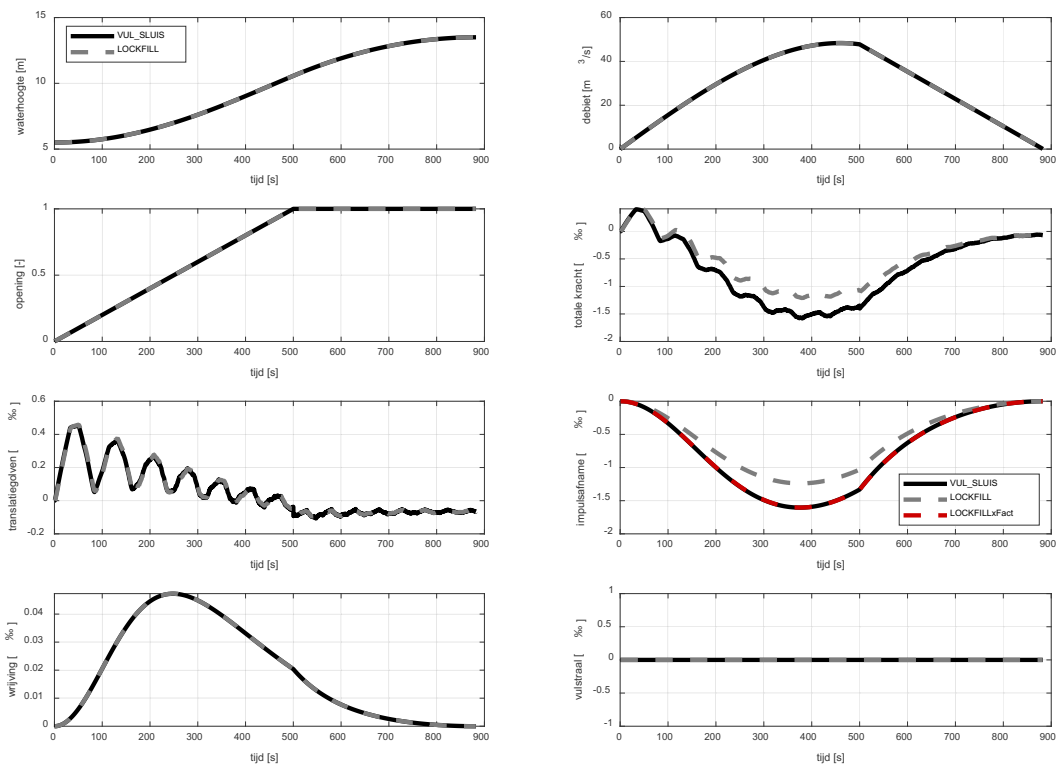
R06_S022_K1_H55_V020_S1_D25_ST050_GO1_O1



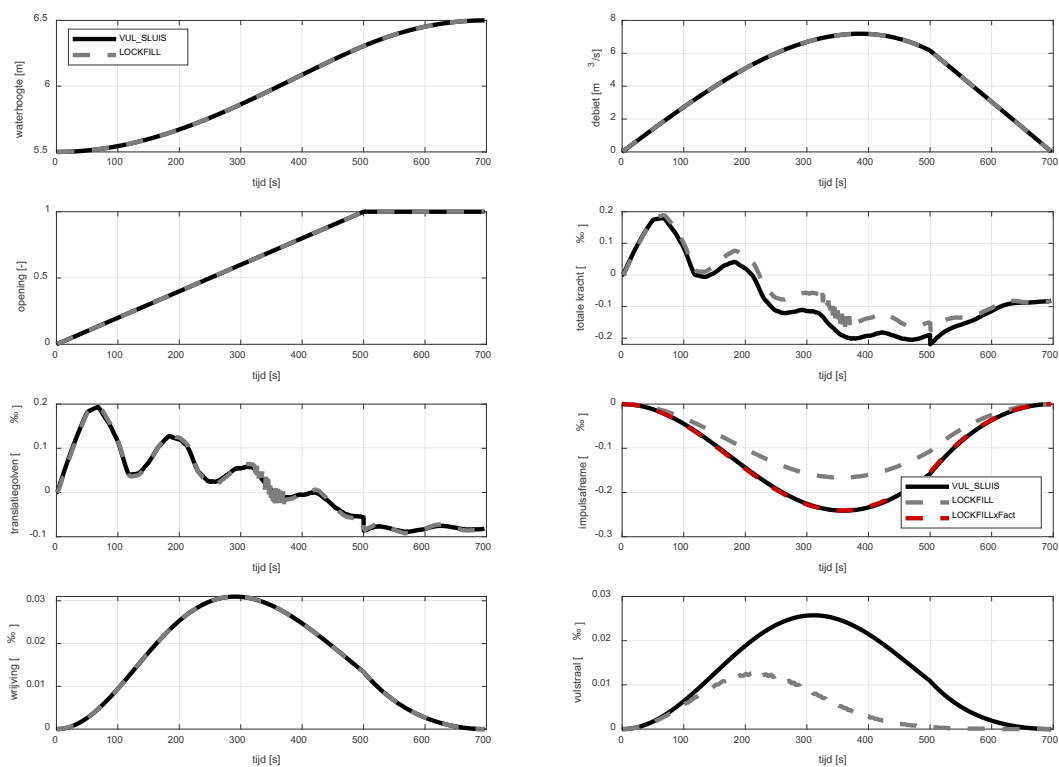
R06_S023_K1_H55_V040_S1_D25_ST050_GO1_O1



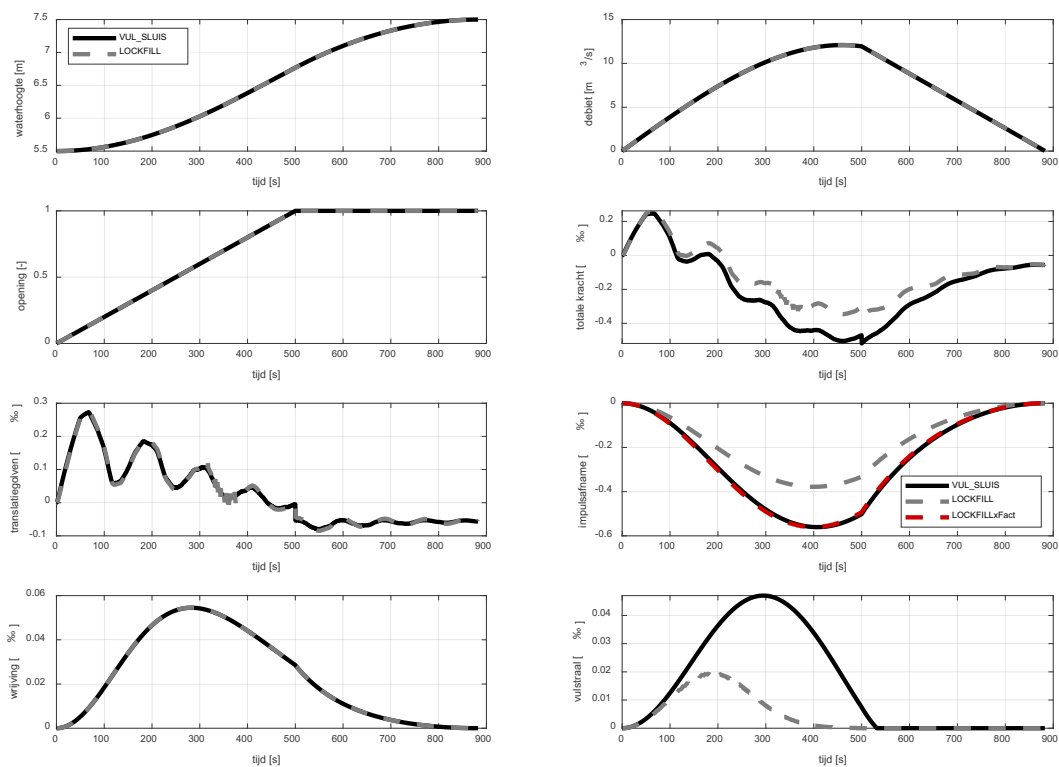
R06_S024_K1_H55_V080_S1_D25_ST050_GO1_O1



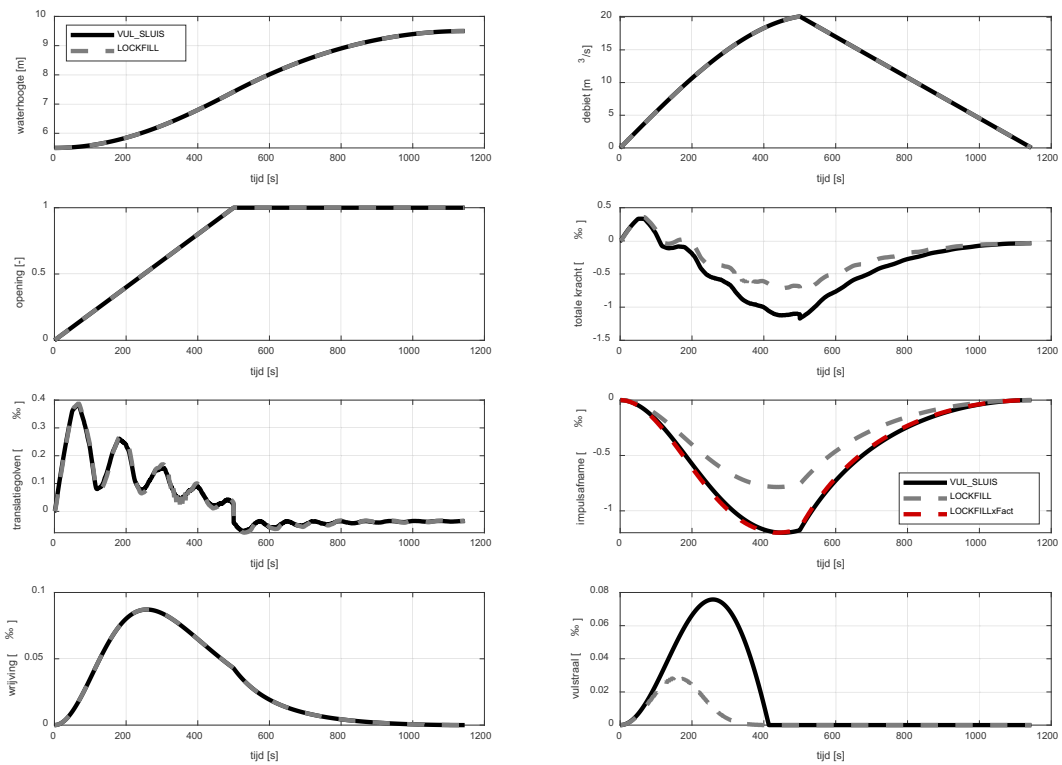
R07_S025_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO2_O1



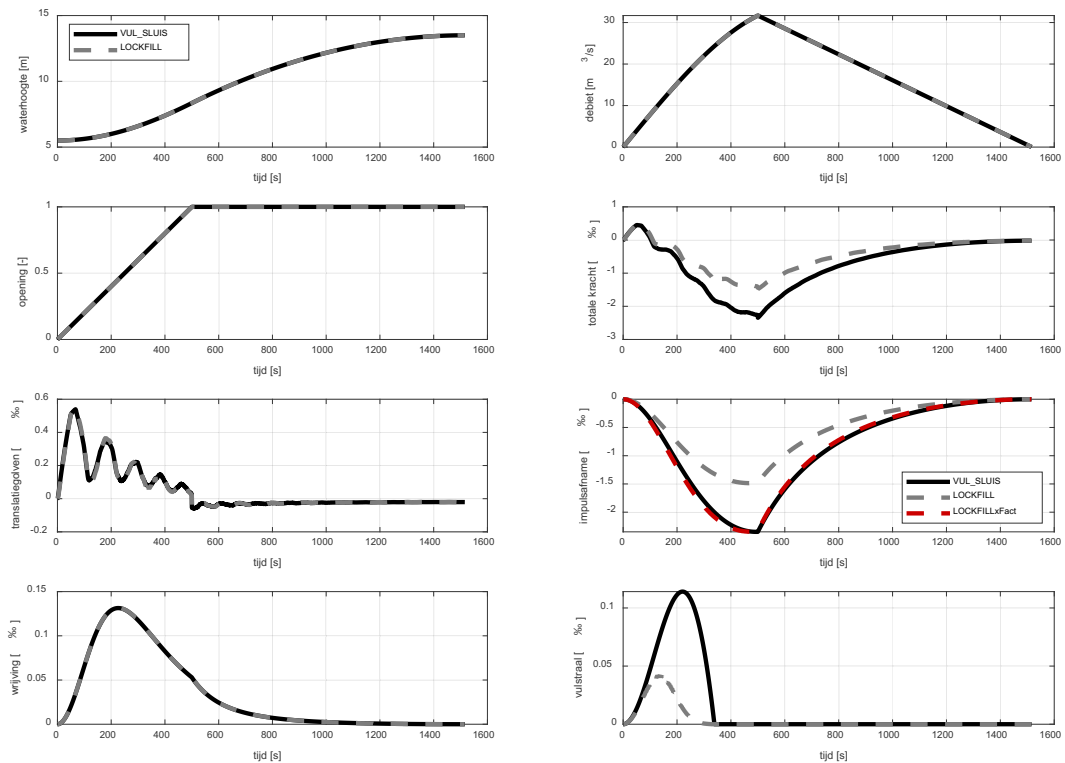
R07_S026_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO2_O1



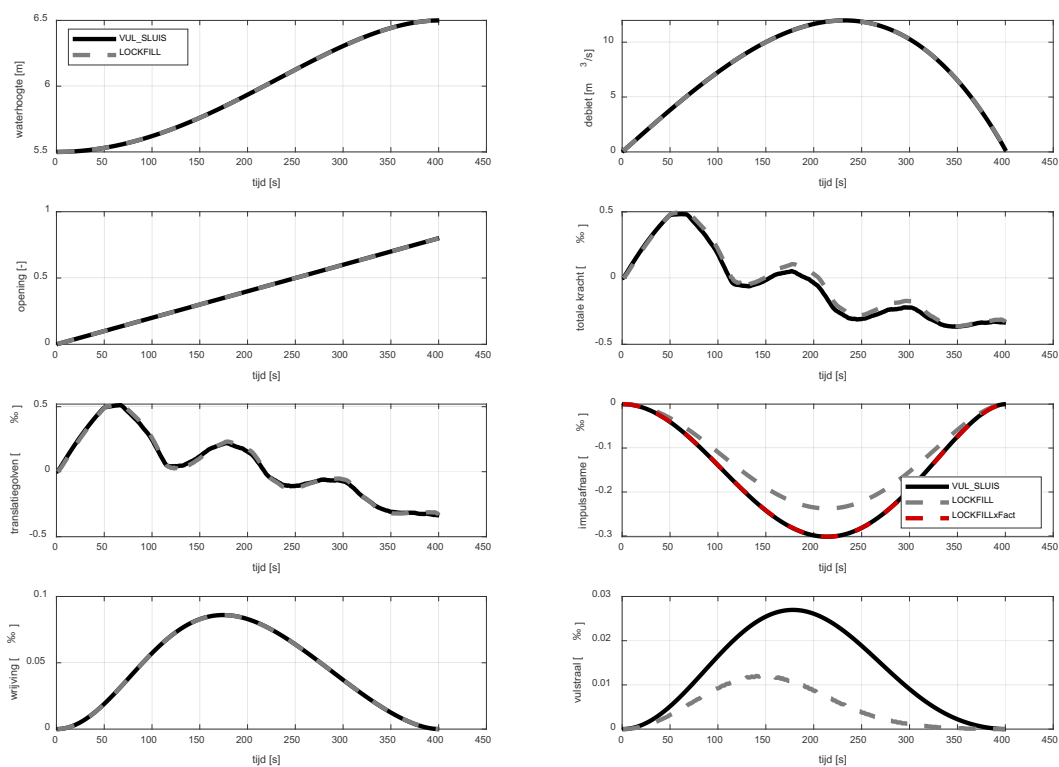
R07_S027_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO2_O1



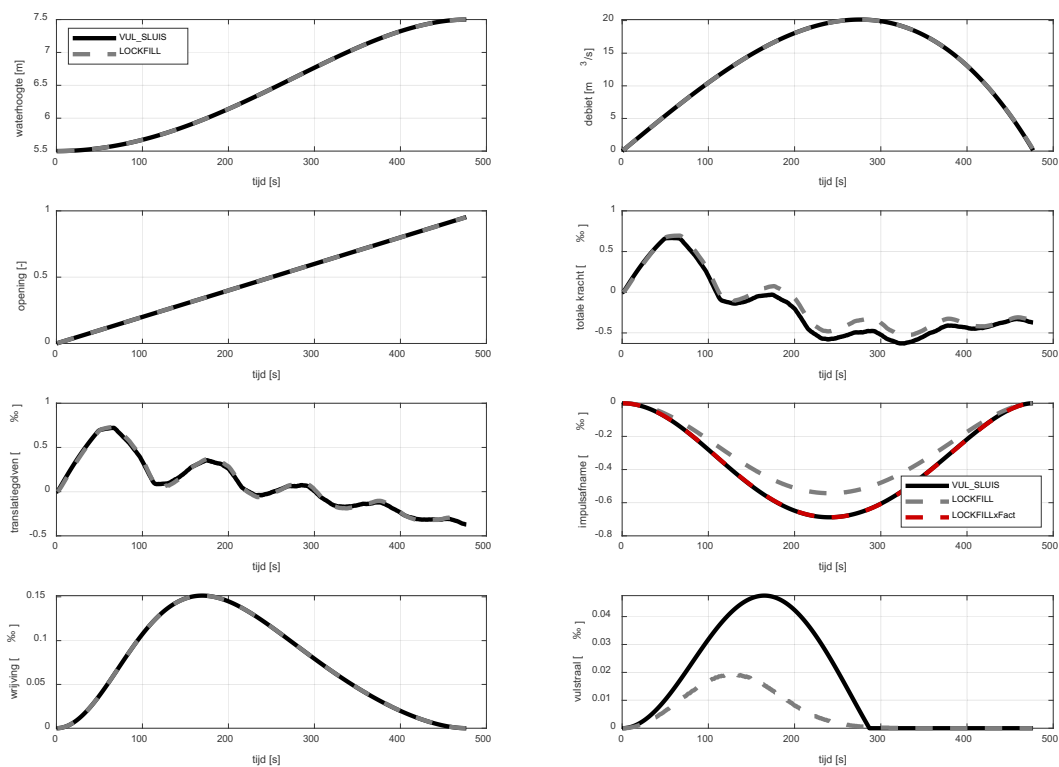
R07_S028_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO2_O1



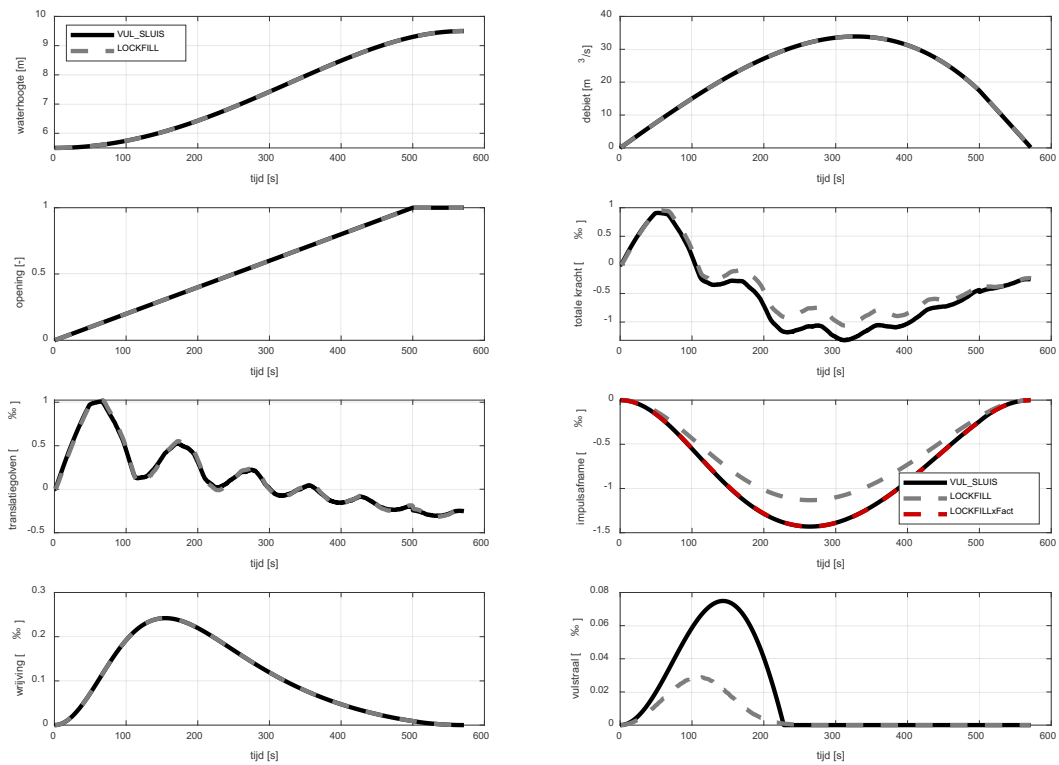
R08_S029_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO3_O1



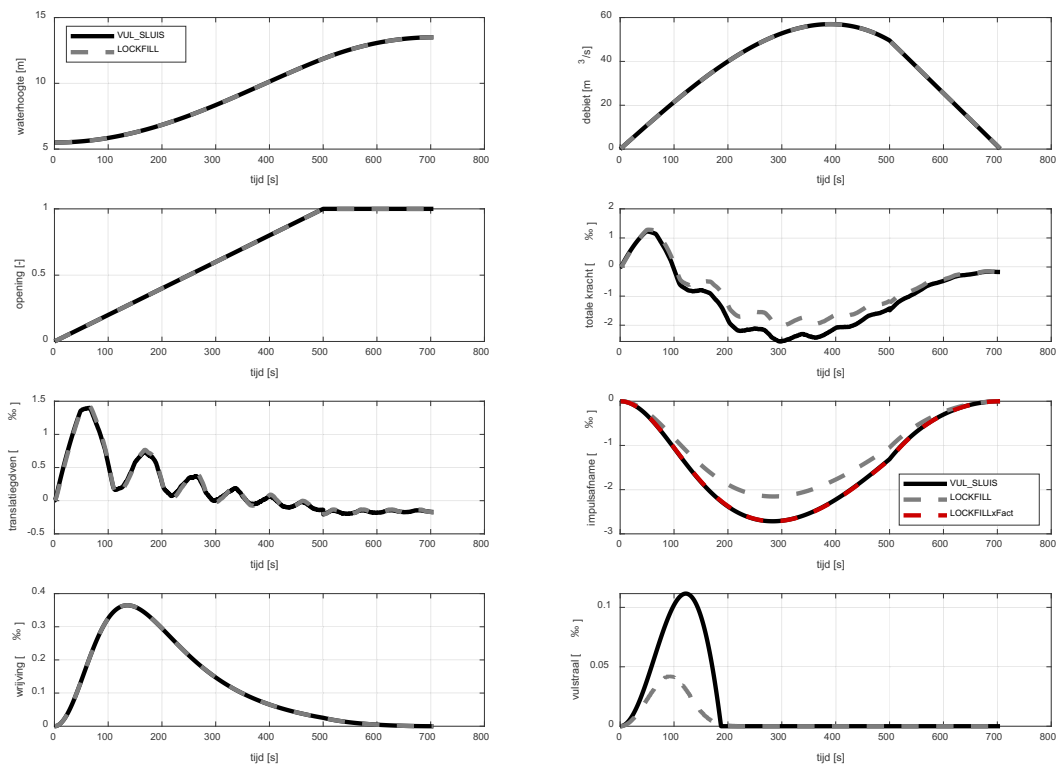
R08_S030_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO3_O1



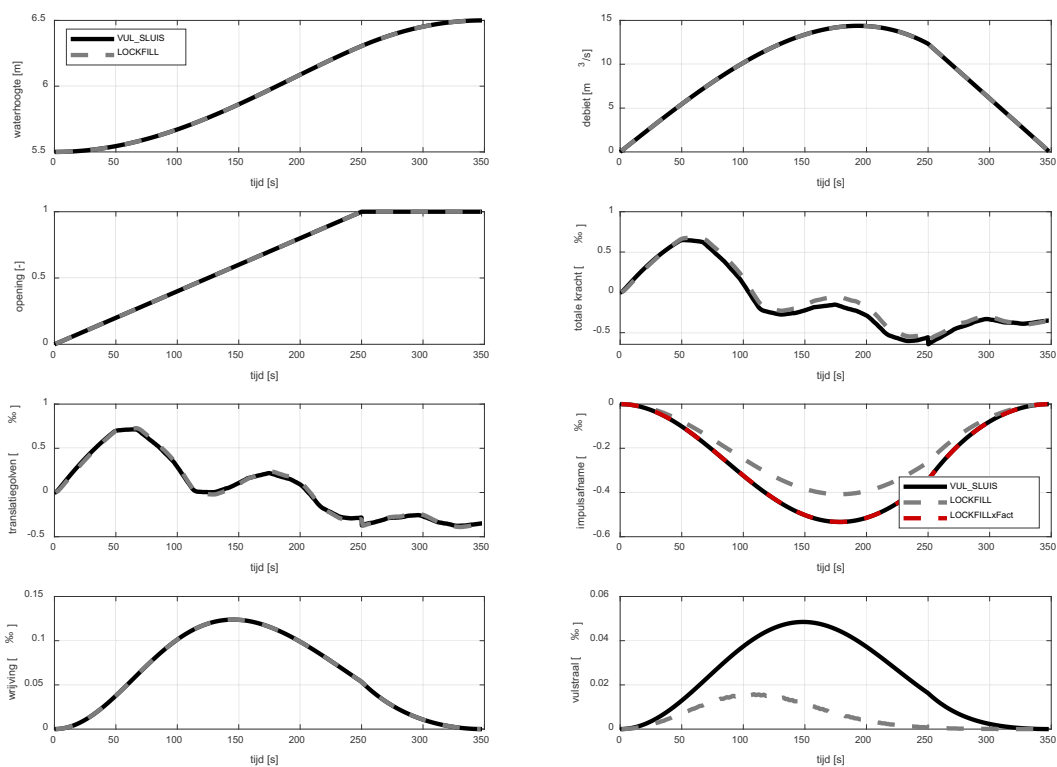
R08_S031_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO3_O1



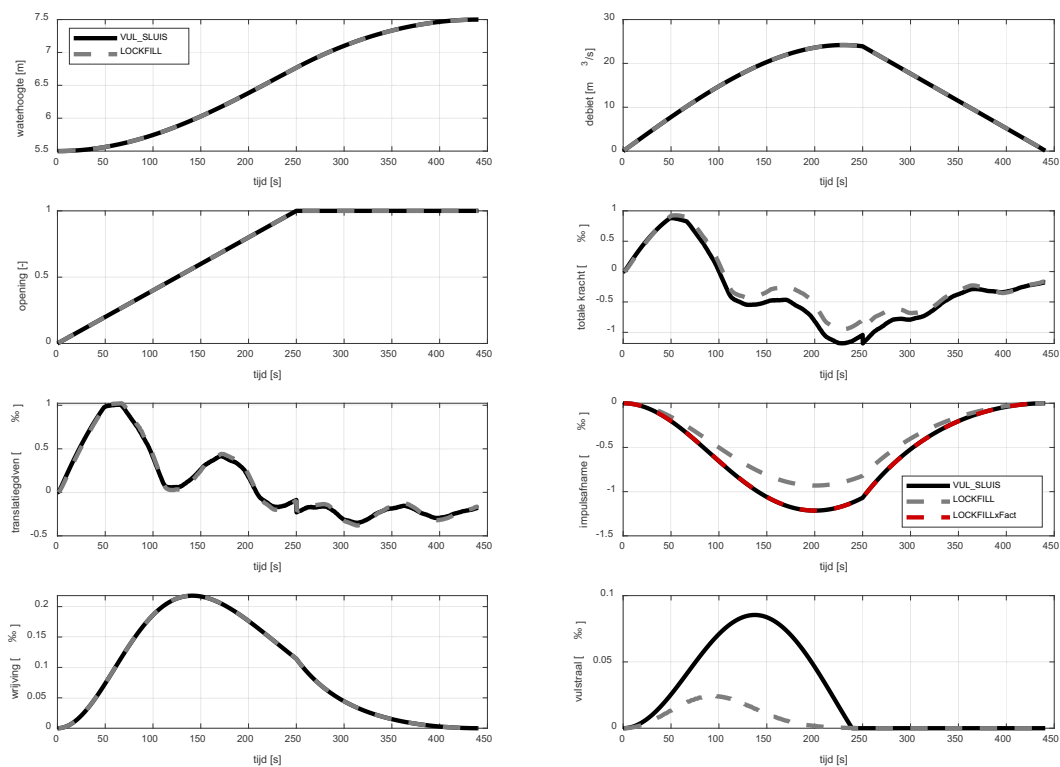
R08_S032_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO3_O1



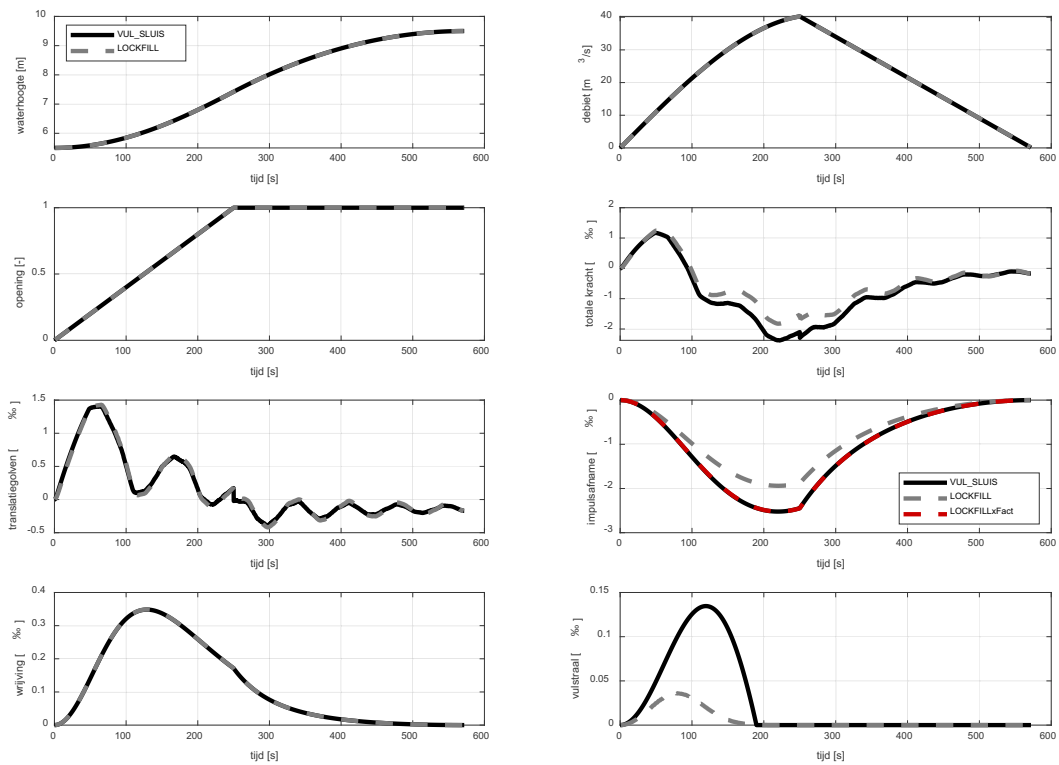
R09_S033_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O2



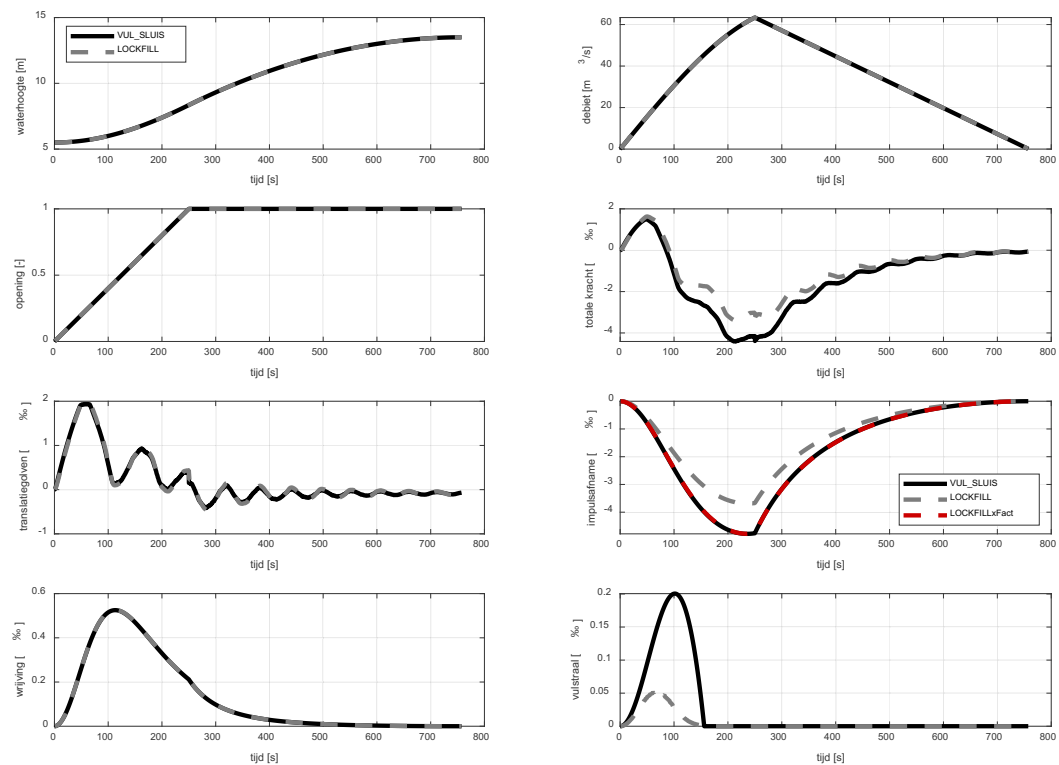
R09_S034_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O2



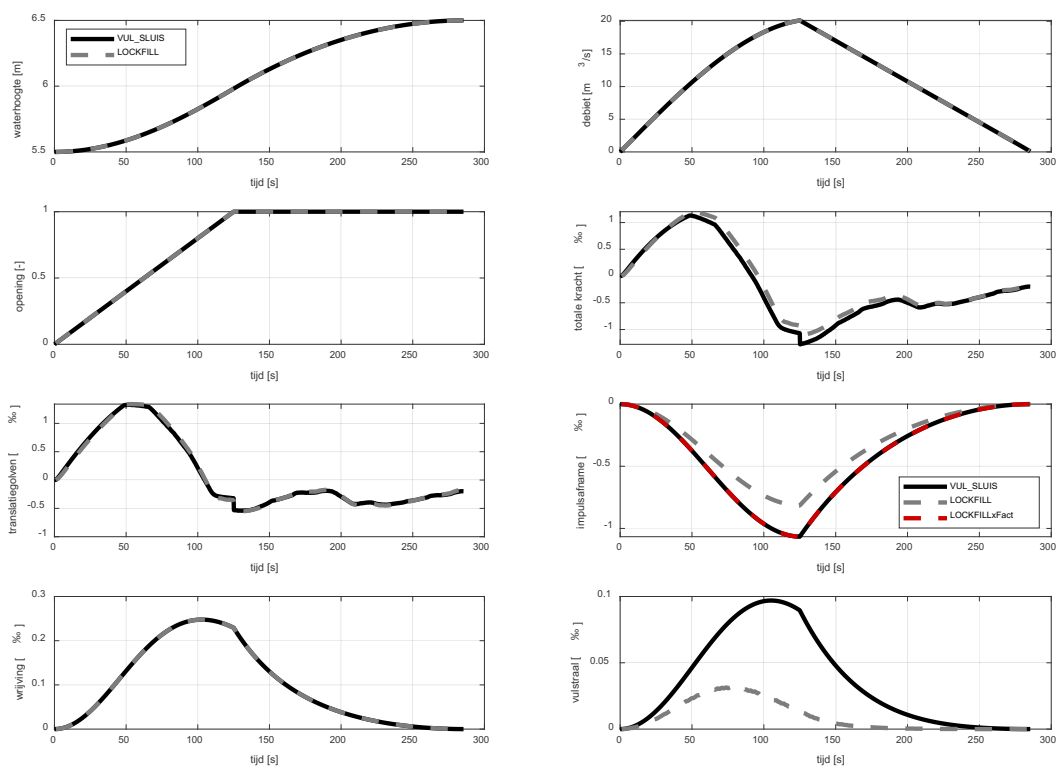
R09_S035_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O2



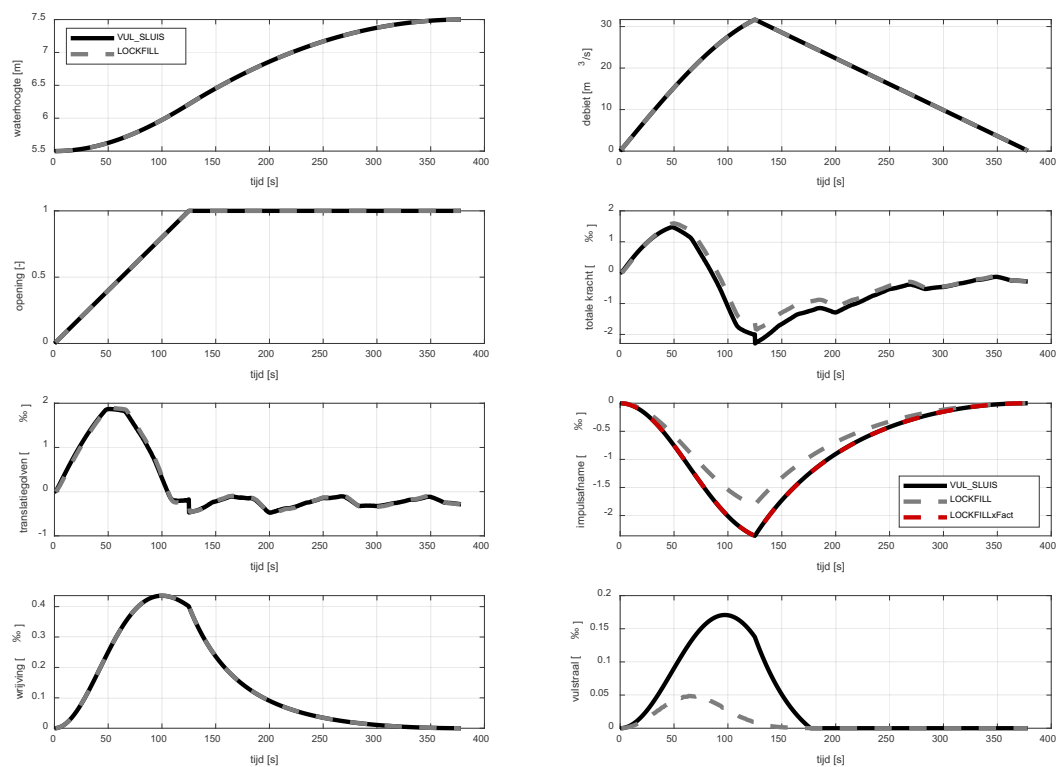
R09_S036_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O2



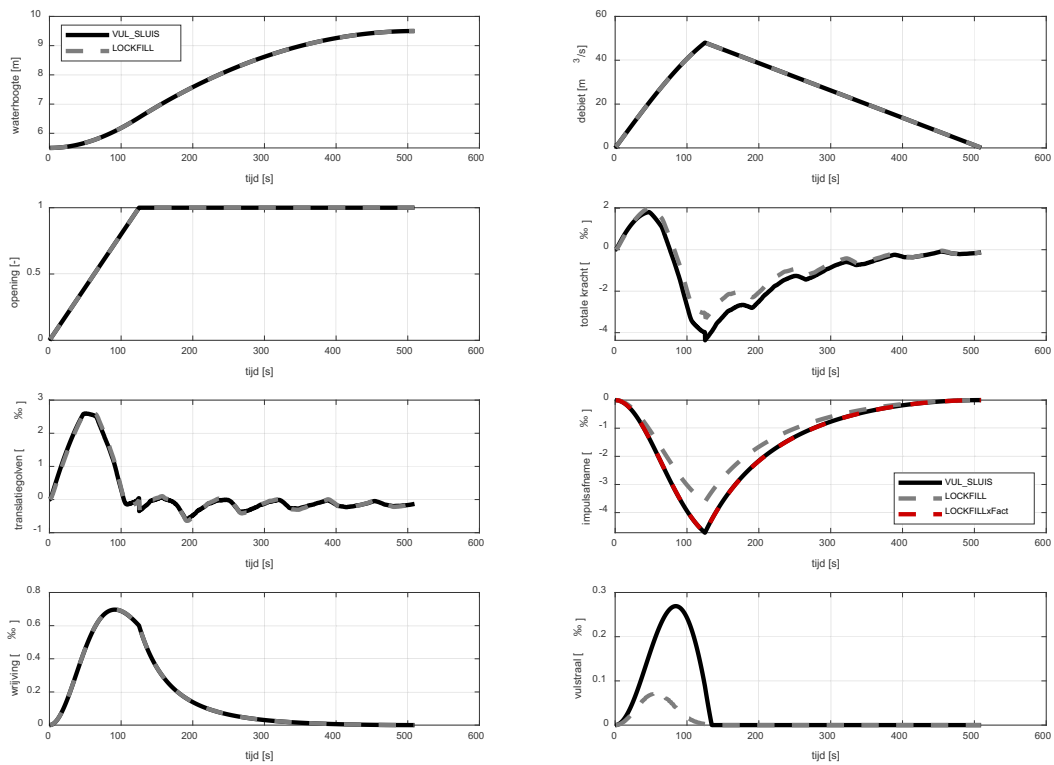
R10_S037_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O3



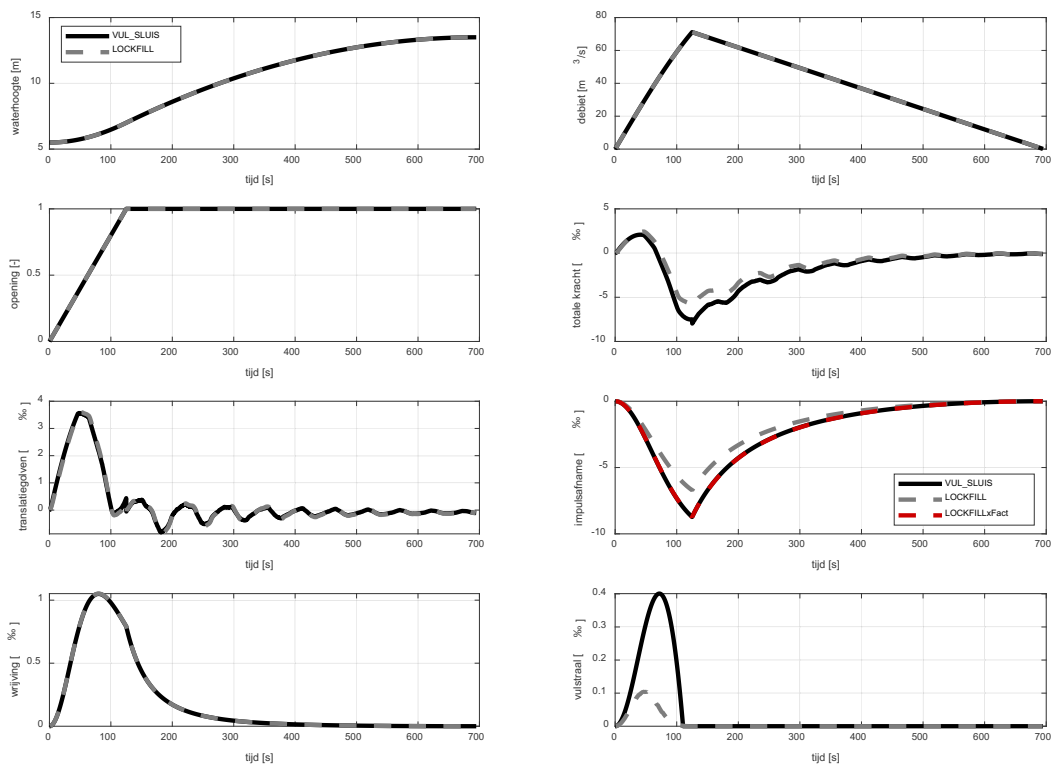
R10_S038_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O3



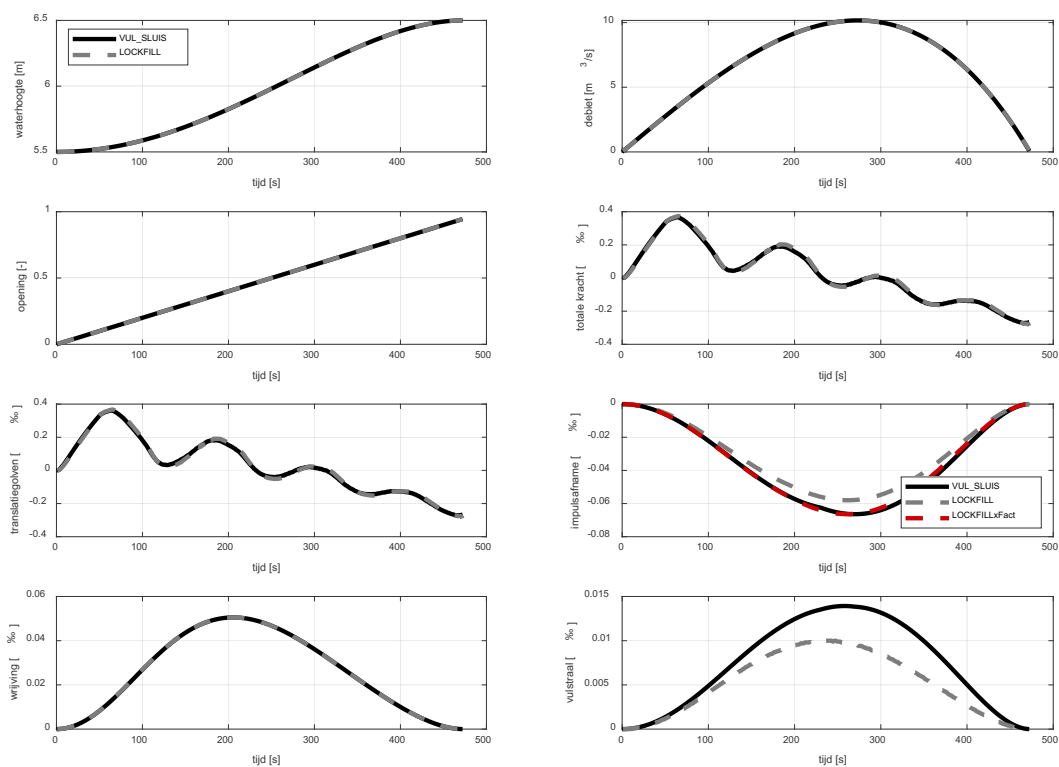
R10_S039_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O3



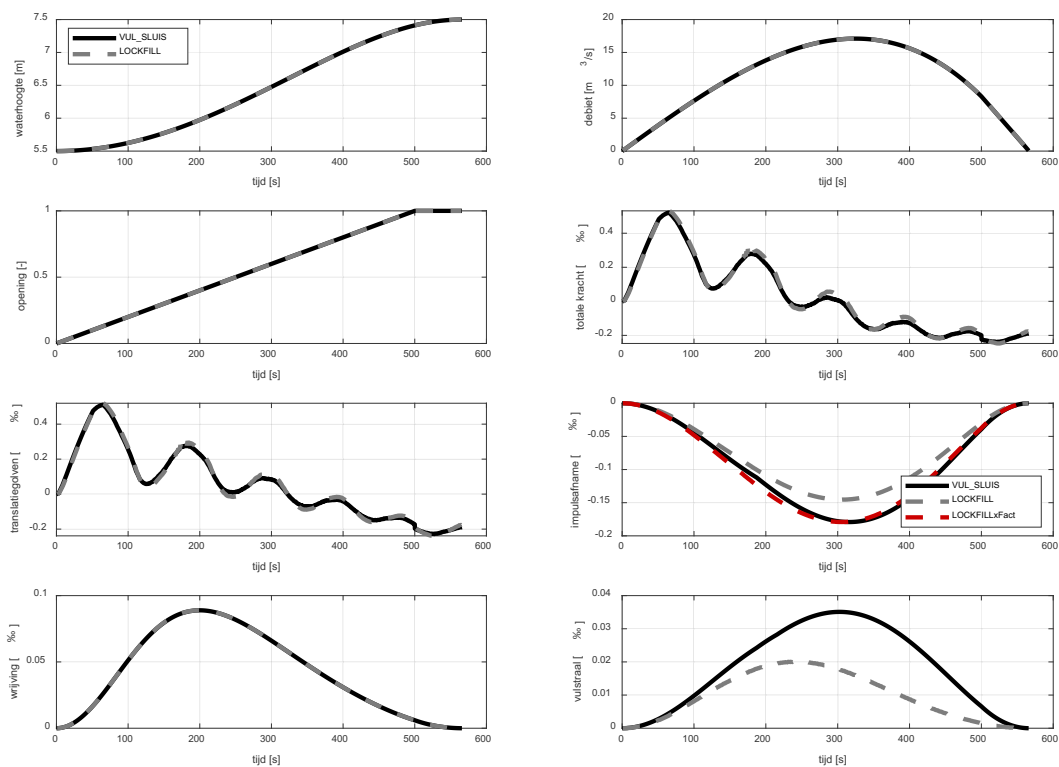
R10_S040_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O3



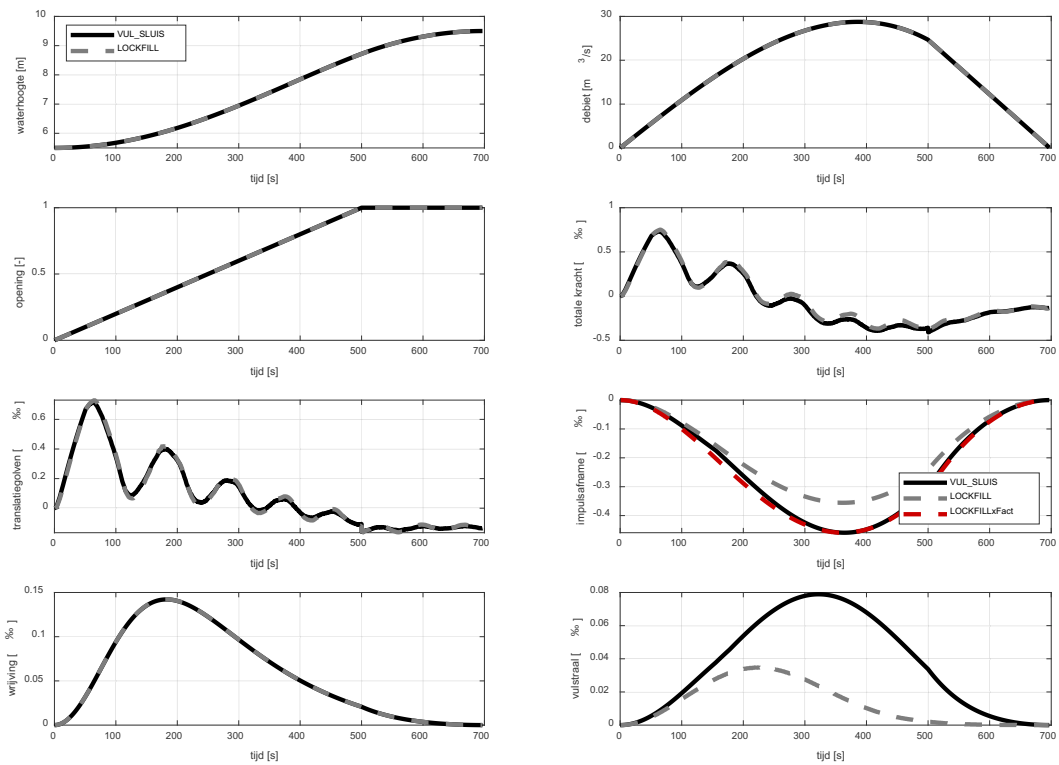
R11_S041_K1_H55_V010_S1_D45_ST200_GO1_O1



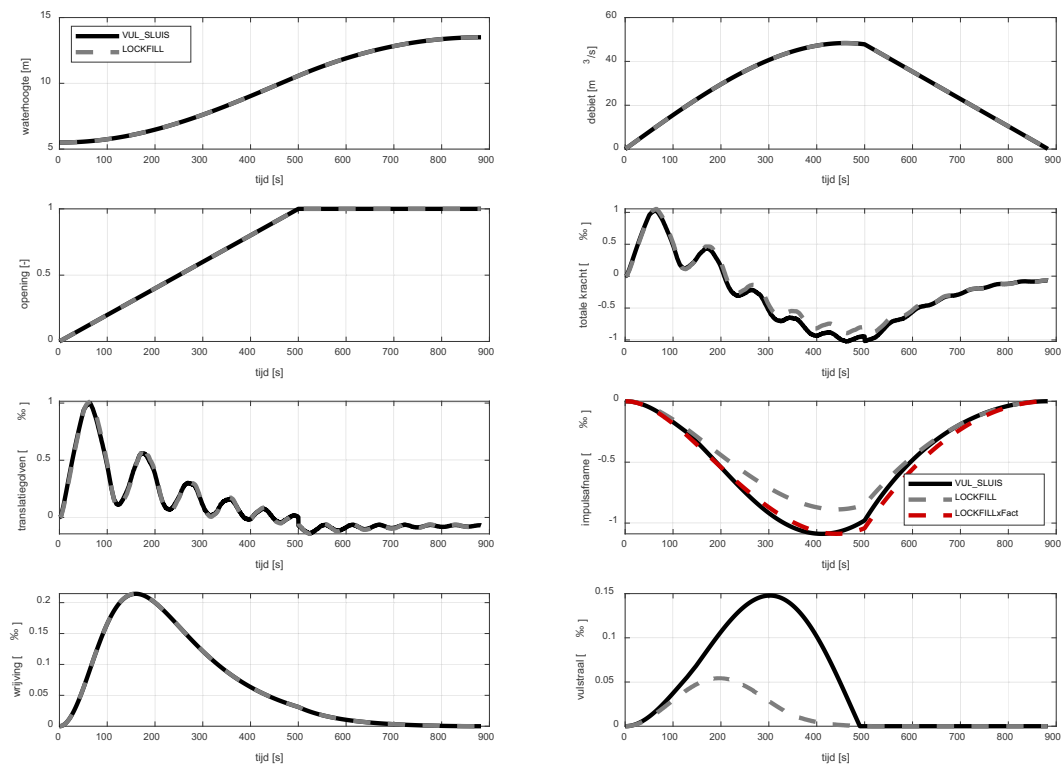
R11_S042_K1_H55_V020_S1_D45_ST200_GO1_O1



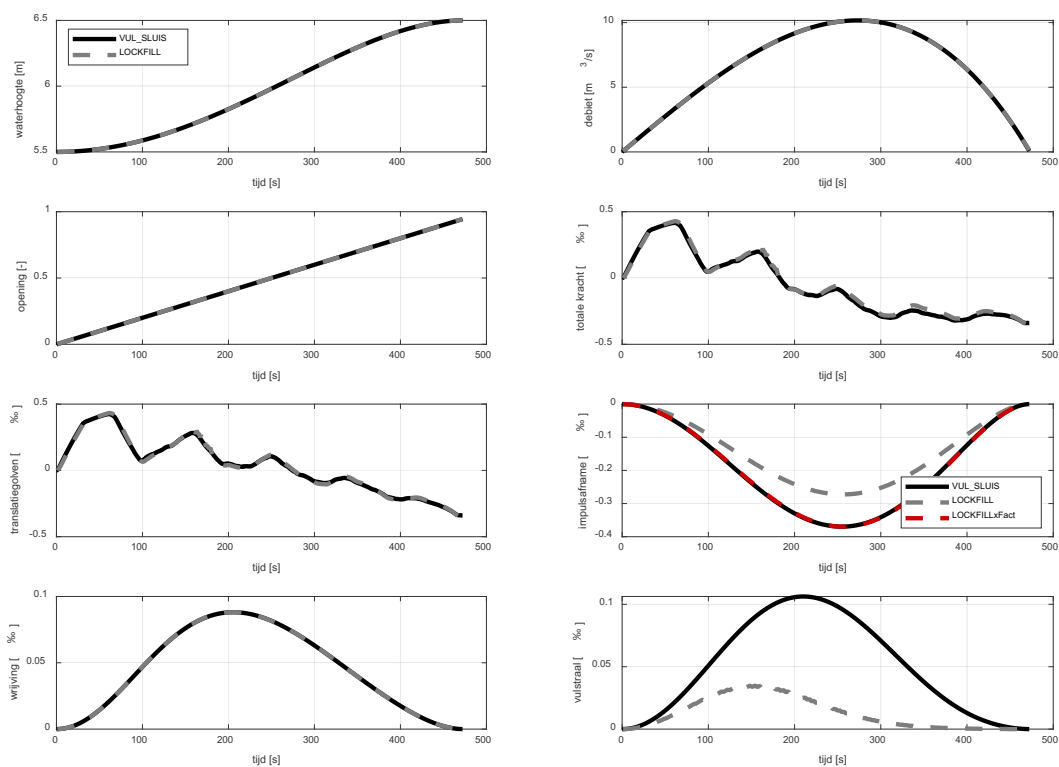
R11_S043_K1_H55_V040_S1_D45_ST200_GO1_O1



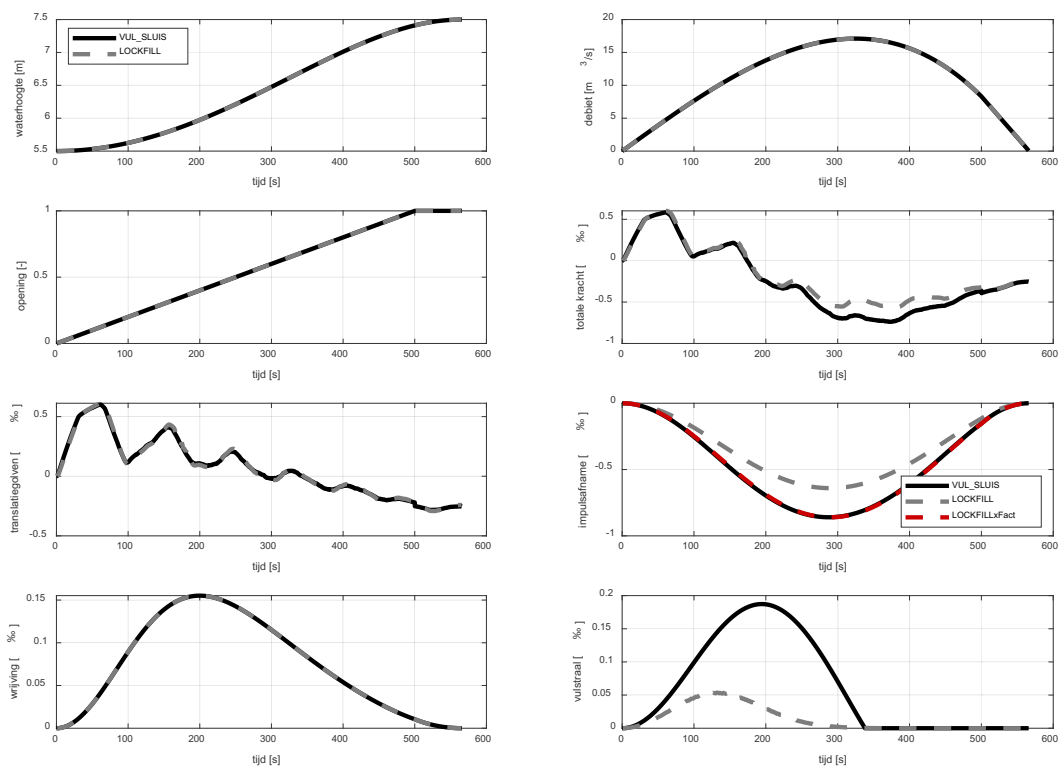
R11_S044_K1_H55_V080_S1_D45_ST200_GO1_O1



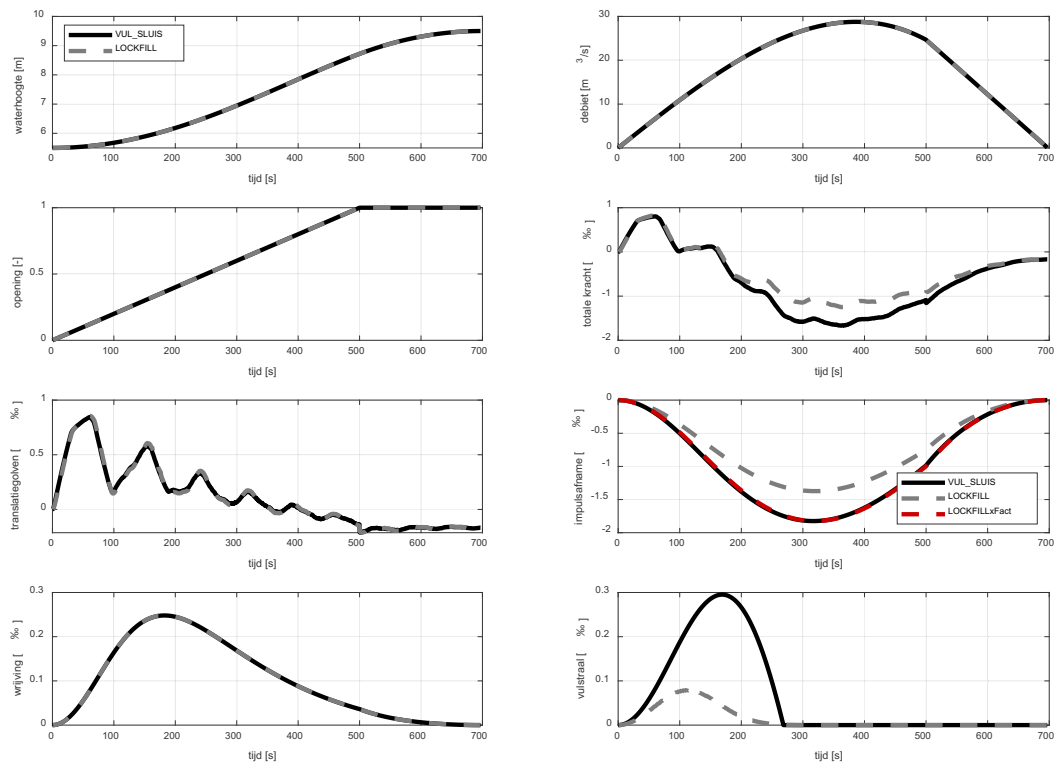
R12_S045_K1_H55_V010_S2_D45_ST050_GO1_O1



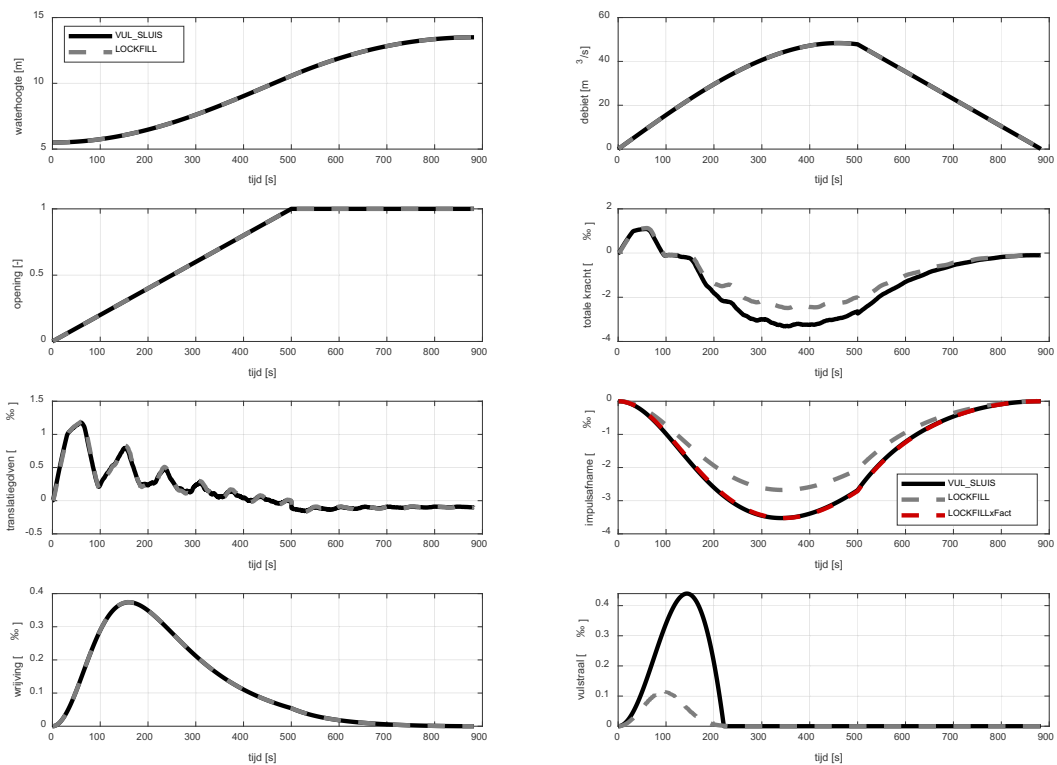
R12_S046_K1_H55_V020_S2_D45_ST050_GO1_O1



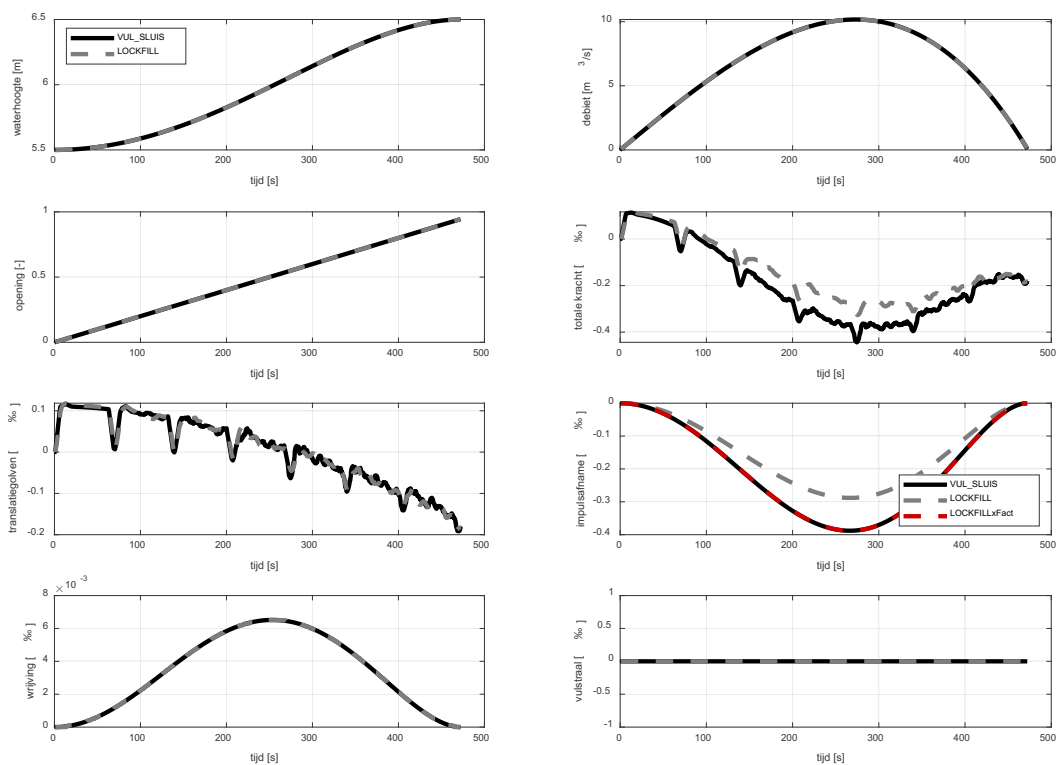
R12_S047_K1_H55_V040_S2_D45_ST050_GO1_O1



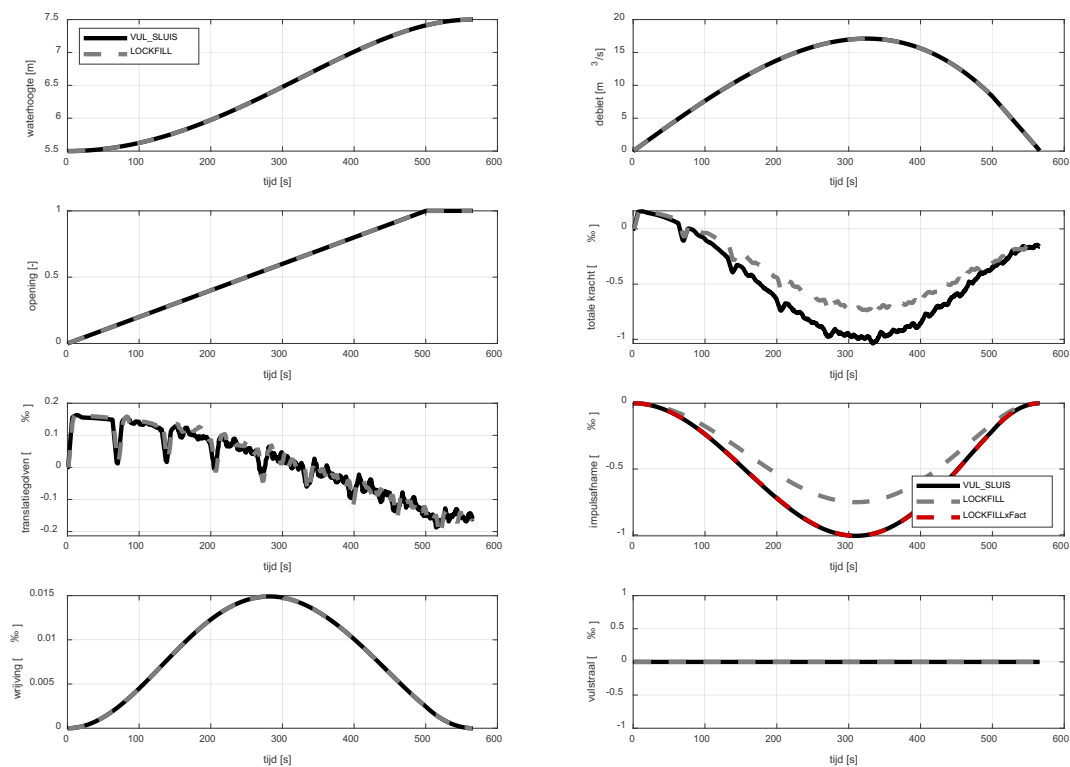
R12_S048_K1_H55_V080_S2_D45_ST050_GO1_O1



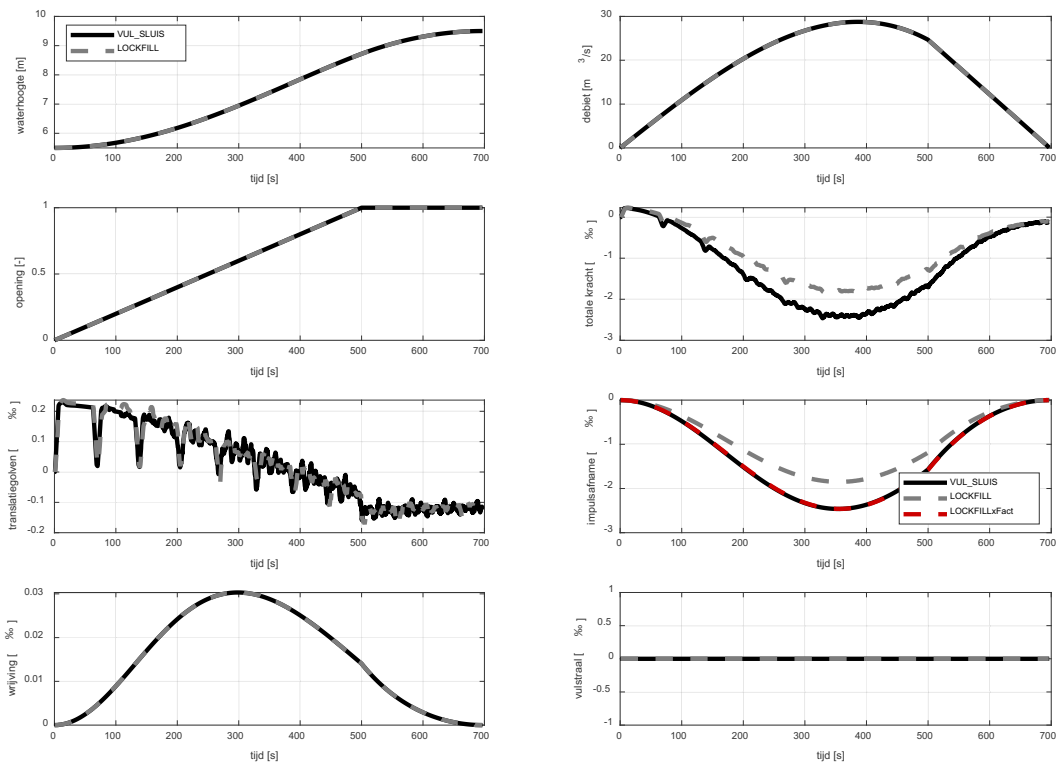
R13_S049_K1_H55_V010_S3_D22_ST050_GO1_O1



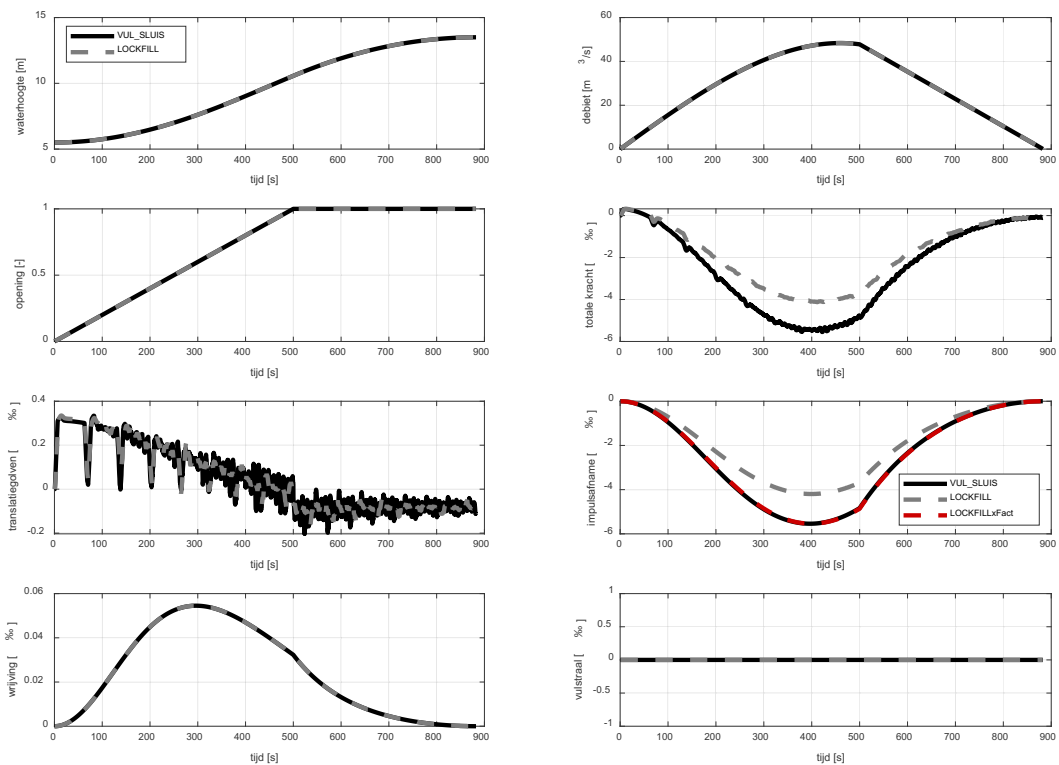
R13_S050_K1_H55_V020_S3_D22_ST050_GO1_O1



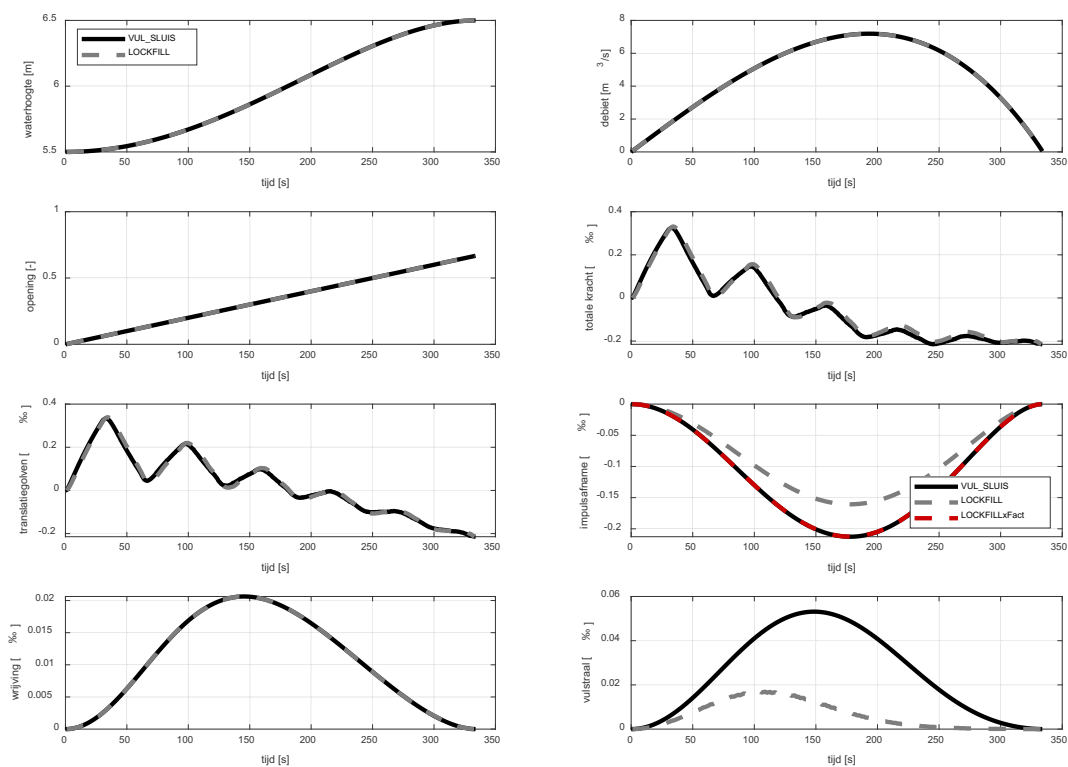
R13_S051_K1_H55_V040_S3_D22_ST050_GO1_O1



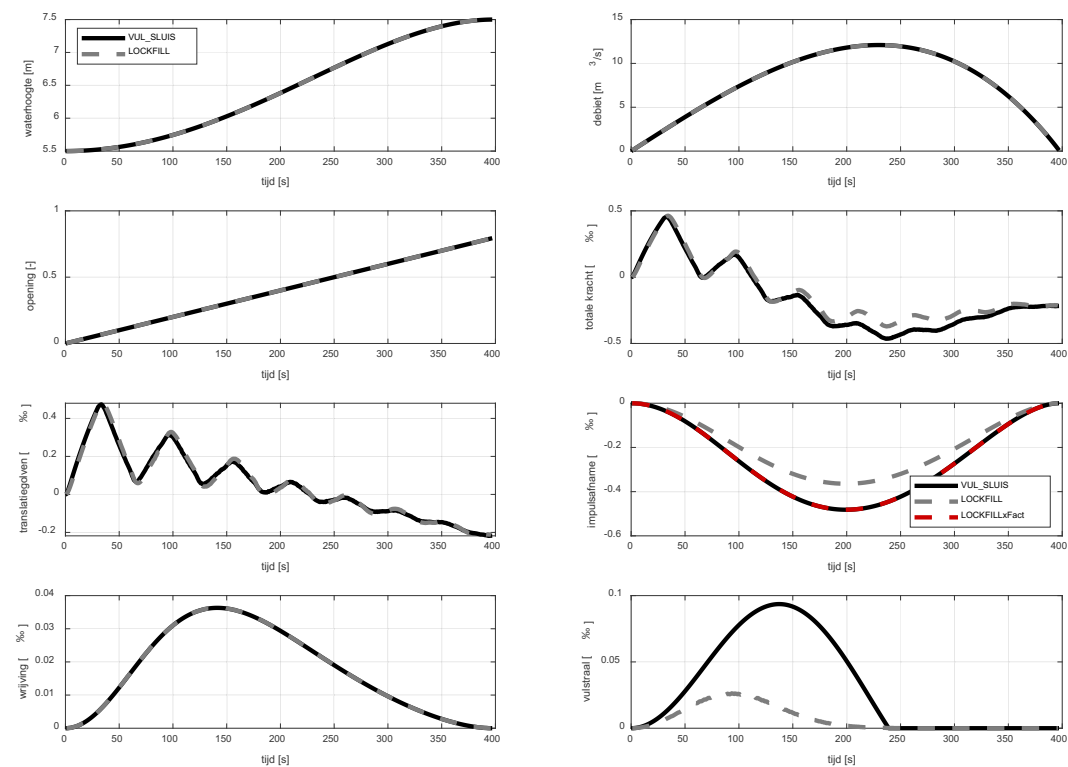
R13_S052_K1_H55_V080_S3_D22_ST050_GO1_O1



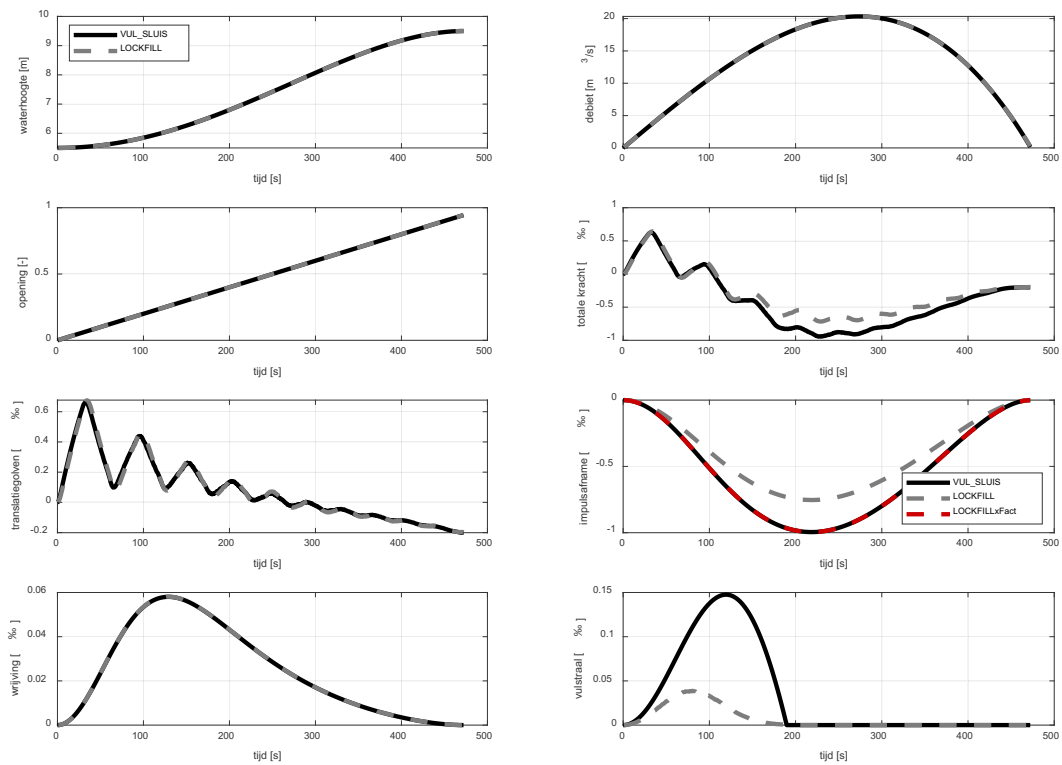
R14_S053_K2_H55_V010_S2_D45_ST050_GO1_O1



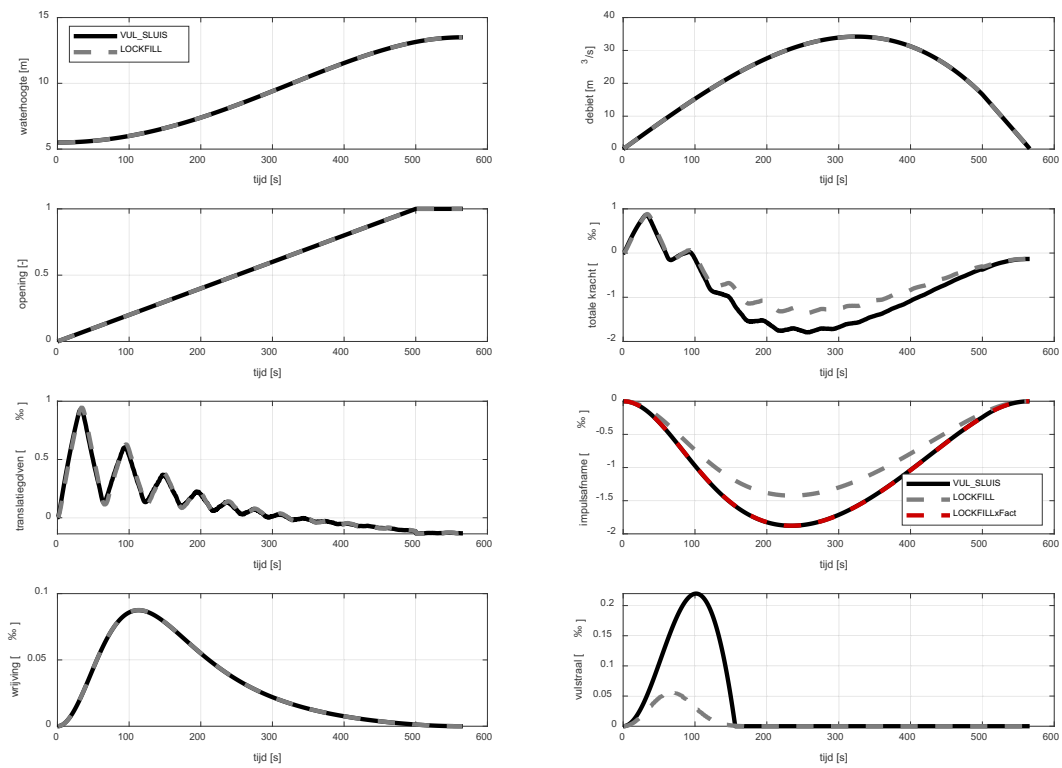
R14_S054_K2_H55_V020_S2_D45_ST050_GO1_O1



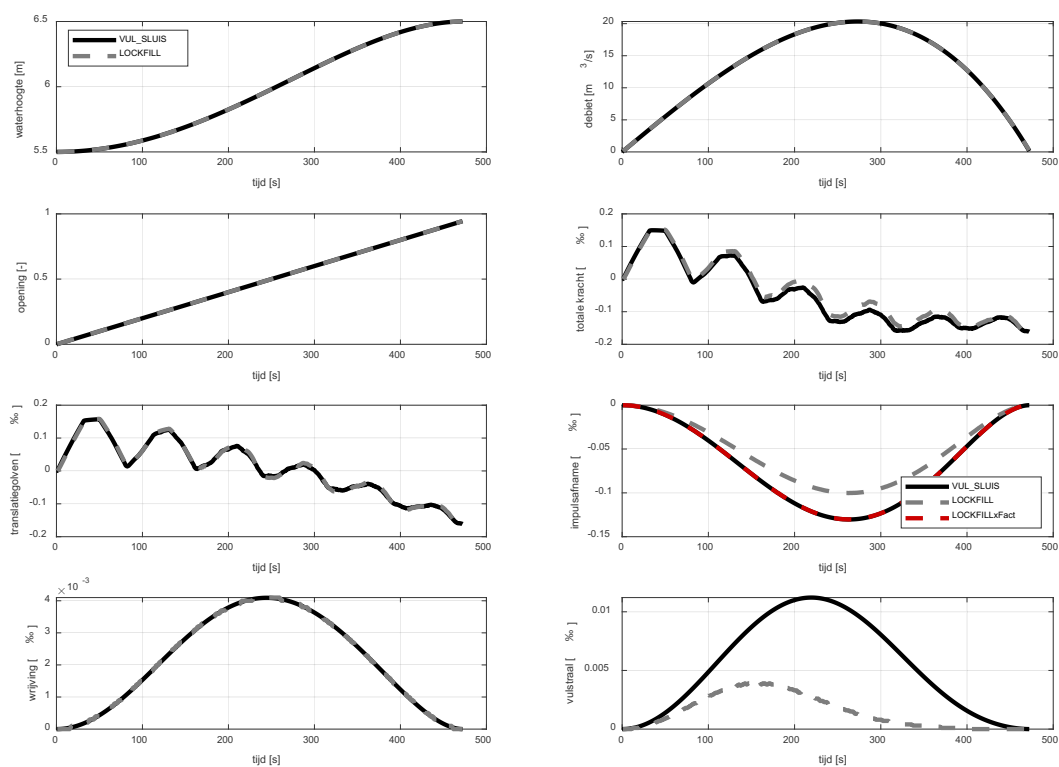
R14_S055_K2_H55_V040_S2_D45_ST050_GO1_O1



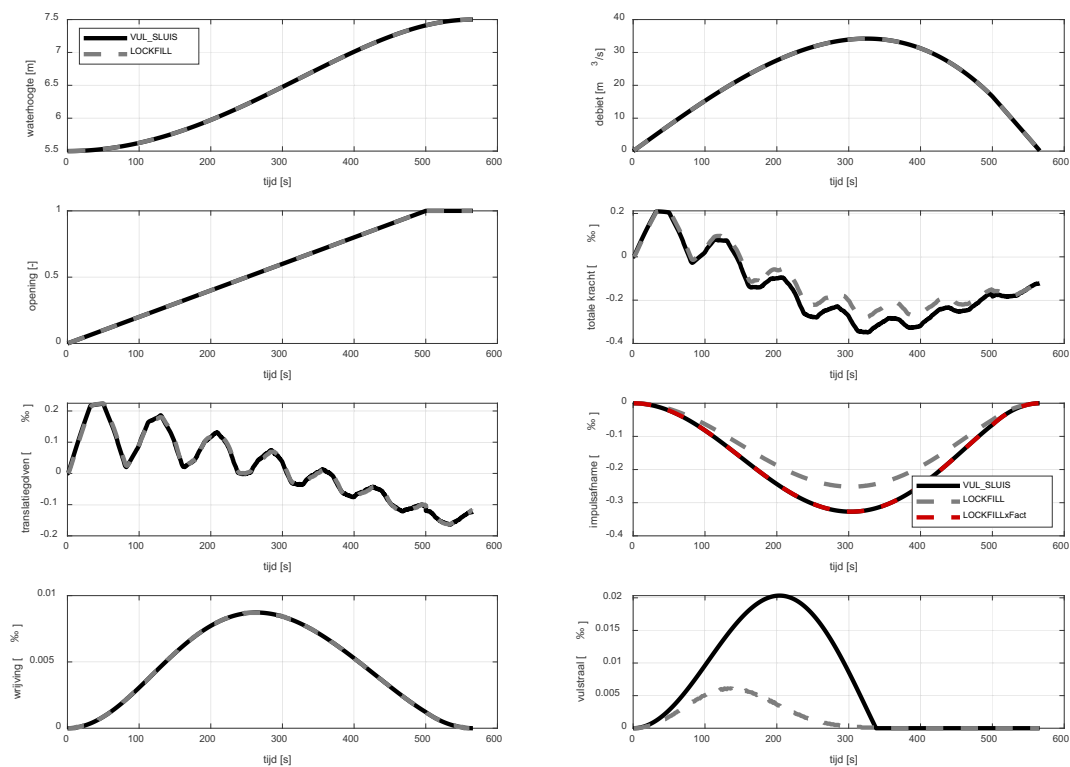
R14_S056_K2_H55_V080_S2_D45_ST050_GO1_O1



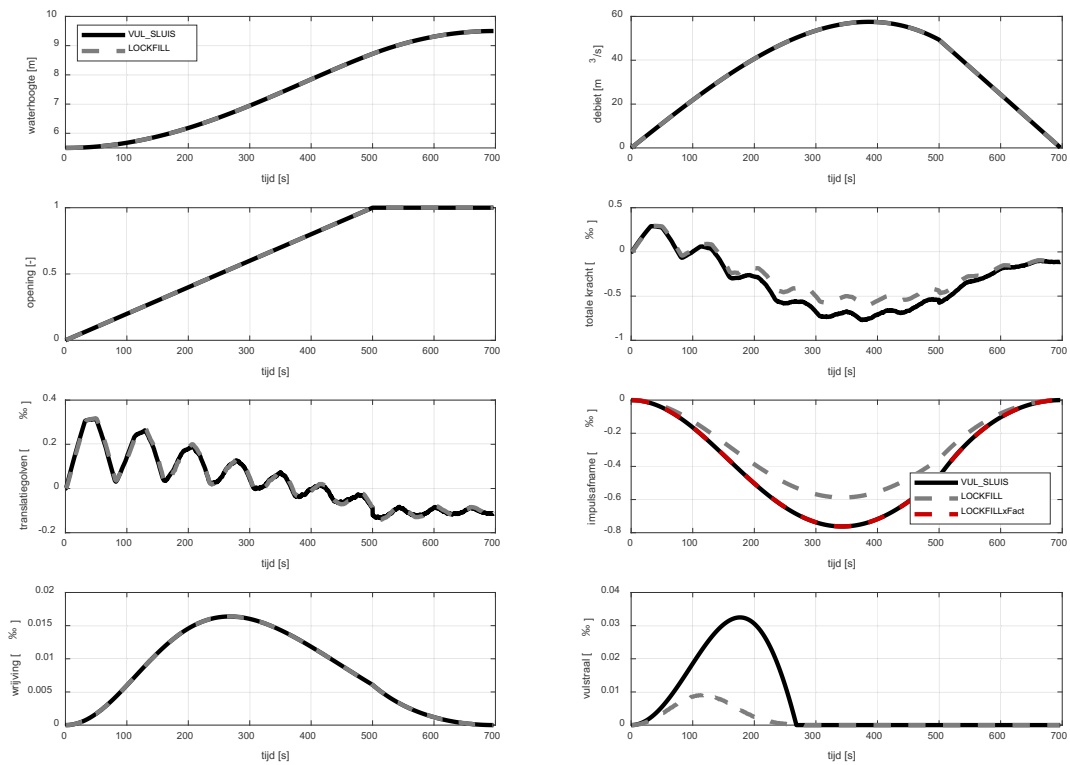
R15_S057_K3_H55_V010_S1_D45_ST050_GO4_O1



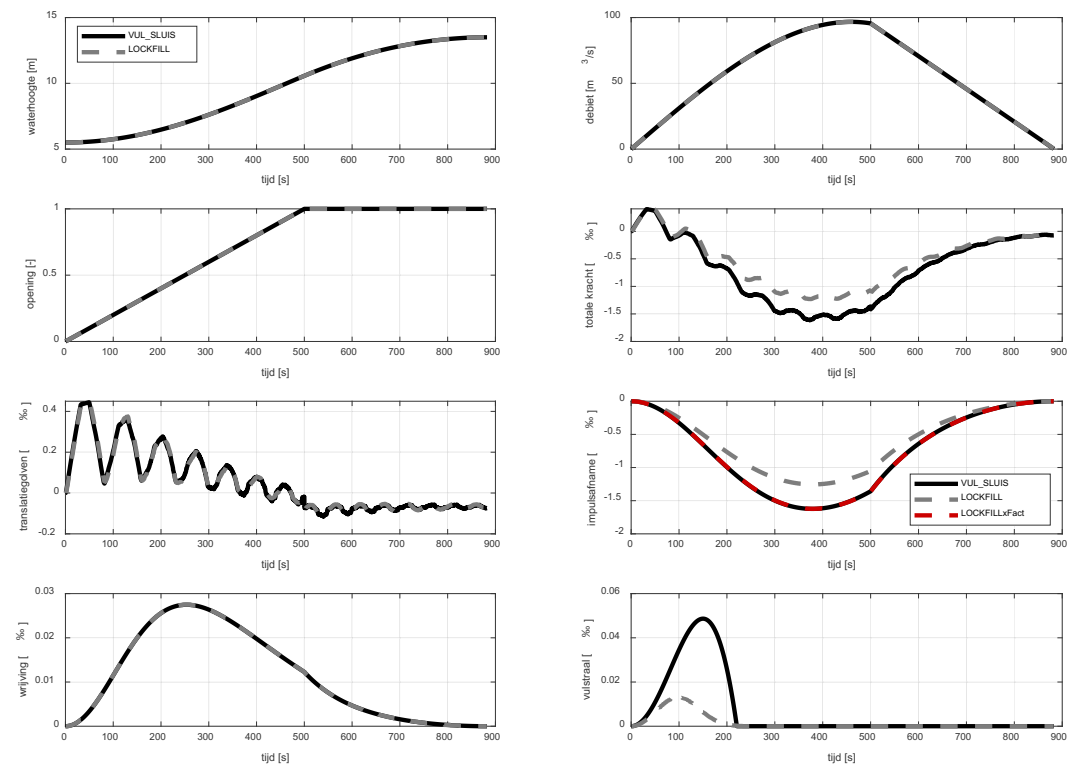
R15_S058_K3_H55_V020_S1_D45_ST050_GO4_O1



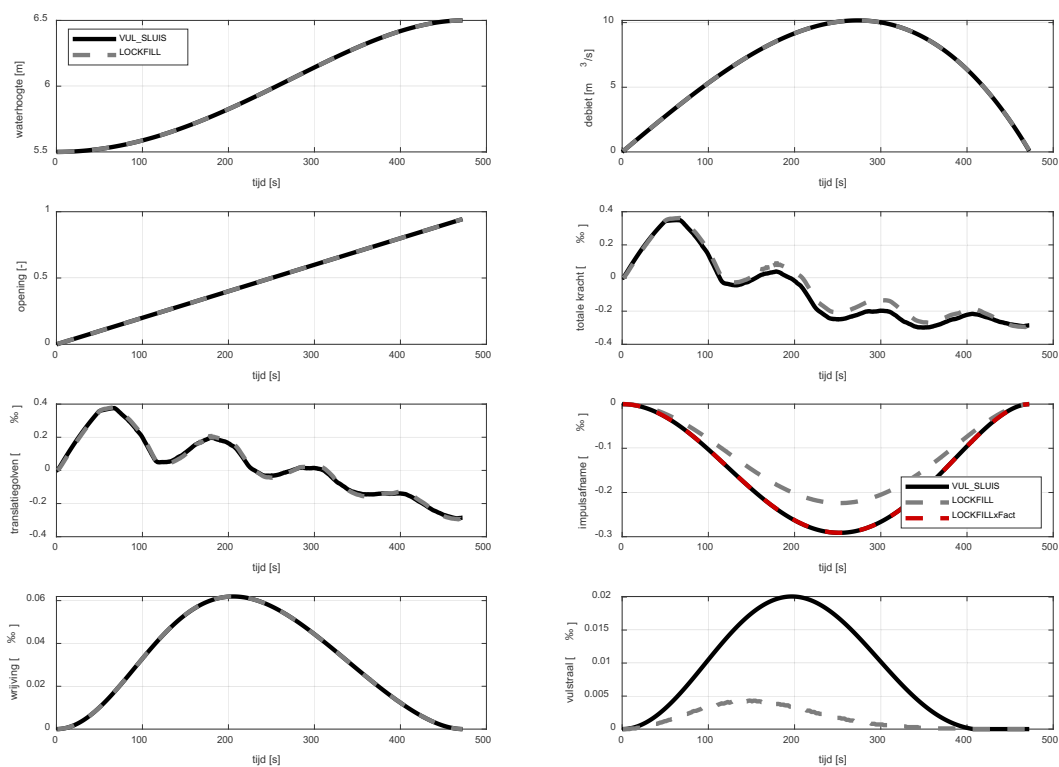
R15_S059_K3_H55_V040_S1_D45_ST050_GO4_O1



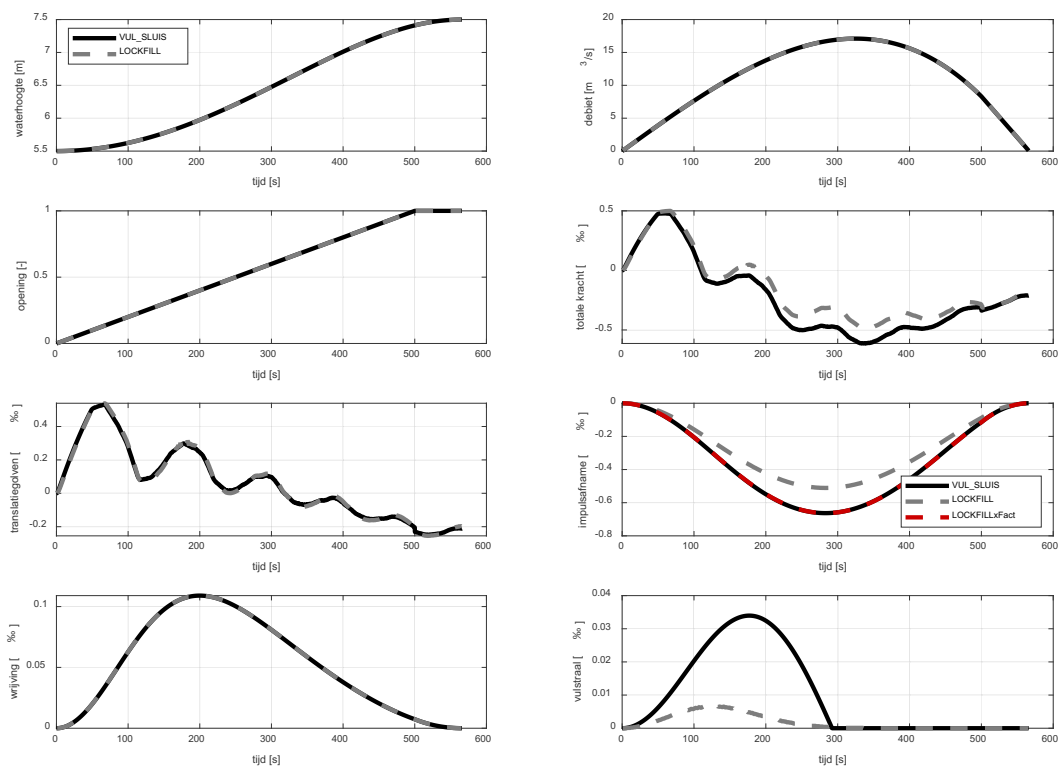
R15_S060_K3_H55_V080_S1_D45_ST050_GO4_O1



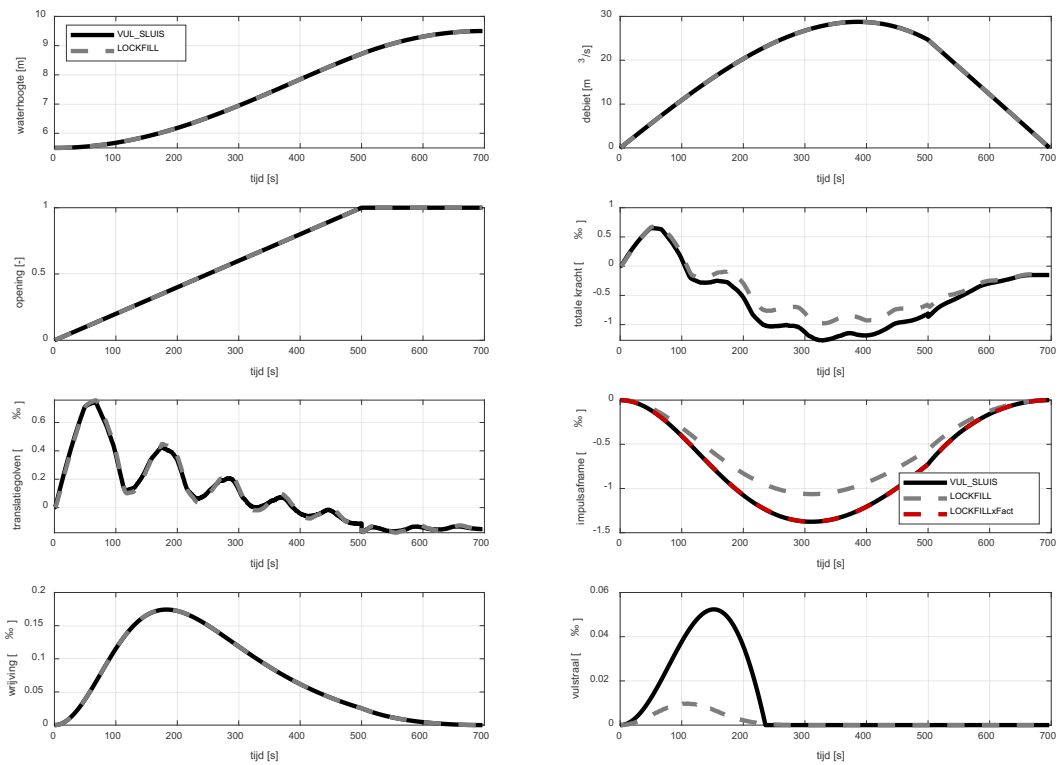
R16_S061_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO7_O1



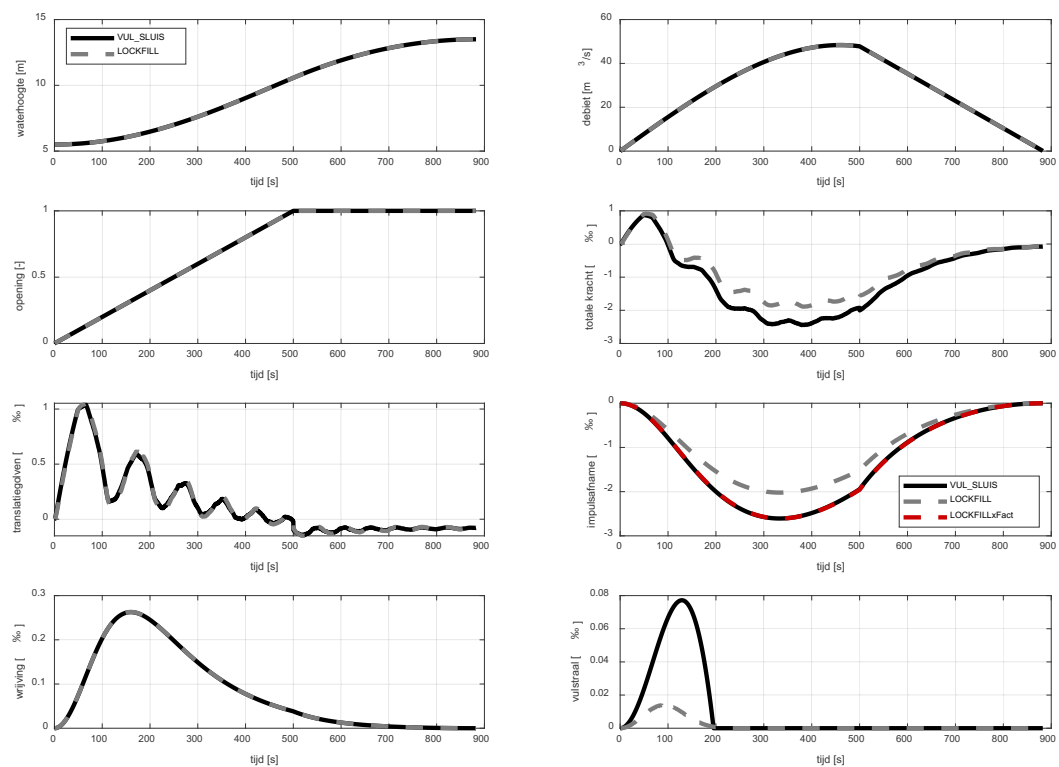
R16_S062_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO7_O1



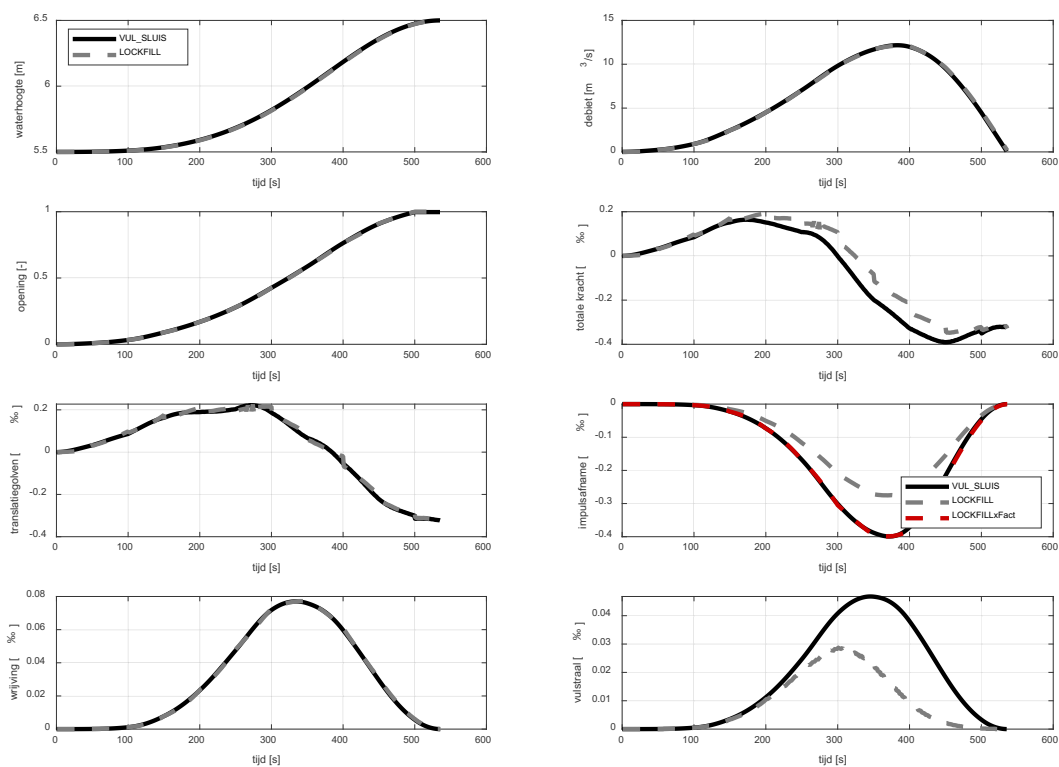
R16_S063_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO7_O1



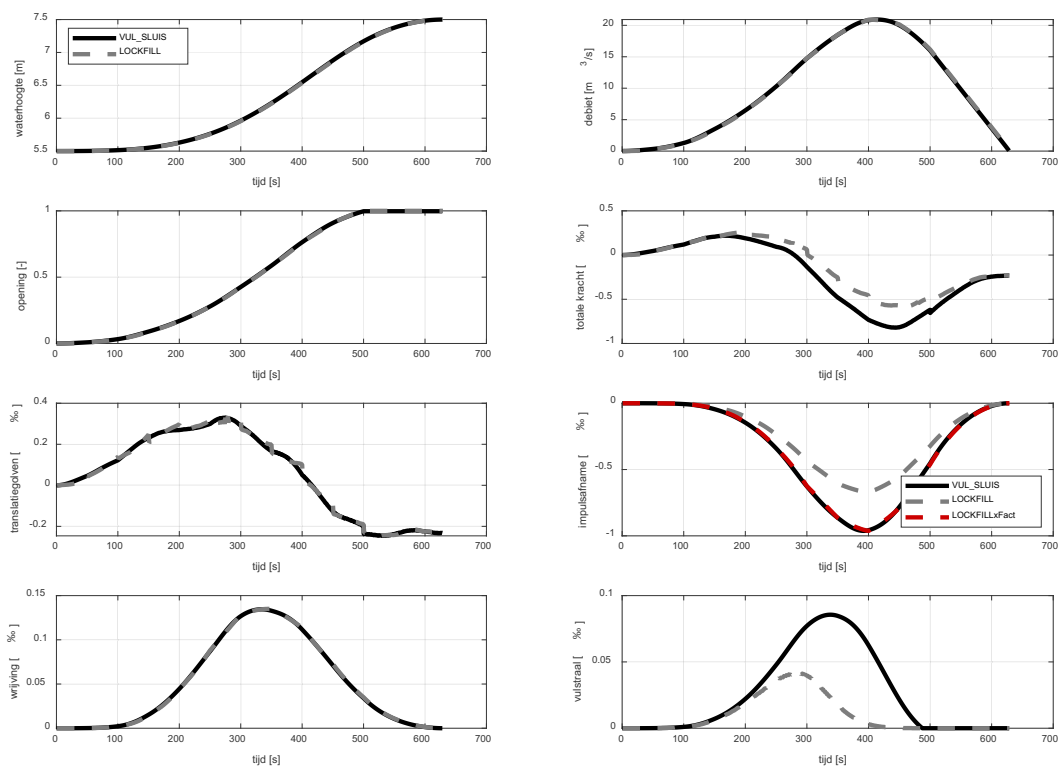
R16_S064_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO7_O1



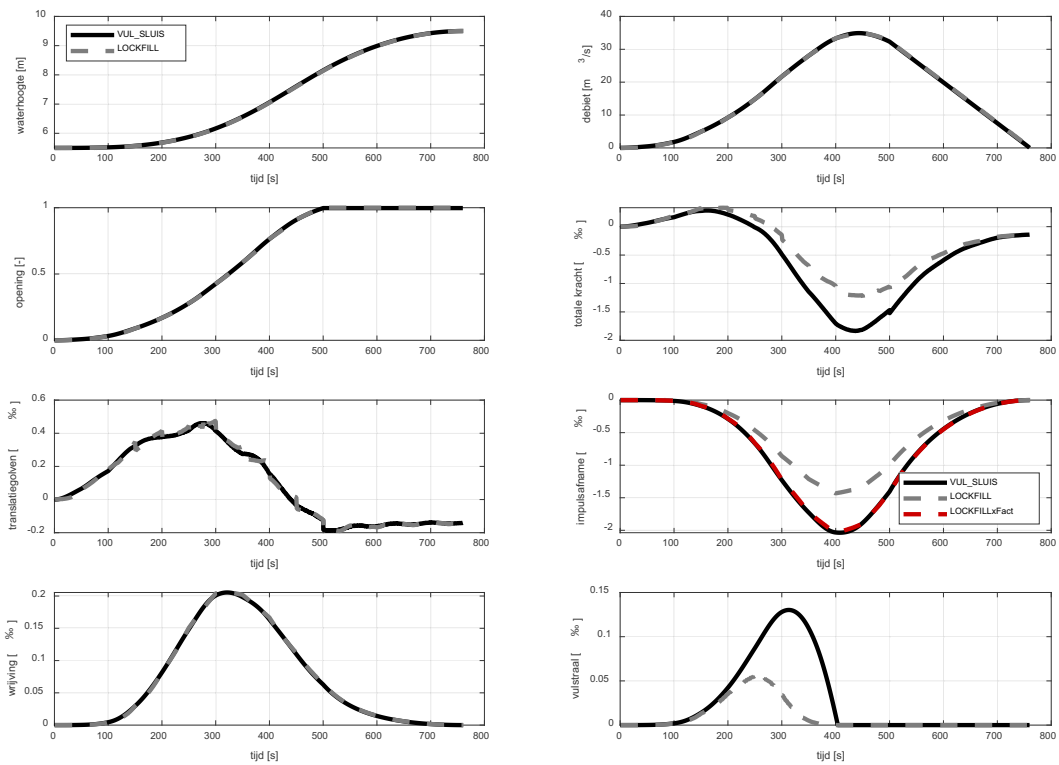
R17_S065_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO5_O4



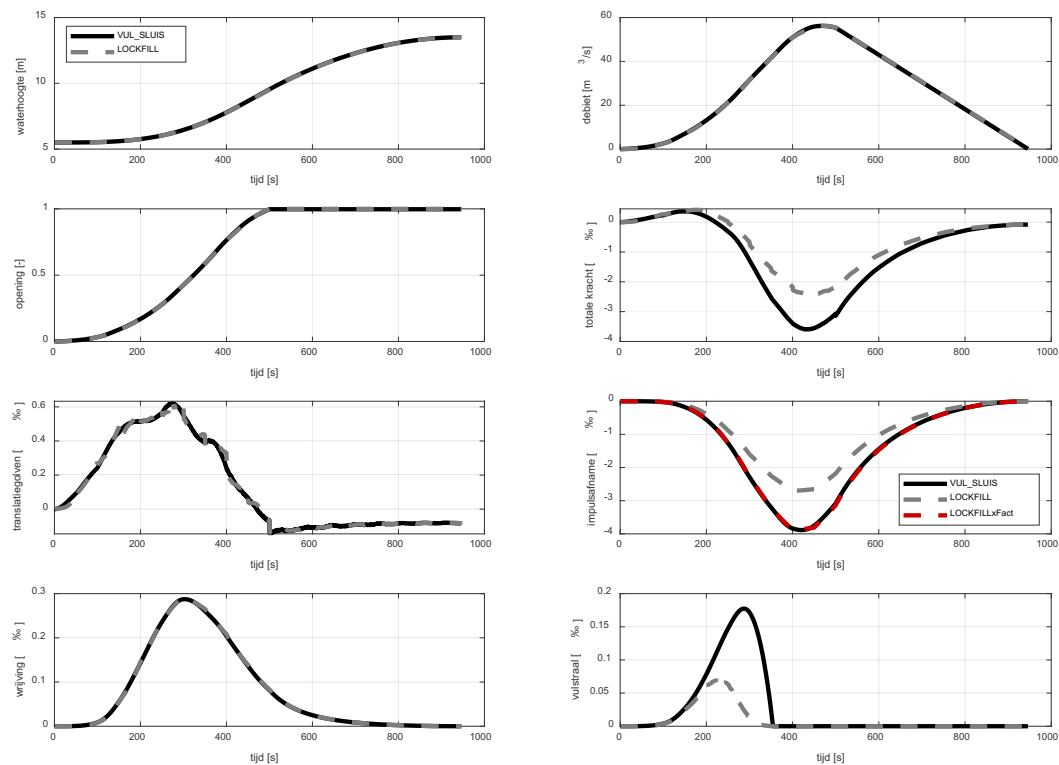
R17_S066_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO5_O4



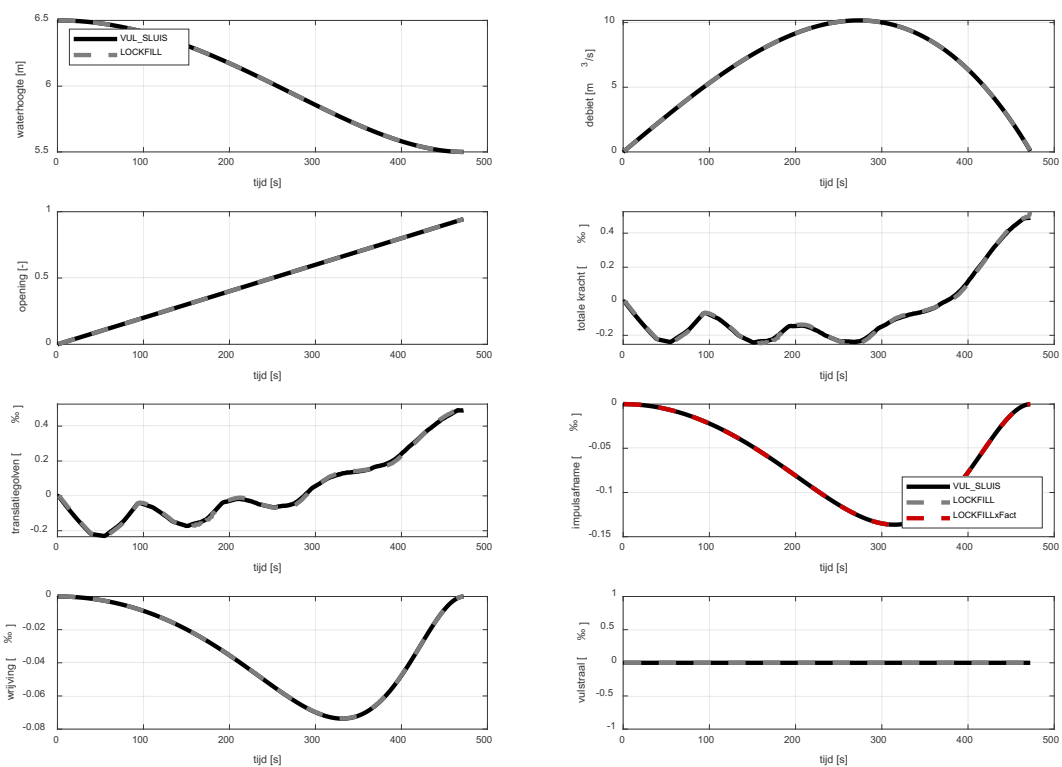
R17_S067_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO5_O4



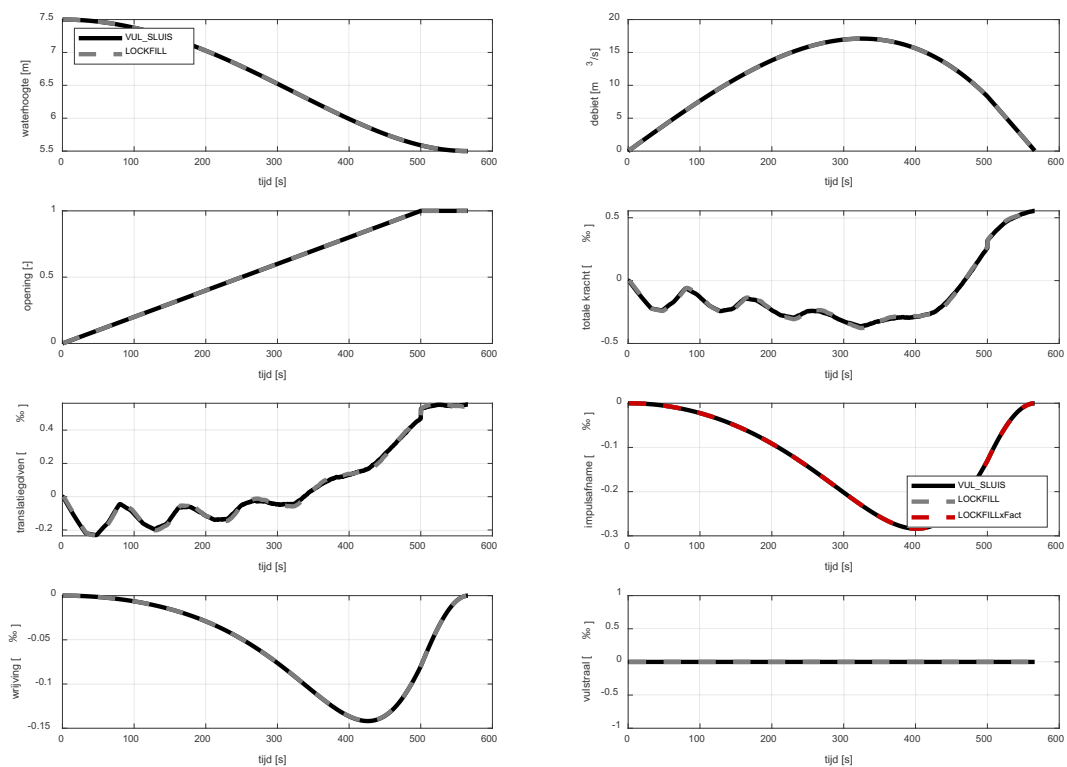
R17_S068_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO5_O4



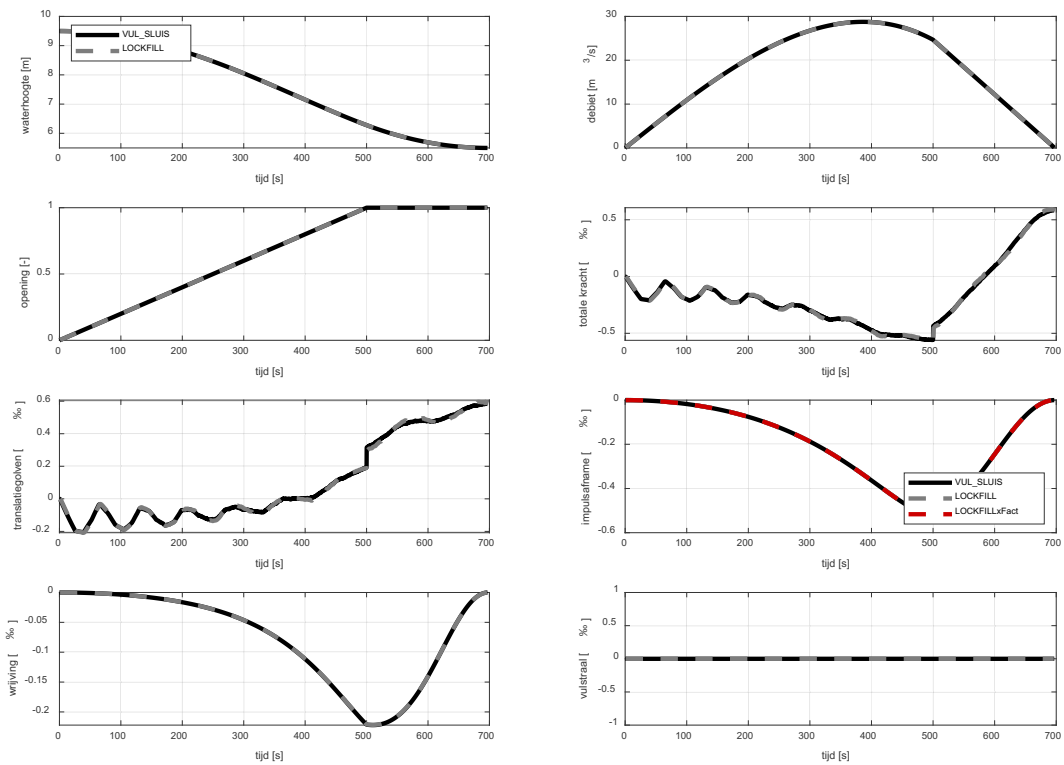
R18_S069_K1_H55_L010_S1_D45_ST050_GO1_O1



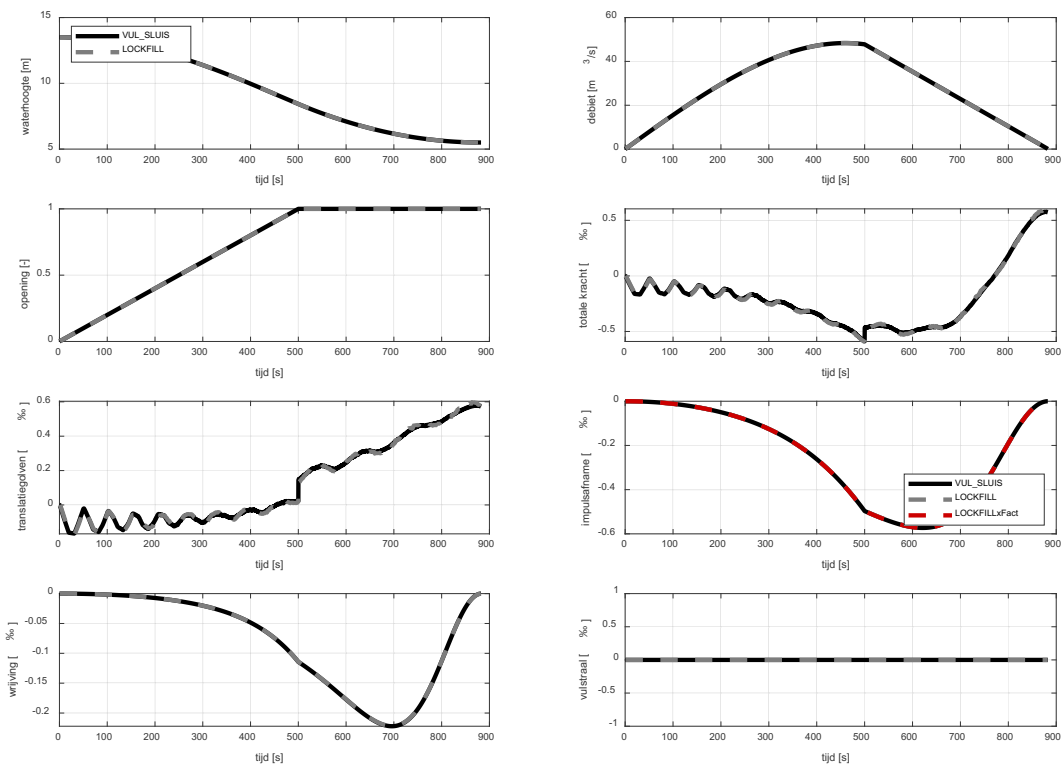
R18_S070_K1_H55_L020_S1_D45_ST050_GO1_O1



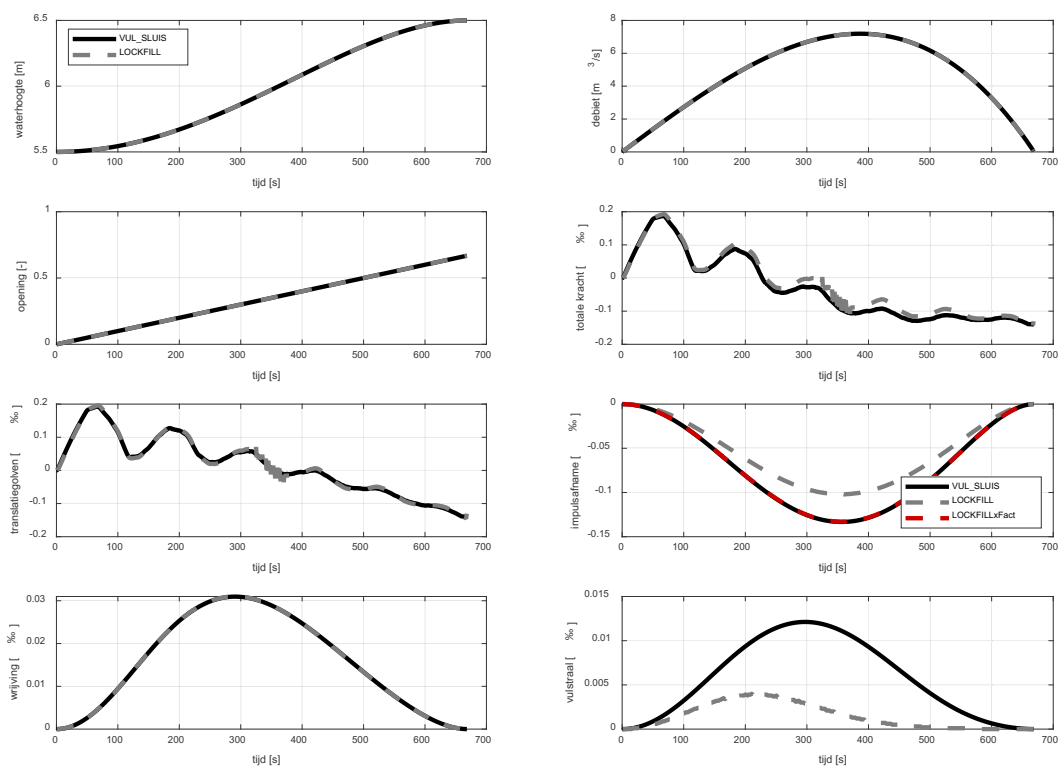
R18_S071_K1_H55_L040_S1_D45_ST050_GO1_O1



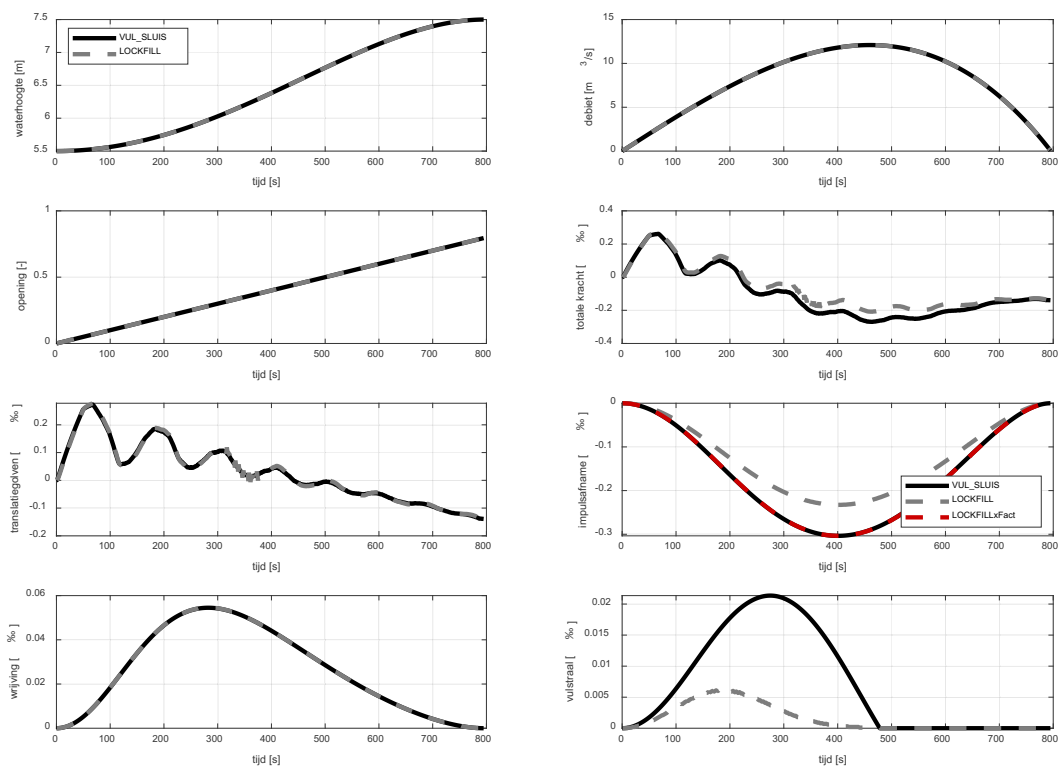
R18_S072_K1_H55_L080_S1_D45_ST050_GO1_O1



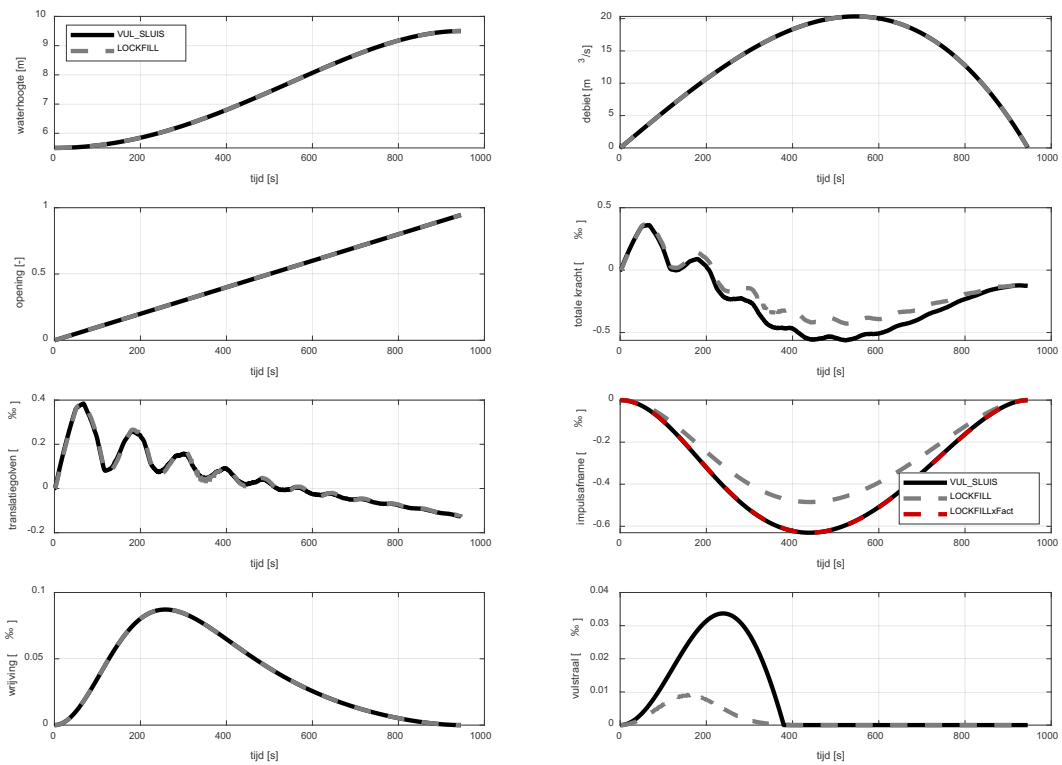
R19_S073_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO1_O5



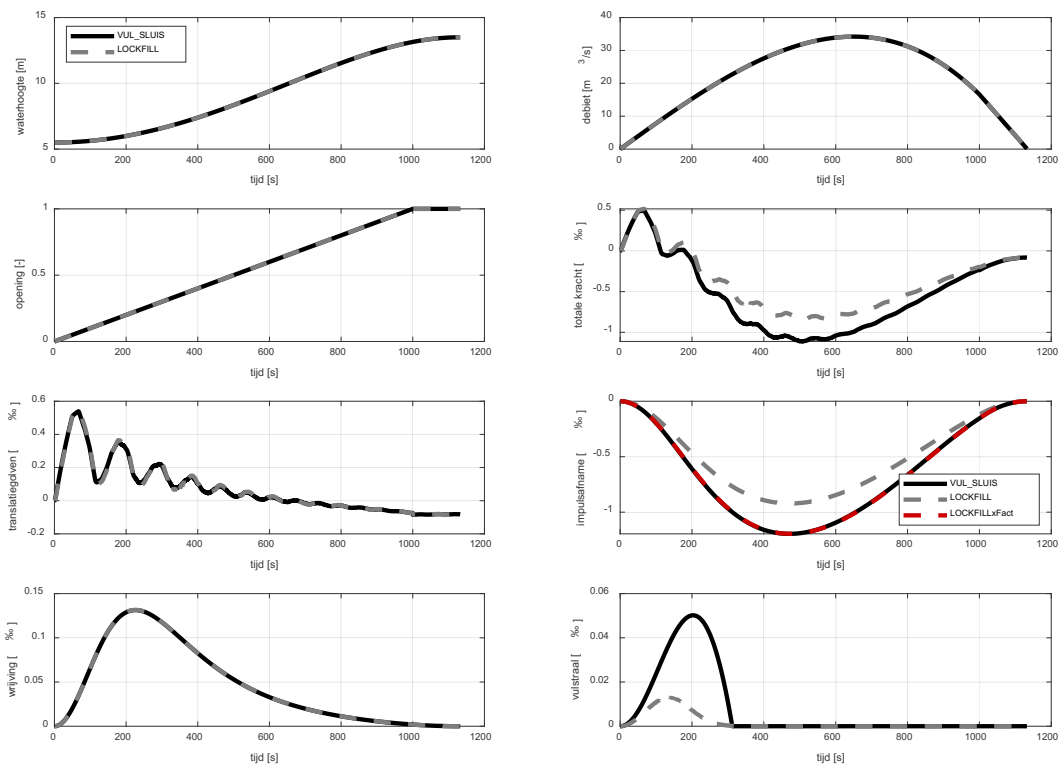
R19_S074_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO1_O5



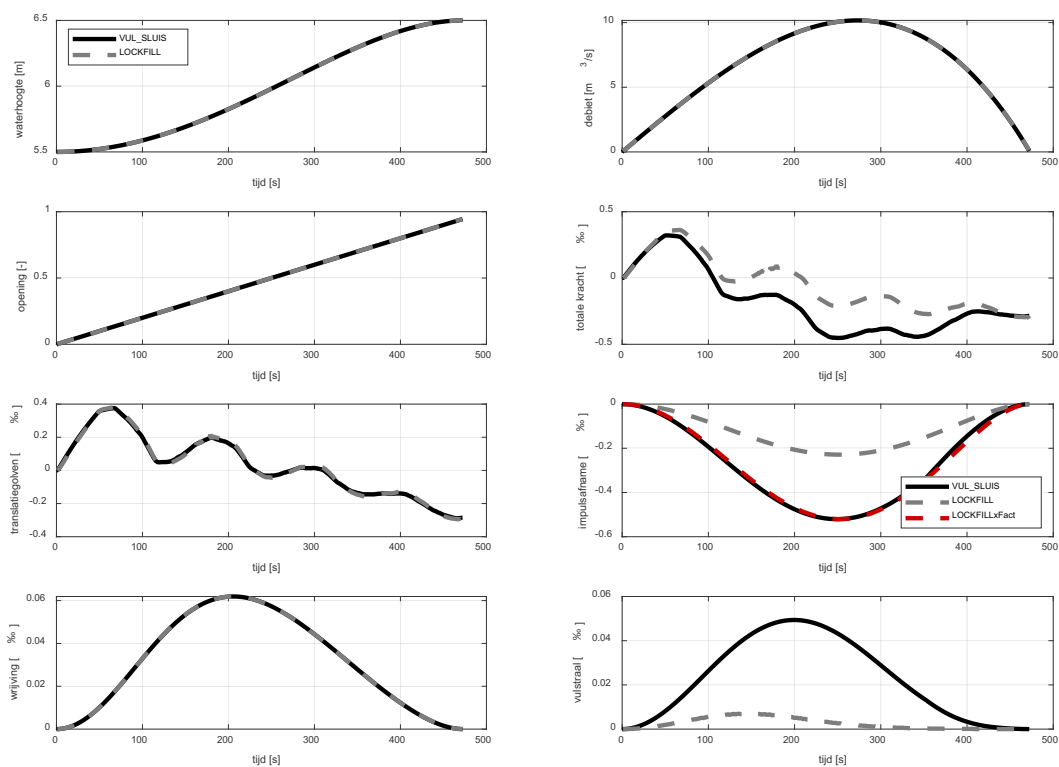
R19_S075_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO1_O5



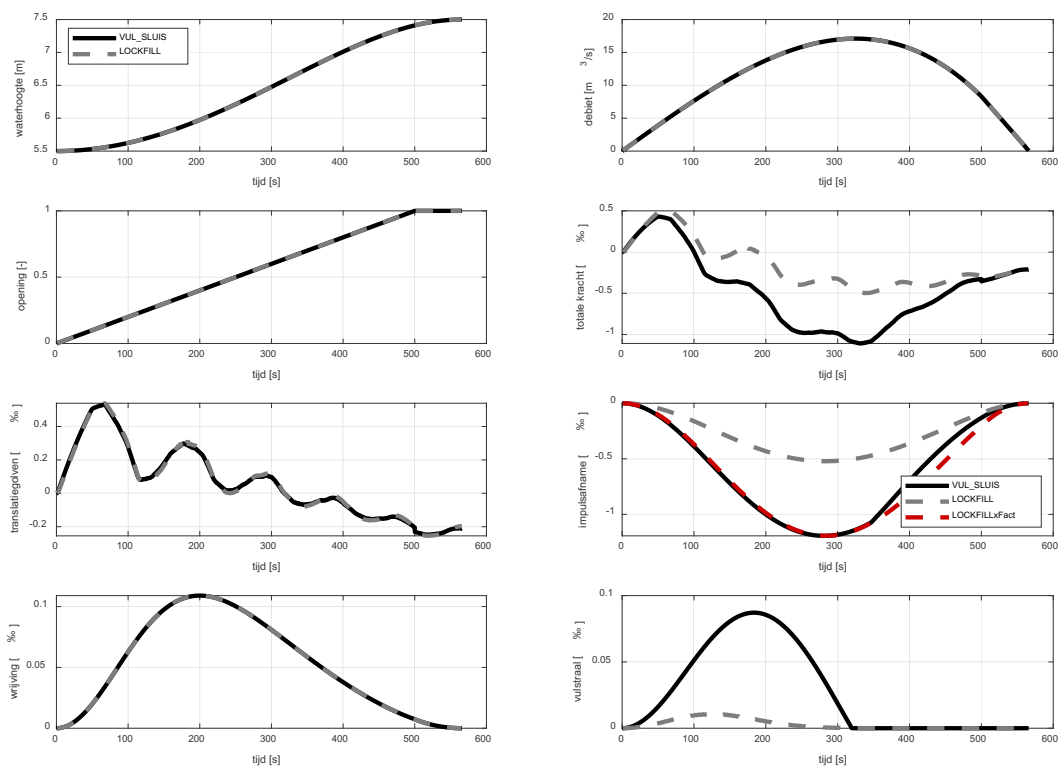
R19_S076_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO1_O5



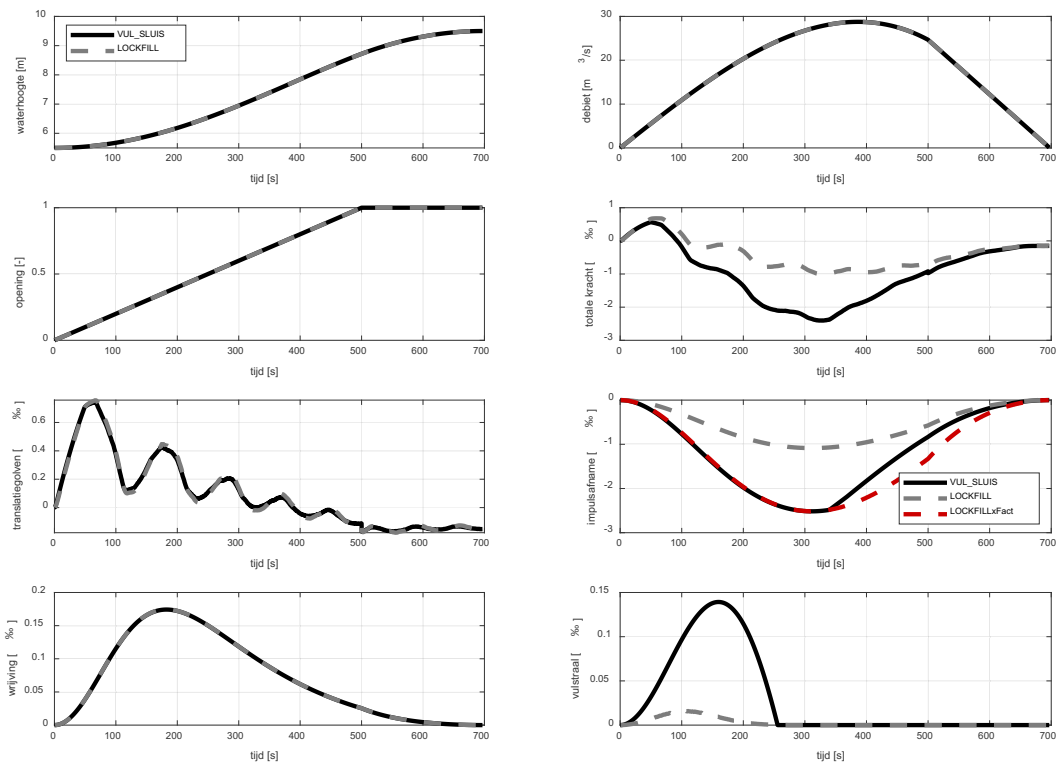
R20_S077_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO6_O1



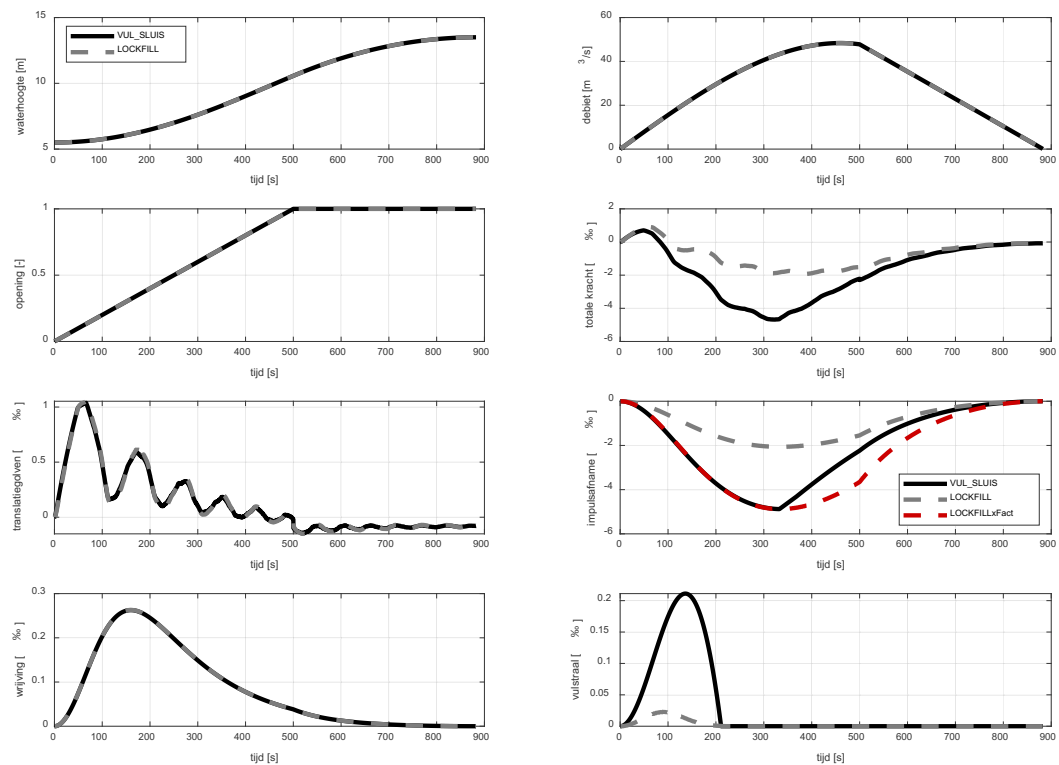
R20_S078_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO6_O1



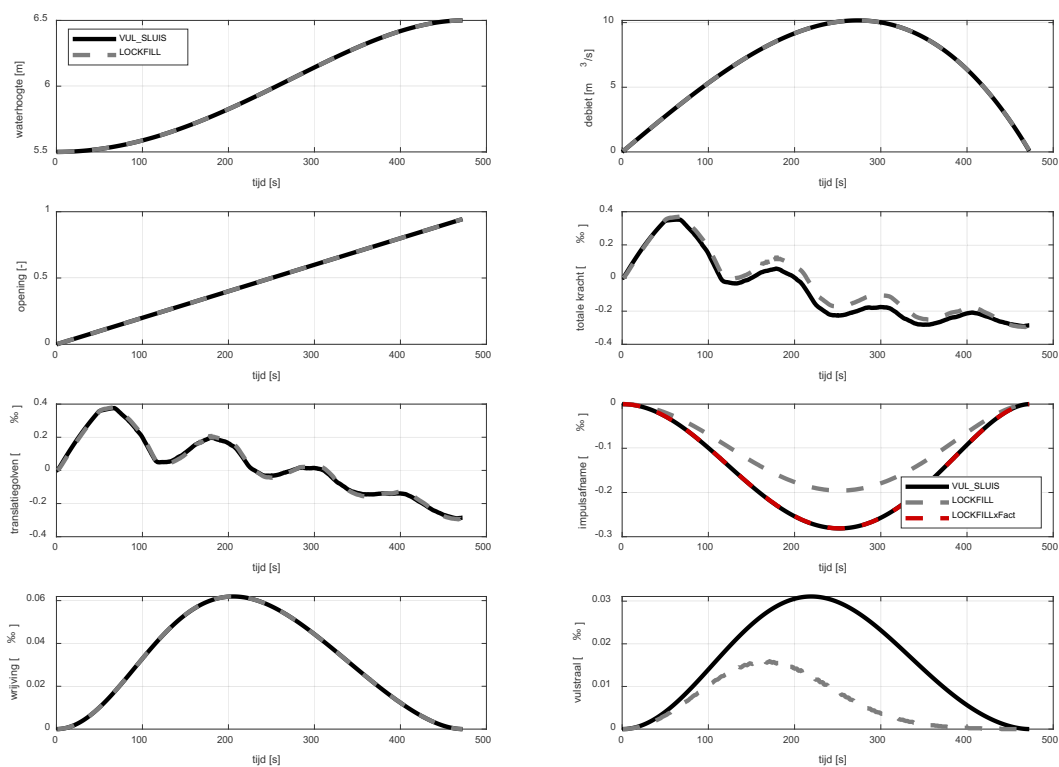
R20_S079_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO6_O1



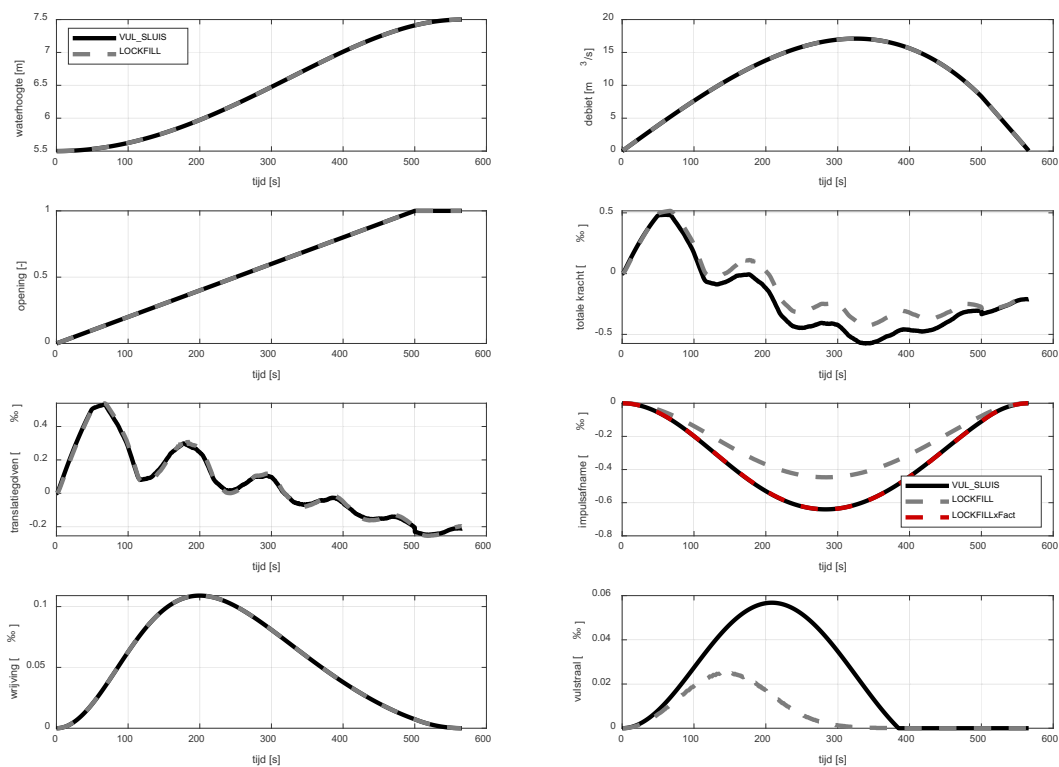
R20_S080_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO6_O1



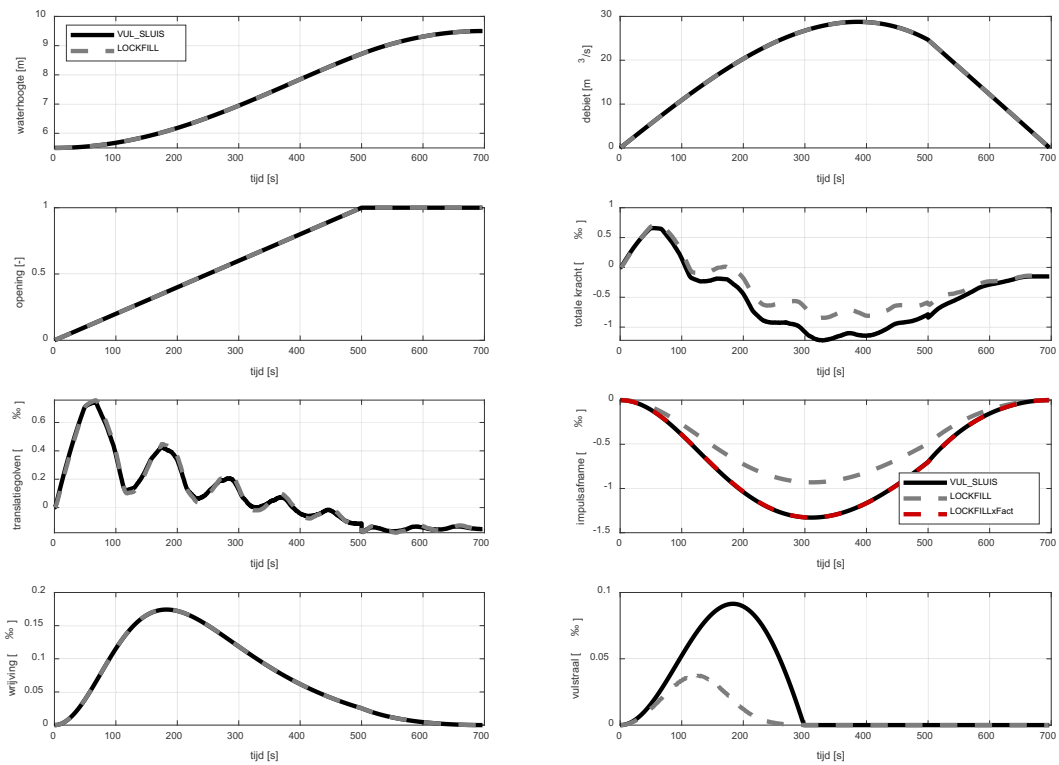
R21_S081_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO8_O1



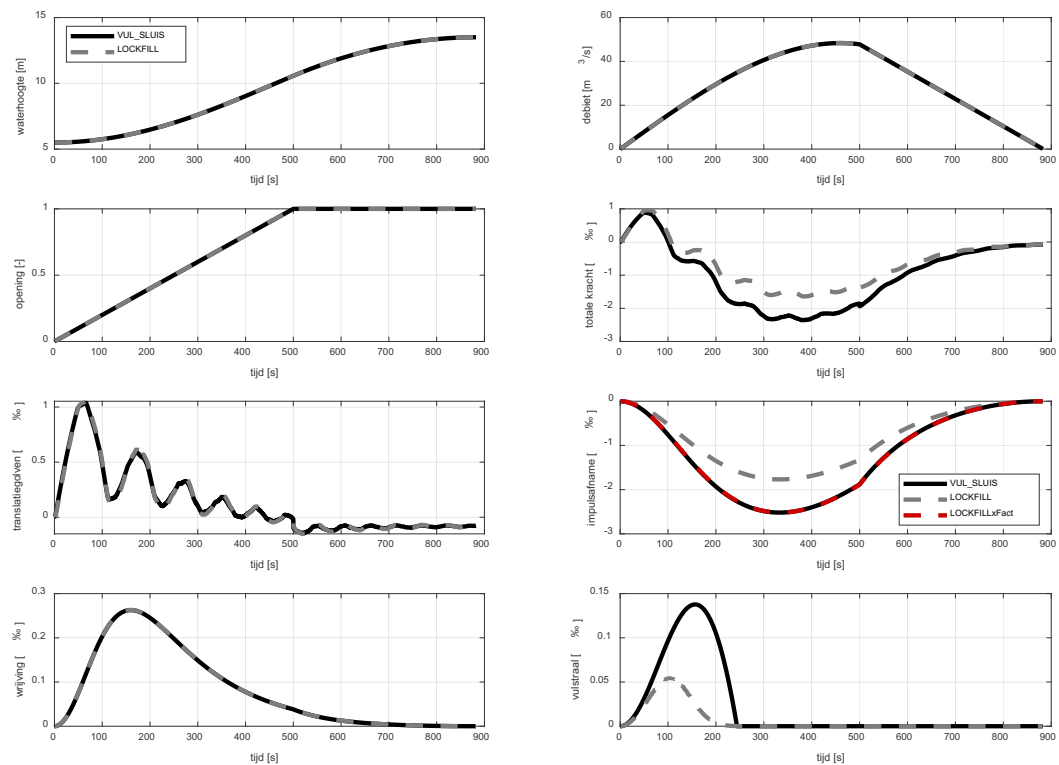
R21_S082_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO8_O1



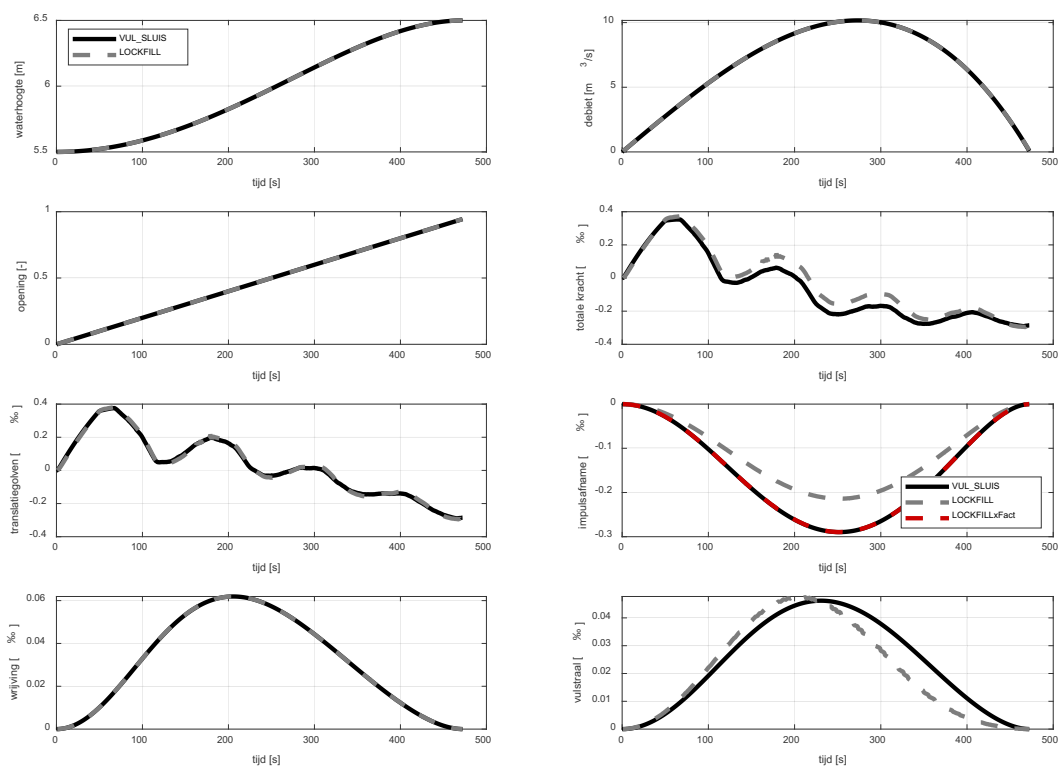
R21_S083_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO8_O1



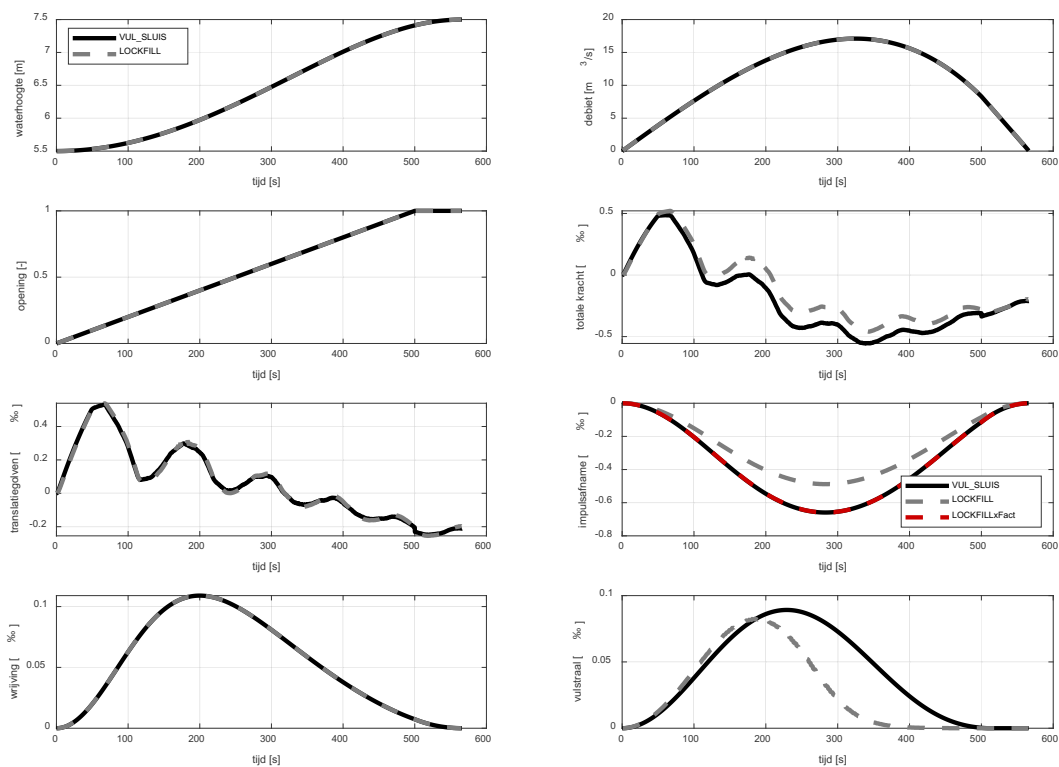
R21_S084_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO8_O1



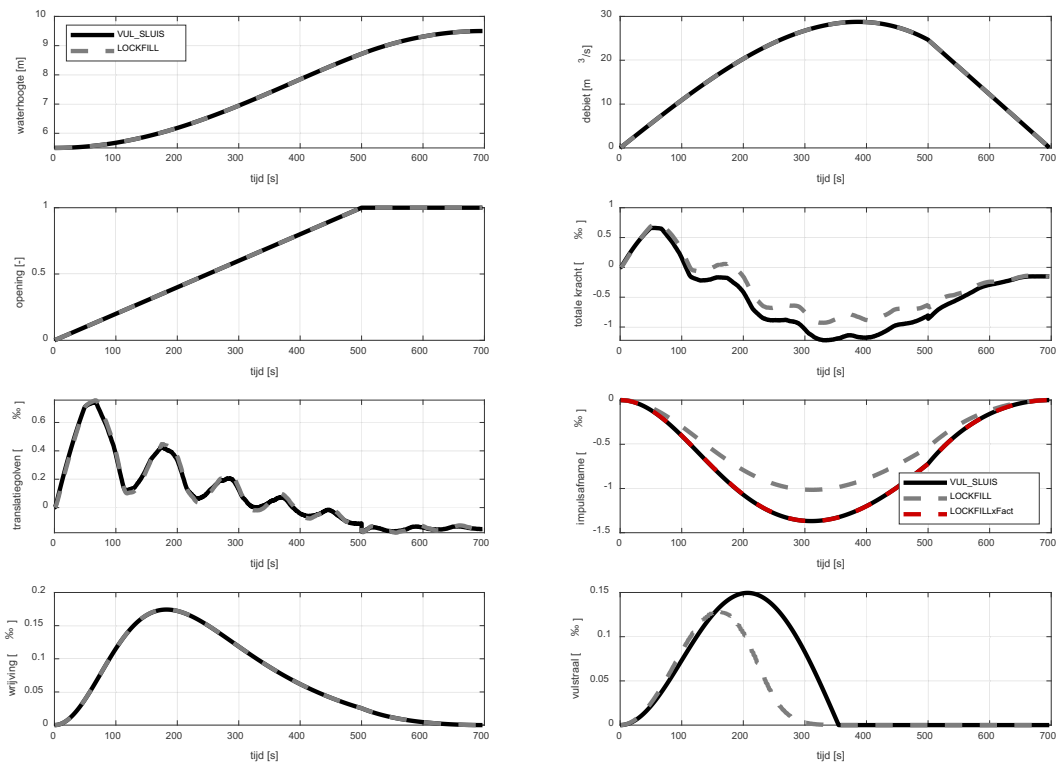
R22_S085_K1_H55_V010_S1_D45_ST050_GO9_O1



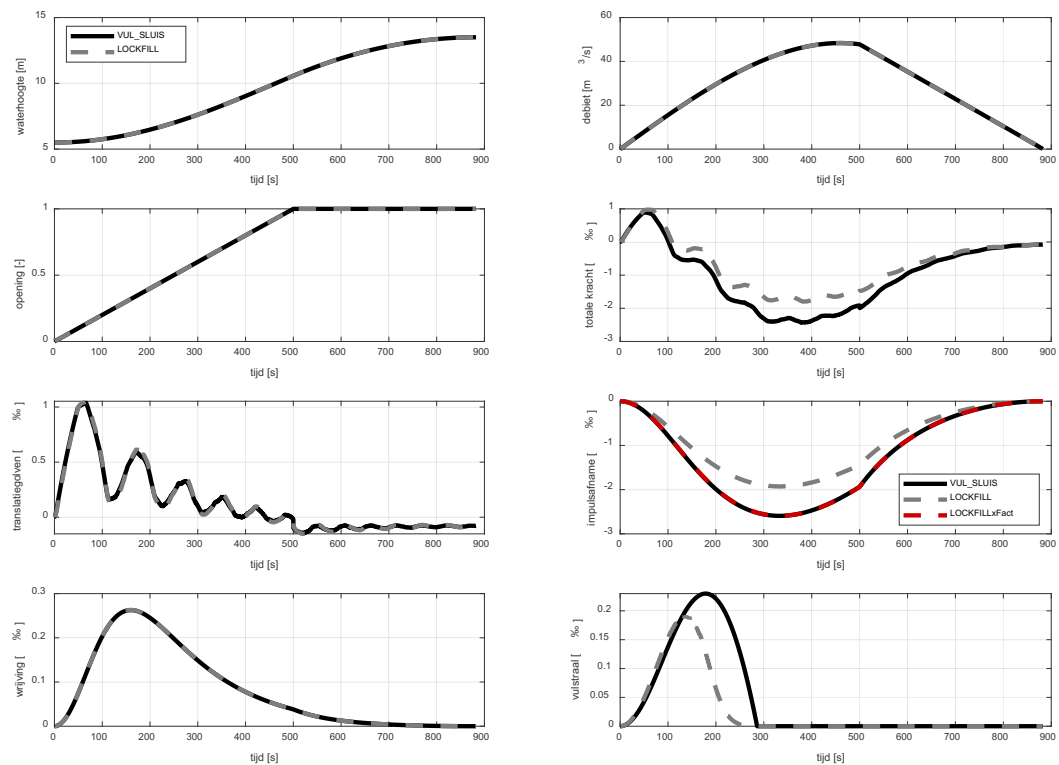
R22_S086_K1_H55_V020_S1_D45_ST050_GO9_O1



R22_S087_K1_H55_V040_S1_D45_ST050_GO9_O1



R22_S088_K1_H55_V080_S1_D45_ST050_GO9_O1



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be