

# Kweleffectbepaling VO Fluvia Tiel

Beschrijving modelvarianten en resultaten

Definitief

Gemeente Tiel

Grontmij Nederland B.V.  
Arnhem, 1 maart 2016

# Verantwoording

**Titel** : Kweleffectbepaling VO FluviaTiel  
**Subtitel** : Beschrijving modelvarianten en resultaten  
**Projectnummer** : 346721  
**Referentienummer** : GM-0179515  
**Revisie** : D1  
**Datum** : 1 maart 2016

**Auteur(s)** : drs. ing. J.K. van der Hauw  
**E-mail adres** : koen.vanderhauw@grontmij.nl

**Gecontroleerd door** : ir. P.E. Dik

**Paraaf gecontroleerd** :



**Goedgekeurd door** : ing. D.J. Bolder

**Paraaf goedgekeurd** :



**Contact** : Grontmij Nederland B.V.  
Velperweg 26  
6824 BJ Arnhem  
Postbus 485  
6800 AL Arnhem  
T +31 88 811 66 00  
F +31 30 310 04 14  
www.grontmij.nl

# Inhoudsopgave

1	Inleiding .....	4
1.1	Aanleiding .....	4
1.2	Opgave voor kwelremming .....	4
1.3	Leeswijzer .....	5
2	Maatregelen .....	6
2.1	Maatregelen DSO .....	6
2.2	Maatregelen VO .....	7
3	Modelresultaten .....	9
3.1	Resultaatoverzicht .....	9
3.2	Resultaten DSO met VO klimaatdijk .....	11
3.2.1	Effecten VO (inclusief afdichting geulen) .....	11
3.2.2	Effecten VO exclusief afdichting geulen .....	13
4	Ophoging Vijverterrein en terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan .....	15
4.1	Inleiding .....	15
4.2	Effect ophoging Vijverterrein ten opzichte van DSO zonder klimaatdijk .....	15
4.3	Ophoging terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan ten opzichte van AHN .....	20
5	Conclusie .....	22
6	Literatuur .....	23

Bijlage 1: Resultaten DSO

Bijlage 2: Effect ophoging Vijverterrein ten opzichte van AHN

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

FluviaTiel is het project waarbinnen een waterkerend landschap langs de Waal gerealiseerd wordt. Dit waterkerende landschap loopt van het Amsterdam-Rijnkanaal tot de Waalplaat (de havenkade). Het project is opgedeeld in twee fasen. Fase 1 is het stuk tussen het Amsterdam-Rijnkanaal en de Groene Krib. Fase 2 is het stuk langs en deels in de haven.

De aanleiding voor het waterkerende landschap is de vermindering van de kweltoename als gevolg van het programma Tiel Oost Droger en Mooier. Het waterkerende landschap dient meerdere doelen. Het geeft invulling aan de benodigde kwelvermindering. Daarnaast wordt voldaan aan de toekomstige eisen voor piping en dijkveiligheid. Ook leidt het waterkerende landschap tot mogelijkheden voor woningbouw. Tenslotte geeft het waterkerende landschap kansen voor biodiversiteit, natuur en recreatieve mogelijkheden in de Kleine Willemspolder. Voor het onderdeel vermindering van de kweltoename als gevolg van het programma Tiel Oost Droger en Mooier, geeft deze rapportage een toelichting op de effecten van FluviaTiel op de kwel.

Grontmij heeft eerder, in opdracht van het project Tiel Oost, de maatregelen van het Definitief Schetsontwerp (DSO) voor Tiel Oost doorgerekend met een grondwatermodel (Grontmij, 2009b). In een latere notitie zijn de kwelremmende effecten van de klimaatdijk uit het DSO in beeld gebracht (Grontmij, 2012). In april 2013 is het Voorlopig Ontwerp (VO) voor FluviaTiel (DLG, 2013) gereed gekomen met aangepaste maatregelen voor de klimaatdijk. Het VO betreft het gebied rond de klimaatdijk en daarmee slechts een gedeelte van het DSO gebied. Het VO is daarom ingepast in het DSO model, met de modelnaam 'DSO met VO Klimaatdijk'. In deze rapportage is het kwelremmende effect van het VO beschreven en vergeleken met de eerdere resultaten van het DSO.

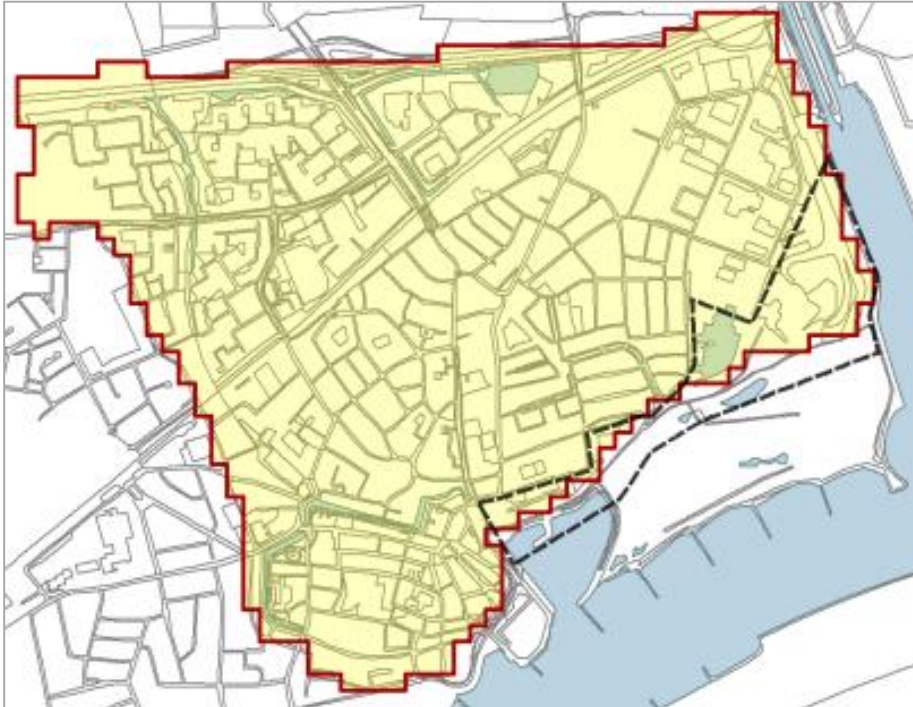
In juni 2014 is het individuele kweleffect van de binnendijkse ophoging Vijverterrein en terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan, uitgaande van het VO, in een aparte memo beschreven. Deze memo is tevens in deze rapportage opgenomen.

## 1.2 Opgave voor kwelremming

In Tiel Oost is sprake van (grond)wateroverlast. Dit wordt veroorzaakt door een tekort aan open water om neerslag te bergen en door een grote aanvoer van kwel bij hoge rivierwaterstanden. Om de overlast aan te pakken zijn in het plan voor Tiel Oost maatregelen opgenomen zoals de aanleg van waterlopen en het aanbrengen van drainage. Dit zorgt in de toekomst voor een verlaging van de grondwaterstanden. Een neveneffect van deze voorgenomen maatregelen is dat er meer kwel wordt aangetrokken. Dit houdt in dat er meer grondwater gaat stromen van de Waal naar Tiel Oost. Mede daarom zijn voor Tiel Oost een aantal kwelremmende maatregelen bedacht.

Het doel van deze rapportage is om in beeld te brengen in hoeverre de eerder tussen gemeente en waterschap gemaakte afspraken over de kwelremming worden gehaald met FluviaTiel en wat de bijdrage van de eerste fase is.

Met opgave wordt hier bedoeld op de reductie van de toename aan kwel zoals afgesproken in het Gebiedscontract Tiel Oost, berekend op basis van het grondwatermodel voor het DSO uit 2009 (Grontmij, 2009b en 2012). Het gebied waarvoor de kwelremming is berekend is getoond in afbeelding 1.1. Voor deze rapportage zijn aanvullende modelberekeningen uitgevoerd om het kwelremmende effect van de klimaatdijk uit het DSO nauwkeuriger in beeld te brengen. De resultaten zullen hierna worden gepresenteerd.



Afbeelding 1.1 Het gebied waarvoor de kwelremming is berekend

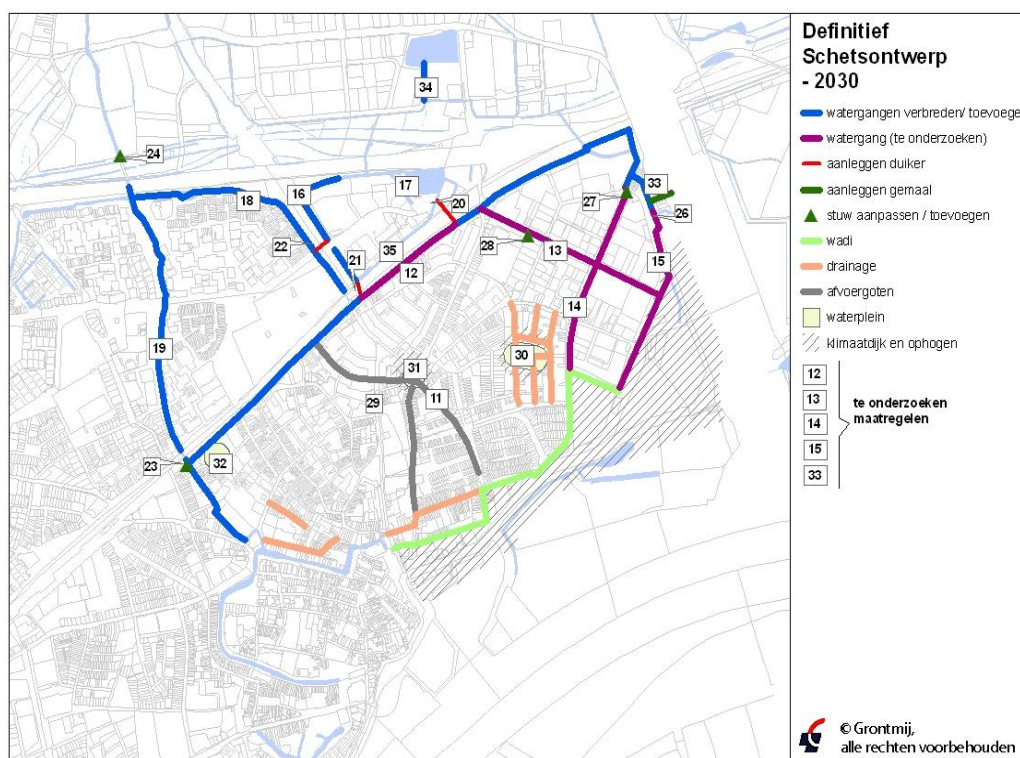
### 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de maatregelen beschreven van de diverse varianten. In hoofdstuk 3 zijn de modeffecten beschreven voor deze varianten. In hoofdstuk 0 is de tekst van de memo van juni 2014 opgenomen met betrekking tot het individuele kweffect van de binnendijkse ophoging Vijverterrein en terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan. In hoofdstuk 0 zijn de conclusies beschreven. In de bijlage zijn ter vergelijking de effectkaarten van het DSO gepresenteerd.

## 2 Maatregelen

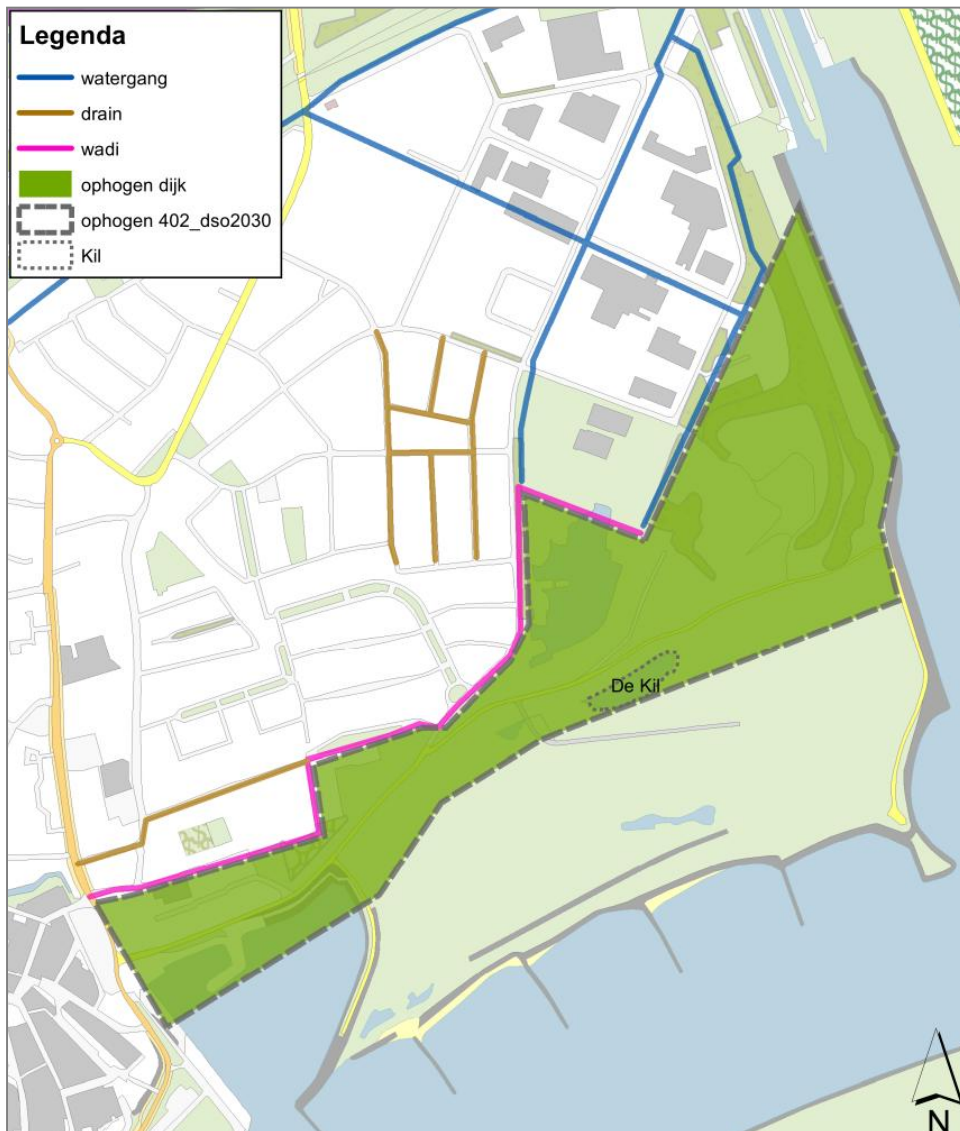
### 2.1 Maatregelen DSO

In afbeelding 2.1 zijn de maatregelen van het DSO voor Tiel-Oost getoond. Dit is enerzijds van belang voor vergelijking met de VO-resultaten en anderzijds omdat voor het VO aangepaste maatregelen ten opzichte van het DSO zijn gedefinieerd rondom de klimaatdijk (grijze arcering in afbeelding). De overige DSO-maatregelen blijven gehandhaafd voor de resultaten zoals gepresenteerd in dit rapport.



Afbeelding 2.1: Maatregelen definitief schetsontwerp (DSO) 2030 (bron: Grontmij, 2009b)

In afbeelding 2.2 zijn de maatregelen voor de klimaatdijk volgens het DSO getoond ter vergelijking met de maatregelen voor de klimaatdijk volgens het VO, zoals getoond in afbeelding 2.3. Door de ophoging ten behoeve van de klimaatdijk volgens het DSO, worden onder andere de Kil en een deel van de haven gedempt.



Afbeelding 2.2: Maatregelen definitief schetsontwerp met klimaatdijk (fase 1+2) (DSO) 2030

## 2.2 Maatregelen VO

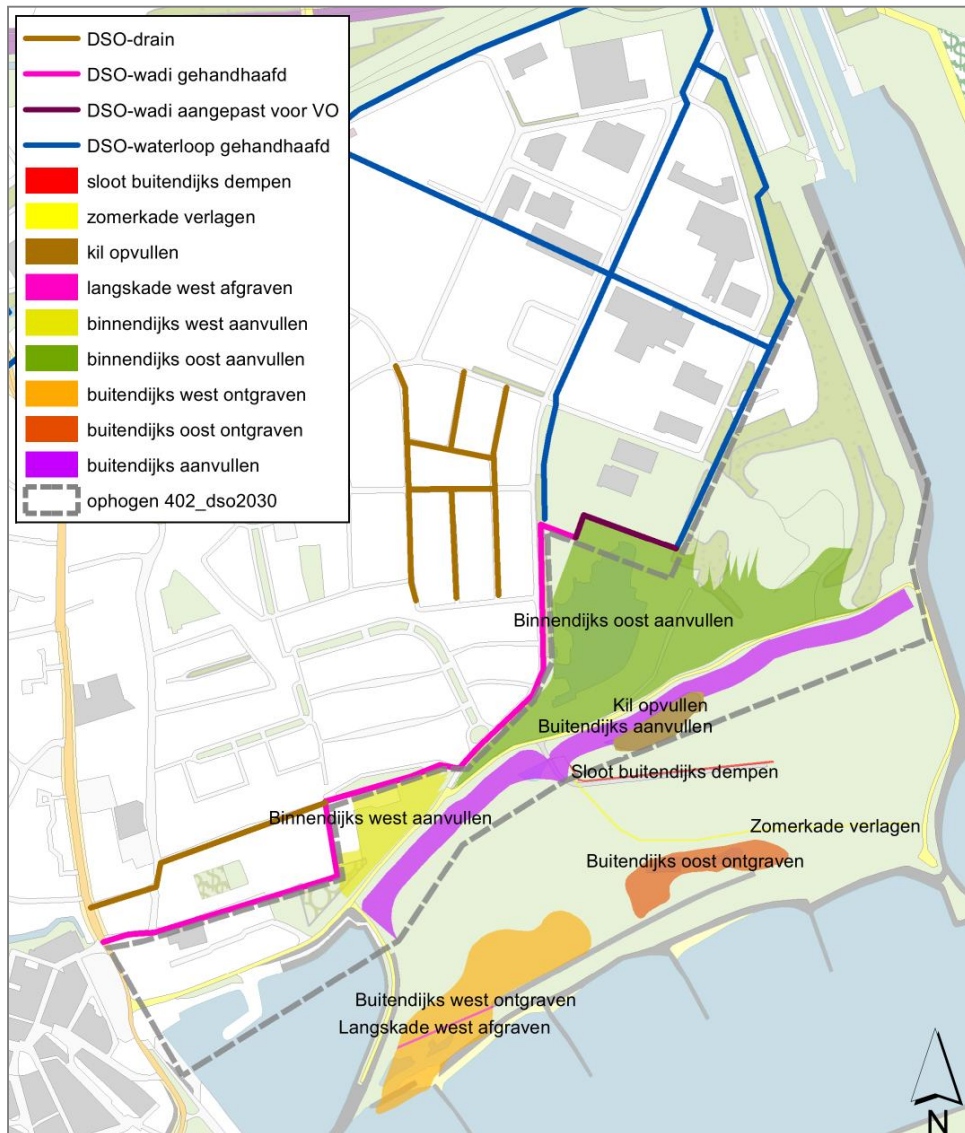
Het VO betreft het gebied rond de klimaatdijk en daarmee slechts een gedeelte van het DSO gebied. Het VO is daarom ingepast in het DSO model, met de modelnaam 'DSO met VO Klimaatdijk'.

De verschillen in ontwerp tussen DSO en het VO met betrekking tot de klimaatdijk zijn:

- in het VO is fase 2 (havendeel) van de klimaatdijk nog niet opgenomen en loopt de klimaatdijk dus niet meer tot in de haven door<sup>1</sup>;
- in het VO is de contour van de klimaatdijk ten noordoosten van het Vijverterrein verder naar het noordoosten verschoven zodat het gehele Vijverterrein erbinnen ligt. De wadi en waterloop die daar langs de klimaatdijk liggen zijn tevens verschoven;
- in het VO is de klimaatdijk smaller aan de zuidzijde, de kant van de uiterwaarden;
- in het VO worden de twee buitendijkse geulen afgegraven tot in het zandpakket, maar vervolgens weer afgedicht met de aanwezige toplaag. Wanneer de bodem weer wordt afgedicht zal deze maatregel verwaarloosbaar effect hebben op de kwel tijdens hoge rivierstanden. Om het effect van dit afdichten te bepalen is een extra variant *zonder* afdichten gemoedelleerd (zie paragraaf 3.2.2). Afhankelijk van dit resultaat wordt besloten of afdichten daadwerkelijk nodig is.

<sup>1</sup> In het DSO wordt een deel van de haven gedempt. In het VO zijn de kwelremmende maatregelen voor de haven echter voorlopig achterwege gelaten omdat de haven via een apart traject (fase 2) loopt.

In afbeelding 2.3 zijn de maatregelen van het VO, inclusief binnendijkse DSO-maatregelen zoals aanwezig in het model, weergegeven ten opzichte van de huidige situatie. Bij de vergelijking met afbeelding 2.2 valt te zien dat in het VO de klimaatdijk smaller is geworden dan in het DSO en dat de klimaatdijk niet meer tot in de haven doorloopt. Wel wordt de Kil nog steeds gedempt.



Afbeelding 2.3: Maatregelen DSO met VO klimaatdijk (fase 1). Met de grijze streeplijn is ter vergelijking de ophoging voor de DSO-klimaatdijk (fase 1+2) aangegeven



## 3 Modelresultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de grondwatermodellering van het DSO (zie bijlage 1) en DSO met VO klimaatdijk (zie paragraaf 3.2) gepresenteerd en vergeleken. In paragraaf 3.1 is een overzichtstabel gepresenteerd met alle relevante modelvarianten, bijbehorende maatregelen en modelresultaten. Het doorrekenen van de varianten is onder dezelfde randvoorwaarden en met hetzelfde grondwatermodel gedaan zoals gebruikt voor de notitie 'Geohydrologische effecten dempen haven en Kil in Tiel Oost' (Grontmij, 2012).

### 3.1 Resultaatoverzicht

In tabel 3.1 zijn de modelvarianten en de berekende absolute kwel tijdens hoogwater samengevat. In tabel 3.2 zijn de verschillen in kwel tussen de varianten weergegeven in kubieke meters. In tabel 3.3 zijn deze verschillen weergegeven als het relatief percentage (kwelremming) ten opzichte van de berekende hoeveelheid kwel in de referentievariant huidige situatie bij hoogwater, zonder maatregelen). In tabel 3.4 zijn de resulterende, vastgestelde opgaven voor de kwelremming op basis van het DSO samengevat. In de volgende paragrafen worden de resultaten nader beschreven. Omdat in deze rapportage nader wordt ingezoomd op de verschillen tussen DSO en VO, volstaat het niet meer de effecten af te ronden op gehele percentages. De effecten worden daarom zowel met één decimaal achter de komma als in absolute m<sup>3</sup>/d gepresenteerd. Voor alle varianten is tijdens een hoogwatersituatie<sup>2</sup> bepaald welke kweltoename optreedt ten opzichte van de referentiesituatie.

**Tabel 3.1** Overzicht maatregelen en berekende kwel voor de relevante modelvarianten bij een hoogwatergolf van 10 dagen bij een maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal

		Modelvarianten	Huidig (referentie) (11-huidig)	DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)	DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)	DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)
Maatregelen	Binnendijkse DSO-maatregelen *		X	X	X	X	
	Ophoging vijverberg		X	X	X	X	
	DSO klimaatdijk fase 1 (brede dijk)			X	X		
	DSO klimaatdijk fase 2 (haven)				X		
	VO klimaatdijk fase 1 (smalle dijk)					X	
	VO dempen Kil					X	
	VO 2 buitendijkse geulen met onderafdichting					X	
	VO 1 buitendijkse geul zonder onderafdichting						
	VO aanpassen wadi / Vijverterrein **					X	
<b>Berekende maximale kwel (m<sup>3</sup>/d) bij hoogwater</b>			12.720	15.473	14.719	14.576	14.742

\* Dit betreft o.a. waterlopen en drains in stedelijk gebied en eveneens de wadi en waterloop langs de klimaatdijk.

\*\* De ligging van het Vijverterrein is in deze VO-variant nauwkeuriger in het model uitgewerkt waardoor de wadi en waterloop die daar als onderdeel van de binnendijkse DSO-maatregelen waren gepland, enigszins zijn verplaatst.

<sup>2</sup> Een hoogwatergolf van 10 dagen bij een maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal

**Tabel 3.2** Overzicht berekende verschillen in maximale kwel tussen modelvarianten in m<sup>3</sup>/d bij hoogwatergolf van 10 dagen bij maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal. Kwelremming is met negatieve waarden (minteken) aangegeven.

Variant A	Variant B					
	Berekende kwel	Huidig (referentie) (111 huidig)	DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)	DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)	DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)
verschil berekende kwel: variant B-A (m <sup>3</sup> /d) (kwelremming variant B t.o.v. A)						
<b>Berekende maximale kwel bij hoogwater</b>		12.720	15.473	14.719	14.576	14.742
<b>Huidig (referentie)</b> (111 huidig)	12.720		2.753	1.999	1.856	2.022
<b>DSO zonder klimaatdijk</b> (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	15.473			-754	-897	-731
<b>DSO klimaatdijk fase 1</b> (406_dso2030_fase1)	14.719				-143	23
<b>DSO (klimaatdijk fase 1+2)</b> (402_dso2030)	14.576					166
<b>DSO met VO klimaatdijk (fase 1)</b> (503_vo2030)	14.742					

**Tabel 3.3** Overzicht berekende procentuele verschillen in kwel (t.o.v. referentie) tussen modelvarianten (ten opzichte van de referentie) bij hoogwatergolf van 10 dagen bij maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal. Kwelremming is met negatieve waarden (minteken) aangegeven.

Variant A	Variant B					
	Berekende kwel (m <sup>3</sup> /d)	Huidig (referentie) (111 huidig)	DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)	DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)	DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)
relatief kwelverschil: scenario B-A / referentie (%) (relatieve kwelremming scenario B minus A t.o.v. referentie (111 huidig))						
<b>Berekende maximale kwel bij hoogwater (m<sup>3</sup>/d)</b>		12.720	15.473	14.719	14.576	14.742
<b>Huidig (referentie)</b> (111 huidig)	12.720		21,6%	15,7%	14,6%	15,9%
<b>DSO zonder klimaatdijk</b> (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	15.473			-5,9%	-7,1%	-5,7%
<b>DSO klimaatdijk fase 1</b> (406_dso2030_fase1)	14.719				-1,1%	0,2%
<b>DSO (klimaatdijk fase 1+2)</b> (402_dso2030)	14.576					1,3%
<b>DSO met VO klimaatdijk (fase 1)</b> (503_vo2030)	14.742					

**Tabel 3.4** Resultaten voor FluviaTiel m.b.t. kwelremming

Omschrijving	Kwelremming (m <sup>3</sup> /d)
FluviaTiel – fase 1+2	-897
FluviaTiel – fase 1 (zonder haven) (VO)	-754
Restant opgave FluviaTiel – fase 2 (haven)	-143
Restant opgave VO	-23

### 3.2 Resultaten DSO met VO klimaatdijk

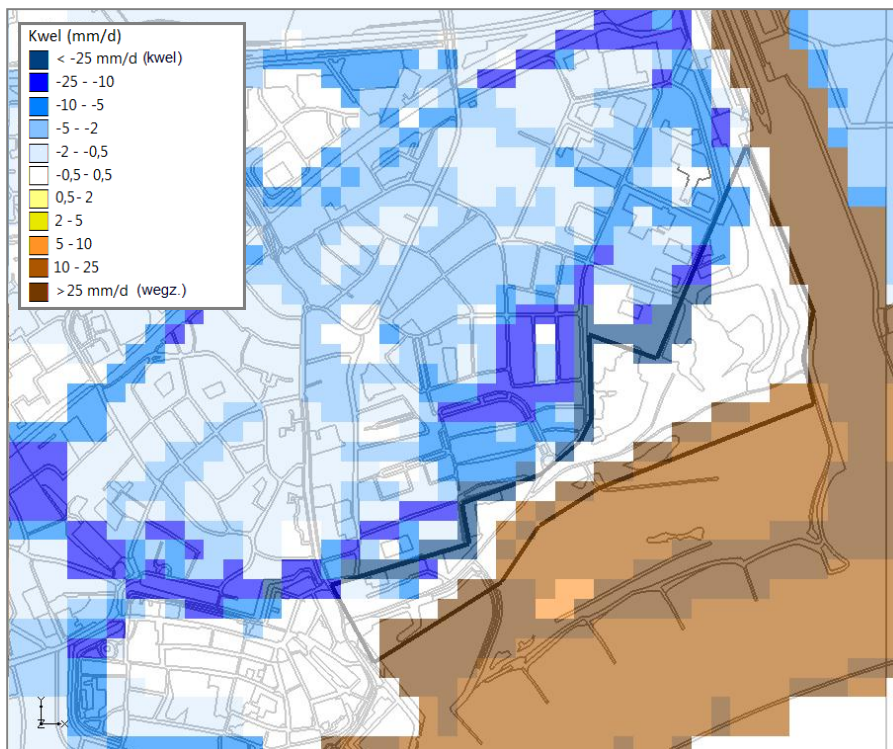
In deze paragraaf worden de modelresultaten van de klimaatdijk volgens het VO gepresenteerd en de verschillen ten opzichte van het DSO geanalyseerd.

#### 3.2.1 Effecten VO (inclusief afdichting geulen)

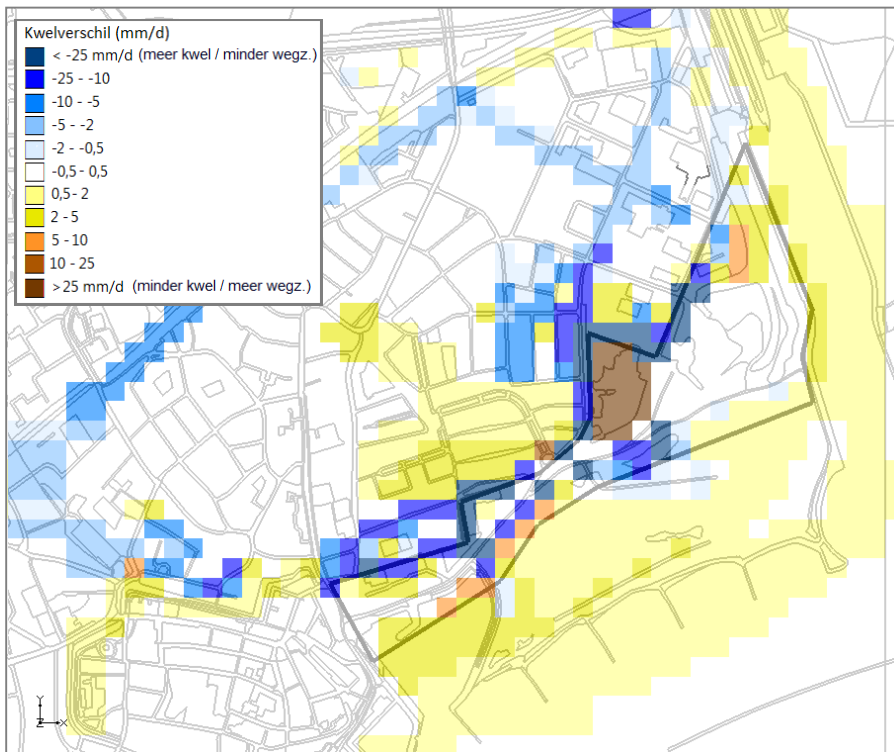
In afbeelding 3.1 is de berekende kwel en wegzijging getoond tijdens hoogwater voor het VO. In afbeelding 3.2 is het berekende effect van het DSO met VO klimaatdijk op kwel en wegzijging getoond ten opzichte van de referentiesituatie. In afbeelding 3.3 is het berekende effect van het DSO met VO klimaatdijk ten opzichte van het DSO getoond.

Om dit effect te begrijpen is het volgende van belang: de binnendijkse kwel in de huidige situatie, ter plaatse van het terrein waar de klimaatdijk komt, is kwel naar het maaiveld. Bij hoge rivierwaterstanden is deze kwel zo groot, dat het grondwater aan maaiveld komt. Dit water stroomt over land af naar een nabij gelegen watergang en enkele wegkolken. Door deze afvoer van grondwater neemt de kwel toe.

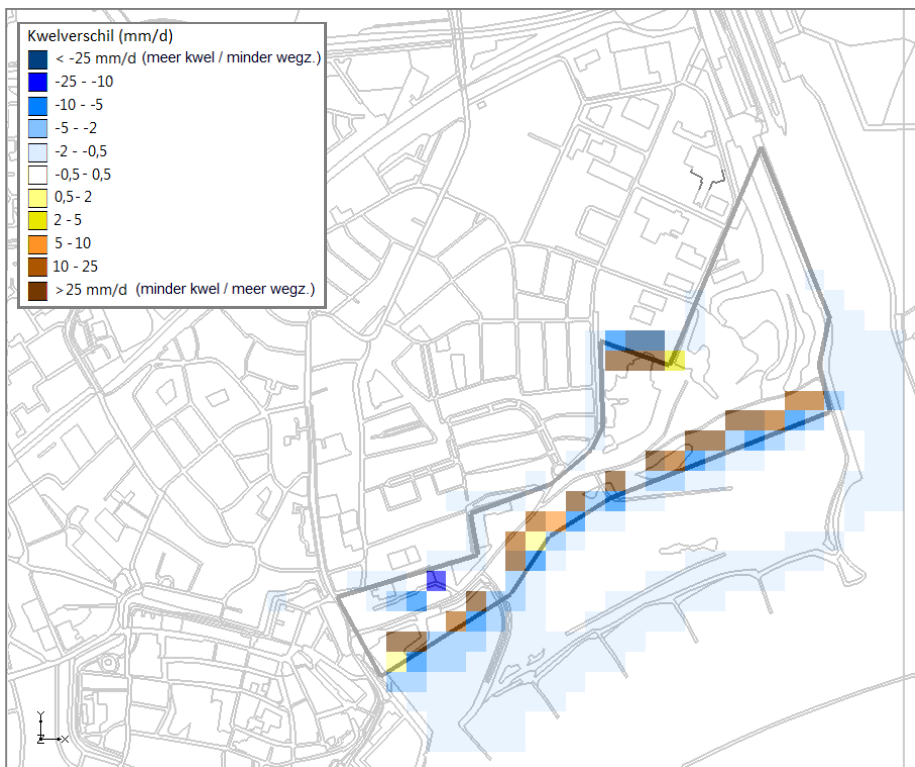
Na ophoging door de klimaatdijk komt de kwel op deze locatie echter niet meer of minder aan maaiveld en er zal daardoor geen of minder oppervlakkige afvoer over het maaiveld zijn. Hierdoor stijgt de grondwaterstand immers hoger, wat meer tegendruk geeft en minder kwel. Kortom, het ophogen resulteert in minder kwel ter plaatse van de klimaatdijk tijdens hoogwatersituaties. In (Grontmij 2009a) wordt ook voor het DSO al gesteld: 'Het Vijverterrein levert door de lage ligging en vergraving van de deklaag in de huidige situatie een significante bijdrage aan de totale kwel naar het gebied.' Het binnendijks beperken van de hoogte en grootte van de klimaatdijk in het VO ten opzichte van het DSO leidt dus tot meer kwel (tijdens hoogwatersituaties). Tevens komt het rivierwater buitendijks dichterbij het stedelijk gebied doordat de klimaatdijk smaller is en het deel van de haven in het VO niet wordt gedempt. De buitendijkse wegzijging verschuift hierdoor bij hoogwater ten opzichte van het DSO, richting stedelijk gebied. Het verschil met het DSO zoals getoond in afbeelding 3.3 is dan ook volgens verwachting.



Afbeelding 3.1: Berekende maximale kwel/wegzijging tijdens hoogwater naar oppervlaktewater voor DSO met VO klimaatdijk (fase 1, zonder haven) (503\_vo2030). De vette lijn geeft de DSO klimaatdijk fase 1+2 contour.



Afbeelding 3.2: Effect op kwel/wegzijing naar oppervlaktewater van DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503\_vo2030) t.o.v. de referentiesituatie (111 huidig). De vette lijn geeft DSO klimaatdijk fase 1+2 contour.



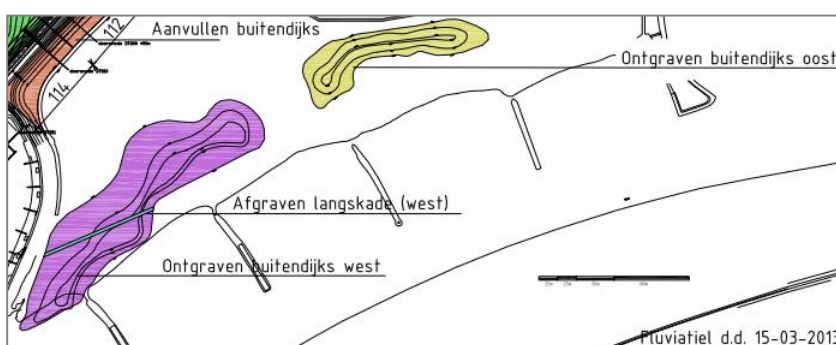
Afbeelding 3.3: Effect op kwel/wegzijing naar oppervlaktewater van DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503\_vo2030) t.o.v. DSO (fase 1+2) (402\_dso2030) De vette lijn geeft de DSO klimaatdijk fase 1+2 contour.

Het DSO met VO klimaatdijk geeft op basis van de modelberekeningen een maximale kwel van 14.742 m<sup>3</sup>/d, 166 m<sup>3</sup> meer dan het DSO met 14.576 m<sup>3</sup>/d. Dit staat voor een kwelremming van 731 m<sup>3</sup>/d ten opzichte van de DSO variant zonder klimaatdijk. De klimaatdijk volgens het VO geeft daarmee ten opzichte van de referentie een kwelremmend effect van 5,7%.

Het kwelremmende effect van de gehele klimaatdijk volgens het DSO is 897 m<sup>3</sup>/d, ofwel 7,1%. Het dempen en ophogen van een deel van de haven (fase 2) draagt hier 143 m<sup>3</sup>/d aan bij, ofwel 1,1%. Het VO levert 5,7%. De rest, 0,3%, wordt dus veroorzaakt door de verschillen voor fase 1 tussen DSO en VO. Het grootste verschil, met tevens het grootste effect, betreft het versmallen van het buitendijkse deel van de dijk.

### 3.2.2 Effecten VO exclusief afdichting geulen

In deze variant worden de twee buitendijkse geulen tot in het onderliggende zandpakket afgegraven. De geulen worden geleidelijk dieper. In afbeelding 3.4 zijn de ontwerpcontouren te zien. De hoogtelijnen geven een hoogte van NAP +6,75 m, +4,00 m resp. +3,25 m aan. Tussen de eerste twee hoogtelijnen wordt dus al een laag van max. 2,75 m dikte afgegraven. De deklaag is in de Willemspolder gemiddeld 2 m dik en zal dus grotendeels doorsneden worden door de geulen tot in het 30 m dikke watervoerende pakket (Grontmij, 2009a) eronder.



Afbeelding 3.4 Ontwerpcontouren geulen VO (bron: '130315 kaart tbv berekening.pdf')

Afbeelding 3.5 toont het effect van het niet afdichten van de geulen ten opzichte van het wel afdichten. Hierbij is de weerstand onder de geulen gelijk gesteld aan de weerstand onder de rivier. In de praktijk zal de bodem van de geulen echter dichtslibben, terwijl dit proces op de rivierbodem niet plaatsvindt door de stroomsnelheid van de rivier. De hier gebruikte weerstand kan daarom gezien worden als de weerstand na vergraving. Bij de gehanteerde klassengrenzen is in afbeelding 3.5 een beperkt effect te zien in stedelijk gebied. Alleen direct langs de klimaatdijk is op een tweetal plekken een beperkte kweltoename te zien wanneer niet wordt afgedicht. Deze twee locaties liggen beide relatief dicht bij de rivier, de bron van het water. Ter plaatse van de geulen is meer wegzijging te zien, terwijl met name net ten zuiden ervan de wegzijging iets minder groot wordt.

Deze variant geeft in het stedelijk gebied op basis van de modelberekeningen 70 m<sup>3</sup>/d meer berekende kwel dan de VO variant met afdichting. Dit is 0,6% ten opzichte van de kwel in de referentiesituatie (111 huidig).



Afbeelding 3.5: Effect van het niet afdichten van de geulen t.o.v. het wel afdichten ervan

## 4 Ophoging Vijverterrein en terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan

In juni 2014 is het afzonderlijke effect van de ophogingen Vijverterrein en terrein Lijsterstraat Nachtegaallaan als onderdeel van het VO beschreven (Grontmij, 2014). De inhoud van deze notitie is in dit hoofdstuk opgenomen.

### 4.1 Inleiding

Als onderdeel van de kweleffectbepaling voor FluviaTiel is extra inzicht gewenst in het individuele effect op de kwelflux van het *ophogen* van enerzijds het Vijverterrein en anderzijds het terrein ten zuidoosten van de Lijsterstraat en Nachtegaallaan.

Daarvoor zijn enkele aanvullende modelberekeningen uitgevoerd:

- 'DSO zonder klimaatdijk met ophoging van het Vijverterrein' (407\_dso2030\_ophogingvijverterrein). Het effect van de ophoging is bepaald ten opzichte van het maaiveldniveau van het model 'DSO zonder klimaatdijk' (405\_dso2030), zie paragraaf 4.2. In bijlage I is het effect beschreven ten opzichte van het niveau van de huidige situatie;
- 'DSO met VO klimaatdijk zonder ophoging terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan' (504\_vo2030\_zonderophogingterrein2). Het effect van het niet-ophogen is bepaald ten opzichte van het maaiveldniveau van het AHN2, zie paragraaf 4.3.

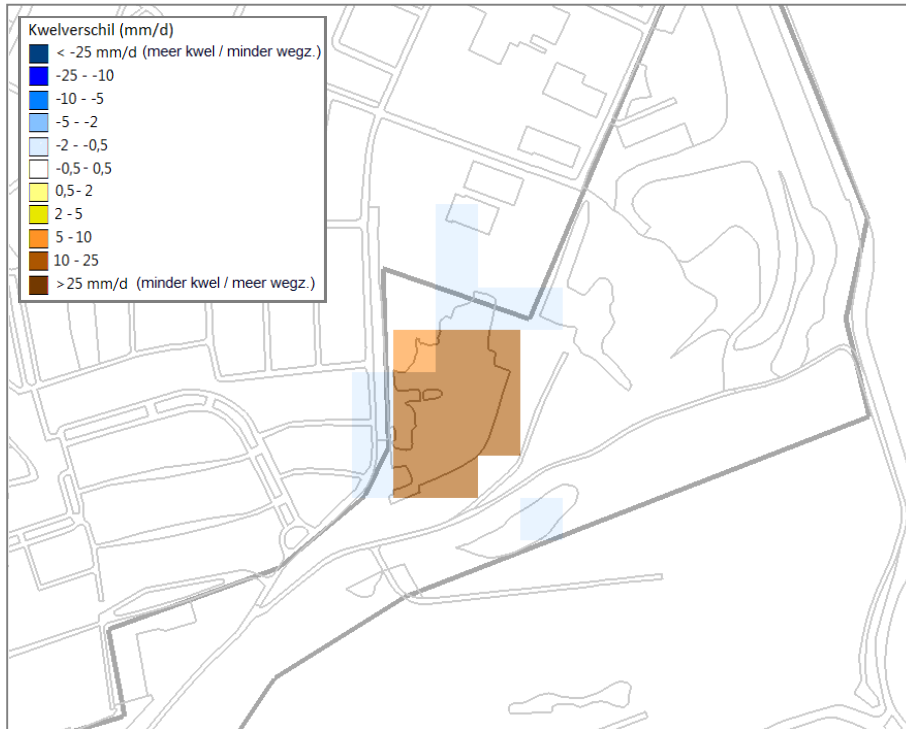
### 4.2 Effect ophoging Vijverterrein ten opzichte van DSO zonder klimaatdijk

Om te bepalen wat de individuele bijdrage in de kwelremming is van het ophogen van het Vijverterrein, is een variant doorgerekend waarin, uitgaande van het model 'DSO zonder klimaatdijk' (405\_dso2030), enkel het Vijverterrein is opgehoogd: 'DSO zonder klimaatdijk met ophoging Vijverterrein' (407\_dso2030\_ophogingvijverterrein).

In het 'DSO zonder klimaatdijk' (405\_dso2030) is weliswaar geen klimaatdijk aanwezig, maar is het Vijverterrein al wel deels opgehoogd tot gemiddeld NAP +7,0 m om de ontwatering van het gebied te kunnen garanderen<sup>3</sup>. Tevens is daarvoor op het Vijverterrein drainage aangelegd op het huidige maaiveldniveau (NAP +5,6 m) met een drainafstand van 20 m. In deze variant 'DSO zonder klimaatdijk met ophoging Vijverterrein' (407\_dso2030\_ophogingvijverterrein) is het Vijverterrein verder opgehoogd conform DSO en is de drainage weer verwijderd. Zie afbeelding 4.1 voor het effect ten opzichte van het 'DSO zonder klimaatdijk' (405\_dso2030). Zichtbaar is dat er door de (verdere) ophoging op het Vijverterrein minder kwel resulteert. Direct rondom het Vijverterrein ontstaat daardoor juist iets meer kwel.

<sup>3</sup> Zie 'Integraal Schetsontwerp Tiel Oost, Technisch achtergrond document', Grontmij, referentienummer 13/99095285/MvdS, projectnummer 237974, 5 november 2009

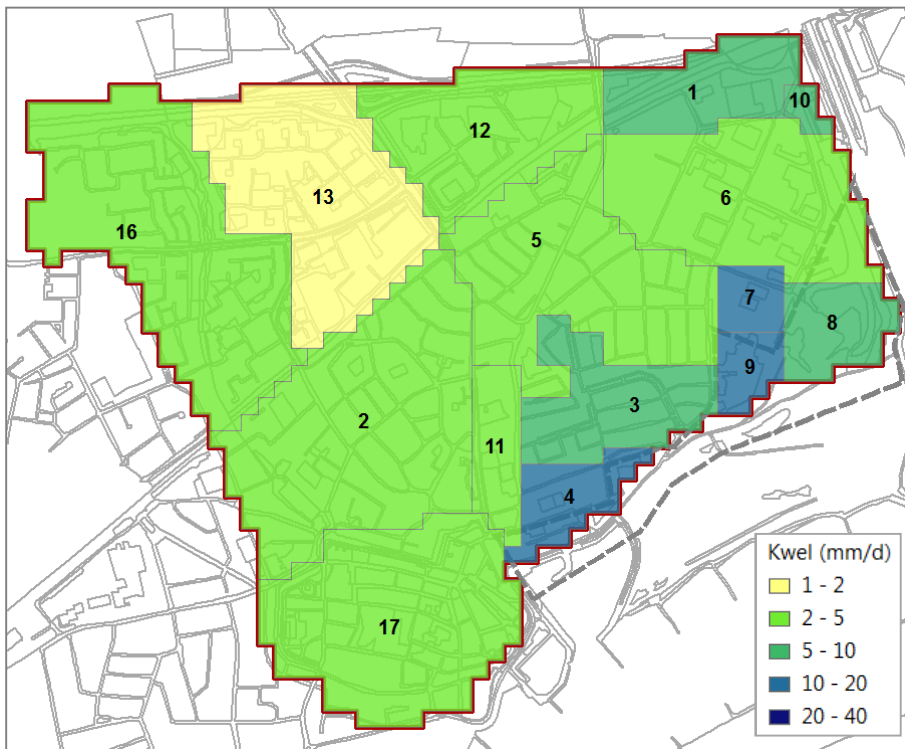
De berekende grondwaterstanden op het Vijverterrein, tijdens hoogwater, zijn bij deze variant (407\_dso2030): NAP +5,8 m in het noordwesten en NAP +6,4 m in het zuidoosten van het Vijverterrein<sup>4</sup>. De totale, maximale kwel tijdens hoogwater voor deze variant is 15.040 m<sup>3</sup>/d. Zie tabel 4.1 en afbeelding 4.2 voor de verdeling over de diverse gebieden in millimeters per dag, ook voor de andere relevante varianten. Het verder ophogen van het Vijverterrein geeft daarmee 433 m<sup>3</sup>/d ofwel 3,4% kwelremming t.o.v. het DSO zonder klimaatdijk, zie tabellen 4.2 t/m 4.4.



Afbeelding 4.1: Effect op kwel/wegzijing naar oppervlaktewater tijdens hoogwater van het ophogen van het Vijverterrein ten opzichte van het DSO zonder klimaatdijk (405\_dso2030)

<sup>4</sup> De grondwaterstanden zijn berekend met een grondwatermodel en kennen daarom onzekerheden. Het gebruikte model gaat uit van een gekalibreerd model met een kalibratieresidu van 0,2m, zie voetnoot 1. Er dient rekening mee te worden gehouden dat de (klimatologische) omstandigheden van de modelberekening kunnen afwijken van die van de kalibratie.





Afbeelding 4.2 Binnendijkse zones en kwel (mm/d) per zone voor 407\_dso2030\_ophogingvijverterrein

**Tabel 4.1** Overzicht berekende kwel per zone (mm/d) en totaal (m<sup>3</sup>/d) voor de relevante modelberekeningen bij een hoogwatergolf van tien dagen bij een maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal

Zones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17	Totaal
Oppervlak (ha)	13,3	47,0	16,3	7,8	36,0	31,5	4,0	8,8	4,3	1,5	7,5	23,5	35,0	47,0	38,0	321 ha
111huidig	5	3	8	3	3	3	9	1	42	6	2	3	1	4	4	12720 m <sup>3</sup> /d
402dso	6	4	8	15	4	4	12	6	16	6	3	3	1	4	4	14576 m <sup>3</sup> /d
405dso	6	4	9	17	5	4	13	7	28	6	3	3	1	4	4	15473 m <sup>3</sup> /d
407dso	6	4	9	17	5	4	13	7	17	6	3	3	1	4	4	15040 m <sup>3</sup> /d
503vo	6	4	9	16	5	4	20	7	7	6	3	3	1	4	4	14742 m <sup>3</sup> /d
Gemiddelde	6	4	8	14	4	4	14	6	24	6	3	3	1	4	4	

111huidig - model volgens de huidige situatie

402dso - model volgens het DSO

405dso - model volgens het DSO zonder klimaatdijk

407dso - model volgens het DSO zonder klimaatdijk met ophoging Vijverterrein (volgens DSO)

503vo - model volgens het DSO met VO klimaatdijk

**Tabel 4.2** Overzicht maatregelen en berekende kwel voor de relevante modelberekeningen bij een hoogwatergolf van tien dagen bij een maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal

		Modelvarianten	Huidig (referentie) (111huidig)	DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)	DSO ophoging Vijverterrein (407_dso2030_ophogingvijverterrein)	DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)	DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)
Maatregelen	Binnendijkse DSO-maatregelen *			X	X	X	X	X
	Ophoging Vijverberg			X	X	X	X	X
	Ophoging Vijverterrein tot 7m plus drainage op 5,6m			X				
	Verdere ophoging Vijverterrein zonder drainage				X	X	X	X
	DSO klimaatdijk fase 1 (brede dijk)				X		X	
	DSO klimaatdijk fase 2 (haven)						X	
	VO klimaatdijk fase 1 (smalle dijk)							X
	VO buitendijkse geulen met onderafdichting							X
	VO aanpassen wadi langs Vijverterrein **							X
Berekende maximale kwel (m <sup>3</sup> /d) bij hoogwater			12.720	15.473	14.719	15.040	14.576	14.742

\* Dit betreft o.a. waterlopen en drains in stedelijk gebied en eveneens de wadi en waterloop langs de klimaatdijk.

\*\* De ligging van het Vijverterrein is in deze VO-variant nauwkeuriger in het model uitgewerkt waardoor de wadi en waterloop die daar als onderdeel van de binnendijkse DSO-maatregelen waren gepland, enigszins zijn verplaatst.

**Tabel 4.3** Overzicht berekende verschillen in maximale kwel tussen modelvarianten in m<sup>3</sup>/d bij hoogwatergolf van tien dagen bij maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal. Kwelremming is met negatieve waarden (minteken) aangegeven.

Variant A	Berekende kwel	Variant B					
		Huidig (referentie) (111 huidig)	DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)	DSO ophoging Vijverterrein (407_dso2030_ophogingvijverterrei)	DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)	DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)
<b>verschil berekende kwel: variant B-A (m<sup>3</sup>/d)</b> (kwelremming variant B t.o.v. A)							
<b>Berekende maximale kwel bij hoogwater</b>		12.720	15.473	14.719	15.040	14.576	14.742
<b>Huidig (referentie) (111 huidig)</b>	12.720		2.753	1.999	2.320	1.856	2.022
<b>DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030)</b>	15.473			-754	-433	-897	-731
<b>DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)</b>	14.719				321	-143	23
<b>DSO ophoging Vijverterrein (407_dso2030)</b>	15.040					-464	298
<b>DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)</b>	14.576						166
<b>DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)</b>	14.742						

**Tabel 4.4** Overzicht berekende procentuele verschillen in kwel (t.o.v. referentie) tussen modelvarianten bij hoogwatergolf van tien dagen bij maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal. Kwelremming is met negatieve waarden (minteken) aangegeven.

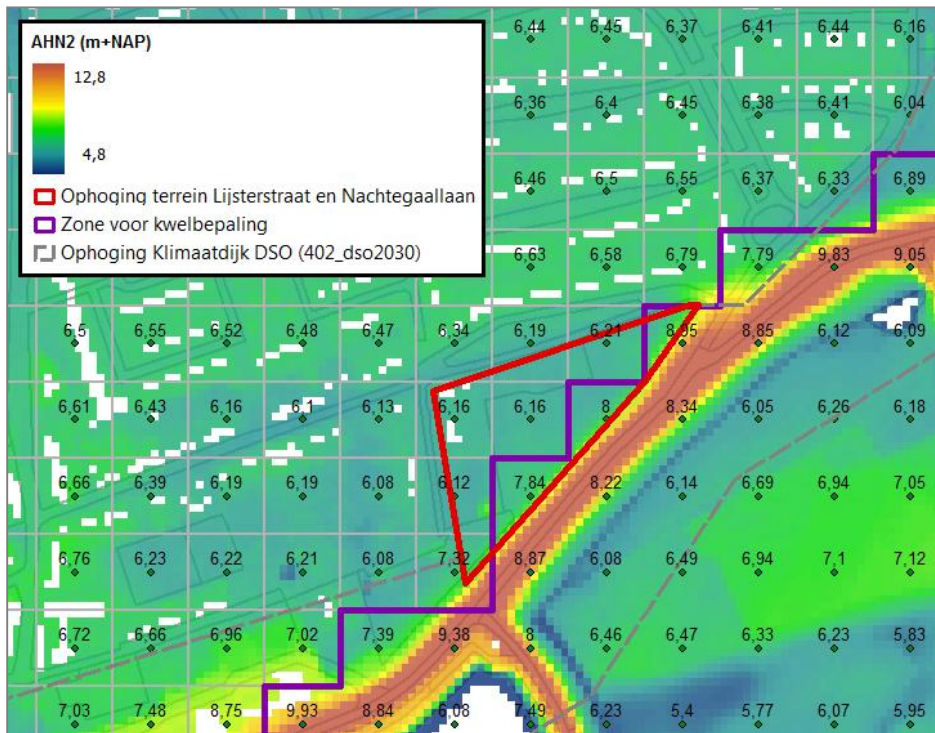
Variant A	Berekende kwel (m <sup>3</sup> /d)	Variant B					
		Huidig (referentie) (111 huidig)	DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030_zonderklimaatdijk)	DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)	DSO ophoging Vijverterrein (407_dso2030_ophogingvijverterrein)	DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)	DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)
<b>verschil berekende kwel: variant B-A</b> (relatieve kwelremming variant B t.o.v. A)							
<b>Berekende maximale kwel bij hoogwater (m<sup>3</sup>/d)</b>		12.720	15.473	14.719	15.040	14.576	14.742
<b>Huidig (referentie) (111 huidig)</b>	12.720		21,6%	15,7%	18,2%	14,6%	15,9%
<b>DSO zonder klimaatdijk (405_dso2030)</b>	15.473			-5,9%	-3,4%	-7,1%	-5,7%
<b>DSO klimaatdijk fase 1 (406_dso2030_fase1)</b>	14.719				2,5%	-1,1%	0,2%
<b>DSO ophoging Vijverterrein (407_dso2030)</b>	15.040					-3,6%	2,3%
<b>DSO (klimaatdijk fase 1+2) (402_dso2030)</b>	14.576						1,3%
<b>DSO met VO klimaatdijk (fase 1) (503_vo2030)</b>	14.742						

Geconcludeerd kan worden dat enkel de ophoging van het Vijverterrein niet voldoende is om het gestelde doel van 6% kwelremming te halen.

In bijlage 2 is berekend wat de bijdrage aan de kwelremming is, van ophoging van het Vijverterrein, wanneer niet wordt uitgegaan van een maaiveldniveau van NAP +7 m (inclusief drainage), maar van een maaiveldniveau van NAP +5,6 m (zonder drainage) conform het model van de huidige situatie (111 huidig).

### 4.3 Ophoging terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan ten opzichte van AHN2

In de variant 'DSO met VO klimaatdijk zonder ophoging langs terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan' (504\_vo2030\_zonderophogingterrein2) wordt de ophoging van het terrein ten zuidoosten de Lijsterstraat en de Nachtegaallaan ongedaan gemaakt door het maaiveldniveau terug te zetten naar het niveau van het AHN2, zie afbeelding 4.3.

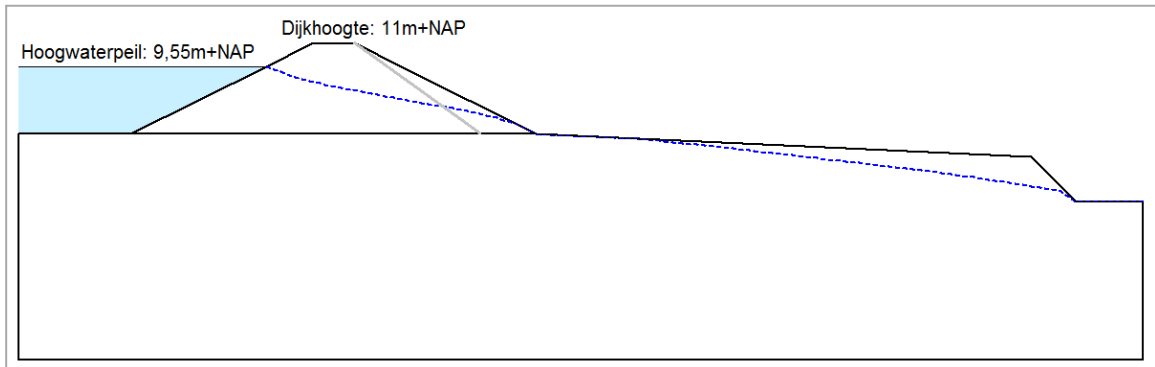


Afbeelding 4.3 maaiveldhoogte (m+NAP) volgens AHN2 (bron: AHN2, 5m grid via [www.pdok.nl](http://www.pdok.nl)). De rode lijn geeft de contour van het op te hogen terrein ten zuidoosten van de Lijsterstraat en de Nachtegaallaan. De paarse lijn geeft de contour waarbinnen de kwelflux wordt bepaald. De grijze lijnen geven de modelcellen in het gebied waarbinnen de kwelflux wordt bepaald.

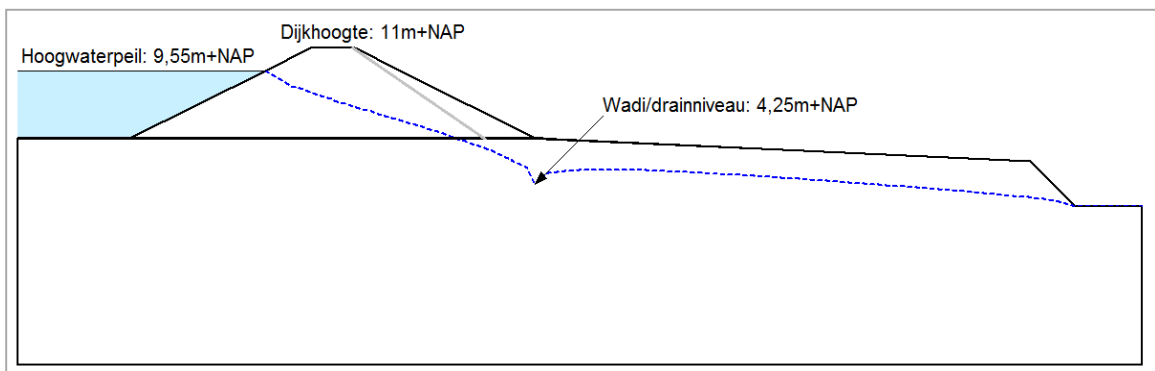
De modelresolutie van  $50 \times 50 \text{ m}^2$  voldoet echter niet om het effect van deze ophoging door te rekenen. Dit komt doordat het binnendijkse deel van de dijk hier relatief smal is (gezien de modelcellen van  $50 \times 50$ ) en doordat er direct langs de dijk een wadi/drain ligt met juist een verlaagd maaiveldniveau. Er resulteert daardoor slechts één modelcel binnen het terrein (rode lijn) en de contour waarbinnen de kwelflux wordt bepaald (paarse lijn). Met het model is het echter wel mogelijk om in te schatten of een hoger maaiveld überhaupt effect heeft en in dat geval de orde van grootte van het effect in te schatten. De grondwaterstand die in het midden van de modelcel berekend wordt, kan worden geïnterpoleerd naar de celrand. Zo kan ook binnen de cel worden vergeleken met de fijnere resolutie van het AHN2. Er is een berekening uitgevoerd, uitgaande van het VO (503\_vo2030), waarin de cellen zonder wadi/drain zijn verlaagd naar de maaiveldhoogte die het AHN2 aangeeft.

Het model berekent voor de modelcel op het terrein in deze variant (504\_vo2030\_zonderophogingterrein2) een grondwaterstand van NAP +6,12 m bij een maaiveldhoogte van NAP +6,16 m. Er blijkt dus geen effect berekend te worden door het verlagen (ongedaan maken van de ophoging in het VO) van het maaiveld. Zelfs met de maaiveldhoogte volgens het AHN2, komt de grondwaterstand niet boven het maaiveld uit. Verder verhogen van het maaiveld heeft dan geen effect.

De vraag is natuurlijk waardoor dit komt. Met het model van de huidige situatie (111 huidig) wordt op dit terrein namelijk wel een grondwaterstand boven maaiveld berekend. Uitgaande van die situatie zal ophogen wel een effect op de kwelflux hebben. In het DSO- en VO-ontwerp wordt echter ook een wadi langs het opgehoogde terrein aangelegd. Bij een goede werking heeft deze tijdens hoge grondwaterstanden een vrij sterk drainerend effect op de grondwaterstand. Zie afbeelding 4.4 voor een schematische weergave van de situatie zonder drain; het grondwater komt tijdens hoogwater langs het talud van de dijk dan net boven maaiveld. In afbeelding 4.5 is de situatie weergegeven bij aanwezigheid van een drain langs de dijk. Duidelijk is nu zichtbaar dat ophogen de grondwaterstand niet verder beïnvloedt.



Afbeelding 4.4 schematisch overzicht grondwaterstand zonder wadi/drain tijdens hoogwater. De grijze lijn geeft het niet-opgehoogde dijktalud aan van de huidige situatie. Ophogen beïnvloedt hier de grondwaterstand en kwelflux.



Afbeelding 4.5 schematisch overzicht effect wadi/drain tijdens hoogwater. De grijze lijn geeft het niet-opgehoogde dijktalud aan van de huidige situatie. Ophogen heeft hier geen effect.

## 5 Conclusie

Uit het voorgaande kan het volgende worden geconcludeerd:

- de opgave voor de kwelremming door de klimaatdijk is vastgesteld op basis van het verschil tussen het DSO met en zonder klimaatdijk tijdens hoogwater. Voor deze rapportage is een aanvullende modelberekening uitgevoerd voor de DSO variant zonder klimaatdijk om de kwel in deze variant nauwkeuriger te kunnen bepalen;
- de opgave voor fase 1+2 van de klimaatdijk is  $897 \text{ m}^3/\text{d}$ , ofwel 7,1% ten opzichte van berekende kwel voor de referentiesituatie. Dit is het met het grondwatermodel berekende, kwelremmende effect van de DSO-klimaatdijk (fase 1+2) ten opzichte van het DSO zonder klimaatdijk;
- de opgave voor fase 1 van de klimaatdijk is  $754 \text{ m}^3/\text{d}$ , ofwel 5,9% ten opzichte van berekende kwel voor de referentiesituatie. Dit is het met het grondwatermodel berekende, kwelremmende effect van de DSO-klimaatdijk fase 1 ten opzichte van het DSO zonder klimaatdijk;
- het berekende, kwelremmende effect van de VO klimaatdijk fase 1 is  $731 \text{ m}^3/\text{d}$ , ofwel 5,7% ten opzichte van berekende kwel voor de referentiesituatie. Dit is 81% van de totale opgave vanuit het DSO voor de klimaatdijk (fase 1+2);
- de bijdrage aan de kwelremming van het afdichten van de twee buitendijkse geulen in het VO is ongeveer  $70 \text{ m}^3/\text{d}$ , ofwel 0,6% van de 5,7% kwelremming van de VO klimaatdijk.

## 6 Literatuur

- Grontmij, 2009a, 'Integraal Schetsontwerp Tiel Oost, Technisch achtergrond document', Grontmij, referentienummer 13/99095285/MvdS, p/n 237974, 5 november 2009
- Grontmij, 2009b, 'Definitief integraal Schetsontwerp Tiel Oost, Factsheet van de hydrologische aspecten', Grontmij, referentienummer 13/99095166/MH, p/n 237974, 3 november 2009;
- Grontmij, 2012, Notitie 'Geohydrologische effecten dempen haven en Kil in Tiel Oost', Grontmij, p/n 322753, 12 juli 2012;
- Grontmij, 2014, Notitie 'Kweleffectbepaling FluviaTiel - Ophoging Vijverterrein en terrein Lijsterstraat-Nachtegaallaan, referentienummer GM-0135326, p/n 329989, 11 juni 2014;
- DLG, 2013, 'FluviaTiel Voorlopig Ontwerp, april 2013', DLG, H&S adviseurs, Plannendokter, april 2013.

# Bijlage 1

## Resultaten DSO



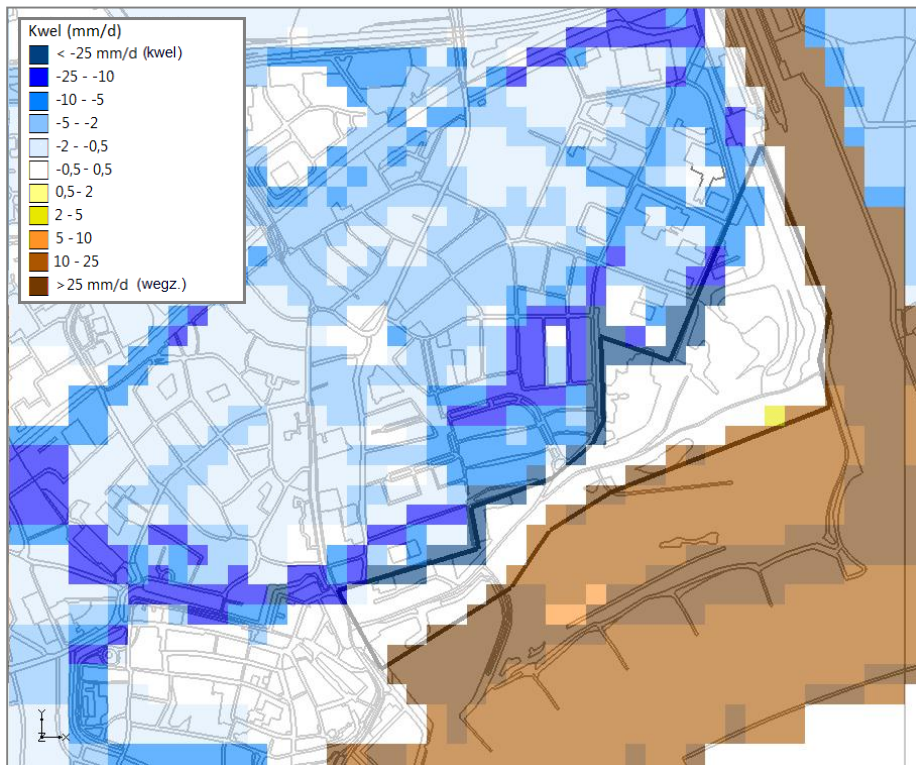
In deze bijlage zijn de resultaten van het DSO uit 2009 met klimaatdijk gepresenteerd. Om te bepalen wat de kwelremming is ten gevolge van de gehele klimaatdijk is een variant van het DSO doorgerekend zonder klimaatdijk. De klimaatdijk van het DSO wordt in twee fasen gerealiseerd: het deel in de haven (fase 2) en de rest (fase 1). Om het VO (fase 1) te kunnen vergelijken met het DSO is tevens een variant van het DSO doorgerekend met enkel de maatregelen van fase 1 (dus zonder de maatregelen in de haven). Deze variant is in de laatste paragraaf beschreven.

#### B1.1 Resultaten DSO met klimaatdijk fase 1+2 (402\_dso2030)

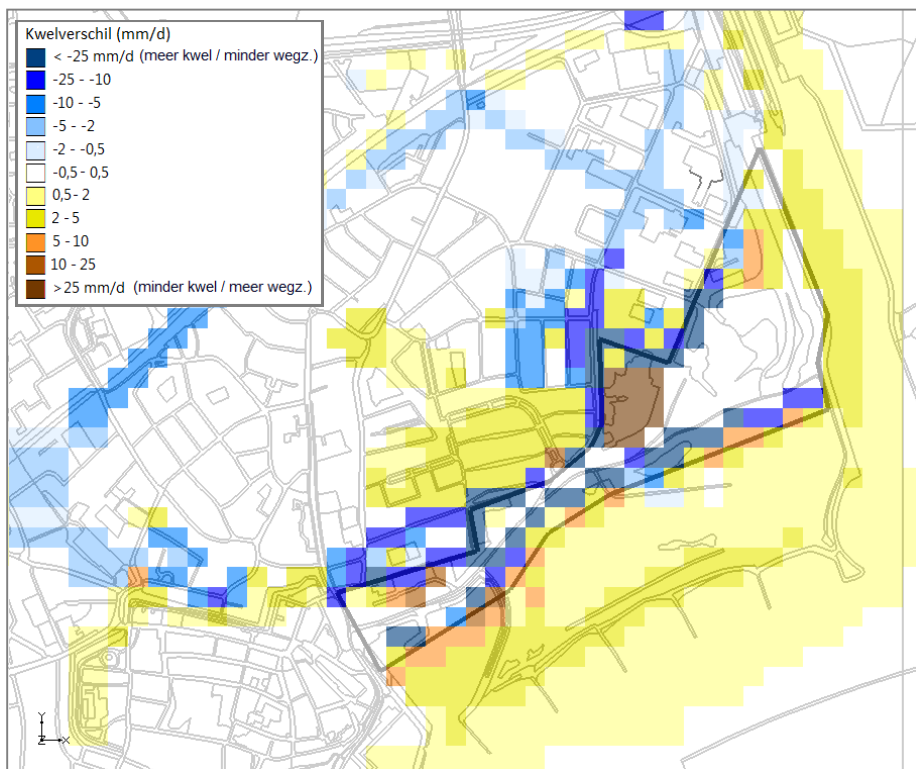
De aanpassingen voor de klimaatdijk in het DSO ten opzichte van de huidige situatie zijn als volgt:

- een veel hogere drainagebasis op het Vijverterrein waar het grondwater in de huidige situatie aan maaiveld uittreedt bij hoge rivierwaterstanden (ophoging tot NAP+14 m);
- dempen en ophogen van een deel van de haven;
- binnendijkse ophoging langs de dijk van een relatief beperkt oppervlak;
- buitendijkse ophoging langs de gehele dijk;
- dempen van buitendijkse waterpartijen (o.a. de Kil).

Deze variant van het DSO betreft dus zowel fase 1 als 2. In afbeelding B1.1 is voor deze variant de berekende kwel en wegzijging naar het oppervlaktewater tijdens hoogwater getoond. Deze resultaten zijn reeds eerder beschreven (Grontmij, 2012).



Afbeelding B1.1: Berekende kwel/wegzijging naar oppervlaktewater tijdens hoogwater voor het DSO (met klimaatdijk fase 1+2) (402\_dso2030). De vette lijn geeft de DSO klimaatdijk fase 1+2 contour.



Afbeelding B1.2: Effect op kwel/wegzijing naar oppervlaktewater tijdens hoogwater van het DSO (met klimaatdijk fase 1+2) (402\_dso2030) t.o.v. de referentiesituatie (111\_huidig). De vette lijn geeft de DSO klimaatdijk fase 1+2 contour.

In afbeelding B1.2 is het effect van het DSO ten opzichte van de referentiesituatie getoond. Het effect in de binnendijkse blauwe cellen geeft meer kwel aan. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door nieuwe waterlopen en drainage die meer kwel aantrekken. De binnendijkse donkergele vlekken geven juist minder kwel aan en worden enerzijds veroorzaakt doordat de nieuwe waterlopen meer kwel afvangen en anderzijds door de kwelremmende maatregelen van de klimaatdijk. De donkerbruine vlek ter plaatse van het Vijverterrein geeft minder kwel aan en wordt veroorzaakt door de ophoging daar.

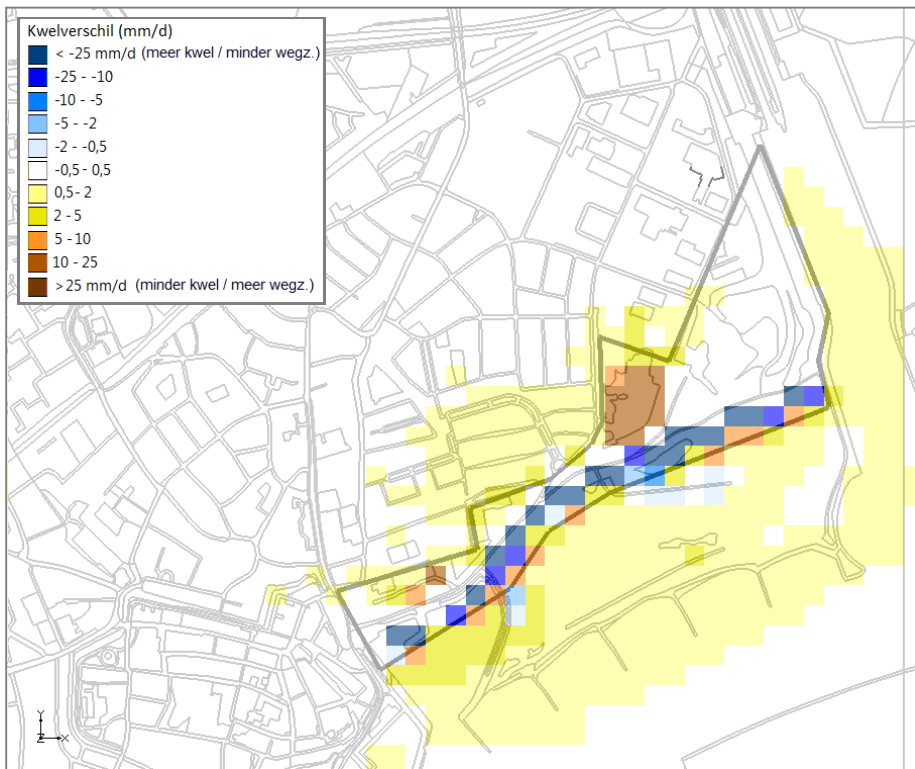
#### B1.2 Resultaten DSO zonder klimaatdijk (405\_dso2030)

Voor deze rapportage is een aanvullende modelberekening uitgevoerd voor de DSO variant zonder klimaatdijk om het kwelremmende effect van de klimaatdijk nauwkeuriger in beeld te brengen.

De DSO variant zonder klimaatdijk is als volgt afgeleid van de DSO variant met klimaatdijk:

- geen ophogingen op of rondom de dijk, behalve voor twee uitzonderingen:
  - de eerste uitzondering is het Vijverterrein dat wordt opgehoogd tot gemiddeld NAP+7,0m om de ontwatering van het gebied te kunnen garanderen. Op het Vijverterrein wordt drainage aangelegd op het huidige maaiveld met een drainafstand van 20 meter;
  - een tweede uitzondering vormt het binnendijkse gedeelte van de Echtelsedijk. Hier wordt sowieso opgehoogd. De (binnendijkse) Vijverberg is buiten de maatregelen voor het DSO al opgehoogd;
- dempen van het deel in de haven ongedaan maken;
- buitendijkse waterpartijen terugplaatsen.

In afbeelding B1.3 is het effect op de kwel/wegzijing naar oppervlaktewater getoond van het DSO met klimaatdijk (402\_dso2030) ten opzichte van het DSO zonder klimaatdijk (405\_dso2030).



Afbeelding B1.3: Effect op kwel/wegzijing naar oppervlaktewater van DSO (met klimaatdijk fase 1+2) (402\_dso2030) t.o.v. DSO zonder klimaatdijk (405\_dso2030) De vette lijn geeft de DSO klimaatdijk fase 1+2 contour.

Het niet aanleggen van de klimaatdijk leidt met deze variant (405\_dso2030) tijdens hoogwater tot een berekende hoeveelheid kwel van  $15.473 \text{ m}^3/\text{d}$  naar het oppervlaktewater. Dit geeft  $897 \text{ m}^3/\text{d}$  meer kwel dan het DSO met klimaatdijk. De klimaatdijk van het DSO geeft daarmee 7,1% kwelremming ten opzichte van de referentiesituatie met  $12720 \text{ m}^3/\text{d}$  kwel.

#### B1.3 Resultaten DSO met klimaatdijk fase 1 (406\_dso2030)

Om de resultaten van het VO (fase 1 van de klimaatdijk) te kunnen vergelijken met het DSO, is een aparte modelberekening uitgevoerd voor een variant van het DSO met enkel fase 1 van de klimaatdijk (dus zonder haven). Hiermee is het effect van het dempen en ophogen van het deel in de haven te bepalen.

Deze variant (406\_dso2030) met klimaatdijk fase 1 zoals geschematiseerd in het DSO, geeft tijdens hoogwater een berekende hoeveelheid kwel naar het oppervlaktewater van  $14.719 \text{ m}^3/\text{d}$ . Deze variant levert daarmee  $754 \text{ m}^3/\text{d}$  van de  $897 \text{ m}^3/\text{d}$  kwelremming van de gehele DSO klimaatdijk (fase 1+2). Fase 2 van de klimaatdijk (de haven) levert dus  $143 \text{ m}^3/\text{d}$  hiervan. Ofwel 16% van de kwelremming van de klimaatdijk volgens het DSO wordt veroorzaakt door fase 2 (het deel van de klimaatdijk in de haven) en 84% wordt veroorzaakt door fase 1 (de rest van de klimaatdijk).

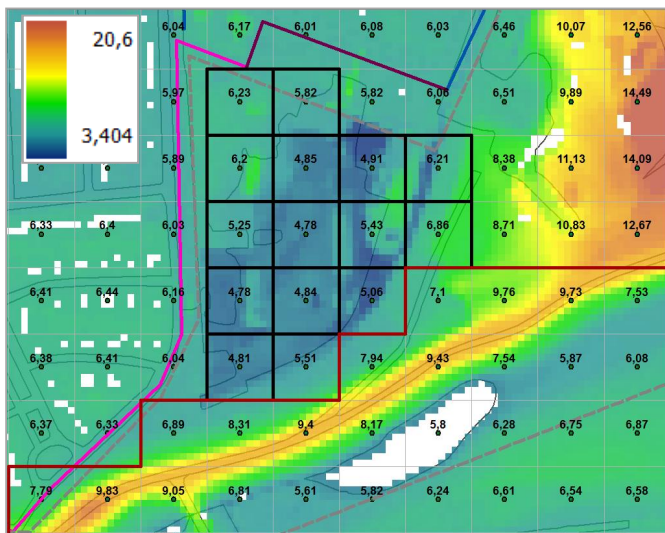
## Bijlage 2

### Effect ophoging Vijverterrein ten opzichte van AHN

Aanvullend op de variant 'DSO zonder klimaatdijk met ophoging Vijverterrein' (407\_dso2030) is nog bepaald wat de bijdrage aan de kwelremming is van ophoging van het Vijverterrein wanneer wordt niet wordt uitgegaan van een maaiveldniveau van NAP +7 m (inclusief drainage) zoals in het 'DSO met klimaatdijk' (405\_dso2030), maar van een maaiveldniveau van NAP +5,6 m (zonder drainage) conform het model van de huidige situatie (111 huidig).

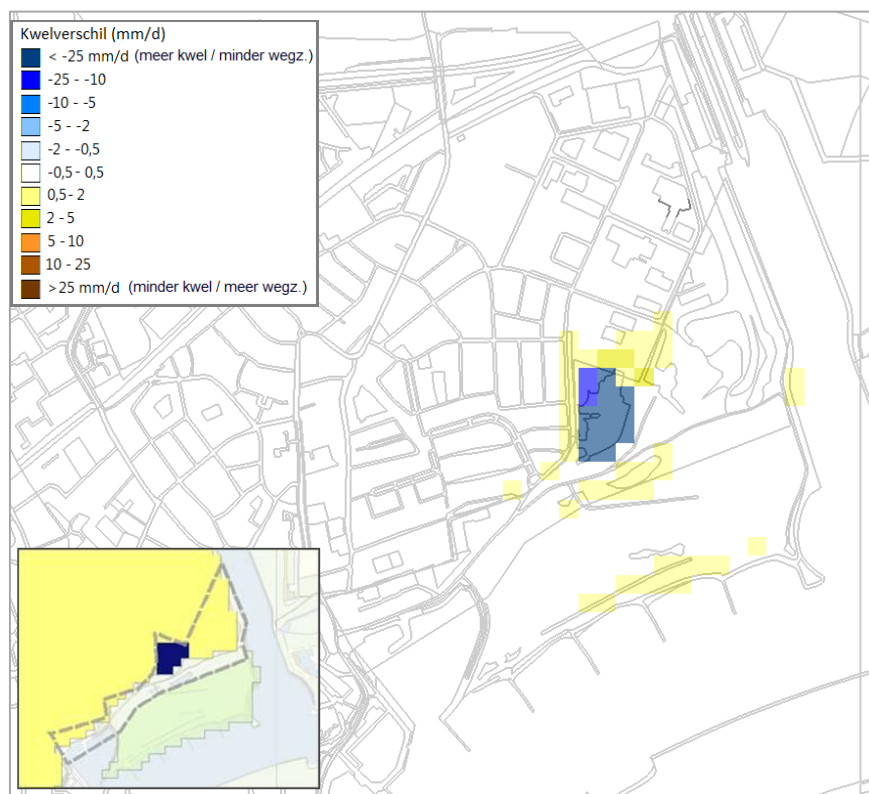
Er is in dit geval uitgegaan van de variant 'DSO met VO klimaatdijk' (503\_vo2030) en maaiveld van het Vijverterrein is hier juist is teruggezet naar het niveau van de huidige situatie (111 huidig). De resulterende variant is 'DSO met VO klimaatdijk zonder ophoging Vijverterrein' (505\_vo2030\_zonderophogingvijverterrein). Zie afbeelding B2.1 voor de locatie in het model.

Het AHN2 geeft voor het Vijverterrein nog het oppervlaktewaterniveau van de vijver aan, zie afbeelding 4.3. De vijver is echter nadien gedempt. Volgens het technisch achtergrond document van het 'Integraal Schetsontwerp Tiel Oost' (Grontmij, 5 november 2009, referentienr. 13/99095285/MvdS), bepaalt het niveau van de wegwolken op de Zwaluwstraat (=NAP +5,6 m) het afvoerniveau van het vijverterrein. In het model is daarom het niveau van 5,6 m +NAP binnen het Vijverterrein aangehouden als afvoerend maaiveldniveau. Dit is de schematisatie die ook voor het model van de huidige situatie is gebruikt (111huidig). Er wordt hierbij van uitgegaan dat de berging op maaiveld beperkt is.



Afbeelding B2.1 AHN2-detail (5m grid) bij het Vijverterrein, opgeschaalde 50x50 maaiveldhoogte (m+NAP), modelcellen voor Vijverterrein (zwarte rand) en wadi en waterloop langs de dijk (roze/paars/blauw).

In afbeelding B2.2 is het effect weergegeven van het *niet ophogen* van het Vijverterrein in vergelijking met de variant 'DSO met VO klimaatdijk' (503\_vo2030). De modelmatige grens van het Vijverterrein is linksonder in afbeelding 3.2 getoond. Er valt te zien dat er ter plaatse van het Vijverterrein meer kwel wordt berekend. Dit is conform verwachting: door het lagere maaiveld komt het grondwater boven maaiveld en stroomt het oppervlakkig af. Dit veroorzaakt de toestroming van meer grondwater ofwel kwel. Tevens is in afbeelding 3.2 te zien dat er binnendijs in de omgeving van het Vijverterrein minder kwel wordt berekend. Ook dit is volgens verwachting: doordat er meer kwelwater richting het Vijverterrein stroomt, zal ditzelfde kwelwater andere plekken niet bereiken. De kwelstroom verplaatst zich dus enigszins en daarnaast is er buitendijs meer wegzijging vanuit de Waal.



Afbeelding B2.2: Effect op kwel/wegzijing naar oppervlaktewater van het niet ophogen van het Vijverterrein in relatie tot variant 'DSO met VO klimaatdijk fase 1' (503\_vo2030): verschil VO zonder ophoging Vijverterrein (op basis van AHN2) min VO met ophoging Vijverterrein.

Voor de variant 'DSO met VO klimaatdijk zonder ophoging Vijverterrein' (505\_vo2030\_zonderophogingvijverterrein) wordt maximaal 15.906 m<sup>3</sup> binnendijkse, absolute kwel per dag berekend tijdens hoogwater, ofwel 1.164 m<sup>3</sup>/d minder kwelremming dan variant 'DSO met VO klimaatdijk' (503\_vo2030).

Dit is aanzienlijk meer dan voor de andere varianten. In tabel B2.1 is de berekende kwel naar het oppervlaktewater tijdens hoogwater getoond voor deze variant en enkele overige varianten. Zowel de totale binnendijkse kwel (in m<sup>3</sup>/d) als de kwel per zone (in mm/d) zijn opgenomen. Zie afbeelding B2.3 voor de ligging van deze zones. Zichtbaar wordt dat het Vijverterrein, zone 9, in variant 505\_vo2030\_zonderophogingvijverterrein, naar rato van het oppervlak, verreweg de meeste kwel aantrekt. De reden hiervan is de combinatie van het lage maaiveld en de wadi/drain die langs het Vijverterrein is aangelegd. Door zowel het lage maaiveld als de wadi/drain wordt kwelwater afgevoerd. De ligging nabij de rivier versterkt het effect.

In tabel B2.1 is te zien dat het verschil tussen de berekende kwel van variant 503\_vo2030 en variant 505\_vo2030\_zonderophogingvijverterrein, zoals verwacht, hoofdzakelijk ter plaatse van het Vijverterrein voorkomt. Dat deze hoeveelheid kwel qua orde van grootte klopt is te zien door te vergelijken met het model van de huidige situatie (111\_huidig2030), met dezelfde maaiveldhoogten voor het Vijverterrein. Dat het niet ophogen van het Vijverterrein zelfs nog meer kwel geeft dan het variant 'DSO zonder klimaatdijk' (405\_dso2030\_zonderklimaatdijk), komt doordat in deze laatste variant het maaiveld van het Vijverterrein wel tot 7m+NAP is opgehoogd.

**Tabel B2.1** Overzicht berekende kwel per zone (mm/d) en totaal (m<sup>3</sup>/d) voor de relevante modelberekeningen bij een hoogwatergolf van tien dagen bij een maatgevende T=10 jaar waterstand in de Waal

Zones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17	Totaal (m <sup>3</sup> /d)
Oppervlak (ha)	13,3	47,0	16,3	7,8	36,0	31,5	4,0	8,8	4,3	1,5	7,5	23,5	35,0	47,0	38,0	321
111 huidig	5	3	8	3	3	3	9	1	42	6	2	3	1	4	4	12717
402dso	6	4	8	15	4	4	12	6	16	6	3	3	1	4	4	14576
405dso	6	4	9	17	5	4	13	7	28	6	3	3	1	4	4	15473
503vo	6	4	9	16	5	4	20	7	7	6	3	3	1	4	4	14742
505vo	6	4	8	16	4	4	20	6	37	6	3	3	1	4	4	15906
Gemiddelde	6	4	8	14	4	4	14	6	24	6	3	3	1	4	4	

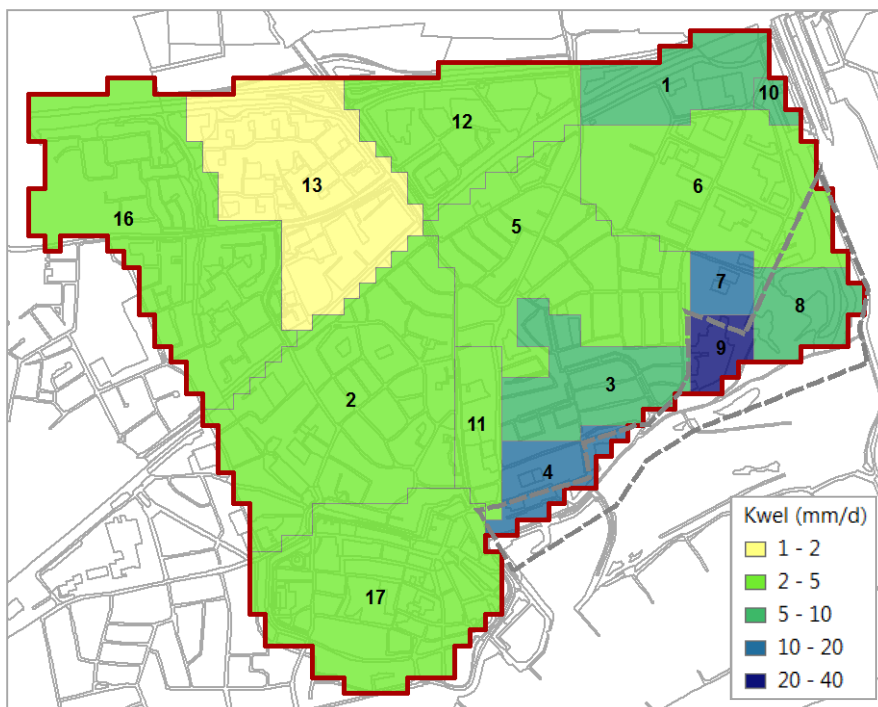
111 huidig - model volgens de huidige situatie

402dso - model volgens het DSO

405dso - model volgens het DSO zonder klimaatdijk

503vo - model volgens het DSO met VO klimaatdijk

505vo - model volgens het DSO met VO klimaatdijk, zonder ophoging van het Vijverterrein



Afbeelding B2.3 Binnendijkse zones en kwel (mm/d) per zone voor 505\_vo2030\_zonderophogingvijverterrein