

**AANSLUITING EHS OP
BLANKENBELLINGSBEEK EN HESBEEK EN
UITWERKING HYDROLOGISCHE PAS
MAATREGELEN LONNEKERMEER**

PROVINCIE OVERIJSEL

9 maart 2015
078300325:0.9 - Definitief
C01021.200872.0100/LB



Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Leeswijzer	4
2	Uitgangspunten ontwerp	5
2.1	Uitgangspunten uit eerdere studies	5
2.2	EHS	6
2.3	PAS-maatregelen	7
3	Uitgangspunten oppervlaktewatermodel.....	10
3.1	Basismodel.....	10
3.2	Situaties	10
3.3	Afvoer.....	10
3.4	Toetsing.....	12
4	Uitgangspunten grondwatermodel.....	14
4.1	Basismodel.....	14
4.2	Uitgangspunten	15
5	Scenarioberekeningen	16
5.1	Huidige situatie.....	16
5.2	Scenario 1	19
5.2.1	Uitgangspunten.....	19
5.2.2	Resultaten	19
5.3	Scenario 2	22
5.3.1	Uitgangspunten.....	22
5.3.2	Resultaten	23
5.4	Infiltratieputten.....	29
5.4.1	Uitgangspunten.....	29
5.4.2	Resultaten	29
6	Maatregelen en kosten	30
7	Conclusies en aanbevelingen	32
7.1	Conclusies	32
7.2	Aanbevelingen	33
Bijlage 1	Principeprofielen EHS	34
Bijlage 2	Ontwerptekening EHS	35
Bijlage 3	Vertaling PAS-maatregelen modelaanpassingen	36
Bijlage 4	Bepaling afvoer oppervlaktewatermodel.....	38

Bijlage 5	Inundatiekaarten	42
Bijlage 6	Resultaten scenario infiltratieputten	45
Bijlage 7	Maatregelenkaart.....	48
Bijlage 8	Raming maatregelen	49
Bijlage 9	Memo maatregelen EHS.....	50
Colofon.....		55

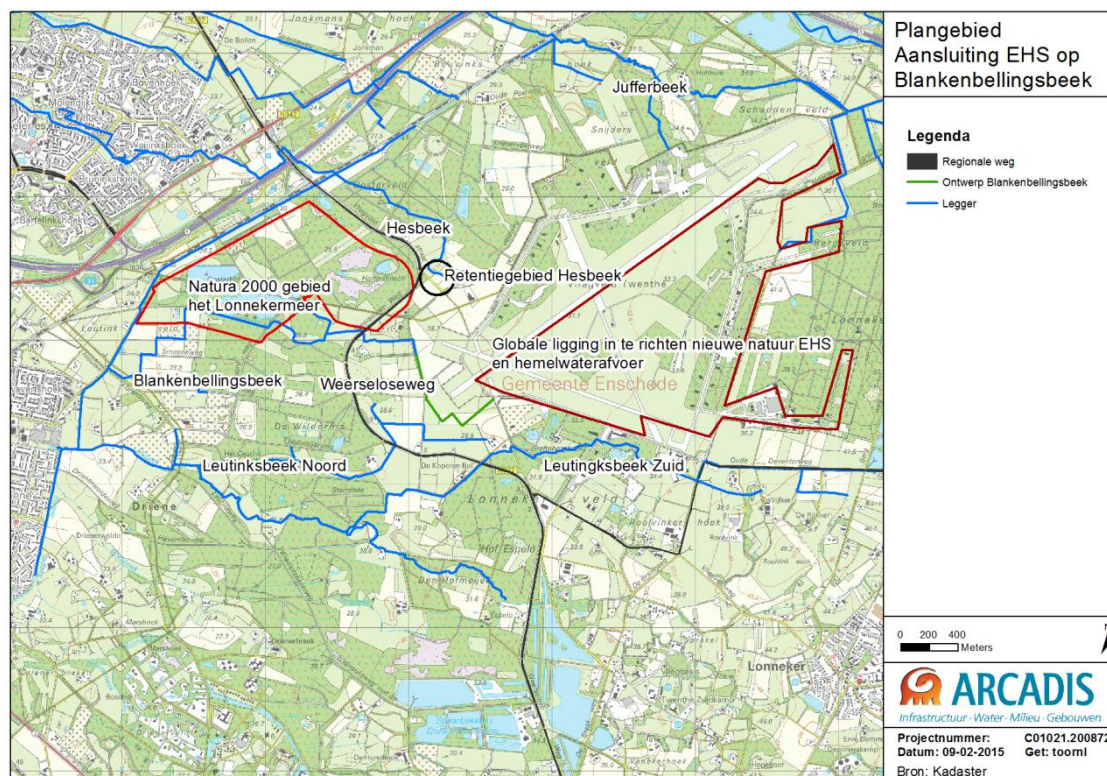
1 Inleiding

1.1 AANLEIDING

Binnen het terrein van luchthaven Twente wordt natuurontwikkeling gerealiseerd. Een groot deel van deze ontwikkeling valt binnen de EHS (Ecologische Hoofd Structuur). Naast natuurontwikkeling binnen de begrenzing van het oude luchthaventerrein wordt ook de omliggende waterhuishouding aangepakt. Aanpassingen in de waterhuishouding dienen om vernatting te kunnen realiseren, natuurlijke watersystemen te herstellen en om bij te dragen aan de trits 'vasthouden-bergen-afvoeren'. Als onderdeel van het inrichtingsplan Enschede-Noord zijn twee aansluitingen van de EHS (op het terrein van de voormalige luchthaven Twente) voorzien op het bestaande beekstelsel. Dit betekent dat het hydrologische onderzoek rondom het luchthaventerrein is gesplitst in twee plangebieden: een noordelijk en een zuidelijk plangebied. In het noordelijk plangebied richt het onderzoek zich op het stroomgebied van de Jufferbeek, in het zuidelijk plangebied op het stroomgebied van de Blankenbellingsbeek. Voor beide plangebieden zijn reeds vooronderzoeken uitgevoerd door ARCADIS (opgeleverd in mei 2013, december 2013 en april 2014).

Voor de Blankenbellingsbeek wees het onderzoek uit dat de extra afvoer als gevolg van het aansluiten van het EHS-terrein ter plaatse van het vliegveld leidt tot een verdere vergroting van reeds aanwezige knelpunten. Vervolgens is onderzocht of de extra afvoer mogelijk afgevoerd kan worden via de Leutinksbeek of via de Hesbeek (zoals in de huidige situatie reeds gebeurt). Uiteindelijk is in overleg met de betrokken stakeholders besloten de afvoer te splitsen over de Hesbeek (huidige situatie) en de Blankenbellingsbeek. Ten opzichte van de eerder uitgevoerde studies is het onderzoeksgebied van de Blankenbellingsbeek uitgebreid met (een detaillering) van de Koppelleiding en de Hesbeek. De Leutinksbeek is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten (wel opgenomen in figuren, echter inundaties zijn niet berekend). In Figuur 1 is een overzichtkaartje met het vliegveld en het plangebied opgenomen.

In voorliggend onderzoek wordt beschreven hoe tot een splitsing van de afvoer van het EHS-terrein over beide beeksystemen is gekomen, waarbij ook de effecten van de PAS-maatregelen vanuit Natura 2000-gebied het Lonnekermeer zijn meegenomen. Daarnaast worden in dit onderzoek de effecten op grondwater als gevolg van deze PAS-maatregelen beschreven. De EHS-maatregelen zijn meegenomen in de grondwaterberekeningen, maar zijn niet expliciet benoemd omdat dit reeds in een vooronderzoek heeft plaatsgevonden.



Figuur 1. Overzicht plangebied met relevante beken, ligging EHS luchthaven Twente en ligging van Natura 2000-gebied het Lonnekermeer (De Leutingsbeek Zuid wordt ook de 'watergang door het Lonnekerveld' genoemd).

1.2 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2, 3 en 4 zijn respectievelijk de algemene uitgangspunten, de uitgangspunten voor het oppervlaktewatermodel en het grondwatermodel beschreven. In hoofdstuk 5 zijn vervolgens de scenario-berekeningen beschreven; hierin zijn aanvullende uitgangspunten en de resultaten voor zowel het grond- als het oppervlaktewatermodel beschreven. In hoofdstuk 6 zijn de maatregelen die mee zijn genomen in beide modellen vertaald naar concrete kunstwerken en maatregelen en zijn deze op kosten gezet. Tenslotte in hoofdstuk 7 worden conclusies getrokken en een aantal aanbevelingen gegeven.

2

Uitgangspunten ontwerp

In dit hoofdstuk worden kort de algemene uitgangspunten beschreven die aan de basis liggen van het uitgevoerde onderzoek. Hierbij is een splitsing gemaakt in:

- algemene uitgangspunten, hiermee worden uitgangspunten bedoeld die volgen uit de eerdere studies en de uitgangspunten die gegeven zijn vanuit de projectgroep;
- het ontwerp van de EHS, dat in grote lijnen reeds vastligt;
- de PAS-maatregelen die gepland zijn rondom Natura-2000 gebied het Lonnekermeer.

In paragraaf 2.1 wordt kort stilgestaan bij de algemene uitgangspunten. In paragraaf 2.2 staan wij stil bij de EHS. In paragraaf 2.3 gaan wij in op de PAS-maatregelen in het gebied het Lonnekermeer.

2.1 UITGANGSPUNTEN UIT EERDERE STUDIES

Omdat het in sommige gevallen lastig blijkt om de uitgangspunten die gemaakt zijn in eerdere studies los te koppelen van de uitgangspunten die vanuit de projectgroep gemaakt zijn (een deel van deze groep is ook betrokken geweest bij de voorgaande studies) worden hieronder kort de door ARCADIS voorgaande uitgevoerde onderzoeken genoemd en wordt daarna kort stilgestaan bij de belangrijkste algemene uitgangspunten:

- ARCADIS, mei 2013, Modelberekeningen EHS Luchthaven (DLG): Ontwerp Jufferbeek en eerste aanzet ontwerp tracé Blankenbellingsbeek;
- ARCADIS, december 2013, Vervolg modelberekeningen EHS luchthaven (Deelgebied Noord Jufferbeek) (DLG): Detailuitwerking Jufferbeek;
- ARCADIS, maart 2014, Vervolg onderzoek Blankenbellingsbeek: onderzoek naar knelpunten op de Blankenbellingsbeek en mogelijke alternatieven en verdeling van afvoer van EHS-terrein

Tijdens de bovengenoemde reeds uitgevoerde onderzoeken is al veel voorkennis opgedaan die heeft geleid tot een aantal keuzes over het in te richten gebied en de inzet van de verschillende beeksystemen. Daarbij heeft de projectgroep, bestaande uit de heren T. de Kogel van provincie Overijssel, M. Knigge en R. Blijleven van Landschap Overijssel, F. Koop en R. van Dongen van waterschap Vechtstromen, K. Wagelaar van ADT, ook veel voorkennis. Deze kennis en keuzes hebben geleid tot een trechtering van de mogelijkheden voor de inrichting van het gebied en een aantal aannames. Om de hierna volgende rapportage wat leesbaarder te maken, zonder alle voorliggende onderzoeken door te nemen, is geprobeerd hieronder kort de gemaakte keuzes en aannames te schetsen.

In het oorspronkelijke plan zou de inrichting van de EHS volledig gekoppeld worden met de Blankenbellingsbeek. Destijds is echter geen verband gelegd met de omliggende PAS-opgave; het tegengaan van verdroging en verzuring. Dit verband en het optreden van conflicterende belangen is pas in een later stadium gemaakt.

Uit vooronderzoek is gebleken dat de Blankenbellingsbeek dermate klein gedimensioneerd is dat de totale afvoer van het EHS-terrein niet afgevoerd kan worden over de Blankenbellingsbeek zonder behoorlijke ongewenste inundaties te veroorzaken, die de normenkaart van waterschap Vechtstromen overschrijden. Om deze extra hoeveelheid water door het beekstelsysteem af te voeren, is een drastische aanpassing (verruiming en verdieping) van het systeem nodig. Echter deze verruiming staat haaks op de doelstellingen vanuit de PAS (tegengaan van verdroging en verzuring), omdat hiermee de drainagebasis verlaagd wordt, wat verdere verdroging veroorzaakt. Uit navraag bij de gebiedsbeheerder blijkt dat tijdens extreme situaties in de huidige situatie al regelmatig ongewenste inundaties ontstaan langs de Blankenbellingsbeek die de normenkaart van waterschap Vechtstromen overschrijden. Dit betekent dat uit zowel de modelberekening als de praktijk blijkt dat het watersysteem in de huidige situatie al zeer krap gedimensioneerd is.

Vervolgens is onderzocht of een afvoer van het EHS-terrein over de Leutinksbeek en/of de Hesbeek een mogelijkheid is. Hieruit bleek dat afvoer over de Leutinksbeek ook leidt tot knelpunten die (kosten) technisch niet oplosbaar zijn. De Hesbeek voert in de huidige situatie nagenoeg alle afvoer vanuit het luchthaventerrein af middels een aantal duikers onder de start- en landingsbaan. Ook in de toekomstige situatie is afvoer over de Hesbeek mogelijk, echter het koppelen van duikers op het EHS-terrein is qua aansluiting een uitdaging.

Vanuit de door provinciale Staten vastgestelde ruimtelijke visie Gebiedsontwikkeling luchthaven Twente van april 2010 is de doelstelling geformuleerd om de natuurlijke beekstructuur zoveel mogelijk te herstellen. Waarbij met natuurlijke beekstructuur vooral de afwateringsrichting van oost naar west bedoeld wordt. De Blankenbellingsbeek is een gegraven beek die ook in de toekomst doorsneden zal worden door de Koppelleiding. De gekozen oplossing om de basisafvoer via de Blankenbellingsbeek af te voeren, is gezien de diverse randvoorwaarden de maximaal haalbare oplossing. Dit betekent dat een zo groot mogelijk deel van de afvoer door de Blankenbellingsbeek afgevoerd moet worden, zonder het bestaande beekstelsysteem te vergroten dan wel aanvullende overschrijdingen van de normenkaart te veroorzaken. De afvoer die niet in de Blankenbellingsbeek 'past', wordt daarbij afgevoerd over de Hesbeek. Uit de voorgaande studies blijkt dat in een situatie waarbij de PAS-maatregelen rondom het Lonnekermeer zijn doorgevoerd (vooral verondieping van watergangen) er bij een huidige afvoer van ongeveer 100 l/s over de Blankenbellingsbeek reeds inundaties ontstaan die de normenkaart van waterschap Vechtstromen overschrijden. Dit betekent dat bij een extra toename van de afvoer over de beek de ongewenste inundaties alleen maar toenemen en knelpunten bij omliggende bebouwing en de provinciale weg zullen veroorzaken. Er is daarom in overleg met de projectgroep voor gekozen de extra afvoer (ten opzichte van de huidige situatie) over de Blankenbellingsbeek te knippen tot maximaal 100 l/s. Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat alle afvoer kleiner dan deze hoeveelheid naar de Blankenbellingsbeek gaat om de basisafvoer te kunnen garanderen. Uiteindelijk geldt met dit uitgangspunt dat de afvoer in de basis wordt vergroot, maar dat de hoge afvoeren niet verder worden vergroot. Tenslotte wordt het gebied ten zuiden van Oostkamp afgekoppeld van het EHS-terrein. Dit gebied zal in de toekomst afwateren naar de Leutinksbeek om kwalitatief goede basisafvoer vanuit het EHS-terrein te kunnen garanderen.

2.2 EHS

Het ontwerp van het EHS-terrein aan de zuidzijde van het luchthaventerrein is opgesteld door Royal HaskoningDHV. In Bijlage 2 is het ontwerp weergegeven. De belangrijkste wijziging voor het oppervlaktewater is de aanleg van twee slenkssystemen, een noordelijk en een oostelijke, die samenkomen in een bergingsgebied. Het ontwerp van de slenken is uitgewerkt in principeprofielen die zijn weergegeven in Bijlage 1.

Het bergingsgebied heeft een oppervlakte van ongeveer 6.500 m²¹ en is opgenomen in principeprofiel F4 (Bijlage 1). Tijdens het ontwerpproces is alleen afvoer vanuit het af te koppelen verhard oppervlakte meegenomen; er is aangenomen dat de stedelijke piek niet samen zal vallen met de landelijke piek en dat de stedelijke piek maatgevend is. Daarnaast is aangenomen dat inundaties vanuit het bergingsgebied vanaf een T=10 situatie toegestaan zijn. Randvoorwaarde is dat het bergingsgebied binnen 24 uur na het in werking treden weer leeg moet zijn om een aantrekkende kracht op watervogels te voorkomen. Dit om de veiligheidseisen van een mogelijke luchthaven in acht te houden.

Vanuit het bergingsgebied wordt het water verdeeld over de Blankenbellingsbeek en de Hesbeek. Waarbij gewenst is dat de basisafvoer altijd afwatert naar de Blankenbellingsbeek en overtollig water wordt afgevoerd naar de bestaande duikers onder het vliegveld, die afwateren naar de Hesbeek.

In de huidige situatie watert het vliegveldterrein volledig af naar de Hesbeek middels vijf duikers. In de toekomstige situatie is de wens om deze afvoer over zo weinig mogelijk duikers te sturen. Dit omdat het laten liggen/functioneren van duikers over het luchthaventerrein de ontwikkelmogelijkheden van het gebied beperkt en hoge beheer- en onderhoudskosten met zich meebrengt. In eerste instantie is daarom alleen de meest westelijke/benedenstroomse duiker opgenomen in het oppervlaktewatermodel.

2.3 PAS-MAATREGELEN

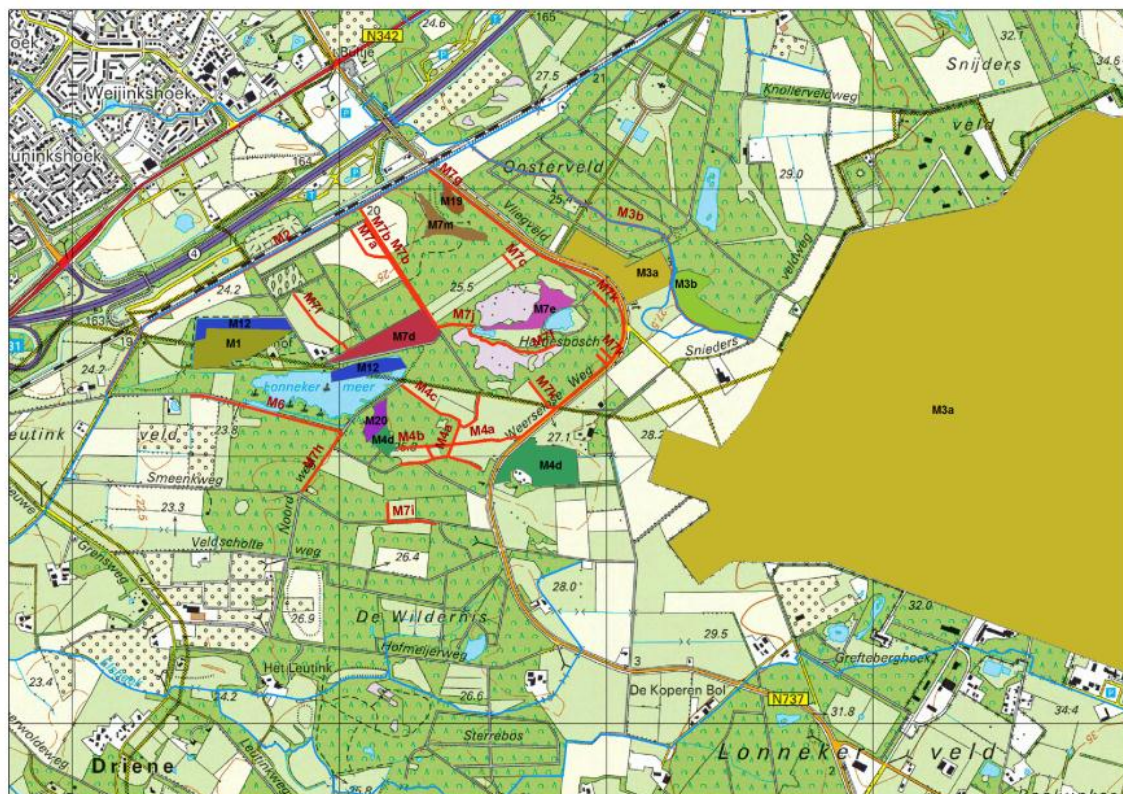
Het Natura 2000-gebied het Lonnekermeer bestaat uit de (in 1900 gegraven) zandwinplassen het Lonnekermeer en het Klein Lonnekermeer en het Hartjesbos. Het Hartjesbos is een kleinschalig beekdal-landschap met daarin drie hooimaaitjes die in het verleden werden bevoeid om de productie van gras te verhogen. Daarnaast bevinden zich in het gebied delen met vochtige en droge heide, een zuur en zwak gebufferd ven. Tenslotte zijn nog naald- en loofbos, grasland (o.a. schraal grasland) en akkers aanwezig in het gebied. Landschap Overijssel, provincie Overijssel en waterschap Vechtstromen geven aan dat delen van het gebied verdroogd zijn, waardoor natuurbeheer en de realisatie van de Natura 2000-doelstellingen ernstig wordt bemoeilijkt². In het kader van de PAS (Programmatische Aanpak Stikstof), zijn een aantal maatregelen opgesteld die het mogelijk moeten maken om de Natura 2000-doelstelling duurzaam te realiseren³. In Figuur 2 zijn deze maatregelen opgenomen.

Tijdens de uitvoering van het project zijn de voorgestelde PAS-maatregelen in samenspraak met de projectgroep gedetailleerd. In hoofdstuk 5 zijn deze maatregelen vertaald naar maatregelen die zijn door te rekenen in het grond- en oppervlaktewatermodel.

¹ Royal HaskoningDHV, 2013, Resultaten SOBEK modellering EHS vliegveld Twente.

² Unie van Bosgroepen, 2012 Landschap Overijssel, Hydro-ecologische systeemanalyse van het Natura 2000-gebied Lonnekermeer.

³ Provincie Overijssel, 2014, Natura 2000-gebiedsanalyse voor de programmatische aanpak stikstof (PAS) Lonnekermeer.



Figuur 2. Te nemen PAS-maatregelen in de omgeving van Natura 2000-gebied het Lonnekermeer¹. N.B. maatregel M3a langs de Hesbeek is een verkeerd gecodeerde maatregel. Onderliggende percelen zouden moeten vernatten als gevolg van maatregel M3b langs de Hesbeek.

Nummer	Vastgestelde maatregel	Uitwerking door projectgroep
M1	Herstellen peilfluctuaties in Klein Lonnekermeer	Landschap Overijssel heeft op basis van veldwerk een nieuw zomerpeil vastgesteld van 22.4+NAP. Daarbij is ook het huidige peil vastgesteld op 22.8+NAP. Deze peilen vormen het modeluitgangspunt in werkelijkheid zullen ze geleidelijk overgaan en in het veld worden bepaald.
M2	Verondiepen Koppelleiding	Omdat een verondieping van de Koppelleiding niet realistisch is (dit zou de afvoercapaciteit in pieksituatie te veel verkleinen), is gekozen voor een peilopzet doormiddel van het verplaatsen van een stuw in de benedenstroomse richting.
M3a	Vergroten van de kwel naar het gebied door aanpassen ontwatering van het vliegveld op basis van nader hydrologisch onderzoek	Toevoegen van infiltratieputten die het water infiltreren wat door drainagemiddelen op het luchthaventerrein wordt afgevoerd (deze maatregel is een separaat scenario berekend om de effectiviteit van deze methode te bepalen). Door het verwijderen van de drainage ter plaatse van het EHS-terrein zal een deel van dit water afgevoerd worden naar Blankenbellingsbeek / Hesbeek, mogelijk infiltreert ook een deel van dit water.
M3b	Verondiepen Hesbeek	Verhogen drainagebasis van de Hesbeek d.m.v. verwijderen stuw en het creëren van een doorgaande verhanglijn.
M4a	Verondiepen bovenloop Blankenbellingsbeek (tussen graslandjes)	Verondiepen van de Blankenbellingsbeek tot gemiddeld 30 cm onder maaiveld (afhankelijk van lokale hoogteverschillen tot maximaal 50 cm onder maaiveld), vanaf het meest bovenstroomse punt van de Blankenbellingsbeek.

Nummer	Vastgestelde maatregel	Uitwerking door projectgroep
M4b	Verondiepen Blankenbellingsbeek (in grasland)	Verondiepen van de Blankenbellingsbeek tot gemiddeld 30 cm onder maaiveld. Verwijderen stuw. Het deel in het bos buiten beschouwing laten.
M4c	Dempen sloot tussen Blankenbellingsbeek en Groot Lonnekermeer	Dempen van de watergang tussen de Blankenbellingsbeek en de plas Groot Lonnekermeer.
M6	Verondiepen sloot ten zuiden Groot Lonnekermeer	Verondieping is niet mogelijk i.v.m. aansluiting op een bestaande duiker, de uitwisseling van de watergang met het grondwater wordt beperkt d.m.v. het aanbrengen van een weerstandbiedende laag.
M7a	Verminderen interne ontwatering, Watergang dempen	Watergang wordt gedempt
M7b	Verminderen interne ontwatering, verondiepen berm sloten	Watergang wordt gedempt
M7c	Verminderen interne ontwatering, herprofilen slenk	Deze maatregelen is niet verwerkt in deze modelstudie (geen significant effect te berekenen met gebruikte modellen).
M7d	Verminderen interne ontwatering, omvormen naaldbos ten noorden van Groot Lonnekermeer	Deze maatregelen is niet verwerkt in deze modelstudie (geen significant effect te berekenen met gebruikte modellen).
M7e	Verminderen interne ontwatering, kappen berkenbos tussen hooimaatjes	Deze maatregelen is niet verwerkt in deze modelstudie (geen significant effect te berekenen met gebruikte modellen).
M7f	Verminderen interne ontwatering, verondiepen zuidelijke sloot van het zuidelijke hooimaatje	Verondiepen zodat sloot geen drainerende werking meer heeft
M7g	Verminderen interne ontwatering, verondiepen berm sloot	Naar max diepte van 1m ten opzichte van het midden van de weg (in overleg met wegbeheerder provincie Overijssel). Aandachtspunt hierbij is dat de afwatering van deze berm sloten naar de Blankenbellingsbeek gehandhaafd blijft.
M7h	Verminderen interne ontwatering, verondiepen berm sloten ten zuiden en noorden van Blankenbellingsbeek nabij Groot Lonnekermeer	Verondiepen watergang, om perceel af te kunnen wateren wordt ook de zuidelijke berm sloot verondiept (50 cm onder maaiveld).
M7i	Verminderen interne ontwatering, verondiepen winkelhaakvormig slootje in het zuiden	Reeds uitgevoerd, geen aanvullende maatregelen nodig
M7j	Verminderen interne ontwatering, dempen slootje tussen zuidelijke hooimaatje en voormalig akker	Verondiepen zodat sloot geen drainerende werking meer heeft
M7k	Verminderen interne ontwatering, dempen greppeltjes	Watergang wordt gedempt
M7l	Verminderen interne ontwatering, dempen sloot	Watergang wordt gedempt
M7m	Verminderen interne ontwatering, verwijderen bos ten (zuid)westen van Gibraltar	Deze maatregelen is niet verwerkt in deze modelstudie (geen significant effect te berekenen met gebruikte modellen).

Tabel 1. PAS-maatregelen zoals opgenomen in de Hydro-Ecologische systeemanalyse¹ en de in de projectgroep vastgestelde uitwerking daarvan.

3

Uitgangspunten oppervlaktewatermodel

3.1 BASISMODEL

Het model gebruikt voor deze studie is gebaseerd op het reeds opgestelde model voor de Blankenbellingsbeek en bijbehorende uitgangspunten. Dit model is gedurende meerdere opdrachten opgebouwd tot een 1D SOBEK-model waarin zowel de Hesbeek, de Blankenbellingsbeek, de Leutinksbeek en de Koppelleiding zijn opgenomen. Het uiteindelijke opgestelde SOBEK-model bestaat uit de drie beken en de Koppelleiding zoals weergegeven in Figuur 1. Het model is opgebouwd als 1D Channel Flow-model in SOBEK-versie 2.13 op basis van gemeten profielen. Het totale modelgebied is 1.480 ha groot. De volledige modebeschrijving is opgenomen in de reeds opgeleverde rapportage (vervolgonderzoek Blankenbellingsbeek, april 2014). Alle wijzigingen ten opzichte van dit oorspronkelijke model worden beschreven in onderstaande paragrafen (N.B. voor deze modellering wordt uitgegaan van de duikerdimensies gebruikt in de voorgaande rapportage waarbij diameters kleiner dan 500 mm reeds zijn vergroot).

3.2 SITUATIES

Bij de modellering zijn onderstaande situaties doorgerekend. Hierbij is een combinatie gemaakt van semi-stationaire en niet-stationaire afvoeren. Het verschil in beide methoden zit in de duur van de afvoer. Bij een stationaire afvoer wordt uitgegaan van een evenwichtssituatie. Met andere woorden er wordt net zo lang gerekend met een vast debiet tot het systeem in evenwicht is. Bij een niet-stationair systeem wordt een kortdurende bui doorgerekend. Semi-stationair zit qua berekenmethode tussen stationair en niet-stationair in. Dit wordt beschreven in onderstaande paragrafen over afvoer vanuit verhard gebied en afvoer van onverhard gebied.

- $\frac{1}{4} Q$ (een afvoer die gedurende gemiddeld 80 dagen per jaar wordt overschreden);
- T=1 (een afvoer die gemiddeld één keer per jaar voorkomt);
- T=10 (een afvoer die gemiddeld één keer per 10 jaar voorkomt);
- T=25 (een afvoer die gemiddeld één keer per 25 jaar voorkomt);
- T=50 (een afvoer die gemiddeld één keer per 50 jaar voorkomt);
- T=100 (een afvoer die gemiddeld één keer per 100 jaar voorkomt).

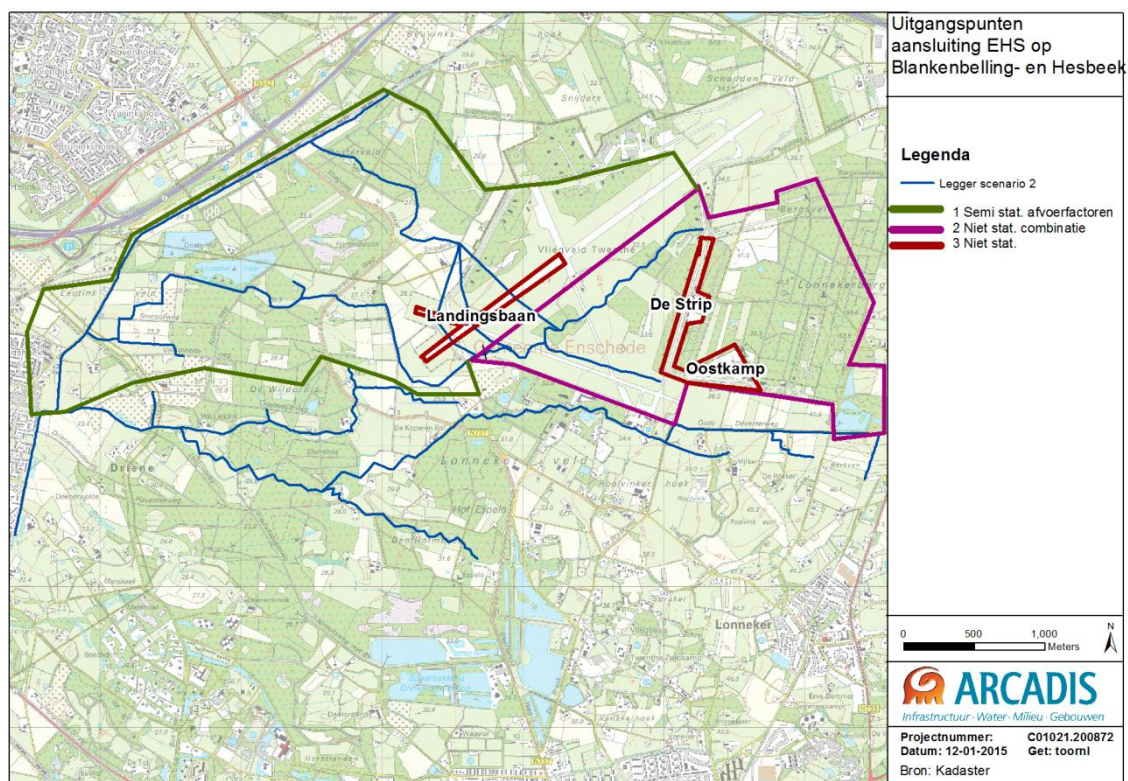
3.3 AFVOER

De uitgangspunten voor de afvoer zoals geschematiseerd in het model zijn gedurende het project gewijzigd. In het definitieve model waarmee het definitieve scenario is berekend, wordt de afvoer op drie manieren toegekend aan een watergang.

Hierbij wordt vooral het luchthaventerrein (incl. EHS) op een andere manier benaderd:

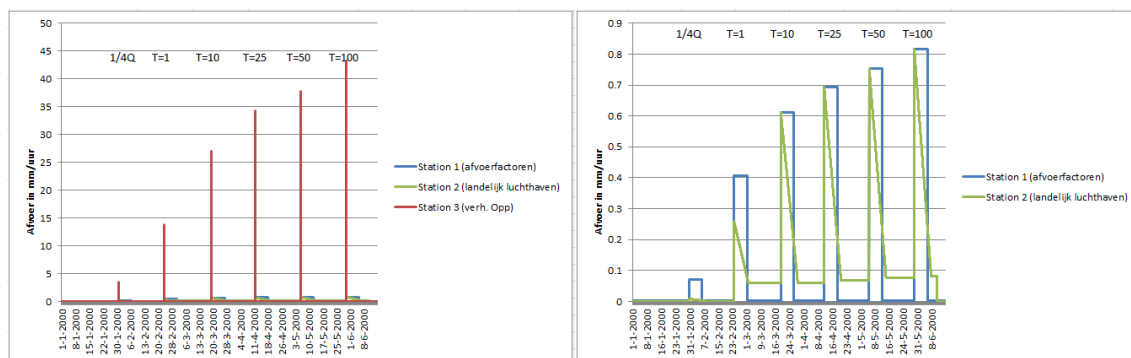
1. Semi-stationair op basis van afvoerfactoren (zie handboek hydrologie van waterschap Vechtstromen). Deze methode wordt gebruikt voor de Blankenbellingsbeek, de Hesbeek (benedenstrooms van het retentiegebied) en de Koppelleiding.
2. Niet-stationair op basis van een combinatie van metingen en afvoerfactoren. Deze methode wordt toegepast voor het luchthaventerrein (bovenstrooms van de Retentie Hesbeek).
3. Niet-stationair op basis van een stedelijke bui uit het handboek hydrologie van waterschap Vechtstromen. Deze methode wordt toegepast voor het af te koppelen gebied ter plaatse van de luchthaven en de ontwatering van de landingsbanen van de luchthaven.

In Figuur 3 is per gebied weergegeven hoe de afvoer is bepaald. In Bijlage 4 zijn de drie gebruikte methoden beschreven.

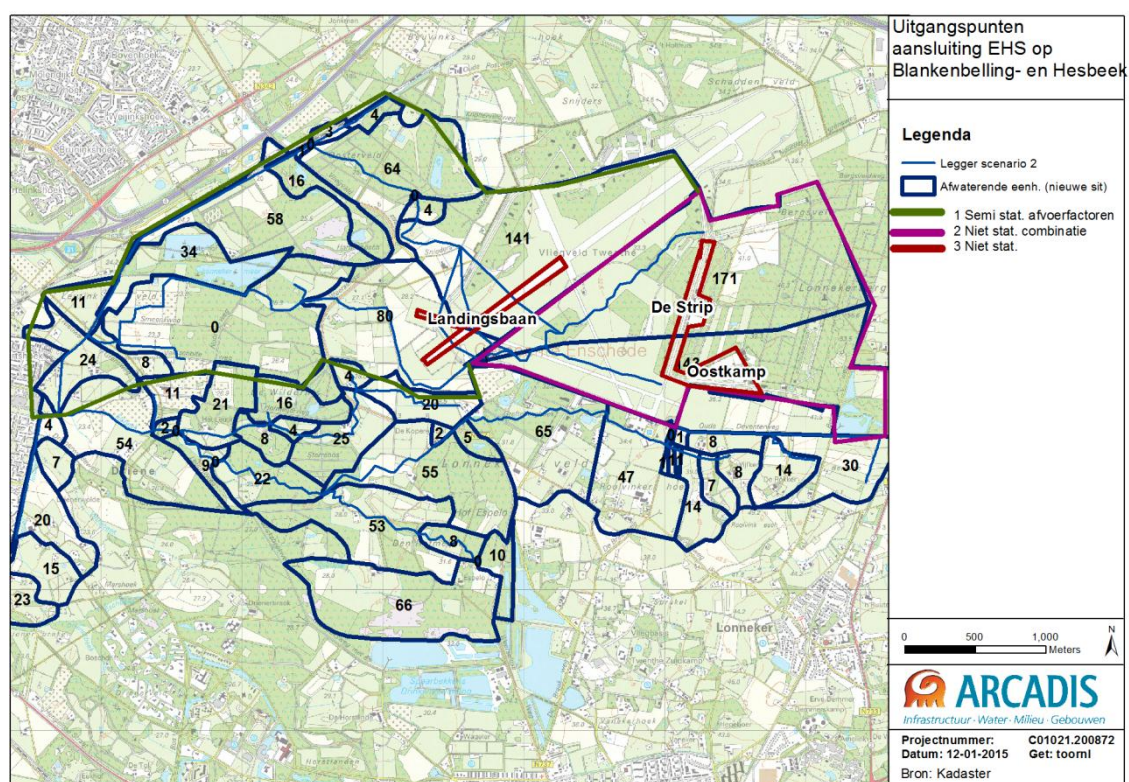


Figuur 3. Toekenning afvoer aan watergangen verdeling van methoden

In Figuur 4 is de afvoer voor alle drie de methoden gecombineerd. Te zien is dat voor de luchthaven elke situatie begint met een piek vanuit het verharde oppervlakte en dat gelijktijdig de afvoer van onverhard gebied piekt en langzaam afneemt. Voor het overige gebied is alleen de afvoer op basis van de afvoerfactoren relevant. In Figuur 5 zijn de afwaterende eenheden weergegeven die gebruikt zijn bij het bepalen van de afvoer.



Figuur 4. Gecombineerde afvoer voor alle situaties in mm, links voor alle drie de methoden. Recht is voor de leesbaarheid de afvoer van het verhard oppervlak verwijderd.



Figuur 5. Oppervlakttes van afwaterende eenheden voor het modelgebied.

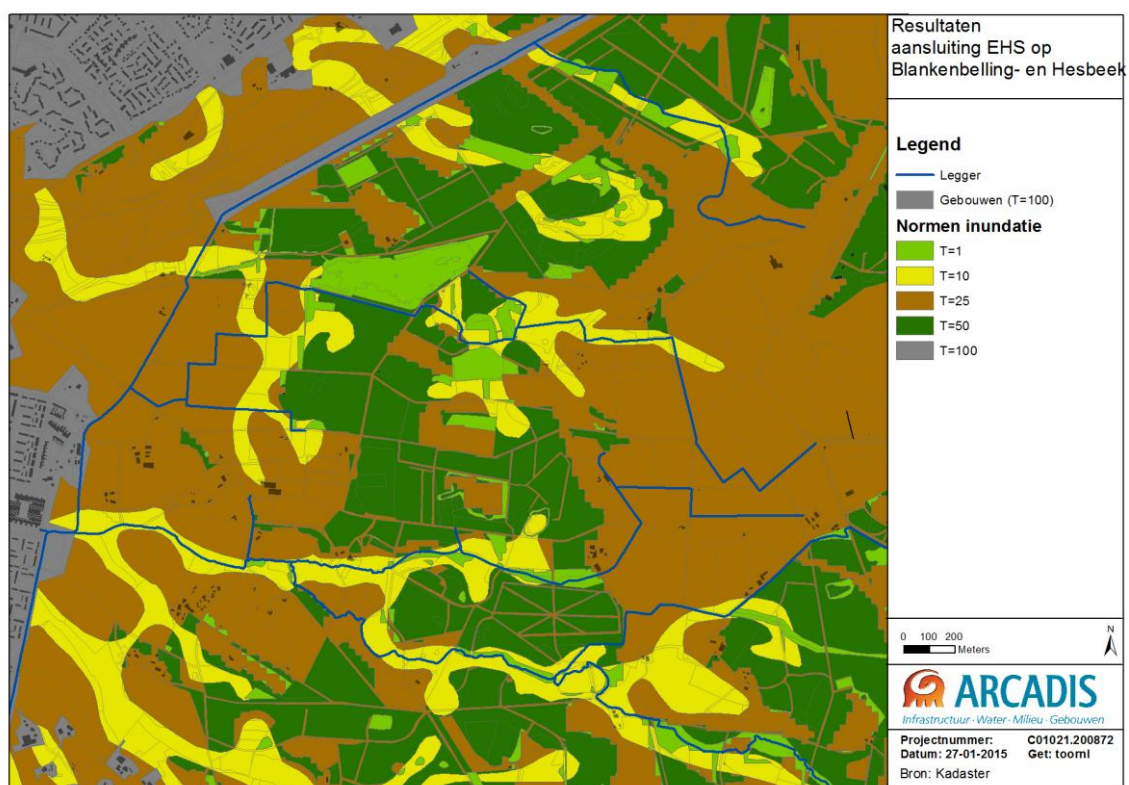
3.4 TOETSING

De berekende inundaties worden getoetst aan onderstaande situaties ontleend aan de wateroverlast normenkaart van het waterbeheerplan van waterschap Vechtstromen:

- Natuur T=1;
- Beekdal T=10;
- Landbouw T=25;
- Natuur T=50;
- Erven, wegen en bebouwing T=10.

In Figuur 6 is de verdeling van deze normen over het te berekenen gebied weergegeven.

N.B. Natuur wordt twee keer genoemd, omdat verschillende natuurdoeltypen verschillende randvoorwaarden stellen.



Figuur 6. Wateroverlast normenkaart (Bron: Concept Waterbeheerplan 2016-2021, Waterschap Vechtstromen)

4

Uitgangspunten grondwatermodel

4.1 BASISMODEL

Voor het uitvoeren van de grondwaterberekeningen is gebruik gemaakt van het regionale grondwatermodel van waterschap Regge en Dinkel uit 2004 (TNO 2004). Dit model is voor het beheersgebied van waterschap Regge en Dinkel ontwikkeld door TNO. Het model bestaat uit de toepassingsomgeving iMOD (interactief modelleren) en een database met hydrologische eigenschappen van het modelgebied. De database heeft een ruimtelijke resolutie van 100 x 100 m. Het model is gekalibreerd op basis van de geactualiseerde grondwatertrappen op puntlocaties en de dynamiek van geselecteerd 10-jaarreeksen. De basis van de opbouw en parametrisatie van de ondergrond is REGIS I (TNO, 2002). In 2007 is het bovenbeschreven TNO-model verfijnd naar een ruimtelijke resolutie van 25 x 25 meter. Waarbij gebruikt is gemaakt van een representatief weerjaarmodel met 14-daagse tijdstappen (dit representatieve jaar is representatief voor een periode van 30 jaar)⁴. Ten behoeve van modelleringen in de omgeving van het luchthaventerrein zijn een tweetal aanpassingen doorgevoerd in het 25x25 representatief weerjaarmodel:

1. lokale aanpassingen ARCADIS (2011)⁵;
2. lokale aanpassingen en doorrekenen ontwerp EHS Haskoning (2014)⁶.

*Basismodel**Ad 1.*

In 2011 heeft ARCADIS dit basismodel gebruikt voor modeberekeningen rondom het vliegveld. Tijdens het uitvoeren van deze studie zijn enkele modelaanpassingen doorgevoerd om de modelresultaten te optimaliseren (o.a. drainage, de infiltratiebekkens rondom drinkwaterwinningen Weerseloseweg, het gestuwde complex en de initiële grondwaterstand).

Ad 2.

In 2012 heeft Royal Haskoning nog een aantal aanpassingen aan het model doorgevoerd. Daarnaast zijn de maatregelen in het EHS-terrein vertaald naar maatregelen in het grondwatermodel. Met het model zijn diverse scenario's en tenslotte ook het definitief ontwerp doorgerekend.

Het door Royal Haskoning aangepaste model met referentiescenario en definitief ontwerp zijn als basis gebruikt voor de berekeningen in deze rapportage.

⁴ TNO, 2004, Waterschap Regge en Dinkel Grondwatermodel en IR-database ter ondersteuning van waterbeheer in Twente, Rapport NITG 04-020-B.

⁵ ARCADIS, 2011, Inrichting watersysteem Vliegveld Twente.

⁶ Royal Haskoning, 2012, Resultaten Hydrologische modellering EHS vliegveld Twente.

4.2 UITGANGSPUNTEN

De scenarioberekeningen met het grondwatermodel zijn uitgebreid beschreven in hoofdstuk 5, echter de algemene uitgangspunten over de schematisatie van de ingrepen zijn hieronder kort opgenomen.

De ingrepen die zijn doorgevoerd in het grondwatermodel zijn in te delen in PAS-maatregelen en EHS-maatregelen:

- De PAS-maatregelen zijn in te delen in maatregelen die betrekking hebben op de leggerwatergangen en maatregelen die betrekking hebben op kleinere watergangen en bermsloten. De maatregelen ter plaatse van de leggerwatergangen zijn vrijwel alle doorgerekend in het oppervlaktewatermodel. De modelresultaten van het oppervlaktewatermodel zijn vervolgens gebruikt als input voor het grondwatermodel. De maatregelen ter plaatse van kleine(re) watergangen worden direct in het grondwatermodel doorgevoerd. Een nadere toelichting op het schematiseren van maatregelen in het watersysteem:
 - PAS-maatregelen die via het oppervlaktewatermodel worden toegevoegd. Deze maatregelen worden via de ISG-functie van iMOD doorgevoerd. Hierbij is aangenomen dat alleen de Koppelleiding jaarrond watervoerend is en dus ook een infiltrerende werking kan hebben. Als intree-weerstand voor de watergangen is een waarde van twee dagen gekozen. Deze waarde wordt bij de omzet van SOBEK naar iMOD automatisch omgezet tot een conductance op basis van de weerstand en het natte oppervlakte.
 - PAS-maatregelen die via het grondwatermodel worden toegevoegd. In hoofdstuk 5 zijn alle PAS-maatregelen zoals geschematiseerd in het grondwatermodel beschreven. Duikers en beleemde watergangen hebben een hele lage conductance gekregen (hoge weerstand) zodat ze niet meer kunnen uitwisselen met de omgeving.
- EHS-maatregelen, deze maatregelen zijn reeds doorgevoerd door Royal Haskoning⁷. Deze maatregelen zijn verder niet aangepast en worden dan ook niet beschreven in deze rapportage.

⁷ Royal Haskoning, 2012, Resultaten Hydrologische modellering EHS vliegveld Twente.

5

Scenarioberekeningen

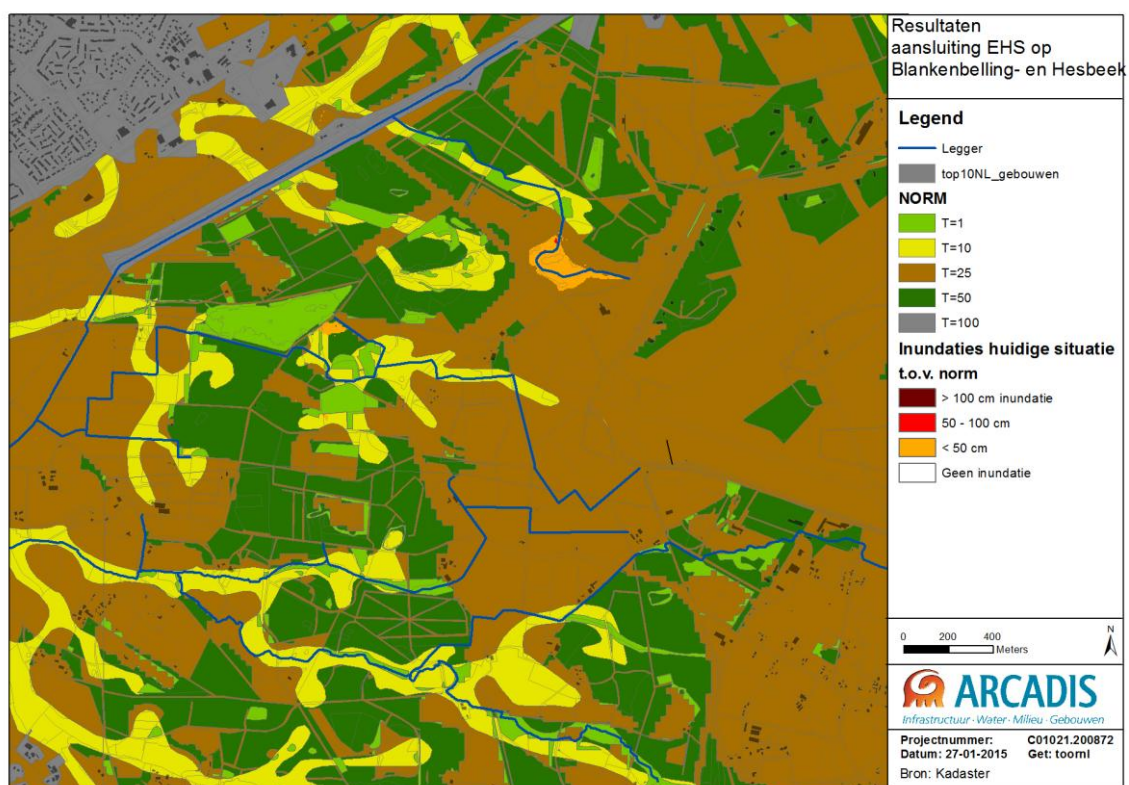
Tijdens de uitvoering van het project zijn de huidige situatie en twee scenario's doorgerekend. In het eerste scenario zijn zowel de PAS-maatregelen als de EHS-maatregelen doorgerekend. Aan de hand van de resultaten van dit eerste scenario zijn logische aanpassingen/optimalisaties opgemerkt die vervolgens zijn doorgevoerd in een tweede scenario. In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten en resultaten van beide scenario's beschreven. Omdat de wijze van uitvoering van de PAS-maatregel M3a nog ter discussie staat, is deze maatregel in een apart scenario (scenario 3) doorgerekend. Op deze manier wordt het separate effect van deze maatregel inzichtelijk. Bij dit scenario zijn alleen de grondwatereffecten relevant, oppervlaktewater is daarom niet meegenomen.

Voor het oppervlaktewater zijn de resultaten uit het oppervlaktewatermodel vertaald in inundatiekaarten voor de verschillende situaties die zijn doorgerekend. De inundatiekaart voor de verschillende situaties zijn vervolgens samengevoegd met de wateroverlast normenkaart uit Figuur 6. Concreet betekent dit dat wanneer een norm van T=100 geldt, de inundaties uit de inundatiekaart van de T=100 situatie weergegeven wordt. Op deze manier zijn altijd de inundaties voor de locatiespecifiek geldende norm weergegeven. De inundatiekaart is samengesteld op basis van een combinatie van de berekende waterpeilen en een maaiveldkaart: daar waar het waterpeil hoger is dan het maaiveld wordt een inundatie berekend. Echter wanneer zich tussen de watergang en het laaggelegen deel van het maaiveld een hogere rug of wal bevindt, zal in werkelijkheid geen inundatie optreden. Alle berekende inundaties zijn visueel getoetst om na te gaan of deze inundatie werkelijk ontstaat of dat ergens een tussenliggende wal aanwezig is. Alleen de werkelijk optredende inundaties zijn weergegeven.

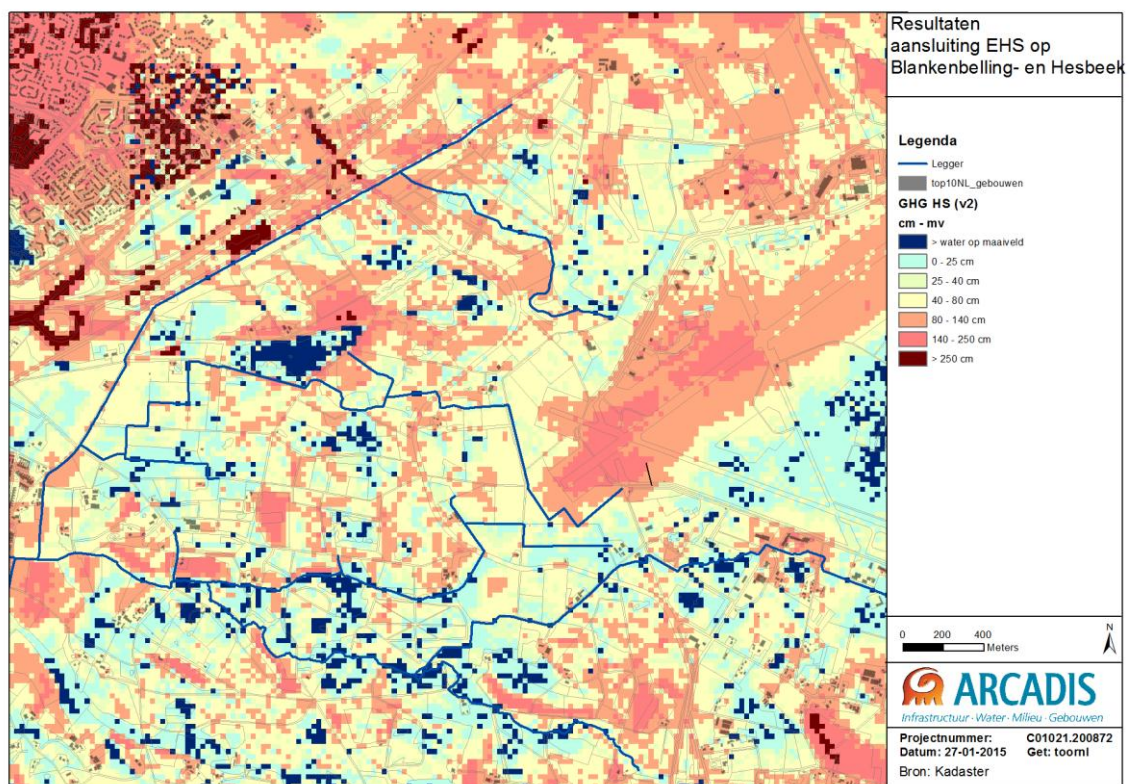
5.1 HUIDIGE SITUATIE

Voor het berekenen van beide scenario's is het belangrijk dat de huidige situatie vastgesteld wordt. Het resultaat voor de huidige situatie is weergegeven in Figuur 7. Te zien is dat in de huidige situatie op twee plaatsen inundaties optreden. Ter plaatse van het retentiegebied bij de Hesbeek en rondom het Lonnekermeer. Het is logisch dat inundaties ter plaatse van het retentiegebied optreden; dit gebied is juist ingericht om te inunderen bij extreme situaties. Het gebied rondom het Lonnekermeer zal in werkelijkheid niet inunderen; de weg ligt verhoogd tussen de watergang en het Lonnekermeer.

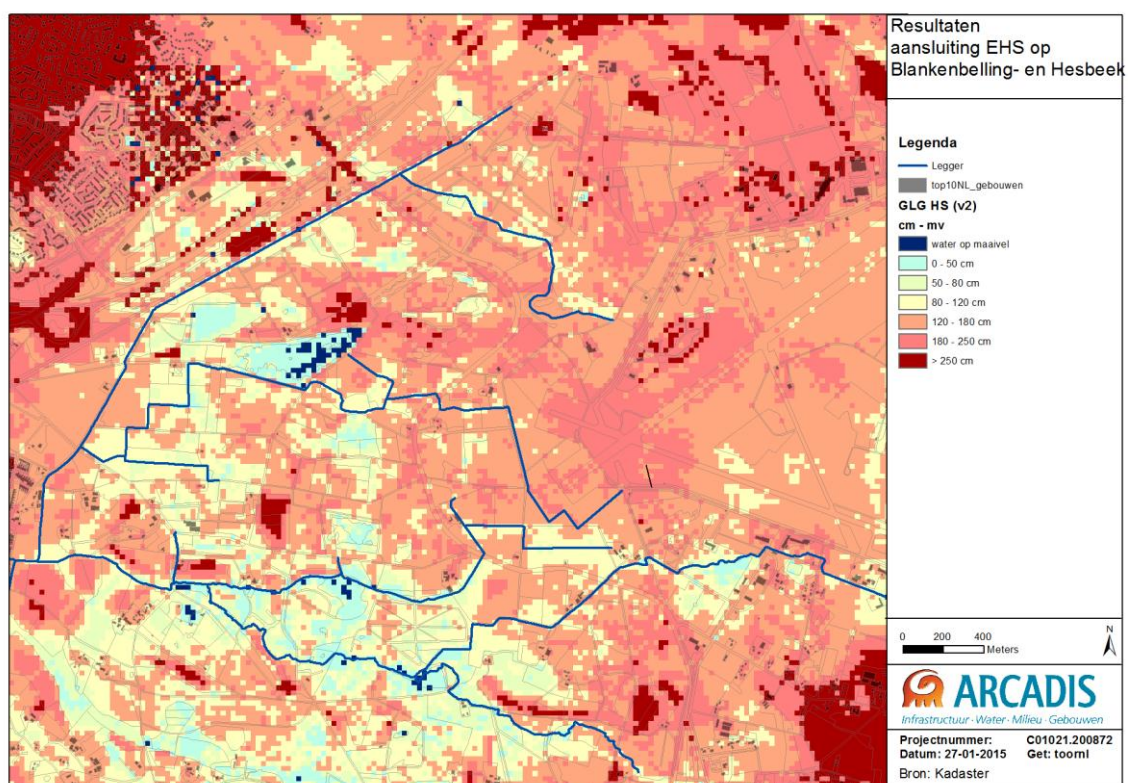
Naast de inundaties zijn met het grondwatermodel de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld berekend. In Figuur 8, Figuur 9 en Figuur 10 zijn respectievelijk de GHG, GLG en GVG voor de huidige situatie weergegeven.



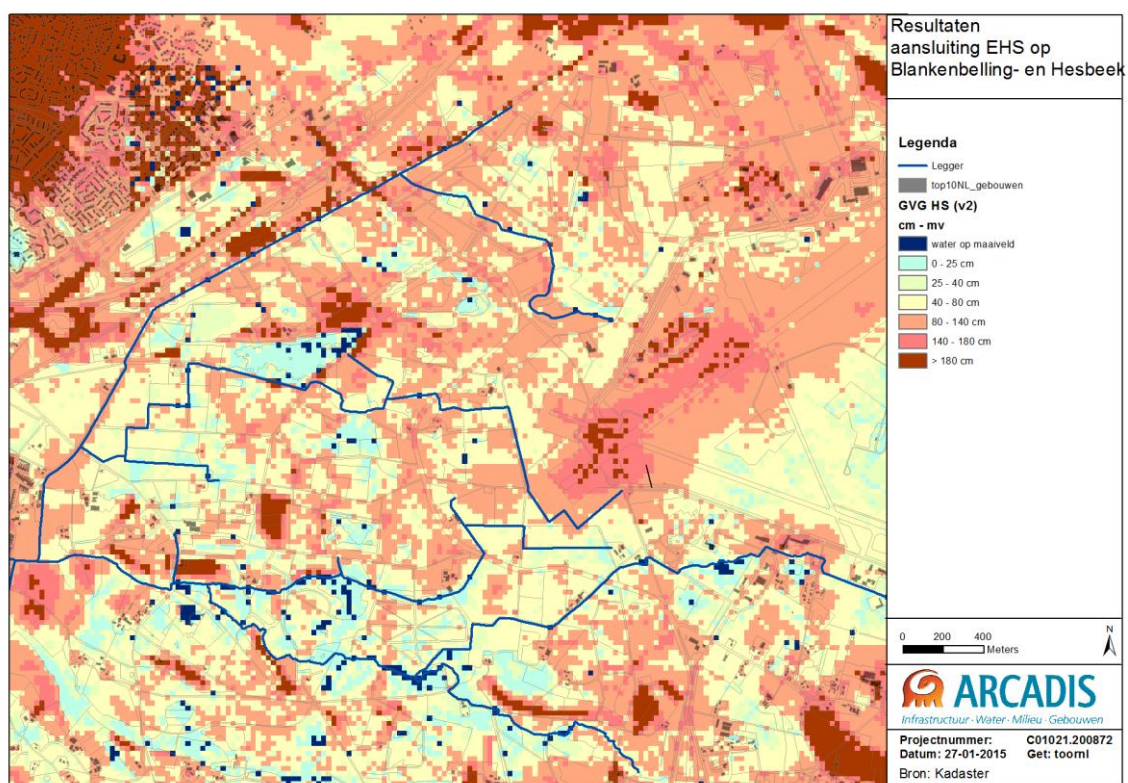
Figuur 7. Gecombineerde inundatiekaart voor de huidige situatie.



Figuur 8. GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) berekend met het grondwatermodel in de huidige situatie



Figuur 9. GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) berekend met het grondwatermodel in de huidige situatie



Figuur 10. GVG (gemiddelde voorjaars grondwaterstand) berekend met het grondwatermodel in de huidige situatie

5.2 SCENARIO 1

5.2.1 UITGANGSPUNTEN

Oppervlaktewater

In scenario 1 is een eerste aanzet naar een definitief model gemaakt waarin zowel de PAS als het EHS-ontwerp zijn doorgevoerd:

- Niet alle PAS-maatregelen zijn door te voeren in het oppervlaktewatermodel, omdat niet alle watergangen in het model zijn opgenomen (alleen leggerwatergangen zitten in het model) of hebben betrekking op de uitwisseling van het oppervlaktewater met het grondwater (niet in oppervlaktewatermodel). De globale beschrijving van de maatregelen uit hoofdstuk 2 is vertaald naar concrete aanpassingen in het oppervlaktewatermodel welke zijn opgenomen in Bijlage 3.
- Beide slenken en het bergingsgebied zijn in het model opgenomen volgens de profielen uit Bijlage 3. Tijdens het ontwerpproces van Royal Haskoning is geen rekening gehouden met afvoer van onverhard gebied. Echter gezien de duur van de afvoer van onverhard gebied is deze piek juist wel maatgevend. Om toch uit te kunnen komen met het reeds ontworpen bergingsgebied zijn wat optimalisaties (met name kleine verdiepingen) doorgevoerd ten opzichte van de principeprofielen uit Bijlage 1. Bij de eerste berekeningen is gebleken dat de meest benedenstroomse duiker alleen niet voldoende capaciteit heeft om de pieken in alle situatie op te kunnen vangen, al vrij snel is een tweede duiker toegevoegd in het model.
- De afvoer van de landingsbanen is in dit scenario niet meegenomen; de volledige capaciteit van de duikers is benut voor de afvoer van het EHS-terrein. Dit betekent dat er in het scenario meer ruimte in de duikers beschikbaar is dan in werkelijkheid het geval is.
- De maximale afvoer naar de Blankenbellingsbeek is aangenomen op 100 l/s, dit is in eerste instantie geschematiseerd middels een orifice (kunstwerk waarbij de afvoer geschematiseerd kan worden middels sturing in de tijd), die geen dimensies heeft maar maximaal 100 l/s kan doorlaten richting de Blankenbellingsbeek.

Grondwater

Omdat het EHS-terrein reeds door Royal Haskoning is geschematiseerd zijn alleen de relevante PAS-maatregelen doorgevoerd in het grondwatermodel. In Bijlage 3 is de schematisatie van de PAS-maatregelen zoals opgenomen in het grondwatermodel weergegeven. De globale beschrijving van de maatregelen uit hoofdstuk 2 is in deze bijlage vertaald naar concrete aanpassingen in het grondwatermodel.

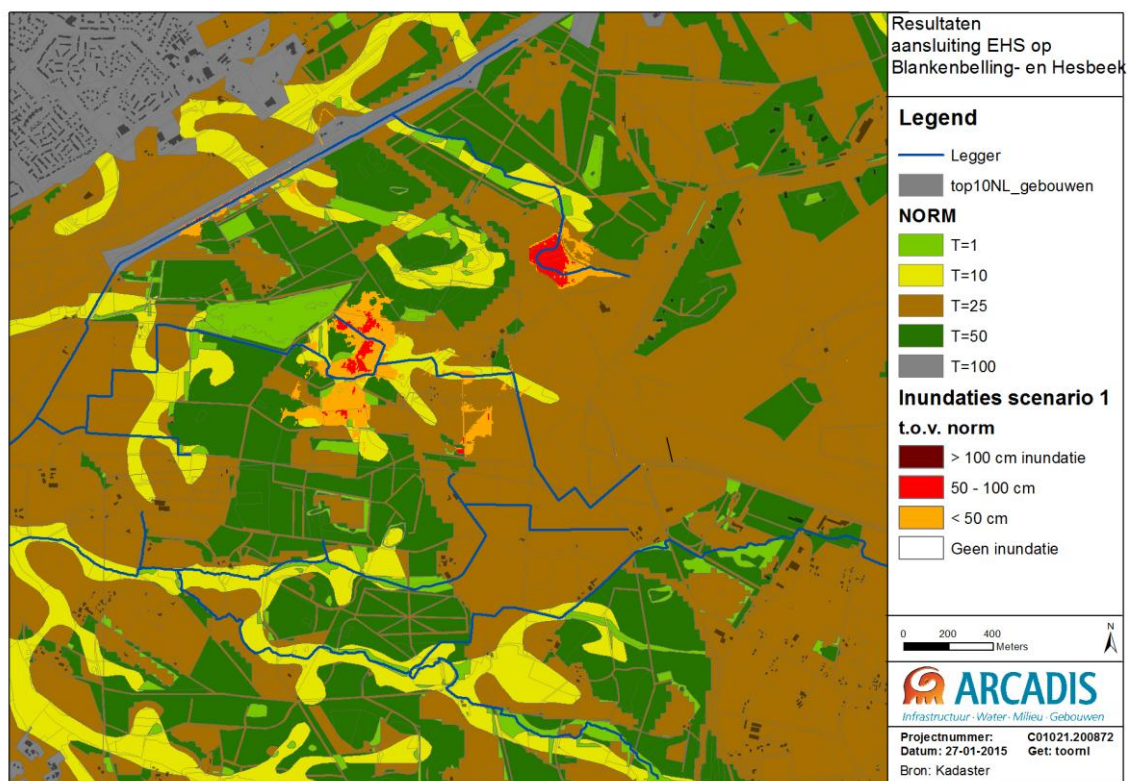
5.2.2 RESULTATEN

Oppervlaktewater

Na schematisatie van de maatregelen in het model zijn de resultaten uit het oppervlaktewatermodel vertaald in inundatiekaarten voor de verschillende situaties die zijn doorgerekend met het model. Deze kaarten zijn opgenomen in Bijlage 5. Het gecombineerde resultaat voor scenario 1 is weergegeven in Figuur 11. Er zijn een aantal opvallende punten:

- De inundaties ter plaatse van het retentiegebied in de Hesbeek nemen toe. Dit wordt deels veroorzaakt door de veranderende uitgangspunten ten aanzien van de afvoer van onverhard gebied vanaf het vliegveld, daarnaast wordt er deels verhard oppervlakte afgekoppeld (de Strip en Oostkamp zie Figuur 5) wat extra tot afvoer komt en grotendeels terecht komt in de Hesbeek. Er ontstaat nog geen knelpunt omdat het water in het retentiegebied blijft.

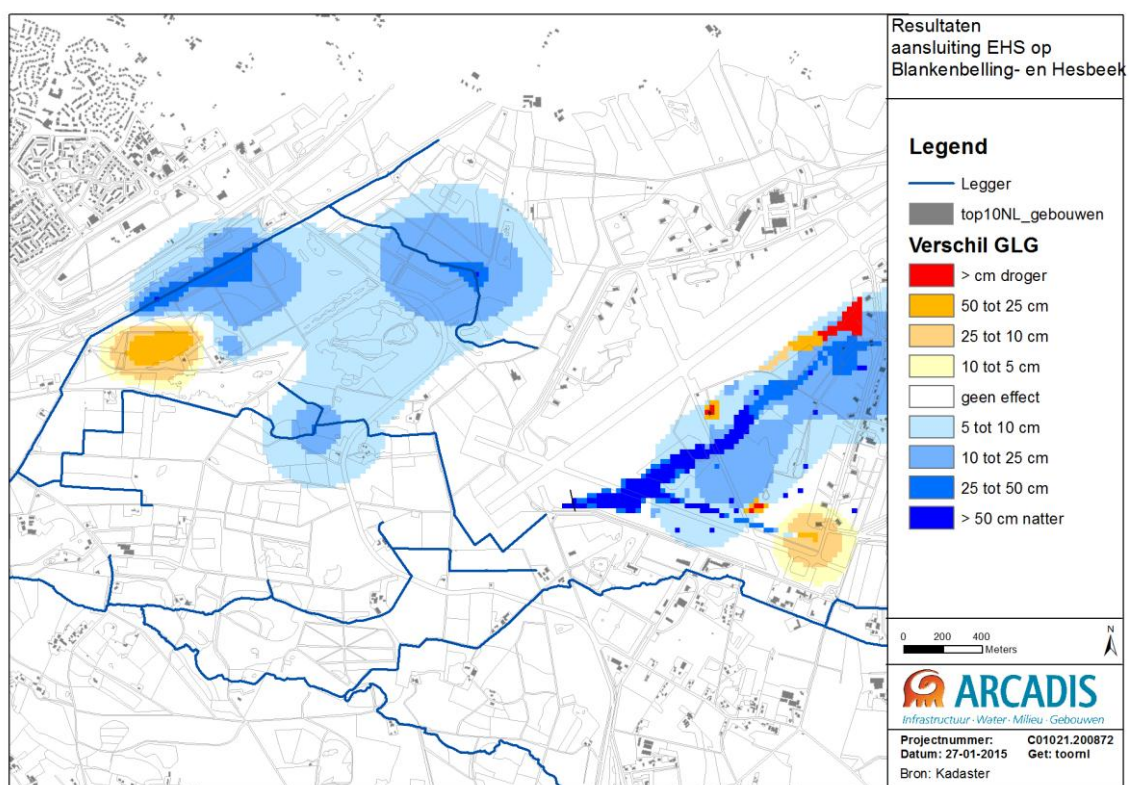
- Bovenstrooms van de Vliegvelddweg ontstaan inundaties bij de aansluiting van de Blankenbellingsbeek naar een secundaire watergang. Deze watergang staat in verbinding met een laagte in maaiveld waardoor een groot oppervlakte inundeert.
- Ten noorden en ten zuiden van de Blankenbellingsbeek net bovenstrooms van het Groot Lonnekermeer ontstaan inundaties. Deze inundaties ontstaan vanwege een laagte in het maaiveld.
- Uit de berekening blijkt dat de afvoer vanuit het EHS-terrein net afgevoerd kan worden door de twee duikers zonder dat inundaties ontstaan in een T=100 situatie. Daarbij is het uitgangspunt, dat inundaties mogen optreden vanaf een T=10 situatie (gehanteerd door Royal HaskoningDHV tijdens de ontwerpfase), los gelaten. Dit omdat vanwege het aflopende maaiveldverloop de landingsbaan van het vliegveld zou kunnen inunderen. Wanneer de randvoorwaarde van de luchthaven niet meer aanwezig is, is inundatie ter plaatse van het EHS-terrein vanuit de natuurtypen wel gewenst.



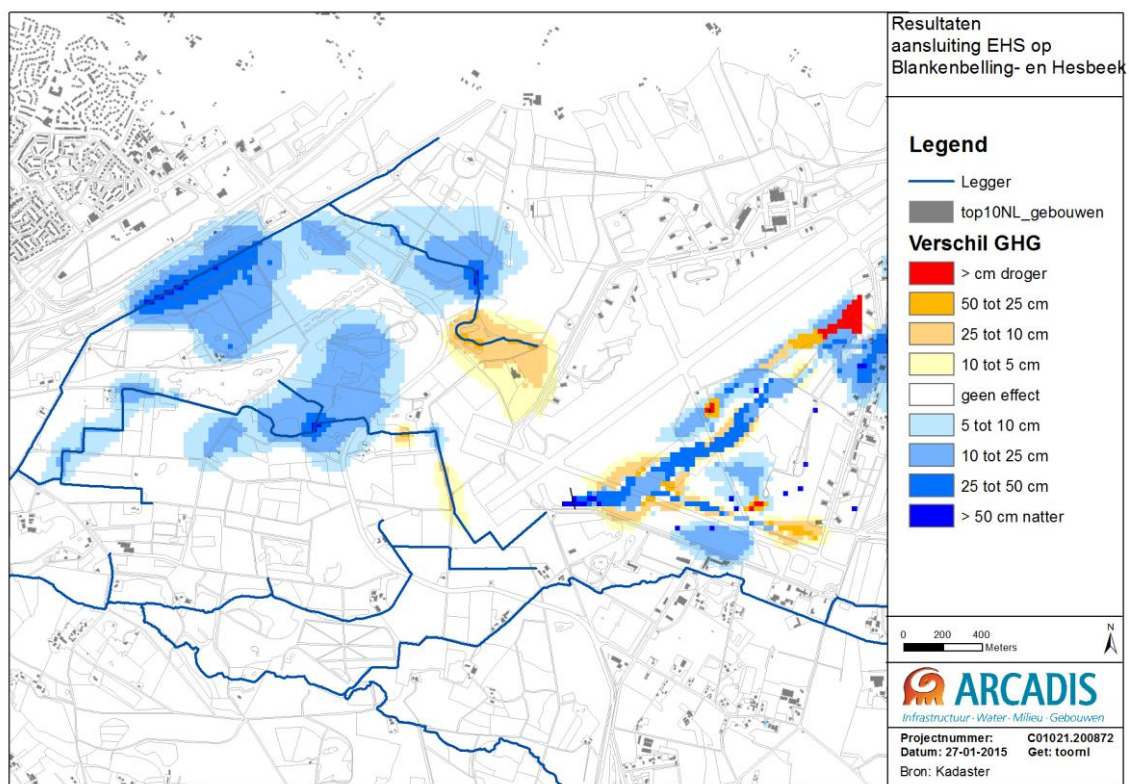
Figuur 11. Gecombineerde inundatiekaart voor scenario 1.

Grondwater

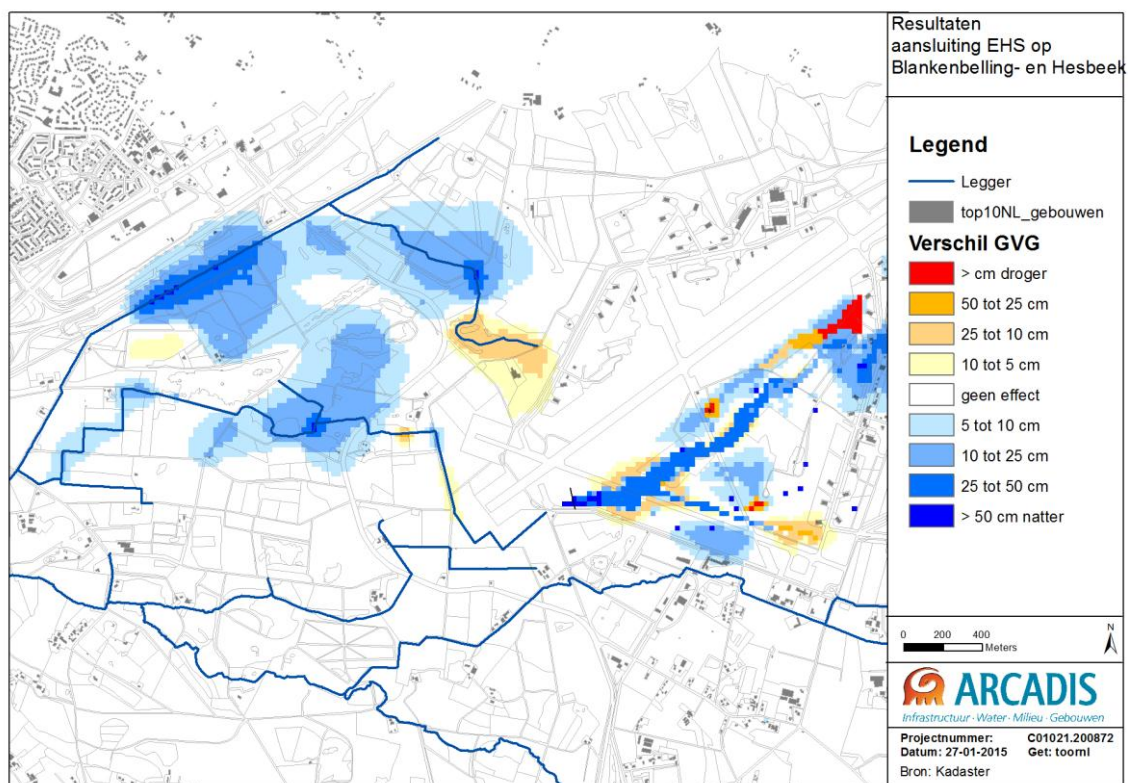
In Figuur 12 (GLG), Figuur 13 (GHG) en Figuur 14 (GVG) zijn de effecten in de grondwaterstanden weergegeven als gevolg van de EHS- en PAS-maatregelen. Te zien is dat in het grootste deel van het gebied een jaarronde vernatting optreedt. Echter rondom de retentie van de Hesbeek en ter plaatse van het bestaande tracé van de Blankenbellingsbeek treden wat lokale verdrogende effecten op. Deze worden waarschijnlijk veroorzaakt door de lage weerstand van de watergang (dit is een modelmatig effect van een groot nat oppervlakte). De grondwaterstanden langs het nieuwe tracé van de Blankenbellingsbeek nemen jaarrond af. Deze nieuwe watergang heeft een drainerend effect op de omgeving. Rondom het Klein Lonnekermeer dalen de freatische grondwaterstanden in de zomer: dit is een gevolg van het lagere waterpeil. De effecten ter plaatse van het EHS-terrein zijn vergelijkbaar ten opzichte van de berekeningen uitgevoerd door Royal Haskoning. Uitzondering is de verdroging in de GLG, dit wordt veroorzaakt door de lage ligging van de slenk in het scenario.



Figuur 12. Vershil GLG huidige situatie en scenario 1



Figuur 13. Vershil GHG huidige situatie en scenario 1



Figuur 14. Verschil GVG huidige situatie en scenario 1

5.3 SCENARIO 2

Scenario 2 is een verdere uitwerking van scenario 1. Dit scenario is in overleg met de projectgroep bij de bespreking van scenario 1 vormgegeven. De grootste wijzigingen zitten in het toevoegen van een extra duiker en het toevoegen van afvoer van het verhard oppervlakte van de landingsbaan.

5.3.1 UITGANGSPUNTEN

Opperolaktewater

Onderstaand worden alle aanpassingen t.o.v. scenario 1 kort beschreven:

- De profielen van de Blankenbellingsbeek net bovenstrooms van de Vliegvelddweg zijn wat verdiept ten opzichte van scenario 1 om inundaties die de norm overschrijden te voorkomen (de profielen zijn nog steeds verondiept ten opzichte van de huidige situatie).
- In scenario 1 is de afvoer van het verhard oppervlakte van de landingsbaan buiten beschouwing gelaten. In werkelijkheid zal deze afvoer ook door de duikers afgevoerd moeten worden waardoor de beschikbare capaciteit van de duikers voor afvoer uit de EHS afneemt. Omdat in scenario 1 de capaciteit van de twee duikers net groot genoeg is om ongewenste inundaties ter plaatse van de landingsbaan te voorkomen, is een derde duiker noodzakelijk. Bij het toevoegen van deze duiker is gespeeld met verschillende combinaties van duikers. Echter om inundaties te voorkomen, is het gebruik van drie duikers onontkoombaar; geen van de duocombinaties heeft voldoende capaciteit om inundaties te voorkomen.

- De orifice die in scenario 1 is opgenomen om de knijpconstructie naar de Blankenbellingsbeek te schematiseren, is omgezet in een werkelijke knijpconstructie bestaande uit een damwand met een gat (zie Bijlage 7). Het gat heeft een diameter van 23 cm en is toegevoegd op bodemhoogte van het beekloopje om het doorlaten van afvoeren kleiner dan of gelijk aan 100 l/s te kunnen garanderen. De afvoer door het gat is maximaal 100 l/s, ook bij extreem hoge afvoer zal de maximale afvoer van 100 l/s gehandhaafd blijven,
- De bodemhoogtes van het bergingsgebied, de slenken en overlopen naar de verschillende duikers zijn geoptimaliseerd om een zo klein mogelijk verlagend effect te hebben op de grondwaterstand in de zomer (zie Figuur 12), maar tegelijkertijd wel voldoende bergingscapaciteit te hebben om inundaties te voorkomen.

Grondwater

Uit de resultaten van scenario 1 is gebleken dat een aantal ongewenste, deels modelmatige, effecten optreden. De volgende aanpassingen zijn doorgevoerd om deze effecten te minimaliseren:

- Op plaatsen waar het natte oppervlakte dermate groot is dat een extreem hoge conductance (lage weerstand) wordt berekend in de omzet van het model wordt de omliggende (hogere) conductance geïnterpoleerd.
- Er worden op basis van gebiedskennis nog wat extra kleine watergangen gedempt in het scenario.
- Maatregel M7b, het verondiepen van bermsloten is toegevoegd. Hiervoor is een bermsloot met een diepte van 1.2 m –mv toegevoegd in de huidige situatie. Deze is vervolgens verondiept tot 0.3 m –mv in het scenario.
- Als gevolg van de verschillende vernattingsmaatregelen (o.a. m7a, m2) is landbouw in het Figuur 18 omcirkelde gebied niet meer mogelijk.
- Een aantal bermdieptes van de Vliegvelddweg ter plaatse van de instroom van de Blankenbellingsbeek zijn beter aangesloten op de nieuwe bodemhoogtes van de Blankenbellingsbeek.

Het doorvoeren van deze aanpassingen heeft ook betekend dat het grondwatermodel voor de huidige situatie opnieuw is doorgerekend voor een goed vergelijk (de resultaten van deze laatste berekeningen zijn afgebeeld in deze rapportage).

5.3.2 RESULTATEN

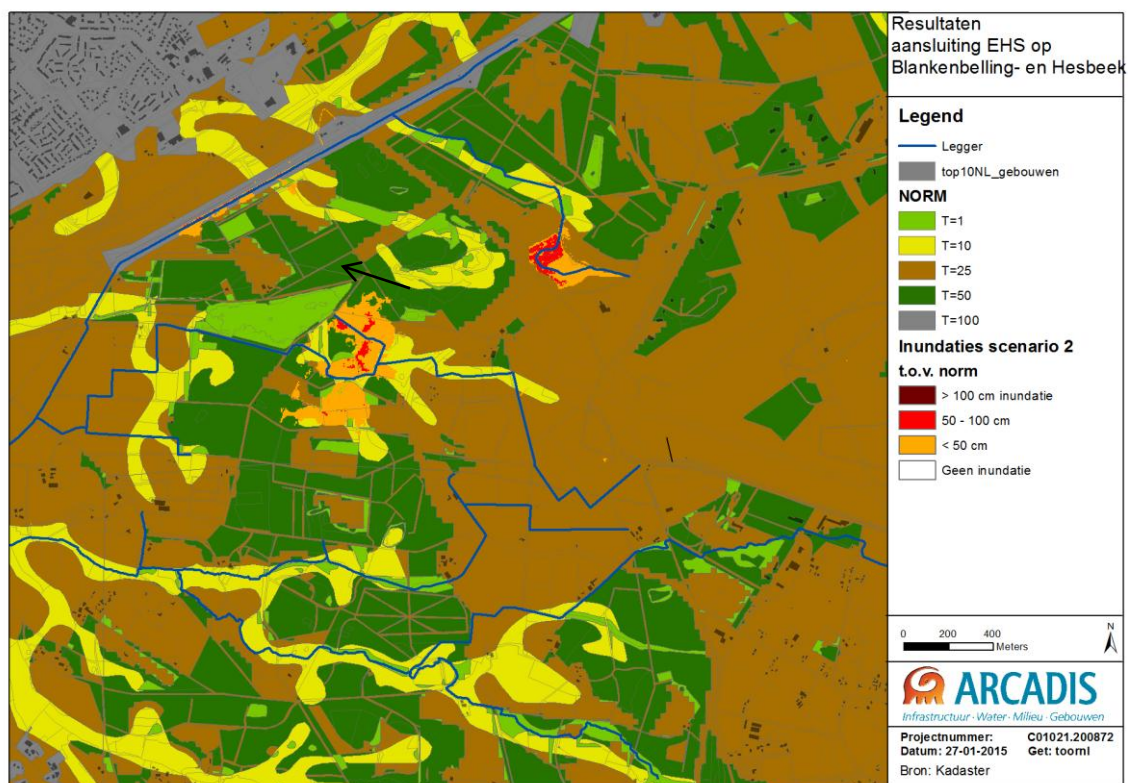
Oppervlaktewater

De resultaten uit het oppervlaktewatermodel zijn vertaald in inundatiekaarten voor de verschillende situaties die zijn doorgerekend met het model. Deze kaarten zijn opgenomen in Bijlage 5.

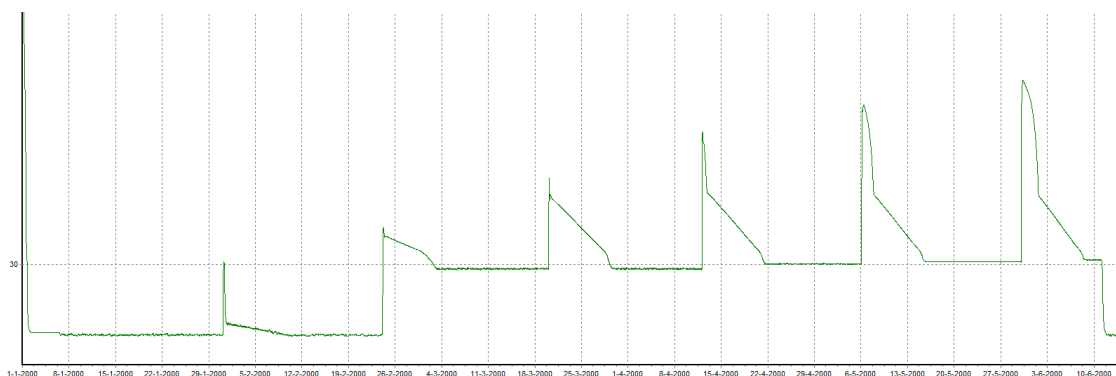
Het gecombineerde resultaat voor scenario 2 is weergegeven in Figuur 15. Ten opzichte van scenario 2 zijn de inundaties bovenstrooms van de Vliegvelddweg verdwenen. Ook ter plaatse van het EHS-terrein ontstaan geen inundaties. De duikers hebben voldoende capaciteit om het gebied te ontwateren. Echter ze doen dit niet binnen 24 uur. Afhankelijk van de situatie doet het bergingsgebied er circa iets minder dan acht dagen over om leeg te lopen. Dit is een logisch gevolg van de gekozen uitgangpunten. De landelijke piek heeft een duur van ongeveer zeven dagen en gedurende deze periode staat de berging vol. Op het moment dat de afvoer is gedaald tot een basisafvoer loopt het bergingsgebied binnen een dag leeg. Dit is gevisualiseerd in Figuur 16. De verschillende pieken als gevolg van de verschillende situaties zijn te zien, tussen elke situatie loopt de berging leeg (overgang beekloopje naar bergingsgebied ligt op 30 +NAP). Bovenstaande is ook in overeenstemming met het bergingsgebied ter plaatse van de Hesbeek, deze heeft in extreme situaties ook meerdere dagen nodig om leeg te lopen.

De inundaties rondom de Blankenbellingsbeek zijn nagenoeg hetzelfde gebleven. Om na te gaan waar deze inundaties door ontstaan, is een nadere analyse op deze locatie uitgevoerd.

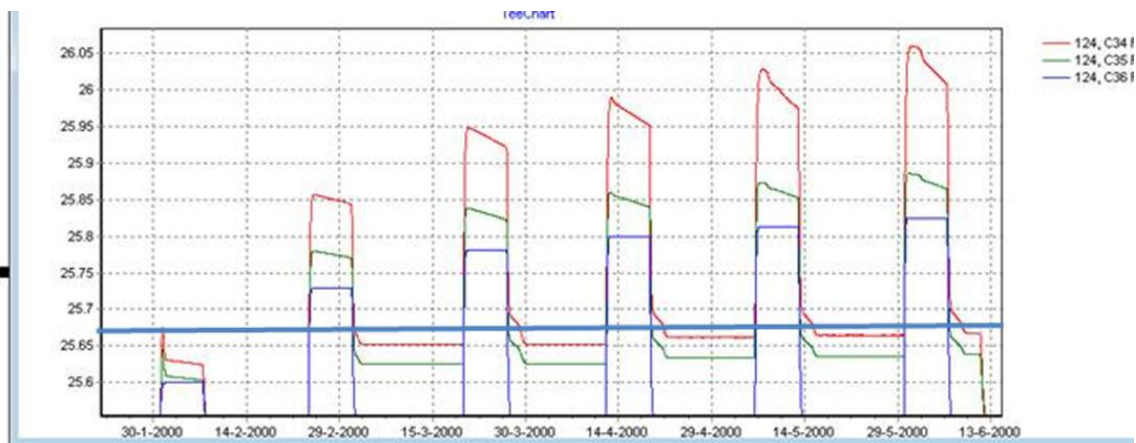
In Figuur 17 zijn de waterstanden ter plaatse van het inundatiepunt in de Blankenbellingsbeek weergegeven voor verschillende subscenario's. Wanneer de duiker wordt verruimd (1.000 mm), treden nog steeds dezelfde inundaties op, echter de maximale waterstanden worden wat lager (er ontstaat nu meer opstuwing ter plaatse van de eerstvolgende benedenstroomse duiker). Zelfs zonder een afvoer van het vliegveld treden al in een T=1 situatie inundaties op. Dit betekent dat de inundaties niet veroorzaakt worden door de duiker, maar ook niet door de extra afvoer van het vliegveld. Omdat ze in de huidige situatie niet plaatsvinden, betekent dit dat ze een gevolg zijn van de PAS-maatregelen.



Figuur 15. Gecombineerde inundatiekaart voor scenario 2. De zwarte pijl geeft de locatie van Figuur 17 weer.



Figuur 16. Waterstanden t.o.v. NAP in de waterbergingszone van de EHS (zie blauwe cirkel bijlage 2) net bovenstrooms van de knijpconstructie. Het niveau waarop het bergingsgebied in werking treedt ligt op 30+NAP. Tussen de situaties blijft altijd een basisafvoer aanwezig waardoor het beekloopje in het model niet leegloopt.

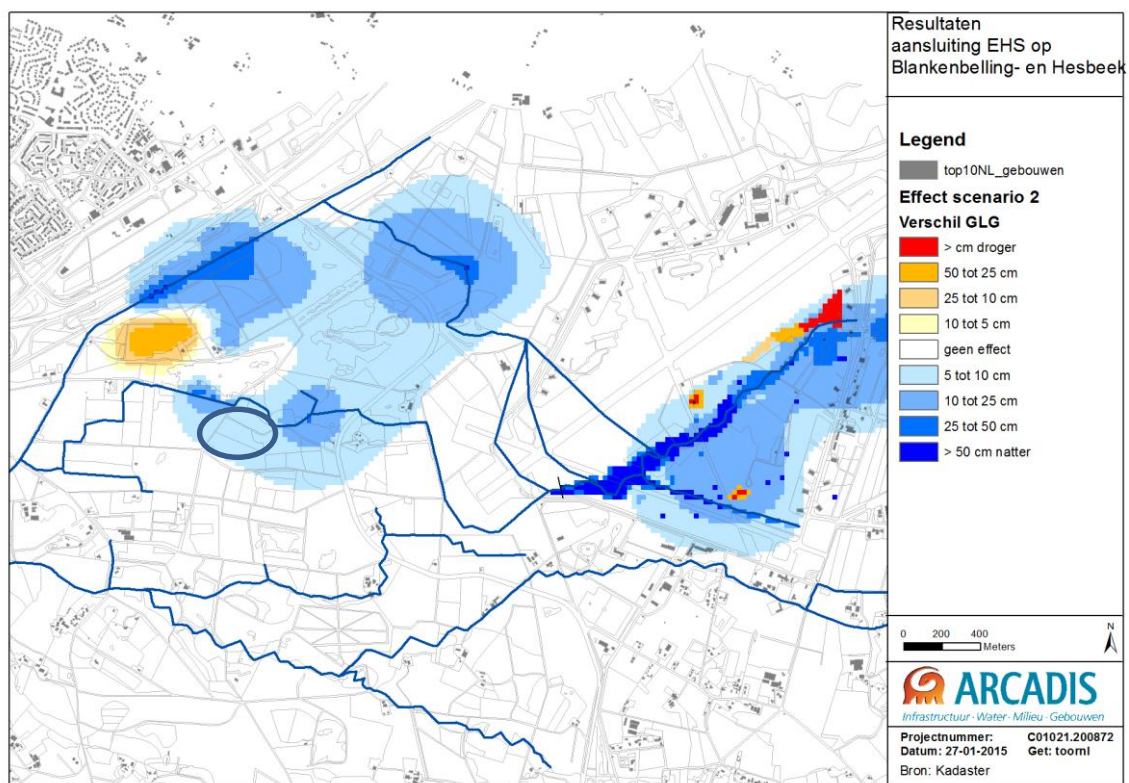


Figuur 17. Inundaties ter plaatse van het inundatiepunt in de Blankenbellingsbeek (zie pijl in Figuur 15). De blauwe lijn laat de waterstanden zien wanneer de duiker geen knelpunt meer vormt en de afvoer vanuit het vliegveld is dichtgezet (knijpconstructie dicht), de groene lijn laat de situatie zien wanneer de duiker geen knelpunt vormt met afvoer van het vliegveld (scenario 2), de rode lijn laat de huidige duiker zien (duiker 500 mm) met afvoer van het vliegveld. De rechte blauwe lijn geeft het plaatselijk maaiveld weer

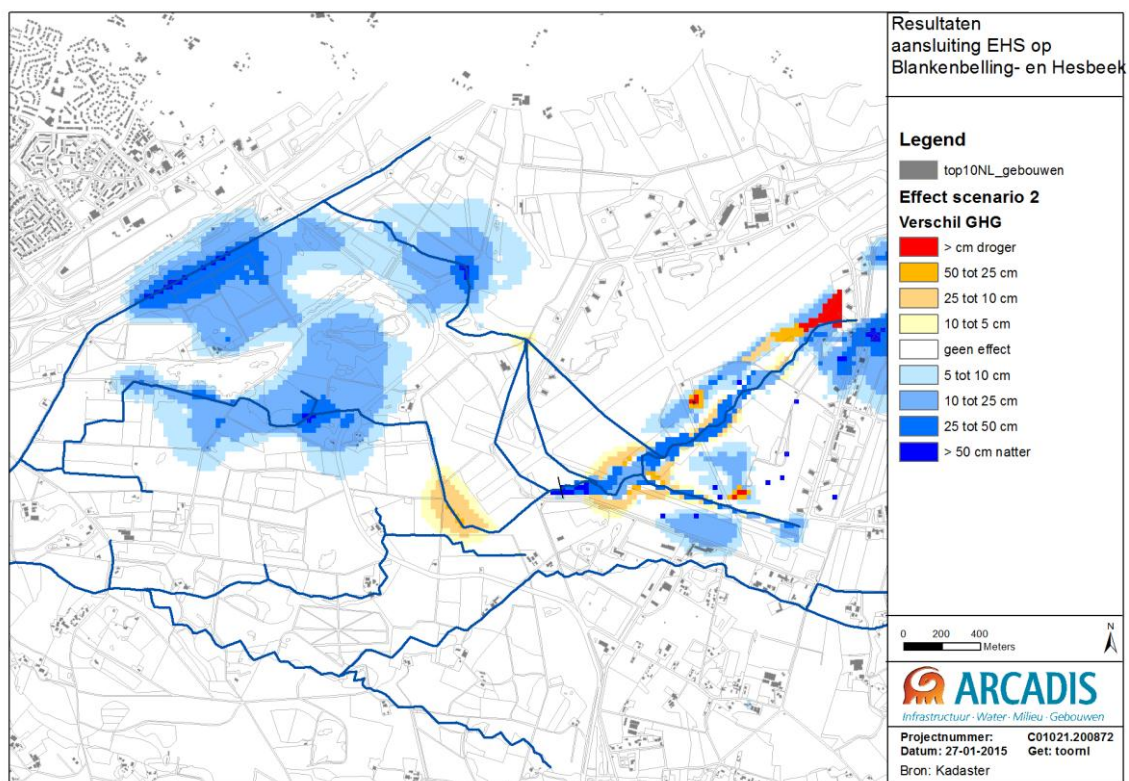
Grondwater

De effecten op de grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 18 (GLG), Figuur 19 (GHG) en Figuur 20 (GVG). Ten opzichte van scenario 1 worden de grondwaterstanden in de omgeving van de Blankenbellingsbeek nog wat hoger. De ongewenste verdrogende effecten ter plaatse van de Hesbeek en de Blankenbellingsbeek nemen af. In Figuur 21 (januari), Figuur 22 (juli) en Figuur 23 (april) zijn de verschillen in kwelfluxen tussen de huidige situatie en scenario 2 weergegeven voor drie maanden in het jaar. Deze plaatjes laten de verandering in verticale flux tussen modellaag 1 en 2 zien. Als bijvoorbeeld in de huidige situatie netto water van laag 2 naar 1 getransporteerd wordt, spreken we van kwel. Andersom is sprake van wegzijging. In de verschilplaatjes is te zien of kwel afneemt, toeneemt of juist omslaat naar wegzijging.

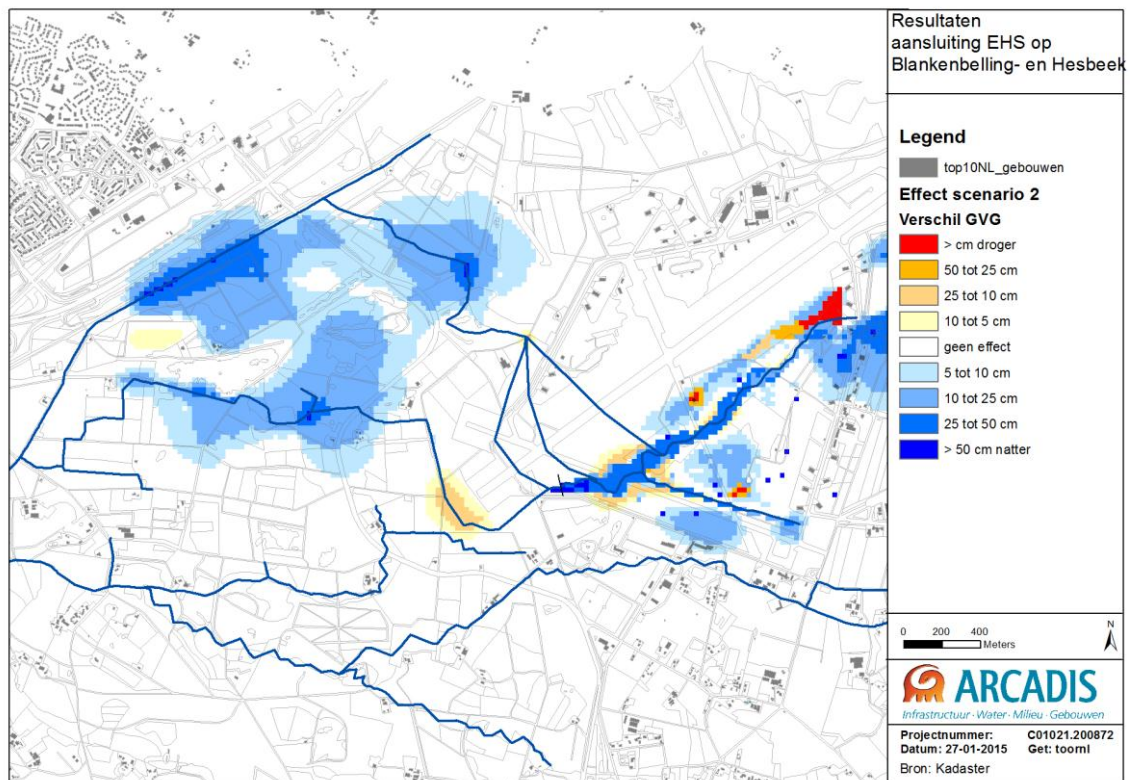
Rondom het EHS-terrein neemt overall de wegzijging toe (minder water wordt afgevangen door het EHS-terrein) wat zorgt voor een grotere kwelflux richting het lager gelegen gebied. Wat betekent dat lokaal rondom het Natura 2000-gebied kwel toeneemt. Echter langs de drainerende waterlopen neemt juist de wegzijging toe. De oorzaak ligt in het verhogen van de drainagebasis. Drainerende watergangen hebben in de basis een kwelaantrekkende werking (ze vangen water af). Door de drainagebasis te verhogen, neemt deze aantrekkende werking af. Wanneer er sprake is van kwel neemt deze dan ook af (de watergang vangt minder water af dan in de huidige situatie). Wanneer er sprake is van wegzijging neemt deze dan ook toe (er kan meer water vanuit het neerslagoverschot infiltreren in plaats van afgevoerd worden door de watergangen). Uit de figuren blijkt dat het netto effect van de waterlopen (vernatting en een toename van wegzijging/afname van kwel) groter is dan de toename in kwel vanuit het EHS-terrein. Ook rondom het Klein Lonnekermeer neemt de wegzijging toe. Dit wordt veroorzaakt door de toename in infiltratie van de Koppelleiding.



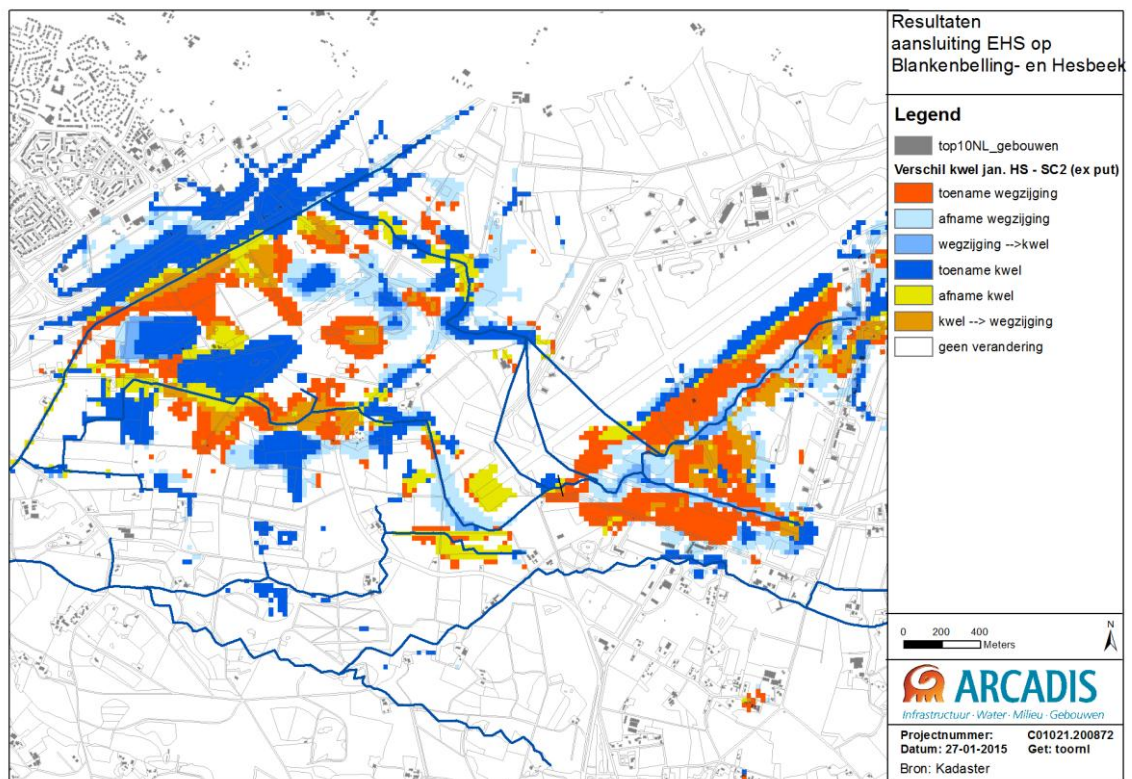
Figuur 18. Verschil GLG huidige situatie en scenario 2



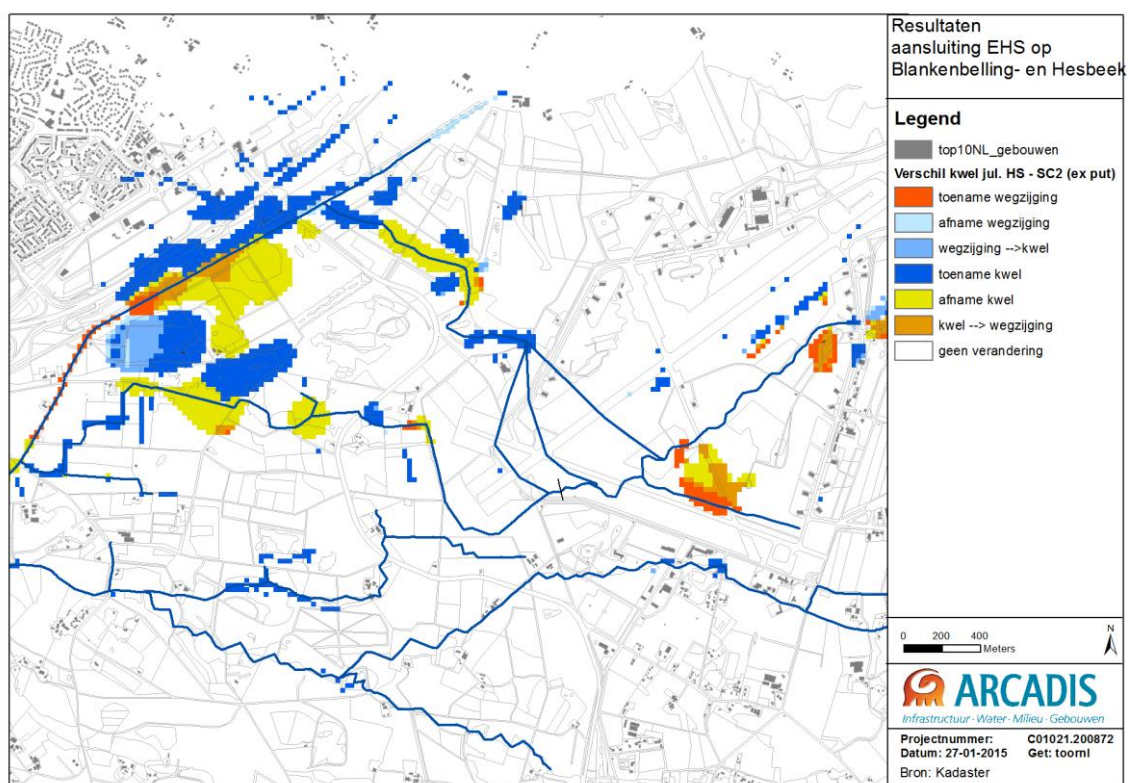
Figuur 19. Verschil GHG huidige situatie en scenario 2



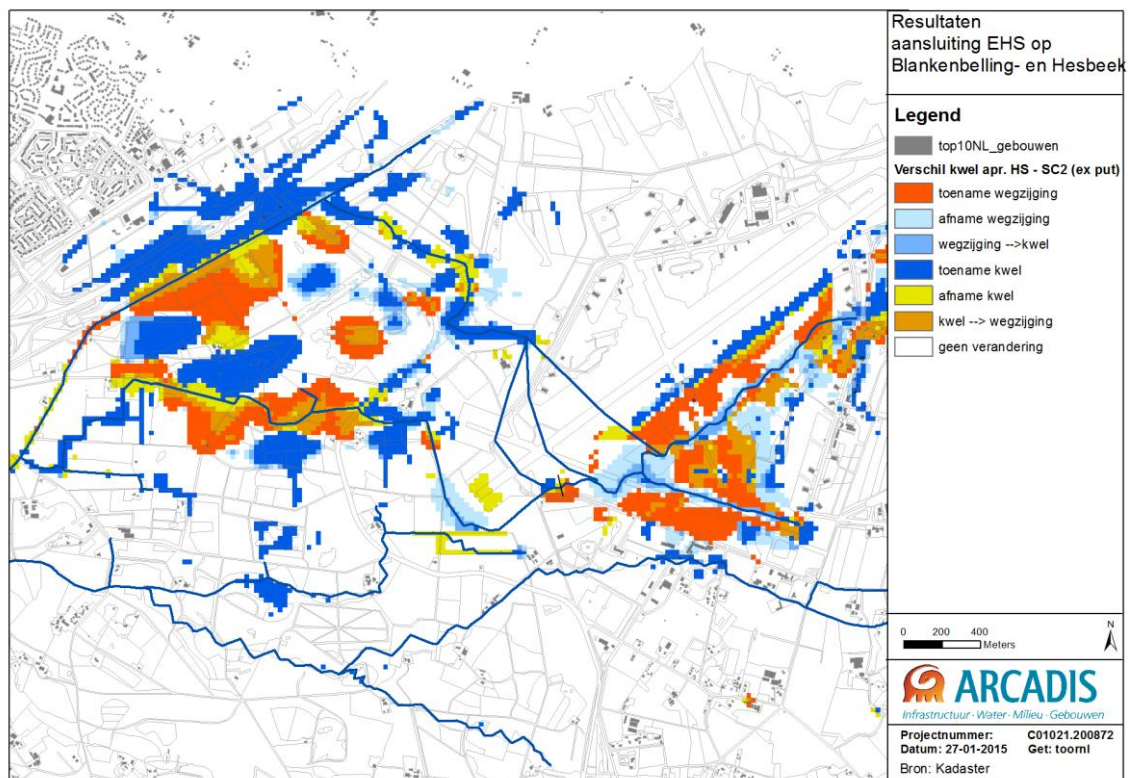
Figuur 20. Verschil GVG huidige situatie en scenario 2



Figuur 21. Verschil in kwelfluxen tussen modellaag 1 en modellaag 2 in januari (alleen de fluxen groter dan 0.1 mm per dag zijn als significant weergegeven)



Figuur 22. Verschil in kwelfluxen tussen modellaag 1 en modellaag 2 in juli (alleen de fluxen groter dan 0.1 mm per dag zijn als significant weergegeven)



Figuur 23. Verschil in kwelfluxen tussen modellaag 1 en modellaag 2 in april (alleen de fluxen groter dan 0.1 mm per dag zijn als significant weergegeven)

5.4 INFILTRATIEPUTTEN

5.4.1 UITGANGSPUNTEN

PAS-maatregel M3a is nog niet doorgevoerd in de eerder beschreven scenario's. Het vergroten van de kwel naar het Natura 2000-gebied door aanpassing van de ontwatering van het vliegveld is niet een vanzelfsprekende maatregel waarvan het effect eenvoudig te bepalen is. In de projectgroep is het infiltreren van het afgevangen drainagewater, van het te handhaven deel van het luchthaventerrein, als meest kansrijke maatregel benoemd. Deze maatregel is ook als meest kansrijke maatregel benoemd in de PAS gebiedsanalyse⁸. Aandachtspunt hierbij is de waterkwaliteit van het te infiltreren water (mogelijk kan een helofytenfilter uitkomst bieden). Allereerst is de hoeveelheid water bepaald die afgevangen wordt door het drainagesysteem. Vervolgens wordt deze hoeveelheid water middels infiltratieputten weer geïnfiltreerd net benedenstrooms van het luchthaventerrein. Dit scenario heeft alleen effect op de grondwaterstanden en is daarom alleen in het grondwatermodel doorgerekend. Omdat de effectiviteit van deze maatregel niet bekend is, is deze berekend in een apart scenario ten opzichte van scenario 2. Met andere woorden, wat is het aanvullende effect van de infiltratieputten ten opzichte van de overige PAS- en EHS-maatregelen. De uitwerking van de maatregel is een paar stappen doorgevoerd:

- De afvoer van het te handhaven deel van de luchthaven is bepaald met een scenarioberekening van het grondwatermodel. Hieruit blijkt dat in de huidige situatie gemiddeld over een jaar ongeveer 18 m³/uur afgevangen wordt door de drainage. Dit ligt in lijn met de metingen ter plaatse van het retentiegebied in de Hesbeek (orde grootte is gelijk aan de basisafvoer).
- Deze hoeveelheid water is verdeeld over vijf infiltratieputten (3.6 m³/uur) die net benedenstrooms van de landingsbanen in het grondwatermodel zijn gezet (modellaag 2). Omdat het belangrijk is dat er een overdruk aanwezig om het water te kunnen infiltreren in de putten is gezocht naar een plek met een groot hoogteverschil tussen de drains en de infiltratieputten. Een andere belangrijke randvoorwaarde is de bodemopbouw. De putten moet het water goed kunnen infiltreren, een hoge doorlatendheid is belangrijk (let op keileem).
- De te infiltreren hoeveelheid water is verdeeld over het jaar met een zelfde verhouding als de grondwateraanvulling. Als het nat is, zal er veel water infiltreren, in droge perioden zal er in werkelijkheid nagenoeg geen water infiltreren.

5.4.2 RESULTATEN

In Bijlage 6 zijn de resultaten van dit scenario weergegeven, hierbij zijn zowel de effecten in de grondwaterstanden als de kwelflux weergegeven. Te zien is dat het grootste effect in de winter optreedt (als het nat is). Echter zowel de effecten in de grondwaterstanden als de effecten in de kwelflux zijn zeer lokaal (circa 400 meter) en bereiken niet het Natura 2000-gebied. In de figuren is te zien dat het aangevoerd water voor een deel afgevangen wordt door de watergangen en voor een deel voor een hogere opbolling in het gebied zorgt. Dit betekent dat uitvoeren van maatregel m3a in de vorm van infiltratieputten waarschijnlijk niet de effecten oplevert zoals geschetst in de hydro-ecologische systeemanalyse waar het volledige drainagenetwerk onder het vliegveld is verwijderd. Daarbij zal het toevoegen van infiltratieputten het grootste effect in de winter opleveren, omdat er dan afvoer plaatsvindt, terwijl juist in het voorjaar en de zomer de toename van de kwelflux van belang is.

⁸ Provincie Overijssel, 2014, Natura 2000-gebiedsanalyse voor de programmatische aanpak stikstof (PAS) Lonnekermeer, pagina 43.

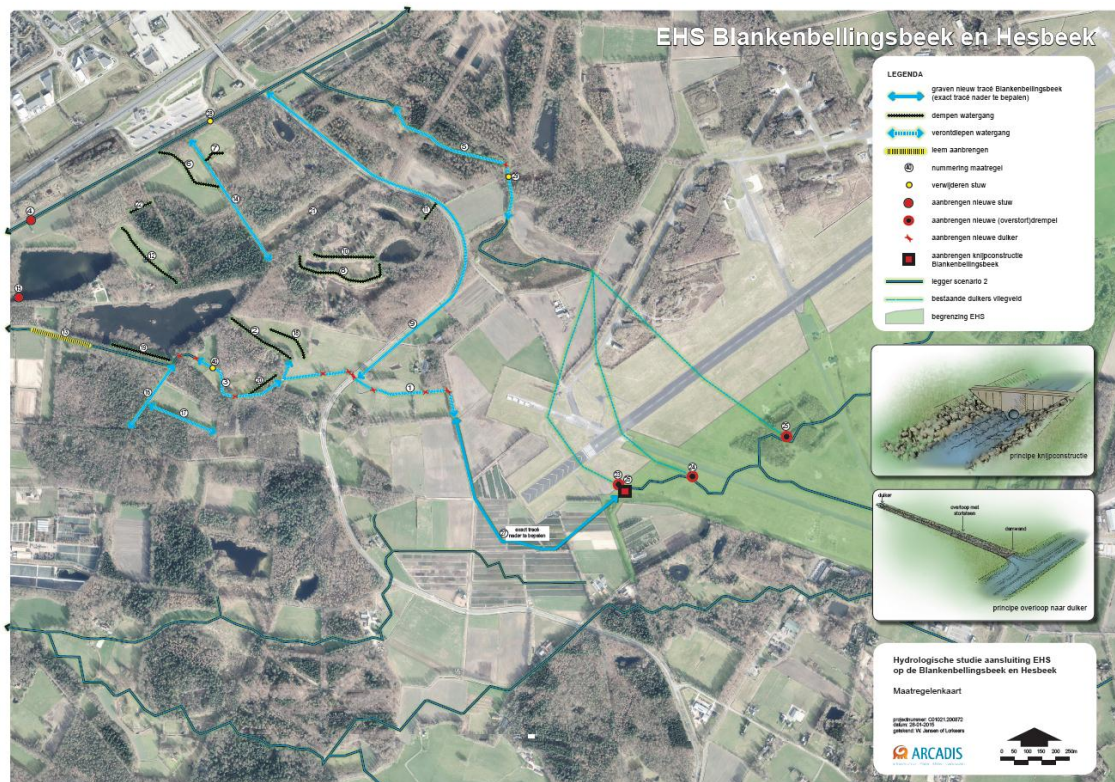
6

Maatregelen en kosten

Alle uitwerkingen van de maatregelen benodigd voor de uitvoering van de PAS en EHS zijn opgenomen in een maatregelenkaart en op kosten gezet. Het betreft hier een raming op basis van de fase waarin dit onderzoek is uitgevoerd, min of meer een schetsontwerpfase. Op dit niveau zijn eventuele risico's (aannames, onvoorzien) in de raming verdisconteerd. Voor het EHS-terrein betreffen dit alleen de aanvullende maatregelen die ontworpen zijn in dit document en geen onderdeel vormen van het reeds bestaande EHS-ontwerp. Concreet gaat het dan om aansluiting van de duikers op de slenken en de knijpconstructie naar de Blankenbellingsbeek. In Figuur 24 is deze kaart toegevoegd, in Bijlage 7 is deze kaart op groot formaat toegevoegd. De maatregelen in deze kaart zijn genummerd. De kosten per maatregel zijn (met dezelfde nummering) opgenomen in Bijlage 8. De uitwerking van nieuwe kunstwerken ter plaatse van het EHS-terrein is opgenomen in Bijlage 9. Concreet zijn de volgende maatregelen opgenomen:

- 6 x verondiepen watergang;
- 12 x dempen watergang;
- 1 x aanbrengen stuw;
- 3 x verwijderen stuw;
- 3 x aanbrengen overlaat;
- 1 x aanbrengen spindel in put;
- 1 x ontgaven watergang;
- 1x aanbrengen knijpconstructie;
- 12 x verwijderen en aanbrengen duiker.

In de raming zijn een aantal aannames gedaan om de investeringskosten te kunnen inschatten. Het gaat hier o.a. om het aanvoeren van grond voor het dempen en verondiepen van watergangen en inschatten van bepaalde hoeveelheden. Daarnaast zijn duikerlengtes ingeschat. Zodra het plan verder wordt uitgewerkt tot VO en DO, worden hoeveelheden en eenheidsprijzen nog specifiek gemaakt.



Figuur 24. Maatregelenkaart

7

Conclusies en aanbevelingen

7.1 CONCLUSIES

Op basis van het uitgevoerde onderzoek zijn een aantal conclusies te trekken die hieronder puntsgewijs zijn beschreven voor de verschillende deelgebieden.

EHS-terrein

- Voor het ontwerp van het bergingsgebied ter plaatse van het EHS-terrein (zie blauwe cirkel in Bijlage 2) geldt dat ondanks de hogere pieken van het verhard oppervlakte de afvoer van onverhard gebied maatgevend is. Dit komt doordat de afvoer van onverhard gebied over een langere periode (ongeveer zeven dagen gebaseerd op de metingen) afgevoerd wordt en het belangrijk is dat deze gedurende deze hele periode geborgen moet worden in het bergingsgebied. Daarnaast heeft het onverhard gebied een groot oppervlakte en reageert het snel op afvoer als gevolg van keileem in de ondergrond. De piek van het verhard oppervlakte is heel heftig maar kortdurend; de hoeveelheid water die daarmee geborgen moet worden is kleiner.
- Inundaties buiten het bergingsgebied in situaties groter of gelijk dan een $T=10$ kunnen resulteren in inundatie van de landingsbanen van het vliegveld. Deze worden daarom niet toegestaan.
- De combinatie van de landelijke en stedelijke piek die gebruikt is als afvoer kan gezien worden als worstcase-benadering. Beide pieken vallen gelijk (dit lijkt ook het geval op basis van de metingen in de Hesbeek) en de maximalen zijn op basis van de afvoerfactorenmethode bepaald en groter dan de werkelijk opgetreden pieken uit de afgelopen jaren. Het bergingsgebied loopt niet leeg in 24 uur, dit wordt ook weer veroorzaakt door de lange afvoerperiode van de landelijke piek. Echter de maximale waterdiepte in het bergingsgebied bij een $T=100$ bedraagt 0,5 m gedurende ongeveer twee dagen. De jaarlijkse piek heeft een maximale waterdiepte van 0,1 m in de berging. Het is daarom niet waarschijnlijk dat het bergingsgebied een aantrekkende werking zal vormen voor watervogels.
De knijpconstructie die de koppeling tussen de luchthaven en de Blankenbellingsbeek vormt, is gedimensioneerd op een maximale afvoer van 100 l/s. Deze afvoer is bepaald op basis van de voorgaande onderzoeken. Een toename van deze afvoer leidt tot (aanvullende) knelpunten op de Blankenbellingsbeek.
- Er zijn wat kanttekeningen te plaatsen rondom het ontwerp van het EHS-terrein in combinatie met de verschillende uitgangspunten (zie voorgaande punten). Echter door wat kleine optimalisaties door te voeren in het slenkensysteem, een aantal kunstwerken toe te voegen en het gebruik van de reeds aanwezige duikers onder het luchthaventerrein voldoet het huidige ontwerp van het EHS-terrein aan de gestelde randvoorwaarden.

Natura 2000-gebied het Lonnekermeer

- Uit de berekeningen blijkt dat inundaties ten oosten van het Groot Lonnekermeer niet te voorkomen zijn. Binnen de natuurpercelen levert dit geen knelpunten op; inundaties zijn hier ten dele gewenst. Echter in de ten dele aanwezige landbouwpercelen leveren inundaties wel knelpunten op. In de huidige situatie gaat het net goed, echter wanneer de PAS-maatregelen doorgevoerd worden zonder extra afvoer vanuit het EHS-terrein blijkt dat al in een T=1 situatie inundaties optreden. Ook bij het verruimen van de duikers kunnen inundaties niet voorkomen worden en treden aanvullende knelpunten ter plaatse van de volgende benedenstroomse duiker. Dit betekent dat inundaties niet veroorzaakt worden door het koppelen van de EHS met de Blankenbellingsbeek, maar al ontstaan als gevolg van de PAS-maatregelen. Echter zal een nog grotere afvoer waarschijnlijk leiden tot nog grotere knelpunten, omdat het systeem op meerder plaatsen krap gedimensioneerd is.
- Als gevolg van de PAS-maatregelen die opgenomen zijn in het model treedt jaarrond een aanzienlijke vernatting op in het Natura 2000-gebied. Rondom de Koppelleiding is dit effect gemiddelde ongeveer 20 tot 30 cm, rondom de Blankenbellingsbeek ongeveer 10 tot 30 cm. Rondom het Klein Lonnekermeer is in de zomer en in het voorjaar een verlaging van de grondwaterstanden te zien als gevolg van het lagere zomerpeil.
- Op basis van de uitgevoerde modelberekeningen blijkt dat het uitvoeren van maatregel M3a via een infiltratievoorziening, op de wijze waarop deze vormgegeven is in deze studie, niet tot de gewenste toename van de kwel in het N2000 gebied leidt.
- Als gevolg van de verschillende vernattingsmaatregelen (o.a. m7a, m2) is landbouw in het Figuur 18 omcirkelde gebied niet meer mogelijk. Dit is nog niet eerder aangegeven in de PAS-gebiedsanalyse.

7.2 AANBEVELINGEN**EHS-terrein**

- Het is wenselijk de werking van de knijpconstructies, het slenkensysteem en bergingsgebied te monitoren. Treden daadwerkelijk de voorspelde afvoeren op en werken de verschillende constructies zoals is bedoeld in het ontwerp?

Natura 2000-gebied het Lonnekermeer

- Er wordt aanbevolen om de optredende effecten te monitoren om te bezien of de gestelde natuurdoelen inderdaad gehaald worden. Daarnaast kunnen op basis van de monitoringsgegevens maatregelen worden geoptimaliseerd (denk bijvoorbeeld aan de peilen van het Klein Lonnekermeer).
- Als gevolg van de verschillende vernattingsmaatregelen is landbouw in het Figuur 18 omcirkelde gebied niet meer mogelijk. Dit is nog niet eerder aangegeven in de PAS-gebiedsanalyse, maar zal bij de verdere uitwerking van de PAS meegenomen dienen te worden.
- Er is op dit moment geen informatie beschikbaar over de waterkwaliteit van de Blankenbellingsbeek. Waarschijnlijk zal de waterkwaliteit verbeteren als gevolg van de toevoer van het relatief schone EHS-water. Hierbij is het wel van belang dat eventueel toekomstig hergebruik van het vliegveld gescheiden blijft van het EHS-terrein om de toevoer van schadelijk stoffen te voorkomen. Er wordt aanbevolen de waterkwaliteit van de Blankenbellingsbeek te monitoren.

Principeprofielen EHS

Principeprofiel F2
sleek smalle zone (van de Strip tot de vlinder, detail 12)
schaal 1:50

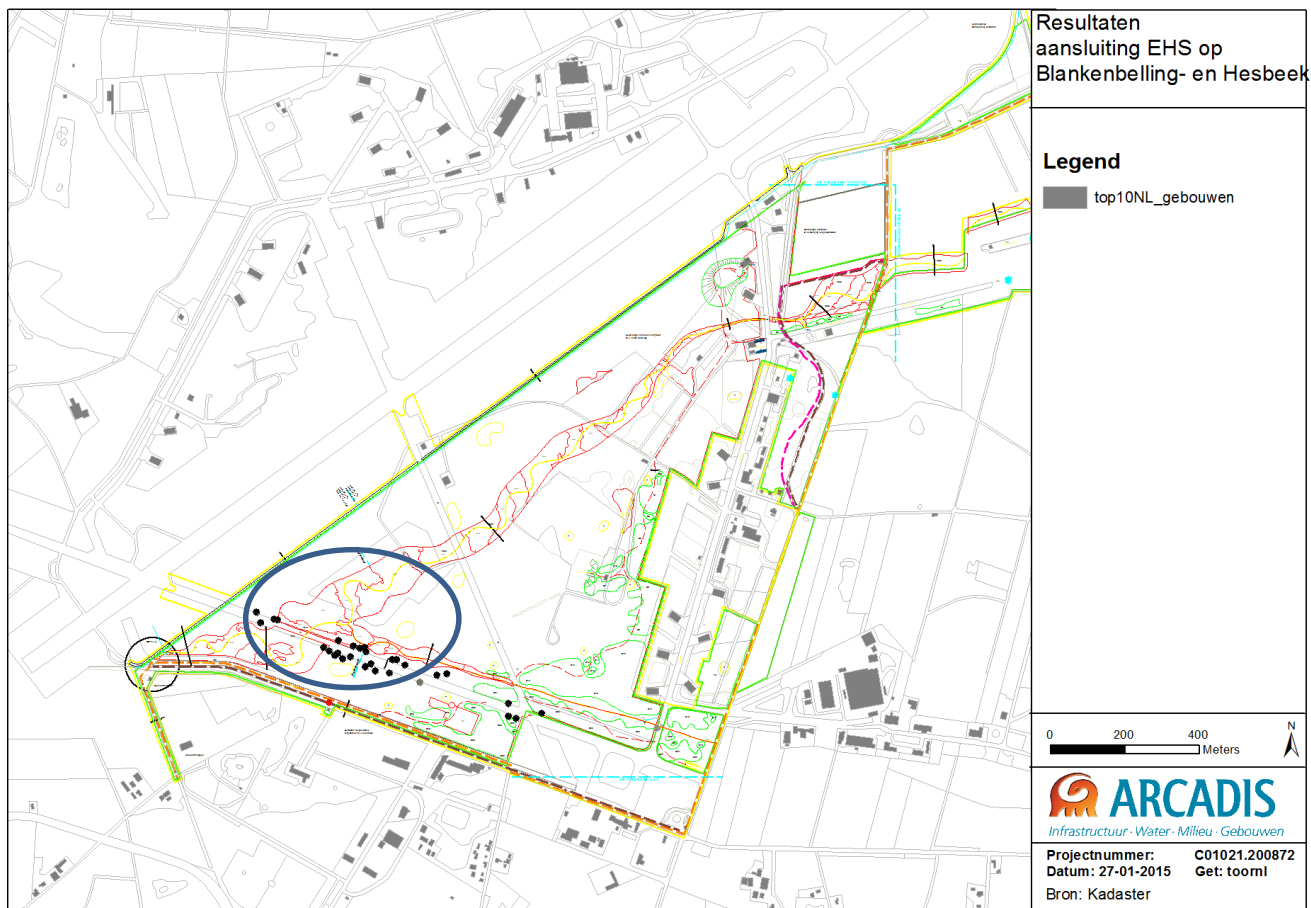
Principeprofiel F3
sleek brede zone (van de vlinder, detail 12 tot de voorde van betonschotsen, detail 5)
schaal 1:50

Principeprofiel F4
sleek waterbergingszone (vanaf de voorde van betonschotsen, detail 5 en verder benedenstrooms)
schaal 1:50

Bijlage 2

Ontwerptekening EHS

Ontwerptekening EHS (Bron: Royal HaskoningDHV contractfase - inrichtingsplan.dwg). De blauwe cirkel markeert de waterbergingszone.

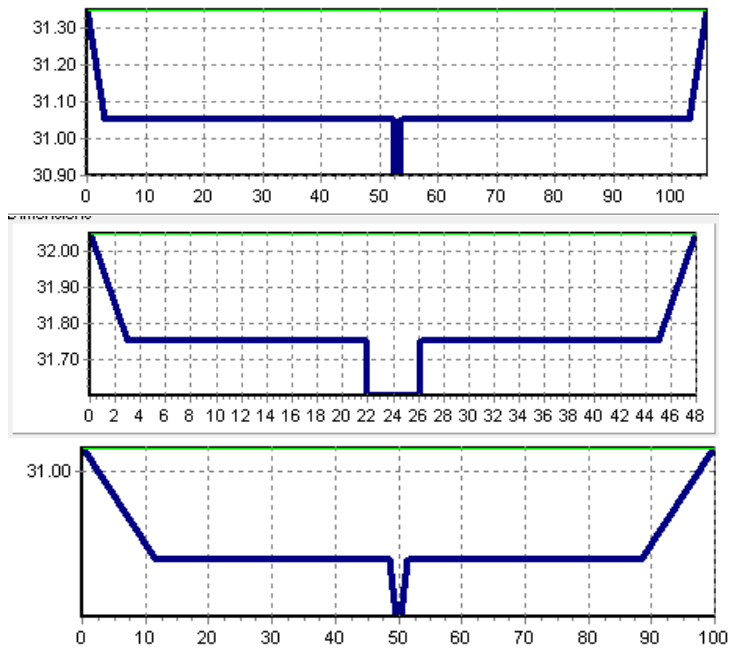


Bijlage 3 Vertaling PAS-maatregelen modelaanpassingen

PAS-maatregelen doorgevoerd in het oppervlaktewatermodel. Tussen haakjes staat elke keer het nummer van de maatregel, dit correspondeert met de maatregelenkaart uit Bijlage 7

Nummer	Maatregel	Uitwerking in oppervlaktewatermodel
M2	Verondiepen Koppelleiding	Stuw ST/2013/59.33_P is verwijderd (28). Er is een nieuwe stuw toegevoegd met een breedte van 4 m en kruinhoogte van kruinhoogte 23.6 (4).
M3b	Verondiepen Hesbeek	De Hesbeek benedenstrooms van het retentiegebied tot aan het landbouwgebied bij Oosterveld is verondiept o.b.v. de maximale peilen (geen inundaties in pieksituaties)(5). Daarnaast is stuw ST/201302/8.96_P verwijderd (29).
M4a	Verondiepen bovenloop Blankenbellingsbeek	De Blankenbellingsbeek is verondiept tot gemiddeld 30 cm onder maaiveld (1).
M4b	Verondiepen Blankenbellingsbeek (in grasland)	Blankenbellingsbeek verondiepen tot gemiddeld 30 cm onder maaiveld (3). Stuw S_ST/20130009/17.92_P is verwijderd (40).
M4c	Dempen sloot tussen Blankenbellingsbeek en Groot Lonnekermeer	De watergang tussen de Blankenbellingsbeek en de plas Groot Lonnekermeer is gedempt (2).

Uitwerking van de slenken in profielen in het oppervlaktewatermodel. Boven slenk noord, midden slenk zuid, onder bergingsgebied.



PAS-maatregelen doorgevoerd in het grondwatermodel. Tussen haakjes staat elke keer het nummer van de maatregel, dit correspondeert met de maatregelenkaart.

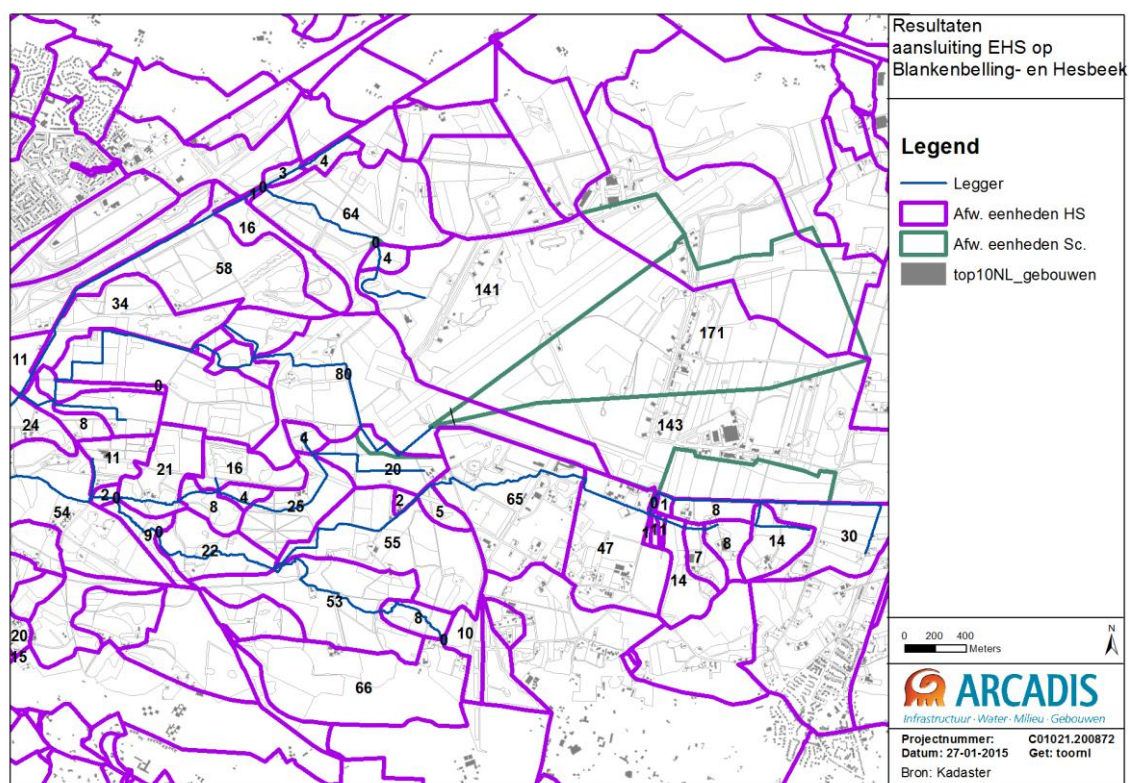
Nummer	Maatregel	Uitwerking in grondwatermodel
M1	Herstellen peilfluctuaties in Klein Lonnekermeer.	Bodemhoogte en peil in huidige situatie respectievelijk 22.2 en 22.8+NAP. In scenario worden bodemhoogte, zomerpeil en winterpeil respectievelijk 22.2, 22.4 en 22.8+NAP (15).
M2	Verondiepen Koppelleiding.	Invoer via oppervlaktewatermodel.
M3a	Vergroten van de kwel naar het gebied door aanpassen ontwatering van het vliegveld op basis van nader hydrologisch onderzoek.	Verwerking in apart scenario, zie paragraaf 5.4.
M3b	Verondiepen Hesbeek.	Invoer via oppervlaktewatermodel.
M4a	Verondiepen bovenloop Blankenbellingsbeek (tussen graslandjes).	Invoer via oppervlaktewatermodel.
M4b	Verondiepen Blankenbellingsbeek (in grasland).	Invoer via oppervlaktewatermodel.
M4c	Dempen sloot tussen Blankenbellingsbeek en Groot Lonnekermeer.	Invoer via oppervlaktewatermodel.
M6	Verondiepen sloot ten zuiden Groot Lonnekermeer.	Weerstand vergoot om uitwisseling met grondwater te stoppen (conductance van 0.01) (13).
M7a	Verminderen interne ontwatering: Watergang dempen.	Gedempt (6, 7).
M7b	Verminderen interne ontwatering; verondiepen bermsloten.	Bermsloten niet aanwezig in grondwatermodel, niet doorgevoerd in scenario 1, wel in scenario 2 (14).
M7f	Verminderen interne ontwatering: verondiepen zuidelijke sloot van het zuidelijke hooimaatje.	Gedempt (8).
M7g	Verminderen interne ontwatering: verondiepen bermsloot.	Bermsloten toegevoegd in model, sloten dieper dan 1m verondiept tot 1m, in huidige situatie ligt bermsloot reeds dieper dan Blankenbellingsbeek, verder geen aanpassingen gedaan (9).
M7h	Verminderen interne ontwatering; verondiepen bermsloten ten zuiden en noorden van Blankenbellingsbeek nabij Groot Lonnekermeer.	Sloten zitten niet in model, Toegevoegd en verondiept (Huidig bodemhoogte 1,2 – 1 – 0,4, in scenariobodemhoogte 0,5 – 0,5 en dicht) (16,17).
M7j	Verminderen interne ontwatering; dempen slootje tussen zuidelijke hooimaatje en voormalig akker.	Gedempt, locatie in model anders (10).
M7k	Verminderen interne ontwatering: dempen greppeltjes.	Nagenoeg niet aanwezig in grondwatermodel, 1 sloot gedempt (11).
M7l	Verminderen interne ontwatering: dempen sloot.	Gedempt (12, 22).

Bijlage 4 Bepaling afvoer oppervlaktewatermodel

Afvoerfactoren (semi-stationair basismodel)

Voor de semi-stationaire methode is uitgegaan van de methode gehanteerd in het handboek Hydrologie (waterschap Vechtstromen), deze methode is reeds gehanteerd in de voorgaande studies. De standaard-afvoer wordt vertaald naar een afvoer per afwaterende eenheid op basis van het gebiedskleinte-effect (totale gebied 1.480 ha.) voor de situaties beschreven in paragraaf 3.2. Alleen de $\frac{1}{4}$ Q (basisafvoer, gemiddelde voorjaarsafvoer) situatie is stationair doorgerkend (geen gebiedskleinte-effect). In Figuur 25 zijn de gehanteerde afvoervakken weergegeven. Ten opzichte van de voorgaande studies zijn een paar kleine wijzigingen doorgevoerd:

- Het landbouwgebied ten zuiden van Oostkamp wordt afgekoppeld en komt zal in de toekomst gaan afwateren naar de Leutinksbeek, dit om de relatief goede waterkwaliteit van het EHS-terrein niet negatief te beïnvloeden.
- Het EHS-terrein wordt opgeknipt in twee deelgebieden die allebei via een slenkensysteem afwateren naar het bergingsgebied. Daarnaast wordt een tweede knip gemaakt tussen het EHS-terrein en het noordelijk deel van het vliegveld wat in stand gehouden wordt.
- Aan de noordzijde van het EHS-terrein nemen te afwaterende eenheden toe; een groter gebied watert direct af het op het EHS-terrein.
- Langs het nieuwe bovenstroomse tracé van de Blankenbellingsbeek vindt een kleine wijziging plaats rondom het nieuwe tracé.



Figuur 25. Afwaterende eenheden in huidige situatie en scenario, de getallen geven de oppervlaktes in hectares in de scenario's weer.

Afvoer van onverhard gebied ter plaatse van de luchthaven

De standaard afvoerfactoren zijn gebaseerd op een standaardafvoer die vertaald wordt naar een afvoer per watergang. De werkelijke afvoer per gebied kan behoorlijk afwijken omdat gebiedseigenschappen per gebied variëren. Daarbij speelt mee dat het vliegveld gesitueerd is langs de flank van de Lonnekerberg waarbij keileem in de ondergrond voor flinke afvoerpieken kan zorgen (het water kan moeilijk infiltreren waardoor het oppervlakkig tot snelle afvoer komt). Omdat de werkelijke afvoer in het gebied niet bekend is, maar wel een belangrijke rol speelt voor een goede schematisatie van de berging in het EHS gebied, zijn verschillende methoden om de afvoer te bepalen naast elkaar gezet zodat een zo goed mogelijk inschatting van de afvoer gemaakt kan worden. Bij deze vergelijking is naast de standaardmethode gebruik gemaakt van metingen ter plaatse van het retentiegebied in de Hesbeek (dagelijks 20 minuten) en de berekende afvoer in het grondwatermodel (referentiesituatie). Bij deze vergelijking is het belangrijk de volgende aandachtspunten in het achterhoofd te houden:

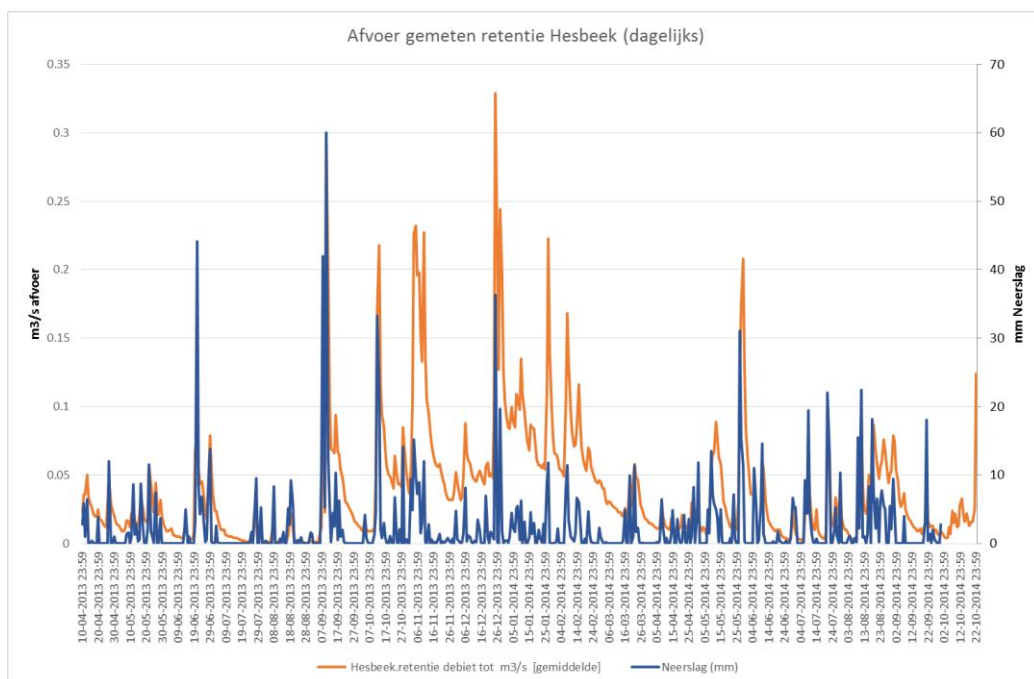
- Bij de 1^e methode op basis van de afwaterende eenheden is een gebied van 300 ha (gebaseerd op aannames eerdere studies) gehanteerd terwijl bij zowel het grondwatermodel als de metingen een gebied van 398 ha in beschouwing is genomen (luchthaventerrein en oostelijk deel Lonnekerberg).
- In het geval van hoogfrequente metingen worden pieken beter meegenomen (dit is ook goed te zien in de metingen) echter voor een goede vergelijking met grondwatermodel zijn ook de dagelijkse metingen in beschouwing genomen.
- Een grondwatermodel is ontwikkeld om grondwaterstanden goed te voorspellen, de afvoer kan ook afgeleid worden uit een model, echter hier is nooit op gekalibreerd en is daarom ook niet betrouwbaar. Daarbij is een grondwatermodel vooral bedoeld voor het bepalen van gemiddelde situaties, terwijl een oppervlaktewatermodel voornamelijk op extremere situaties focust.

Wanneer de verschillende methodes met elkaar vergeleken worden, valt op dat het grondwatermodel de afvoer lijkt te onderschatten en de methode op basis van de afwaterende eenheden overschat. De metingen geven waarschijnlijk het meest betrouwbare beeld omdat ze ook daadwerkelijk zijn gemeten, echter omdat maar een relatief korte meetreeks beschikbaar is (2010 – 2014) kunnen situaties extremer dan een T=1 niet goed afgeleid worden. Met de projectgroep is besloten dat de maximale afvoer vanuit het vliegveldterrein voor de situaties tot en met een T=1 afgeleid worden van de metingen; voor extremere situaties wordt uitgegaan van de afwaterende eenheden methode, waarbij het afwaterende oppervlakte opnieuw is bepaald op basis van de afwaterende eenheden.

Methode	$\frac{1}{4} Q$ (m3/s)	T=1 (m3/s)	T=10 (m3/s)
Afwaterende eenheden	0.09	0.64	0.72
Metingen (20 min)	0.08	0.3	0.59
Metingen (dagelijks)	0.08	0.3	0.42
Model referentiesituatie (dagelijks)	0.05	0.2	0.3

Tabel 2. Vergelijking afvoeren luchthaventerrein

Naast de maximale afvoer is voor een correcte schematisatie van het te ontwerpen bergingsgebied op het EHS-terrein ook de duur van de afvoer van belang. Juist een bergingsgebied is niet-stationair te benaderen, omdat naast het vollopen ook de leegloop van het gebied belangrijk is (in een stationaire situatie zou het gebied blijven vollopen en wordt nooit het evenwicht bereikt die een stationaire situatie kenmerkt). Om deze leegloop correct te kunnen schematiseren, is opnieuw gebruik gemaakt van de beschikbare metingen van de Hesbeek; echter hierbij is vooral gekeken naar het afvoerpatroon. Hoe verloopt een piek in de tijd, hoe lang duurt de afvoer, wanneer wordt overgeschakeld naar basisafvoer. Uit het gemeten patroon (Figuur 26) blijkt dat de afvoer van een extreme bui ongeveer zeven dagen duurt en dat de basisafvoer ongeveer 10% van een T=1 situatie bedraagt. Dit patroon is ook doorgevoerd in de afvoer.



Figuur 26. Uitsnede uit dagelijkse metingen van de Hesbeek

Verhard oppervlakte (niet-stationair)

De afvoer van het af te koppelen verhard oppervlakte en de afvoer vanaf de landingsbaan worden bepaald met behulp van een één uur durende bui uit het handboek hydrologie van waterschap Vechtstromen. In Tabel 3 is de intensiteit voor de verschillende doorgerekende situaties weergegeven.

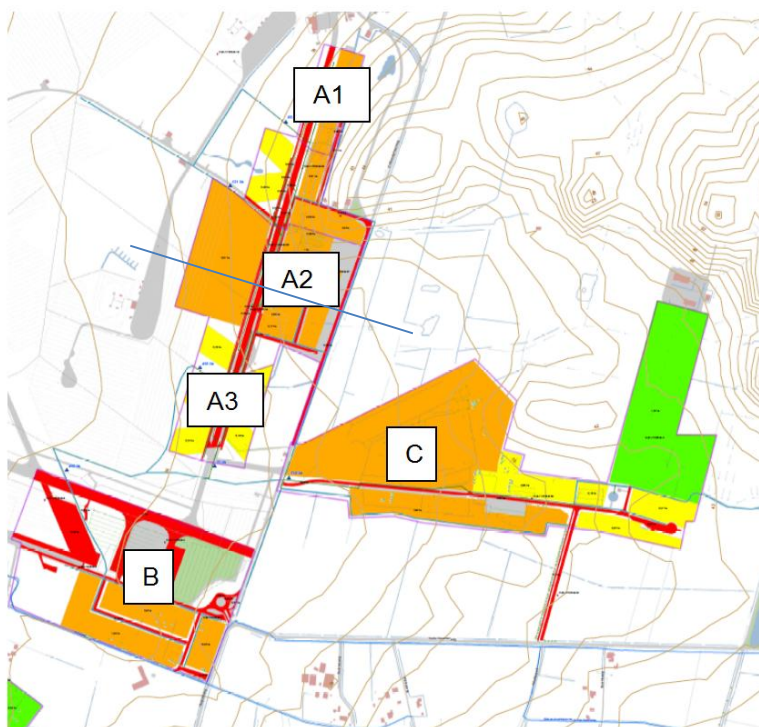
T=1	T=10	T=25	T=50	T=100
13,8 mm	27 mm	34,2 mm	37,8 mm	43,2 mm

Tabel 3. Neerslagintensiteit in mm voor stedelijke bui van een uur

In de berekening is rekening gehouden met de volgende gebieden (zie ook Figuur 3 en onderstaande figuur):

- Oostkamp (afvoer op zuidelijke slenk) bestaande uit 11,83 ha verhard gebied (gebied C);
- De strip noord (afvoer op noordelijke slenk) bestaande uit 1,09 ha verhard gebied (gebied A1);
- De strip midden noord (afvoer op noordelijke slenk) bestaande uit 2,18 ha verhard gebied (gebied A2, noord);
- De strip midden zuid (afvoer op zuidelijke slenk) bestaande uit 6,83 ha verhard gebied (gebied A2 zuid);
- De strip zuid (afvoer op zuidelijke slenk) bestaande uit 1,18 ha verhard gebied (gebied A3);
- Landingsbaan noord (afvoer op de meest bovenstroomse duiker) bestaande uit 2 ha verhard gebied;
- Landingsbaan midden (afvoer op de middelste duiker) bestaande uit 2,3 ha verhard gebied;
- Landingsbaan zuid (afvoer op de meest benedenstroomse duiker) bestaande uit 2,4 ha verhard gebied.

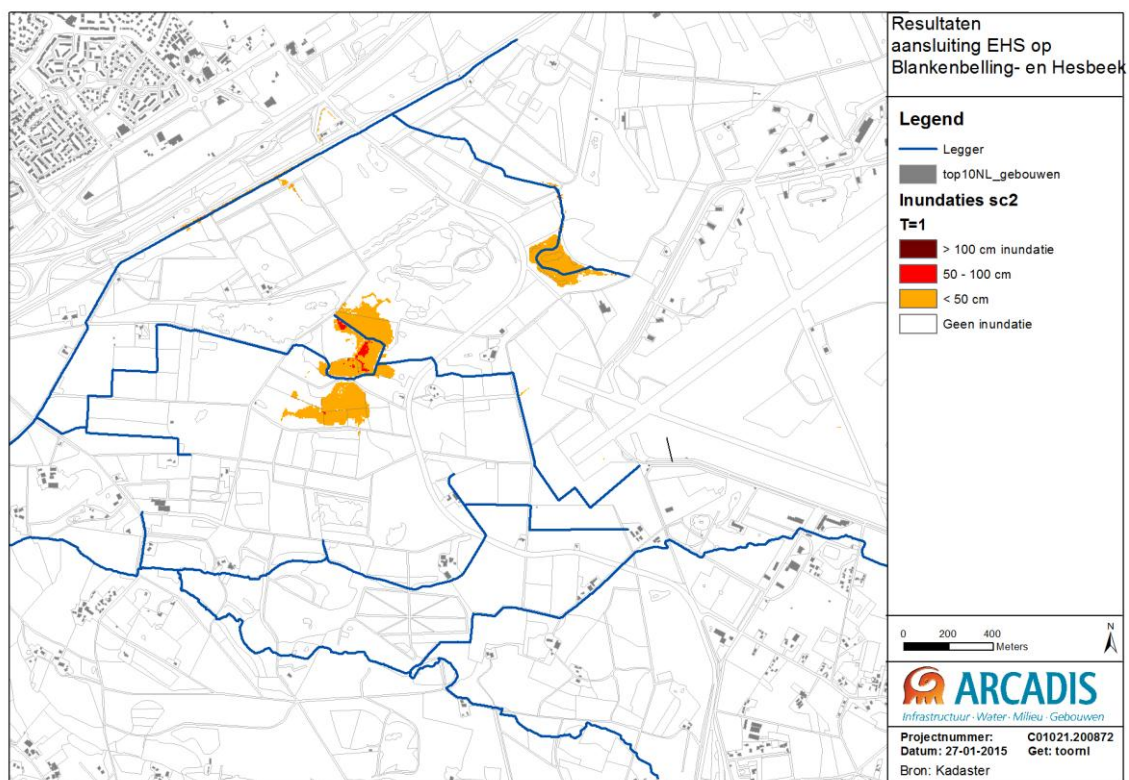
Deze intensiteiten uit Tabel 3 zijn omgerekend naar een totale afvoer voor elke van bovenstaande gebieden en toegevoegd aan het model. In onderstaand figuur is de ligging van de gebieden weergegeven.

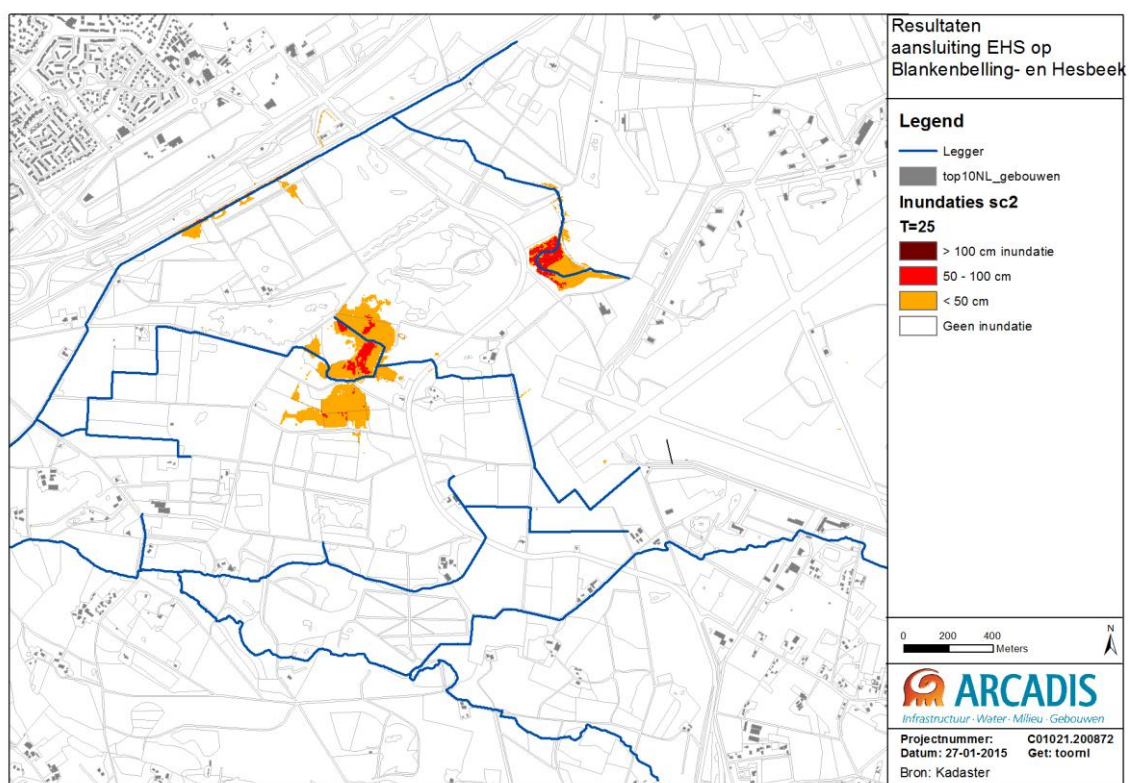
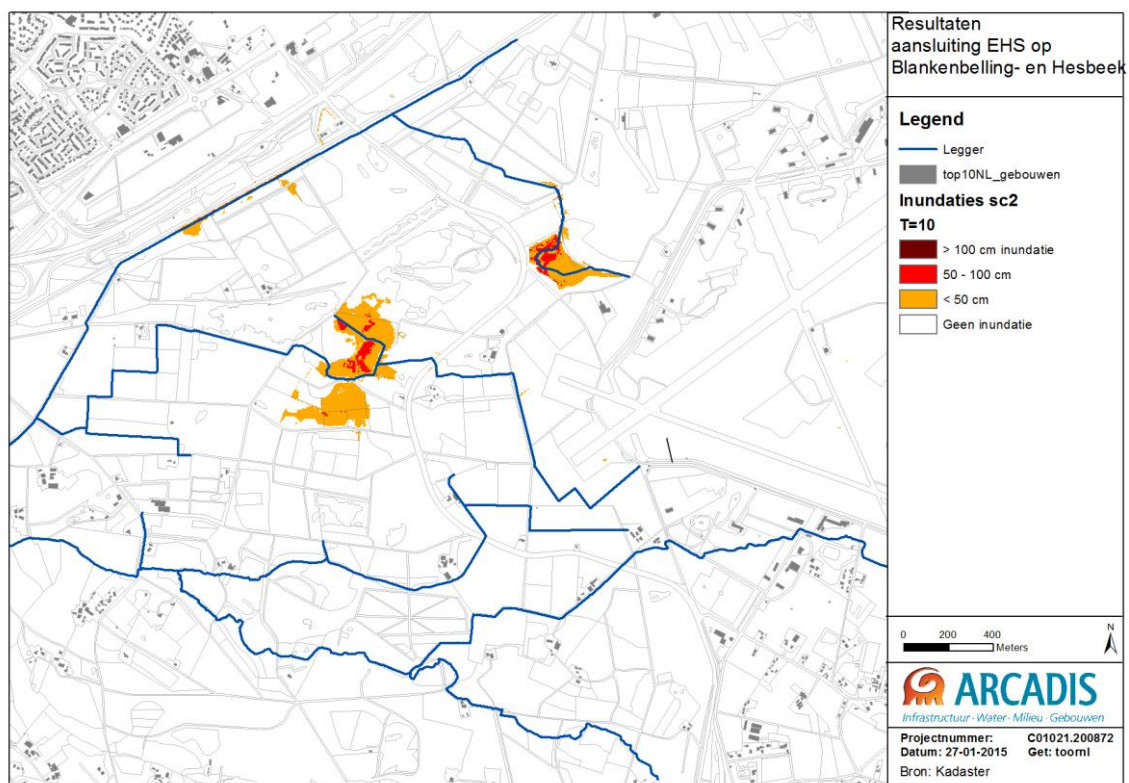


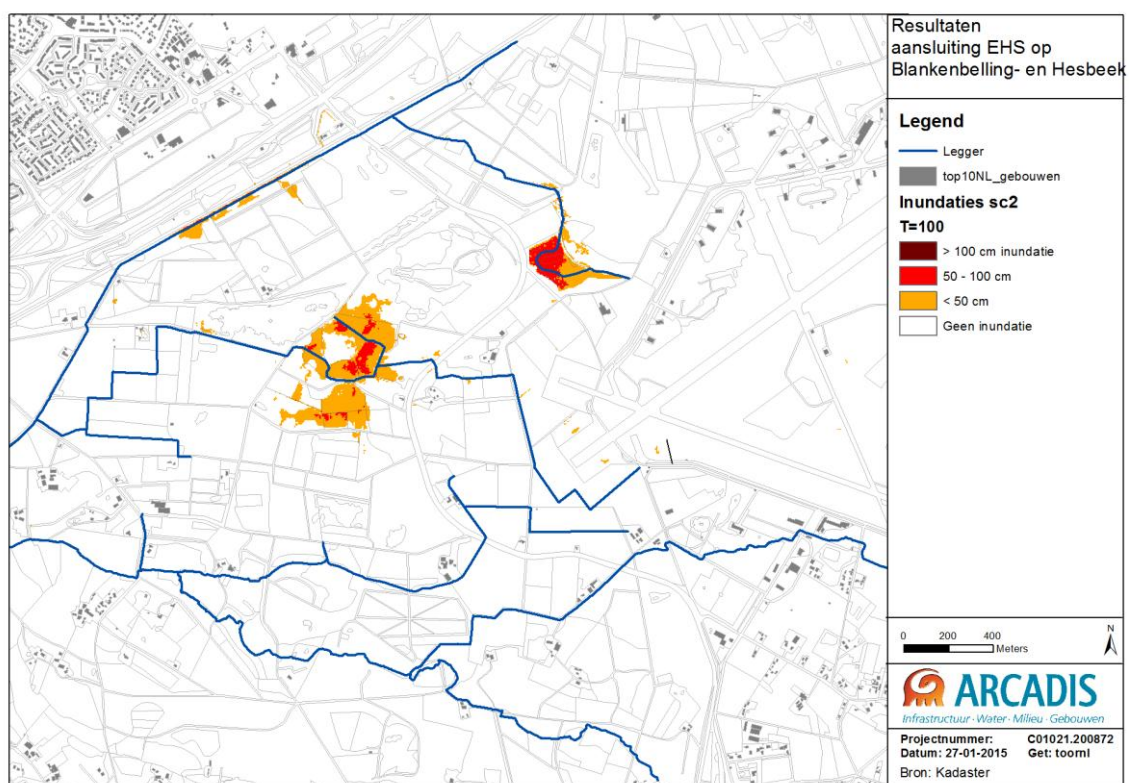
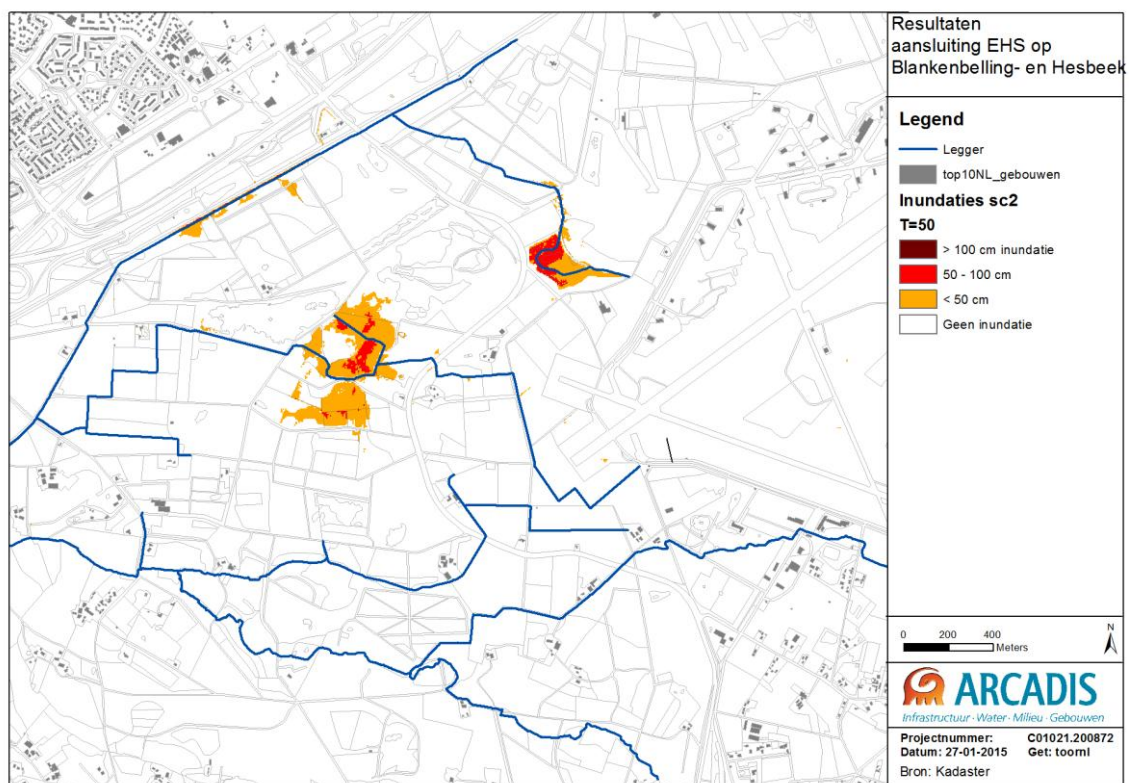
Bijlage 5 Inundatiekaarten

Scenario 2

Onderstaand zijn in de afzonderlijke kaarten de inundaties bij de afzonderlijke situaties weergegeven. In de eerste kaart zijn de inundatie bij scenario 2 voor een T=1 situatie gegeven. Op de daarop volgende kaart voor de T=10 situatie, enz.

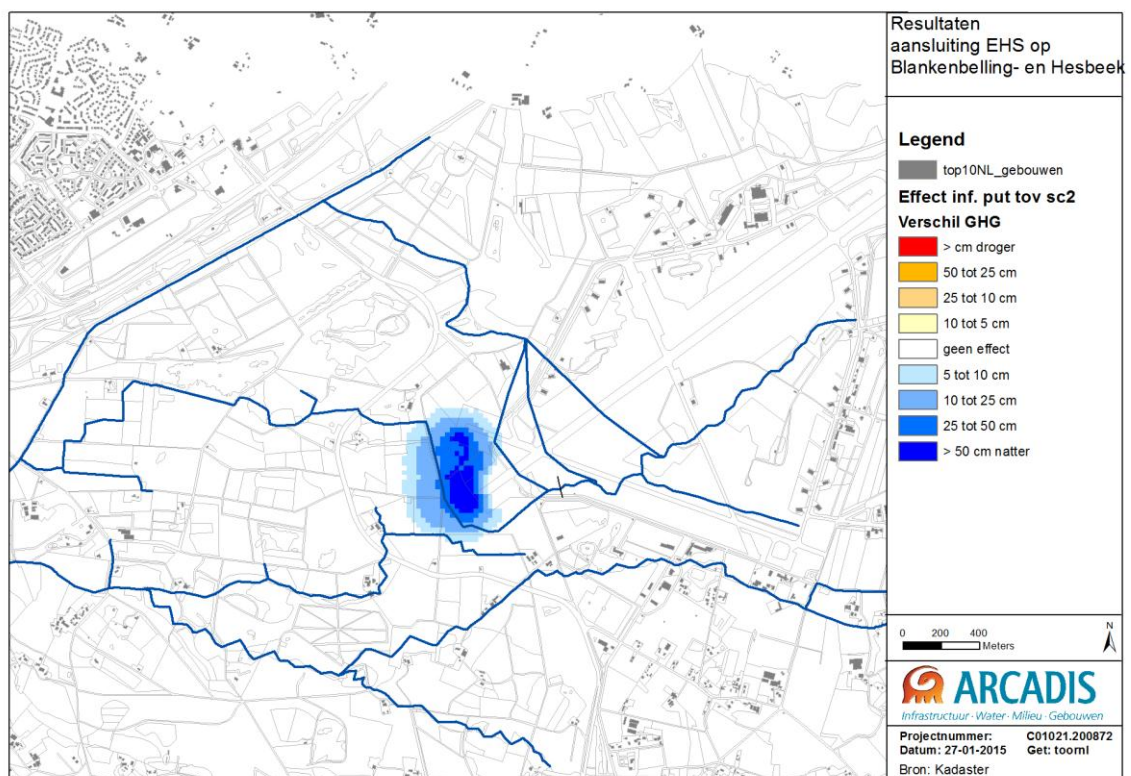
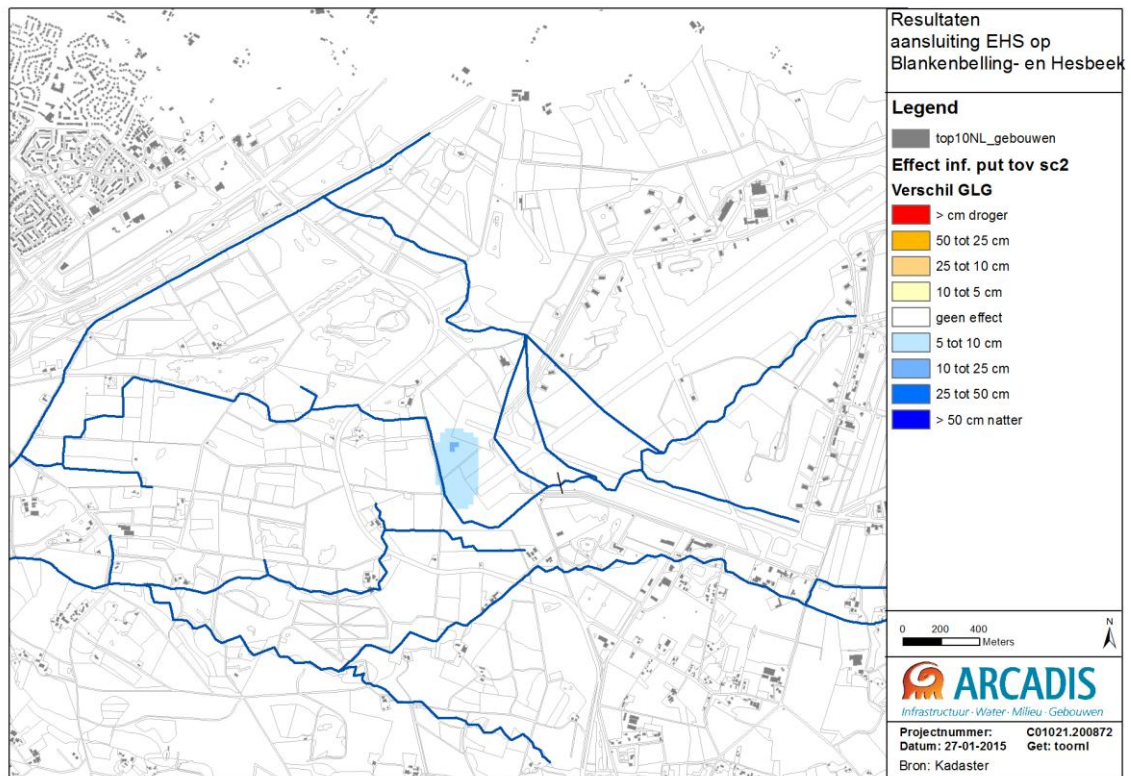


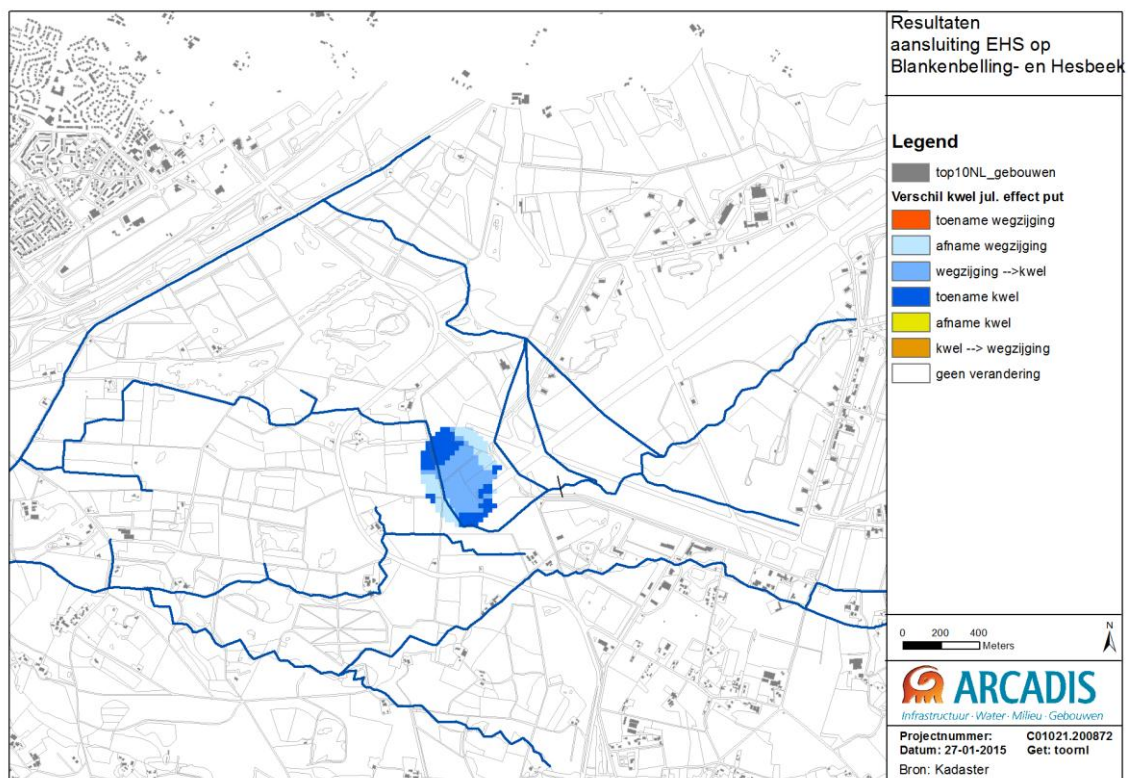
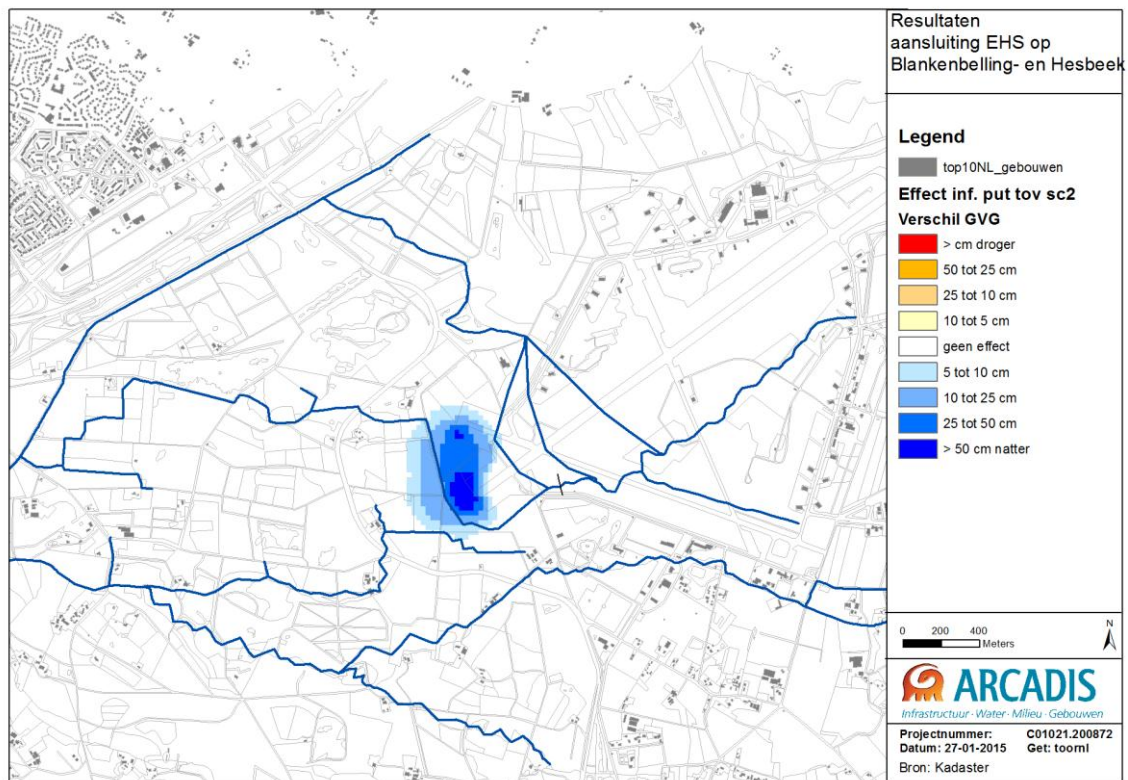


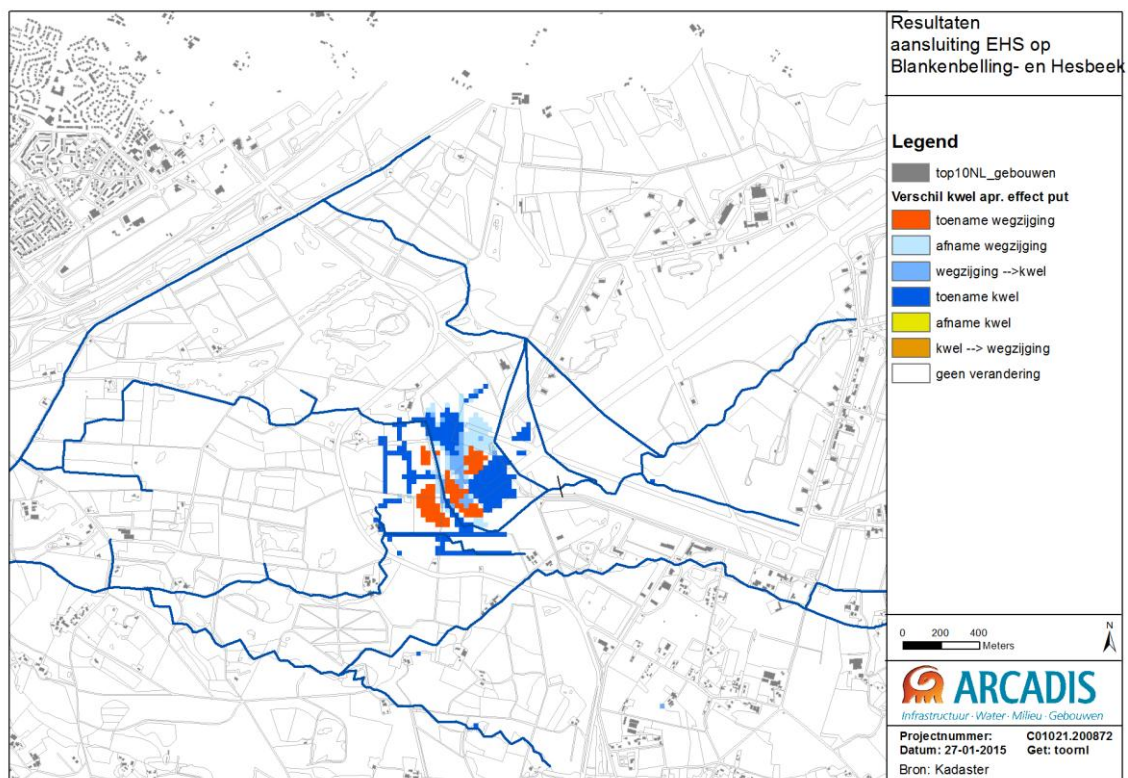
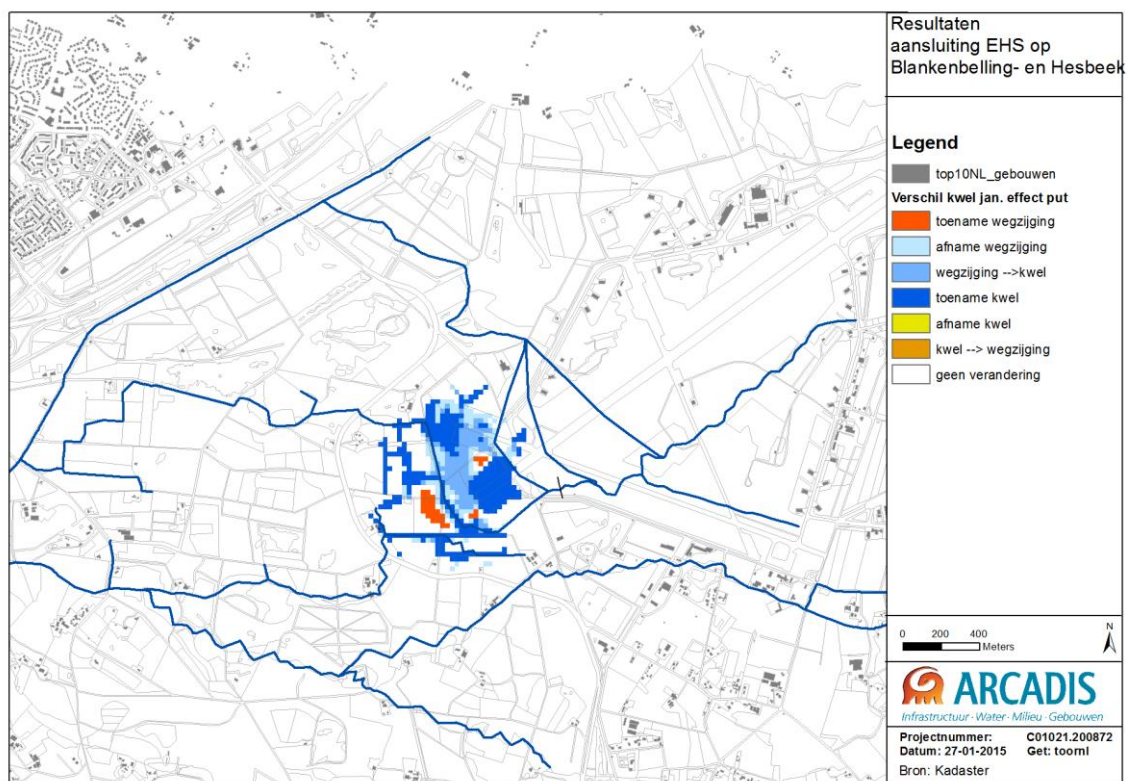


Bijlage 6

Resultaten scenario infiltratieputten







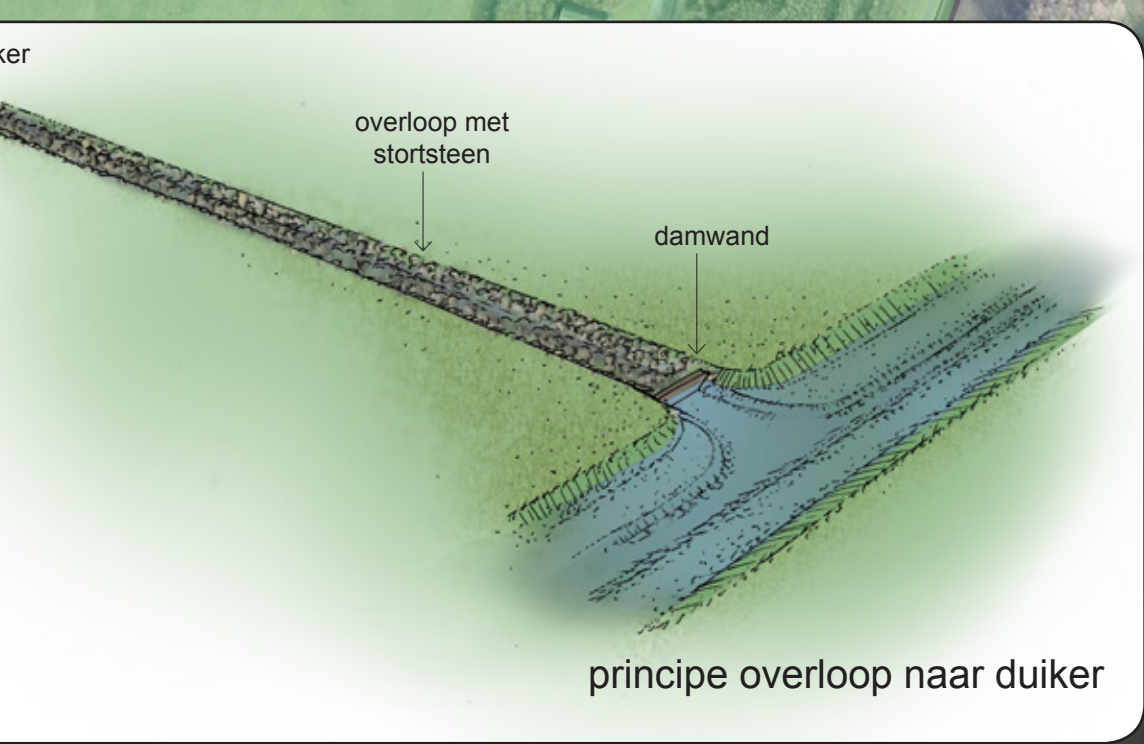
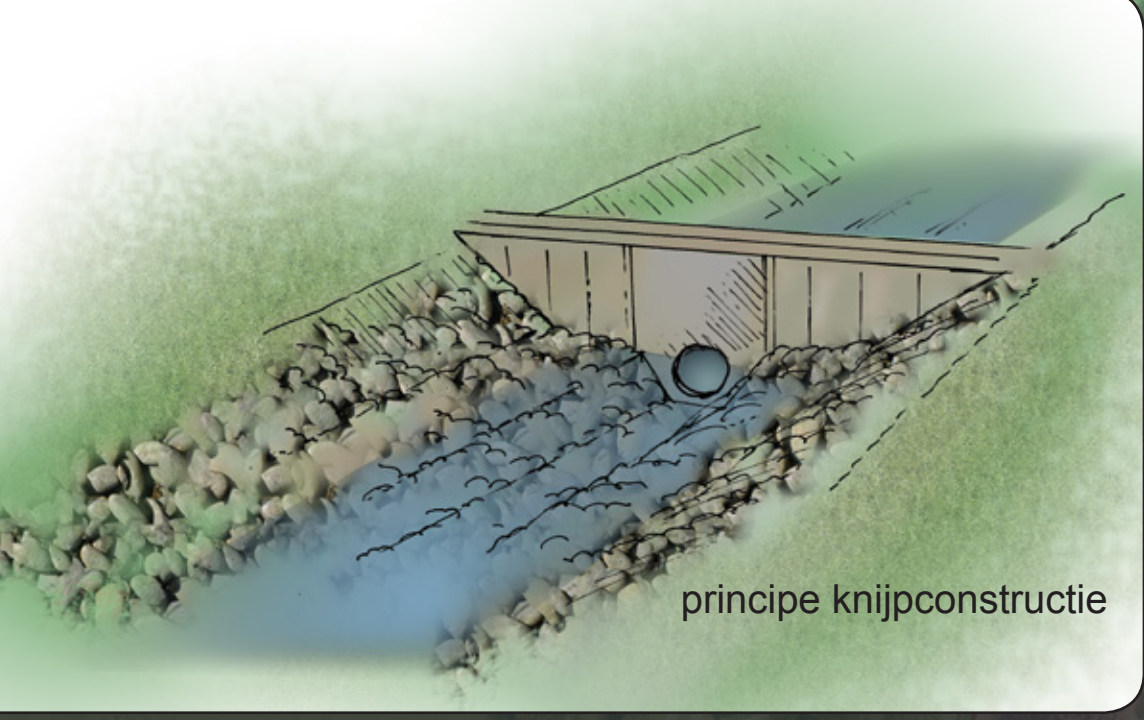
Bijlage 7

Maatregelenkaart

EHS Blankenbellingsbeek en Hesbeek

LEGENDA

- graven nieuw tracé Blankenbellingsbeek (exact tracé nader te bepalen)
- dempen watergang
- verontdiepen watergang
- leem aanbrengen
- nummering maatregel
- verwijderen stuw
- aanbrengen nieuwe stuw
- aanbrengen nieuwe (overstort)drempel
- aanbrengen nieuwe duiker
- aanbrengen knijpconstructie Blankenbellingsbeek
- legger scenario 2
- bestaande duikers vliegveld
- begrenzing EHS



Hydrologische studie aansluiting EHS op de Blankenbellingsbeek en Hesbeek

Maatregelenkaart

projectnummer: C01021.200872
datum: 26-01-2015
getekend: W. Jansen of Lorkeers

ARCADIS
Infrastructuur Water Milieu Gebouwen

0 50 100 150 200 250m

Bijlage 8

Raming maatregelen

aansluiting EHS op de Blankenbellingsbeek en Hesbeek

Projectno : C01021.200872

RAMING VAN KOSTEN

Bestand : raming EHS Blankenbellings- en Hesbeek.xls

datum : 29-1-2015

nr. op tek.	omschrijving	hoeveel heid	een- heid	eenheids prijs	kosten totaal
<u>I. KOSTEN UIT TE VOEREN WERKEN</u>					
1	verondiepen watergang	400	m3	12,70	5.080
2	dempen watergang	530	m3	13,20	6.996
3	verondiepen watergang	180	m3	12,70	2.286
4	aanbrengen automatische stuw met klepbreedte 4,00 m	1,00	st	82.000,00	82.000
5	verondiepen watergang	1050	m3	12,70	13.335
6	dempen watergang	850	m3	13,20	11.220
7	dempen watergang	270	m3	13,20	3.564
8	dempen watergang	1140	m3	13,20	15.048
9	verondiepen watergang	970	m3	12,70	12.319
10	dempen watergang	590	m3	13,20	7.788
11	dempen watergang	180	m3	13,20	2.376
12	dempen watergang	900	m3	13,20	11.880
13	leveren en verwerken leem in watergang	270	m	39,00	10.530
14	verondiepen watergang	1360	m3	12,70	17.272
15	aanbrengen handmatig bedienbare spindel in put	1,00	st	7.700,00	7.700
16	verondiepen watergang	520	m3	12,70	6.604
17	dempen watergang	310	m3	13,20	4.092
18	dempen watergang	560	m3	13,20	7.392
19	dempen watergang	640	m3	13,20	8.448
20	dempen watergang	370	m3	13,20	4.884
22	dempen watergang	240	m3	13,20	3.168
23	aanbrengen overlaat drempelbreedte 4,00 m	1,00	st	14.000,00	14.000
24	aanbrengen overlaat drempelbreedte 4,00 m	1,00	st	14.000,00	14.000
25	aanbrengen overlaat drempelbreedte 4,00 m	1,00	st	14.000,00	14.000
26	aanbrengen knijpconstructie met scherm	1,00	st	12.500,00	12.500
27	ontgraven watergang	1000	m3	2,00	2.000
28	verwijderen stuw	1,00	st	1.000,00	1.000
29	verwijderen stuw	1,00	st	700,00	700
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 600 mm	10	m	277,00	2.770
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 500 mm	10	m	242,00	2.420
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 500 mm	10	m	242,00	2.420
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 500 mm	10	m	242,00	2.420
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 700 mm	10	m	302,00	3.020
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 700 mm	10	m	302,00	3.020
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 500 mm	10	m	242,00	2.420
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 600 mm	10	m	277,00	2.770
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 600 mm	10	m	277,00	2.770
sub-totaal (naar volgend blad)					326.212

Opmerkingen: voor het dempen/ verondiepen van de watergangen wordt zand geleverd en verwerkt.

De bestaande duiker onder de Vliegvelddstraat wordt vervangen. Voorlopig wordt een nieuwe duiker onder de Vliegvelddstraat door geperst. De oude duiker wordt met dämmer volgezet. In de toekomst kan de huidige duiker worden verwijderd.

aansluiting EHS op de Blankenbellingsbeek en Hesbeek

Projectno : C01021.200872

RAMING VAN KOSTEN

Bestand : aaming EHS Blankenbellings- en Hesbeek.xls

datum : 29-1-2015

nr. op tek.	omschrijving	hoeveel heid	een- heid	eenheids prijs	kosten totaal
	<u>I. KOSTEN UIT TE VOEREN WERKEN (vervolg)</u>			sub-totaal vorig blad	326.212
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 600 mm	10	m	277,00	2.770
40	verwijderen stuw	1,00	st	700,00	700
	verwijderen en aanbrengen duiker diam. 1000 mm (2 st)	10	m	810,00	8.100
	aanbrengen duiker diam. 700 mm onder de Vliegveldstraat (persen)	30,00	m	2.800,00	84.000
				sub-totaal	421.782
	Staartkosten / opslag aannemer (indirecte kosten)			20%	84.356
				Bouwsom	506.138
				20%	101.228
	<u>II. PLAN EN DIRECTIEVOERING</u>				
	<u>III. OVERIGE KOSTEN</u>				
	- nutsbedrijven				
	- openbare verlichting				
	- overige				
				excl.btw	607.366
	<u>IV. ONVOORZIEN</u>			20%	121.473
					728.839
	<u>V. BTW</u>			21%	153.056
				afronding	104
	<u>VI. GRONDAANKOPEN</u>				
	Totaal			incl.btw	882.000
Opmerkingen: voor het dempen/ verondiepen van de watergangen wordt zand geleverd en verwerkt. De bestaande duiker onder de Vliegveldstraat wordt vervangen. Voorlopig wordt een nieuwe duiker onder de Vliegveldstraat door geperst. De oude duiker wordt met dämmer volgezet. In de toekomst kan de huidige duiker worden verwijderd.					

Bijlage 9

Memo maatregelen EHS

Inleiding

Op 22 december 2014 heeft het vierde overleg met betrekking tot het project 'Hydrologische studie aansluiting EHS op de Blankenbellingsbeek en Hesbeek' plaatsgevonden. Het overleg stond in het teken van het bespreken van de uitkomsten van de scenarioberekeningen van de aansluiting van de EHS op de Blankenbellingsbeek en de Hesbeek waarbij rekening wordt gehouden met de geplande PAS-maatregelen. In dit overleg zijn afspraken gemaakt over de afronding van het project en bijbehorende rapportage. In het overleg is besloten aanvullende (grondwater)scenarioberekeningen uit te voeren, waardoor de volledige rapportage niet op zeer korte termijn kan worden afgerond en aangeleverd. Ten behoeve van de uitvoering van de EHS-maatregelen, heeft ADT wel op zeer korte termijn behoefte aan de uitwerking van de maatregelen en kunstwerken. Daarom is afgesproken de beschrijving van de maatvoering van de maatregelen ter plaatse van het EHS in een korte memo te beschrijven. Voorliggende memo geeft deze beschrijving. Onderstaand worden puntsgewijs de maatregelen beschreven, daarnaast zijn ze schematisch opgenomen in onderstaande tekening.

Maatregelen

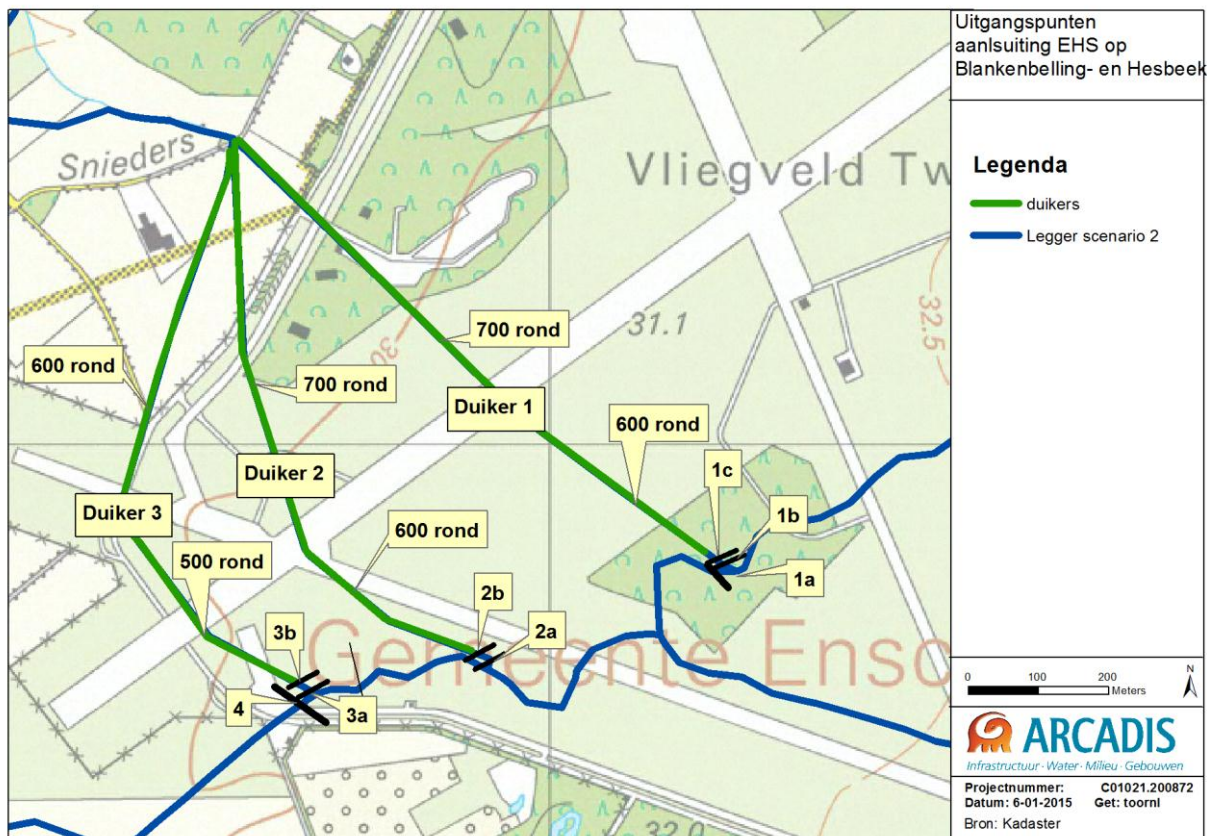
Onderstaand zijn kort alle op te nemen kunstwerken beschreven inclusief, waar bekend, maatvoering en functionele eisen. De nummers en letters van de maatregelen corresponderen met de nummers en letters in Figuur 27, daarnaast zijn in Figuur 28 en Figuur 29 alle kunstwerken waarvoor dimensies bekend zijn schematisch weergegeven. Voor alle kunstwerken geldt dat waarschijnlijk 5 à 10 m langs het kunstwerk bekleed zal moeten worden met stortstenen om afspoeling tegen te gaan.

3. Meest bovenstroomse duiker (duiker 1):
 - a. De constructie die geplaatst zal worden in de slenk en de afvoer knijpt zodat overtollig water wordt afgevoerd richting deze duiker is niet fysiek ontworpen in deze studie, echter er zijn een aantal functionele eisen te benoemen waaraan het kunstwerk dient te voldoen. De constructie dient de afvoer door de slenk richting het bergingsgebied te knijpen op $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Daarnaast dient deze constructie de basisafvoer niet te knijpen; wanneer er afvoer is zal deze richting het bergingsgebied afgevoerd dienen te worden. De instroomopening van de constructie zal dus op de bodemhoogte van de slenk moeten liggen (30,9 m +NAP). Omdat de instroomhoogte van het gat op de bodemhoogte ligt is het belangrijk dat de constructie zo vormgegeven wordt dat verstopping van het gat voorkomen wordt (denk aan bijvoorbeeld een rooster of bekleding van het beekloopje).
 - b. Een stuwachtige constructie voor de overloop richting de duiker moet waarborgen dat wanneer de afvoer door de slenk groter wordt dan $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ (en er dus water blijft staan bij knijpconstructie) dit overschot afgevoerd wordt naar de duiker. Ook hier geldt, de basisafvoer moet zoveel mogelijk richting het bergingsgebied afstromen.
 - c. De overloop van de slenk naar de duiker (achter de stuw/damwand uit punt 1b) een bovenbreedte van ongeveer 2,8 m, een bodembreedte van 0,75 m en een talud van 1:1.5. Om afspoeling te voorkomen dient de volledige overloop bekleed te worden met stortsteen. De bodemhoogte ter plaatse van de duiker is 29,8 +NAP (afgeleid van tekening 140715-kabelsleidingen-Defensie_Deel_FBJ.dwg), de bodemhoogte van de slenk ter plaatse van de instroom naar de duiker is 30,9 m +NAP. Dit betekent dat het verval van de bodemhoogte van slenk naar de instroomopening van de duiker ongeveer 1,1 m bedraagt (zie voor schematische weergave ook Figuur 28).

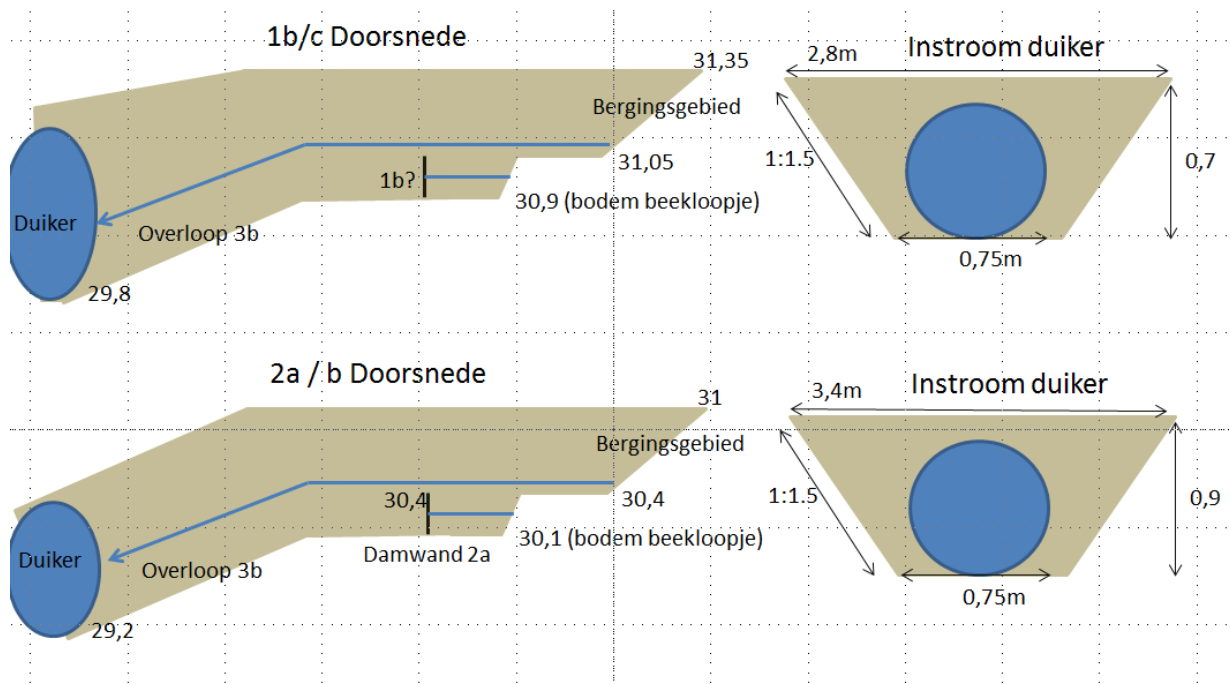
4. Middelste duiker (duiker 2):
 - a. Ter plaatse van de overgang van de slenk naar de overloop richting de duiker wordt een stuw/damwand geplaatst met een bovenbreedte ongeveer van 1,7 m en een kruinhoogte van 30,4 + NAP (= bodemhoogte bergingsgebied). Deze damwand draagt zorg dat er pas water de duiker instroomt op het moment dat het waterpeil hoger komt te staan dan het beekloopje en het bergingsgebied volloopt (zie voor schematische weergave ook Figuur 28).
 - b. De overloop van de slenk naar de duiker (achter de stuw/damwand uit punt 2a) een bovenbreedte van ongeveer 3,4 m, een bodembreedte van 0,75 m en een talud van 1:1.5. Om afspoeling te voorkomen dient de volledige overloop bekleed te worden met stortsteen. De bodemhoogte ter plaatse van de duiker is 29,2 m + NAP (afgeleid van tekening 140715-kabelleidingen-Defensie_Deel_FBJ.dwg), de bodemhoogte van het beekloopje in de slenk ter plaatse van de stuw is 30,1 m + NAP (zie voor schematische weergave ook Figuur 28).
 5. Benedenstroomse duiker (duiker 3):
 - a. Ter plaatse van de overgang van de slenk naar de overloop richting de duiker wordt een stuw/damwand geplaatst met een breedte van 1,4 m en een kruinhoogte van 30,0 m + NAP, deze damwand draagt zorg dat er pas water de duiker instroomt op het moment dat het waterpeil hoger komt te staan dan het beekloopje en het bergingsgebied volloopt (zie voor schematische weergave ook Figuur 31).
 - b. De overloop van de slenk naar de duiker heeft achter de stuw/damwand uit punt 3a een bovenbreedte van ongeveer 3,1 m, een bodembreedte van 0,75 m en een talud van 1:1.5. Om afspoeling te voorkomen dient de volledige overloop bekleed te worden met stortsteen. De bodemhoogte ter plaatse van de duiker is 28,7 m + NAP (afgeleid van tekening 140715-kabelleidingen-Defensie_Deel_FBJ.dwg), de bodemhoogte van het beekloopje in de slenk ter plaatse van de stuw is 29,8 m + NAP (zie voor schematische weergave ook Figuur 31).
 6. Knijpconstructie naar de Blankenbellingsbeek. De knijpconstructie is zo gedimensioneerd dat maximaal 0,1 m³/s richting de Blankenbellingsbeek kan afstromen. In de modellering is de knijpconstructie gedimensioneerd als een gat met een diameter van 23 cm, dit betekent dat het totale doorstroomoppervlak van de constructie ongeveer 415 cm² is. Dit betekent dat wanneer de constructie een gat omvat van maximaal deze omvang de afstroming naar de Blankenbellingsbeek ten alle tijden maximaal 0,1 m³/s bedragen. De instroomhoogte van het gat ligt op de bodem van het beekloopje (29,8 m + NAP) zodat er altijd afvoer mogelijk is. De constructie dient zo vormgegeven te worden dat bij afvoeren kleiner dan 0,1 m³/s al het water naar de Blankenbellingsbeek stroomt. Omdat de instroomhoogte van het gat op de bodemhoogte ligt is het belangrijk dat de constructie zo vormgegeven wordt dat verstopping van het gat voorkomen wordt (denk aan bijvoorbeeld een rooster en of bekleding van het beekloop). De damwand waarin het gat is aangebracht dient een hoogte te hebben ongeveer gelijk aan maaiveld / de bovenkant van het bergingsgebied. Het is niet de bedoeling dat bij hogere afvoeren extra water afgevoerd wordt naar Blankenbellingsbeek, het overtollige water dient volledig afgevoerd te worden door de duikers onder de landingsbaan (zie voor schematische weergave ook Figuur 31).
- Voor alle constructies geldt dat dimensies zijn bepaald op basis van een oppervlaktewater modellering waarbij de afvoer grotendeels is bepaald op basis van uitgangspunten; er is geen kalibratie op metingen uitgevoerd. Daarnaast worden er mogelijk nog wijzigingen doorgevoerd in de verdeling van de afvoer (de geplande afvoer richting de Blankenbellingsbeek wordt in eerste instantie misschien nog niet gerealiseerd). Het heeft daarom de voorkeur de constructies zo flexibel mogelijk uit te voeren zodat latere sturing en kleine aanpassingen nog mogelijk blijken. Een voorbeeld hiervan is het bestaande kunstwerk in retentie Roderveld (tussen Oldenzaal en Denekamp), in dit geval is het gat in de knijpconstructie vervangbaar (zie Figuur 30).

Toelichting profielen van de slenken en berging

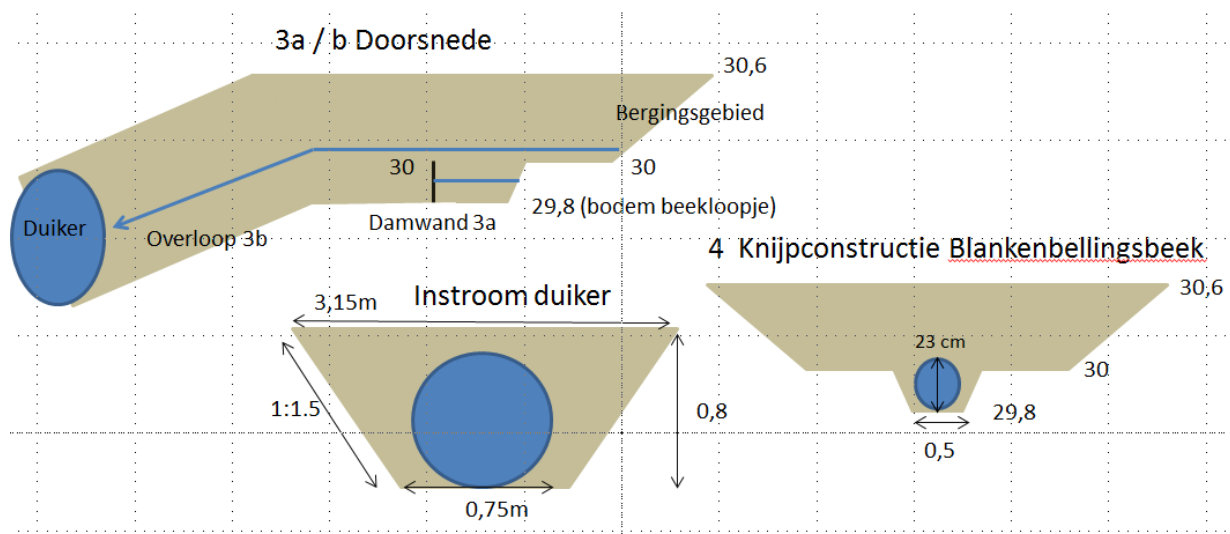
De profielen in het oppervlaktewatermodel zijn gebaseerd op de aangeleverde principeprofielen. Echter tijdens de modelberekeningen zijn enkele optimalisaties doorgevoerd zodat de profielen optimaal aansluiten bij de bestaande duikers en watergangen en de berging zo optimaal mogelijk gebruikt wordt om zowel de stedelijke als afvoer van onverhard gebied te kunnen bergen. In Figuur 31 zijn de principes zoals gehanteerd in het model opgenomen.



Figuur 27. Maatregelen EHS-terrein luchthaven



Figuur 28. Schematische weergaven constructies onder punt 1 en 2

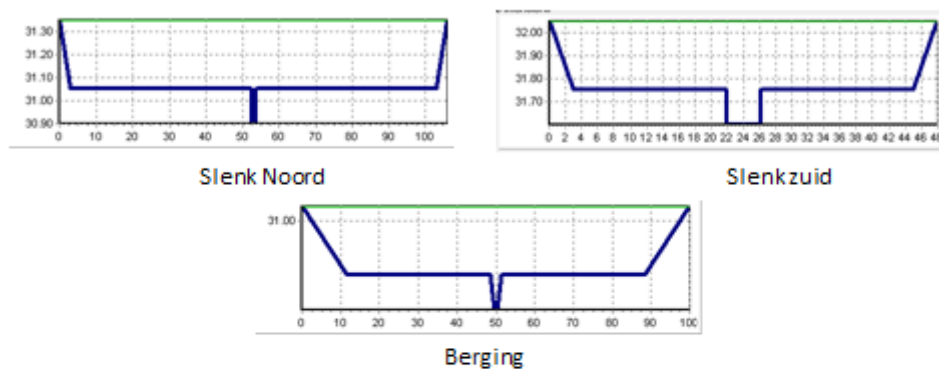


Figuur 29. Schematische weergaven constructies onder punt 3 en 4



Figuur 30. Voorbeeld vervangbare knijpconstructie ter plaatse van retentie Roderveld

Profielen EHS



Locatie	Breedte (m)	Diepte (m)	Talud	Breedte beekloopje (m)	Diepte beekloopje (m)
Slenknoord	106	0.3	1:10	1.4	0.2
Slenkzuid	48	0.45	1:7	4	0.15
Berging	20 -160	0.5 – 0.9	1:5 – 1:16	1	0.2 -0.35

Figuur 31. Principeprofielen slenken en berging

Colofon

AANSLUITING EHS OP BLANKENBELLINGSBEEK EN HESBEEK EN UITWERKING HYDROLOGISCHE PAS MAATREGELEN LONNEKERMEER

OPDRACHTGEVER:

Provincie Overijssel

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

Linda van der Toorn

GECONTROLEERD DOOR:

Wiecher Bakx

VRIJGEGEVEN DOOR:

Bart Oude Groote Beverborg

9 maart 2015
078300325:0.9

ARCADIS NEDERLAND BV
Het Rietveld 59a
Postbus 673
7300 AR Apeldoorn
Tel 055 5815 999
Fax 055 5815 599
www.arcadis.nl
Handelsregister 09036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de
wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets
uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door
middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.