



Vlaanderen
is wetenschap



18_057_1
WL rapporten

Dijle **GOG Grote Vijver 2**

Advies energiedissipatie overloopdijk

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Dijle – GOG Grote Vijver 2

Advies energiedissipatie overlooppdijk

Verelst, K.; Visser, K.P.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019
D/2019/3241/039

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verelst, K.; Visser, K.P.; Mostaert, F. (2019). Dijle – GOG Grote Vijver 2: Advies energiedissipatie overloopdijk. Versie 5.0. WL Rapporten, 18_057_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	De Vlaamse Waterweg Afdeling Zeeschelde	Ref.:	WL2019R18_057_1
Keywords (3-5):	GOG, energy dissipation structure, design		
Tekst (p.):	19	Bijlagen (p.):	12
Vertrouwelijk:	☒ Nee ☒ Online beschikbaar		

Auteur(s)	Verelst, K.
-----------	-------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Visser, K.P.	Getekend door: Klaas Visser (Signature) Getekend op: 2019-02-15 16:02:34 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Klaas Visser</i>
Projectleider:	Verelst, K.	Getekend door: Kristof Verelst (Signature) Getekend op: 2019-02-15 16:04:24 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Kristof Verelst</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-02-15 21:38:35 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	--



Abstract

Het Sigmaproject Dijlemonding omvat de aanleg van GOG/GGG Zennegat, GOG/GGG Grote Vijver 1, GOG Grote Vijver 2 en GOG Heindonk Tien Vierendelen. In 2011 heeft het studiebureau Royal Haskoning de dimensionering uitgevoerd van de dijkbekleding van de ringdijk en de overlooppdijk voor het gecontroleerd overstromingsgebied Grote Vijver en Zennegat. Afdeling Zeeschelde-Zeekanaal van De Vlaamse Waterweg nv heeft aan het Waterbouwkundig Laboratorium gevraagd om de dimensionering van de energiedissipatiegracht voor het gebied Grote Vijver 2 zoals uitgevoerd door het studiebureau, te reviseren, rekening houdend met de variatie van het maaiveldpeil aan polderzijde van de overlooppdijk. Daarnaast wordt gevraagd om een inschatting te maken van de stroomsnelheden op het talud naar de Grote Vijver om na te gaan of de schanskorven, die in de huidige toestand aanwezig zijn en waarvan de dikte niet gekend is, behouden kunnen blijven.

Vooreerst is voor 13 dwarsprofielen de verhanglijn op het talud van de overlooppdijk bij overloop bepaald. Daarbij is nagegaan of een energiedissipatiegracht benodigd is, en zo ja, wat de afmetingen ervan moeten zijn om ervoor te zorgen dat een watersprong zich niet in het GOG voordoet maar aan de teen van de overlooppdijk. Gebruik makend van het debiet over de overlooppdijk en de waterhoogte na de watersprong aan de teen van de overlooppdijk is daarna voor 7 dwarsprofielen een berekening uitgevoerd van de verhanglijn op het talud naar Grote Vijver. Aan de hand van deze tweede verhanglijnberekening is daarna de stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver berekend, alsook de stroomsnelheid in een aantal locaties tussen de overlooppdijk en Grote Vijver. Uit de resultaten hiervan volgt dat de maximale waarde van de stroomsnelheid op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk 5.04 m/s bedraagt en 5.54 m/s op het talud naar Grote Vijver. Om te verhinderen dat de watersprong zich in het GOG voordoet, dient aan de teen van de overlooppdijk een gracht met een diepte van 0.35 m voorzien te worden en een minimale breedte van 4.2 m. Door het ontstaan van de watersprong aan de teen van de overlooppdijk, doen zich tussen de energiedissipatiegracht en het talud naar Grote Vijver lagere stroomsnelheden voor (maximaal 1.60 m/s).

Het Open Steenasfalt dat voorzien is op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk kan weerstaan aan de berekende stroomsnelheden op het talud van de overlooppdijk. Hierbij dient ook de energiedissipatiegracht en een gedeelte afwaarts van de energiedissipatiegracht bekleed te worden met Open Steenasfalt. Aangezien op het talud naar Grote Vijver nog hoge stroomsnelheden tot 5.54 m/s voorkomen, is het aanbevolen om de Open Steenasfaltbekleding door te trekken tot op het talud naar Grote Vijver. Uit de dimensionering van de schanskorven volgt dat schanskorven met een dikte tot 0.71 m nodig zijn om te weerstaan aan de stroming ten gevolge van overloop op het talud naar Grote Vijver. Met betrekking tot de aan te brengen bodembescherming op het talud naar de Grote Vijver dient deze bodembescherming voorzien te worden tussen de overgang naar het talud van Grote Vijver en een peil 0.50 m à 0.75 m lager dan het waterpeil van Grote Vijver.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Gegevens en methodologie.....	2
2.1 Dwarsprofiel overlooppdijk en talud naar Grote vijver.....	2
2.2 Waterpeilen.....	4
2.3 Methodologie berekening verhanglijn op overlooppdijk en talud naar Grote Vijver	5
2.4 Methodologie dimensionering energiedissipatiegracht	7
2.5 Methodologie dimensionering schanskorven	8
3 Resultaten.....	9
3.1 Dimensionering energiedissipatiegracht overlooppdijk.....	9
3.2 Stroomsnelheid tussen overlooppdijk en Grote Vijver	11
3.3 Bodembescherming overlooppdijk en talud Grote Vijver	15
4 Conclusies	18
5 Referenties	20
Bijlage 1: Dwarsprofielen dijk tussen Dijle en Grote Vijver	B1
Bijlage 2: Tabellen.....	B5

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Maaiveldpeil aan teen overlooppdijk voor dwarsprofielen DWP1 tot en met DWP13.....	3
Tabel 2 – Resultaten dimensionering energiedissipatiegracht voor waterstand in Dijle en GOG voor waterpeilen met terugkeerperiode T1000 (alle waarden betreffen maximale waarden).....	9
Tabel 3 – Resultaten dimensionering energiedissipatiegracht voor waterstand in Dijle en GOG voor waterpeilen met terugkeerperiode T2500 (alle waarden betreffen maximale waarden).....	10
Tabel 4 – Samenvatting maximale waarde van het overloopdebiet, stroomsnelheid op het talud aan GOG-zijde en diepte energiedissipatiegracht en de minimale en maximale waarde van de breedte van de energiedissipatiegracht.	10
Tabel 5 – Taludhelling geschematiseerd profiel oever van de Grote Vijver.	12
Tabel 6 – Resultaten bepaling stroomsnelheid op talud naar Grote Vijver voor werkelijk en geschematiseerd profiel bij waterstand met terugkeerperiode 1000 jaar en terugkeerperiode 2500 jaar.	13
Tabel 7 – Maximale waarde stroomsnelheid (m/s) op een aantal locaties tussen overlooppdijk en Grote Vijver.....	14
Tabel 8 – Resultaten dimensionering schanskorven.....	16
Tabel 9 – Maximale waarde waterhoogte na watersprong ter plaatse van talud Grote Vijver.....	17
Tabel 10 – Samenvatting resultaten maximale stroomsnelheden bij overloop en minimale afmetingen energiedissipatiegracht	18
Tabel 11 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP1, DWP3 en DWP5 bij waterstand T1000.....	B5
Tabel 12 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP7, DWP9 en DWP11 bij waterstand T1000.....	B6
Tabel 13 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP13 bij waterstand T1000.....	B7
Tabel 14 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP1, DWP3 en DWP5 bij waterstand T2500.....	B8
Tabel 15 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP7, DWP9 en DWP11 bij waterstand T2500.....	B9
Tabel 16 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP13 bij waterstand T2500.....	B10
Tabel 17 – Bepaling dikte schanskorven bij waterstand T1000	B11
Tabel 18 – Bepaling dikte schanskorven bij waterstand T2500	B12

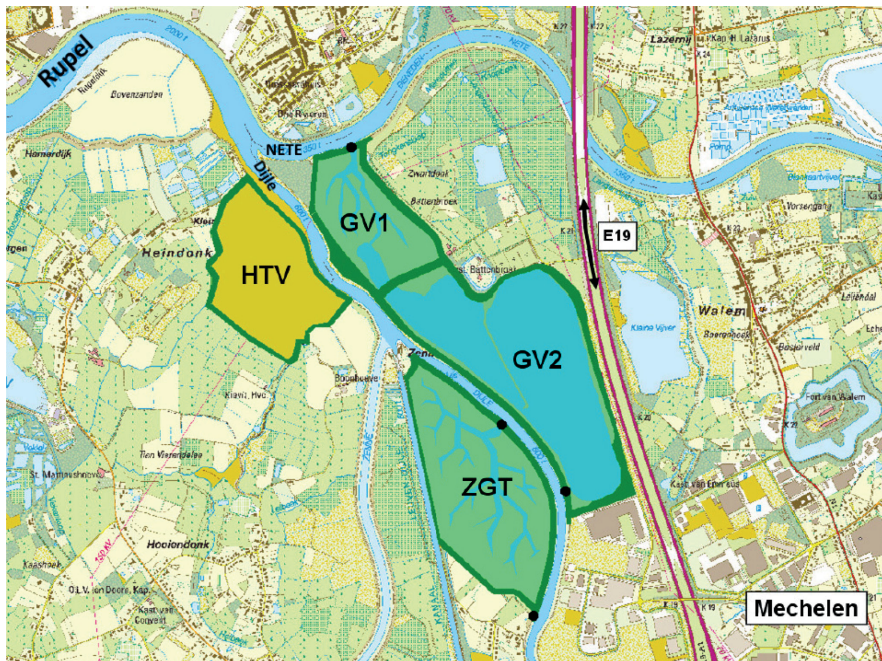
Lijst van de figuren

Figuur 1 – Locatie overstromingsgebieden Sigmaproject Dijlemonding.....	1
Figuur 2 – Typeprofiel overlooppdijk	2
Figuur 3 – Locatie dwarsprofielen DWP1 tot en met DWP13	3
Figuur 4 – Profielen talud naar Grote Vijver.....	4
Figuur 5 – Waterstand in Dijle en Grote Vijver 2 uit Zeeschelde MWeA-2025 bij terugkeerperiode T1000 en T2500	4
Figuur 6 – Typeschets berekening lengte L en diepte d van de dissipatiegracht (Berlamont, 1980).	7
Figuur 7 – Locatie punten voor visualisatie stroomsnelheid tussen overlooppdijk en Grote Vijver.....	13
Figuur 8 – Maximale waarde stroomsnelheid op een aantal locaties tussen overlooppdijk en Grote Vijver ..	14
Figuur 9 – Dwarsprofiel DWP1 en DWP3	B1
Figuur 10 – Dwarsprofiel DWP5 en DWP7	B2
Figuur 11 – Dwarsprofiel DWP9 en DWP11	B3
Figuur 12 – Dwarsprofiel DWP13	B4

1 Inleiding

Het Sigmaproject Dijlemonding omvat de aanleg van GOG/GGG Zennegat (ZGT), GOG/GGG Grote Vijver 1 (GV1), GOG Grote Vijver 2 (GV2) en GOG Heindonk Tien Vierendelen (HTV). Figuur 1 geeft een situering van deze gebieden.

Figuur 1 – Locatie overstromingsgebieden Sigmaproject Dijlemonding.



Bron: van Nieuwenhuijzen et al., (2011)

In 2011 heeft het studiebureau Royal Haskoning de dimensionering uitgevoerd van de dijkbekleding van de ringdijk en de overlooppdijk voor het gecontroleerd overstromingsgebied Grote Vijver en Zennegat (van Nieuwenhuijzen et al., 2011).

Afdeling Zeeschelde-Zeekanaal van De Vlaamse Waterweg nv (contactpersoon: ir. Michiel Derycke) heeft gevraagd de dimensionering van de energiedissipatiegracht voor het gebied Grote Vijver 2, zoals uitgevoerd door het studiebureau, te reviseren. In de betreffende ontwerpstudie is namelijk slechts één globaal maaiveldpeil toegepast, terwijl het maaiveldpeil aan polderzijde van de overlooppdijk een relatief grote variatie kent. Door de aanwezigheid van de Grote Vijver in dit gebied is tussen de teen van de overlooppdijk en de Grote Vijver nog een talud aanwezig waar relatief hoge stroomsnelheden worden verwacht. Dit 'secundaire' talud naar de Grote Vijver is door het studiebureau niet beschouwd bij de dimensionering van de benodigde bekleding. Afdeling Zeeschelde-Zeekanaal vraagt om de dimensionering van de energiedissipatiegracht aan de teen van de overlooppdijk opnieuw uit te voeren, rekening houdend met de variatie van het maaiveldpeil aan polderzijde van de overlooppdijk en om een inschatting te maken van de stroomsnelheden op het talud naar de Grote Vijver. Dit rapport beschrijft de resultaten van deze dimensionering.

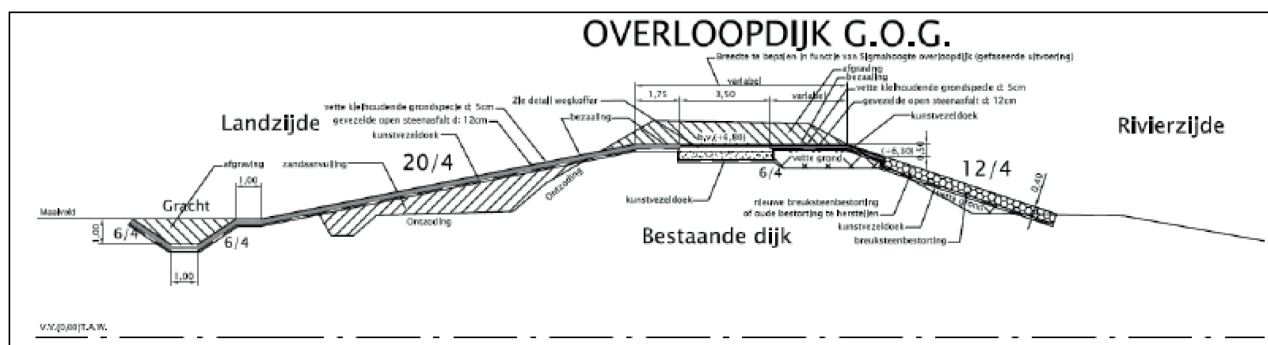
Hoofdstuk 2 van dit rapport geeft een overzicht van de in deze studie toegepaste gegevens en de gebruikte methodologie. De resultaten van de dimensionering van de energiedissipatiegracht, de berekening van de stroomsnelheden in een aantal locaties tussen de overlooppdijk en het talud naar Grote Vijver en de dimensionering van de bodembescherming op het talud naar Grote Vijver zijn beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 vat de conclusies van dit rapport samen.

2 Gegevens en methodologie

2.1 Dwarsprofiel overlooppdijk en talud naar Grote vijver

Het kruinpeil van de overlooppdijk van GOG Grote Vijver 2 bedraagt +7.00 mTAW, de taludhelling van de overlooppdijk aan GOG-zijde bedraagt 20/4 en is bekleed met Open Steenasfalt. Aan rivierzijde is een talud met helling 12/4 aanwezig waarop breuksteen aanwezig is. Figuur 2 geeft een voorstelling van het typeprofiel van de overlooppdijk. De bepaling van de dikte van de Open Steenasfalt op het talud aan GOG-zijde en de bepaling van de breuksteensortering op het talud aan rivierzijde is uitgevoerd in van Nieuwenhuijzen et al., (2011) en behoort niet tot het onderwerp van deze studie.

Figuur 2 – Typeprofiel overlooppdijk



Voor de bepaling van het maaiveldpeil aan de teen van de overlooppdijk is van de Afdeling Zeeschelde-Zeekanaal het bestand *dwarsprofielen.dwg* ontvangen. Dit bestand bevat enerzijds de maaiveldpeilen voor een aantal locaties ter plaatse van de teen van de overlooppdijk. Deze locaties zijn grafisch weergegeven in Figuur 3 aan de hand van blauwe punten. Anderzijds bevat dit bestand ook voor 9 locaties langs de overlooppdijk een dwarsprofiel van de huidige dijk tussen de Dijle en de Grote Vijver.

Figuur 3 – Locatie dwarsprofielen DWP1 tot en met DWP13

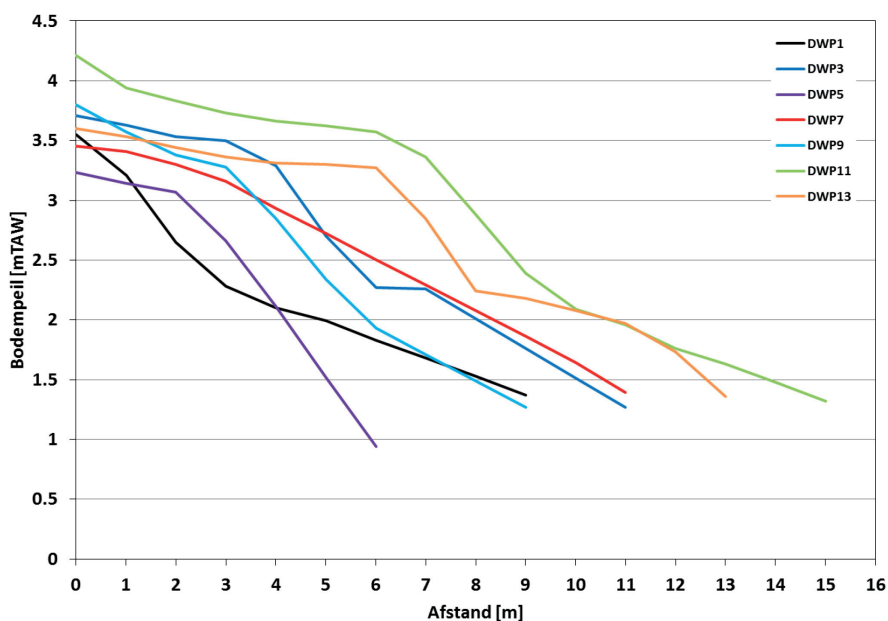


Uit het bestand *dwarsprofielen.dwg* zijn 7 dwarsprofielen langs de overlooppdijk van Grote Vijver 2 geselecteerd. Voor de dimensionering van de energiedissipatiegracht aan de teen van de overlooppdijk zijn nog een aantal locaties tussen deze dwarsprofielen geselecteerd. Hierbij is getracht om een zo groot mogelijke variatie in maaiveldpeil aan de teen van de overlooppdijk te beschouwen, i.e. zowel de hoogste als de laagste maaiveldpeilen. Op deze wijze worden voor de dimensionering van de energiedissipatiegracht 13 dwarsprofielen beschouwd, DWP1 tot en met DWP13 genoemd. De ligging van deze profielen is ook grafisch voorgesteld in Figuur 3. Tabel 1 geeft een overzicht van de maaiveldpeilen aan de teen van de overlooppdijk voor deze 13 dwarsprofielen. DWP1, DWP3, DWP5, DWP7, DWP9 en DWP13 zijn hierbij gelijk aan de 7 geselecteerde dwarsprofielen uit het bestand *dwarsprofielen.dwg*. Een grafische voorstelling van het dwarsprofiel van de huidige dijk tussen de Dijle en de Grote Vijver is voor deze 7 profielen gegeven in Bijlage 1. In Figuur 4 is voor deze profielen een grafische voorstelling gegeven van het talud naar Grote Vijver. Deze taluds naar de Grote Vijver worden in paragraaf 3.2 gebruikt voor de bepaling van de stroomsnelheid op dit talud.

Tabel 1 – Maaiveldpeil aan teen overlooppdijk voor dwarsprofielen DWP1 tot en met DWP13

Dwarsprofiel	Maaiveldpeil teen overlooppdijk	Dwarsprofiel	Maaiveldpeil teen overlooppdijk
DWP1	+3.663 mTAW	DWP8	+3.282 mTAW
DWP2	+3.856 mTAW	DWP9	+3.778 mTAW
DWP3	+3.555 mTAW	DWP10	+4.237 mTAW
DWP4	+3.279 mTAW	DWP11	+4.100 mTAW
DWP5	+3.159 mTAW	DWP12	+3.617 mTAW
DWP6	+3.616 mTAW	DWP13	+3.745 mTAW
DWP7	+3.341 mTAW		

Figuur 4 – Profielen talud naar Grote Vijver.

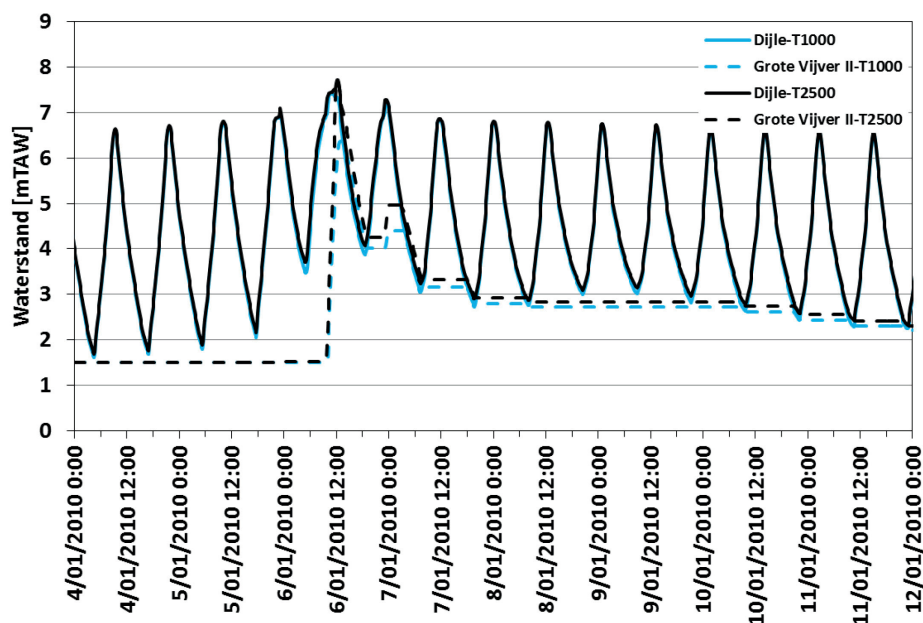


Het beginpunt (x = 0) van deze profielen is in de figuren in Bijlage 1 aangeduid met een rode stip

2.2 Waterpeilen

De dimensionering van de energiedissipatiegracht aan de teen van de overlooppdijk en de bepaling van de stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver is in deze studie uitgevoerd voor de waterstand bij een terugkeerperiode 1000 jaar (T1000) en een terugkeerperiode 2500 jaar (T2500) berekend met het model Zeeschelde MWeA-2025. Dit model omvat alle Sigmagebieden, uitgezonderd de reservegebieden, ingericht volgens het meest recente inrichtingsvoorstel. Figuur 5 geeft voor de beide terugkeerperiodes een grafische voorstelling van de waterstand in de Dijle en de waterstand in het gebied Grote Vijver 2.

Figuur 5 – Waterstand in Dijle en Grote Vijver 2 uit Zeeschelde MWeA-2025 bij terugkeerperiode T1000 en T2500



2.3 Methodologie berekening verhanglijn op overlooppdijk en talud naar Grote Vijver

De berekening van de maximale stroomsnelheid op het talud van de overlooppdijk aan GOG-zijde wordt als volgt uitgevoerd:

1. Aan de hand van de tijdsreeksen van waterstand in de Dijle en in het GOG wordt voor de beide terugkeerperiodes van de waterstand en voor elk beschouwd dwarsprofiel van de overlooppdijk het overloopdebiet berekend aan de hand van volgende formulering uit IMDC & WL (2010):

$$q = 1.36 (H_{riv} - H_{kruin})^{1.5}$$

Met:

- q Overloopdebiet per strekkende meter [m³/s/m]
 - H_{riv} Waterpeil [m]
 - H_{kruin} Kruinpeil overlooppdijk [m]
2. De verhanglijn op het talud aan GOG-zijde betreft een opwaarts bepaalde B2-verhanglijn (Berlamont, 1980). De berekening van de ogenblikkelijke verhanglijn op het landtalud wordt uitgevoerd door integratie van de vergelijking van Bresse (voor een brede rechthoekige sectie). Deze integratie wordt uitgevoerd met een constante $\Delta h = 0.001$ m in de verticale richting en voor elke tijdstap (om de 10 min) in de tijdreeksen van waterstanden in de Dijle en in het GOG. Hierbij wordt volgend randvoorwaardeprobleem opgelost:

$$\varphi(h) = \frac{dh}{ds} = \frac{S_0 - n^2 \frac{q^2}{h^{10/3}}}{\sqrt{1 - S_0^2 - \frac{q^2}{g h^3}}}$$

met: $s = s_0$ en $h = h_0$

Met:

- $\varphi(h)$ Vergelijking [m]
- S_0 Bodemhelling [-]
- n Ruwheid ($n = 0.017 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$; THV Sigma Dijle, (2008)) [m^{-1/3}s]
- q Overloopdebiet per strekkende meter [m³/s/m]
- h Waterdiepte [m]
- s Afstand op het talud aan GOG-zijde tot de kruin van de overlooppdijk [m]
- g Valversnelling (= 9.81 m/s²) [m/s²]
- s_0 Initiële waarde voor de afstand tot de kruin [m]
- h_0 Initiële waarde voor waterdiepte ter plaatse van $s=s_0$ [m]

Als initialisatie voor de oplossing van dit randvoorwaardeprobleem wordt de kritische waterhoogte op de kruin beschouwd. Deze wordt als volgt berekend:

$$h_0 = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Met:

- h_0 Initiële waarde voor waterdiepte ter plaatse van $s=s_0$ [m]
- q Overloopdebiet per strekkende meter [m³/s/m]
- g Valversnelling (= 9.81 m/s²) [m/s²]

3. Op basis van de berekende ogenblikkelijke verhanglijn en het overloopdebiet wordt de stroomsnelheid op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk berekend (i.e. debiet gedeeld door natte sectie).

Na de berekening van de verhanglijn wordt gecontroleerd of zich een watersprong voordoet op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk of dat deze zich voordoet in het GOG. Hiervoor wordt voor elk punt op het dijktaalud de bijbehorende waterhoogte na sprong berekend aan de hand van de volgende uitdrukking:

$$h_2 = h_1 \left[\frac{-1 + \sqrt{1 + 8 Fr_1^2}}{2} \right]$$

Met:

- h_2 Waterhoogte na sprong in het betreffende punt van het dijktaalud [m]
- h_1 Waterhoogte in het betreffende punt van het dijktaalud [m]
- Fr_1 Waarde van het Froudegetal in het betreffende punt van het dijktaalud. [-]

Voor een brede rechthoekige sectie geldt:

$$Fr_1^2 = \frac{U^2}{gh_1} = \frac{q^2}{gh_1^3}$$

- U Stroomsnelheid in het betreffende punt i van het dijktaalud [m/s]
- g Valversnelling (= 9.81 m/s²) [m/s²]
- q Debiet per strekkende meter in het betreffende punt op het dijktaalud [m³/s/m]

Op basis van het verloop van de verhanglijn op het dijktaalud, het verloop van de hoogte na sprong op het dijktaalud en de waterhoogte in het GOG kan daarna bepaald worden of de watersprong zich voordoet op het dijktaalud zelf of in het GOG. Indien de watersprong zich voordoet in het GOG wordt de dimensionering van een energiedissipatiegracht uitgevoerd (zie paragraaf 2.4). Deze energiedissipatiegracht heeft als doel de watersprong te doen ontstaan aan de teen van de overlooppdijk.

Daarna wordt de stroomsnelheid berekend in de zone tussen het einde van de watersprong en het begin van het talud van Grote Vijver zelf. Voor deze zone wordt de maximale stroomsnelheid berekend door het debiet te delen door de waterhoogte na sprong voor alle tijdstippen waarbij de watersprong aan de teen van de overlooppdijk plaatsvindt. Voor de overige tijdstippen met hogere waterpeilen in het GOG wordt de stroomsnelheid berekend door het debiet te delen door de waterdiepte in deze zone. Dit geeft aanleiding tot lagere stroomsnelheden dan de waarde berekend voor de tijdstippen waarbij de watersprong zich voordoet aan de teen van de overlooppdijk.

Aan de hand van de bovenstaande methodologie voor de berekening van de verhanglijn op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk wordt daarna de verhanglijn op het talud naar Grote Vijver bepaald. Het debiet voor de berekening van de verhanglijn op het talud naar Grote Vijver is het overloopdebiet. Voor de tijdstippen waarbij de watersprong zich aan de teen van de overlooppdijk voordoet, is de waterhoogte na sprong hoger dan de kritische waterhoogte aan het begin van dit talud. Deze kritische waterhoogte kan berekend worden met behulp van de hierboven vermelde formulering voor de kritische waterhoogte. Bijgevolg wordt voor de berekening van de verhanglijn op het talud naar Grote Vijver de kritische waterhoogte als beginvoorwaarde beschouwd. De berekening van de verhanglijn op het talud naar Grote Vijver wordt enkel uitgevoerd voor die tijdstippen waarvoor het waterpeil in het GOG lager is dan de waterhoogte na sprong voor het punt aan het begin van het talud. Gebruik makend van deze tweede verhanglijnberekening wordt de stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver bepaald.

2.4 Methodologie dimensionering energiedissipatiegracht

De dimensionering van de energiedissipatiegracht aan de teen van de overlooppdijk wordt voor elk dwarsprofiel uitgevoerd op basis van de berekende ogenblikkelijke verhanglijn (zie paragraaf 2.3).

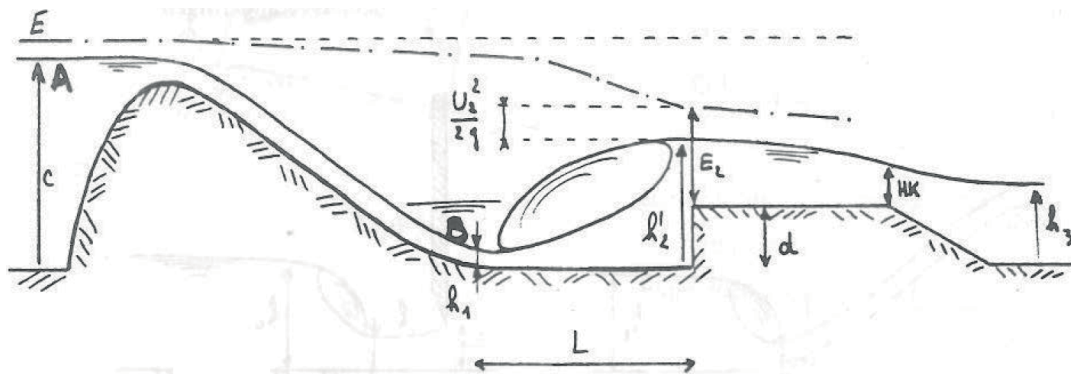
In het geval dat de berekende waterhoogte na sprong ter plaatse van de teen van de overlooppdijk hoger is dan de waterhoogte in het GOG, doet de watersprong zich voor in het GOG (i.e. afwaarts van de teen van de overlooppdijk). Voor deze tijdstippen wordt de dimensionering van de energiedissipatiegracht uitgevoerd. De diepte van de gracht wordt bepaald door toepassing van volgende formulering voor de bepaling van de diepte van een woelconstructie (als drempel; zie typeschets in Figuur 6) uit Berlamont (1980).

$$d = h_1 \left(-\frac{3}{2} (Fr_1)^{\frac{2}{3}} + \frac{h_2}{h_1} \left(m + \frac{1}{2m^2} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^3 Fr_1^2 \right) \right)$$

Met:

-	d	Diepte gracht / hoogte drempel	[m]
-	h_1	Waterdiepte opwaarts van de watersprong	[m]
-	h_2	Waterdiepte afwaarts van de watersprong	[m]
-	Fr_1	Froudegetal opwaarts van watersprong-	[-]
-	m	Parameter ($m = 1.2$; THV Sigma Dijle, (2008)); de waterhoogte na een ontaarde/verdronken watersprong wordt gegeven door $h'_2 = m h_2$;	[-]

Figuur 6 – Typeschets berekening lengte L en diepte d van de dissipatiegracht (Berlamont, 1980).



De breedte van de gracht (= lengte L in Figuur 6) wordt als volgt berekend door toepassen van de formules van Certussov en Smetana (Berlamont, 1980) en Bradley en Peterka (1975):

a. Certussov:

$$L = 5.4 h_1 (Fr_1 - 1)$$

b. Smetana:

$$L = 5 (h_2 - h_1) \quad \text{als } Fr_1 > 6$$

$$L = 8 (h_2 - h_1) \quad \text{als } Fr_1 \leq 6$$

c. Bradley en Peterka

$$L = 220 h_1 \tanh \left(\frac{(Fr_1 - 1)}{22} \right)$$

Met:

-	L	Lengte gracht	[m]
-	h_1	Waterdiepte opwaarts van de watersprong	[m]
-	h_2	Waterdiepte afwaarts van de watersprong	[m]
-	Fr_1	Froudegetal opwaarts van watersprong	[-]

2.5 Methodologie dimensionering schanskorven

De dimensionering van schanskorven wordt uitgevoerd aan de hand van volgende formulering volgens Pilarczyk (Pilarczyk, 1990, 1998):

$$\Delta D = 0.035 \frac{\Phi}{\Psi} \frac{K_T K_H}{K_S} \frac{u_{cr}^2}{2g}$$

Met:

- D Dikte schanskorven [m]
- u Stroomsnelheid [m/s]
- Δ Specifieke dichtheid [-]
- K_T Turbulentiefactor [-]

Waarden:

- 1.0 Normale turbulentie
- 1.5 Verhoogde turbulentie
- 2.0 Hevige turbulentie (watersprong)
- 3.0 (tot 4.0) Schroefstraalstroming
- K_h Diepte- (of snelheidsprofiel) factor [-]
Voor $h/D < 5$ kan $K_h = 1.00$ toegepast worden.
- h Waterdiepte [m]
- K_s Hellingfactor [-]

Voor stroming over een (gehelde) bodem wordt deze factor :

$$K_s = \cos(\alpha).$$

- α Helling bodem [°]
- Ψ Kritische schuifspanningsparameter (= 0.07 voor schanskorven) [-]
- Φ Stabiliteitsfactor voor stroming [-]
Voor schanskorven wordt een waarde 0.5 beschouwd bij een continue bekleding.
- g Valversnelling (= 9.81 m/s²) [m/s²]

In bovenstaande formulering is de relatieve dichtheid Δ aanwezig. Voor schanskorven dient hierbij als volgt rekening gehouden te worden met het poriënvolume n van de schanskorven:

$$\Delta_m = (1 - n) \Delta = (1 - n) \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

Met:

- Δ_m Relatieve dichtheid schanskorven [-]
- Δ Relatieve dichtheid breuksteen [-]
- ρ_s Specifieke dichtheid breuksteen (= 2650 kg/m³) [kg/m³]
- ρ_w Specifieke dichtheid water (= 1000 kg/m³) [kg/m³]
- n Poriënvolume van de schanskorven (= 0.40) [-]

3 Resultaten

Voor de beschouwde profielen van de overlooppdijk is eerst de verhanglijn op het talud van de overlooppdijk bij overloop bepaald. Daarbij is ook nagegaan of een energiedissipatiegracht aanwezig moet zijn en wat de afmetingen ervan moeten zijn om ervoor te zorgen dat een watersprong zich niet in het GOG voordoet maar aan de teen van de overlooppdijk. De resultaten van deze berekeningen zijn beschreven in paragraaf 3.1. Aan de hand van het debiet over de overlooppdijk en de waterhoogte na de watersprong aan de teen van de overlooppdijk is daarna voor een aantal dwarsprofielen gebruik makend van een tweede verhanglijnberekening de maximale stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver berekend, alsook de maximale stroomsnelheid in een aantal locaties tussen de overlooppdijk en het talud naar Grote Vijver (paragraaf 3.2). Paragraaf 3.3 beschrijft de aan te brengen erosiebescherming op het talud van de overlooppdijk aan GOG-zijde en op het talud naar Grote Vijver.

3.1 Dimensionering energiedissipatiegracht overlooppdijk

De berekening van de verhanglijn op de overlooppdijk en de dimensionering van de energiedissipatiegracht aan de teen van de overlooppdijk wordt volgens de methodologie beschreven in paragraaf 2.3 en 2.4 uitgevoerd voor alle dwarsprofielen en bijbehorende maaivelpelen uit Tabel 1, de waterpeilen in de Dijle en het GOG met terugkeerperiode T1000 en T2500. Tabel 2 (waterpeilen T1000) en Tabel 3 (waterpeilen T2500) geven voor elk dwarsprofiel van de overlooppdijk een overzicht van de maximale waarde van het berekende debiet, de maximale stroomsnelheid op het talud van de overlooppdijk en de berekende maximale diepte en breedte van de energiedissipatiegracht. De breedte van de energiedissipatiegracht is hierbij berekend aan de hand van de formuleringen volgens Certussov, Smetana en Pradley en Peterka.

Tabel 2 – Resultaten dimensionering energiedissipatiegracht voor waterstand in Dijle en GOG voor waterpeilen met terugkeerperiode T1000 (alle waarden betreffen maximale waarden)

	Maaiveldpeil GOG	Debiet	Stroom- snelheid	Diepte gracht	Breedte gracht		
					Certussov	Smetana	Bradley-Peterka
	mTAW	m ³ /s/m	m/s		m	m	m
DWP1	3.663	0.365	4.706	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP2	3.856	0.365	4.706	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP3	3.555	0.365	4.710	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP4	3.279	0.365	4.710	0.32	1.81	3.74	3.30
DWP5	3.159	0.365	4.710	0.32	1.81	3.74	3.30
DWP6	2.616	0.365	4.710	0.31	1.76	3.64	3.21
DWP7	3.341	0.365	4.710	0.32	1.81	3.74	3.30
DWP8	3.282	0.365	4.710	0.32	1.81	3.74	3.30
DWP9	3.778	0.365	4.706	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP10	4.237	0.365	4.706	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP11	4.100	0.365	4.706	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP12	3.617	0.365	4.710	0.32	1.84	3.81	3.36
DWP13	3.745	0.365	4.706	0.32	1.84	3.81	3.36

Tabel 3 – Resultaten dimensionering energiedissipatiegracht voor waterstand in Dijle en GOG voor waterpeilen met terugkeerperiode T2500 (alle waarden betreffen maximale waarden)

	Maaiveldpeil GOG	Debiet	Stroom- snelheid	Diepte gracht	Breedte gracht		
					Certussov	Smetana	Bradley-Peterka
					m	m	m
DWP1	3.663	0.843	5.041	0.35	2.00	4.14	3.65
DWP2	3.856	0.843	5.041	0.35	2.01	4.17	3.68
DWP3	3.555	0.843	5.041	0.35	2.00	4.14	3.65
DWP4	3.279	0.843	5.041	0.34	1.91	3.97	3.50
DWP5	3.159	0.843	5.041	0.34	1.91	3.97	3.50
DWP6	2.616	0.843	5.041	0.33	1.85	3.84	3.39
DWP7	3.341	0.843	5.041	0.34	1.91	3.97	3.50
DWP8	3.282	0.843	5.041	0.34	1.91	3.97	3.50
DWP9	3.778	0.843	5.041	0.35	1.98	4.10	3.61
DWP10	4.237	0.843	5.041	0.35	2.01	4.17	3.68
DWP11	4.100	0.843	5.041	0.35	2.01	4.17	3.68
DWP12	3.617	0.843	5.041	0.35	2.00	4.14	3.65
DWP13	3.745	0.843	5.041	0.35	1.98	4.10	3.61

In Tabel 4 is voor de twee terugkeerperiodes van de waterpeilen in de Dijle en het GOG een samenvatting gegeven van de maximale waarden van het debiet en de stroomsnelheid op het talud van de overlooppdijk aan GOG-zijde, de maximale waarde van de diepte van de energiedissipatiegracht en de berekende minimale en maximale waarde van de breedte van de energiedissipatiegracht.

Tabel 4 – Samenvatting maximale waarde van het overloopdebiet, stroomsnelheid op het talud aan GOG-zijde en diepte energiedissipatiegracht en de minimale en maximale waarde van de breedte van de energiedissipatiegracht.

Waterstand	Maximale waarde debiet	Maximale stroomsnelheid	Diepte gracht	Breedte gracht	
				Min.	Max.
T1000	0.37 m ³ /s/m	4.71 m/s	0.32 m	1.8 m	3.8 m
T2500	0.84 m ³ /s/m	5.04 m/s	0.35 m	1.9 m	4.2 m

Op basis van Tabel 2, Tabel 3 en Tabel 4 wordt het volgende besloten:

- De maximale stroomsnelheden berekend aan de hand van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar en deze berekend met terugkeerperiode 2500 jaar verschillen slechts beperkt van elkaar. Voor deze beide terugkeerperiodes wordt een maximale stroomsnelheid op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk berekend gelijk aan 4.7 m/s, respectievelijk 5.0 m/s.
- Uit de berekening met een waterpeil in het GOG met terugkeerperiode 2500 jaar volgt dat een energiedissipatiegracht nodig is met een minimale diepte van 0.35 m en een minimale breedte van 4.2 m om ervoor te zorgen dat de watersprong zich in het GOG voordoet. De diepte en breedte van de energiedissipatiegracht berekend met de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar verschilt slechts beperkt van deze berekend met de waterpeilen met terugkeerperiode 2500 jaar.
- Voor de geselecteerde dwarsprofielen blijkt de maaiveldhoogte geen invloed te hebben op de maatgevende stroomsnelheden. Dit wordt verklaard doordat bij de maatgevende condities steeds de evenwichtsdiepte wordt bereikt op het talud van de overlooppdijk.

Uit een vergelijking met de hierboven vermelde resultaten met deze uit van Nieuwenhuijzen et al., (2011) volgt het volgende:

- De berekende maximale stroomsnelheid in van Nieuwenhuijzen et al., (2011) vertoont een redelijke overeenkomst met deze die in deze studie berekend is. In de studie uit 2011 werd een maximale stroomsnelheid berekend van 4.69 m/s, wat vergelijkbaar is met de maximale stroomsnelheid berekend met een waterpeil in het GOG met terugkeerperiode 100 jaar uit Tabel 4.
- De benodigde dimensies voor de energiedissipatiegracht uit Tabel 4 verschillen wel met deze uit van Nieuwenhuijzen et al., (2011). In de studie van 2011 bedraagt de minimale diepte van de gracht 0.98 m en de bodembreedte 2.76 m. Deze diepte van de gracht is beduidend groter dan de waarden uit Tabel 4. Vermoedelijk is de diepte van de gracht in van Nieuwenhuijzen *et al.*, (2011) berekend als het verschil tussen het waterpeil in het GOG en het berekende waterpeil na sprong. Indien deze methodologie voor dwarsprofiel DWP3 wordt toegepast wordt een diepte van de energiedissipatiegracht gelijk aan 1.14 m bekomen. Rekening houdend met het feit dat in dit rapport voor dwarsprofiel DWP3 een maaiveldhoogte van +3.55 mTAW is toegepast, wat lager is dan de +4.00 mTAW uit de studie van 2011, en het feit dat een andere ontwerpstorm wordt toegepast, kan deze waarde als vergelijkbaar beschouwd worden met de diepte van 0.98 m uit de studie uit 2011. De bodembreedte van de energiedissipatiegracht berekend in de studie van 2011 is lager dan de maximale waarde in Tabel 4. De verklaring voor de afwijkende breedte wordt gevonden in het feit dat in van Nieuwenhuijzen et al., (2011) alleen de formule van Certussov is toegepast. Indien uit Tabel 2 en Tabel 3 enkel de waarden berekend met de formule van Certussov (1.76 m à 1.84 m bij T1000 en 1.91 m à 2.01 m bij T2500) vergeleken worden, dan volgt hieruit dat de breedte van de gracht in van Nieuwenhuijzen *et al.*, (2011) beperkt hoger is dan deze waarden.

3.2 Stroomsnelheid tussen overlooppdijk en Grote Vijver

Na de dimensionering van de energiedissipatiegracht aan de teen van de overlooppdijk is de maximale stroomsnelheid bepaald op het talud naar Grote Vijver. Deze berekening wordt uitgevoerd aan de hand van de methodologie beschreven in paragraaf 2.3 voor 7 locaties, waarvoor het profiel van het talud tussen de overlooppdijk en Grote Vijver gekend is (DWP1, DWP3, DWP5, DWP7, DWP9, DWP11 en DWP13), zowel voor de waterpeilen en debieten bij overloop met terugkeerperiode 1000 jaar als deze met terugkeerperiode 2500 jaar. De methode van de verhanglijnberekening, die in paragraaf 2.3 beschreven is, geldt eigenlijk voor een lang gedeelte van een rivier of kanaal met een uniforme (sterke) bodemhelling. Bij wijzigingen van de bodemhelling moet eigenlijk nagegaan worden of de voorwaarde dat het een sterke helling betreft nog geldig is. Het verloop van de dwarsprofielen van het talud tussen de overlooppdijk en Grote Vijver uit Figuur 4 is gekenmerkt door een aantal wijzigingen van de bodemhelling op een relatief korte afstand, waarvoor niet zeker is of de formuleringen uit paragraaf 2.3 nog volledig van toepassing zijn. Om die reden wordt de berekening van de stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver als volgt twee maal uitgevoerd:

1. Aan de hand van de betreffende dwarsprofielen van het talud naar Grote Vijver uit Figuur 4.
2. Aan de hand van een geschematiseerd dwarsprofiel, waarbij één constante taludhelling wordt toegepast. Hiervoor wordt de taludhelling toegepast die in het bestand *dwarsprofielen.dwg* bij het betreffende profiel is vermeld. Een overzicht van de toegepaste taludhellingen voor het geschematiseerde profiel is gegeven in Tabel 5.

Tabel 5 – Taludhelling geschematiseerd profiel oever van de Grote Vijver.

Dwarsprofiel	Taludhelling geschematiseerd profiel
DWP1	8/4
DWP3	6/4
DWP5	8/4
DWP7	17/4
DWP9	8/4
DWP11	8/4
DWP13	8/4

Voor elk dwarsprofiel en voor de beide terugkeerperiodes van de waterpeilen is in Tabel 6 de maximale waarde van het debiet en de maximale waarde van de stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver gegeven zowel voor de berekening met het werkelijke profiel als voor de berekening met het geschematiseerde profiel. Bij deze tabel wordt opgemerkt dat bij de berekening met het werkelijke profiel voor een aantal dwarsprofielen (DWP3, DWP11 en DWP13) heel grote stroomsnelheden op het talud berekend worden (grootteorde 10 m/s en hoger). Controle van de berekeningsresultaten leert dat deze hoge stroomsnelheden het laatste punt van de verhanglijn betreffen bij de overgang naar het afwaarts waterpeil in een reeks met realistische stroomsnelheden. De overgang naar het afwaarts waterpeil wordt aan de berekende verhanglijn toegevoegd om een correct verloop van de waterlijn te bekomen. Bij deze overgang worden blijkbaar lage(re) waterdieptes op het talud berekend en bijgevolg onrealistisch hoge stroomsnelheden. Om die reden wordt deze hoge stroomsnelheid niet beschouwd maar vervangen door de stroomsnelheid van het bovenliggende punt op het talud. Deze waarden zijn in de tabel ook in grijs weergegeven. Uit Tabel 6 volgt dat op het talud naar Grote Vijver nog stroomsnelheden tot 5.54 m/s berekend worden. Bij beschouwen van de waterpeilen met een terugkeerperiode 1000 jaar worden beperkt hogere stroomsnelheden op het talud naar Grote Vijver berekend dan bij het beschouwen van de waterpeilen met een terugkeerperiode 2500 jaar. Dit kan verklaard worden door het snellere stijgen van het GOG-peil bij een storm met terugkeerperiode 2500 jaar, in vergelijking met een storm met terugkeerperiode 1000 jaar.

Algemeen worden voor de meeste profielen lagere stroomsnelheden op het talud naar Grote Vijver berekend bij toepassen van het werkelijk profiel dan bij toepassen van het geschematiseerde profiel. Alleen voor de profielen DWP5 en DWP7 werd bij het toepassen van het werkelijk profiel een hogere stroomsnelheid berekend. De voor deze twee profielen berekende stroomsnelheid (5.23 m/s voor beide profielen) blijft echter lager dan de maximale stroomsnelheid van 5.54 m/s. Bijgevolg zijn deze profielen dus niet maatgevend.

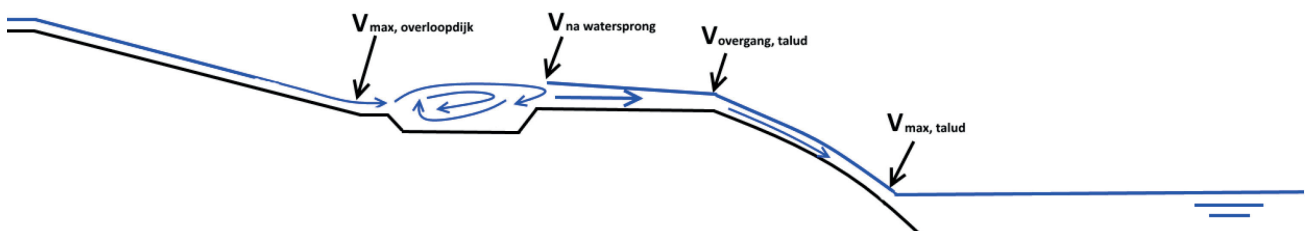
Tabel 6 – Resultaten bepaling stroomsnelheid op talud naar Grote Vijver voor werkelijk en geschematiseerd profiel bij waterstand met terugkeerperiode 1000 jaar en terugkeerperiode 2500 jaar.

Water-stand	Profiel	Parameter	Eenheid	DWP1	DWP3	DWP5	DWP7	DWP9	DWP11	DWP13
T1000	Werkelijk	Maximale waarde debiet	m ³ /s/m	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365
		Maximale waarde stroomsnelheid	m/s	4.71	4.91	5.23	5.23	4.40	3.24	2.79
	Geschematiseerd	Maximale waarde debiet	m ³ /s/m	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365
		Maximale waarde stroomsnelheid	m/s	5.21	5.54	5.00	4.39	5.15	5.53	5.24
T2500	Werkelijk	Maximale waarde debiet	m ³ /s/m	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843
		Maximale waarde stroomsnelheid	m/s	5.73	4.92	5.24	5.24	4.47	3.32	2.85
	Geschematiseerd	Maximale waarde debiet	m ³ /s/m	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843	0.843
		Maximale waarde stroomsnelheid	m/s	5.20	5.54	4.98	4.36	5.14	5.54	5.23

Grijze arcering: Maximale waarde na vervanging van onrealistisch hoge stroomsnelheden door de stroomsnelheid in het bovenliggende punt op het talud.

De stroomsnelheid in Tabel 6 is de maximale waarde berekend op het oevertalud van de Grote Vijver zelf. Aan de hand van de uitgevoerde verhanglijnberekeningen, zowel op het talud van de overlooppdijk (zie paragraaf 3.1) als op het talud naar Grote Vijver (deze paragraaf), is de variatie van de maximale waarde van de stroomsnelheid in een aantal punten tussen de overlooppdijk en Grote Vijver berekend. Figuur 7 geeft een voorstelling van de locatie van deze punten.

Figuur 7 – Locatie punten voor visualisatie stroomsnelheid tussen overlooppdijk en Grote Vijver



Voor de punten uit Figuur 7 geven Tabel 11 tot en met Tabel 16 in Bijlage 2 voor elk dwarsprofiel en voor beide scenario's van waterpeilen in het GOG de waarde van de stroomsnelheid voor alle tijdstippen waarvoor het waterpeil in de Dijle hoger is dan het kruinpeil van de dijk en hoger dan het waterpeil in het GOG. De stroomsnelheid in deze punten is steeds berekend door het overloopdebiet (per meter overlooppdijk) te delen door de berekende waterdiepte ter plaatse van de betreffende locatie. Voor de maximale waarde van de stroomsnelheid op het talud naar Grote Vijver is zowel de stroomsnelheid berekend met het werkelijk profiel, als deze berekend met het geschematiseerd profiel beschouwd.

Uit de tabellen in Bijlage 2 volgt dat bij het beschouwen van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar in de Dijle en in het GOG twee periodes van overloop voorkomen, één periode met een duur van 50 minuten en één periode met een duur van 2 uur 40 min. Bij het beschouwen van de waterpeilen met

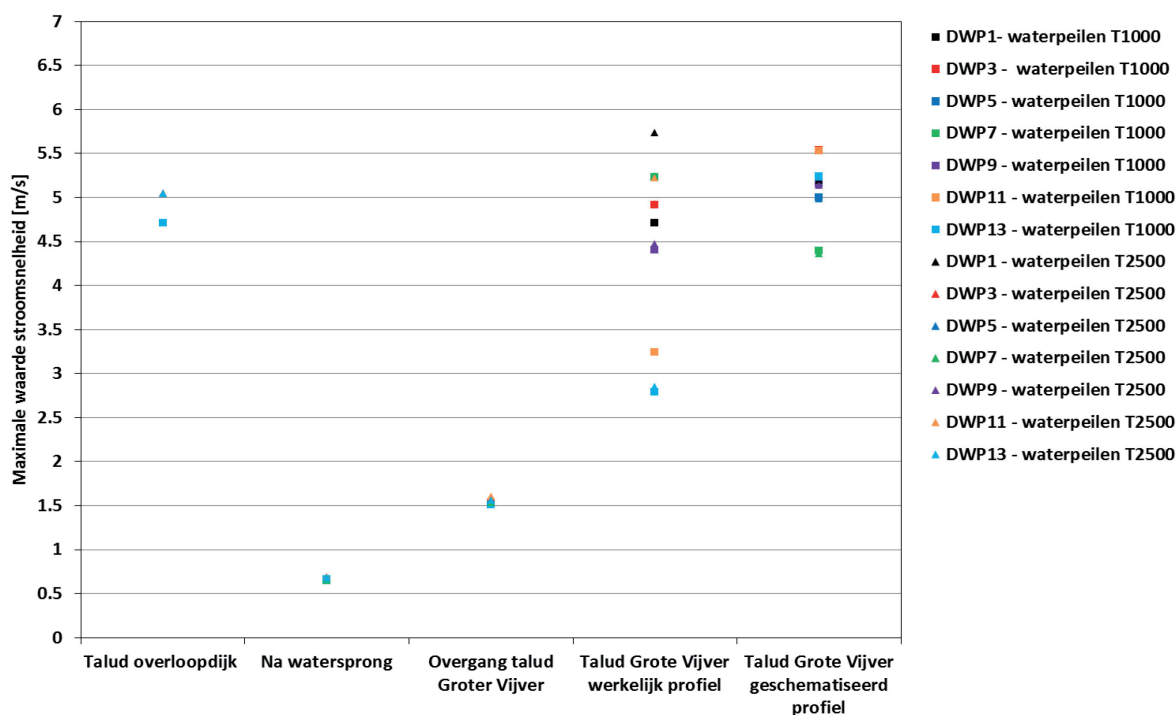
terugkeerperiode 2500 jaar komen 3 periodes van overloop voor, namelijk één periode met een duur van 30 min, één periode met een duur van 3 uur 20 min en één periode met een duur van 1 uur 10 min. Deze duur is de volledige duur van overloop. Echter, de periode waarvoor zich op het talud naar Grote Vijver hoge stroomsnelheden voordoen (hoger dan bijvoorbeeld 1.0 m/s) bedraagt maximaal 1 uur 10 min, zowel bij het beschouwen van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar als deze met terugkeerperiode 2500 jaar.

Tabel 7 geeft een overzicht van de maximale waarde van de stroomsnelheid op deze locaties. Deze stroomsnelheden zijn nog eens grafisch voorgesteld in Figuur 8.

Tabel 7 – Maximale waarde stroomsnelheid (m/s) op een aantal locaties tussen overlooppdijk en Grote Vijver

Water-stand	Locatie	DWP1	DWP3	DWP5	DWP7	DWP9	DWP11	DWP13
T1000	Talud overlooppdijk	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71
	Na watersprong	0.66	0.66	0.65	0.65	0.66	0.66	0.66
	Overgang talud Groter Vijver	1.51	1.53	1.51	1.51	1.51	1.53	1.51
	Talud Grote Vijver werkelijk profiel	4.71	4.91	5.23	5.23	4.40	3.24	2.79
	Talud Grote Vijver geschematiseerd profiel	5.21	5.54	5.00	4.39	5.15	5.53	5.24
T2500	Talud overlooppdijk	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04
	Na watersprong	0.68	0.68	0.67	0.67	0.68	0.69	0.68
	Overgang talud Groter Vijver	1.56	1.59	1.53	1.53	1.56	1.60	1.56
	Talud Grote Vijver werkelijk profiel	5.73	4.92	5.24	5.24	4.47	5.22	2.85
	Talud Grote Vijver geschematiseerd profiel	5.20	5.54	4.98	4.36	5.14	5.54	5.23

Figuur 8 – Maximale waarde stroomsnelheid op een aantal locaties tussen overlooppdijk en Grote Vijver



Uit Tabel 7 en Figuur 8 volgt dat de maximale waarde van de stroomsnelheid op de taludhelling van de overlooppdijk, na de watersprong en ter plaatse van de overgang naar het talud naar Grote Vijver voor alle dwarsprofielen ongeveer hetzelfde is, namelijk circa 4.7 m/s bij waterpeilen met een terugkeerperiode van

1000 jaar en circa 5.0 m/s bij waterpeilen met een terugkeerperiode van 2500 jaar. De verklaring hiervoor is dat de helling van de overlooppdijk voor alle dwarsprofielen hetzelfde is en dat bij alle profielen de evenwichtsdiepte in een punt op het talud wordt bereikt. Hierdoor zijn de maximale stroomsnelheden op het laatste stuk van het talud en aan de teen van de overlooppdijk gelijk voor alle dwarsprofielen, wat betekent dat de hoogte van het maaiveld in deze locatie geen invloed heeft op de maximale stroomsnelheid op het talud van de overlooppdijk.

Afwaarts van de watersprong wordt in het GOG een beduidend lagere stroomsnelheid berekend gelijk aan 0.66 m/s voor de waterpeilen met een terugkeerperiode van 1000 jaar en 0.68 m/s voor de waterpeilen met een terugkeerperiode 2500 jaar. Deze stroming versnelt echter opnieuw ter plaatse van de overgang naar het talud naar Grote Vijver waarbij de stroomsnelheden terug toenemen tot circa 1.53 m/s boven aan het talud naar de Grote Vijver bij de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar en 1.53 m à 1.60 m/s bij de terugkeerperiode 2500 jaar.

Op het talud naar Grote Vijver zelf nemen stroomsnelheden verder toe en doen zich dan opnieuw stroomsnelheden voor tussen 2.79 m/s en 5.54 m/s bij de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar en tussen 2.85 m/s en 5.54 m/s bij de waterpeilen met terugkeerperiode 2500 jaar. Het feit dat zich op het talud naar Grote Vijver opnieuw een stroming met hoge stroomsnelheden voordoet, betekent niet dat de energiedissipatiegracht geen nut heeft. Door de aanwezigheid van de energiedissipatiegracht doen zich tussen deze gracht en de overgang naar het talud naar Grote Vijver minder hoge stroomsnelheden voor dan wanneer deze er niet zou zijn. Indien deze er niet zou zijn, zou de hoge stroomsnelheid van 5.0 m/s aan de teen van de overlooppdijk zich voortzetten richting de overgang naar het talud naar Grote Vijver en zou deze daar ook aanleiding geven tot even hoge stroomsnelheden.

3.3 Bodembescherming overlooppdijk en talud Grote Vijver

Het Open Steenasfalt dat voorzien is op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk kan weerstaan aan de optredende stroomsnelheden op het talud van de overlooppdijk en voldoet bijgevolg als bekleding voor de overlooppdijk. Hierbij dient de energiedissipatiegracht en een gedeelte (2 à 3 m) afwaarts van de energiedissipatiegracht ook bekleed te worden met Open Steenasfalt.

Op het talud naar Grote Vijver zijn op dit ogenblik schanskorven aanwezig. De dikte van de schanskorven is niet gekend. Deze zijn vermoedelijk niet ontworpen om te weerstaan aan stroming ten gevolge van overloop, maar om te weerstaan aan golfklap van golven opgewekt in Grote Vijver. Om te controleren of schanskorven kunnen weerstaan aan de stroming ten gevolge van overloop, wordt een dimensionering van de schanskorven uitgevoerd aan de hand van de formulering volgens Pilarczyk (zie paragraaf 2.5). Voor de waarde van de turbulentiefactor K_T in deze formulering wordt in de dimensionering zowel een waarde $K_T=1.0$ (stroming in rivieren) als een waarde $K_T=1.5$ (verhoogde turbulentie, bochten) toegepast. Hoogst waarschijnlijk zal de stroming over een overlooppdijk bij overloop en de stroming over het talud naar Grote Vijver dichter aanleunen bij stroming met een turbulentiefactor $K_T=1.5$ dan bij een stroming met turbulentiefactor $K_T=1.0$. De dimensionering van de schanskorven is uitgevoerd voor elk dwarsprofiel zowel gebruik makend van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar als gebruik makend van deze met terugkeerperiode 2500 jaar en zowel gebruik makend van de stroomsnelheden berekend met het werkelijk profiel van het talud als gebruik makend van deze berekend met het geschematiseerd profiel van het talud naar Grote Vijver. De resultaten van de dimensionering van de schanskorven zijn gegeven in Tabel 8.

Tabel 8 – Resultaten dimensionering schanskorven

Dwars-profiel	Profiel	Talud-helling	Waterpeilen T1000				Waterpeilen T2500		
			Stroom-snelheid	Dikte schanskorven		Stroom-snelheid	Dikte schanskorven		
				$K_t = 1.0$	$K_t = 1.5$		$K_t = 1.0$	$K_t = 1.5$	
		[-]	[m/s]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[m]	
DWP1	Werkelijk	8/4	4.71	0.32	0.48	5.73	0.47	0.71	
	Geschematiseerd	8/4	5.21	0.39	0.59	5.20	0.39	0.58	
DWP3	Werkelijk	6/4	4.91	0.37	0.56	4.92	0.37	0.56	
	Geschematiseerd	6/4	5.54	0.48	0.71	5.54	0.47	0.71	
DWP5	Werkelijk	8/4	5.23	0.39	0.59	5.24	0.39	0.59	
	Geschematiseerd	8/4	5.00	0.36	0.54	4.98	0.36	0.54	
DWP7	Werkelijk	17/4	5.23	0.36	0.54	5.24	0.36	0.54	
	Geschematiseerd	17/4	4.39	0.25	0.38	4.36	0.25	0.38	
DWP9	Werkelijk	8/4	4.40	0.28	0.42	4.47	0.29	0.43	
	Geschematiseerd	8/4	5.15	0.38	0.57	5.14	0.38	0.57	
DWP11	Werkelijk	8/4	3.24	0.15	0.23	3.32	0.16	0.24	
	Geschematiseerd	8/4	5.53	0.44	0.66	5.54	0.44	0.66	
DWP13	Werkelijk	8/4	2.79	0.11	0.17	2.85	0.12	0.18	
	Geschematiseerd	8/4	5.24	0.40	0.59	5.23	0.39	0.59	

Uit Tabel 8 volgt dat bij toepassen van de stroomsnelheden berekend aan de hand van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar een dikte van de schanskorven berekend wordt die varieert tussen 0.11 m en 0.48 m bij gebruik van $K_T = 1.0$ en een dikte die varieert tussen 0.17 m en 0.71 m bij gebruik van $K_T = 1.5$. Bij het toepassen van de stroomsnelheden berekend aan de hand van de waterpeilen met terugkeerperiode 2500 jaar varieert de dikte van de schanskorven tussen 0.12 m en 0.47 m bij gebruik van $K_T = 1.0$ en tussen 0.18 m en 0.71 m bij gebruik van $K_T = 1.5$. Dit laat besluiten dat schanskorven met een dikte tot 0.71 m nodig zijn om te weerstaan aan de stroming ten gevolge van overloop op het talud naar Grote Vijver. De berekende dikte van schanskorven (tot 0.71 m) is wel relatief groot. Hierbij wordt opgemerkt dat deze hoge stroomsnelheden optreden in een relatief dunne waterlaag (dikte 0.10 à 0.20 m). De vraag stelt zich daarom of de formulering volgens Pilarczyk afgeleid is voor stroming in dergelijke dunne waterlagen.

Als alternatief voor schanskorven kan ook een bekleding uit Open Steenasfalt voorzien worden op het talud naar Grote Vijver. Op het gedeelte tussen het afwaartse uiteinde van de energiedissipatiegracht en de overgang naar het talud van de Grote Vijver doen zich lagere stroomsnelheden voor. Dit betreft echter een relatief korte zone waarin door overgang in bekleding mogelijk toch erosie kan optreden aan de randen van de bekleding. Daarom wordt in het geval van voorzien van Open Steenasfalt op het talud naar Grote Vijver toch geadviseerd om de OSA door te trekken van de teen van de overlooppdijk tot op het talud van Grote Vijver.

De bodembescherming op het talud naar de Grote Vijver dient (minimaal) aangebracht te worden tussen de overgang naar het talud van de Grote Vijver en een peil iets lager dan het waterpeil van Grote Vijver. Om te bepalen hoe ver de bodembescherming onder het waterpeil dient aangebracht te worden, wordt in Tabel 9 voor elk beschouwd dwarsprofiel de maximale waarde van de hoogte van de watersprong weergegeven, zowel bij toepassen van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar als deze met terugkeerperiode 2500 jaar en zowel voor het werkelijke profiel als voor het geschematiseerde profiel. De hoogte van de watersprong is hierbij voor elk punt van het talud berekend als het verschil tussen de waterhoogte na sprong en de waterhoogte voor sprong, i.e. de waterhoogte in het betreffende punt op het talud.

Uit de tabel volgt dat voor de verschillende dwarsprofielen een hoogte van de watersprong tussen 0.26 m en 0.51 m berekend wordt bij toepassing van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar en tussen 0.27 m en 0.53 m bij toepassing van de waterpeilen met terugkeerperiode 2500 jaar. Op basis van deze resultaten wordt geadviseerd om de bodembescherming op het talud naar Grote Vijver 0.50 à 0.75 m door te trekken onder de waterlijn van Grote Vijver. Hierbij wordt opgemerkt dat schanskorven eenvoudiger aan te leggen zijn onder water dan Open Steenasfalt.

Tabel 9 – Maximale waarde waterhoogte na watersprong ter plaatse van talud Grote Vijver

	Waterpeilen T1000		Waterpeilen T2500	
	Werkelijk profiel	Geschematiseerd profiel	Werkelijk profiel	Geschematiseerd profiel
DWP1	0.47 m	0.49 m	0.46 m	0.49 m
DWP3	0.48 m	0.51 m	0.49 m	0.52 m
DWP5	0.48 m	0.46 m	0.49 m	0.46 m
DWP7	0.48 m	0.42 m	0.49 m	0.43 m
DWP9	0.43 m	0.48 m	0.44 m	0.49 m
DWP11	0.33 m	0.52 m	0.34 m	0.53 m
DWP13	0.26 m	0.49 m	0.27 m	0.50 m

4 Conclusies

Het Sigmaproject Dijlemonding omvat de aanleg van GOG/GGG Zennegat, GOG/GGG Grote Vijver 1, GOG Grote Vijver 2 en GOG Heindonk Tien Vierendelen. In 2011 heeft het studiebureau Royal Haskoning de dimensionering uitgevoerd van de dijkbekleding van de ringdijk en de overlooppdijk voor het gecontroleerd overstromingsgebied Grote Vijver en Zennegat (van Nieuwenhuijzen et al., 2011).

Afdeling Zeeschelde-Zeekanaal van De Vlaamse Waterweg nv (contactpersoon: ir. Michiel Derycke) vraagt hierbij om de dimensionering van de energiedissipatiegracht voor het gebied Grote Vijver 2 zoals uitgevoerd door het studiebureau te reviseren, rekening houdend met de variatie van het maaiveldpeil aan polderzijde van de overlooppdijk. Daarnaast wordt gevraagd om een inschatting te maken van de stroomsnelheden op het talud naar de Grote Vijver om na te gaan of de schanskorven, die in de huidige toestand aanwezig zijn en waarvan de dikte niet gekend is, behouden kunnen blijven.

Vooreerst is voor 13 dwarsprofielen de verhanglijn op het talud van de overlooppdijk bij overloop bepaald. Daarbij is ook nagegaan of een energiedissipatiegracht benodigd zal zijn, en zo ja, wat de afmetingen ervan moeten zijn om ervoor te zorgen dat een watersprong niet in het GOG voordoet maar aan de teen van de overlooppdijk. Aan de hand van het debiet over de overlooppdijk en de waterhoogte na de watersprong aan de teen van de overlooppdijk is daarna voor 7 dwarsprofielen de stroomsnelheid in het GOG net na de watersprong berekend. Vervolgens is de stroomsnelheid op de overgang naar het talud van de Grote Vijver zelf alsook de maximale stroomsnelheid op dit oevertalud van de Grote Vijver berekend. De resultaten hiervan zijn gegeven in Tabel 10 zowel voor het toepassen van waterpeilen in de Dijle en GOG met een terugkeerperiode van 1000 jaar als bij toepassen van waterpeilen in de Dijle en GOG met een terugkeerperiode van 2500 jaar.

Tabel 10 – Samenvatting resultaten maximale stroomsnelheden bij overloop en minimale afmetingen energiedissipatiegracht

Water-stand	Maximale stroomsnelheid				Energiedissipatiegracht overlooppdijk		
	Talud overlooppdijk	Na watersprong	Overgang talud Grote Vijver	Talud Grote Vijver	Diepte gracht	Min. waarde breedte	Max. waarde breedte
T1000	4.71 m/s	0.66 m/s	1.53 m/s	5.54 m/s	0.32 m	1.8 m	3.8 m
T2500	5.04 m/s	0.68 m/s	1.60 m/s	5.54 m/s	0.35 m	1.9 m	4.2 m

Uit deze resultaten volgt dat de maximale waarde van de stroomsnelheid op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk 5.04 m/s bedraagt en 5.54 m/s op het talud naar Grote Vijver. Door het ontstaan van de watersprong aan de teen van de overlooppdijk, doen zich tussen de energiedissipatiegracht en het talud naar Grote Vijver lagere stroomsnelheden voor (maximaal 1.60 m/s). De hoge stroomsnelheden op het talud van de overlooppdijk doen zich voor tijdens een periode van maximaal 2 uur 40 min bij toepassen van waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar en 3 uur 20 min bij toepassen van de waterpeilen met terugkeerperiode 2500 jaar. De hoge stroomsnelheden op het talud naar Grote Vijver doen zich voor gedurende een periode van maximaal 1 uur 10 min, zowel bij het beschouwen van de waterpeilen met terugkeerperiode 1000 jaar als deze met terugkeerperiode 2500 jaar.

Aan de teen van de overlooppdijk dient een gracht met een minimale diepte van 0.35 m voorzien te worden en een minimale breedte van 4.2 m om te verhinderen dat de watersprong zich in het GOG voordoet.

Vergelijking van deze resultaten met de waarden uit van Nieuwenhuijzen et al., (2011) leert dat een vergelijkbare waarde van de maximale stroomsnelheid op het talud van de overlooppdijk berekend wordt, maar dat een beduidend lagere diepte en een grotere breedte van de energiedissipatiegracht berekend

worden. De grotere breedte van de energiedissipatiegracht kan verklaard worden door het toepassen van andere formuleringen dan deze in van Nieuwenhuijzen et al., (2011). De lagere diepte kan mogelijk verklaard worden door het toepassen van een ander berekeningswijze van de diepte van de energiedissipatiegracht.

Het Open Steenasfalt dat voorzien is op het talud aan GOG-zijde van de overlooppdijk kan weerstaan aan de optredende stroomsnelheden op het talud van de overlooppdijk. Hierbij dient ook de energiedissipatiegracht zelf en een zone van 2 tot 3 meter afwaarts van de energiedissipatiegracht bekleed te worden met Open Steenasfalt. Aangezien op het talud van de Grote Vijver nog hoge stroomsnelheden tot 5.54 m/s kunnen voorkomen, is het aanbevolen om de Open Steenasfaltbekleding door te trekken tot op het talud van Grote Vijver (voor het geval dat risico op erosie van dit talud niet is toegelaten).

Uit de dimensionering van de schanskorven volgt dat schanskorven met een dikte tot 0.71 m nodig zijn om te weerstaan aan de stroming ten gevolge van overloop op het talud naar Grote Vijver. De daarbij berekende dikte van schanskorven (tot 0.71 m) is relatief groot. Hierbij wordt opgemerkt dat de berekende stroomsnelheden op het talud van de Grote Vijver plaatsvinden in een relatief dunne waterlaag (dikte 0.10 à 0.20 m). De vraag stelt zich daarom of de formulering volgens Pilarczyk afgeleid is voor stroming in dergelijke dunne waterlagen.

Met betrekking tot de aan te brengen bodembescherming op het talud naar de Grote Vijver dient deze bodembescherming minimaal voorzien te worden tussen de overgang naar het talud van de Grote Vijver en een peil 0.50 m à 0.75 m lager dan het waterpeil van de Grote Vijver.

5 Referenties

Berlamont, J. (1980). Theorie van de verhanglijnen: de permanente, turbulente stroming in open kanalen met vaste bodem [CURSUS], 2de uitgav. Katholieke Universiteit Leuven. Afdeling Bouwkunde: Leuven. 224 pp.

Bradley; Peterka. (1957). The hydraulic design of stilling basins: hydraulic jumps on an horizontal apron (Basin I). *Asce J. Hydraul. Div.* (83)

International Marine and Dredging Consultants; Waterbouwkundig Laboratorium. (2010). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 2. Literatuuronderzoek van de grondmechanische faalmechanismen met beschrijving van de relevante parameters. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Pilarczyk, K.W. (1990). Proceedings of the short course on coastal protection, Delft University of Technology / 30 June-1 July 1990. Balkema: Rotterdam. ISBN 90-6191-127-3

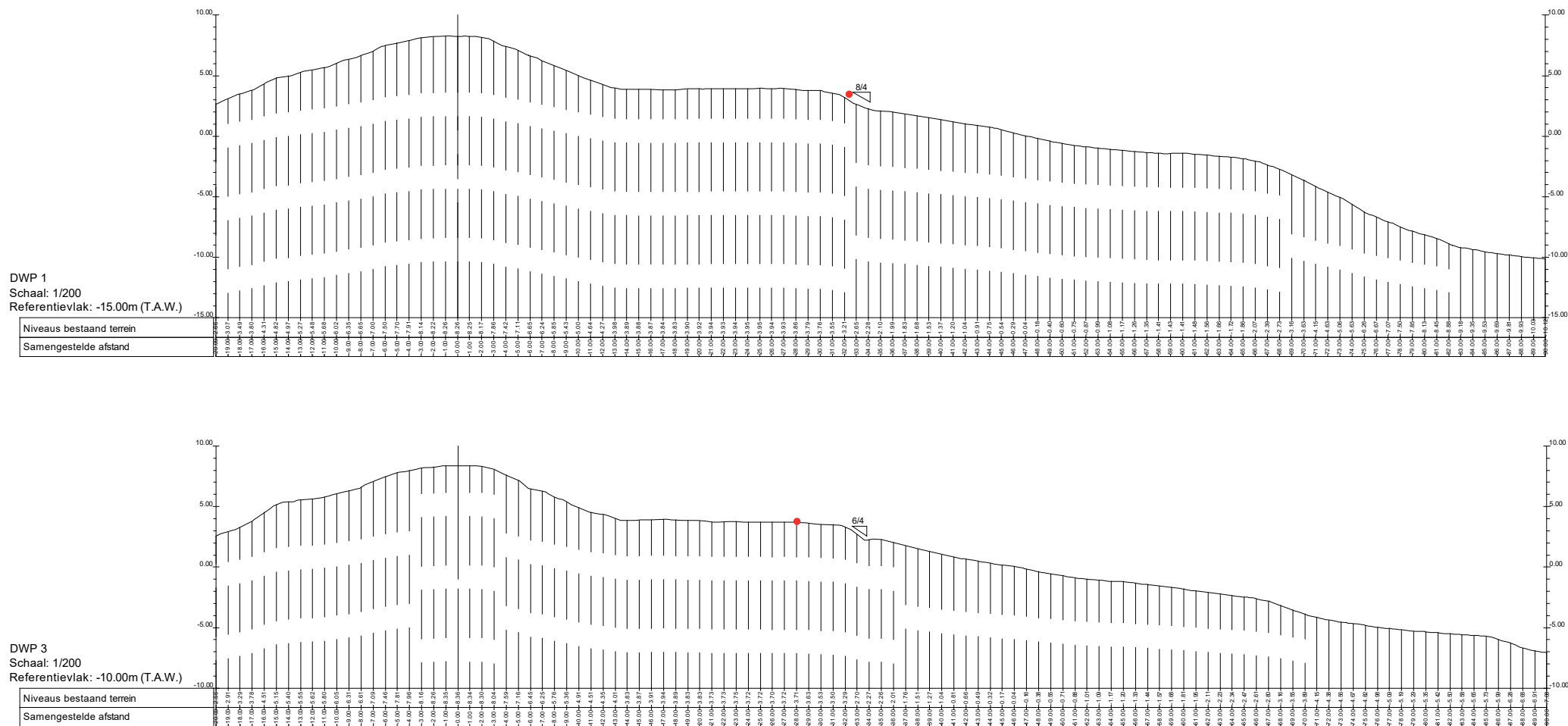
Pilarczyk, K.W. (1998). Dikes and revetments: design, maintenance and safety assessment. Balkema: Rotterdam. ISBN 90-5410-455-4

THV Sigma Dijle. (2008). Sigmaplan. Studie t.b.v. aanleg van overstromings- en natuurgebieden i.h.k.v. het Geactualiseerde Sigmaplan. Bestek nr. 16/EI/06/16: Deelopdracht 11 Onderzoek naar bekledingen van waterkeringen.

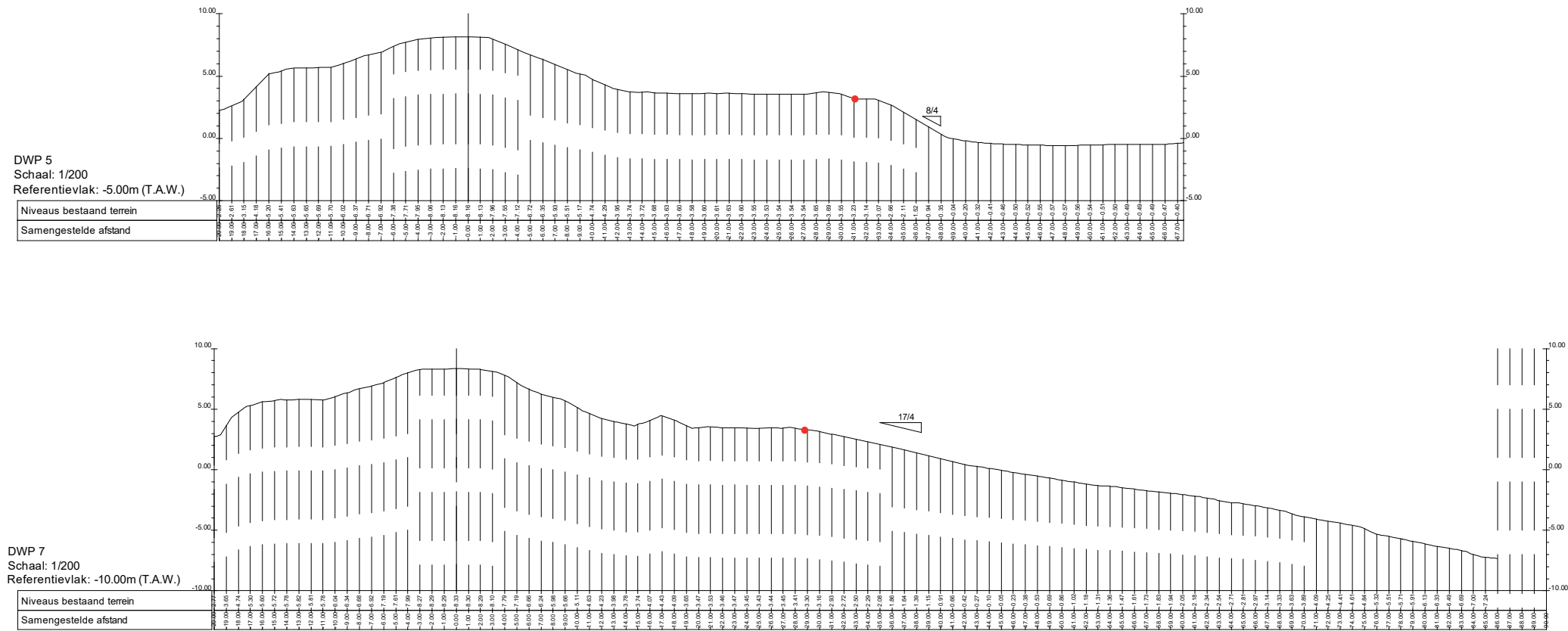
van Nieuwenhuijzen, L.W.; Visser, K.P.; van de Kreeke, P.W. (2011). Technische ontwerpen GOG's en natuurprojecten, Beneden-Dijle te Willebroek/Mechelen, Cluster Dijlemonding. Deelrapport 4: ontwerp dijkbekleding. Royal Haskoning B.V.

Bijlage 1: Dwarsprofielen dijk tussen Dijle en Grote Vijver

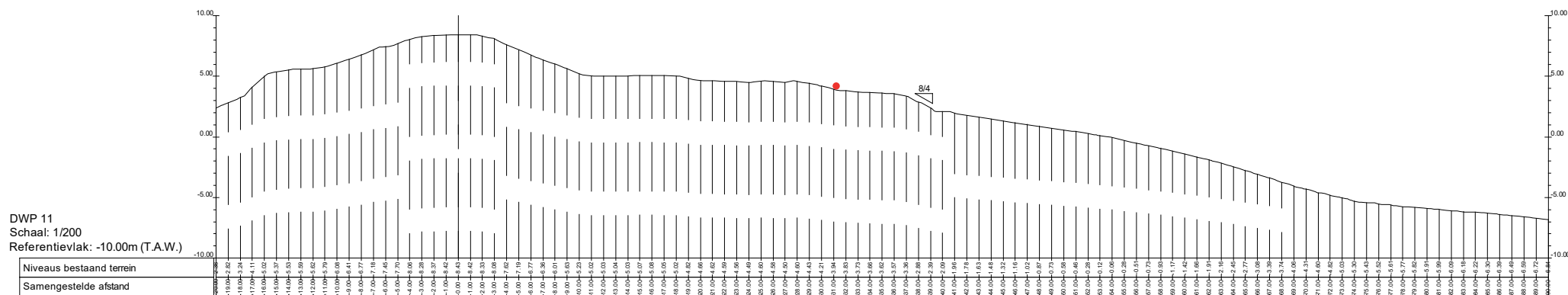
Figuur 9 – Dwarsprofiel DWP1 en DWP3



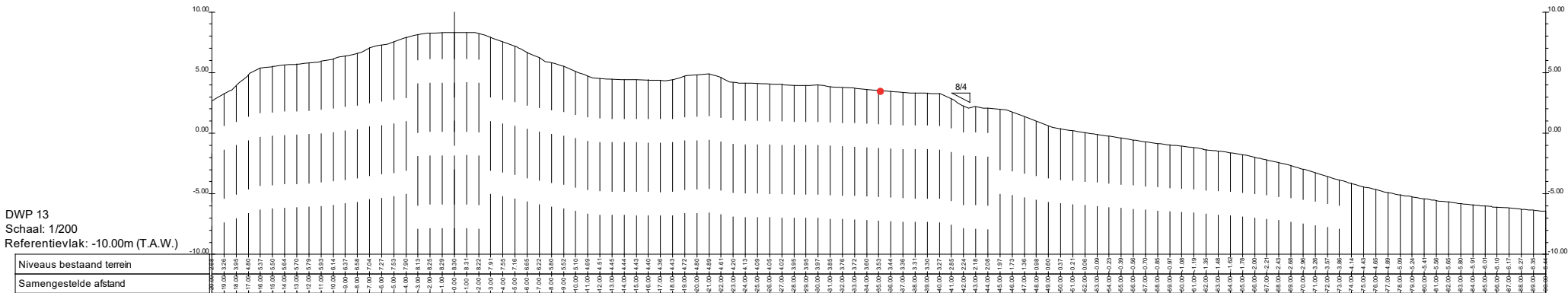
Figuur 10 – Dwarsprofiel DWP5 en DWP7



WL2019R18_057_1



Figuur 12 – Dwarsprofiel DWP13



Bijlage 2: Tabellen

Tabel 11 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP1, DWP3 en DWP5 bij waterstand T1000.

Tijdstip	DWP1					DWP3					DWP5				
	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} helling werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd
6/01/2010 10:00	2.96	0.47	1.04	3.60	3.84	2.96	0.47	1.04	2.00	4.27	2.96	0.47	1.04	4.03	3.84
6/01/2010 10:10	4.15	0.59	1.37	4.43	5.13	4.15	0.59	1.37	4.67	5.50	4.15	0.59	1.37	5.23	5.00
6/01/2010 10:20	4.41	0.63	1.45	4.61	5.21	4.41	0.63	1.45	4.83	5.54	4.41	0.63	1.45	5.23	4.97
6/01/2010 10:30	4.58	0.65	1.50	4.71	4.99	4.58	0.65	1.50	4.91	5.30	4.58	0.65	1.50	4.90	4.58
6/01/2010 10:40	4.67	0.65	1.51	4.43	4.46	4.67	0.65	1.51	4.82	4.79	4.67	0.65	1.51	4.24	3.79
6/01/2010 10:50	4.67	0.65	1.51	3.87	3.58	4.67	0.65	1.51	4.34	4.01	4.67	0.65	0.65	1.09	1.09
6/01/2010 11:00	4.71	0.66	0.66	0.96	0.96	4.71	0.66	1.53	2.55	2.59	4.71	0.47	0.47	0.52	0.52
6/01/2010 11:10	4.66	0.57	0.57	0.48	0.48	4.71	0.49	0.49	0.62	0.62	4.71	0.32	0.32	0.34	0.34
6/01/2010 11:20	4.58	0.35	0.35	0.31	0.31	4.58	0.32	0.32	0.37	0.37	4.58	0.23	0.23	0.24	0.24
6/01/2010 11:30	4.46	0.25	0.25	0.23	0.23	4.46	0.23	0.23	0.26	0.26	4.46	0.18	0.18	0.19	0.19
6/01/2010 11:40	4.31	0.19	0.19	0.18	0.18	4.31	0.18	0.18	0.20	0.20	4.31	0.14	0.14	0.15	0.15
6/01/2010 11:50	4.30	0.16	0.16	0.16	0.16	4.30	0.16	0.16	0.17	0.17	4.30	0.13	0.13	0.13	0.13
6/01/2010 12:00	4.25	0.14	0.14	0.14	0.14	4.25	0.14	0.14	0.15	0.15	4.25	0.11	0.11	0.12	0.12
6/01/2010 12:10	4.11	0.12	0.12	0.11	0.11	4.11	0.11	0.11	0.12	0.12	4.11	0.10	0.10	0.10	0.10
6/01/2010 12:20	3.83	0.09	0.09	0.09	0.09	3.83	0.09	0.09	0.10	0.10	3.83	0.08	0.08	0.08	0.08
6/01/2010 12:30	3.32	0.06	0.06	0.06	0.06	3.32	0.06	0.06	0.06	0.06	3.32	0.05	0.05	0.05	0.05
6/01/2010 12:40	2.33	0.02	0.02	0.02	0.02	2.33	0.02	0.02	0.02	0.02	2.33	0.02	0.02	0.02	0.02
6/01/2010 23:10	0.66	0.01	0.01	0.01	0.01	0.66	0.01	0.01	0.01	0.01	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
6/01/2010 23:20	3.44	0.40	0.40	0.31	0.31	3.44	0.31	0.31	0.45	0.45	3.44	0.18	0.18	0.19	0.19
6/01/2010 23:30	3.44	0.31	0.31	0.25	0.25	3.44	0.25	0.25	0.33	0.33	3.44	0.16	0.16	0.17	0.17
6/01/2010 23:40	3.26	0.23	0.23	0.19	0.19	3.26	0.20	0.20	0.25	0.25	3.26	0.13	0.13	0.14	0.14
6/01/2010 23:50	2.65	0.13	0.13	0.11	0.11	2.65	0.11	0.11	0.14	0.14	2.65	0.07	0.07	0.08	0.08
7/01/2010 0:00	1.48	0.03	0.03	0.03	0.03	1.48	0.03	0.03	0.03	0.03	1.48	0.02	0.02	0.02	0.02

Grijze arcering: onrealistisch hoge stroomsnelheden vervangen door stroomsnelheid in het bovenliggende punt op het talud

Tabel 12 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP7, DWP9 en DWP11 bij waterstand T1000.

Tijdstip	DWP7					DWP9					DWP11				
	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd
6/01/2010 10:00	2.96	0.47	1.04	4.03	3.12	2.96	0.47	1.04	3.04	3.84	2.96	0.47	1.04	2.41	3.84
6/01/2010 10:10	4.15	0.59	1.37	5.23	4.25	4.15	0.59	1.37	4.35	5.11	4.15	0.59	1.37	3.01	5.32
6/01/2010 10:20	4.41	0.63	1.45	5.23	4.39	4.41	0.63	1.45	4.40	5.15	4.41	0.63	1.45	3.13	5.53
6/01/2010 10:30	4.58	0.65	1.50	4.90	4.22	4.58	0.65	1.50	4.36	4.87	4.58	0.65	1.50	3.18	5.50
6/01/2010 10:40	4.67	0.65	1.51	4.24	3.65	4.67	0.65	1.51	4.07	4.28	4.67	0.65	1.51	3.22	5.26
6/01/2010 10:50	4.67	0.65	0.65	1.09	1.09	4.67	0.65	1.51	3.37	3.23	4.67	0.65	1.51	3.22	4.85
6/01/2010 11:00	4.71	0.62	0.62	0.52	0.52	4.71	0.66	0.66	0.76	0.76	4.71	0.66	1.53	3.24	4.30
6/01/2010 11:10	4.71	0.38	0.38	0.34	0.34	4.66	0.66	0.66	0.43	0.43	4.66	0.66	1.52	2.91	3.33
6/01/2010 11:20	4.58	0.26	0.26	0.24	0.24	4.58	0.40	0.40	0.29	0.29	4.58	0.64	0.64	0.81	0.81
6/01/2010 11:30	4.46	0.20	0.20	0.19	0.19	4.46	0.28	0.28	0.21	0.21	4.46	0.38	0.38	0.44	0.44
6/01/2010 11:40	4.31	0.16	0.16	0.15	0.15	4.31	0.21	0.21	0.17	0.17	4.31	0.27	0.27	0.30	0.30
6/01/2010 11:50	4.30	0.14	0.14	0.13	0.13	4.30	0.18	0.18	0.15	0.15	4.29	0.22	0.22	0.24	0.24
6/01/2010 12:00	4.25	0.12	0.12	0.12	0.12	4.25	0.15	0.15	0.13	0.13	4.25	0.18	0.18	0.20	0.20
6/01/2010 12:10	4.11	0.11	0.11	0.10	0.10	4.11	0.13	0.13	0.11	0.11	4.11	0.15	0.15	0.16	0.16
6/01/2010 12:20	3.83	0.08	0.08	0.08	0.08	3.83	0.10	0.10	0.09	0.09	3.83	0.11	0.11	0.12	0.12
6/01/2010 12:30	3.32	0.05	0.05	0.05	0.05	3.32	0.06	0.06	0.06	0.06	3.32	0.07	0.07	0.08	0.08
6/01/2010 12:40	2.33	0.02	0.02	0.02	0.02	2.33	0.03	0.03	0.02	0.02	2.33	0.03	0.03	0.03	0.03
6/01/2010 23:10	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.01	0.01	0.00	0.00	0.66	0.16	0.30	0.66	0.87
6/01/2010 23:20	3.44	0.22	0.22	0.19	0.19	3.44	0.52	0.52	0.26	0.26	3.44	0.52	1.17	2.59	3.18
6/01/2010 23:30	3.44	0.19	0.19	0.17	0.17	3.44	0.39	0.39	0.22	0.22	3.44	0.52	1.17	2.38	2.80
6/01/2010 23:40	3.26	0.15	0.15	0.14	0.14	3.26	0.28	0.28	0.17	0.17	3.26	0.51	1.13	2.05	2.17
6/01/2010 23:50	2.65	0.09	0.09	0.08	0.08	2.65	0.15	0.15	0.10	0.10	2.65	0.32	0.32	0.53	0.53
7/01/2010 0:00	1.48	0.02	0.02	0.02	0.02	1.48	0.04	0.04	0.02	0.02	1.48	0.08	0.08	0.12	0.12

Tabel 13 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP13 bij waterstand T1000.

Tijdstip	DWP13				
	V _{max, overlooppdijk}	V _{na watersprong}	V _{overgang talud}	V _{max talud, werkelijk}	V _{max talud, geschematiseerd}
6/01/2010 10:00	2.96	0.47	1.04	2.10	3.84
6/01/2010 10:10	4.15	0.59	1.37	2.61	5.13
6/01/2010 10:20	4.41	0.63	1.45	2.72	5.24
6/01/2010 10:30	4.58	0.65	1.50	2.79	5.04
6/01/2010 10:40	4.67	0.65	1.51	2.79	4.55
6/01/2010 10:50	4.67	0.65	1.51	2.79	3.72
6/01/2010 11:00	4.71	0.66	0.66	1.10	1.10
6/01/2010 11:10	4.66	0.66	0.66	0.52	0.52
6/01/2010 11:20	4.58	0.39	0.39	0.33	0.33
6/01/2010 11:30	4.46	0.27	0.27	0.24	0.24
6/01/2010 11:40	4.31	0.20	0.20	0.18	0.18
6/01/2010 11:50	4.30	0.17	0.17	0.16	0.16
6/01/2010 12:00	4.25	0.15	0.15	0.14	0.14
6/01/2010 12:10	4.11	0.12	0.12	0.12	0.12
6/01/2010 12:20	3.83	0.10	0.10	0.09	0.09
6/01/2010 12:30	3.32	0.06	0.06	0.06	0.06
6/01/2010 12:40	2.33	0.03	0.03	0.02	0.02
6/01/2010 23:10	0.66	0.01	0.01	0.01	0.01
6/01/2010 23:20	3.44	0.50	0.50	0.34	0.34
6/01/2010 23:30	3.44	0.36	0.36	0.27	0.27
6/01/2010 23:40	3.26	0.26	0.26	0.21	0.21
6/01/2010 23:50	2.65	0.14	0.14	0.12	0.12
7/01/2010 0:00	1.48	0.03	0.03	0.03	0.03

Grijze arcering: onrealistisch hoge stroomsnelheden vervangen door stroomsnelheid in het bovenliggende punt op het talud.

Tabel 14 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP1, DWP3 en DWP5 bij waterstand T2500.

Tijdstip	DWP1					DWP3					DWP5				
	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd
5/01/2010 23:00	0.85	0.20	0.38	1.01	1.01	0.85	0.20	0.38	0.64	1.24	0.85	0.20	0.38	0.64	1.01
5/01/2010 23:10	1.85	0.34	0.72	2.46	2.46	1.85	0.34	0.72	1.46	2.63	1.85	0.34	0.72	3.20	2.46
5/01/2010 23:20	0.46	0.16	0.26	0.62	0.62	0.46	0.16	0.26	0.37	0.62	0.46	0.16	0.26	0.37	0.62
6/01/2010 9:40	2.53	0.43	0.92	3.25	3.38	2.53	0.43	0.92	1.83	3.70	2.53	0.43	0.92	3.53	3.38
6/01/2010 9:50	4.00	0.58	1.33	4.48	5.02	4.00	0.58	1.33	6.25	5.35	4.00	0.58	1.33	5.11	4.90
6/01/2010 10:00	4.35	0.62	1.43	5.73	5.20	4.35	0.62	1.43	4.76	5.54	4.35	0.62	1.43	5.24	4.98
6/01/2010 10:10	4.63	0.64	1.50	4.69	5.07	4.63	0.64	1.50	4.89	5.38	4.63	0.64	1.50	5.07	4.70
6/01/2010 10:20	4.73	0.66	1.53	4.59	4.60	4.73	0.66	1.53	4.92	4.92	4.73	0.66	1.53	4.40	3.98
6/01/2010 10:30	4.82	0.67	1.56	4.01	3.74	4.82	0.67	1.56	4.47	4.15	4.82	0.67	0.67	1.26	1.26
6/01/2010 10:40	4.94	0.68	0.68	0.98	0.98	4.94	0.68	1.59	2.59	2.55	4.94	0.51	0.51	0.55	0.55
6/01/2010 10:50	4.93	0.57	0.57	0.49	0.49	4.93	0.50	0.50	0.61	0.61	4.97	0.34	0.34	0.36	0.36
6/01/2010 11:00	4.90	0.36	0.36	0.33	0.33	4.90	0.33	0.33	0.37	0.37	4.91	0.25	0.25	0.26	0.26
6/01/2010 11:10	5.01	0.28	0.28	0.26	0.26	5.01	0.26	0.26	0.29	0.29	5.01	0.21	0.21	0.22	0.22
6/01/2010 11:20	5.04	0.24	0.24	0.22	0.22	5.04	0.22	0.22	0.24	0.24	5.04	0.19	0.19	0.19	0.19
6/01/2010 11:30	4.84	0.20	0.20	0.19	0.19	4.84	0.19	0.19	0.20	0.20	4.84	0.16	0.16	0.17	0.17
6/01/2010 11:40	4.32	0.16	0.16	0.16	0.16	4.32	0.16	0.16	0.17	0.17	4.32	0.14	0.14	0.14	0.14
6/01/2010 11:50	1.66	0.14	0.14	0.13	0.13	1.66	0.13	0.13	0.14	0.14	1.66	0.12	0.12	0.12	0.12
6/01/2010 12:00	1.09	0.18	0.18	0.17	0.17	1.09	0.17	0.17	0.18	0.18	1.09	0.16	0.16	0.16	0.16
6/01/2010 12:10	1.16	0.21	0.21	0.20	0.20	1.16	0.20	0.20	0.21	0.21	1.16	0.18	0.18	0.19	0.19
6/01/2010 12:20	1.15	0.20	0.20	0.20	0.20	1.15	0.20	0.20	0.21	0.21	1.15	0.18	0.18	0.18	0.18
6/01/2010 12:30	1.08	0.17	0.17	0.17	0.17	1.08	0.17	0.17	0.18	0.18	1.08	0.15	0.15	0.16	0.16
6/01/2010 12:40	0.95	0.13	0.13	0.12	0.12	0.95	0.12	0.12	0.13	0.13	0.95	0.11	0.11	0.12	0.12
6/01/2010 12:50	0.77	0.08	0.08	0.08	0.08	0.77	0.08	0.08	0.08	0.08	0.77	0.07	0.07	0.07	0.07
6/01/2010 13:00	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03
6/01/2010 23:00	2.19	0.09	0.09	0.08	0.08	2.19	0.08	0.08	0.10	0.10	2.19	0.05	0.05	0.05	0.05
6/01/2010 23:10	3.64	0.28	0.28	0.24	0.24	3.64	0.24	0.24	0.30	0.30	3.64	0.16	0.16	0.17	0.17
6/01/2010 23:20	3.73	0.24	0.24	0.22	0.22	3.73	0.22	0.22	0.26	0.26	3.73	0.15	0.15	0.16	0.16
6/01/2010 23:30	3.73	0.20	0.20	0.18	0.18	3.73	0.19	0.19	0.21	0.21	3.73	0.14	0.14	0.14	0.14
6/01/2010 23:40	3.44	0.15	0.15	0.13	0.13	3.44	0.14	0.14	0.15	0.15	3.44	0.10	0.10	0.11	0.11
6/01/2010 23:50	3.00	0.09	0.09	0.09	0.09	3.00	0.09	0.09	0.10	0.10	3.00	0.07	0.07	0.07	0.07
7/01/2010 0:00	2.26	0.04	0.04	0.04	0.04	2.26	0.04	0.04	0.05	0.05	2.26	0.03	0.03	0.03	0.03
7/01/2010 0:10	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00

Grijze arcering: onrealistisch hoge stroomsnelheden vervangen door stroomsnelheid in het bovenliggende punt op het talud.

Tabel 15 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP7, DWP9 en DWP11 bij waterstand T2500.

Tijdstip	DWP7					DWP9					DWP11				
	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd	V _{max} , overlooppdijk	V _{na} watersprong	V _{overgang} talud	V _{max} talud werkelijk	V _{max} talud, geschematiseerd
5/01/2010 23:00	0.85	0.20	0.38	0.64	0.85	0.85	0.20	0.38	0.73	1.01	0.85	0.20	0.38	0.85	1.01
5/01/2010 23:10	1.85	0.34	0.72	3.20	1.95	1.85	0.34	0.72	2.12	2.46	1.85	0.34	0.72	1.76	2.46
5/01/2010 23:20	0.46	0.16	0.26	0.37	0.46	0.46	0.16	0.26	0.30	0.62	0.46	0.16	0.26	0.46	0.62
6/01/2010 9:40	2.53	0.43	0.92	3.53	2.70	2.53	0.43	0.92	2.61	3.38	2.53	0.43	0.92	2.12	3.38
6/01/2010 9:50	4.00	0.58	1.33	5.11	4.13	4.00	0.58	1.33	4.43	4.91	4.00	0.58	1.33	2.92	5.12
6/01/2010 10:00	4.35	0.62	1.43	5.24	4.36	4.35	0.62	1.43	4.47	5.14	4.35	0.62	1.43	3.09	5.48
6/01/2010 10:10	4.63	0.64	1.50	5.07	4.30	4.63	0.64	1.50	4.42	4.97	4.57	0.65	1.50	3.20	5.54
6/01/2010 10:20	4.73	0.66	1.53	4.40	3.82	4.73	0.66	1.53	4.18	4.44	4.73	0.66	1.53	3.23	5.35
6/01/2010 10:30	4.82	0.67	0.67	1.26	1.26	4.82	0.67	1.56	3.52	3.41	4.76	0.67	1.56	5.22	4.97
6/01/2010 10:40	4.94	0.65	0.65	0.55	0.55	4.88	0.68	0.68	0.79	0.79	4.88	0.68	1.59	3.32	4.36
6/01/2010 10:50	4.97	0.40	0.40	0.36	0.36	4.93	0.68	0.68	0.44	0.44	4.93	0.69	1.60	2.79	3.12
6/01/2010 11:00	4.91	0.28	0.28	0.26	0.26	4.90	0.40	0.40	0.30	0.30	4.90	0.58	0.58	0.69	0.69
6/01/2010 11:10	5.01	0.23	0.23	0.22	0.22	5.01	0.30	0.30	0.25	0.25	5.01	0.39	0.39	0.43	0.43
6/01/2010 11:20	5.04	0.20	0.20	0.19	0.19	5.04	0.25	0.25	0.21	0.21	5.04	0.30	0.30	0.32	0.32
6/01/2010 11:30	4.84	0.17	0.17	0.17	0.17	4.84	0.20	0.20	0.18	0.18	4.84	0.23	0.23	0.25	0.25
6/01/2010 11:40	4.32	0.15	0.15	0.14	0.14	4.32	0.17	0.17	0.15	0.15	4.32	0.19	0.19	0.20	0.20
6/01/2010 11:50	1.66	0.13	0.13	0.12	0.12	1.66	0.14	0.14	0.13	0.13	1.66	0.16	0.16	0.16	0.16
6/01/2010 12:00	1.09	0.16	0.16	0.16	0.16	1.09	0.18	0.18	0.17	0.17	1.09	0.20	0.20	0.20	0.20
6/01/2010 12:10	1.16	0.19	0.19	0.19	0.19	1.16	0.21	0.21	0.20	0.20	1.16	0.23	0.23	0.24	0.24
6/01/2010 12:20	1.15	0.19	0.19	0.18	0.18	1.15	0.21	0.21	0.19	0.19	1.15	0.23	0.23	0.24	0.24
6/01/2010 12:30	1.08	0.16	0.16	0.16	0.16	1.08	0.18	0.18	0.16	0.16	1.08	0.20	0.20	0.20	0.20
6/01/2010 12:40	0.95	0.12	0.12	0.12	0.12	0.95	0.13	0.13	0.12	0.12	0.95	0.14	0.14	0.15	0.15
6/01/2010 12:50	0.77	0.07	0.07	0.07	0.07	0.77	0.08	0.08	0.08	0.08	0.77	0.09	0.09	0.09	0.09
6/01/2010 13:00	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03	0.45	0.04	0.04	0.04	0.04
6/01/2010 23:00	2.19	0.06	0.06	0.05	0.05	2.19	0.11	0.11	0.07	0.07	2.19	0.35	0.81	1.54	1.60
6/01/2010 23:10	3.64	0.19	0.19	0.17	0.17	3.64	0.33	0.33	0.21	0.21	3.64	0.55	1.24	2.08	2.15
6/01/2010 23:20	3.73	0.18	0.18	0.16	0.16	3.73	0.28	0.28	0.20	0.20	3.73	0.51	0.51	0.69	0.69
6/01/2010 23:30	3.73	0.16	0.16	0.14	0.14	3.73	0.23	0.23	0.17	0.17	3.73	0.36	0.36	0.45	0.45
6/01/2010 23:40	3.44	0.12	0.12	0.11	0.11	3.44	0.16	0.16	0.12	0.12	3.44	0.24	0.24	0.28	0.28
6/01/2010 23:50	3.00	0.08	0.08	0.07	0.07	3.00	0.10	0.10	0.08	0.08	3.00	0.15	0.15	0.17	0.17
7/01/2010 0:00	2.26	0.04	0.04	0.03	0.03	2.26	0.05	0.05	0.04	0.04	2.26	0.07	0.07	0.08	0.08
7/01/2010 0:10	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.01	0.01	0.01	0.01

Grijze arcering: onrealistisch hoge stroomsnelheden vervangen door stroomsnelheid in het bovenliggende punt op het talud.

Tabel 16 – Stroomsnelheid [m/s] voor een aantal locaties langs het talud van de overlooppdijk voor DWP13 bij waterstand T2500.

Tijdstip	DWP13				
	V _{max} , overlooppdijk	V _{na watersprong}	V _{overgang talud}	V _{max talud werkelijk}	V _{max talud, geschematiseerd}
5/01/2010 23:00	0.85	0.20	0.38	0.64	1.01
5/01/2010 23:10	1.85	0.34	0.72	1.43	2.46
5/01/2010 23:20	0.46	0.16	0.26	0.37	0.62
6/01/2010 9:40	2.53	0.43	0.92	1.87	3.38
6/01/2010 9:50	4.00	0.58	1.33	2.55	5.02
6/01/2010 10:00	4.35	0.62	1.43	2.70	5.23
6/01/2010 10:10	4.63	0.64	1.50	2.79	5.12
6/01/2010 10:20	4.73	0.66	1.53	2.83	4.68
6/01/2010 10:30	4.82	0.67	1.56	2.85	3.88
6/01/2010 10:40	4.88	0.68	0.68	1.12	1.12
6/01/2010 10:50	4.93	0.64	0.64	0.52	0.52
6/01/2010 11:00	4.90	0.39	0.39	0.34	0.34
6/01/2010 11:10	5.01	0.30	0.30	0.27	0.27
6/01/2010 11:20	5.04	0.25	0.25	0.23	0.23
6/01/2010 11:30	4.84	0.20	0.20	0.19	0.19
6/01/2010 11:40	4.32	0.17	0.17	0.16	0.16
6/01/2010 11:50	1.66	0.14	0.14	0.14	0.14
6/01/2010 12:00	1.09	0.18	0.18	0.17	0.17
6/01/2010 12:10	1.16	0.21	0.21	0.20	0.20
6/01/2010 12:20	1.15	0.21	0.21	0.20	0.20
6/01/2010 12:30	1.08	0.18	0.18	0.17	0.17
6/01/2010 12:40	0.95	0.13	0.13	0.13	0.13
6/01/2010 12:50	0.77	0.08	0.08	0.08	0.08
6/01/2010 13:00	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03
6/01/2010 23:00	2.19	0.11	0.11	0.08	0.08
6/01/2010 23:10	3.64	0.32	0.32	0.26	0.26
6/01/2010 23:20	3.73	0.27	0.27	0.23	0.23
6/01/2010 23:30	3.73	0.22	0.22	0.19	0.19
6/01/2010 23:40	3.44	0.16	0.16	0.14	0.14
6/01/2010 23:50	3.00	0.10	0.10	0.09	0.09
7/01/2010 0:00	2.26	0.05	0.05	0.04	0.04
7/01/2010 0:10	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00

Grijze arcering: onrealistisch hoge stroomsnelheden vervangen door stroomsnelheid in het bovenliggende punt op het talud.

Tabel 17 – Bepaling dikte schanskorven bij waterstand T1000

		DWP1		DWP3		DWP5		DWP7		DWP9		DWP11		DWP13	
Profiel	-	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd
U	m/s	4.71	5.21	4.91	5.54	5.23	5.00	5.23	4.39	4.40	5.15	3.24	5.53	2.79	5.24
ψ	-	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ϕ	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
K_h	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Waterdiepte	m	0.08	0.06	0.09	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.04	0.06	0.15	0.08	0.16	0.06
Taludhelling	-	8/4	8/4	6/4	6/4	8/4	8/4	17/4	17/4	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4
α	°	26.6	26.6	33.7	33.7	26.6	26.6	13.2	13.2	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
Θ	°	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
K_s	-	0.89	0.89	0.83	0.83	0.89	0.89	0.97	0.97	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
g	m/s ²	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81
ρ_s	kg/m ³	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
ρ_s	kg/m ³	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Δ	-	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
n	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Δ_m	-	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
K_t	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
d	m	0.32	0.39	0.37	0.48	0.39	0.36	0.36	0.25	0.28	0.38	0.15	0.44	0.11	0.40
K_t	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
d	m	0.48	0.59	0.56	0.71	0.59	0.54	0.54	0.38	0.42	0.57	0.23	0.66	0.17	0.59

Tabel 18 – Bepaling dikte schanskorven bij waterstand T2500

		DWP1		DWP3		DWP5		DWP7		DWP9		DWP11		DWP13	
Profiel	-	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd	Werkelijk	Geschema- tiseerd
U	m/s	5.73	5.20	4.92	5.54	5.24	4.98	5.24	4.36	4.47	5.14	3.32	5.54	2.85	5.23
ψ	-	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ϕ	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
K_h	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Waterdiepte	m	0.08	0.06	0.09	0.06	0.06	0.07	0.06	0.09	0.04	0.06	0.15	0.08	0.16	0.06
Taludhelling	-	8/4	8/4	6/4	6/4	8/4	8/4	17/4	17/4	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4
α	°	26.6	26.6	33.7	33.7	26.6	26.6	13.2	13.2	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
Θ	°	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
K_s	-	0.89	0.89	0.83	0.83	0.89	0.89	0.97	0.97	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
g	m/s ²	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81
ρ_s	kg/m ³	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
ρ_s	kg/m ³	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Δ	-	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
n	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Δ_m	-	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
K_t	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
d	m	0.47	0.39	0.37	0.47	0.39	0.36	0.36	0.25	0.29	0.38	0.16	0.44	0.12	0.39
K_t	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
d	m	0.71	0.58	0.56	0.71	0.59	0.54	0.54	0.38	0.43	0.57	0.24	0.66	0.18	0.59

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