
Watersysteemanalyse Harnaschpolder Zuid te Delft

Knelpuntenanalyse en NBW-toetsing

25 juli 2013

Verantwoording

Titel	Watersysteemanalyse Harnaschpolder Zuid te Delft
Opdrachtgever	Bedrijvenschap Harnaschpolder
Projectleider	ir. L.A.C. van Genugten
Auteur(s)	J. (Jantine) Hoekstra MSc, ir. J. (Jacob) Luijendijk
Projectnummer	1213691
Aantal pagina's	24 (exclusief bijlagen)
Datum	25 juli 2013
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
BU Water
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	3
1 Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Doelstelling	7
1.3 Leeswijzer	8
2 Systeembeschrijving	9
2.1 Watersysteem	9
2.2 Landgebruik.....	10
2.3 Areaal oppervlaktewater en bergingsruimte	12
3 Watersysteemanalyse.....	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Toetsnormen	13
3.2.1 Normen voor hydraulisch functioneren.....	13
3.2.2 NBW toetsnormen	13
3.3 Hydrologische modellering	14
3.4 Hydraulische toetsing	15
3.5 NBW-toetsing	16
3.5.1 Vaststellen toetscriteria	16
3.5.2 Vaststellen toetshoogten	16
3.5.3 Tijdreeksanalyse extreme waterstanden	17
3.5.4 NBW-toetsing toekomstige situatie	18
4 Knelpunten- en gevoeligheidsanalyse	20
4.1 Knelpuntenanalyse	20
4.2 Gevoeligheidsanalyse	20
4.2.1 Scenario 1: Verminderen oppervlaktewater	21
4.2.2 Scenario 2: Hoger verharding percentage	22
5 Conclusie	24

Bijlage(n)

- 1 Kaarten
- 2 Hydraulische Knelpunten analyse
- 3 NBW-toetsing
- 4 Uitgangspunten Hydrologische modellering
- 5 Modelwijzigingen naar aanleiding 1e versie watersysteemanalyse en projectgroep overleg op 11 april 2013
- 6 Berekend bergingsvolume per afwateringseenheid
- 7 Grafieken herhalingsstijd extreme waterstanden volgens Gumble voor een deel van de falende afwateringsgebieden
- 8 Globale Waterbalans, voor een compleet overzicht wordt verwezen naar het SOBEK model.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het bedrijfenschap Harnaschpolder en de gemeente Midden-Delfland zijn bezig met de ontwikkeling van respectievelijk het bedrijventerrein Harnaschpolder en de woonwijk Look-west (zie figuur 1.1). In het kader van deze ontwikkeling is in 2005 een raamvergunning (kenmerk 558611/0580714 van 6 februari 2006) aangevraagd en verleend door Hoogheemraadschap van Delfland. Deelplannen zullen bij vergunningaanvraag getoetst worden aan deze raamvergunning. Momenteel wordt nog steeds gewerkt op basis van deze raamvergunning.

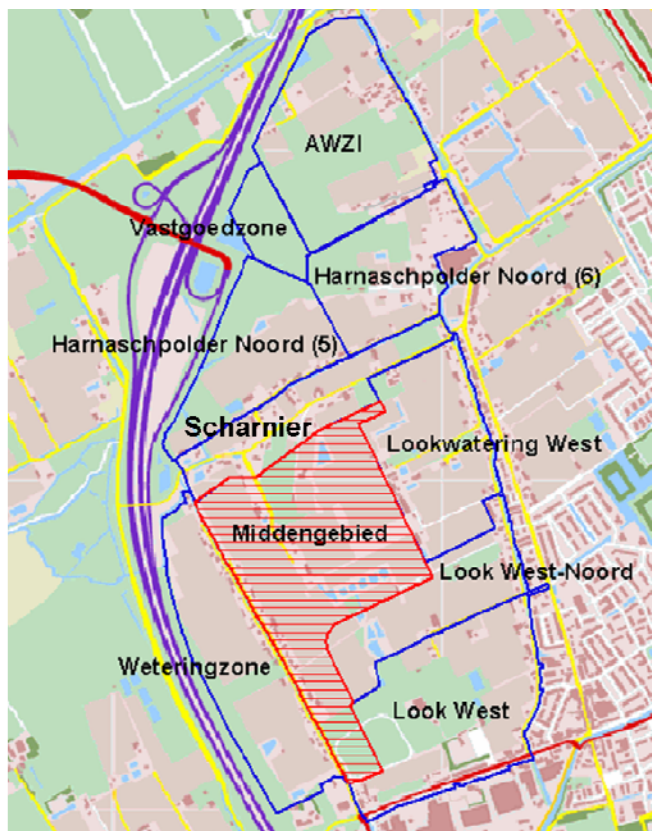
Het bedrijfenschap en de gemeente Midden-Delfland worden nu geconfronteerd met veranderde uitgangspunten over de inrichting van het watersysteem in de polder. De meeste uitgangspunten zijn niet erg ingrijpend, maar één daarvan heeft grote gevolgen. Het plangebied wordt in de huidige situatie doorkruist door een 150kV-verbinding van TenneT. Deze verbinding is centraal in het gebied ingepast in de stedenbouwkundige plannen en omdat het onder het tracé aanwezige gebied verregaande beperkingen kent, is er bij de uitwerking gekozen voor de inrichting van een grote waterpartij onder de masten. Door de beperkingen op het betreffende gebied heeft de waterpartij wel een fors grotere omvang gekregen dan noodzakelijk volgens de in 2006 geldende bergingsnormen van Delfland.

Nu wordt dit tracé verplaatst van het hart van de Harnaschpolder naar de buitenzijde van het gebied tegen de snelweg A4 aan in de Woudsepolder en wordt er op deze locatie tevens een 380kV-verbinding aangelegd. Met het verplaatsen van de verbinding vervallen de beperkingen en kan de ruimte benut worden als extra uitgeefbaar terrein (compensatie voor beperking uitgeefbaar in de Woudsepolder).

Het overschot aan oppervlaktewater in de Harnaschpolder onder het voormalige tracé kan niet zomaar gedeeltelijk gedempt worden. Het watersysteem moet blijven functioneren en daarbij voldoen aan de NBW-normen voor de bescherming tegen inundatie. Daarom heeft het hoogheemraadschap gevraagd om dit middels een watersysteemanalyse aan te tonen.

1.2 Doelstelling

Het bedrijfenschap en de gemeente Midden-Delfland willen graag voldoen aan de voormalige minimum bergingseis van 325 m³/ha van Hoogheemraadschap van Delfland en op basis hiervan het watersysteem inrichten, zodat het uitgeefbaar terrein gemaximaliseerd kan worden. Op basis van deze bergingseis wordt het watersysteem ingericht en vervolgens door middel van een hydrologische modellering getoetst aan de NBW-eisen conform de Waterverordening Zuid-Holland ten aanzien van inundatie. Bij eventuele NBW-knelpunten wordt het systeem geoptimaliseerd, waarbij gedacht kan worden aan beperking van plaatselijke peilstijgingen door hydraulische opstuwing, creëren extra oppervlaktewater of plaatselijke maaiveldophogingen.



Figuur 1.1 Wijkenkaart Harnaschpolder. Het gearceerde Middengebied wordt het bedrijventerrein Harnaschpolder genoemd

1.3 Leeswijzer

Het onderzoeksgebied wordt beschreven in hoofdstuk 2. De toetsing van het watersysteem aan de normen van het hoogheemraadschap voor hydraulisch functioneren en NBW wordt beschreven in hoofdstuk 3. Op basis van de toetsuitkomsten wordt in hoofdstuk 4 een analyse van de knelpunten gemaakt, zowel voor de hydraulische knelpunten als de bergingsknelpunten. Tevens wordt in dit hoofdstuk een gevoeligheidsanalyse van de berekende peilstijging gemaakt om inzicht te krijgen in de ruimte voor mogelijke verder optimalisatie van het systeem.

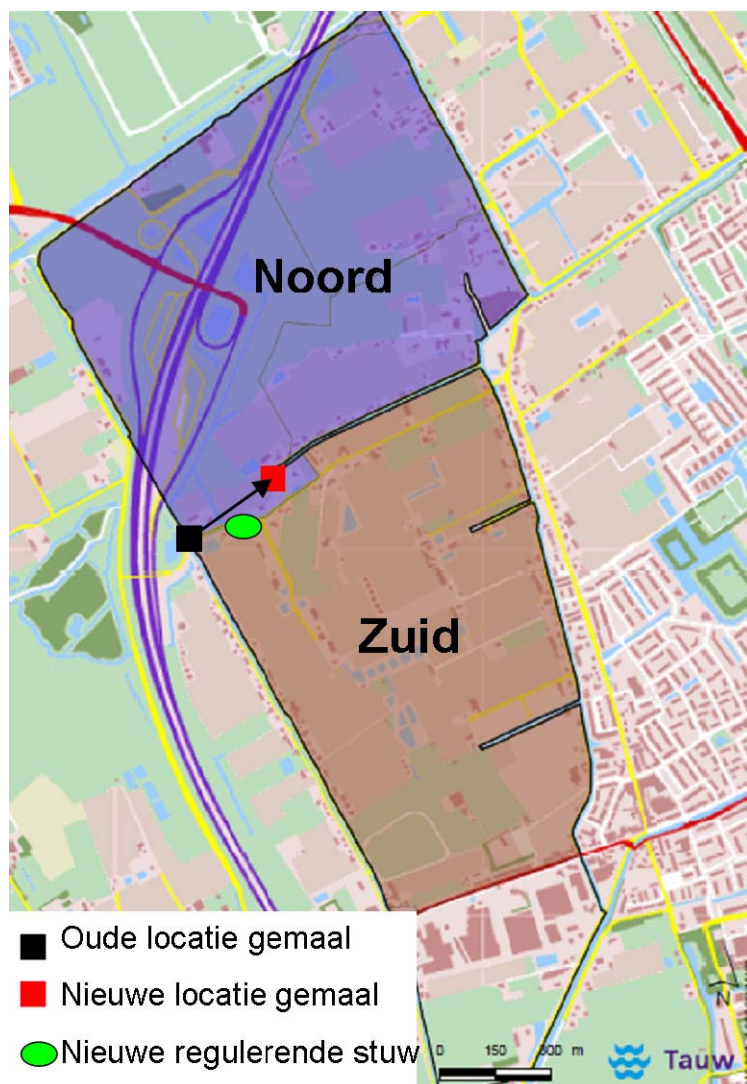
2 Systeembeschrijving

2.1 Watersysteem

In deze studie wordt het watersysteem in de toekomstige situatie geanalyseerd in de nog deels te ontwikkelen wijken Lookwatering West, Look West-Noord, Look West, het nieuwe bedrijventerrein het Middengebied en de bestaande woonwijk het Scharnier (zie figuur 1.1 voor de toekomstige wijkindeling). Het beschouwde gebied wordt Harnaschpolder Zuid genoemd.

De Harnaschpolder ligt tussen Delft en de snelweg A4 en is een voormalig kassengebied wat deels wordt ontwikkeld als woongebied en deels als bedrijventerrein. Het huidige watersysteem wordt in de nieuw te ontwikkelen gebieden geheel aangepast, alleen het huidige boezemsysteem blijft bestaan. Het huidige poldergemaal van de gehele Harnaschpolder wordt verplaatst naar een andere boezemwatergang circa 300 m ten noordoosten van de huidige locatie (van boezem Harnaschwatering naar Look, zie figuur 2.1). Dit poldergemaal bemaalt Harnaschpolder Noord en Zuid. De Harnaschpolder Zuid heeft een hoger waterpeil dan Harnaschpolder Noord.

De Harnaschpolder Zuid bestaat uit 1 peilvak waar een vast peil op NAP-1.8 m wordt gehandhaafd. Om afwenteling van het zuidelijke gebied te voorkomen, voert het zuidelijke gebied in de toekomst via een debiet (en peil) gestuurde stuw water af richting de Harnaschpolder Noord alvorens het bij het poldergemaal komt (zie figuur 2.1) en wordt uitgeslagen op de boezem.



Figuur 2.1 Verschuiving locatie gemaal en locatie nieuwe stuw. Grens tussen Harnaschpolder Noord en Zuid

2.2 Landgebruik

In de toekomstige situatie bestaat het landgebruik in vrijwel de gehele Harnaschpolder Zuid uit stedelijke bebouwing of bedrijventerrein. Voor beide vormen van landgebruik geldt dat een aanzienlijk deel van het areaal bestaat uit verhard oppervlak. De neerslag op verhard oppervlak wordt voor het grootste deel snel afgevoerd via het rioolstelsel of rechtstreeks naar het oppervlaktewater. De neerslag op onverhard oppervlak wordt eerst nog gebufferd in de bodem als grondwaterberging.

In tabel 2.1 zijn de verharde oppervlakken per woonwijk en voor het bedrijventerrein weergegeven. Deze oppervlakken zijn overgenomen uit de verschillende ontwerprapportages (zie bijlage 4). Van het totale areaal van 93 ha wordt 49 ha verhard (60 %). De verhardingspercentages zijn uitgedrukt ten opzicht van het netto oppervlak. Het netto oppervlak is het totaal oppervlak (bruto oppervlak) minus het areaal open water (zie paragraaf 2.3). Het bedrijventerrein is voor 85 % verhard.

Tabel 2.1 Verhard oppervlak per deelgebied. Het percentage verhard oppervlak is bepaald aan de hand van het netto oppervlak. Het netto oppervlak is het totaal oppervlak (bruto oppervlak) minus het areaal open water (op maaveldhoogte waarbij geen rekening met duikers is gehouden).

Gebied	Verhard Oppervlak (ha)	Percentage t.o.v. netto oppervlak (%)	Totaal open water (ha) incl. talud	Totaal bruto oppervlak (ha)
Lookwatering West	6.3	47	2.5	16.0
Look West	8.5	42	3.5	23.6
Look West-Noord	4.1	47	2.4	11.1
het Scharnier	4.1	50	1.4	9.5
Middengebied	26.1	85	2.1	32.7
Totaal	49.0	60	11.9	92.9

In tabel 2.2 is het type riolering per deelgebied weergegeven.

Tabel 2.2 Type riolering per deelgebied

Gebied	Type riolering
Lookwatering West	VGS en Gescheiden
Look West	Gescheiden
Look West-Noord	Gescheiden
het Scharnier	Gescheiden
Middengebied	VGS en Gescheiden

2.3 Areaal oppervlaktewater en bergingsruimte

Het areaal oppervlaktewater is per gebied weergegeven in tabel 2.3. Het areaal open water wordt in deze tabel weergegeven op maaiveldniveau en op waterlijnniveau. Het percentage oppervlaktewater is gedefinieerd als het percentage open water op maaiveld niveau ten opzichte van het bruto oppervlak van de wijk. Het percentage varieert tussen 6,5 % in het Middengebied en 21,8 % in Look West-Noord (zie tabel 2.3).

In het te toetsen ontwerp van het watersysteem voor het bedrijventerrein is uitgegaan van het minimaal benodigde oppervlaktewater ter plaatse van de voormalige hoogspannings mastvoet locaties (zie paragraaf 1.1), waarbij is uitgegaan van een berging van minimaal 325 m³/ha over het gehele plangebied. Op basis van het berekent kritisch maaiveld (toetshoogte) in paragraaf 3.2 en het vaste waterpeil van NAP -1,8 m bedraagt in het huidige ontwerp de gemiddelde berging over de gehele Harnaschpolder Zuid 765 m³/ha (zie bijlage 6).

In bijlage 1 is een kaart met de schematische ligging van het open water weergegeven.

Tabel 2.3 Hoeveelheid oppervlaktewater per woonwijk. In vergelijking met het oppervlak oppervlaktewater op maaiveldhoogte is het oppervlak open water op waterlijn exclusief talud en exclusief duikers.

Gebied	Totaal oppervlaktewater (ha) op maaiveldhoogte	Totaal oppervlaktewater (ha) op de waterlijn	Percentage oppervlakte water t.o.v. bruto oppervlak	Totaal Bruto oppervlak (ha)
Lookwatering	2.5	1.45	15.5	16.0
West				
Look West	3.5	2.2	14.7	23.6
Look West-Noord	2.4	1.55	21.8	11.1
het Scharnier	1.4	0.8	14.4	9.5
Middengebied	2.1	1.35	6.5	32.7
Totaal	11.9	7.35	12.8	92.9

3 Watersysteemanalyse

3.1 Inleiding

De watersysteemanalyse voor Harnaschpolder Zuid is gebaseerd op simulatieberekeningen met een hydrologisch oppervlaktewatermodel dat is gebouwd met SOBEK. De afvoercapaciteit van het toekomstige watersysteem is getoetst aan de hydraulische normen voor verval, verhang en stroomsnelheid. De benodigde bergingscapaciteit in de Harnaschpolder Zuid is beoordeeld op basis van een NBW-toetsing aan de beschermingsnormen voor inundatie vanuit het oppervlaktewater.

3.2 Toetsnormen

3.2.1 Normen voor hydraulisch functioneren

Het hydraulisch functioneren van het watersysteem wordt getoetst op basis van een maatgevende situatie met stationaire afvoer. Het Hoogheemraadschap hanteert hiervoor onderstaande afvoernormen:

- Onverhard oppervlak: 14,4 mm/dag
- Verhard oppervlak en water: 28,8 mm/dag

Deze afvoeren gelden tevens als ontwerpnorm voor de benodigde gemaalcapaciteit per polder.

Bij deze afvoersituatie gelden voor waterlopen en kunstwerken de volgende hydraulische ontwerpnormen:

- Verhang van maximaal 0,04 m per km met een maximum van 20 cm per peilgebied
- Verval van maximaal 2 mm in duikers tot 20 m; anders verval 2 mm + het verhang van de watergang
- Stroomsnelheid maximaal 0,2 m/s in hoofdwaterlopen en 0,6 m/s in duikers

3.2.2 NBW toetsnormen

Voor de NBW-toetsing wordt gebruik gemaakt van onderstaande beschermingsniveaus per type landgebruik. Deze toetsnormen liggen vastgelegd in de Waterverordening van Zuid-Holland en komen overeen met de werknormen voor wateroverlast van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW).

Tabel 3.1 NBW-beschermingsniveau

Landgebruik	Beschermingsniveaus	Maaiveldcriterium
Stedelijk gebied	1 x per 100 jaar	0 % laagste maaiveld
Overig stedelijk gebied*	1 x per 100 jaar	1 % laagste maaiveld
Glastuinbouw	1 x per 50 jaar	1 % laagste maaiveld
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1 x per 50 jaar	1 % laagste maaiveld
Akkerbouw	1 x per 25 jaar	1 % laagste maaiveld
Volkstuinen	1 x per 25 jaar	1 % laagste maaiveld
Grasland	1 x per 10 jaar	5 % laagste maaiveld
Natuur	1 x per 10 jaar	5 % laagste maaiveld

*Overige gebied is in ieder geval openbaar groen en sportvelden en eventueel volkstuinen

Delfland heeft als aanvullend toetscriterium dat de overstortdrempels van het riool niet vaker dan 1 x per 10 jaar mogen overstromen.

3.3 Hydrologische modellering

Het afwateringssysteem van de polder is gemodelleerd met het programma SOBEK-Rural, versie 2.12.001. Alle watergangen met de aanwezige kunstwerken (stuwen, duikers, smalle bruggen en gemalen) in de toekomstige situatie zijn hydraulisch gemodelleerd in de module Channel Flow.

De polder is onderverdeeld in 21 afwateringseenheden, elk met een eigen afvoerpunt naar de gemodelleerde hoofdwatergangen (zie Bijlage 1), welke zo goed mogelijk aansluiten op de riooloverstortlocaties. Per afwateringseenheid is een afzonderlijk areaal verhard en onverhard oppervlak gemodelleerd met de module Rainfall Runoff.

Voor de modellering van het neerslagafvoerloop vanaf verhard gebied zijn twee verschillende methoden gebruikt:

- 1) In de woonwijken Look West, Look West-Noord en het Scharnier liggen gescheiden rioolstelsel. In deze wijken wordt het neerslagafvoerproces via verharde gebieden gemodelleerd met de SOBEK module Rainfall Runoff. Het rioolstelsel is per afwateringseenheid versimpeld tot 1 reservoir met een bergingscapaciteit en een overloop
- 2) In de woonwijk Lookwatering en het bedrijventerrein Middengebiet ligt een verbeterd gescheiden stelsel. Omdat het aaneengesloten verhard oppervlak in het Middengebiet vele malen groter is dan het verhard oppervlak in de woonwijk, kan berging vanuit het riool op maaiveld ('water op straat') hier een significante rol spelen en daarbij fungeren als buffer tegen piekbelasting van het oppervlaktewatersysteem. Het verhard oppervlak in het Middengebiet is daarom gemodelleerd met de module Sewer Flow. Hierbij is interactie tussen riolering en oppervlaktewater mogelijk bij verdronken overstortdrempels en wordt er tevens rekening gehouden met berging op straat vanuit het rioolstelsel. In de wijk Lookwatering is het neerslagafvoerproces via verharde gebieden gemodelleerd met de SOBEK module Rainfall Runoff

Voor een nadere beschrijving van de hydrologische modellering en de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 4.

3.4 Hydraulische toetsing

Het hydraulisch functioneren van de waterlopen en kunstwerken is getoetst aan de normen van Delfland voor afvoercapaciteit op basis van modelberekeningen. In de berekeningen is uitgegaan van een constante maatgevende afvoer volgens de bemalingsnorm bij het toekomstige landgebruik. De bemalingsnorm voor Harnaschpolder Zuid bedraagt 15,38 m³/min. In het stationaire SOBEK model voert Harnaschpolder Zuid middels een stuw af (stuwbreedte 2m, kruinhoogte NAP -1,91 m) richting Harnaschpolder Noord (eindknoop in het model).

Voor deze situatie zijn met het hydrologische model het waterstandverloop, het verhang en verval en de stroomsnelheden in watergangen en kunstwerken berekent (zie bijlage 2).

- *Verhang van maximaal 0,04 m per km met een maximum van 20 cm per peilgebied.* Het criterium verhang wordt in het gehele gebied niet overschreden. Tijdens een stationaire afvoer stelt zich over het gehele peilvak een waterstand van NAP -1,71 m in
- *Stroomsnelheid maximaal 0,2 m/s in hoofdwaterlopen en 0,6 m/s in duikers.* In de waterlopen wordt in het gehele onderzoeksgebied de maximaal toelaatbare stroomsnelheid niet overschreden. In geen van de duikers binnen het onderzoeksgebied wordt de maximaal toelaatbare stroomsnelheid overschreden
- *Verval van maximaal 2 mm in duikers tot 20 m; anders verval 2 mm + het verhang van de watergang.* De duikers in de nieuwe woonwijken (Lookwatering, Look West en Look West-Noord) en het nieuwe bedrijventerrein (Middengebied) voldoen aan de toetsnorm van het hoogheemraadschap. In het bestaande woongebied het Scharnier zijn twee duikers welke voor meer opstuwing dan de ontwerpnorm zorgen. In één bestaande duiker (KDU10) met een lengte van 16,65 m bedraagt de opstuwing 6,5 mm. Deze duiker heeft een diameter van 300 mm. Bovenstrooms van deze duiker bevindt zich een duiker (KDU17) welke over een lengte van 31,5 m voor een opstuwing van 6 mm zorgt (bijlage 2 kaart 2.5)

Een aantal duikers in het Scharnier wordt in het hydrologisch model niet door afvoer belast (door de toegepaste modelschematisatie) en kunnen daardoor niet hydraulisch met het model getoetst worden. In de noordelijke watergang door het Scharnier betreft het twee duikers. Eén van deze twee duikers heeft een bodemhoogte van NAP -1,75 m en een diameter van 300 mm (KDU15). Deze duiker zal naar verwachting voor teveel opstuwing zorgen. De andere duiker (KDU1) zal naar verwachting niet voor te veel opstuwing zorgen. In de zuidelijke watergang betreft het 5 duikers. Eén van deze duikers heeft een bodemhoogte van NAP -1,85 m en een diameter 400 mm (KDU33). Deze duiker zal naar verwachting voor teveel opstuwing zorgen. Echter, in de toekomstige situatie zal de zuidelijke watergang vrijwel niet meer belast worden, omdat de toekomstige woningen richting het zuiden afwateren. De duikers in de zuidelijke watergangen worden daarom niet aangemerkt als hydraulisch knelpunt. In totaal zijn er dus drie duikers (KDU10, KDU17 en KDU33) in de noordelijke watergang die voor een hydraulisch knelpunt zorgen.

3.5 NBW-toetsing

3.5.1 Vaststellen toetscriteria

Voor de NBW-toetsing zijn criteria vastgesteld met betrekking tot het beschermingsniveau (toelaatbare inundatiefrequentie) voor verschillende klassen van het landgebruik. Tevens zijn criteria gegeven voor het bepalen van de toetshoogten (0 %, 1 % of 5 % maaiveldniveau). Het toekomstig landgebruik binnen het gehele onderzoeksgebied is vastgesteld op stedelijk gebied. Hierbij hoort het toetscriterium (zie tabel 3.1) van 1 x per 100 jaar inundatie van het 0 % laagste maaiveldniveau.

In het SOBEK model is voor de dynamische berekeningen gerekend met een peil gestuurd gemaal met een maximaal debiet van 15,38 m³/min. In het SOBEK model is geen rekening gehouden met Harnaspolder Noord, daarom is er niet met een stuw maar met een gemaal gerekend.

3.5.2 Vaststellen toetshoogten

In tabel 3.2 is het laagste maaiveldniveau per afwateringseenheid weergegeven. Hiervoor is gebruik gemaakt van het AHN2 waar de watergangen en het talud van de watergangen uit zijn gefilterd. Het toekomstige maaiveld in nieuw stedelijk gebied is opgehoogd naar NAP -0.60 m. In het Scharnier is het maaiveld aan de noordzijde opgehoogd naar NAP -0,70 m.

Van de 21 afwateringseenheden hebben 7 een toetshoogte lager dan NAP-1 m. De toelaatbare peilstijging ten opzichte van streefpeil is hier kleiner dan 80 cm. In 10 gebieden ligt de toetshoogte op NAP-0.6 m en is de toelaatbare peilstijging 120 cm.

Tabel 3.2 Toetshoogte stedelijk gebied per afwateringseenheid

Afwateringseenheid Toetshoogte (m NAP)	
LKW_1	-1.12
LKW_2	-0.6
LKW_3	-0.6
LKW_4	-1.26
LW_10	-0.6
LW_11	-0.6
LW_12	-0.6
LW_13	-0.6
LW_14	-1.17
LW_15	-1.1
LW_16	-0.89
LW_17	-0.64
LW_8	-0.6
LW_9	-0.67

<u>Afwateringseenheid Toetshoogte (m NAP)</u>	
LWN_5	-0.6
LWN_6	-0.6
LWN_7	-0.94
MID_21	-0.6
MID_22	-1.1
SCH_18	-1.01
SCH_20	-1.35

3.5.3 Tijdreeksanalyse extreme waterstanden

Het toekomstig watersysteem van de Harnaschpolder Zuid is dynamisch doorerekend voor een selectie van maatgevende neerslaggebeurtenissen uit de periode 1906-2003 op basis van uurgijfers van het meteorostation de Bilt. Als bron voor de gebruikte selectie is uitgegaan van een set van 380 gebeurtenissen. In een eerste modelversie is een selectie van 98 extreme gebeurtenissen gemaakt aan de hand waarvan voldoende betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over waterstanden met herhalingstijden van 10 tot 100 jaar. Deze eerste modelversie wijkt niet significant af van het huidige definitieve model, waardoor dezelfde selectie van gebeurtenissen kan worden gebruikt.

De neerslagcijfers van De Bilt zijn behalve voor klimaatverandering (middenscenario 2050) tevens met 10 % verhoogd om het zogenaamde kusteffect te simuleren. In Delfland zijn met name de buien in het najaar, als gevolg van het relatief warme zeewater, zwaarder dan in het centrum van het land.

Op de berekende maximale waterstand per neerslaggebeurtenis is per afwateringseenheid een statistische analyse uitgevoerd volgens de Gumbelmethode.

Allereerst is een selectie gemaakt van de hoogste waterstand per jaar. Deze 98 extreme waarden (1906-2003) zijn gesorteerd op afnemende grootte. De herhalingstijd is benaderd met formule:

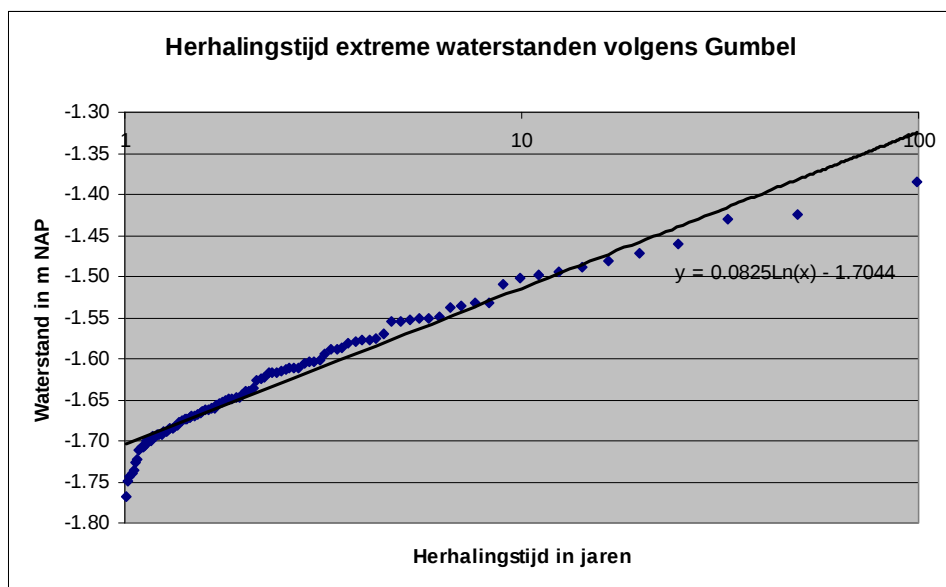
$$T = (N+1) / m$$

met $N=98$

$$n=1, 2, 3 \dots, 98$$

Op basis van deze formule kunnen voor een reeks van 98 jaar de herhalingstijden tot $T=25$ jaar voldoende nauwkeurig worden bepaald. De berekende herhalingstijden $T=100$ en 50 jaar zijn iets minder betrouwbaar omdat de reekslengte hiervoor te kort is.

Tenslotte is er een lineaire relatie gezocht tussen de waterstand en de logaritme van de herhalingstijd. Door niet lineaire hydrologische effecten (toename berging bij hogere waterstand) is deze relatie in de praktijk niet helemaal lineair. Met behulp van een regressielijn zijn er per afwateringseenheid de waterstanden met herhalingskansen T_{10} en T_{100} bepaald (zie figuur 3.1). In alle afwateringseenheden liggen deze waterstanden op respectievelijk NAP-1.52 m en NAP-1.33 m. Deze waterstanden zijn vervolgens vergeleken met de toetshoogten.



Figuur 3.1 Grafiek herhalingstijd extreme waterstanden volgens Gumbel. Aan de hand van de regressielijn kan de T10 en T100 waterstand worden afgelezen

3.5.4 NBW-toetsing toekomstige situatie

Waterbalans

In de dynamische berekening treden de hoogste waterstanden op bij een neerslag gebeurtenis uit juli 1952. In een periode van circa 9 dagen valt er 82,3 mm, met een maximale uurintensiteit van 32,5 mm. Tijdens deze gebeurtenis bedraagt de maximale peilstijging 0,41 m, er wordt maximaal ($0,41 \text{ m} * 7,35 \text{ ha}$) 30.135 m^3 geborgen tijdens deze bui. Tijdens deze periode is er een maximaal volume van circa 2.000 m^3 water-op-straat berekend. Voor de gehele periode is een globale waterbalans opgenomen in bijlage 8.

Toetsing per afwateringseenheid

Per afwateringseenheid is op basis van de toetshoogte en de berekende maximale waterstand getoetst of de afwateringseenheid voldoet aan de NBW-inundatie normen van het hoogheemraadschap (tabel 3.3).

Twee gebieden in het bestaande stedelijk gebied het Scharnier voldoen niet aan de inundatie normen. Het betreffen afwateringseenheid Sch_18 en Sch_20 (bijlage 1 kaart 1.1). Omdat in afwateringseenheid Sch_18 één duiker (KDU17, 300 mm) voor een aanzienlijke opstuwing zorgt is deze afwateringseenheid in twee delen opgedeeld. Stroomopwaarts van deze duiker is de T100 waterstand veel hoger dan stroomafwaarts van deze duiker. Om een goed beeld van de inundatie te krijgen is dit gebied daarom in twee delen geknipt, één deel direct stroomafwaarts (SCH_18_43) van de duiker en één deel stroomopwaarts van de duiker (SCH_18_16).

Het watersysteem is behalve op de NBW-criteria tevens getoetst op het aanvullende criterium van het hoogheemraadschap dat overstortdrempels niet vaker dan eenmaal in de tien jaar mogen verdrinken. De overstortdrempels in de wijk Lookwatering voldoen niet aan dit toetscriterium. De overstortdrempels zijn ontworpen op NAP -1,55 m, de T10 waterstand is NAP -1,52 m.

Tabel 3.3 NBW toetsing per afwateringseenheid. In bijlage 7 zijn de grafieken van de falende peilgebieden weergegeven waarmee de T10 en T100 waterstanden zijn berekend.

Afwateringseenheid	Toetshoogten (m+NAP)		Berekende waterstanden (m+NAP)		Toetsing		Inundatiediepte (m)	
	T10	T100	T10	T100	T10	T100	T10	T100
LKW_1	-1.55	-1.12	-1.52	-1.33	Faalt		0.03	
LKW_2	-1.55	-0.6	-1.52	-1.33	Faalt		0.03	
LKW_3	-1.55	-0.60	-1.52	-1.33	Faalt		0.03	
LKW_4	-1.55	-1.26	-1.51	-1.32	Faalt		0.04	
LW_10	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LW_11	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LW_12	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LW_13	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LW_14	-	-1.17	-1.52	-1.33				
LW_15	-	-1.1	-1.52	-1.33				
LW_16	-	-0.89	-1.52	-1.33				
LW_17	-	-1.31	-1.52	-1.33				
LW_8	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LW_9	-	-0.67	-1.52	-1.33				
LWN_5	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LWN_6	-	-0.60	-1.52	-1.33				
LWN_7	-	-0.94	-1.52	-1.33				
MID_21	-1.30	-0.6	-1.52	-1.33				
MID_22	-1.30	-1.1	-1.51	-1.32				
SCH_18_16	-	-1.01	-1.21	-0.81		Faalt		0.20
SCH_18_43	-	-1.01	-1.51	-1.31				
SCH_20	-	-1.35	-1.51	-1.32		Faalt		0.03

Inundatiebeeld

In bijlage 3 is het ruimtelijke inundatiebeeld weergegeven. Er vindt alleen inundatie plaats in het Scharnier. Immers uit tabel 3.3 blijkt dat de afwateringseenheden Sch_20 en Sch_18_16 falen. In afwateringseenheid Sch_20 (aan de westzijde van het Scharnier) betreft het een grasland. Voor deze landgebruiksfunctie geldt de inundatienorm voor grasland, op basis van deze norm faalt afwateringseenheid SCH_20 niet (het 5% laagste maaiveld is NAP -1,28 m). In de toekomst wordt het grasland mogelijk bebouwd. In dat geval wordt conform het bestemmingsplan het perceel opgehoogd tijdens het bouwrijp maken tot NAP -0,70 m. In de toekomstige situatie zal hier dan ook geen inundatie en overlast optreden tijdens een T100 waterstand. Na een locatiebezoek blijkt ook dat in afwateringseenheid Sch_18_16 (aan de oostzijde van het Scharnier) feitelijk geen inundatie plaats vindt. Er is hier sprake van een lang talud en twee hoog gelegen woningen. Op deze locatie zal geen inundatie optreden.

Op grond van deze berekeningsresultaten wordt aangenomen dat er geen inundatie en overlast bij een T-100 waterstand plaatsvindt bij de toekomstige inrichting van de Harnaschpolder Zuid. Er zijn daarmee geen NBW-inundatie knelpunten vastgesteld.

4 Knelpunten- en gevoeligheidsanalyse

4.1 Knelpuntenanalyse

Binnen het gehele gebied zijn geen NBW-knelpunten bij een T-100 waterstand vastgesteld.

Voor het aanvullend NBW-criterium waarop het Hoogheemraadschap de riooloverstorten toetst geldt het stand-still principe, er mag geen verslechtering van de huidige situatie optreden. Bij een T-10 waterstand, falen de riooloverstorten in de wijk Lookwatering. De berekende T10-waterstand is 3 cm hoger dan de drempelhoogten in deze wijk (drempelhoogte is NAP -1,55 m, berekende waterstand is NAP -1,52 m). In de vergunningaanvraag uit 2006 voor de aanleg van de riooloverstorten is aangegeven dat er bij een T-10 gebeurtenis een peilstijging van 0,29 m is berekend (peilstijging tot NAP -1,51). In de huidige berekening is de T-10 waterstand lager dan in de berekening behorende bij de vergunning (T-10 waterstand NAP -1,52 m), er vindt dus geen verslechtering plaats. Omdat er geen verslechtering van de situatie optreedt wordt het niet als een NBW-knelpunt beschouwd.

4.2 Gevoeligheidsanalyse

Om de gevoeligheid van de berging in het systeem te testen zijn twee extra scenario's doorgerekend. In het eerste scenario is gerekend met een kleinere hoeveelheid oppervlaktewater. Door minder oppervlaktewater te creëren kan er meer terrein worden uitgegeven. In het tweede scenario is gerekend met een hoger verhardingspercentage. De verharde oppervlakken in tabel 2.1 zijn vastgesteld op basis van de ontwerprapportages, mogelijk wordt er in de toekomstige situatie meer verhard oppervlak aangelegd dan in het ontwerp is opgenomen.

4.2.1 Scenario 1: Verminderen oppervlaktewater

In dit scenario is gerekend met minder oppervlaktewater. Door de hoeveelheid oppervlaktewater te verkleinen wordt de berging in het systeem kleiner. Het extra uit te geven terrein krijgt de LGN landgebruik klasse stedelijk gebied. Dit betekent een verhardingspercentage van 50 %.

In figuur 4.1 is weergegeven welk oppervlaktewater wordt versmalt. Over een lengte van circa 418 meter wordt de waterlijn verkleind van 17 m naar 11 m. In totaal wordt er 2.500 m² minder oppervlaktewater gegraven. Dit oppervlak valt binnen de woonwijk Look West (afwateringseenheden LW_8 en LW_15). In tabel 4.1 zijn de nieuwe oppervlakken weergegeven. In vergelijking met de originele oppervlakken verandert het percentage verhard oppervlak niet, het netto oppervlak wordt immers ook groter. Er verdwijnt oppervlaktewater, een deel hiervan wordt verhard en een deel hiervan wordt onverhard oppervlak.



Figuur 4.1 In scenario 1 wordt de hoeveelheid oppervlaktewater verkleind. In paars is weergegeven welke watergang wordt versmalt. De waterlijn wordt over een afstand van 418 m versmalt van 17 meter naar 11 meter op de waterlijn.

Tabel 4.1 Oppervlakken scenario minder oppevlakte water per woonwijk

Gebied	Origineel				Scenario minder water				
	Verhard Oppervlak (ha)	Percentage verhard t.o.v. netto oppervlak	Totaal open water (ha) incl. talud	Totaal Netto oppervlak (ha)	Verhard Oppervlak (ha)	Percentage verhard t.o.v. netto oppervlak	Totaal open water (ha) incl. talud	Totaal Netto oppervlak (ha)	Totaal Bruto oppervlak (ha)
Lookwatering West	6.3	47	2.5	13.5	6.3	47	2.5	13.5	16.0
Look West	8.5	42	3.5	20.1	8.6	42	3.2	20.4	23.6
Look West-Noord	4.1	47	2.4	8.7	4.1	47	2.4	8.7	11.1
het Scharnier	4.1	50	1.4	8.1	4.1	50	1.4	8.1	9.5
Middengebied	26.1	85	2.1	30.6	26.1	85	2.1	30.6	32.7
Totaal	49.0	60	11.9	81.1	49.2	60	11.6	81.3	92.9

Bergingsberekening

Per afwateringseenheid is de T-10 waterstand en de T-100 waterstand berekend aan de hand van een selectie van 98 extreme gebeurtenissen (zie paragraaf 3.5.3).

Binnen het gehele peilgebied is een T-10 waterstand van NAP -1,511 m en een T-100 waterstand van NAP -1,314 m berekend. Alleen in de subafwateringseenheid Sch_18_16 is een andere waterstand berekend, een T10 waterstand van NAP -1,212 m en een T100 waterstand van NAP -0,805 m.

De berekende peilstijging in dit scenario is over het gehele peilgebied circa 0,01 m hoger dan in het originele scenario.

4.2.2 Scenario 2: Hoger verharding percentage*Verandering*

In dit scenario wordt gerekend met een verhardingspercentage van 50 % (van het netto oppervlak) voor alle woongebieden en 85 % (van het netto oppervlak) voor het bedrijventerrein. In tabel 4.1 zijn de verhardingspercentages van dit scenario weergegeven in vergelijking met het originele scenario.

Tabel 4.2 Oppervlakken scenario hoger verharding percentage

Gebied	Origineel				Scenario Hoger verharding percentage				
	Verhard Oppervlak (ha)	Percentage verhard t.o.v. netto oppervlak	Totaal open water (ha) incl. talud	Totaal Netto oppervlak (ha)	Verhard Oppervlak (ha)	Percentage verhard t.o.v. netto oppervlak	Totaal open water (ha) incl. talud	Totaal Netto oppervlak (ha)	Totaal Bruto oppervlak (ha)
Lookwatering West	6.3	47	2.5	13.5	6.7	50	2.5	13.5	16.0
Look West	8.5	42	3.5	20.1	10.1	50	3.5	20.1	23.6
Look West-Noord	4.1	47	2.4	8.7	4.3	50	2.4	8.7	11.1
het Scharnier	4.1	50	1.4	8.1	4.1	50	1.4	8.1	9.5
Middengebied	26.1	85	2.1	30.6	26.1	85	2.1	30.6	32.7
Totaal	49.0	60	11.9	81.1	51.4	63	11.9	81	92.9

Bergingsberekening

Per afwateringseenheid is de T-10 waterstand en de T-100 waterstand berekend aan de hand van een selectie van 98 extreme gebeurtenissen (zie paragraaf 3.5.3).

Binnen het gehele peilgebied is een T-10 waterstand van NAP -1,509 m en een T-100 waterstand van NAP -1,312 m berekend. Alleen in de subafwateringseenheid Sch_18_16 is een andere waterstand berekend, een T10 waterstand van NAP -1,167 m en een T100 waterstand van NAP -0,735 m.

De berekende peilstijging in dit scenario is over het gehele peilgebied, behalve het Scharnier, circa 0,01 m hoger dan het originele scenario. In vergelijking met het andere scenario is de peilstijging in dit scenario iets groter. In het Scharnier is de peilstijging in subafwateringseenheid Sch_18_16 aanzienlijk hoger in vergelijking met het originele scenario, circa 0,04 m hoger bij een T10 waterstand en circa 0,08 m bij een T100. In het Scharnier verandert het percentage verhard oppervlak niet, maar door de hogere peilstijging in de rest van het peilgebied wordt de maximale opstuwing in het Scharnier achter de krappe duiker nog groter.

5 Conclusie

Uit de NBW-toetsing van het originele scenario blijkt dat er voldoende berging in het oorspronkelijke ontwerp is meegenomen om te voldoen aan de NBW toetscriteria van het Hoogheemraadschap van Delfland. Uit de toetsing blijkt dat er tijdens een T-100 waterstand geen inundatie plaatsvindt van stedelijk gebied. In de nieuwe woonwijken is er bij een T-100 waterstand van NAP -1,51 m nog een drooglegging van 0,91 m. Echter, in de wijk Lookwatering West verdrinken de riooloverstortdrempels tijdens een T-10 waterstand. Op basis van de verleende vergunning voor de aanleg van de riooloverstortdrempels in het verleden is besloten om af te wijken van de toetsnorm voor riooloverstortdrempels. Verslechtering van de water-op-sstraat situatie wordt echter niet toegestaan. Op basis van dit criterium mag het peil zonder verdere onderbouwing dan ook niet verder stijgen bij een T-10 waterstand.

Om te onderzoeken hoeveel bergingsruimte er nog in het systeem aanwezig is voordat er een NBW-knelpunt optreedt, is een NBW-som gemaakt met minder oppervlaktewater. Uit deze analyse blijkt dat bij een vermindering van het oppervlaktewater met 2.500 m² de T-100 en de T-10 waterstand circa 0,01 m stijgt. Voor de NBW-toetscriteria van het Hoogheemraadschap zorgt dit bij een T-100 waterstand niet voor een NBW-knelpunt. Bij een T-10 waterstand zorgt deze peilstijging niet voor een verslechtering van de water-op-sstraat situatie vergeleken met de vergunde peilstijging.

Uit de gevoeligheidsanalyse voor de peilstijging door toename van het verhard oppervlak is gebleken dat bij extra verhard oppervlak van 2,4 ha de T-100 en T-10 waterstand circa 0,01 m stijgt. Voor de NBW-toetscriteria van het Hoogheemraadschap zorgt dit bij een T-100 waterstand niet voor een knelpunt, echter voor de T-10 waterstand zorgt de peilstijging mogelijk voor een verslechtering van de water-op-sstraat situatie vergeleken met de vergunde peilstijging.

Op basis van de NBW-toetsing en de gevoeligheidsanalyse kan geconcludeerd worden dat er in het huidig ontwerp (originele scenario) voldoende berging in het stelsel aanwezig is. Een kleine vermindering (2.500 m²) van de hoeveelheid berging in het stelsel zorgt niet direct voor een nieuw NBW-knelpunt. Echter, op basis van het aanvullend toetscriterium van het Hoogheemraadschap dat riooloverstortdrempels bij een T-10 waterstand niet mogen verdrinken is er vrijwel geen extra ruimte meer in het systeem aanwezig. Een bergingsafname van 2.500 m² is het maximale dat mogelijk is.

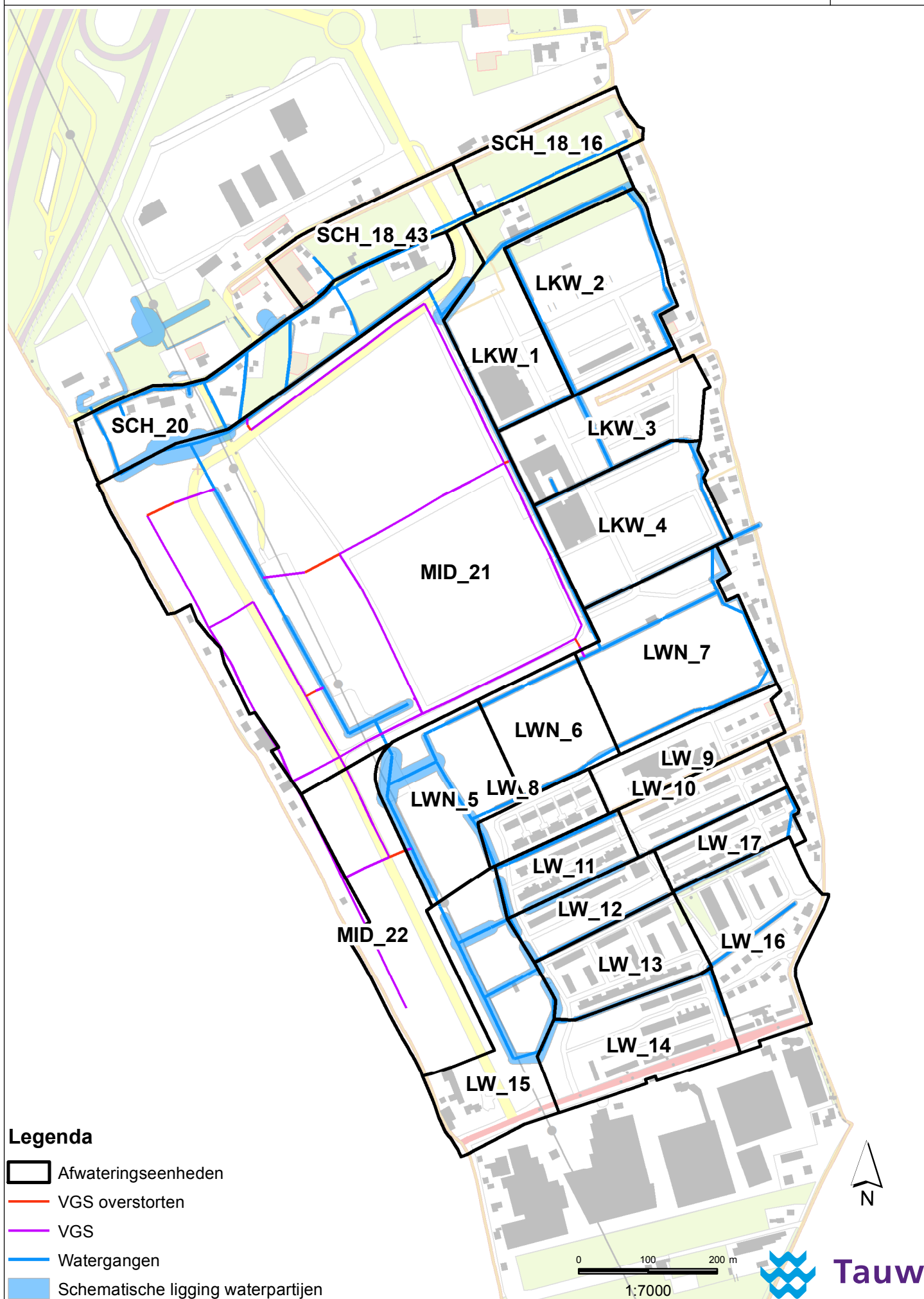
De NBW-toetsing van het watersysteem van Harnaschpolder Zuid is uitgevoerd met een niet gekalibreerd hydrologisch rekenmodel en bevat een bepaalde onzekerheidsmarge. Om die reden wordt geadviseerd om een bepaalde veiligheidsmarge te handhaven tussen de toetshoogten en de berekende T100-waterstanden. Het minimaliseren van de bergingsopgave in het eerste scenario waarbij nog juist voldaan wordt aan de gevraagde toetsingsresultaten wordt daarom afgeraden.

Bijlage

1

Kaarten

1. Plangebied en afwateringseenheden

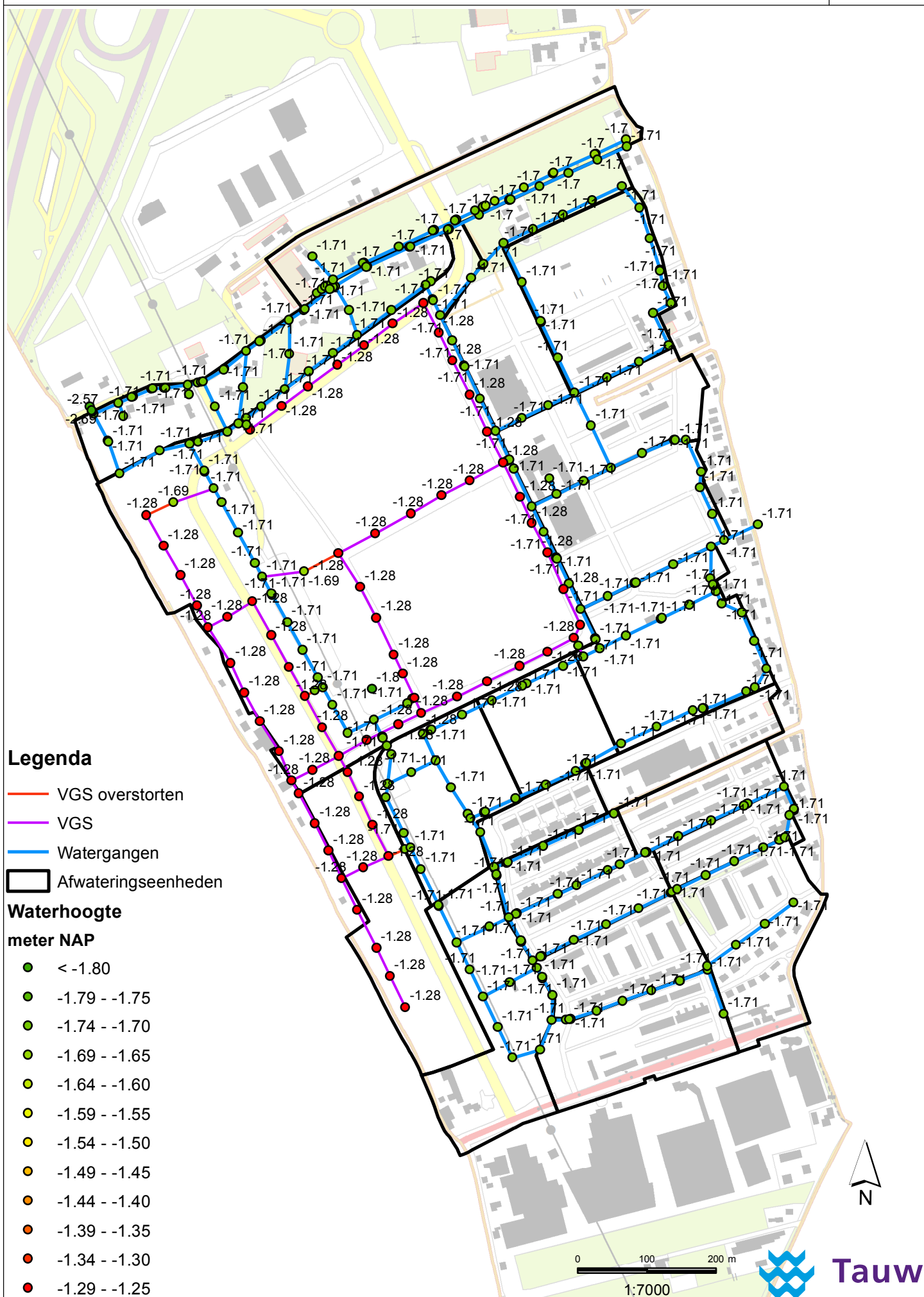


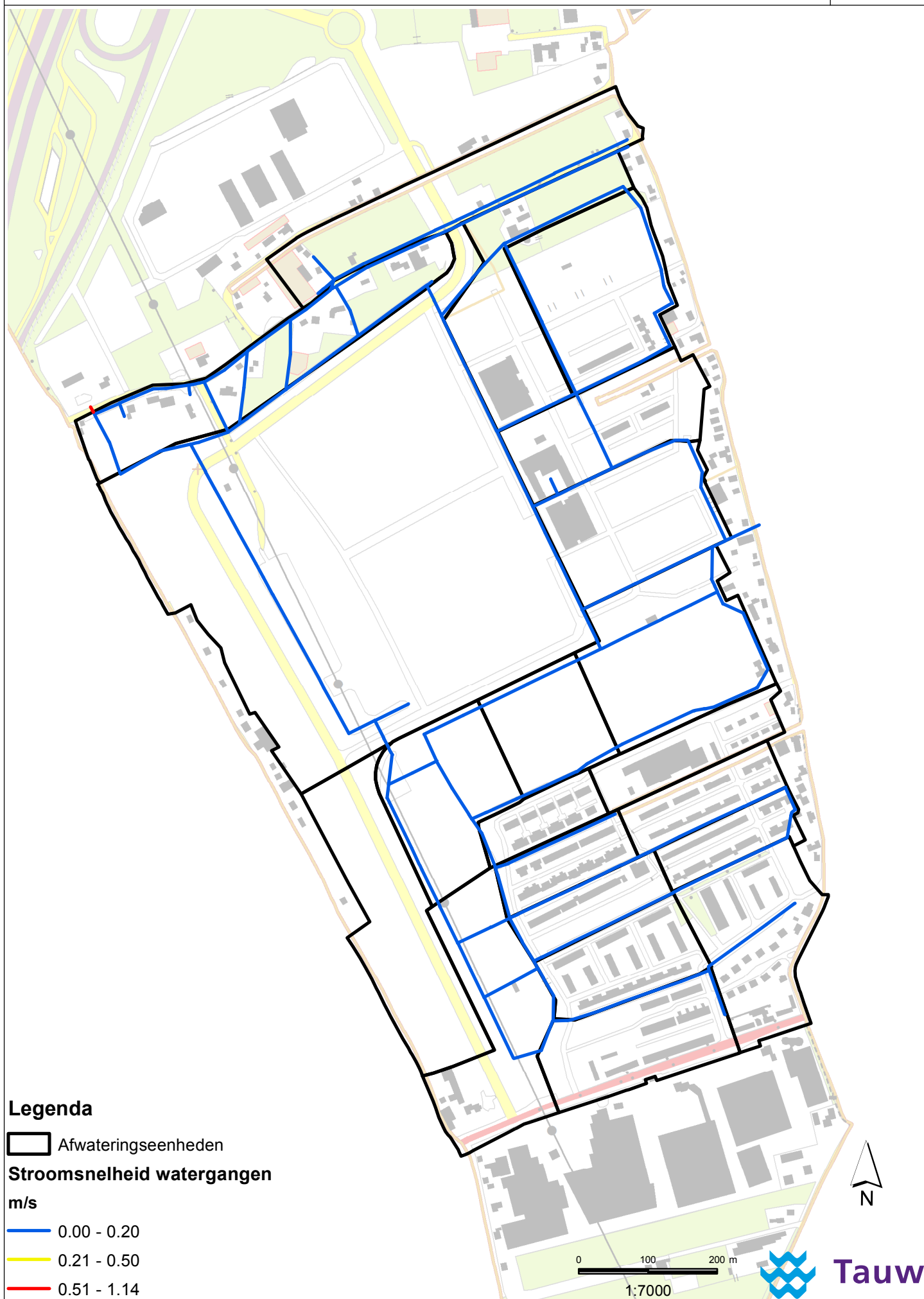
Bijlage

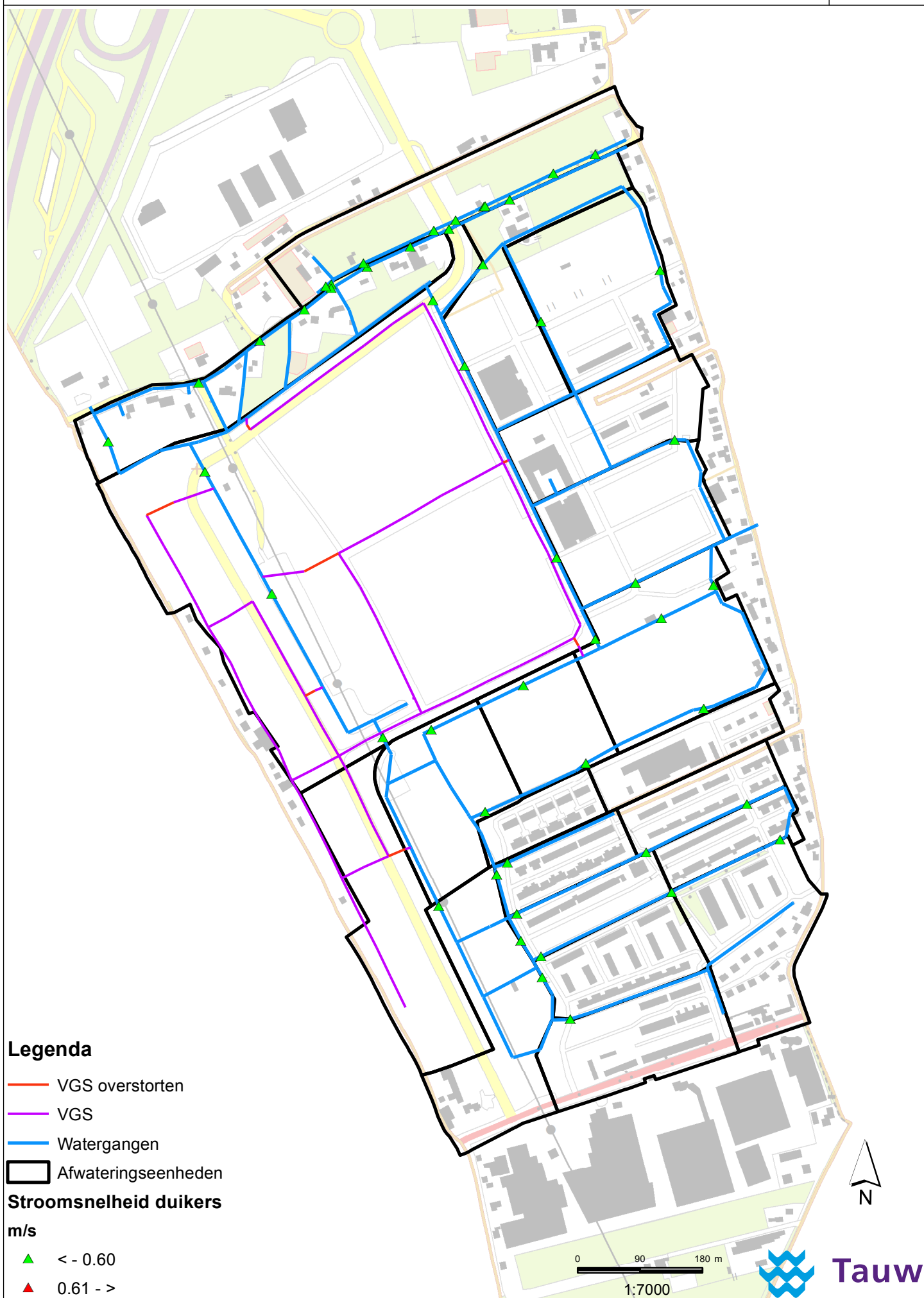
2

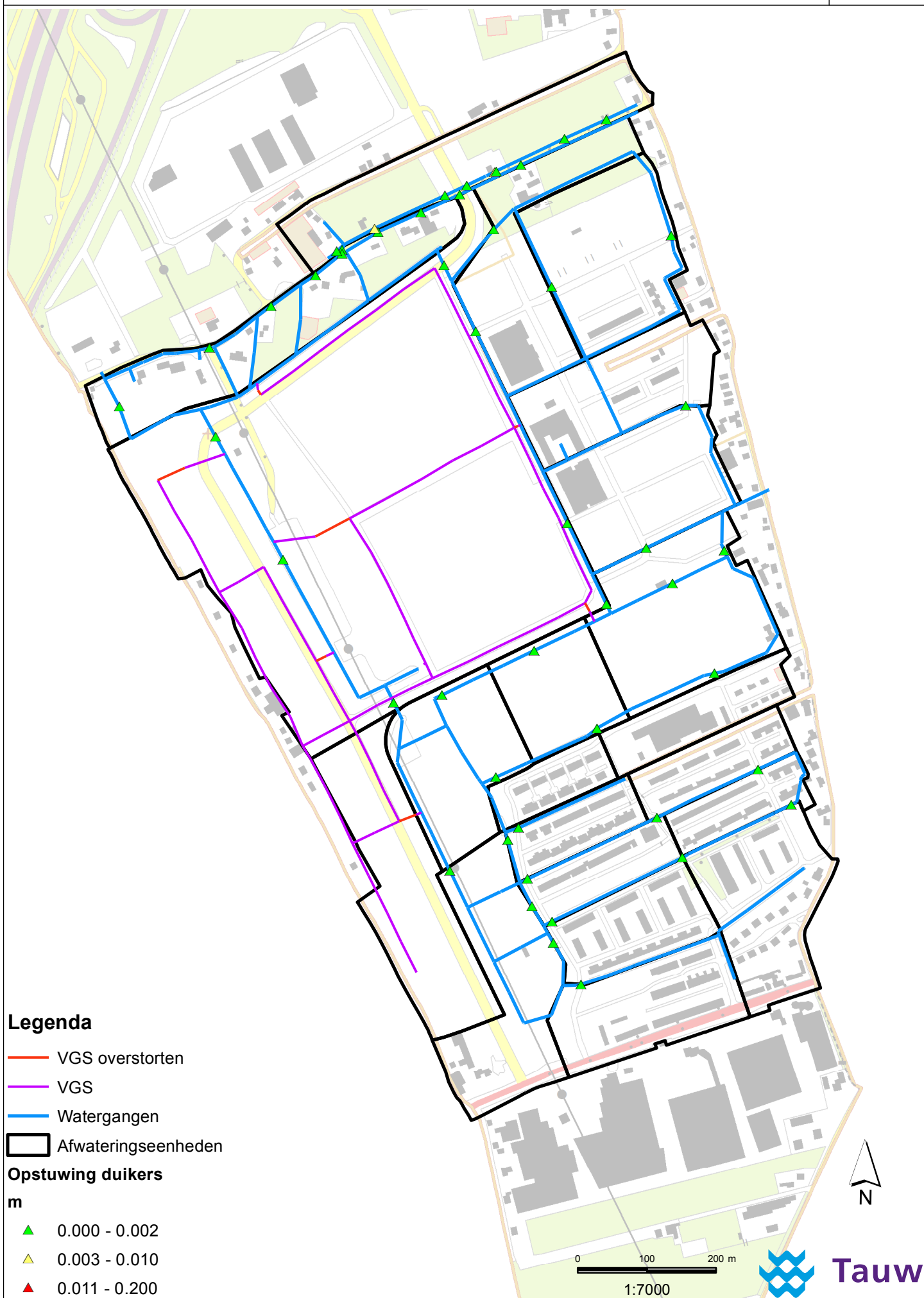
Hydraulische Knelpunten analyse

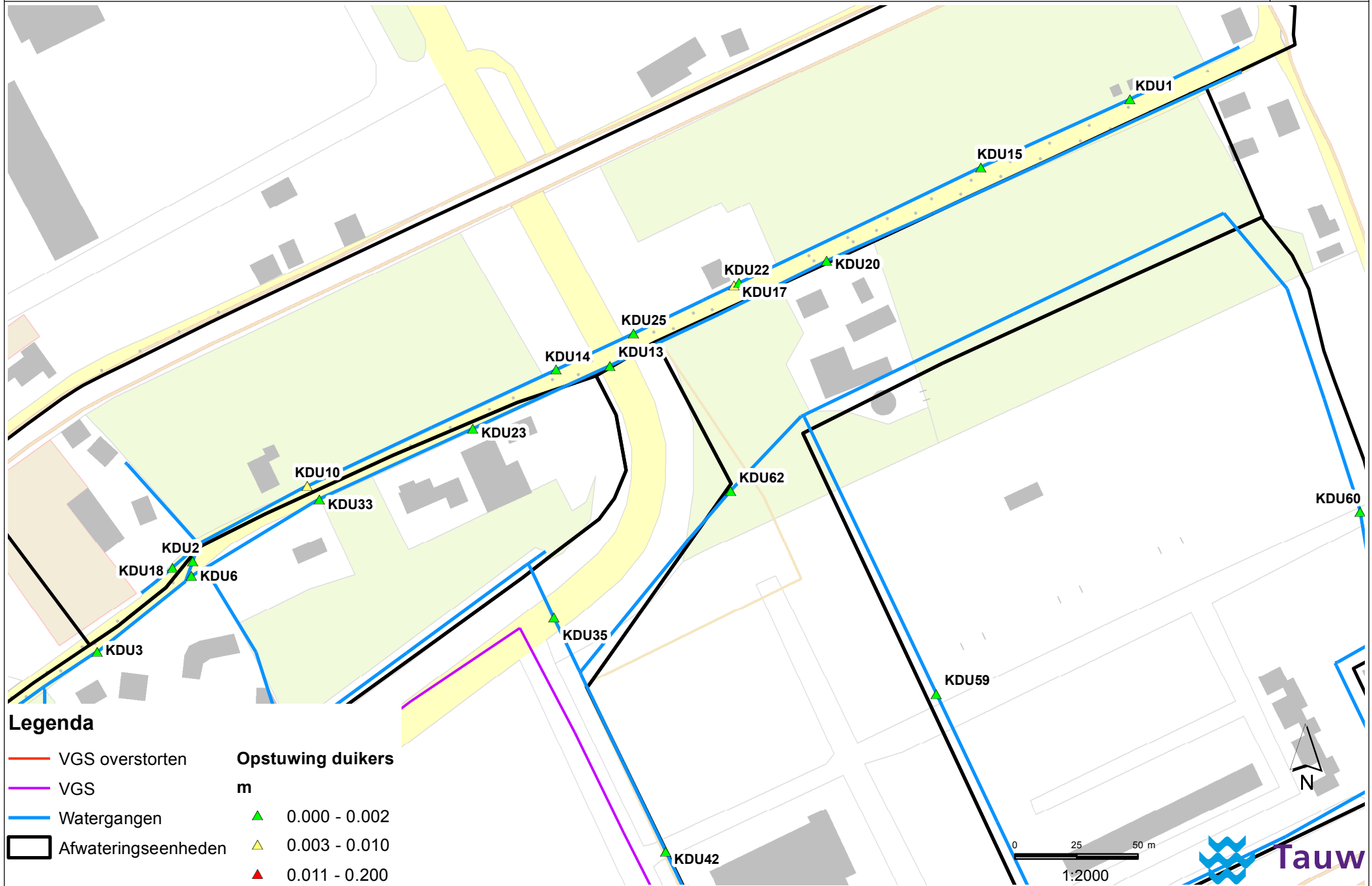
1. Waterstanden bij stationaire afvoer
2. Stroomsnelheid in watergangen bij stationaire afvoer
3. Stroomsnelheid in duikers bij stationaire afvoer
4. Opstuwing over duikers bij stationaire afvoer
5. Opstuwing over duikers bij stationaire afvoer in het Scharnier









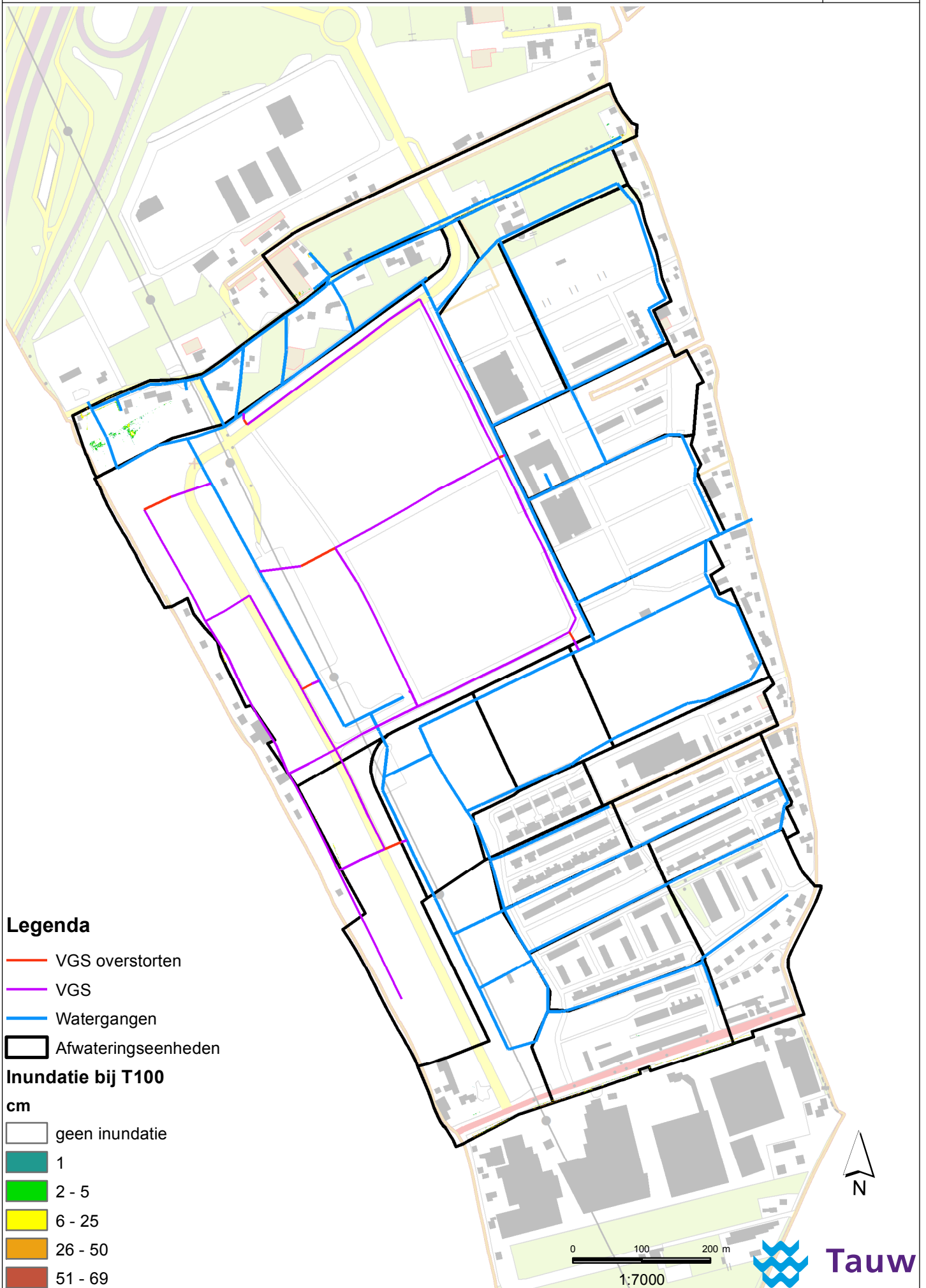


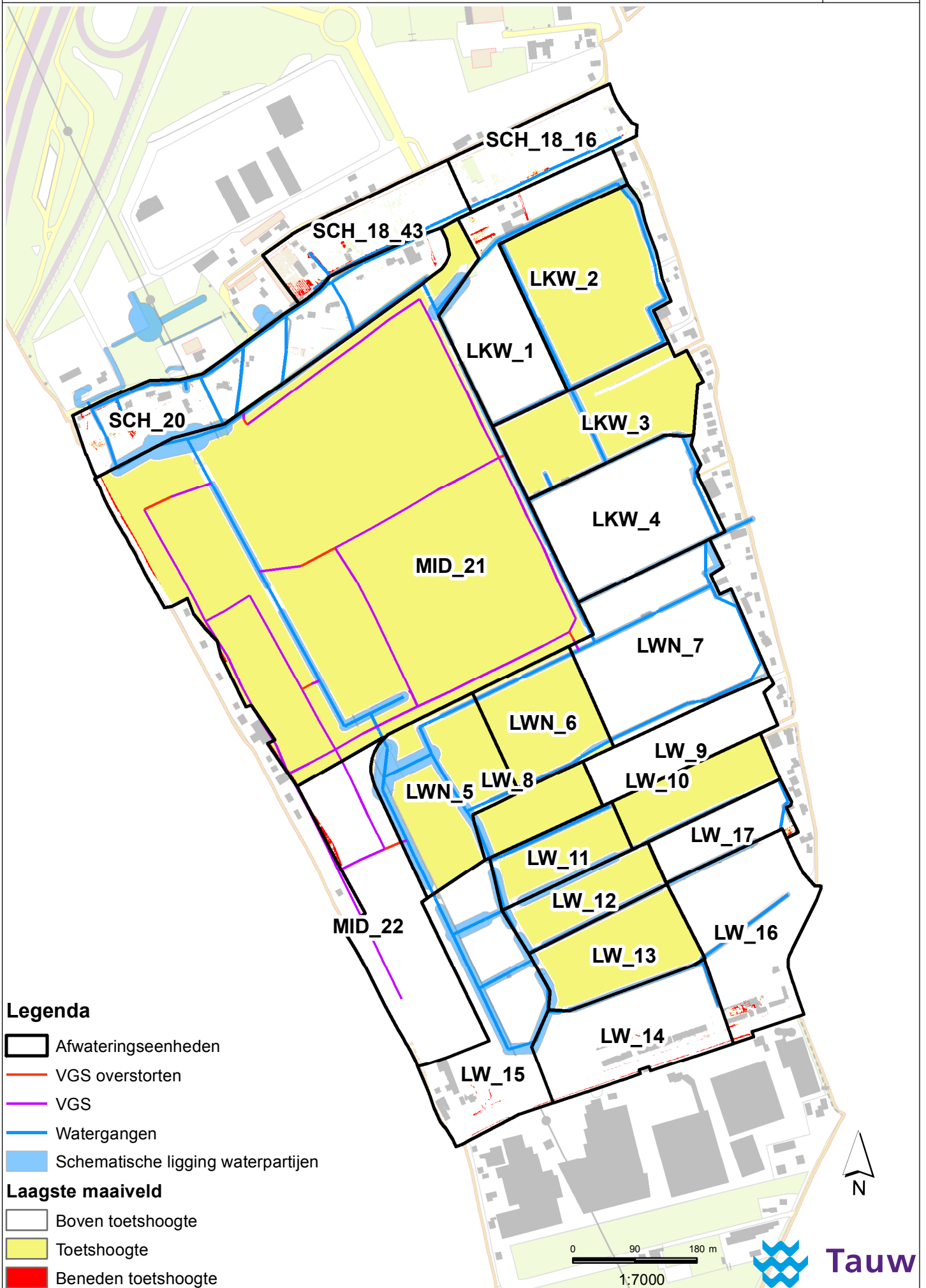
Bijlage

3

NBW-toetsing

1. Inundatiekaart
2. Ligging laagste maaiveld





Bijlage

4

Uitgangspunten Hydrologische modellering

Notitie

Contactpersoon J. (Jantine) Hoekstra MSc

Datum 11 juni 2013

Kenmerk N001-1213691HJI-kzo-V01-NL

Uitgangspunten notitie Sobek Modelling Harnaschpolder

In deze notitie zijn de gehanteerde uitgangspunten voor de Sobek modellering van de Harnaschpolder te Delft opgenomen. Hierbij is de notitie 'Uitgangspuntennotitie Sobekmodel, Versie 2, 17-10-2011' van het hoogheemraadschap van Delfland als basis gehanteerd.

1 Algemene uitgangspunten

1.1 Gebiedsafbakening

Het gebied omvat de wijken Middengebied, Lookwatering West, Look West-Noord, Look West en het Scharnier (niet benoemd op kaart, direct ten noorden van het Middengebied) (zie figuur 1.1).



Figuur 1.1 Wijkenkaart Harnaschpolder

1.2 Modelinstrument

Het model is opgebouwd in Sobek versie 2.12.001. Het model bestaat uit de modules RR, CF en SF. Voor het bouwen van de RR en CF modules is gebruikt gemaakt van Turtle versie 4.0.

1.3 Gebruikte gegevens

Tabel 1 Gebruikte gegevens

Bestand	Bron	Type
Legger bestanden (kunstwerken en watergangen)	Hoogheemraadschap, aangepast door Tauw op basis van ontwerptekening voor toekomstige gebieden	Feature
Top 10	Hoogheemraadschap	Feature
LGN		
AHN2	Hoogheemraadschap, aangepast door Tauw voor het nieuwe gebied waar toekomstige maaiveldhoogte NAP -0,60 m wordt	Raster
Bodemkaart	Gemaakt door Tauw, bodemsoort vastgesteld aan de hand van lokale boringen	
Kwelkaart	In overleg met hoogheemraadschap voor gehele gebied vastgesteld	
Riolering (type, ligging, verharde oppervlakken)	Vastgesteld aan de hand van ontwerpplannen	

2 Neerslag-afvoer model

2.1 Afwateringseenheden

De afwateringseenheden zijn gekozen op basis van de regenwaterriolering uitstroompunten. Per afwateringseenheid is er een regenwaterriolering uitstroompunt.

2.2 Hoogtebestand

Er is gebruik gemaakt van het AHN2. Het maaiveld ter plaatse van de nieuwbouw gebieden wordt opgehoogd richting NAP -0,6 m. Dit is handmatig gewijzigd in het hoogtebestand. Voor het bepalen van de S-curve is het AHN2 gefilterd voor het open water en het talud van de watergangen.

2.3 Verhard gebied

2.3.1 Type riolering en oppervlakken

In tabel 2 staat het type riool per wijk, het verhard oppervlak en de gebruikte bron. Tevens staat het totaal oppervlak erin, dit oppervlak is opgemeten in GIS. Gebieden met een verbeterd gescheiden stelsel (VGS) zijn geschematiseerd in de module SF. Gebieden met een gescheiden stelsel zijn geschematiseerd in de RR-module middels een paved node.

Tabel 2 Rioleringsgebieden

Gebied	Type riolering	Verhard oppervlak (m ²)	Totaal oppervlak (m ²)	Bron
Lookwatering west	Gescheiden	62.370	158.260	Rapportage: <i>Water en Rioolplan Lookwatering-West Harnaschpolder te Delft, 21-03-2007, FUGRO</i> , tabel 1 p. 5
Look West	Gescheiden	82.300	235.815	Rapportage: <i>Rioleringsplan Look-West</i> , 26-09-2006, Tauw, tabel 3.1 (p. 16)
Look West-Noord	Gescheiden	38.000	111.183	Rapportage: <i>Rioleringsplan Lookwest-Noord, 06-10-2010, paragraaf 2.5 (p. 3)</i>
Middengebied*	VGS en Gescheiden	271.000	327.476	Rapportage: <i>Rioleringsplan Harnaschpolder Deelplan Middengebied</i> , 16-02-2006, Tauw,
het Scharnier	Gescheiden	61.821	122.406	Geen gegevens beschikbaar (uitgegaan van 50% verhard)

*Het verhard oppervlak in het middengebied is onderverdeeld in de onderdelen volgens tabel 3.

Tabel 3 Rioleringsgebieden Middengebied

Onderdeel	Oppervlak (m ²)	Afwatering in Sobek
Terreinverharding op vgs	129.000	Opgenomen in SF
Wegen op vgs	36.000	Opgenomen in SF
Daken op oppwater	86.000	Opgenomen in RR -- paved node
Busbaan op oppwater	6.000	Opgenomen in RR -- paved node
Harnaschdreef (berm)	14.000	Opgenomen in RR -- unpaved node
Totaal	271.000	

2.3.2 Maaiveldhoogte

Voor de maaiveldhoogte van de paved nodes is de mediaan van alle gefilterde hoogtegegevens (AHN2) per afwateringseenheid gebruikt.

2.3.3 Droogweerafvoer

Er is geen droogweerafvoer meegenomen in de modellering.

2.3.4 Gemaalcapaciteit

Voor het verbeterd gescheiden stelsel in het Middengebied is de werkelijk pompcapaciteit overgenomen van 49,5 m³/uur. In de woonwijk Lookwatering-West is gerekend met een pompovercapaciteit van 4,80 m³/uur.

2.3.5 Berging in riolering

- Berging op straat en daken: 2 mm
- Berging in gescheiden stelsels: 0 mm
- Berging in VGS: 4 mm

2.4 Onverhard gebied

2.4.1 Oppervlakken en maaiveldhoogte

In tabel 4 is het totaal oppervlak, onverhard oppervlak en groundwater area weergegeven per rioleringsbied. Het totaal oppervlak is gelijk aan het totaal oppervlak in tabel 2. Het onverhard oppervlak is gelijk aan het totaal oppervlak minus het verhard oppervlak. De groundwater area is gelijk aan het totaal oppervlak minus het oppervlak open water (inclusief taluds).

Tabel 4 Onverhard oppervlak

Gebied	Totaal oppervlak (m ²)	Onverhard oppervlak (m ²)	Groundwater area (m ²)
Lookwatering west	158.260	78.836	134.959
Look West	235.815	117.645	201.165
Look West-Noord	111.183	55.055	86.968
Middengebied*	327.476	67.343	306.267
het Scharnier	122.406	60.585	101.479

2.4.2 Type landgebruik

Het type landgebruik is voor het gehele gebied in Sobek 'miscellaneous'.

2.4.3 Grondsoort en infiltratiecapaciteit

Voor het gehele gebied is bodemtype 'sand_minimum' toegepast met bergingscoëfficiënt $\mu=0,060$.

2.4.4 Kwel en wegzijging

Met het hoogheemraadschap is afgesproken dat in het gehele gebied geen kwel- of wegzijging plaats vindt (neutraal).

2.4.5 Drainageformulering

Voor het gehele gebied wordt gebruik gemaakt van de drainage formule van Hellinga – De Zeeuw, waarbij de standaardwaarden van het hoogheemraadschap zijn gebruikt:

Boven drainageniveau: $\alpha=0,4/d$

Beneden drainageniveau: $\alpha=0,05/d$

Surface runoff: $\alpha=5/d$

3 Waterlopen model**3.1.1 Zijtakken voor niet stromende berging**

In het model zijn alle bekende huidige leggerwaterlopen en toekomstige waterlopen binnen het gebied opgenomen. Er is geen secundair water in het gebied.

Wel zijn er zijtakken (dummytakjes) opgenomen in het model, deze zijn gemodelleerd voor de berging op maaiveld. De zijtakken zijn 100 meter lang. Het profiel op de zijtak is een YZ-profiel waarin de S-curve van het de afwateringseenheid is opgenomen. Het watervoerende gedeelte in dit YZ-profiel is 0,10 m breed en heeft een bodemhoogte van maximaal 2 meter beneden de 0 % maaiveldhoogte.

3.1.2 Stromingsweerstand waterlopen

Voor alle watergangen is een Stricklerwaarde van $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ toegepast.

3.1.3 Profilerings stroomvoerende waterlopen

De profielen zijn ontworpen op basis van de uitgangspunten notitie van het hoogheemraadschap. Er is een sliblaag van 10 % van de waterdiepte toegepast, deze is direct in het profiel verwerkt (niet in de groundlayer).

3.2 Kunstwerken

Alle kunstwerken zijn gedimensioneerd zoals ze zijn opgenomen in de legger of zijn gedimensioneerd in de ontwerpplannen.

Het stuwpeil is aangepast op het waterpeil bij een stationaire bui van 7 mm, zoals voorgeschreven in door het hoogheemraadschap.

De parameters voor de kunstwerken zijn overgenomen van het hoogheemraadschap.

4 Rioleringmodel

Voor het verbeterd gescheiden stelsel in het middengebied is het bestaande infoworks rioleringsmodel ingelezen in Sobek in de module SF. Alle instelling zijn overgenomen uit het infoworks rioleringsmodel.

Bijlage

5

Modelwijzigingen naar aanleiding 1^e versie watersysteemanalyse en projectgroep overleg op 11 april 2013

Afmetingen duikers

In de eerste versie van de watersysteemanalyse is naar voren gekomen dat een aantal duikers in het Scharnier voor een grote opstuwing zorgen. Dit komt doordat deze duikers erg krap zijn en de bodemhoogte in sommige gevallen boven het vaste peil van NAP -1,80 m uitkomt. Deze duikers zijn opnieuw ingemeten en verwerkt in de definitieve model versie (dus ook in de doorgerekende scenario's). Het betreffen onderstaande wijzigingen.

Tabel 5.1 Wijzigingen afmetingen duiker het Scharnier

SOBEK ID	Wijziging
KDU1	Duiker onvindbaar in veld, geen wijzigingen in model doorgevoerd
KDU15	Bob verlaagd naar NAP -2,20 m
KDU17	Bob verlaagt naar NAP -2,10 m
KDU22	Bob verlaagt naar NAP -2,10 m
KDU14	Bob verlaagd naar NAP -2,33 m

Maaiveldhoogte AHN2

Op basis van de eerste versie van de inundatiekaart zijn in overleg met de opdrachtgever en het hoogheemraadschap een aantal wijzigingen in het hoogtebestand doorgevoerd. Het betreffen voornamelijk vijvers en sloten die niet juist uitgefilterd waren. Eén grote wijziging is de maaiveld hoogte in het Scharnier. Hier is het maaiveld voor een groot gebied opgehoogd naar NAP -0,70 m.

Bijlage

6

Berekend bergingsvolume per afwateringseenheid

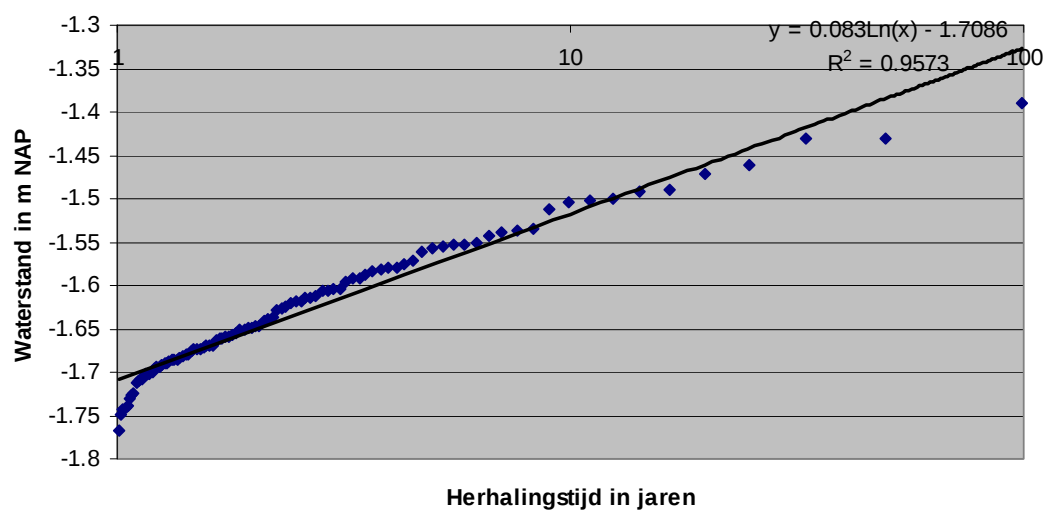
Gebied	Toetshoogte (m)	Berginghoogte (m)	Bruto oppervlak (m2)	Open water op waterlijn (m2)	Berging (m3)	m3/ha
LKW_1	-1.1	0.68	39990	4023	2735	684
LKW_2	-0.6	1.2	45294	4237	5085	1123
LKW_3	-0.6	1.2	34931	3077	3692	1057
LKW_4	-1.3	0.54	39518	3161	1707	432
LW_10	-0.6	1.2	17432	819	983	564
LW_11	-0.6	1.2	15302	2853	3424	2238
LW_12	-0.6	1.2	16136	2911	3493	2165
LW_13	-0.6	1.2	24900	2281	2737	1099
LW_14	-1.2	0.63	33118	1865	1175	355
LW_15	-1.1	0.7	43889	7801	5460	1244
LW_16	-0.9	0.91	38012	1627	1481	390
LW_17	-0.6	1.16	14192	1148	1332	938
LW_8	-0.6	1.2	12698	807	968	763
LW_9	-0.7	1.13	20136	0	0	0
LWN_5	-0.6	1.2	36314	8566	10279	2831
LWN_6	-0.6	1.2	24376	1931	2317	950
LWN_7	-0.9	0.86	50493	4904	4217	835
MID_21	-0.6	1.2	279561	13376	16051	574
MID_22	-1.1	0.7	47915	156	109	23
SCH_18	-1	0.79	46595	733	579	124
SCH_20	-1.4	0.45	48584	7255	3265	672
Totaal			929386	73529	71089	765

Bijlage

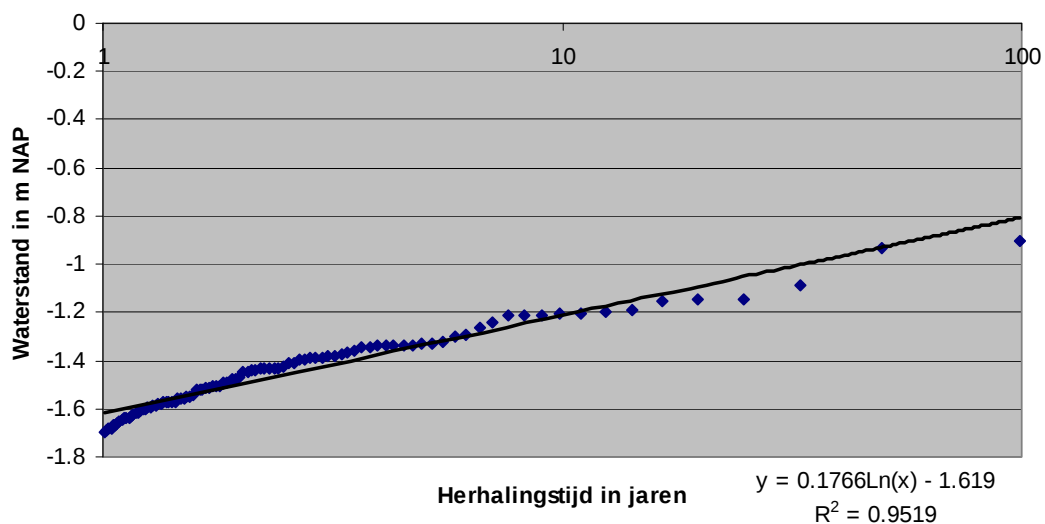
7

Grafieken herhalingstijd extreme waterstanden volgens Gumble voor een deel van de falende afwateringsgebieden

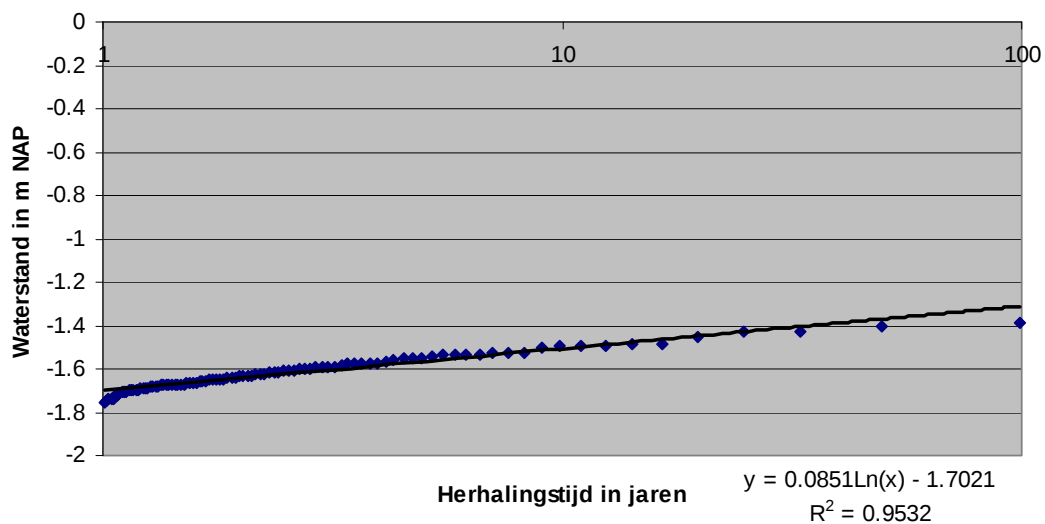
**Herhalingstijd extreme waterstanden volgens Gumbel
afwateringseenheid LKW1**



**Herhalingstijd extreme waterstanden volgens Gumbel
afwateringseenheid SCH_18_16**



**Herhalingstijd extreme waterstanden volgens Gumbel
afwateringseenheid SCH_18_43**



Bijlage

8

Globale Waterbalans, voor een compleet overzicht wordt verwezen naar het SOBEK model.

Cumulatieve waterbalans

