Hydrologische analyse korte termijn maatregelen

Herinrichting Schelkensbeek

projectnummer 0420256.100
definitief
3 mei 2019

Understanding today.
Improving tomorrow.

Hydrologische analyse korte termijn maatregelen Schelkensbeek

Herinrichting Schelkensbeek

projectnummer 0420256.100

definitief
3 mei 2019

Auteurs
Annelou Hoogerwerf
Suzan van den Driest

datum vrijgave	beschrijving revisie	goedkeuring	vrijgave
16/5/19	definitief	A.J.C. van Beek	W.A. Matla

Inhoudsopgave

		Blz.
1	**Inleiding**	**1**
1.1	Aanleiding	1
1.2	Scope	1
1.3	Werkwijze	2
1.4	Randvoorwaarden	3
1.5	Leeswijzer	4
2	**Locatie kaart 1 – Bovenstrooms Schelkensbeek**	**6**
2.1	Situatie bovenstrooms Schelkensbeek	6
2.2	Watergang 1 – Sint Lambertusbeek	9
2.2.1	Huidige situatie Sint Lambertusbeek	9
2.2.2	Advies Sint Lambertusbeek	9
2.2.3	Advies afmetingen watergang en duiker	10
2.3	Watergang 2 – Meerlebroek	11
2.3.1	Huidige situatie Meerlebroek	11
2.3.2	Advies Meerlebroek	12
2.3.3	Advies afmetingen watergang en duiker	12
2.4	Watergang 3 – Secundaire watergang Schelkensbeek	14
2.4.1	Huidige situatie secundaire watergang Schelkensbeek	14
2.4.2	Advies secundaire watergang Schelkensbeek	15
2.4.3	Advies afmetingen watergang en duiker	15
2.5	Watergang 4 – Schelkensbeek tot Meerlebroek	16
2.5.1	Huidige situatie watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek	16
2.5.2	Advies secundaire watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek	17
2.5.3	Advies afmetingen watergang en duiker	17
2.6	Watergang 5 – Schelkensbeek tot de A73	19
2.6.1	Huidige situatie watergang Schelkensbeek tot de A73	19
2.6.2	Advies watergang en duiker Schelkensbeek tot A73	20
2.6.3	Advies afmetingen watergang en duiker	21
3	**Locatie kaart 2 – 1e zijtak Schelkensbeek en Schelkensbeek**	**23**
3.1	Situatie 1e zijtak Schelkensbeek	23
3.2	Duiker zijwatergang	24
3.3	Duikers Schelkensbeek	24
3.4	Situatie Schelkensbeek	25
3.5	Duikers Schelkensbeek	25
4	**Locatie kaart 3 – Gansbeek**	**27**
4.1	Situatie Gansbeek	27
4.2	Advies duiker Gansbeek	27
5	**Locatie – Twaalf apostelenweg**	**29**

Bijlage 1 Grondeigendommen

Bijlage 2 Locaties Dwarsprofielen

Bijlage 3 Drooglegginskaart

Bijlage 4 Kaarten deelgebieden

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

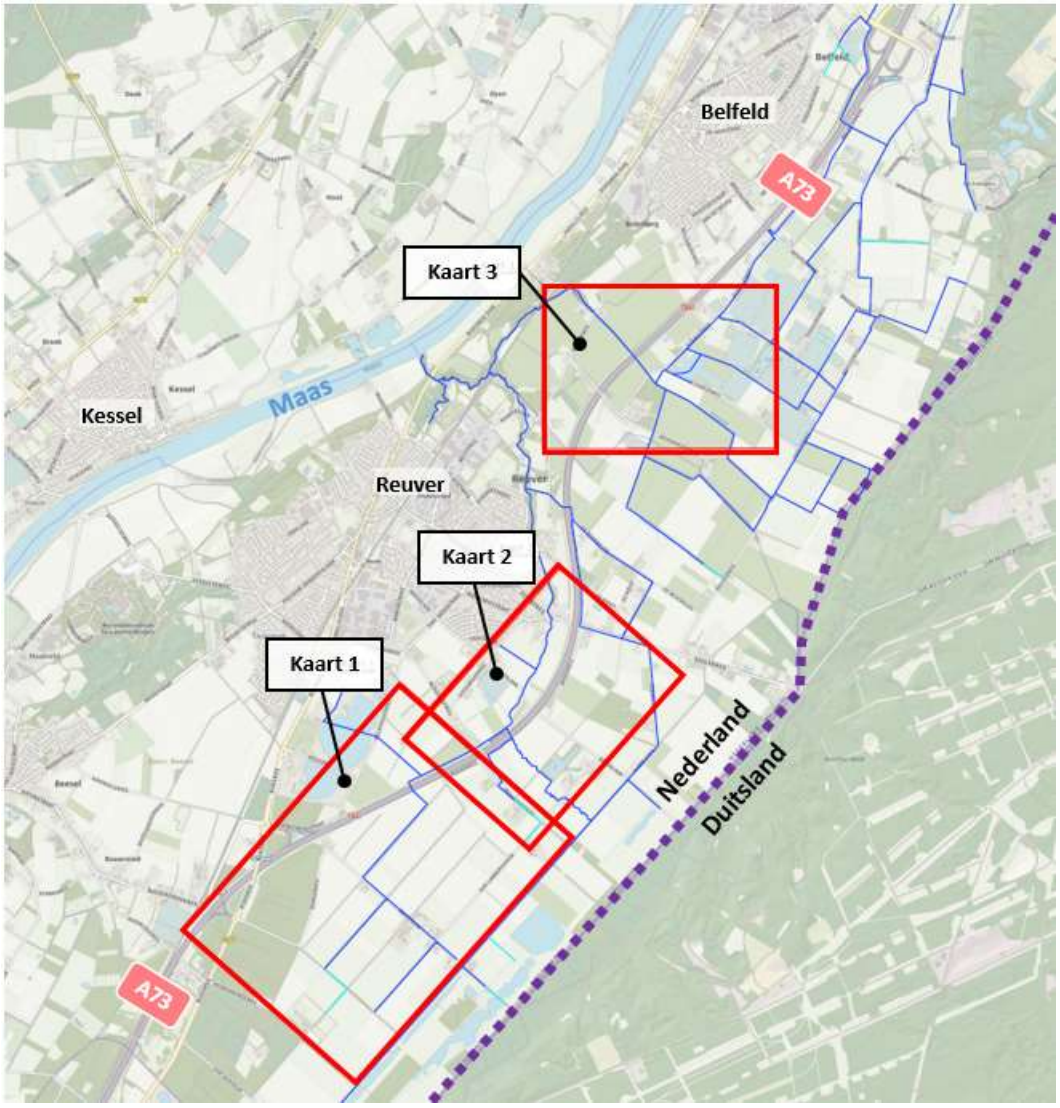
Waterschap Limburg is voornemens om eind 2019 verschillende korte termijn maatregelen uit te voeren in de Schelkensbeek, die op korte termijn tot verbetering van de afvoersituatie moeten leiden. In deze rapportage is van de verschillende maatregelen de huidige situatie weergegeven en bepaald welke afmetingen voor de duikers en watergangen in de nieuwe situatie gewenst zijn.

1.2 Scope

De korte termijn maatregelen in deze rapportage zijn gebaseerd op het schetsontwerp vanuit de rapportage: '180705-420256-WSLimburg-Rapp-Schelkensbeek-aanpak-watersysteem-rev2'. Dit schetsontwerp is opgesteld vanwege wateroverlast van juni 2016 en ervaringen van wateroverlast uit de streek. Maatregelen worden genomen op locaties waar wateroverlast berekend is in de modellering of ervaren is door de streek. Een geheel beekinrichtingsproject heeft normaliter een lange doorlooptijd, maar er is vanuit het waterschap en de streek de wens om al op korte termijn maatregelen te nemen voor betere doorstroming in de beek. Daarom is er voor de Schelkensbeek onderscheid gemaakt tussen korte en lange termijn maatregelen.

De korte termijn maatregelen bestaan uit relatief eenvoudige maatregelen, zoals het vervangen van duikers en herprofileren van de watergangen bovenstrooms in de Schelkensbeek. Deze maatregelen vallen onder de korte termijn, omdat het kleine ingrepen zijn, waarbij de benodigde afmetingen van duikers of watergangen analytisch bepaald kunnen worden. Ook moet de maatregelen uit te voeren zijn binnen de voor het waterschap beschikbare gronden, zoals is weergegeven in bijlage 1. Daarnaast worden de maatregelen zo ontworpen dat ze no-regret zijn. Dit houdt in dat ze bij de verdere herinrichting de overige doelstellingen niet in de weg gaan staan of weer gewijzigd moeten worden. Concreet houdt dit in dat de maatregelen voldoende groot uitgevoerd worden. Op de lange termijn kunnen de korte termijn maatregelen gefinetuned worden aan de hand van drooglegginsgskaarten (50% MA) en aanpassingen aan stuwen in het bovenstroomse deel van de Schelkensbeek. De uitvoering van de korte termijn maatregelen is gepland in 2019. In figuur 1-1 is de overzichtskaart met de scope van de korte termijn weergegeven. De kaarten van de deelgebieden zijn in bijlage 4 opgenomen.

Vanuit het schetsontwerp zijn ook verschillende maatregelen die vallen onder de lange termijn. Deze maatregelen zijn ingewikkelder, behoeven modelberekeningen en zijn afhankelijk van grondaankopen en andere stakeholders. De lange termijn maatregelen worden in dit rapport niet besproken.



Figuur 1-1 Overzicht scope korte termijn maatregelen.

1.3 Werkwijze

De korte termijn maatregelen die in deze rapportage besproken zijn, betreffen alleen het dimensioneren van de watergangen en duikers. Er zijn geen modelberekeningen uitgevoerd, maar is alleen een hydrologische analyse aan de hand van excelsheets gedaan.

Uitgangspunten werkwijze:

- Voor de maatgevende debieten is er gekeken naar:
    - 0,5 MA, voor reguliere afvoeren is getoetst aan de stroomsnelheid in watergangen en duikers en de hoeveelheid lucht in duikers.

    - T25 winterbui met klimaattoeslag is de norm die voor het gebied in kaart 1 en 2 geldt, waarbij geen wateroverlast mag ontstaan door opstuwing in duikers en watergangen.
    - T50 winterbui met klimaattoeslag is de norm die voor het gebied in kaart 3 geldt, waarbij geen wateroverlast mag ontstaan door opstuwing in de duiker.
    - T100 winterbui met klimaattoeslag als doorkijk hoe klimaatrobuust het watersysteem is om te bepalen of een maatregel gezien kan worden als robuust voor de afvoersituatie.
- Om de benodigde afmeting van een watergang te bepalen is het debiet aan de benedenstroomse zijde van de watergang als uitgangspunt genomen.
- Er wordt één maatgevend dwarsprofiel voor een gehele watergang gekozen.
- Er wordt één maatgevende duikerafmeting voor een gehele watergang gekozen.
- Per watergang wordt een lengteprofiel weergeven voor de bodemhoogte en de bodemligging van duikers.

1.4 Randvoorwaarden

Voor het opstellen van de randvoorwaarden is er gebruik gemaakt van de Keur van Waterschap Limburg, de 'Werkwijze notitie hydrologische werkzaamheden' en expert judgement.

De Keur is nageslagen voor regels met betrekking tot duikers en watergangen. Hieronder zijn regels met betrekking tot het vervangen, wijzigen of verwijderen van duikers opgenomen die relevant zijn voor de aanleg van de korte termijn maatregelen Schelkensbeek. Dit is exclusief regels over meldingen en vergunningen omdat in het voorliggende geval het ontwerp wordt vastgelegd in een projectplan.

- De duiker dient met een diepte van 10% van de diameter beneden de in de legger opgenomen bodemhoogte van het oppervlaktewaterlichaam gelegd te worden.
- Ter plaatse van de grondaanvullingen dienen de taluds te worden opgezet overeenkomstig de taluds van het bestaande profiel, doch met een minimale helling van 1:1.
- De duiker wordt verwijderd indien deze niet meer de functie vervult waarvoor de duiker is aangelegd.

In de Keur en de werkwijze hydrologie zijn geen regels opgenomen met betrekking tot afmetingen van watergangen omdat dit altijd het resultaat is van de toetsing van het ontwerp op de gestelde drooglegginsnormen en inundatienormen voor het gebied.

Op 1 april 2019 is een nieuwe Keur in werking getreden voor Waterschap Limburg. In deze Keur is niet langer de eis opgenomen dat duikers in leggerwatergangen een minimale diameter van 500 mm moeten hebben. Hierdoor hoeven enkele duikers, die in het Schetsontwerp aangeduid waren als knelpunt, niet meer vervangen te worden.

Voor de dimensionering van de watergangen en duikers is rekening gehouden met een aantal randvoorwaarden, die geformuleerd zijn op basis van expert judgement, dit zijn:

- Bij een 0,5 MA:
    - De maximale stroomsnelheid door de duiker is 0,5 m/s
    - De maximale stroomsnelheid door de watergang is 0,2 m/s
    - Duiker moet voldoende lucht hebben, minimaal ¼ van de duiker
- Voor T25-norm gebied geldt bij T25-winterbui met klimaattoeslag:

    - De maximale stroomsnelheid door de duiker is 1,0 m/s
    - De maximale stroomsnelheid door de watergang is 0,3 m/s
    - Water mag tot insteek profiel staan.
    - Duiker mag verdronken zijn.
- Voor T50-norm gebied geldt bij T50-winterbui met klimaattoeslag:
    - De maximale stroomsnelheid door de duiker is 1,0 m/s
    - De maximale stroomsnelheid door de watergang is 0,3 m/s
    - Water mag tot insteek profiel staan.
    - Duiker mag verdronken zijn.
- Bij T100 met klimaatopslag mag het betreffende gebied volgens de norm inunderen. Deze afvoer is gebruikt om te bepalen hoe robuust de voorgestelde maatregelen zijn.
- Het profiel niet verdiepen voor de profielverruimingen. Verdiepen van profielen kan namelijk tot verdroging leiden. Alleen indien het voor verhang nodig is, wordt ervoor gekozen om lokaal de bodem aan te passen.

Bovenstaande eisen hebben betrekking op voldoende afvoercapaciteit creëren voor de beek. Daarnaast kan de beek ook extra bergingsruimte gebruiken, waardoor er bij hoge afvoeren bovenstrooms meer geborgen kan worden. Ten behoeven hiervan zijn de volgende randvoorwaarden voor het profiel gebruikt:

- Minimale bodembreedte in profiel van 0,5 m.
- Talud minimaal 1 : 1,5, mits deze taluds passen binnen grondeigendom van het waterschap.

De maatregelen om de afvoer en berging in het watersysteem te verbeteren mogen geen negatieve gevolgen hebben in tijden van droogte. In het Schetsontwerp is de drooglegging bij 5% MA bepaald in de huidige situatie. Deze kaart is in bijlage 3 opgenomen. Hieruit blijkt dat de drooglegging in het grootste gedeelte van het stroomgebied van de Schelkensbeek in de huidige situatie groter is dan gewenst, meer dan 1,2 m-mv. Alleen in de bovenloop van de Schelkensbeek (kaart 1) en delen van de Gansbeek is de drooglegging goed. Maatregelen waarbij watergangen verbreed worden en duikers vergroot om de afvoer te verbeteren, leiden over het algemeen tot verdroging van het gebied. In het schetsontwerp is daarom opgenomen dat de drooglegginssituatie verbeterd wordt door lokaal beweegbare stuwen te realiseren, waarmee in tijden van droogte water vast gehouden kan worden en bij piekafvoeren water afgevoerd kan worden. Voor de locaties waar de stuwen moeten komen is een te uitgebreide analyse nodig voor de korte termijn. Daarom wordt dit bij de lange termijn maatregelen uitgewerkt. Er is voor de korte termijn wel rekening gehouden met het beperken van verdroging door watergangen bij voorkeur niet te verdiepen en in de bovenloop water achter hooggelegen duikers vast te houden.

Uit de duikeranalyse bij het Schetsontwerp is gebleken dat in deelgebied 1 en 2 geen duikers en watergangen zijn die bij 0,5 MA een te hoge stroomsnelheid hebben. In deelgebied 3 zijn wel duikers met een te hoge stroomsnelheid door het grote verhang in de Gansbeek. De duikers die om deze reden aangepast moeten worden zijn in hoofdstuk 4 behandeld. Bij het advies voor de b.o.b-hoogte van de duikers is er rekening mee gehouden dat deze voldoende lucht hebben.

1.5 Leeswijzer

De hoofdstuk indeling is afgeleid van de kaarten, zoals deze aangegeven zijn in figuur 1-1. Per kaart is een hoofdstuk opgebouwd, met:

- hoofdstuk 2 ‘Bovenstrooms Schelkensbeek’ – kaart 1;
- hoofdstuk 3 ‘1e zijtak Schelkensbeek’ en Schelkensbeek – kaart 2;
- hoofdstuk 4 ‘Gansbeek’ – kaart 3.
- Hoofdstuk 5 ‘Twaalf Apostelenweg’ – niet op kaart.

In ieder hoofdstuk is eerst de situatie toegelicht. Vervolgens is het advies van de maatregelen weergegeven en als laatste is de dimensionering van de maatregelen opgenomen. In bijlage 2 zijn de locaties van voorgenomen wijzigingen aan de dwarsprofielen opgenomen.

2 Locatie kaart 1 – Bovenstrooms Schelkensbeek

2.1 Situatie bovenstrooms Schelkensbeek

In het bovenstroomse deel van de Schelkensbeek treedt in de praktijk wateroverlast op. Uit NBW-toetsing is bij de T25-situatie geen wateroverlast gebleken. Uit de duikeranalyse is gebleken dat er een aantal te krappe duikers aanwezig is en dat hier enkele krappe duikers aanwezig zijn die niet in het beheerregister staan. Ook zijn de afmetingen van de meest bovenstroomse watergangen zeer gering. Daarom zijn voor dit gebied maatregelen bepaald om de afvoersituatie te verbeteren op de korte termijn. De korte termijn maatregelen in kaart 1 'Bovenstrooms Schelkensbeek' bestaan uit het herprofileren van watergangen, waarbij er vijf watergangen te onderscheiden zijn, zie figuur 2-3. Per watergang is de beek gedimensioneerd. Deze watergangen zijn:

- Watergang 1 – Sint Lambertusbeek
- Watergang 2 – Meerlebroek
- Watergang 3 – Secundaire watergang Schelkensbeek
- Watergang 4 – Schelkensbeek tot Meerlebroek
- Watergang 5 – Schelkensbeek tot A73

Alleen voor watergang 1 en 4 is er voldoende eigendom om te herprofileren buiten het huidige profiel. De overige watergangen zijn binnen het bestaande dwarsprofiel van insteek tot insteek geherprofileerd.

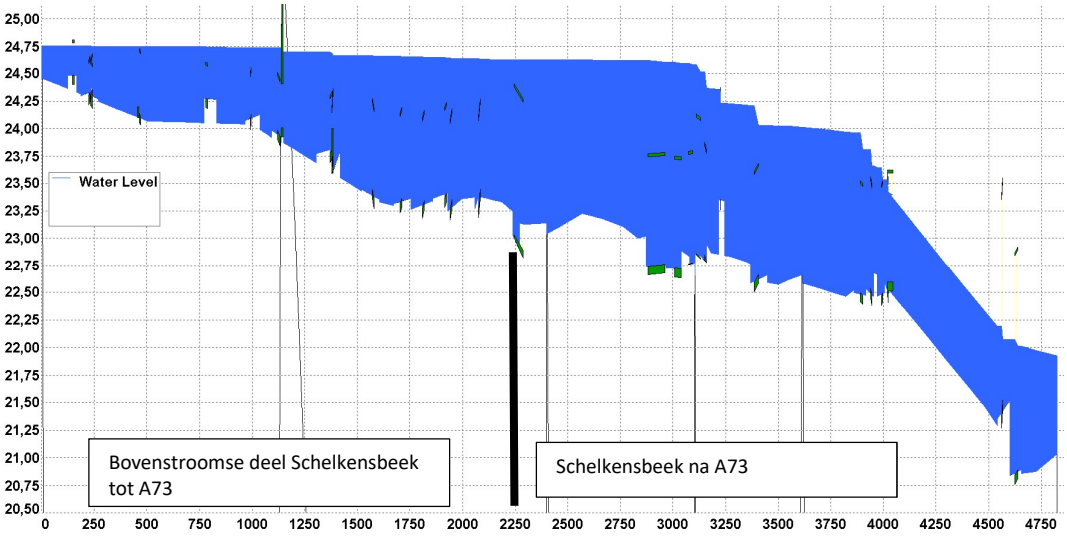
In de watergangen bevinden zich ook 13 duikers die volgens het schetsontwerp vervangen moeten worden.

Uit de duikeranalyse bij het Schetsontwerp is gebleken dat er in dit deelgebied geen duikers zijn die bij 0,5 MA een te hoge stroomsnelheid hebben. Verder is ervan uitgegaan dat de afvoer en stroomsnelheid bij de T25 maatgevend is ten opzichte van de 0,5 MA.

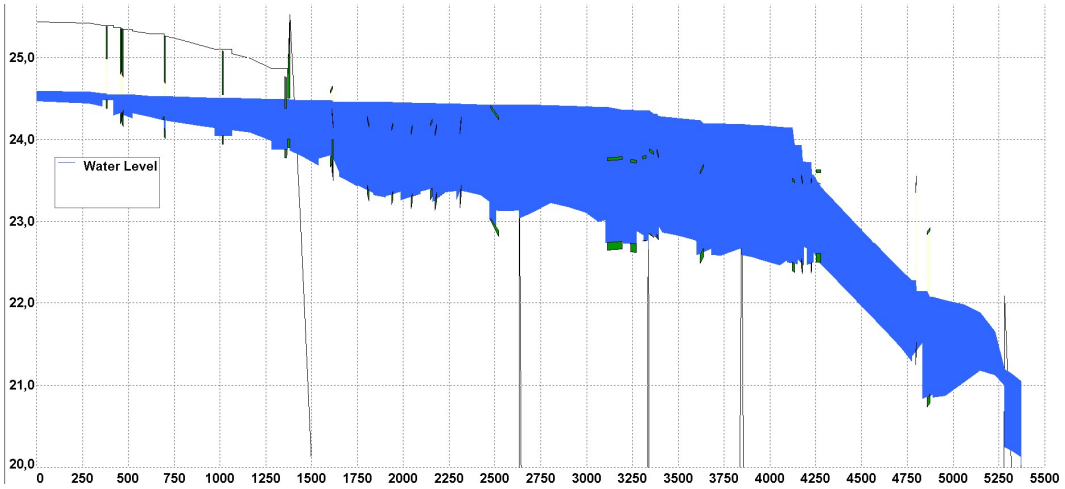
Bij een T25 winterbui is er in het bovenstroomse deel van Schelkensbeek geen wateroverlast, zie figuur 2-2. In de modellering van de huidige situatie komt naar voren dat de watergangen in het bovenstroomse deel van Schelkensbeek volledig vol/overlopen bij een T100 winterbui situatie. De oorzaak hiervan ligt deels benedenstrooms door opstuwing in duikers, zie figuur 2-1. Een aantal van deze duikers wordt ook vervangen en is beschreven in hoofdstuk 3 en 4.

Andere mogelijke maatregelen in het bovenstroomse deel bestaan uit:

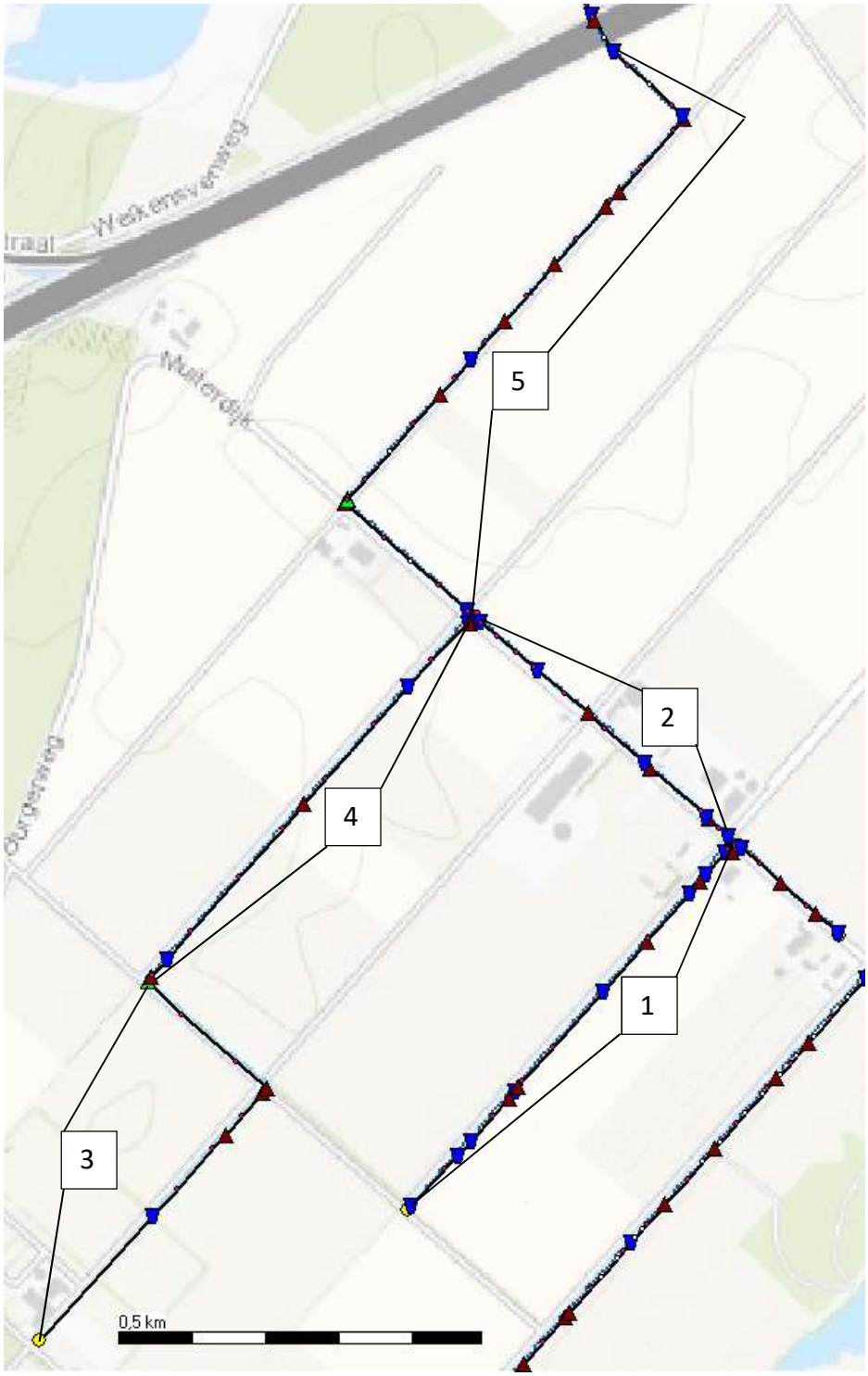
- Meer berging in profiel creëren voor hoge waterstanden. In de bovenloop van de Schelkensbeek is een stuw aanwezig waarmee water vastgehouden kan worden.
- Profielen en duikers verbreden voor betere doorstroming. Wanneer de duikers benedenstrooms vergroot zijn, dan moet de afvoer van het bovenstroomse deel naar benedenstrooms ook mogelijk zijn.
- Watersysteem op orde maken zodat dit voldoet aan de Keur en alle kunstwerken opgenomen zijn in de Legger.



Figuur 2-1: Modelberekening en situatieschets van waterproblematiek bovenstroomse deel Schelkensbeek van de T100 winterbui exclusief klimaattoeslag (huidige situatie).



Figuur 2-2: Modelberekening en situatieschets van waterproblematiek bovenstroomse deel Schelkensbeek van de T25 winterbui exclusief klimaattoeslag (huidige situatie).



Figuur 2-3 Situatie bovenstrooms Schelkensbeek – De hydrologische situatie is per watergang (1 t/m 5) onderzocht en de watergang gedimensioneerd.

2.2 Watergang 1 – Sint Lambertusbeek

2.2.1 Huidige situatie Sint Lambertusbeek

Op dit traject is het profiel van de beek onregelmatig waardoor de afvoer belemmerd wordt richting Meerlebroek, zoals te zien is in figuur 2-4, en is een te krappe duiker aanwezig die de afvoer bij hoge afvoer belemmert. Het gebied voldoet aan de NBW-norm.

Informatie over watergang Sint Lambertusbeek:

- De beek bevindt zich in eigendom van het waterschap, waarbij de breedte van dit eigendom 10 m is.
- Afvoer door de watergang:
    - bij 0,5 MA is 0,006 m^3/s
    - bij T25 met klimaattoeslag 0,024 m^3/s
    - bij T100 met klimaattoeslag is het 0,03 m^3/s
- Huidig profiel:
    - Talud 1 : 1,5
    - Verhang van de watergang is 0,20 m per km
    - Diepte profiel is 1,2-0,75 m, maatgevend uitgangspunt berekening is 0,75 m.
    - Breedte van insteek tot insteek is 2,5 tot 3 m.
    - Bodembreedte profiel is 20-40 cm.

Om de T25-afvoer te kunnen verwerken heeft de watergang een verhang van ten minste 0,013 m per km nodig. Om het debiet van de T100 met klimaattoeslag te behalen in het huidige profiel is een verhang van 0,02 m per km nodig. In beide gevallen is het beekprofiel geheel gevuld. Het huidige verhang tussen het bovenstroomse profiel en het benedenstroomse profiel op dit traject is 0,20 m per km en dus voldoende bij het aanwezige dwarsprofiel. Echter is goed zichtbaar in figuur 2-4 dat het verloop van de beekbodem niet regelmatig is en dat het ondiepe profiel en de kleine duiker (rond 300, rood omcirkeld) voor belemmering van de afvoer kunnen zorgen. Het oplopen van de beek in benedenstroomse richting zorgt ook voor het vasthouden van water in tijden van droogte.

2.2.2 Advies Sint Lambertusbeek

Het advies voor het herprofileren van de watergang is om:

- Het huidige dwarsprofiel te handhaven. Het dwarsprofiel voorziet in voldoende doorstroming, waardoor profielaanpassingen weinig meerwaarde heeft op de afvoercapaciteit van de dit deel van de beek.
    - Om extra berging te creëren kan het profiel van de watergang verbreed worden binnen het huidige grondeigendom, zodat de bodembreedte 0,5 m. Vanuit hydrologisch oogpunt adviseren wij om het dwarsprofiel niet aan te passen omdat het vanuit de NBW niet nodig is, de drooglegging goed is en verbreding verdrogend werkt op de omgeving.
- Het lengteprofiel aan te passen zodat het bodemverloop geleidelijker is. In de huidige situatie is de watergang in het midden dieper dan aan het begin en het einde. Door aan

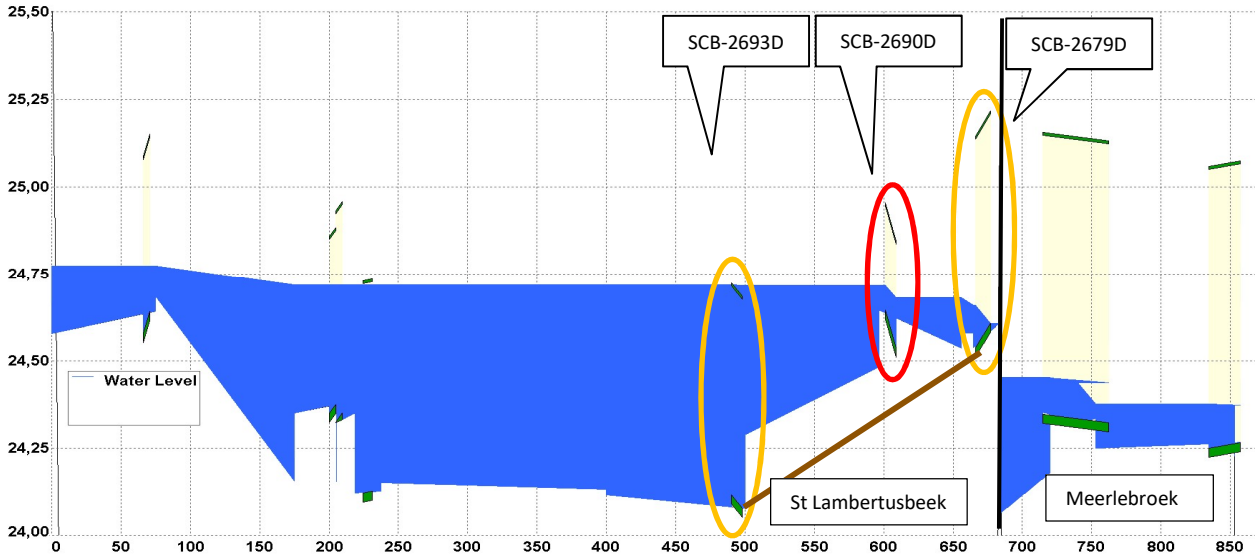
de zijde van Meerlebroek het bodemverhang gelijkmatig op te laten lopen en de belemmerende duiker (SCB-2690D) te vervangen, kan bij piekafvoeren de afvoer verbeterd worden. Het tegengestelde verhang aan het einde van het profiel houdt in tijden van droogte water vast.
    - Het advies is om het bodemverhang tegengesteld te laten, maar wel beter aan te laten sluiten. Vanwege het ruime profiel van de watergang en de grote duikers benedenstrooms in Meerlebroek (rond 600-800 mm) wordt er geen belemmering van de doorstroming verwacht op dit punt.
- Duiker SCB-2690D te vervangen voor rond 600 mm, hieronder is een korte toelichting gegeven hoe tot deze waarde is gekomen.
- De duiker SCB-2679D en duiker SCB-2693D te behouden. Deze duikers zijn voldoende groot voor de doorstroming (rond 600 mm). Alleen bevindt de duiker SCB-2679D zich vrij hoog in het profiel. Dit wordt niet als probleem gezien, omdat dit water vasthoudt in tijden van droogte en bij hoge afvoeren voldoende afvoer mogelijk is.

2.2.3 Advies afmetingen watergang en duiker

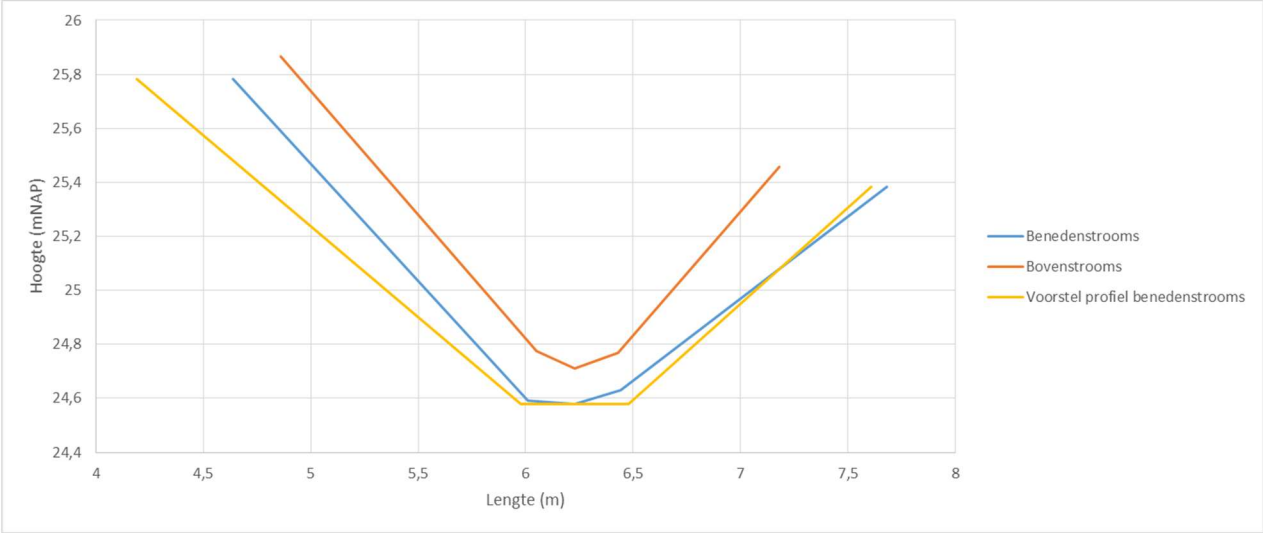
Duiker SCB-2690D is ter vervanging opgenomen. Deze duiker is 7,8 m lang. De overige duikers in deze watergang zijn rond 500-600 mm. Uit de analytische berekening in de volgende paragraaf blijkt dat bij een duiker van 8 m en een debiet van 0,024 m^3/s het verval over de duiker minder dan 5 cm is en de snelheid onder de 0,5 m/s blijft. Dit is ruimvoldoende voor een T125 winterbui. Het advies is daarom om duiker SCB-2690D te vervangen voor een rond 600 mm.

Duiker SCB-2690D:
- Rond 600 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,35 m (afhankelijk van herprofileren watergang)

Huidige afmetingen watergang doorzetten in Sint Lambertusbeek tussen de 500-700 m in het lengteprofiel (figuur 2-4):
- Bodemhoogte NAP + 24,05 m tot 24,55 m.
- De watergang heeft in de huidige situatie voldoende doorstroming, dus het advies is deze afmetingen door te zetten in het stuk watergang dat vergraven wordt. Dit zijn de volgende afmetingen:
    - Talud 1 : 1,5
    - Verhang van de watergang is 0,20 m per km.
    - Diepte profiel is 1,2-0,75 m, uitgaande van 0,75 m.
    - Breedte van insteek tot insteek is 2,5 tot 3 m.
    - Bodembreedte profiel is 40 cm.



Figuur 2-4: Verloop bodemprofiel Sint Lambertusbeek, met in de rode cirkel de te vervangen duiker, in de oranje cirkels de te behouden duiker, in het bruin het nieuwe verhang – 0,5 MA



Figuur 2-5: Huidige profielen Sint Lambertusbeek, bovenstrooms is profiel A, benedenstrooms is profiel B (zie bijlage 2)

2.3 Watergang 2 – Meerlebroek

2.3.1 Huidige situatie Meerlebroek

In watergang 2 is conform de Keur een te krappe duiker aanwezig is (SCB-2676D) die in afvoer van de watergang belemmert. Daarnaast is deze watergang in de Schouw en de WB21-maatregelen benoemd als te krappe watergang (S1.b). Het gebied voldoet wel aan de NBW-norm.

Informatie over watergang Meerlebroek:

- De beek ligt niet in kadastraal eigendom van het waterschap, maar in eigendom van de gemeente. Het waterschap heeft van de Meerlebroek alleen eigendom bovenstrooms van de Sint Lambertusbeek.
- Afvoer door de watergang:
    - bij 0,5 MA is 0,01 m^3/s
    - bij T25 met klimaattoeslag 0,037 m^3/s
    - bij T100 met klimaattoeslag is het 0,045 m^3/s

- Huidig profiel, zie figuur 2-7:
    - Talud 1 : 1,4
    - Verhang van de watergang is 0,70 m per km
    - Diepte profiel is 1,12 m.
    - Breedte van insteek tot insteek is 2,5 tot 3 m
    - Bodembreedte profiel is 0 m benedenstrooms en 50 cm bovenstrooms

Om de T25-afvoer te kunnen verwerken heeft de watergang een verhang van ten minste 0,012 m per km nodig. Om het debiet van de T100 met klimaattoeslag af te kunnen voeren in het huidige profiel is een verhang van 0,02 m per km nodig. In beide gevallen is het beekprofiel geheel gevuld. Het huidige verhang tussen het bovenstroomse profiel en het benedenstroomse profiel op dit traject is 0,70 m per km en dus ruimschoots voldoende bij het aanwezige dwarsprofiel. Ook de beekbodem loopt af naar de benedenstroomse zijde zonder grote afwijkingen in het profiel, zie figuur 2-6.

De rode duiker bovenstrooms van de Meerlebroek (SCB-2676D) is een knelpunt door de scheve ligging en de kleine omvang (rond 300 mm), waardoor deze duiker voor opstuwing zorgt en de afvoer van het bovenstrooms gelegen gebied belemmert. De duiker in de Schelkensbeek (SCB-2081D) wordt meegenomen in paragraaf 2.6.

2.3.2 Advies Meerlebroek

Het advies is om:

- Het dwarsprofiel over het hele traject te herprofileren zodat deze een bodembreedte van 0,5 m krijgt. Dan is het dwarsprofiel groot genoeg voor voldoende doorstroming bij een T25 en T100 winter klimaatbui en een heeft voldoende bodembreedte. Hierdoor neemt het talud van de watergang af van 1 op 1,4 naar 1 op 1,0. Langs Meerlebroek zijn geen grondeigendommen beschikbaar om de verbreding buiten het huidige profiel uit te voeren. Vanwege de steile taluds is het wenselijk om hier ongeveer 0,5 m grond aan te kopen om de beek ook op insteekniveau te kunnen verbreden.
- De duiker SCB-2676D te vervangen voor een rond 600 mm, de uitwerking hiervan is hieronder beschreven.

2.3.3 Advies afmetingen watergang en duiker

Duiker SCB-2676D is rond 300 mm en 6,5 m lang. De bovenstroomse duiker in deze watergang is rond 800 mm. De duikers benedenstrooms (na samenkomst met de Sint Lambertusbeek) zijn alle

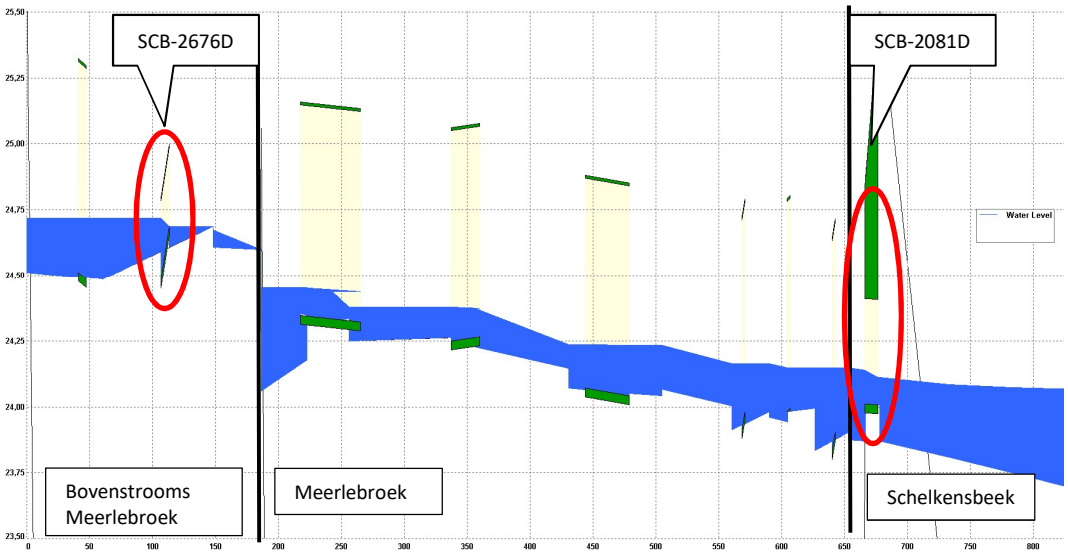
duikers ook rond 800 mm. Uit de analytische berekeningen blijkt dat een duiker rond 500 mm voldoende groot is, waarbij een verval van 0,004 m en een stroomsnelheid van 0,2 m/s bij een T25 winterbui met klimaattoeslag optreedt. De aanleg van een duiker met afmeting rond 800 mm is voor deze watergang overdreven. Het advies is om een duiker aan te leggen van rond 500 mm.

Duiker SCB-2676D:

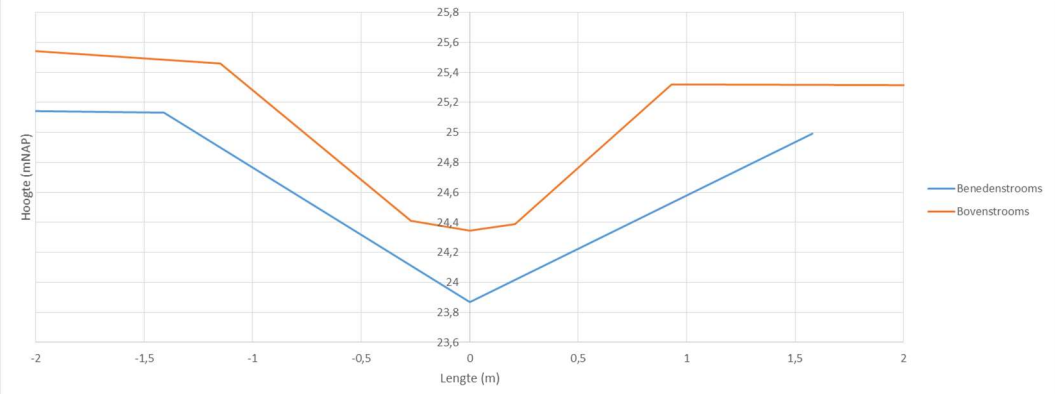
- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,60 m

Watergang Meerlebroek:

- Bodembreedte van 0,5 m realiseren binnen het bestaande dwarsprofiel van insteek tot insteek over hele traject.



Figuur 2-6: Verloop bodemprofiel Meerlebroek, met in de rode cirkels de te vervangen duikers, waarvan de duiker in de Schelkensbeek staat beschreven in paragraaf 2.6 – 0,5 MA



Figuur 2-7: Huidige profielen Meerlebroek, bovenstrooms is profiel C, benedenstrooms is profiel D (zie bijlage 2)

2.4 Watergang 3 – Secundaire watergang Schelkensbeek

2.4.1 Huidige situatie secundaire watergang Schelkensbeek

Bovenstrooms van deze watergang treedt in de praktijk wateroverlast op, die niet uit de NBW-toetsing blijkt. In de praktijk is in deze watergang een aantal te krappe duikers aanwezig, die de afvoer waarschijnlijk belemmeren. Daarnaast heeft de watergang beperkte afmetingen waardoor deze in de praktijk onvoldoende water afvoert.

Informatie over watergang Secundaire watergang Schelkensbeek:

- De beek ligt in kadastraal eigendom van het waterschap. Het stuk beek langs de 'Sint Gerardusdijk' (richting noord-west) heeft een breedte van 10 m eigendom. Het stuk beek langs de 'Verlenge Bussereindseweg' (richting noord-oost) heeft een breedte van circa 2,5 m.
- Afvoer door de watergang:
    - bij 0,5 MA is 0,003 m^3/s
    - bij T25 met klimaattoeslag 0,012 m^3/s
    - bij T100 met klimaattoeslag is het 0,014 m^3/s

- Huidig profiel:
    - Talud 1 : 1,4
    - Verhang van de watergang is 0,8 m per km
    - Diepte profiel is 1,13 m.
    - Breedte van insteek tot insteek is 2,3 m
    - Bodembreedte profiel is 0 m

Om de T25-afvoer te kunnen verwerken heeft de watergang een verhang van ten minste 0,001 m per km nodig. Om het debiet van de T100 met klimaattoeslag af te kunnen voeren in het huidige profiel is een verhang van 0,002 m per km nodig. In beide gevallen is het beekprofiel geheel gevuld. Het huidige verhang tussen het bovenstroomse profiel en het benedenstroomse profiel op dit traject is 0,80 m per km en dus ruimschoots voldoende bij het aanwezige dwarsprofiel. Hoe de beekbodem verloopt is moeilijk te zeggen, omdat er in dit deel van de beek maar één dwarsprofiel is ingemeten. Hierdoor lijken er geen grote afwijkingen in het lengteprofiel te zitten, op de locaties van de duikers na (zie figuur 2-8).

In de watergang bevinden zich 5 duikers, waarvan er van 4 duikers gegevens bekend zijn. Dit zijn duiker SCB-2002D t/m SCB-2005D. Deze duikers zijn rond 300 mm. Benedenstrooms van deze duikers bevindt zich nog een duiker waarvan geen gegevens bekend zijn, het wordt verwacht dat deze duiker ook rond 300 mm is, hier wordt naar verwezen als duiker SCB-XXXXD.

In theorie zijn de afmetingen van de watergang groot genoeg om de afvoer te kunnen verwerken. In de praktijk wordt echter wateroverlast ervaren. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de conform de Keur te krappe duikers. Mogelijk is de afvoer uit het bovenstrooms gelegen gebied groter dan in de modellering is aangenomen. Ons advies is om hier de afvoer te verbeteren.

2.4.2 Advies secundaire watergang Schelkensbeek

Het advies is om:

- Het dwarsprofiel over het hele traject te herprofileren zodat deze een bodembreedte van 0,5 m krijgt. Dan is het dwarsprofiel groot genoeg voor voldoende doorstroming bij een T25 en T100 winter klimaatbui en heeft voldoende bodembreedte. Hierdoor neemt het talud van de watergang af van 1 op 1,4 naar 1 op 1,1.
- De duikers SCB-2002D t/m SCB-2005D en de SCB-XXXXD te vervangen voor een rond 500 mm, de uitwerking hiervan is hieronder beschreven.

2.4.3 Advies afmetingen watergang en duiker

De duikers in de Schelkensbeek zijn tussen de 5,3 en 8 m lang en allemaal rond 300 mm. De bovenstroomse duikers van deze watergang variëren tussen de rond 300 mm en rond 570 mm. Uit de analytische berekeningen blijkt dat de duiker voldoen reeds voldoen aan de eisen bij rond 300 mm duikers, met een verval van 0,004 m en een stroomsnelheid van 0,2 m/s bij een T25 winterbui met klimaattoeslag. De aanleg van een duiker met afmeting rond 800 mm is voor deze watergang overdreven. Het advies is om een duiker aan te leggen van rond 500 mm, waarbij het verval afneemt tot 0,001 m en de stroomsnelheid in de duiker minder dan 0,1 m/s is bij een T25 winterbui met klimaattoeslag.

Duiker SCB-2002D:

- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,35 m

Duiker SCB-2003D:

- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,30 m

Duiker SCB-2004D:

- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,30 m

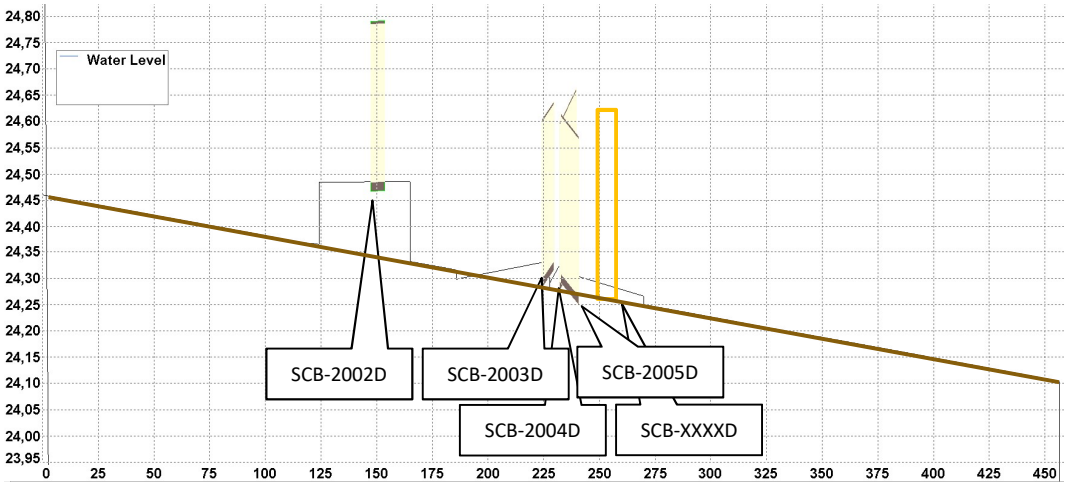
Duiker SCB-2005D:

- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,25 m

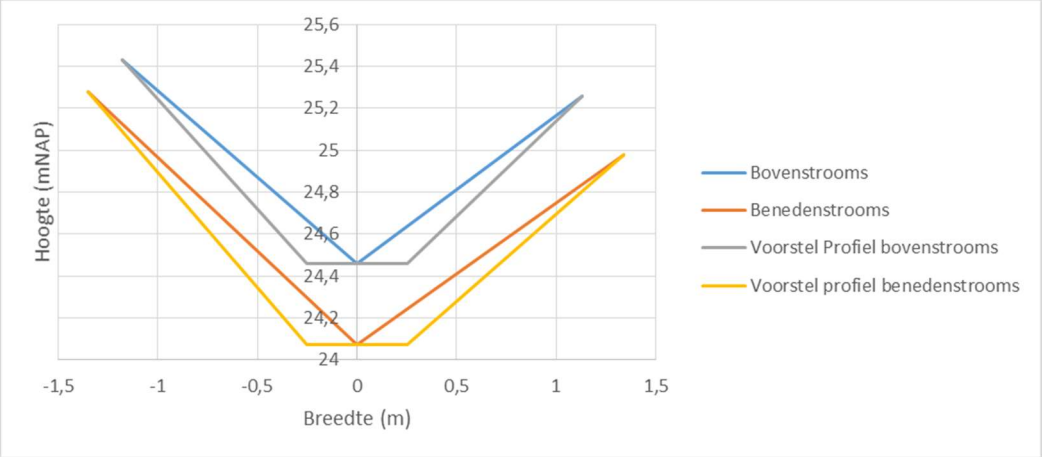
Duiker SCB-XXXXD:

- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,25 m

Watergang secundaire watergang Schelkensbeek:
Bodembreedte van 0,5 m realiseren binnen het bestaande dwarsprofiel van insteek tot insteek over hele traject, daarbij de bodemhoogte gelijkmatig af laten lopen. De huidige en geadviseerde dwarsprofielen voor dit beektraject zijn in figuur 2-9 opgenomen.



Figuur 2-8: Verloop bodemprofiel Secundaire watergang Schelkensbeek, waarbij alle duikers vervangen dienen te worden. Ook zijn er van één duiker geen gegevens bekend (oranje vierkant op 250 m).



Figuur 2-9: Huidige profielen en voorgestelde profielen secundaire watergang Schelkensbeek, bovenstrooms is profiel E, benedenstrooms is profiel F (zie bijlage 2)

2.5 Watergang 4 – Schelkensbeek tot Meerlebroek

2.5.1 Huidige situatie watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek

Bovenstrooms van deze watergang treedt in de praktijk wateroverlast op, die niet uit de NBW-toetsing blijkt. In de praktijk is in deze watergang een aantal te krappe duikers aanwezig, die de afvoer waarschijnlijk belemmeren. Daarnaast heeft de watergang beperkte afmetingen waardoor deze in de praktijk onvoldoende water afvoert.

Informatie over watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek:

- De beek bevindt zich in eigendom van het waterschap, waarbij de breedte van dit eigendom 10 m is.
- Afvoer door de watergang:
  - bij 0,5 MA is 0,005 m^3/s
  - bij T25 met klimaattoeslag 0,023 m^3/s
  - bij T100 met klimaattoeslag is het 0,028 m^3/s

- Huidig profiel:
  - Talud 1 : 1,5
  - Verhang van de watergang is 0,28 m per km
  - Diepte profiel is 0,9 m.
  - Breedte van insteek tot insteek is 2,7-3,3 m
  - Bodembreedte profiel is 0 m

- Stuw:
  - Winter 24,2 mNAP
  - Zomer 24,5 mNAP

Om de T25-afvoer te kunnen verwerken heeft de watergang een verhang van ten minste 0,006 m per km nodig. Om het debiet van de T100 met klimaattoeslag af te kunnen voeren in het huidige profiel is een verhang van 0,01 m per km nodig. In beide gevallen is het beekprofiel geheel gevuld. Het huidige verhang tussen het bovenstroomse profiel en het benedenstroomse profiel op dit traject is 0,28 m per km en dus voldoende bij het aanwezige dwarsprofiel, (zie figuur 2-12).

In de watergang bevinden zich 4 duikers, waarvan 2 duikers vanuit de duikeranalyse aangeduid zijn als te vervangen vanwege hun conform de Keur te krappe afmetingen, SCB-2007D en SCB-2008D. Deze duikers zijn rond 300 mm en rond 400 mm en moesten conform de oude Keur vervangen worden. Inmiddels is deze regel in de Keur aangepast, de duikers zijn al wel onderzocht en de uitwerking hiervan staat in de volgende twee paragraven.

2.5.2 Advies watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek

Het advies is om:

- Het dwarsprofiel over het hele traject te herprofileren zodat deze een bodembreedte van 0,5 m krijgt. Dan is het dwarsprofiel groot genoeg voor voldoende doorstroming bij een T25 winter klimaatbui en een heeft voldoende bodembreedte. Het advies hierbij is om het talud 1:1,5 te behouden en het dwarsprofiel breder te maken omdat hier grondeigendom van het waterschap beschikbaar is. Het bodemverloop in het lengteprofiel loopt in de huidige situatie goed af.
- De duikers SCB-2007D te vervangen voor een rond 500 mm, de uitwerking hiervan is hieronder beschreven. Duiker SCB-2008D te verwijderen, omdat deze duiker in de streekbijeenkomst is aangegeven als een duiker die verwijderd kan worden.

2.5.3 Advies afmetingen watergang en duiker

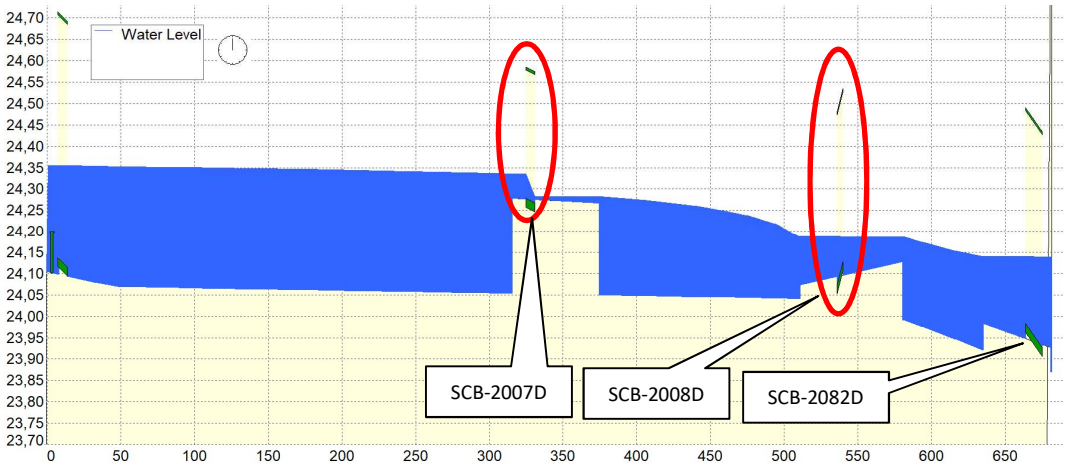
De duiker SCB-2007 is rond 300 mm en 6,2 m lang. De duiker SCB-2008D is rond 400 mm en 3,9 m lang. De bovenstroomse duikers van deze watergang is rond 500 mm. Duikers benedenstrooms zijn rond 500-800 mm, wanneer de Meerlebroek is bijgesloten. Een aandachtspunt bij deze duikers is dat de scheve ligging van de duikers, die in het model voor een aantal duikers verkeerd-om zijn gemodelleerd. Dit betekent voor duikers SCB-2007D dat deze licht tegen de stroming in ligt en duiker SCB-2008D vrij scheef ligt, maar wel met de stroming mee ligt.

Uit de analytische berekeningen blijkt dat de kleinste duiker (SCB-2007D) voldoet aan de randvoorwaarden, met een verval van 0,001 m en een stroomsnelheid van 0,12 m/s bij een T25 winterbui met klimaattoeslag, echter houdt deze berekening geen rekening met de scheve ligging van de duiker. Daarnaast ligt de duiker ook hoog in het profiel. Het is geen eis meer van het waterschap om duikers van minimaal rond 500 mm in primaire watergangen te leggen, maar het advies voor deze duiker is om hem op de bodemhoogte van de watergang te leggen en te vervangen naar een zelfde grootte van de overige duikers in de watergang.

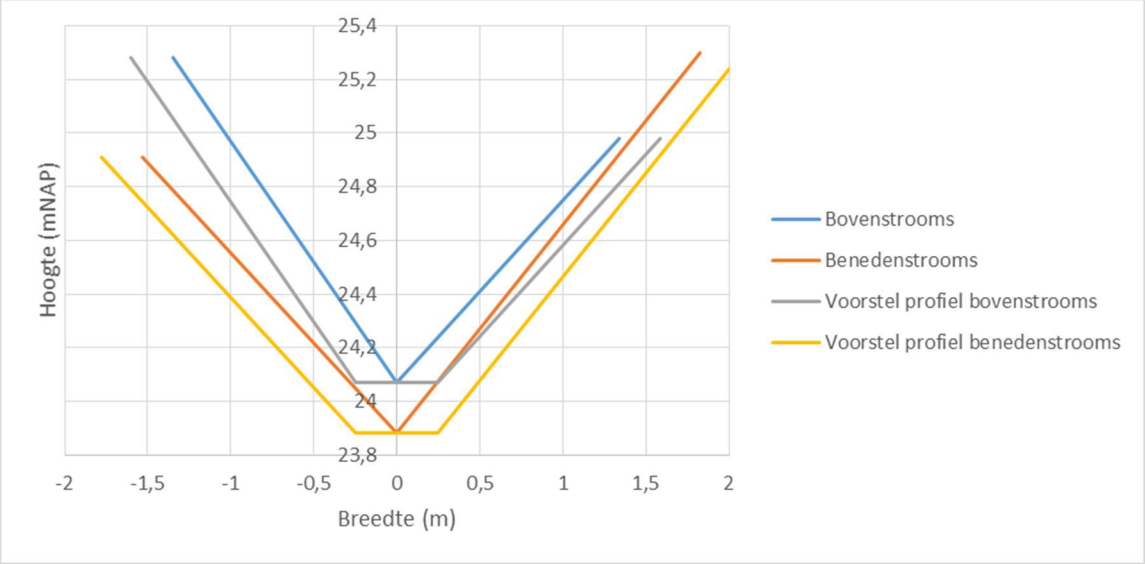
Duiker SCB-2007D:

- Rond 500 mm
- Advies b.o.b. NAP + 24,05 m

Duiker SCB-2008 wordt verwijderd.



Figuur 2-10: Verloop bodemprofiel watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek – 0,5 MA



Figuur 2-11: Huidige profielen en voorgestelde profielen watergang Schelkensbeek tot Meerlebroek, bovenstrooms is profiel F, benedenstrooms is profiel G (zie bijlage 2)

Voor Profiel F zijn twee voorgestelde profielen gemaakt, voor zowel watergang 4 als watergang 3. Het optimale profiel is het profiel van watergang 4, vanwege de minder steile taluds. Als het waterschap de kadastrale eigendommen van deze percelen heeft, dan is het advies om de watergang op te waarderen naar het bovenstaand voorgestelde profiel.

2.6 Watergang 5 – Schelkensbeek tot de A73

2.6.1 Huidige situatie watergang Schelkensbeek tot de A73

Bovenstrooms van deze watergang treedt in de praktijk wateroverlast op, die niet uit de NBW-toetsing blijkt. Door deze watergang te herprofileren kan extra afvoercapaciteit en berging in het watersysteem gerealiseerd worden.

Informatie over watergang Schelkensbeek tot A73:

- De beek ligt niet in kadastraal eigendom van het waterschap.
- Afvoer door de watergang:
  - bij 0,5 MA is 0,038 m³/s
  - bij T25 met klimaattoeslag 0,165 m³/s
  - bij T100 met klimaattoeslag is het 0,204 m³/s
- Huidig profiel:
  - Talud 1 : 1,2
  - Verhang van de watergang is:
    - Tot stuw meer dan 2 m per kilometer
    - Na stuw 0,024 m per km
  - Diepte profiel is 0,9 m benedenstrooms en 1,4 m bovenstrooms.
  - Breedte van insteek tot insteek is 3,2-3,5 m
  - Bodembreedte profiel is 0,6 m benedenstrooms en 0 m bovenstrooms

- Stuw:
    - Winter 24 m NAP
    - Zomer 24,3 m NAP

Om het debiet af te kunnen voeren is bij T25 met klimaattoeslag in het huidige profiel een verhang nodig van:

- 0,11 m per km nodig voor het benedenstroomse profiel.
- 0,038 m per km nodig voor het bovenstroomse profiel.

Om het debiet af te kunnen voeren is bij T100 met klimaattoeslag in het huidige profiel een verhang nodig van:

- 0,16 m per km nodig voor het benedenstroomse profiel.
- 0,058 m per km nodig voor het bovenstroomse profiel.

Bij de T25-afvoer is het profiel geheel gevuld. Het huidige verhang tussen het bovenstroomse profiel en het benedenstroomse profiel is 0,024 m per km. Het bovenstroomse profiel voldoet bij zowel een T25 als een T100 klimaatbui. Het benedenstroomse profiel voldoet niet bij een T25 norm, vanwege het beperkte verhang. Drie aanwijsbare oorzaken hiervan zijn:

- Het verhang tussen de stuw en de A73 is zeer beperkt.
- Het profiel benedenstrooms is ondiep (0,90 m) ten opzichte van het bovenstroomse profiel (1,43 m).
- Het debiet is groter in het benedenstroomse deel van deze watergang dan de overige watergangen in het bovenstroomse deel van de Schelkensbeek.

In de watergang bevinden zich 9 duikers tot aan de snelweg, waarvan 2 duikers geselecteerd zijn voor vervanging omdat ze uit de duikeranalyse naar voren zijn te komen als te klein. Dit zijn duiker SCB-2081D en SCB-2010D.

2.6.2 Advies watergang en duiker Schelkensbeek tot A73

Het advies is om:

- Watergang:
    - Het dwarsprofiel vanaf 450 m in het lengteprofiel te verbreden richting de A73.
    - Het lengteprofiel de herprofileren en richting de A73 aan te sluiten op 23,2 m NAP.
    - Twee duikers die te hoog in het profiel komen te liggen, te vervangen en op de juiste bodemhoogte te leggen (SCB-2016D en SCB-2018D).
- De duikers SCB-2081D en SCB-2010D te vervangen voor duikers rond 800 mm.

2.6.3 Advies afmetingen watergang en duiker

De twee duikers ter vervanging in de Schelkensbeek zijn SCB-2081D (10,5 m lang en rond 400 mm en SCB-2010D (12,5 m lang en rond 500 mm). Daarnaast is er één duiker van rond 570 mm in de watergang, overige duikers zijn rond 800 mm.

Uit de analytische berekeningen blijkt dat de huidige duiker SCB-2081D niet voldoet aan de gestelde randvoorwaarde en eisen, met een verval van 0,18 m en een stroomsnelheid van

1,3 m/s bij een T25 winterbui met klimaattoeslag. Het advies is om een duiker aan te leggen van rond 800 mm, waarbij het verval afneemt tot 0,01 m en de stroomsnelheid in de duiker 0,3 m/s is bij een T25 winterbui met klimaattoeslag. Overige duikers in de watergang hebben dezelfde dimensies.

Duiker SCB-2081D:

- Rond 800 mm
- Advies b.o.b. NAP + 23,85 m

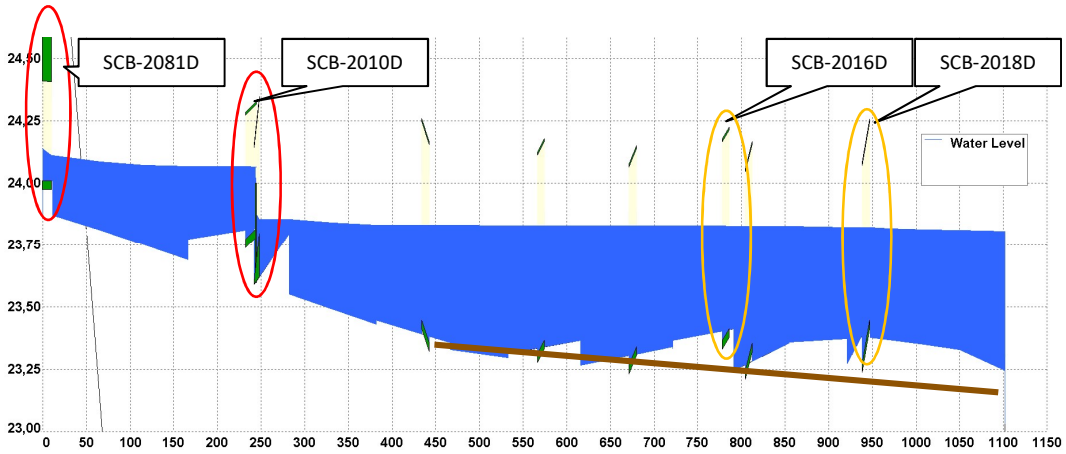
Duiker SCB-2010D:

- Rond 800 mm
- Advies b.o.b. NAP + 23,70 m

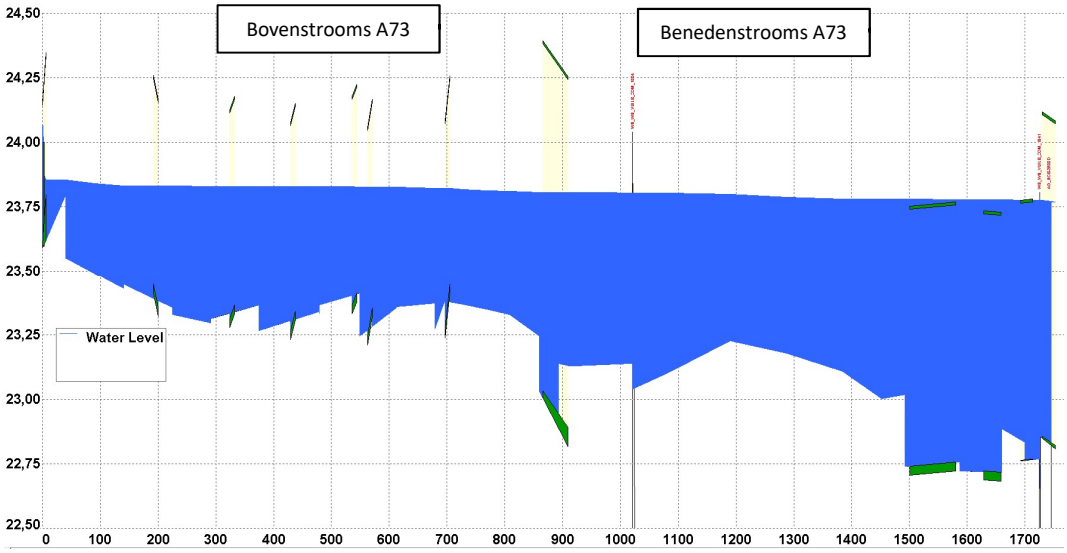
Watergang Schelkensbeek tot A73:

- Bodemhoogte NAP + 23,30 m tot 23,25 m.
- De afmetingen van de watergang handhaven van 0-450 m. Dit zijn de volgende afmetingen:
  - Talud 1 : 1,4
  - Diepte profiel is 1,2-0,9 m.
  - Breedte van insteek tot insteek is 3,2-3,5 m.
  - Bodembreedte profiel is 60 cm.
- Watergang vanaf 450 m (250 m voorbij de stuw) tot aan de A73 herprofileren in het lengteprofiel om verhang over watergang te verdelen (zie figuur 2-12), waarbij wordt aangesloten op NAP + 23,20 mNAP:
  - Talud 1:1
  - Diepte profiel is 1,2-1,0 m.
  - Breedte van insteek tot insteek is 3,5-4,5 m.
  - Bodembreedte profiel is 60 cm.
- Door de herprofilering zijn er twee duikers die te hoog in het profiel liggen SCB-2016D en SCB-2018D. Deze duikers zijn beide rond 800 mm en voldoende groot voor het debiet. Ze moeten wel op de juiste hoogte gelegd worden, respectievelijk NAP + 23,25 m en +23,20 m.

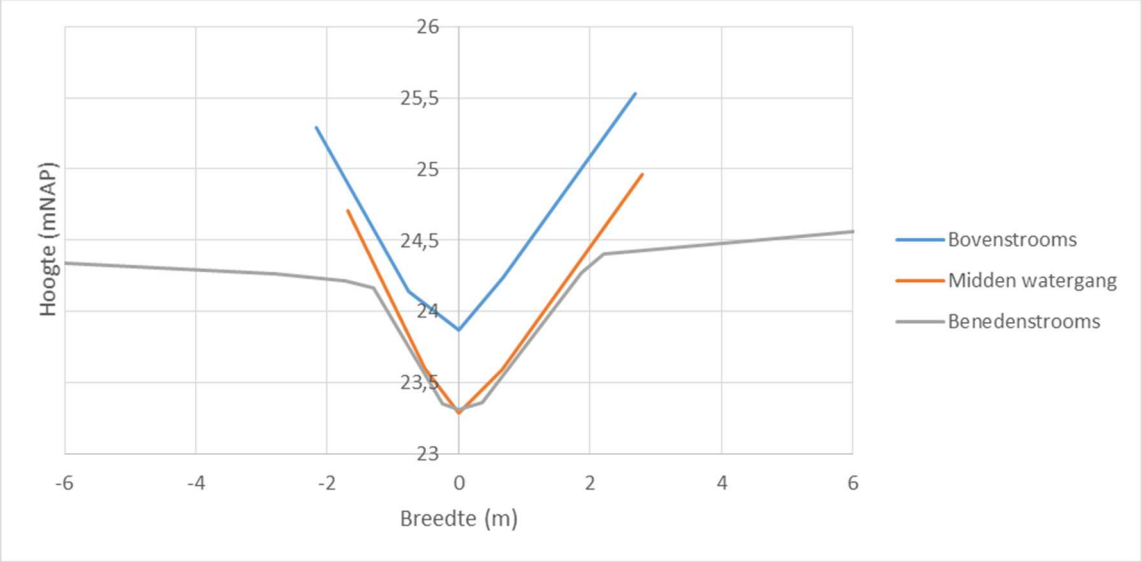
Door de herprofilering ontstaat er voldoende verhang voor de doorstroming. Het is niet mogelijk om het verhang nog groter te maken, omdat de bodemhoogte aan moet sluiten op de bodemhoogte van de beek achter de A73, zie figuur 2-13.



Figuur 2-12: Verloop bodemprofiel watergang Schelkensbeek, waarbij de duikers in de rode cirkels vervangen moeten worden – 0,5 MA



Figuur 2-13: Bodemverloop Schelkensbeek boven- en benedenstrooms A73.



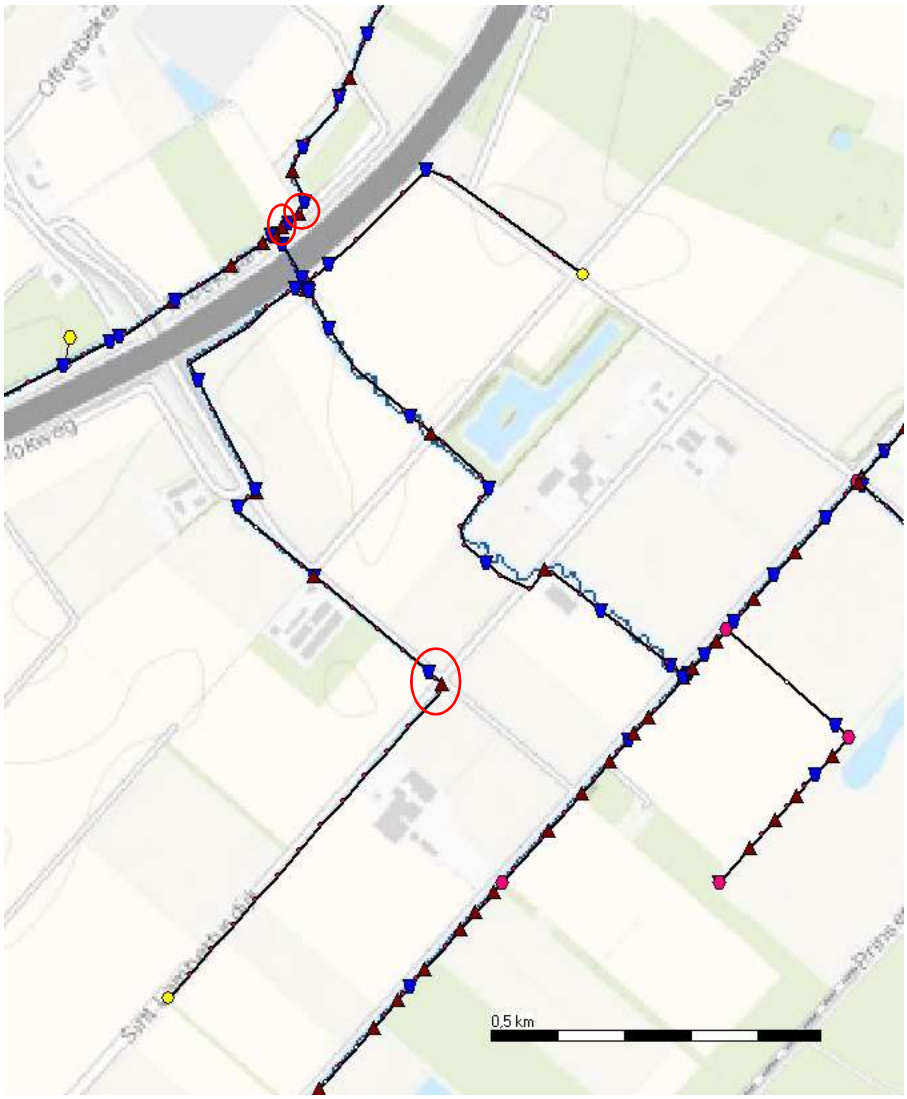
Figuur 2-14: Huidige profielen watergang Schelkensbeek, bovenstrooms is profiel H, profiel in midden van watergang is I, benedenstrooms is profiel J (zie bijlage 2)

3 Locatie kaart 2 – 1e zijtak Schelkensbeek en Schelkensbeek

De maatregelen aan de 1e zijtak Schelkensbeek en Schelkensbeek zijn weergegeven op kaart 2.

3.1 Situatie 1e zijtak Schelkensbeek

De korte termijn maatregelen 1e zijtak Schelkensbeek bestaan uit het dimensioneren van 3 duikers die vervangen moeten worden omdat ze in de duikeranalyse als knelpunt zijn aangeduid.



Figuur 3-1: Schematisatie situatie 1e zijtak Schelkensbeek, met in rode cirkels de te vervangen duikers.

3.2 Duiker Sint Lambertushoeve

Informatie over watergang Sint Lambertushoeve:

- Afvoer door de watergang:
  - bij 0,5 MA is 0,005 m³/s
  - bij T25 met klimaattoeslag is het 0,03 m³/s
  - bij T100 met klimaattoeslag is het 0,04 m³/s
- Afmetingen duiker VUILB_ZOM_DU34DU_607:
  - Rond 500 mm
  - 10 m lang
  - 23,85 m NAP

In de omgeving van deze duiker is een andere duiker aangewezen die verwijderd mocht worden van de eigenaar. Daarnaast is er ook door de beheerder nog een andere duiker aangewezen die makkelijk voor wateroverlast zorgt vanwege het dichtslibben van een verlenging van de duiker. Deze duikers bevinden zich beide niet in het model en er zijn ook geen inmetingen van.

Alleen duiker VUILB_ZOM_DU34DU_607 staat in het model en is onderzocht op afvoercapaciteit. Hieruit blijkt dat de huidige duiker een verval heeft van 0,004 m en een stroomsnelheid van 0,20 m/s bij een T100 winterbui met klimaattoeslag. Hierbij voldoet de duiker aan de hoogst mogelijke norm, terwijl de duiker in een T25-normgebied ligt. De duiker hoeft dus niet vervangen te worden.

3.3 Duikers Schelkensbeek

- Afvoer door watergang:
  - Waterdiepte bij 0,5 MA is 0,89 m
  - Debiet bij 0,5 MA is 0,005 m³/s
  - Waterdiepte T100 met klimaattoeslag is 1,72 m
  - Debiet bij T25 exclusief klimaattoeslag is 1,05 m³/s[1]
    - 1e zijtak is 0,75 m³/s
    - Schelkensbeek 0,29 m³/s
  - Debiet bij T25 inclusief klimaattoeslag is 1,24 m³/s[1]
    - 1e zijtak is 0,85 m³/s
    - Schelkensbeek 0,38 m³/s
  - Debiet bij T100 met klimaattoeslag is 1,40 m³/s[1]
    - 1e zijtak is 0,98 m³/s
    - Schelkensbeek 0,42 m³/s
  - Debiet bij T100 zonder klimaattoeslag is het 1,16 m³/s[1]
    - 1e zijtak is 0,9 m³/s
    - Schelkensbeek 0,27 m³/s
- Afmetingen duiker SCB-2923D:
  - Rond 1000 mm

[1] Op deze locatie is er geen informatie over het debiet inclusief de klimaattoeslag beschikbaar, omdat de klimaattoeslag alleen berekend is in combinatie met de maatregelen van het schetsontwerp. De maatregelen van het schetsontwerp hebben op deze locatie een groot (ongewenst) effect op het debiet, wat in het voorontwerp en definitief ontwerp voorkomen dient te worden.

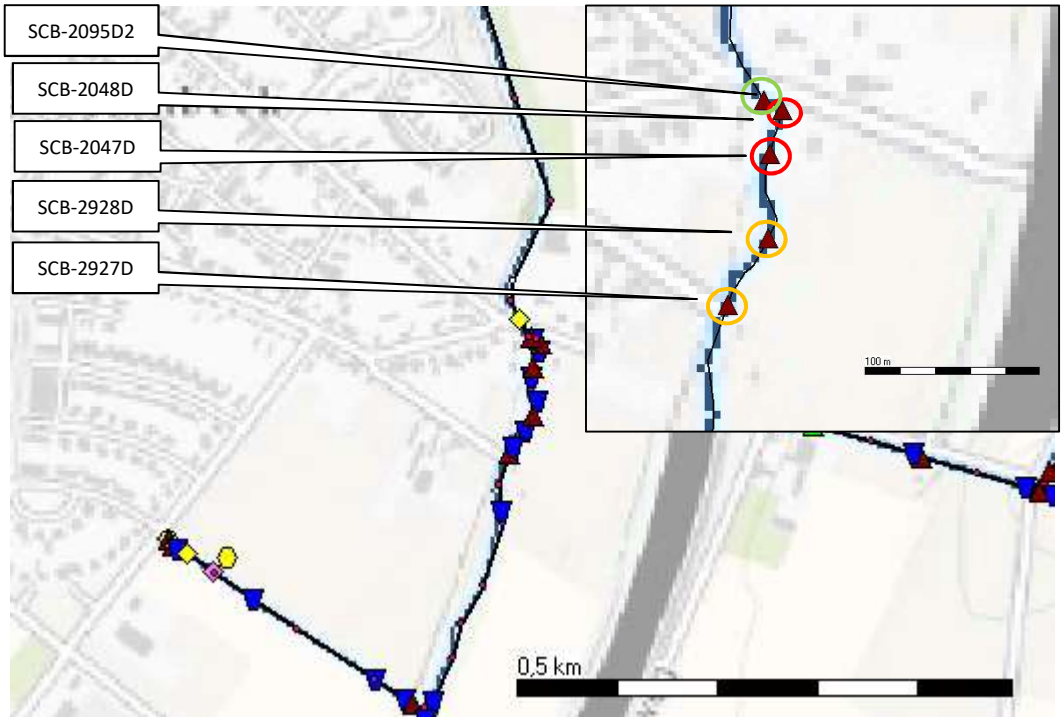
    - 9,72 m lang
- Afmetingen duiker SCB-2908D:
    - Rond 1250 mm
    - 22,23 m lang

Uit de analytische berekeningen blijkt dat duiker SCB-2908D voldoet aan de randvoorwaarden, met een verval van 0,07 m en een stroomsnelheid van 0,9 m/s bij een T25 winterbui zonder klimaattoeslag. Bij de afvoer bij T100 met klimaattoeslag is de stroomsnelheid in deze duiker 1,1 m/s, wat hoger is dan gewenst, maar wel aan de norm voldoet. Duiker SCB-2923D voldoet niet met een verval van 0,16 m en een stroomsnelheid van 1,3 m/s bij een T25 zonder klimaattoeslag.

De duikers benedenstrooms van deze duikers zijn rond 1000 mm. Het advies is daarom om alleen duiker SCB-2923D te vervangen voor een duiker rond 1250 mm met b.o.b. 22,7 m + NAP. Wanneer bij de herinrichting van het gebied op lange termijn meer water via de Vuilbeek wordt afgevoerd zijn grotere duikers in de Schelkensbeek niet nodig en kan weinig water vastgehouden worden in tijden van droogte.

3.4 Situatie Schelkensbeek

De korte termijn maatregelen ‘Schelkensbeek’ bestaat uit het verwijderen van 2 duikers (SCB-2047D en 2048D). Deze duikers zijn door de beheerder aangeven als duikers zonder functie, welke verwijderd kunnen worden. In plaats van een duiker komt er in één geval een faunaloopplank. De duikers geven in de huidige situatie opstuwing circa 10 cm opstuwing in een T25 situatie zonder klimaattoeslag en meer dan 10 cm in een T100 situatie.



Figuur 3-2: Schematisatie situatie Schelkensbeek, met in rode cirkels de te verwijderen duikers, in oranje de duikers met dezelfde afmetingen en in groen de grootste duiker van de watergang.

3.5 Duikers Schelkensbeek

- Afvoer door de watergang[2]:
  - bij 0,5 MA is 0,35 m³/s, 0,6 m waterdiepte.
  - Bij T25 exclusief klimaattoeslag (en zonder maatregelen) is 1,09 m³/s
  - bij T50 exclusief klimaattoeslag (en zonder maatregelen) is het 1,15 m³/s
  - bij T100 exclusief klimaattoeslag (en zonder maatregelen) is het 1,2 m³/s
    - waterdiepte 1,4 m van bovenstrooms duiker SCB-2928D
    - waterdiepte 0,9 m tot benedenstrooms duiker SCB-2095D2 0,9 m
  - bij T100 met klimaattoeslag (en advies maatregelen) is het 1,48 m³/s

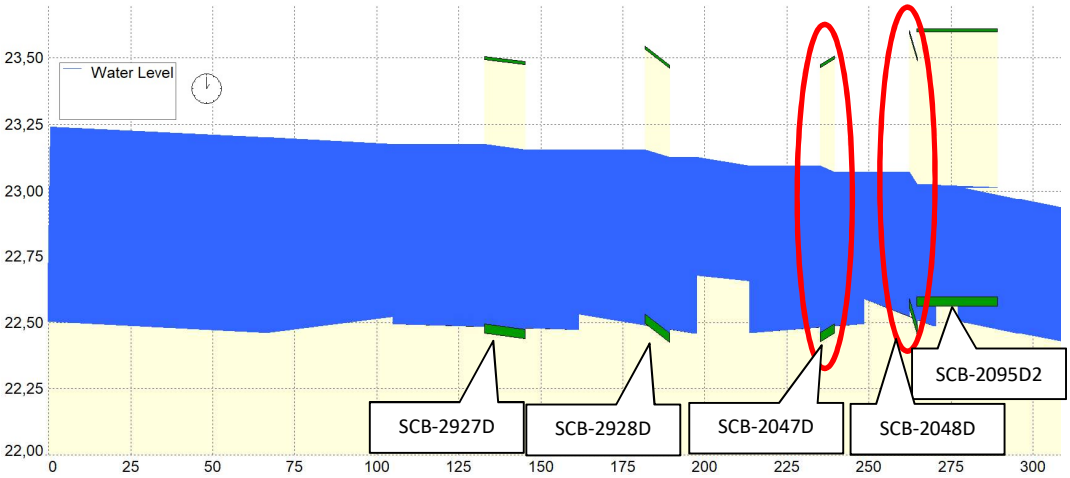
- Afmetingen duikers:
  - SCB-2095D2 24,56 m lang 2,00 m breed bij 1,00 m hoog
  - SCB-2048D 2,39 m lang Rond 1000 mm
  - SCB-2047D 4,27 m lang Rond 1000 mm
  - SCB-2928D 7,49 m lang Rond 1000 mm
  - SCB-2927D 12,23 m lang Rond 1000 mm

[2] Op deze locatie is er geen informatie over het debiet inclusief de klimaattoeslag beschikbaar, omdat de klimaattoeslag alleen berekend is in combinatie met de maatregelen van het schetsontwerp. De maatregelen van het schetsontwerp hebben op deze locatie een groot (ongewenst) effect op het debiet, wat in het voorontwerp en definitief ontwerp voorkomen dient te worden.

De beheerder van het waterschap heeft aangegeven dat duikers SCB-2048 en SCB-2047 geen functie hebben in het watersysteem en verwijderd kunnen worden. Hiervoor moet één fauna plank in de plaats komen. Het verwijderen van deze duikers zal een positief effect hebben op de opstuwing die er plaatsvindt in de Schelkensbeek rond deze vier duikers, zie figuur 2-1 en figuur 2-2.

Ondanks het feit dat alle vier de duikers hetzelfde formaat hebben en allemaal voor opstuwing zorgen, wordt geadviseerd de duikers niet te verwijderen of te vergroten. In de huidige situatie houden de duikers namelijk water vast in tijden van droogte. Het advies is daarom om duikers SCB-2927D en SCB-2928D voorlopig te handhaven en het effect van het verwijderen van duikers SCB-2048 en SCB-2047 te onderzoeken. Wellicht zullen er optimalisatiemogelijkheden voor deze duikers voor de lange termijn maatregelen.

In de huidige situatie is bij een T25 winterbui zonder klimaattoeslag het verval over de duikers 0,1 m en de stroomsnelheid 1,4 m/s. In de huidige situatie bij een T100 winterbui met klimaattoeslag is het verval over de duikers en de stroomsnelheid 1,9 m/s.



Figuur 3-3: Verloop bodemprofiel watergang Schelkensbeek, waarbij de duikers in de rode cirkels vervangen moeten worden – 0,5 MA.

4 Locatie kaart 3 – Gansbeek

4.1 Situatie Gansbeek

De korte termijn maatregelen in kaart 3 'Gansbeek' bestaat uit 1 duiker die opgeven is ter vervanging, deze duiker ligt tegen het verhang in en zorgt voor opstuwing die bovenstrooms van de A73 mogelijk voor wateroverlast zorgt. Daarnaast is er één duiker geselecteerd vanwege een te hoge bodemhoogte, om deze duiker lager te leggen om de afvoer te verbeteren.
Op de lange termijn zal de afvoer van de Gansbeek verminderen, doordat er maatregelen gepland zijn om meer de afvoer te leiden naar de Vuilbeek en Aalsbeek. Het achterliggende gebied heeft norm T50.

4.2 Advies duiker Gansbeek

Onderstaande een overzicht van de informatie over watergang Gansbeek. Het effect van de klimaattoeslag is alleen berekend in combinatie met het schetsontwerp van de maatregelen. Doordat bij de maatregelen de afvoer richting de Gansbeek verminderd is en omgeleid naar de Beuckelen, heeft de T100 inclusief klimaattoeslag een lager debiet dan de andere situaties.

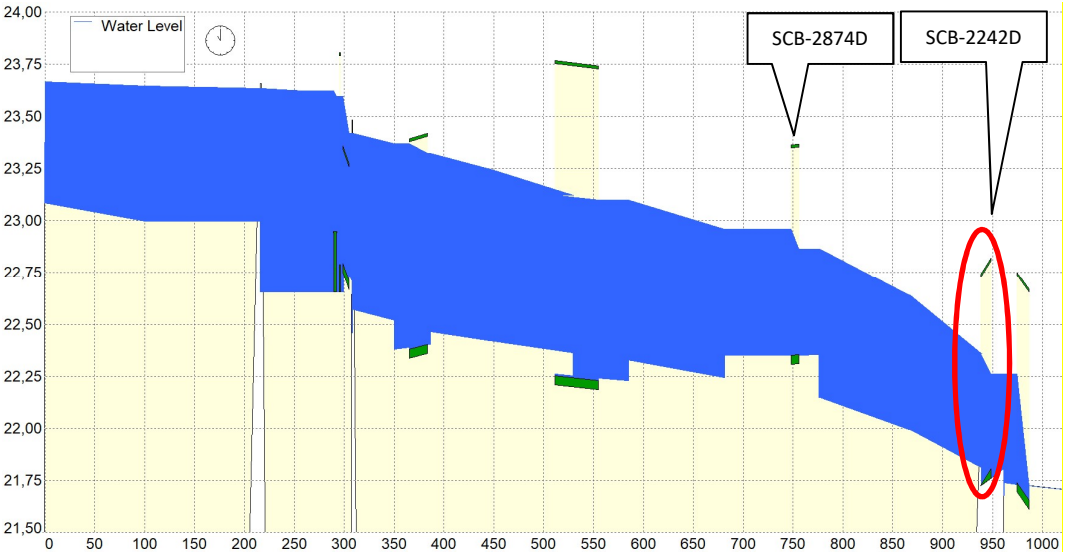
- Afvoer door de watergang:
  - bij 0,5 MA is 0,083 m^3/s
  - bij T50 exclusief klimaattoeslag (en zonder maatregelen) is het 0,77 m^3/s
  - bij T100 exclusief klimaattoeslag (en zonder maatregelen) is het 0,84 m^3/s
  - bij T100 met klimaattoeslag (en advies maatregelen) is het 0,55 m^3/s
- Afmetingen duiker SCB-2242D:
  - Rond 1000 mm
  - 10,43 m lang
  - 21,72-21,80 m NAP (in modellering is ten onrechte een scheve ligging gemodelleerd, na herziening van de gegevens blijkt duiker correct in watergang te liggen.)
  - Waterdiepte T100 0,6-0,7 m

Uit de analytische berekeningen blijkt dat de duiker SCB-2242D met een verval van 0,1 m en een stroomsnelheid van 0,98 m/s heeft bij een T50 winterbui zonder klimaattoeslag. Dit betekent dat de stroomsnelheid bij een T100 winterbui groter dan 1 m/s zal zijn, waardoor de duiker niet voldoet aan de gestelde randvoorwaarden.

Op de lange termijn is het mogelijk dat het debiet richting de Gansbeek afneemt, door uitvoering van de lange termijn maatregelen. Daarnaast is deze duiker in een eerder stadium geselecteerd voor vervanging vanwege hoge opstuwing. Een deel van deze opstuwing wordt veroorzaakt door de gemodelleerde scheve ligging van de duiker. Bij herziening van de gegevens blijkt de duiker met de stroomrichting mee te liggen, wat een deel van de opstuwing verminderd. De noodzaak om de duiker te vervangen is hierdoor verminderd.

Het advies is om duiker SCB-2242D niet te vervangen op de korte termijn. Wanneer na uitwerking van de lange termijn maatregelen blijkt dat de Gansbeek als geheel nog teveel opstuwing geeft of de duikers in de watergang te hoge stroomsnelheden halen, dan is het advies om duiker

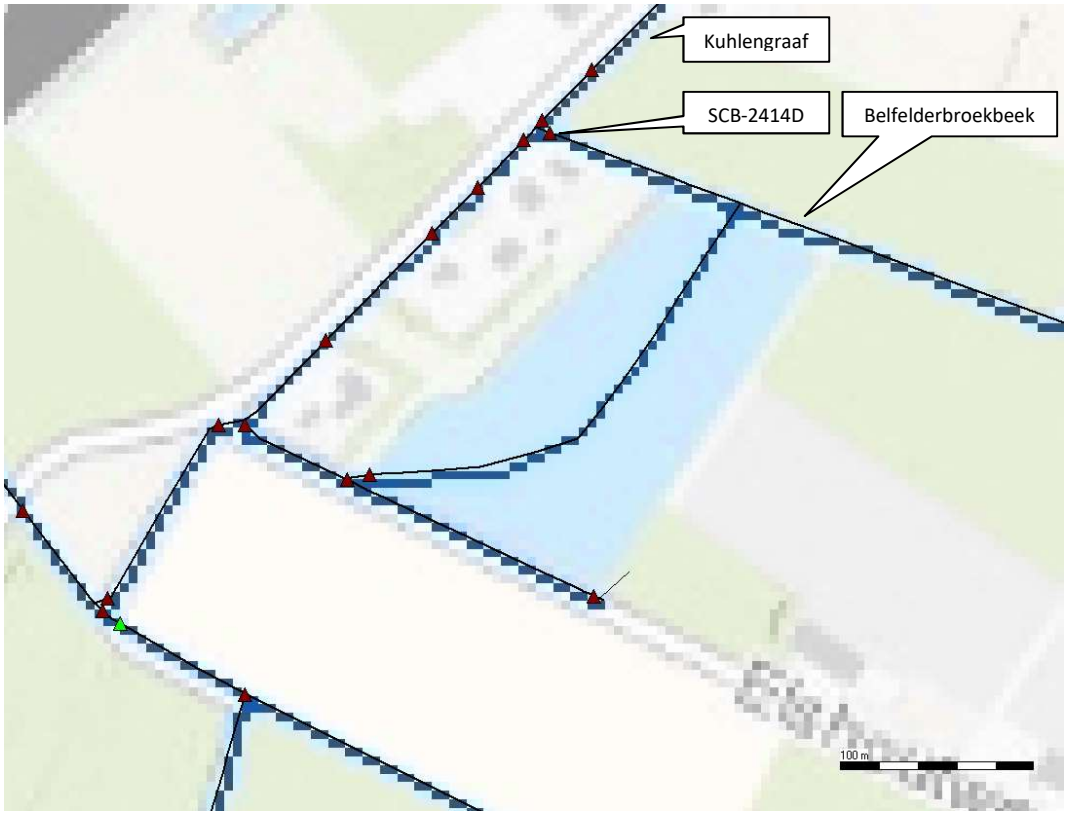
SCB-2874D nader te bekijken voor eventuele vervanging, of dat de bodemligging van deze duiker aangepast moet worden.



Figuur 4-1: Situatie Gansbeek vanaf waterberging tot duiker SCB-2247D - T50 winterbui situatie in huidige situatie. Ligging duiker SCB-2242D is niet correct gemodelleerd, duiker bevindt zich op de correcte manier in de stroomrichting.

4.3 Plaatsen terugslagklep nabij retentie

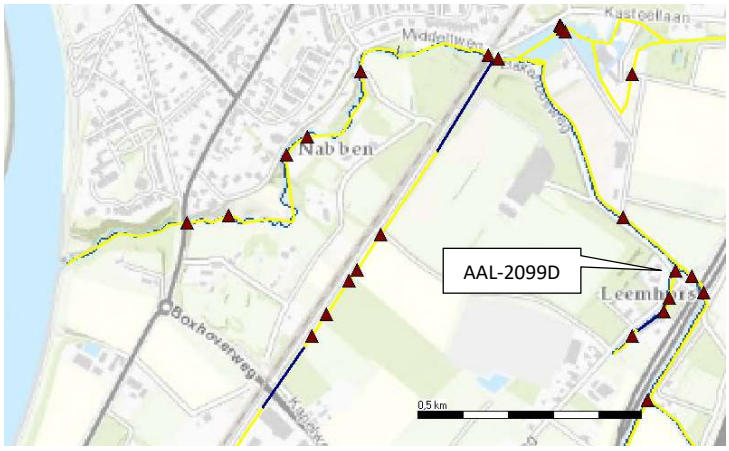
Er dient een terugslagklep op duiker SCB-2414D geplaatst te worden, waarbij wordt voorkomen dat water van de Belfelderbroekbeek richting de Kuhlengraaf kan stromen, zie figuur 4-2. Door middel van de terugslagklep wordt bij hoge afvoeren de retentiebekken Belfelderbroek beter benut.



Figuur 4-2: Locatie terugslagklep in duiker SCB-2414D

5 Locatie – Twaalf apostelenweg

In het Schetsontwerp is geconstateerd dat er in de Aalsbeek opstuwing plaatsvindt die doorwerkt in de Twaalf Apostelen. Dit is op de korte termijn te verbeteren door een terugslagklep in duiker AAL-2099D (rond 500 mm) te plaatsen. In figuur 5-1 is de locatie van de duiker weergegeven. De afwatering van deze watergang zelf is ook niet optimaal en er treedt in dit gebied wateroverlast op. Hier is aanvullend onderzoek voor nodig, waardoor overige maatregelen pas op de lange termijn kunnen worden uitgevoerd.

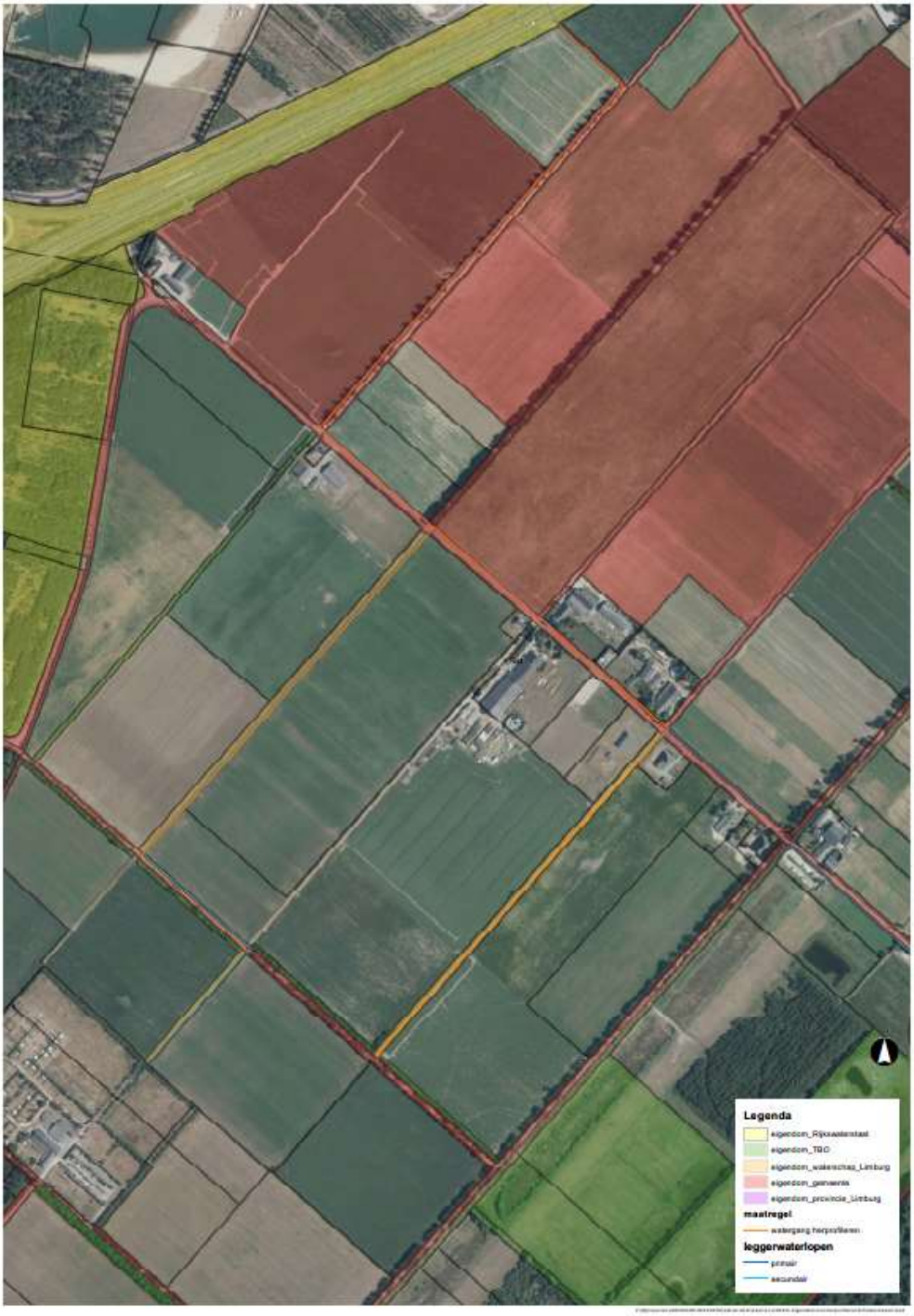


Figuur 5-1: Locaties duiker AAL-2099D

Bijlage 1 Grondeigendommen

Bovenstroomse deel Schelkensbeek

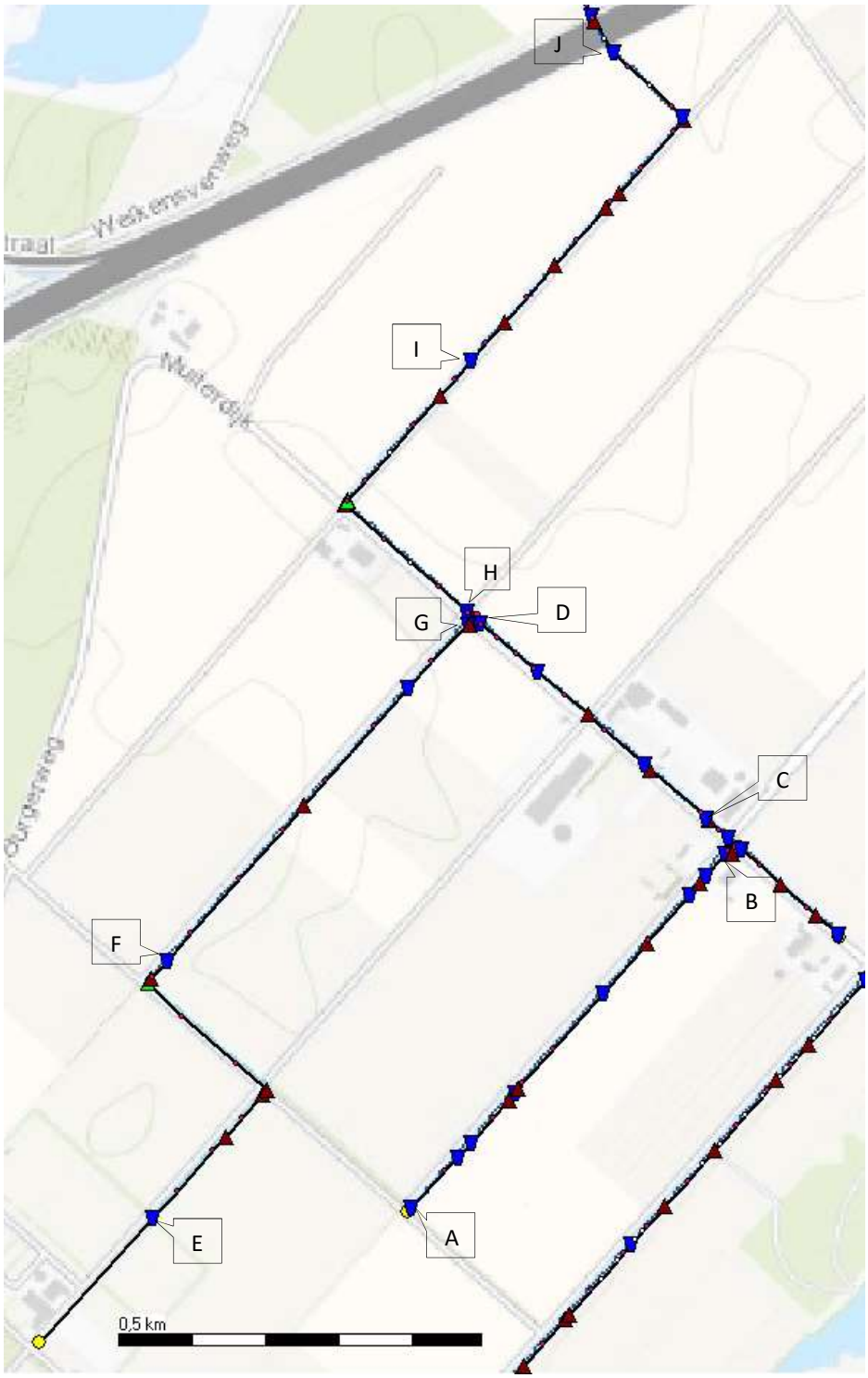
Bijlage 1 Grondeigendommen



Figuur 0-1: Grondeigendom bovenstrooms deel van Schelkensbeek

Bijlage 2 Locaties Dwarsprofielen

Bijlage 2 Locaties Dwarsprofielen



Figuur 0-1: Locaties van de dwarsprofielen

Bijlage 3 Drooglegginsgskaart

Bijlage 3 Drooglegginskaart

Bijlage 4 Kaarten deelgebieden

Korte termijn maatregelen

Bijlage 4 Kaarten deelgebieden

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT

E. suzan.vandendriest@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2019
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.