

RAPPORT

(Eco)hydrologisch onderzoek Voedselbos Schijndel

Klant: Groen Ontwikkelfonds Brabant BV

Referentie: BH8352-RHD-XX-ZZ-RP-PM-0001

Status: S0/P01.01

Datum: 18 juni 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52

6534 AB Nijmegen

Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**

+31 24 323 93 46 **F**

reception.nij-jo@nl.rhdhv.com **E**

royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: (Eco)hydrologisch onderzoek Voedselbos Schijndel

Ondertitel: Voedselbos Schijndel

Referentie: BH8352-RHD-XX-ZZ-RP-PM-0001

Status: P01.01/S0

Datum: 18 juni 2021

Projectnaam: (Eco)hydrologisch onderzoek Voedselbos Schijndel

Projectnummer: BH8352

Auteur(s): Andries Krikken, Boy Possen

Gecontroleerd door: Floris Verhagen

Datum: 18 juni 2021

Goedgekeurd door: Andries Krikken

Datum: 22 juni 2021

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

Deel I Onderzoeksvragen die samenhangen met de vergunningaanvraag	1
1 Inleiding	2
1.1 Achtergrond	2
1.2 Leeswijzer	3
2 Voedselbos Schijndel	4
2.1 Beknopte achtergrond van het voedselbos	4
2.2 Beoogde toekomstige situatie	4
3 Hydrologische effecten aanleg voedselbos Hardekamp	8
3.1 Hydrologisch relevante ingrepen	8
3.2 Beschrijving huidige hydrologische situatie	8
3.3 Beschrijving hydrologische effecten en voorstel voor mitigatie	12
3.4 Synthese mogelijke hydrologische effecten	13
4 Beschrijving ecologische effecten	15
5 Beantwoording van de onderzoeksvragen	17
5.1 Beantwoording onderzoeksvragen	17
5.2 Beschouwing en aanbevelingen	17
Referenties	20

Deel II Onderzoeksvragen die samenhangen met de effecten van de aanplant van voedselbossen op landbouwgrond 21

1 Inleiding 22

2 Beantwoording van de onderzoeksvragen 23

2.1 Effecten op watersysteem van aanplanten van een voedselbos op landbouwgrond 24

2.1.1 Wat zijn de effecten op het watervasthoudend vermogen in de bodem? 24

2.1.2 Wat zijn de effecten op verdamping? 26

2.1.3 Wat zijn de effecten voor waterkwaliteit? 31

2.1.4 Is de aanleg van voedselbossen een (nieuwe) manier om verdroging tegen te gaan, water vast te houden en water bergen? 32

2.2 Algemene beschouwing effecten op watersysteem en (kwetsbare) natuur bij aanplant van een voedselbos 32

Referenties 34

Bijlagen

Gemeten en berekende GxG Wijboschbroek

Verklarende woordenlijst

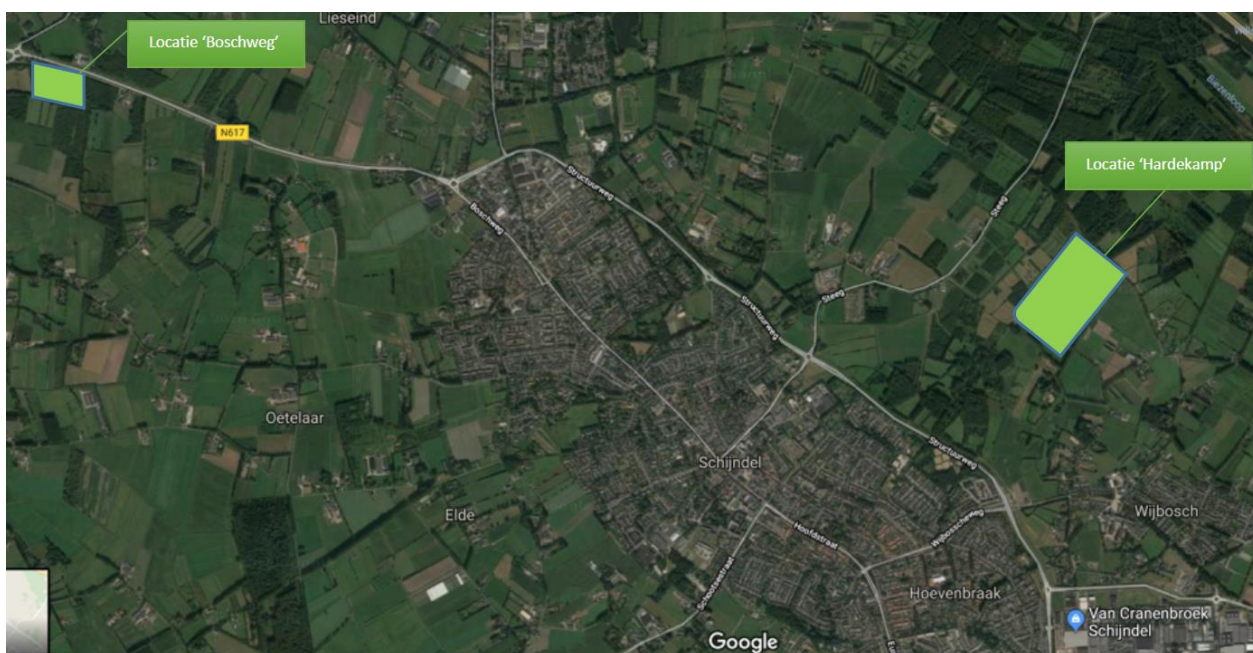
Deel I

Onderzoeksvragen die samenhangen met de vergunningaanvraag

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Stichting Voedselbosbouw Nederland, het Groen Ontwikkelfonds Brabant (GOB) en de HAS Hogeschool hebben een samenwerkingsovereenkomst getekend voor de aanleg en exploitatie van een voedselbos van ruim 20 hectare verdeeld over twee locaties. Dit zijn locatie Boschweg en locatie Hardekamp. Dit onderzoek heeft betrekking op locatie Hardekamp (Figuur 1-1).



Figuur 1-1: Locatie Voedselbos Hardekamp.

In het eerste kwartaal van 2019 is begonnen met de eerste aanplant van het voedselbos op basis van een gedetailleerd ontwerp. Er moet nog veel werk worden verricht om het totale ontwerp te realiseren. Eén van die werkzaamheden is het grondwerk dat bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Het graven van één nieuwe sloot.
2. De aanleg van natuurvriendelijke oevers langs drie bestaande watergangen.
3. Het graven van één poel.
4. Aanleg van zogenoemde 'rabatten' op één perceel.

Eén van de doelen van het ontgraven is het winnen van de vrijkomende grond. Deze zal binnen het project gebruikt worden voor de ophoging van perceeldelen ter vergroting van de doorwortelbare ruimte voor bepaalde boomsoorten. Voor het grondwerk (en ook voor het oprichten van een aantal poorten, hekken en informatieborden) is op 29 juli 2020 een omgevingsvergunning aangevraagd bij gemeente Meierijstad. Ook is een watervergunning aangevraagd bij waterschap Aa en Maas.

De percelen waar het voedselbos wordt ontwikkeld liggen in een Attentiegebied EHS (grenzen aan Natuurnetwerk Brabant en Natte Natuurparel Wijboschbroek) en daarom is het in deze gebieden niet zonder meer toegestaan te zorgen voor meer verdamping of ontwatering. De reactie van waterschap Aa en Maas op de vergunningaanvraag was dat de graafwerkzaamheden mogelijk effect hebben op de grondwaterstanden. Met verwijzing naar beleidsregel 6 van de Keur van het waterschap merkt waterschap Aa en Maas op dat 'de aanleg van een nieuw oppervlaktewaterlichaam of het vergroten van een bestaand

oppervlaktewaterlichaam binnen de beschermde gebieden en de beekdalen, alleen [is] toegestaan indien deze cumulatief per saldo tot een kwantitatieve en kwalitatieve versterking van Natuurnetwerk Brabant (NNB) en/of Natura 2000 leidt'.

Dit moet als volgt worden uitgelegd (citaat):

- Stap 1: weinig tot geen effect op grondwaterstand: Er moet hydrologisch worden getoetst in hoeverre het grondwerk een verdrogend effect heeft op de grondwaterstand. Als het effect minimaal (c.q. te verwaarlozen) is of als er geen effect is, dan wordt aan deze eis voldaan. Zou u (wij als vergunningaanvrager) het hydrologische effect van het graven van de sloot en de aanleg van NVO op de grondwaterstanden inzichtelijk willen maken?
- Stap 2: ecologische verbetering situatie: Vervolgens zal een ecooloog moeten aangeven of de aanleg van die watergang een versterking c.q. positief effect heeft op de natuurwaarden. Als dat het geval is, dan is ook aan deze eis voldaan. Zou u (wij als vergunningaanvrager) het ecologische effect van het graven van de sloot en de aanleg van NVO op de het beschermd gebied inzichtelijk willen maken?

Deze vragen leiden tot de volgende twee onderzoeksvragen, die de kern van deze rapportage vormen:

- Wat zijn de te verwachten hydrologische effecten van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp?
- Wat zijn de te verwachten ecologische effecten van de te graven sloot en de natuurvriendelijke oevers die onderdeel zijn van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp?

1.2 Leeswijzer

De rapportage start met een korte beschrijving van de plannen voor voedselbos Hardekamp. Beide onderzoeksvragen komen in deze rapportage in aparte hoofdstukken aan bod. Hoofdstuk drie gaat in op de te verwachten hydrologische effecten, hoofdstuk vier op de te verwachten ecologische effecten. De rapportage sluit af met een concluderend vijfde hoofdstuk, waarin ook de aanbevelingen zijn samengevat.

2 Voedselbos Schijndel

2.1 Beknopte achtergrond van het voedselbos

In het projectplan Voedselbos Schijndel (Buiter en van Eck 2018) zijn de doelstelling van het project en de beoogde toekomstige situatie beschreven. De ontwikkeling en exploitatie van Voedselbos Schijndel heeft tot doel te bewijzen dat een bedrijfsmatige ontwikkeling en exploitatie van een grootschalig voedselbos een economisch verdienmodel kan opleveren voor de exploitant, terwijl het tegelijkertijd bijdraagt aan een vitale natuur met een grote biodiversiteit.

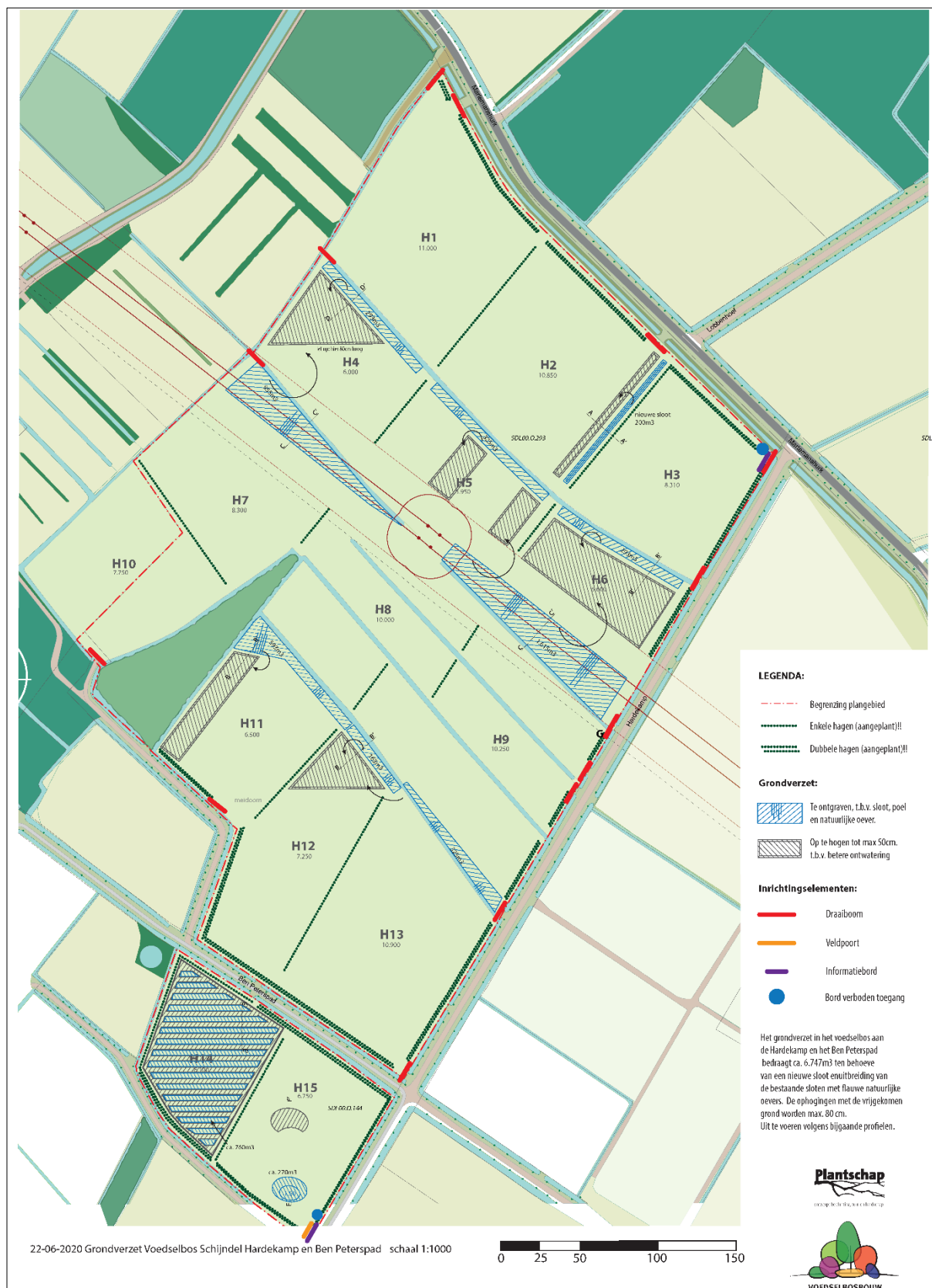
Om de duurzame mogelijkheden en meerwaarde van een voedselbos optimaal te kunnen benutten, zullen de percelen in Schijndel worden aangelegd en beheerd in overeenstemming met de definitie uit de Green Deal Voedselbossen die op 23 november 2017 in Lelystad is ondertekend door een groot aantal partijen. De betrokken partijen willen het areaal voedselbossen in Nederland helpen vergroten onder meer door aanpak van knelpunten in beleid, wet- en regelgeving, bundeling van onderzoek, formulering van een onderzoeksagenda en opbouw van een professionele kennisstructuur. Het GOB en provincie Noord-Brabant zijn in de tweede helft van 2018 toegetreden tot deze Green Deal Voedselbossen.

2.2 Beoogde toekomstige situatie

Ook de toekomstige inrichting is gedetailleerd beschreven in het projectplan Voedselbos Schijndel (Buiter en van Eck 2018). Het voedselbos zal bestaan uit een polycultuur van voornamelijk houtige, eetbare soorten. Zowel bij het ontwerp als bij de aanleg en het beheer zullen de ecologische principes van een natuurlijk bos worden toegepast. Dit alleen al zal leiden tot een forse toename van biodiversiteit op beide locaties, die nu bestaan uit vlaktes met vooral regulier agrarisch beheerd Engels raaigras (*Lolium perenne*). In aansluiting op de bestaande landschappelijke structuren worden enkele greppels verbreed en tevens enkele nieuwe greppels aangelegd om zo de variatie van biotopen (gradiënten) te vergroten. Waterberging wordt op deze manier onderdeel van het functioneren van het voedselbos. De nattere plekken stimuleren soorten die aan deze biotoop gebonden zijn, zoals amfibieën en libellen, soorten die tegelijkertijd van groot belang zijn voor het plaagbeheer in het voedselbos (Buiter en van Eck 2018).

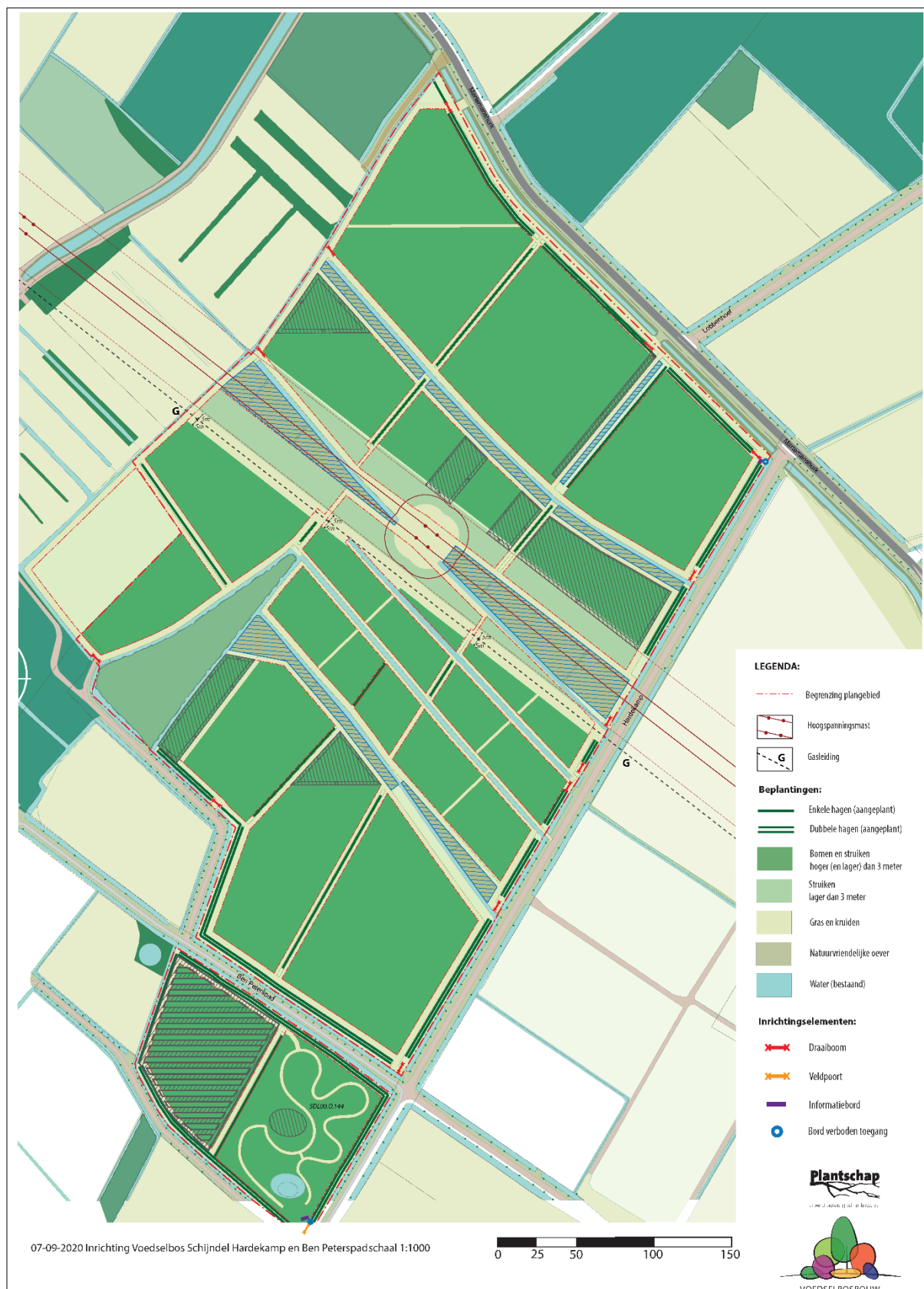
Met een gesloten grondbalans wordt het grondverzet benut om ook enkele hogere plekken te creëren. Met deze 'ruggen' van enkele decimeters wordt een licht reliëf gecreëerd dat vergelijkbaar is met het historische rabattensysteem in deze regio. Hiermee ontstaan niet alleen geschikte omstandigheden voor dieper wortelende soorten, maar ook voor diverse dieren – denk aan muizen, mieren, loopkevers, wezel, egel (*Erinaceus europaeus*) – die profiteren van de aanwezigheid van deze relatief droge plekken. Ook padden zijn voor een succesvolle overwintering afhankelijk van droog strooisel; in het voorjaar zoeken ze dan weer een vochtige poel of sloot op. De combinatie van diverse biotopen garandeert dus een goede leefomstandigheden voor een groot aantal soorten (Buiter en van Eck 2018).

In Figuur 2-1 is een overzicht van het geplande grondwerk gegeven. De bijbehorende dwarsprofielen voor locatie Hardekamp zijn opgenomen in Figuur 2-2 en de profielen behorende bij de rabatten bij het Ben Peterspad in Figuur 2-3. In Figuur 2-4 is de beoogde toekomstige situatie op kaart weergegeven.



Figuur 2-1: Beoogd grondverzet Voedselbos Schijndel, locatie Hardekamp en Ben Peterspad (22-06-2020).





Figuur 2-4: Geplande inrichting Voedselbos Schijndel, locatie Hardekamp en Ben Peterspad (07-09-2020).

3 Hydrologische effecten aanleg voedselbos Hardekamp

3.1 Hydrologisch relevante ingrepen

Uit het projectplan volgt dat met name het grondwerk een mogelijke relatie heeft met hydrologie. Uit het overzicht van gepland grondwerk blijkt dat de volgende vergravingen voorzien zijn:

1. Het graven van één nieuwe sloot (aan de noordoostzijde van het plangebied).
2. De aanleg van natuurvriendelijke oevers langs drie bestaande watergangen.
3. Het graven van één poel.
4. Aanleg van zogenoemde 'rabatten' op één perceel.

Deze vergravingen kunnen ten opzichte van de referentiesituatie (mais- graslandperceel met agrarische ontwatering) mogelijk hydrologische effecten met zich meebrengen. Dit is sterk afhankelijk van de uitvoering en de aansluiting van de ingrepen op het bestaande watersysteem. Onderstaand is een korte beschrijving gegeven van hydrologische relevantie van de ingrepen. In paragraaf 3.2 is een beschrijving gegeven van de te verwachten hydrologische effecten, inclusief -waar nodig- een beschrijving hoe deze effecten gemitigeerd kunnen worden.

De nieuw te graven sloot zal niet worden aangesloten op het bestaande watersysteem en zal daardoor geen afvoerende werking hebben. De sloot zal fungeren als zogenaamde "zaksloot". De aanleg van natuurvriendelijke oevers langs de bestaande watergangen kan mogelijk van invloed zijn op de hydrologische werking van het gebied en de directe omgeving. De bestaande watergangen hebben immers een drainerende werking en door de vergraving kan het nat oppervlak van de sloot toenemen waardoor onder natte omstandigheden de gebiedseigen afvoer kan toenemen. Daarnaast kan in warme perioden de verdamping wat toenemen doordat het open wateroppervlak toeneemt. Ook door het graven van een poel kan in warme perioden de verdamping wat toenemen doordat het open wateroppervlak toeneemt. De mate waarin dit optreedt is afhankelijk van de grootte en diepte van de poel. De aanleg van rabatten kan mogelijk ook van invloed zijn op de hydrologische werking van het gebied. Dit is afhankelijk van de diepte van de te graven greppels en de aansluiting op het bestaande watersysteem.

3.2 Beschrijving huidige hydrologische situatie

Oppervlaktewater

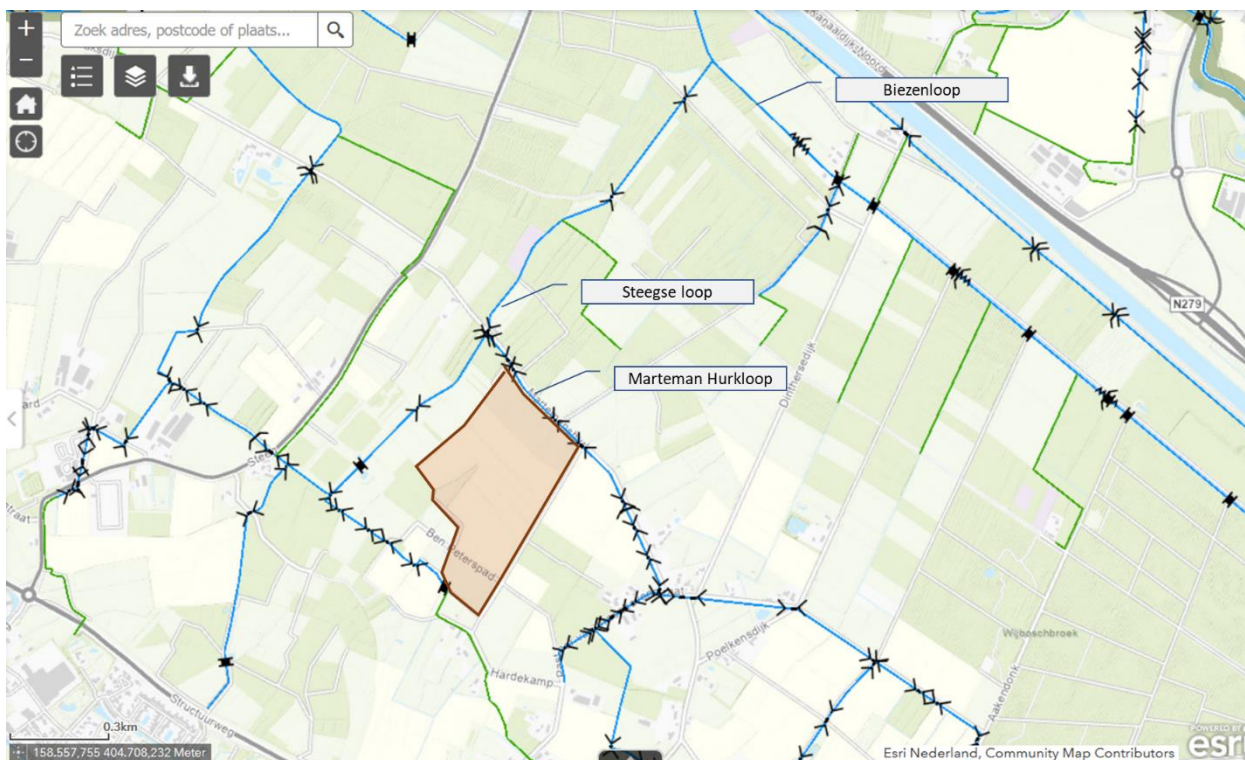
De oppervlaktewaterhuishouding rond het gebied wordt gekenmerkt door een aantal grotere waterlopen zoals de Biezenloop, Steegse Loop en Martemans Hurkloop. Daarnaast zijn veel sloten en greppels aanwezig in Natte Natuurparel Wijboschbroek (Figuur 3-1).

De Biezenloop stroomt grotendeels door het laagste deel van het Wijboschbroek. Ter hoogte van Heeswijk-Dinther passeert de Biezenloop de Zuid-Willemsvaart met behulp van een sifon en mondt even verderop uit in de Aa. In de Biezenloop kan vanuit de Zuid-Willemsvaart (nabij Helmond) en vanuit de Beekse waterloop (beheersgebied Waterschap De Dommel) bij droogte water ingelaten worden. De Biezenloop ontvangt water van een aantal zijbeekjes.

De Martemans Hurkloop bevindt zich op het hogere deel van de beekdalflank van de Aa. De waterloop loopt grofweg parallel aan het beekdal. Deels vormt de waterloop de grens van de natte natuurparel. De Steegse Loop is een waterloop die loodrecht op het beekdal ligt. Ze vormt een verbinding tussen de Martemans Hurkloop en Biezenloop. De verschillende slootjes in het plangebied zelf (Figuur 3-1) wateren af op de Martemans Hurkloop en de Steegse loop.

Bovenstrooms het plangebied zit een stuw (nabij Schaapskooi) in de Martemanshurkloop, deze heeft een doorstroomhoogte tussen 7,64m+NAP (hoog) en 6,40m+NAP (laag).

De bodem van de Martemanshurkloop, ten noorden van het plangebied loopt af van NAP +6,30m (nabij stuw schaapskooi) tot NAP+5,90m bij de aansluiting op de Steegse Loop. De stuw in de Steegse Loop, nabij de Martemanshurk, heeft een hoogste doorstroombuogte van NAP+ 6,95m.



Figuur 3-1: Overzicht oppervlaktewater op basis van de legger (Waterschap Aa en Maas, <https://www.aenmaas.nl/onswerk/regels/legger/>, 2021).

Een gedetailleerde beschrijving van de hydrologie in en rond Wijboschbroek is gegeven in de studie “Herstel natte natuurgebied Wijboschbroek – inrichtingsvisie” (Jansen et al., 2008). Deze beschrijving is gebruikt om onderstaand een korte toelichting te geven op de werking van het grond- en oppervlaktewatersysteem in en rond het natuurgebied, aangevuld met modelberekeningen.

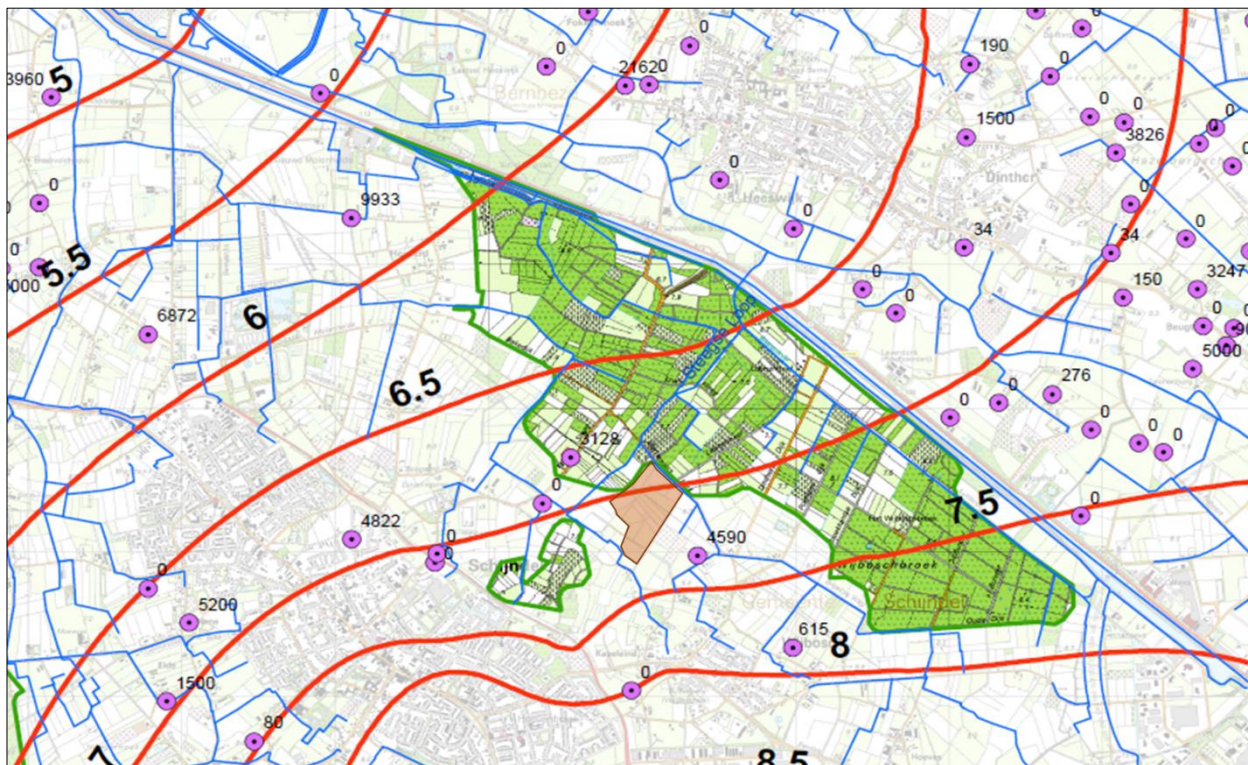
Waterafvoer

In de natte periode is de afvoerrichting die via de hoofdwaterlopen plaatsvindt, in noordelijke richting naar de Aa. De maatgevende afvoer in een natte periode wordt geheel bepaald door afvoer van water uit het gebied zelf. Vanuit bovenstrooms gelegen gebied wordt dan geen water via de Martemans Hurkloop afgevoerd. In droge periodes wordt vanuit de Zuid-Willemsvaart water ingelaten in de Martemans Hurkloop. Het inlaatwater stroomt vanaf de Martemans Hurkloop naar het zuidwesten. Via een afsluiter gaat het water weer naar het noorden, waar het de gebieden van Molenheide, Lieseind en Dungsche Loop voedt. In heel droge periodes kan het water niet worden aangevoerd.

Grondwaterstroming en stijghoogte (GxG)

Wijboschbroek heeft veel potentie als natuurgebied door de aanwezigheid van basenrijke kwel door aanwezigheid van ondiepe leemlagen. Het toestromende grondwater wordt verrijkt met basen door contact met de leemlagen. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen diepe kwel, oppervlakkige kwel en kanaalkwel. Voor het Wijboschbroek is de stroming van het diepe grondwater relevant, met name beïnvloed door de regionale hydrologie. Deze grondwaterstroming vindt plaats in het eerste watervoerend

pakket en de grondwaterstromingsrichting is in noordwestelijke richting. Ter plaatse van het plangebied is de stijghoogte gemiddeld rond 7 m + NAP (Figuur 3-2).



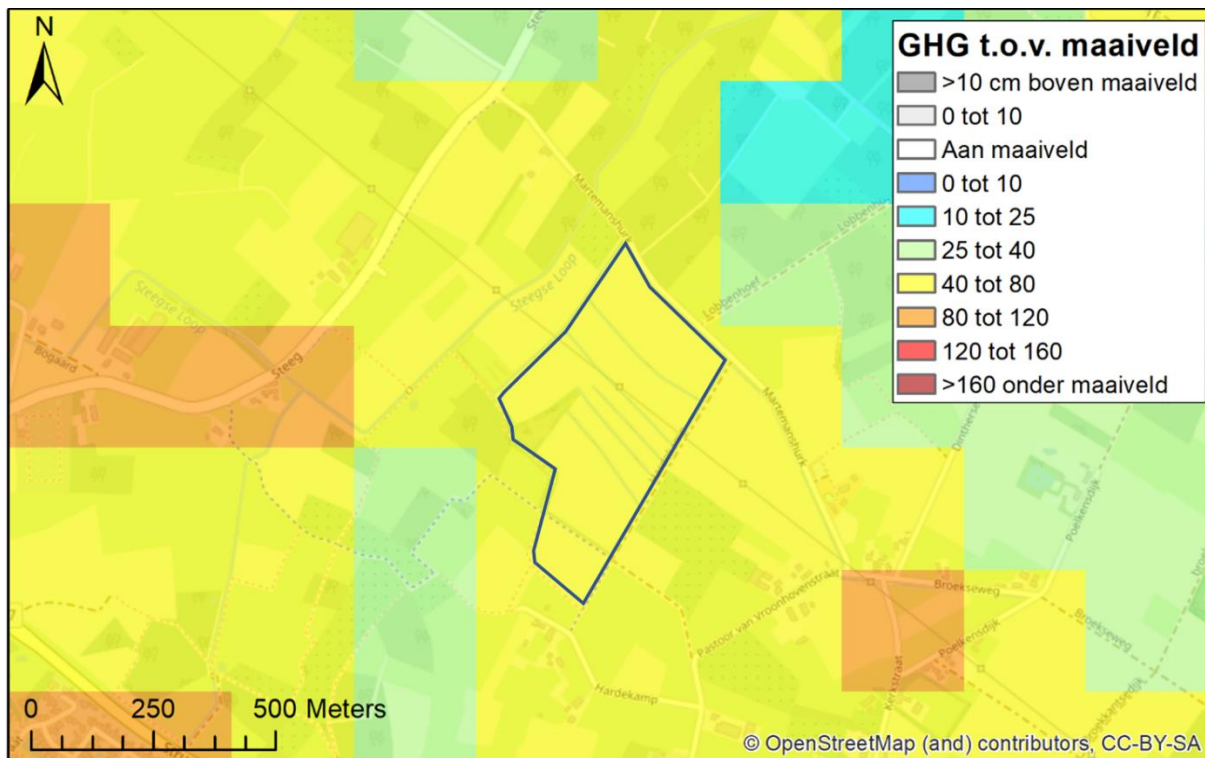
Figuur 3-2: Isohypsenebeeld stijghoogte WVP1 (Jansen et al., 2008).

Om een beeld te krijgen van de hoogte en fluctuatie van de grondwaterstanden in het plangebied is bekeken of peilbuisgegevens beschikbaar zijn. Uit Dinoloket blijkt dat ter plaatse van het plangebied geen peilbuizen beschikbaar zijn. Wel zijn in en rondom Wijboschbroek verschillende peilbuizen aanwezig. Een overzicht hiervan is opgenomen in bijlage 1 (figuur B1). Peilbuis 35, gelegen aan de zuidzijde van het plangebied heeft een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van 40 cm min maaiveld, een gemiddelde voorjaar grondwaterstand (GVG) van 89 cm min maaiveld en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van 159 cm min maaiveld.

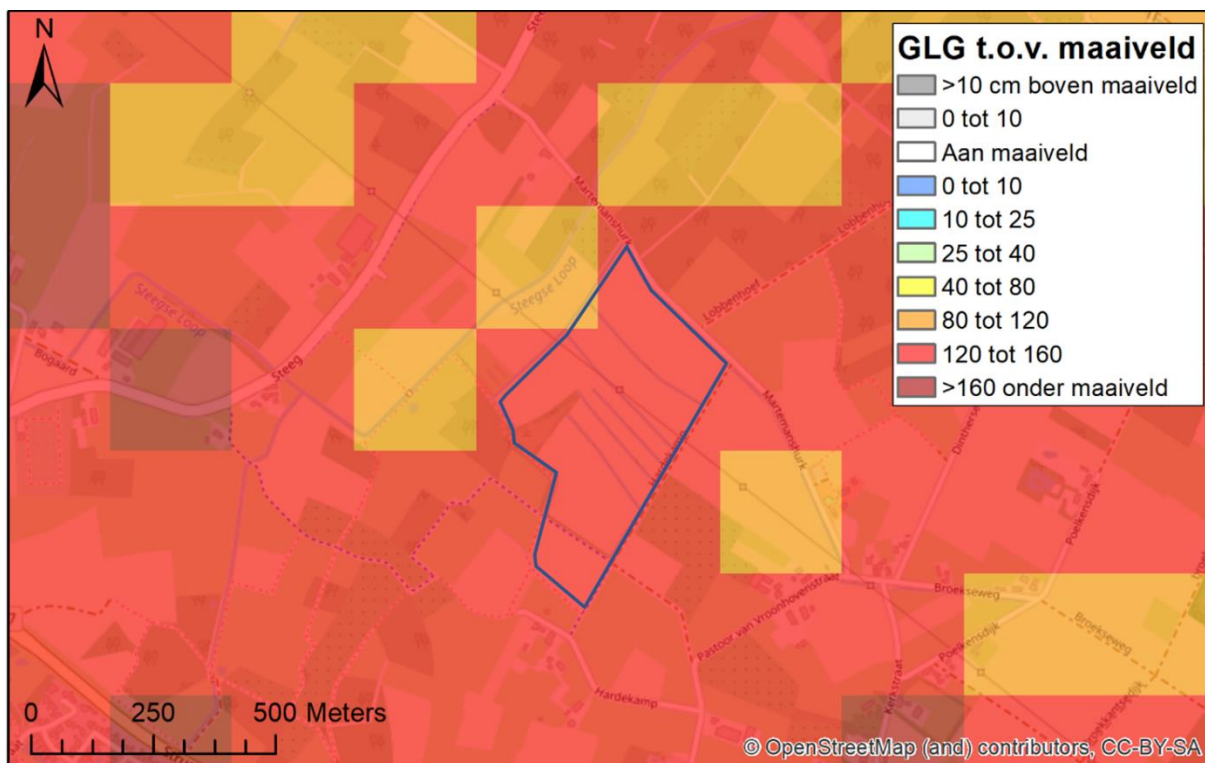
Tevens zijn de GLG en GVG met een grondwatermodel ruimtelijk bepaald. Hieruit blijkt dat de GLG ter plaatse van voedselbos Hardekamp varieert tussen 150 en 180 cm min maaiveld. De GVG varieert tussen de 50 en 80 cm min maaiveld.

Tevens zijn de GLG en GHG afgeleid uit een recente versie van het Brabant model, het HGK model (Royal HaskoningDHV, 2019). In figuren 3-3 en 3-4 zijn de berekende GLG en GHG weergegeven. Hieruit blijkt dat de GHG gemiddeld 40 tot 80 cm beneden maaiveld is en dat de GLG wegzakt tot een niveau van 120 tot 160 cm min maaiveld.

De verschillende bronnen komen voor de GHG en GLG goed overeen. Op basis van voorgaande beschikbare inzichten gaan we voor het plangebied uit van een GHG van gemiddeld 40 tot 80 cm beneden maaiveld en een GLG op een niveau van 120 tot 160 cm beneden maaiveld.



Figuur 3-3: Berekende GHG uit het Brabant-model (Royal HaskoningDHV, 2019).



Figuur 3-4: Berekende GLG uit het Brabant-model (Royal HaskoningDHV, 2019).

3.3 Beschrijving hydrologische effecten en voorstel voor mitigatie

Zoals in paragraaf 3.1 beschreven zijn er vier ingrepen voorzien met mogelijk hydrologisch effect. De te verwachten effecten zijn per ingreep onderstaand beschreven.

1. Het graven van één nieuwe sloot (aan de noordoostzijde van het plangebied)

De nieuw te graven sloot zal niet worden aangesloten op het bestaande watersysteem en zal daardoor geen afvoerende werking hebben. De sloot zal fungeren als zogenaamde “zaksloot”. Dat betekent dat het water in de sloot alleen via het grondwater kan worden afgevoerd en geen onderdeel wordt van het (ontwaterende) oppervlaktewatersysteem. De invloed op de werking van het hydrologisch systeem is daarmee verwaarloosbaar.

In de sloot, die beoogd is een meter diep te zijn, zal het niveau van de grondwaterstand alleen invloed hebben op het moment dat de grondwaterstand ondieper is dan 100 cm min maaiveld. Dit zal, zo liet paragraaf 3.2 zien, alleen in de winterperiode zijn. In de zomerperiode bevindt het grondwater zich dieper dan een meter beneden maaiveld. Verdamping speelt met name in de zomerperiode, wanneer de lucht droog is, de temperatuur hoog is en -met wat geluk- sprake is van veel zonuren. De toename van de verdamping als gevolg van een toename van het open water oppervlak ten opzichte van de referentiesituatie is daarmee eveneens verwaarloosbaar (er staat immers geen / zeer beperkt water in de sloot in de zomer).

2. De aanleg van natuurvriendelijke oevers langs drie bestaande watergangen

Op basis van de analyse uit paragraaf 3.2 zit de GHG gemiddeld op 40 tot 80 cm beneden maaiveld en de GLG op een niveau van 120 tot 160 cm min maaiveld. Bij een ontgraving tot 100 cm voor de aanleg van de natuurvriendelijke oever betekent dit dat in de meer natte perioden (grondwaterstand ondieper dan 100 cm min maaiveld) de grondwaterstand boven de bodem van de oever uitkomt en tot afvoer kan komen via de watergang. Dit betekent dat de aanleg van de natuurvriendelijke oevers (aanlegdiepte maximaal 100 cm) een geringe toename van afvoer uit het gebied kan veroorzaken. Deze toename wordt overigens weer geremd door de toename van de ruwheid van het nat oppervlak. De toename van de verdamping als gevolg van een toename van het open water oppervlak is verwaarloosbaar (er staat immers geen / zeer beperkt water in de sloot in de zomer).

Bovenstaande betekent dat de aanleg van de natuurvriendelijke oevers langs drie bestaande watergangen (zoals nu ontworpen) beperkt van invloed kan zijn op de hydrologische werking van het gebied en de directe omgeving. De bestaande watergangen hebben als onderdeel van het oppervlaktewatersysteem immers een drainerende werking en door de vergraving neemt het nat oppervlak van de sloot toe waardoor vooral onder natte omstandigheden (met hoge grondwaterstanden) de gebiedseigen afvoer enigszins zal toenemen. De al beschreven toename van de ruwheid (begroeiing) van de oevers remt dit effect.

Om deze beide aspecten te voorkomen adviseren we de ontgraving tot maximaal 60 - 80 cm beneden maaiveld uit te voeren zodat rekening wordt gehouden met de dynamiek van de grondwaterstand (en de ontgraving tot boven de GHG blijft). Dit betekent dat alleen onder (zeer) natte omstandigheden (grondwaterstand ondieper dan 60 - 80 cm beneden maaiveld) de natuurvriendelijke oever een relatief kleine bijdrage gaat leveren in de afvoer. Het betekent ook dat de ecologische functie van de oever (nat-droog gradiënt) zo optimaal mogelijk blijft.

3. Het graven van één poel

Door het graven van een poel kan, ten opzichte van de referentiesituatie, in warme perioden de verdamping wat toenemen doordat het oppervlak open water toeneemt.

De gemiddelde aanvulling van het grondwater op jaarbasis onder een maisperceel of graslandperceel is 300 mm/jaar. De gemiddelde aanvulling van het grondwater bij open water is 150 mm/jaar (Bot 2011) omdat bij open water de verdamping groter is.

Uitgaande van een straal van 15 m heeft de poel een oppervlakte van 700 m². Dit betekent een afname van de grondwateraanvulling van 105 m³/jaar. Het oppervlak van locatie Hardekamp is in totaal 16 hectare. Gemiddeld is de grondwateraanvulling voor dit perceel uitgaande van grasland/mais 300 mm/jaar. Dit betekent een grondwateraanvulling van 48.000 m³/jaar. De afname van 105 m³/jaar is ten opzichte van het totale perceel verwaarloosbaar (0,002%).

Een mogelijkheid is daarnaast om de poel wat minder diep te graven (max 100 cm) zodat de poel in de zomer droogvalt. Dat is ook gunstig voor het ecologisch functioneren van de poel, omdat zo wordt voorkomen dat vissen een populatie op kunnen bouwen.

4. Aanleg van 'rabatten' op één perceel

Rabatten zijn langwerpige ophogingen die gelegen zijn tussen greppels. De grond die uit de greppels afkomstig is wordt gebruikt om het rabat mee op te hogen. Rabatten werden vroeger aangelegd op zeer natte, moerasachtige bodems maar ook op wat drogere grond. De greppels staan niet in direct contact met het watersysteem en afvoerende watergangen. Omdat de te graven greppels niet dieper zijn dan 30 cm zullen de greppels (bij een GHG tussen de 40 en 80 cm min maaiveld) grotendeels droog staan. Ze zijn dan ook alleen bedoeld om het doorwortelbare volume voor sommige boomsoorten te optimaliseren, niet zoals vroeger het geval om natte percelen voor bosbouwkundig gebruik geschikt te maken. Wanneer er wel water in de greppels komt te staan kan dit na verloop van tijd langzaam infiltreren ("zakslootjes").

Gegeven dat de rabatten beschaduwd zijn (ze liggen in het bos) speelt verdamping uit oppervlaktewater hier geen rol van betekenis, gegeven ook dat dit proces in de zomer speelt wanneer de rabatten geen water kunnen hebben. De invloed van de rabatten op de werking van het hydrologisch systeem is daarmee verwaarloosbaar.

3.4 Synthese mogelijke hydrologische effecten

Op de vraag "Wat zijn de te verwachten hydrologische effecten van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp?" blijkt uit voorgaande analyse dat het graven van een sloot die gaat fungeren als "zaksloot" (niet in contact met het watersysteem), het graven van een poel en de aanleg van rabatten geen noemenswaardige hydrologische effecten veroorzaken. De aanleg van natuurvriendelijke oevers langs drie bestaande watergangen (zoals nu ontworpen) zal wel van enige invloed zijn op de hydrologische werking van het gebied en de directe omgeving. Door de vergraving neemt het nat oppervlak van de watergangen toe waardoor vooral onder natte omstandigheden (met hoge grondwaterstanden) de gebiedseigen afvoer enigszins zal toenemen. Deze toename wordt overigens weer geremd door de toename van de ruwheid van het nat oppervlak. De toename van de verdamping als gevolg van een toename van het open water oppervlak is verwaarloosbaar (er staat immers geen / zeer beperkt water in de sloot in de zomer).

Om bovenstaande te voorkomen adviseren we de ontgraving voor de natuurvriendelijke oevers tot maximaal 60 – 80 cm beneden maaiveld uit te voeren zodat rekening wordt gehouden met de dynamiek van de grondwaterstand (en de ontgraving tot boven de GHG blijft). Dit betekent dat alleen onder (zeer) natte omstandigheden (grondwaterstand ondieper dan 60 cm beneden maaiveld) de natuurvriendelijke oever een bijdrage gaat leveren in de afvoer.

Voor het graven van één poel adviseren we deze minder diep te graven tot maximaal 100 cm zodat de poel in de zomer droogvalt. Dat is ook gunstig voor het ecologisch functioneren van de poel, omdat zo wordt voorkomen dat vissen een populatie op kunnen bouwen.

Door het verwerken van de hierboven genoemde aanbevelingen zullen mogelijke kleinschalige hydrologische effecten van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp worden voorkomen en daarmee minimaal (c.q. verwaarloosbaar) zijn. Dit betekent ook dat de hydrologische effecten op Natte Natuurparel Wijboschbroek verwaarloosbaar zijn.

4 Beschrijving ecologische effecten

Over de ecologische betekenis van natuurvriendelijke oevers bestaat inmiddels brede consensus (eg. STOWA 2009). Vanwege de invloed van zowel land als water en wisselvochtige omstandigheden is de oeverzone van nature een systeem met een grote verscheidenheid aan flora en fauna. De ecologische invloed van een natuurvriendelijke oever reikt daarmee veel verder dan alleen de grens tussen land en water. Natuurvriendelijke oevers voegen een geleidelijk nat-droog gradiënt toe in het landschap, die bovendien mee kan bewegen met weersomstandigheden. Hierdoor bieden natuurvriendelijke oevers robuust leefgebied aan tal van flora en fauna. Een natuurvriendelijke oever biedt daarnaast goede migratiemogelijkheden voor planten en dieren en is als zodanig uitermate geschikt als ecologische verbindingzone. Tenslotte kan de natuurvriendelijke oever bijdragen aan een gezond, helder watersysteem. Niet voor niets zijn ze een leidend principe in de Handreiking ontwikkeling waterlopen (Buskens et al. 2012) en het voorbeeldenboek groene schakels (Provincie Noord-Brabant 2005).

De geleidelijk nat-droog gradiënt die een rijk begroeide natuurvriendelijke oever toevoegt aan het landschap is vanuit ecologisch oogpunt dan eigenlijk ook alleen op te vatten als een positief effect, ook in relatie tot voedselbos Hardekamp, waar een dergelijke gradiënt in de huidige situatie afwezig is. Het landschap wordt meer doordringbaar voor flora en fauna, omdat met behulp van wisselvochtige omstandigheden en toevoegen van structuurrijkdom voorzien wordt in kleinschalige dooradering.

Kijken we naar de doelen die gelden op grond van Natuurnetwerk Brabant, valt op dat voedselbos Hardekamp grenst aan arealen waar in dit netwerk gestreefd wordt naar Vochtige bossen (N14.01), verschillende graslanden (Vochtig hooiland (N10.02) en Kruiden- en Faunarijk grasland (N12.02)). De actueel aangrenzende beheertypes zijn Kruiden- en Faunarijk grasland (N12.02) en Haagbeuken- en essenbos (N14.03). De Index Natuur en Landschap (BIJ12 2021) laat zien dat naast vaatplanten, amfibieën (onder meer Alpenwatersalamander (*Ichthyosaura alpestris*)), ook insecten (cf. Bal 2001) belangrijke doelsoorten zijn. Structuurrijkdom is ook van groot belang. Zeker wanneer deze zoals de Alpenwatersalamander, die bekend is uit het Wijboschbroek, op de Rode Lijst staan. Los daarvan levert de aanplant van een polycultuur van loofboomsoorten, waarvan sommige droge omstandigheden prefereren en andere juist nattere omstandigheden, een “bostype” dat relatief klimaatrobuust is en dat vanwege de aanwezigheid van soorten met goed verteerbaar strooisel ook een bijdrage levert aan de bodemkwaliteit en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem.

De Alpenwatersalamander geeft de voorkeur aan klein, stilstaand water in beboste gebieden (loofbos) of kleinschalige landschappen met heggen en struwelen. De soort is bovendien opvallend vaak aanwezig in goed ontwikkelde beekbegeleidende bossen (Creemers en van Delft 2009). Kleinschaligheid en structuurrijkdom zijn in zekere zin eisen die elk amfibie (maar ook (kleine) zoogdieren als muizen, Ree (*Capreolus capreolus*), marterachtigen, vogels, insecten et cetera) aan het landschap stellen, waarbij water voor voortplanting, vochtige structuurrijke vegetatie als landhabitat en structuurrijke, drogere vegetaties als winterhabitat noodzakelijk zijn (eg. Baker et al. 2011). Een per definitie structuurrijke natuurvriendelijke oever, maar ook de rabatten en de voorziene poel passen prima in deze eisen, gezien deze zorgen voor een nat-droog gradiënt en daarmee voor een geleidelijke overgang tussen bijvoorbeeld landhabitat en winterhabitat.

Veel stromende wateren zijn minder geschikt voor amfibieën vanwege de aanwezigheid van (veel) vis. Poelen zijn daarom op regelmatige afstand in het landschap nodig om voor amfibieën te kunnen voorzien in geschikt voortplantingswater (eg. Baker et al. 2011). Uitgangspunt voor de van vochtige omstandigheden afhankelijke, weinig mobiele soorten is een Nat Kralensnoer dat is opgebouwd uit een wisselvochtige corridor met stapstenen rond een centraal verbindend element (Provincie Noord-Brabant 2005). Stapstenen zijn vaak minimaal 0,5 tot 1,5 hectare groot en bestaan uit een of meerdere poelen met

een oppervlak van minimaal 500 m² omgeven door vochtig (schraal)grasland, struweel en bos. De onderlinge afstand tussen de stapstenen is maximaal 300 tot 400 meter.

Voor voedselbos Hardekamp geldt dat dit aansluit op Natte Natuurparel Wijboschbroek. De afstand tot de Natte Natuurparel valt daarmee binnen de afstand van 300-400m meter die als vuistregel geldt als het gaat om bereikbaarheid voor minder mobiele, van (wissel)vochtige omstandigheden afhankelijke soorten. Zeker ook omdat de voorziene inrichtingsmaatregelen (natuurvriendelijke oevers, poel, rabatten) het areaal voor deze soorten geschikt leefgebied binnen het voedselbos op een robuuste manier vergroten.

Het uitbreiden van de nat-droog-gradiënten langs lijnvormige elementen in voedselbos Hardekamp maakt dan ook, net als de aanleg van een poel, dat het van meerwaarde is voor de Natte Natuurparel, ook voor kleinere of minder mobiele soorten als Alpenwatersalamander (maar ook amfibieën in algemene zin, kleine zoogdieren, marterachtigen, insecten et cetera). Alpenwatersalamander is een van de soorten die vanuit optiek van Natuurnetwerk Brabant van belang is voor de aangrenzende Natte Natuurparel. De poel en de te graven zaksloot kunnen hierbij voorzien in geschikt voortplantingswater, het bos in winter- of landhabitat, terwijl de ecologische oevers en de rabatten de bereikbaarheid en de doodringbaarheid vergroten. Vergelijken we die situatie met de situatie die actueel in het veld aanwezig is, is dit als winst te beschouwen.

5 Beantwoording van de onderzoeksvragen

5.1 Beantwoording onderzoeksvragen

Op de vraag *“Wat zijn de te verwachten hydrologische effecten van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp?”* blijkt uit voorgaande analyse dat het graven van een sloot die gaat fungeren als “zaksloot” (niet in contact met het watersysteem), het graven van een poel en de aanleg van rabatten geen noemenswaardige hydrologische effecten veroorzaken. De aanleg van natuurvriendelijke oevers langs drie bestaande watergangen (zoals nu ontworpen) zal wel van invloed zijn op de hydrologische werking van het gebied en de directe omgeving. Door de vergraving neemt het nat oppervlak van de watergangen toe waardoor vooral onder natte omstandigheden (met hoge grondwaterstanden) de gebiedseigen afvoer enigszins zal toenemen. Deze toename wordt overigens weer geremd door de toename van de ruwheid van het nat oppervlak. De toename van de verdamping als gevolg van een toename van het open water oppervlak is verwaarloosbaar (er staat immers geen / zeer beperkt water in de sloot in de zomer).

Om bovenstaande te voorkomen adviseren we de ontgraving voor de natuurvriendelijke oevers tot maximaal 60 – 80 cm beneden maaiveld uit te voeren zodat rekening wordt gehouden met de dynamiek van de grondwaterstand (en de ontgraving tot boven de GHG blijft). Dit betekent dat alleen onder (zeer) natte omstandigheden (grondwaterstand ondieper dan 60 cm beneden maaiveld) de natuurvriendelijke oever een bijdrage gaat leveren in de afvoer.

Voor het graven van één poel adviseren we deze minder diep te graven tot maximaal 100 cm zodat de poel in de zomer droogvalt. Dat is ook gunstig voor het ecologisch functioneren van de poel, omdat zo wordt voorkomen dat vissen een populatie op kunnen bouwen.

Door het verwerken van de hierboven genoemde aanbevelingen zullen mogelijke kleinschalige hydrologische effecten van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp worden voorkomen en daarmee minimaal (c.q. verwaarloosbaar) zijn. Dit betekent ook dat de hydrologische effecten op Natte Natuurparel Wijboschbroek verwaarloosbaar zijn.

Op de vraag *“Wat zijn de te verwachten ecologische effecten van de te graven sloot en de natuurvriendelijke oevers die onderdeel zijn van de voorgenomen inrichting van voedselbos Hardekamp?”* heeft hoofdstuk vier laten zien dat de natuurvriendelijke oevers, poel, sloot en rabatten ecologische winst betekenen. Deze winst is niet alleen voor voedselbos Hardekamp zelf, maar ook voor Natte Natuurparel Wijboschbroek. Zo wordt voorzien in bereikbaar voorplantingswater en voegt de nat-droog gradiënt leefgebied en bereikbaarheid toe.

5.2 Beschouwing en aanbevelingen

Beschouwing

Ten opzichte van de referentie-situatie, te weten een agrarisch ontwaterd grasland of maisperceel, kan de aanleg van een voedselbos (in combinatie met de aanleg van natuurvriendelijke oevers) zowel in waterhuishoudkundige als ecologisch opzicht beschouwd worden als een positieve stap op de weg naar een klimaatbestendig en water robuust ruimtelijke inrichting. Met de Deltafact Bomen, bos en waterbeheer (Vervaart et al., 2020) zijn de volgende aspecten beschreven (ten opzichte van landbouwbodems):

- Er is in perioden van droogte geen klassieke beregening vanuit grond- of oppervlaktewater vereist.
- In bos, voedselbos en natuurgebied wordt de bodem niet of nauwelijks bewerkt en wordt, veelal, minder biomassa afgevoerd waardoor het bodemorganische stofgehalte hoger zal zijn in vergelijking

tot akker en tuinbouwgebieden. Het bodemorganisch stofgehalte verhoogt het watervasthoudend vermogen van de bodem.

- Bosbodems hebben daarnaast meer watervasthoudend vermogen dan minerale (landbouw)bodems door de vorming van humus en de vorming van strooisellaag.
- Een overzicht van de voor- en nadelen van gecombineerde akker- en boomteelt ten opzichte van reguliere akkerbouw voor infiltratie en waterberging in wortelzone is opgenomen in onderstaande Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Voor- en nadelen van gecombineerde akker- en boomteelt ten opzichte van reguliere akkerbouw voor infiltratie en waterberging in wortelzone (Vervaart et al., 2020)

Voordelen	Nadelen
De dikke wortels leiden tot grotere macroporiën waardoor water dieper de grond in kan dringen (Shanstrom, 2014). De infiltratiecapaciteit is onder een bos vaak groter in vergelijking tot een bijvoorbeeld een begraasd grasland (Taylor et al., 2008).	Het is van belang dat de boomwortels niet verstrengeld zijn met de wortels van de landbouwgewassen. Wanneer dit het geval is zal er juist eerder droogtestress optreden bij de tussenliggende eenjarige landbouwgewassen (Espleta et al., 2004).
Het grote bladoppervlakte van bomen leidt tot interceptie en evapotranspiratie waardoor de afstroom verminderd en er minder erosie plaatsvindt (Ellison et al., 2017).	Het grondwaterpeil is randvoorwaardelijk voor het positieve effect van bomen op het watervasthoudend vermogen van de bodem. Bij een te lage grondwaterstand zal er geen opwaartse stroom van water gerealiseerd worden (Espleta et al., 2004).
De kwaliteit van het bodemorganische stof is beter en het gehalte is groter waardoor er meer water in de wortelzone beschikbaar is in bos dan op landbouwbodem (Rebisz, 2019).	Gras en eenjarige gewassen zullen minder hard groeien onder bomen omdat er minder licht beschikbaar is.

Aanbevelingen

Het waterbeheer voor het plangebied hoeft niet meer geoptimaliseerd te worden voor de reguliere agrarische functies. Wel is het van belang dat het waterbeheer is afgestemd op het gewenste grondwaterregime voor het voedselbos. De praktijk zal moeten uitwijzen welke aanpassingen in het waterbeheer hiervoor gewenst zijn om enerzijds te voldoen aan de gewenste condities voor de begroeiing in het bos en anderzijds dat het gebied zo robuust en klimaatbestendig mogelijk is. In praktische zin kan dit betekenen dat met eenvoudig stuwbeweer het waterpeil in de slootjes kan worden opgezet. Hiermee kan in nattere perioden (in het vroege voorjaar) meer water wordt vastgehouden zodat het beter bestand is tegen droge perioden later in het jaar;

- We bevelen aan om voor de afwaterende sloten op de Martemans Hurkloop LOP stuwen of knijpstuwen te plaatsen. Hiermee kan het waterafvoerend vermogen van de slootjes worden gereguleerd. Wanneer in droge perioden in korte tijd veel neerslag valt is het immers van belang dit water zo veel mogelijk vast te houden en te laten infiltreren (en niet af te voeren).

- Aanbevolen wordt om het waterniveau in de watergangen komende perioden regulier te monitoren (bijvoorbeeld handmatig en door het maken van foto's) zodat op basis hiervan eventuele aanpassingen gedaan kunnen worden.
- Van belang is ook om te realiseren dat de grondwaterstand in het plangebied (gedurende natte perioden) niet te hoog mag worden omdat ook te vochtige standplaatscondities funest kunnen zijn voor bomen (door een te natte standplaats kan een boom onvoldoende zuurstof krijgen).

Referenties

Bal, D. 2001. Handboek natuurdoeltypen. Expertisecentrum LNV, Wageningen.

Baker J, Beebee T, Buckley J, Gent T, Orchard D. Amphibian Habitat Management Handbook. Amphibian en Reptile Conservation. Bournemouth. ISBN: 978-0-9566717-1-4.

BIJ12. 2021. Index Natuur en Landschap. Beschikbaar via: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/natuurtypen/>. Laatst bezocht 4 maart 2021.

Bot AP. 2011. Grondwaterzakboekje. ISBN 9789081786904.

Buiter M, van Eck W. 2018. Projectplan Voedselbos Schijndel.

Buskens R, Barten I, Kits M, Vermulst H (eds). 2012. Handleiding ontwikkeling waterlopen. Beschikbaar via <https://library.wur.nl/WebQuery/hydrotheek/2018745>. Laatst bezocht 4 maart 2021.

Creemers R, van Delft J. 2009. De amfibieën en reptielen van Nederland. KNNV-Uitgeverij. KNNV-uitgeverij, Naturalis en EIS, Zeist.

Jansen AMW, Gijsbert MAH, Velner RGJ, Jansen J. 2008. Herstel natte natuurparel Wijboschbroek – inrichtingsvisie. Rapportnummer 9S6417/R00006/902005/BW/DenB. Royal Haskoning. 's-Hertogenbosch.

Provincie Noord-Brabant. 2005. Groene schakels. Ecologische verbindingzones. Voorbeeldenboek. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.

Royal HaskoningDHV. 2019. Update Hydrologische Gereedschapskist Noord-Brabant. Rapport BF3823WATRP1902061020WM. Royal HaskoningDHV. Amersfoort.

STOWA 2009 Handreiking natuurvriendelijk oevers. STOWA-rapport 2009-37. STOWA. Utrecht.

Vervaart, J., J. Kruit, en P. Kraaijenbrink. 2020. Deltafact Bomen, Bos en Waterbeheer. STOWA, Delft. online beschikbaar: <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/bomen-bos-en-waterbeheer>.

Deel II

Onderzoeksvragen die samenhangen met de effecten van de aanplant van voedselbossen op landbouwgrond

1 Inleiding

Deel I van deze rapportage heeft zich met name beziggehouden met de mogelijke gevolgen die het fysieke aanleggen van het voedselbos zou kunnen hebben op de bestaande hydrologische situatie. Voedselbossen, zo blijkt uit de Nationale Bossenstrategie¹ waar ze nadrukkelijk onderdeel van zijn, worden ook gezien als een belangrijke stap richting meer duurzame landbouw, waarbij tegelijkertijd koolstofdioxide (CO₂) wordt vastgelegd, de bodem wordt verbeterd, de biodiversiteit wordt verhoogd en neerslag langer wordt vastgehouden wat meer ten goede komt aan de watervoorraad. Zoveel wordt ook duidelijk uit recent (Europees) onderzoek, al is de insteek vaak (Kay et al. 2019; Lehmann et al. 2019; Schafer et al. 2019; Toensmeier et al. 2020) maar niet altijd (Torralba et al. 2016) sterk gericht op het vastleggen van CO₂. Niettemin laten (Torralba et al. 2016) zien dat voedselbossen (agroecosystems) in Europa een hogere biodiversiteit kennen en meer ecosysteemdiensten (e.g. water vasthouden) leveren in vergelijking met traditionele vormen van land- en bosbouw. Omdat dit onderzoeksveld in onder meer gematigd Europa nog in de kinderschoenen staat (veel literatuur gaat in op tropische systemen of Zuid-Europese gebieden (eg. dehesa)) gaat deel II van deze rapportage aan de hand van literatuuronderzoek in meer detail in op de effecten van de aanplant van voedselbossen op landbouwgrond op onder meer de waarde voor bodem en water. De volgende drie hoofdvragen zijn beantwoord:

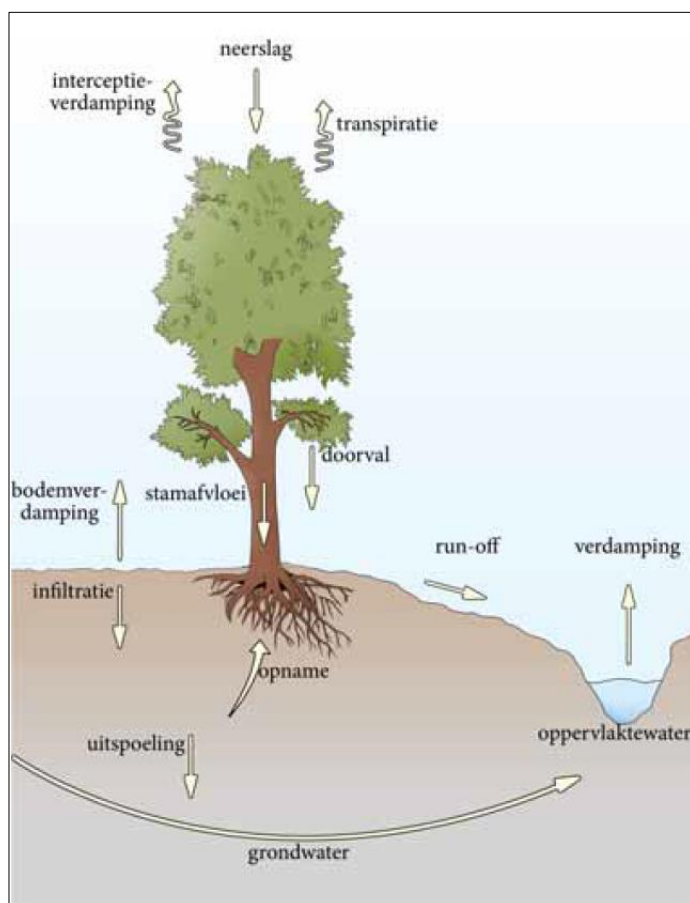
1. Met betrekking tot effecten op het watersysteem van het aanplanten van een voedselbos op landbouwgrond:
 - a. Wat zijn de effecten op het watervasthoudend vermogen in de bodem? En verschilt het effect per grondsoort?
 - b. Wat zijn de effecten op verdamping? En verschilt het effect per grondsoort?
 - c. Wat zijn de effecten voor waterkwaliteit? En verschilt dit per grondsoort?
 - d. Is de aanleg van voedselbossen een (nieuwe) manier om verdroging tegen te gaan, water vast te houden en water te bergen?
2. Kan het effect van het aanleggen van een voedselbos gekwantificeerd worden? Deze vraag is, waar mogelijk, direct meegenomen onder 1.
3. Welke kwantitatieve en kwalitatieve effecten op de waterhuishouding en (kwetsbare) natuur, zowel op locatie als in de nabije omgeving, vallen in algemene zin te verwachten van de transformatie van:
 - a. Gangbare/biologische akkerbouwpercelen (voor bijvoorbeeld tarwe, bieten en aardappelen) in een voedselbos?
 - b. Permanente gangbare/biologische graslanden in een voedselbos?

¹ Bos voor de toekomst, bijlage bij kamerbrief "Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030"; DGNVLG-SK / 20274438 d.d. 18 november 2020

2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

Voordat dieper ingegaan wordt op de onderzoeksvragen, is het goed om eerst de hier gehanteerde definitie van “voedselbos” (zie ook de verklarende woordenlijst in bijlage 2). Voor deze rapportage wordt de definitie gebruikt zoals die in 2017 is opgenomen in de Green Deal Voedselbossen, te weten:

Een voedselbos is een productief ecosysteem dat door mensen is ontworpen naar het voorbeeld van een natuurlijk bos met het doel om voedsel te produceren. Voedselbossen zijn een specifieke vorm van boslandbouw (in de internationale literatuur “agroforestry”) met als onderscheidende kenmerken: een vegetatielaag met hoge kruinbomen, minimaal drie andere vegetatielagen, een rijk bosbodemleven en een robuuste² omvang. Een voedselbos herbergt een rijkgeschakeerde, snel toenemende biodiversiteit. In een voedselbos is geen plaats voor éénjarige teelten of landbouwhuisdieren.



Figuur 2-1: Schematische waterbalans van een boscysteem. Uit den Ouden (2011). De neerslag wordt voor een deel via verdamping (transpiratie en interceptie) teruggeven aan de atmosfeer en voor een deel bereikt deze de grond, waar hij dan wel oppervlakkig afstroomt richting het oppervlaktewater, ofwel infiltreert richting het grondwater.

Verder is het omwille van de leesbaarheid van navolgende paragrafen, die met name gaan over hydrologie van (voedsel)bossen goed om een vereenvoudigd beeld te schetsen van de waterbalans van een bos (Figuur 2-1). De belangrijkste termen zijn opgenomen in bijlage 2.

Belangrijkste bronnen van water zijn neerslag en grondwater, waarbij een deel van het regenwater infiltreert en onderdeel wordt van het grondwater. Niet al het neerslagwater bereikt het grondwater: een deel verdamt vanaf het bladerdek (interceptieverdamping), maar ook vanuit de bodem verdamt een deel (bodemverdamping). Eenmaal op de bodem, stroomt een deel van de neerslag af richting het oppervlaktewater (run-off).

Wat overblijft, infiltreert. Het geïnfiltreerde water wordt door bomen (en andere planten) verdamt via transpiratie, een proces dat onlosmakelijk verbonden is met fotosynthese (de manier waarop planten en bomen aan hun energie komen uit water, zonlicht en koolstofdioxide).

Verschillende delen van de in figuur 2-1 schematisch weergegeven waterbalans komen in onderstaande onderzoeksvragen in meer detail aan de orde.

² Een “robuuste” omvang is nodig om te komen tot een vitaal, zelfvoorzienend boscysteem en staat gelijk aan minimaal een halve hectare in een ecologisch rijke omgeving en minimaal twintig hectare in een ernstig verarmde omgeving.

2.1 Effecten op watersysteem van aanplanten van een voedselbos op landbouwgrond

Deze onderzoeksvraag bestaat uit vier deelvragen, die hieronder afzonderlijk aan bod komen.

2.1.1 Wat zijn de effecten op het watervasthoudend vermogen in de bodem?

Landgebruik heeft grote invloed op de infiltratiecapaciteit van de bodem; het bepaalt de hoeveelheid neerslag die infiltreert en de hoeveelheid die aan de oppervlakte blijft en oppervlakkig afstroomt. Anders gezegd: landgebruik bepaalt niet alleen het watervasthoudend vermogen van de bodem (eg. infiltratie, organisch stofgehalte), maar is ook een bepalende factor in de lokale hydrologie (eg. directe afstroming), zeker in beekdalen (van Deursen et al. 2013).

De infiltratiecapaciteit van de bodem hangt samen met de (micro)structuur daarvan; hoe meer en hoe dieper poriën aanwezig zijn, hoe beter de infiltratie (Yunusa et al. 2002; Alaoui et al. 2011; Rahman & Ennos 2015; Driver 2016). Op haar beurt wordt de porositeit van de bodem weer beïnvloed door doorworteling (vegetatie) en bodemleven (Alaoui et al. 2011). Het is dan ook daarom dat regenwater veel beter infiltreert in graslanden in vergelijking met akkerland, maar nog beter in kruidenrijke graslanden en bossen; de dikte van de doorwortelde bodemlaag én de variatie in wortelstructuur neemt steeds verder toe in de richting van akker naar bos (Gregory et al. 2010; Forbes et al. 2015). Zo laten Forbes et al. (2015) zien dat door schapen begraasd grasland een zes keer lager infiltrerend vermogen heeft in vergelijking met een open bos (respectievelijk circa 10 en 60 cm h⁻¹ constante infiltratiecapaciteit). Bharati et al. (2002) vindt vergelijkbare waarden voor maïspercelen in Amerika. Figuur 2-2 illustreert dit principe. Yunusa et al. (2002) laten zien dat al na 10 maanden na het omzetten van het landgebruik van akker naar een ander vegetatietype sprake is van een meetbaar effect op het aantal poriën in de bodem.

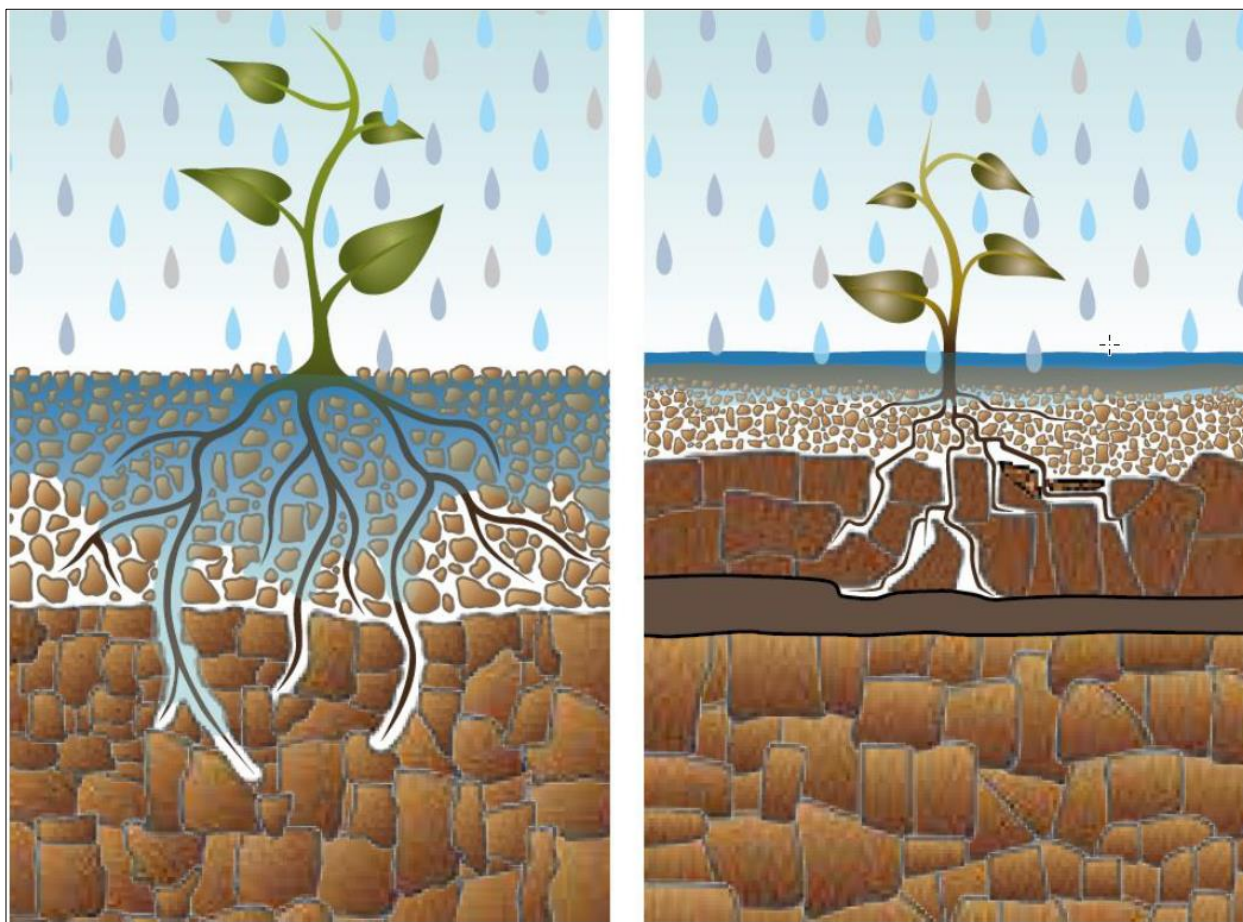
Voorgaande betekent dat voedselbos, in vergelijking met regulier agrarisch grasland of maïs (akkerbouw), zorgt voor ruim meer infiltratie van regenwater dat de grond bereikt en daarmee voor verhoudingsgewijs meer, maar vooral gelijkmatigere grondwateraanvulling. Uit het uitgevoerde literatuuronderzoek is te weinig informatie beschikbaar om de effectiviteit te kwantificeren per bodemtype. Verschillende bodemtypes (eg. zand, klei, veen, löss) verschillen in onder meer porositeit en daardoor in hun vermogen om vocht vast te houden of na te leveren. Dat is het directe gevolg van het poriënvolume dat afneemt in de volgorde zand>veen>leem>klei, waardoor zandgronden veel beter waterdoorlatend zijn en veel minder in staat om water vast te houden of na te leveren in vergelijking met kleigronden. Echter, het principe dat in de vorige alinea werd geschetst en rust op het verhogen van de porositeit door diepere en meer gedifferentieerde doorworteling, is onafhankelijk van het bodemtype, waardoor het ontbreken van getallen per bodemtype de getrokken conclusie niet in de weg staat.

Bodemleven en organisch stof: de hoofdlijn

Het bodemleven, maar ook de ontwikkeling en de soortenrijkdom van bossen (eg. Hommel 2007), heeft via interactie met organische stof een belangrijke rol in de fosfor- en stikstofcyclus. De relevantie van dit aspect is al vroeg onderkent (Reddy en Patrick 1975; Aerts et al. 1999), maar recent komt het bodemleven nadrukkelijk naar voren als het gaat om natuurontwikkeling en -herstel (Kemmers et al. 2001; Lin et al. 2012; Knappová et al. 2016; van Bezouw et al. 2016; Koziol en Bever 2017), ook in Nederland (Van Dijk et al. 2009; Kemmers et al. 2010; De Mars et al. 2017). Vanwege zijn rol in het vrijmaken van nutriënten uit organisch materiaal krijgt bodemleven en het beheer daarvan veel aandacht in de (biologische) landbouw (eg. Timmermans et al. 2012 en referenties daarin; Bokhorst en Janmaat 2013).

Ander relevant aspect als het gaat om het watervasthoudend vermogen van de bodem is het aandeel organisch stof (Vervaart et al. 2020; Wösten & Groenendijk 2021; zie ook kader "*Bodemleven en organisch stof*"). Bosbodems, waaronder ook voedselbossen (Rebisz 2019), kennen een betere kwaliteit

en een hoger gehalte bodemorganische stof waardoor er meer water in de wortelzone beschikbaar is dan op landbouwbodem. Hierdoor hebben deze bodems meer watervasthoudend vermogen in vergelijking met landbouwbodems, onder meer door de vorming van humus en strooisellaag (Kučera et al. 2021). Overigens is dit organisch stof ook van belang voor een gezond bodemleven. Naarmate er meer organische stof aanwezig is kent de bodem een hogere infiltratiecapaciteit met minder maaiveldafvoer tot gevolg (indirect positief effect op de waterretentie en mogelijke reductie afvoerpieken (Schipper et al. 2015)). Veldstudies waarbij deze indirecte effecten gekwantificeerd zijn voor Nederlandse bodems zijn niet bekend (Wösten & Groenendijk 2021). Wel zijn er indicaties van een positief effect uit buitenlands veldonderzoek (Williams et al. 2017), die voor een Amerikaanse case-study laten zien dat biologische landbouw leidt tot circa 30 tot 50 procent beter watervasthoudend vermogen van de bodem.



Figuur 2-2: Illustratie van het effect van vegetatie op de infiltratiecapaciteit van de bodem. Naar Forbes et al. (2015).

Antwoord op de onderzoeksvraag

Bovenstaande overziend moet het antwoord op de vraag “Wat zijn de effecten op het op het watervasthoudend vermogen in de bodem?” zijn dat (voedsel)bossen in vergelijking met conventioneel landbouwkundig gebruik leiden tot een hogere infiltratie van water in de bodem, terwijl een hoger aandeel organisch stofgehalte in de bodem tegelijkertijd zorgt voor een beter watervasthoudend vermogen van de bodem.

2.1.2 Wat zijn de effecten op verdamping?

Om deze vraag te beantwoorden is in de literatuur gericht gezocht naar relevante experimenten met betrekking tot de waterhuishouding van bossen. Voor de waterbalans van een vegetatie zijn toevoer van water via neerslag en grondwater de voornaamste bronnen van water en verdamping van grondwater via fotosynthese (transpiratie) en verdamping van neerslagwater na interceptie in de kroon de belangrijkste verliesposten van water (Dolman & Moors 1994; Kellomäki et al. 1998; Lambers et al. 1998; Larcher 2003; Ouden 2011). In figuur 2-1 en figuur 2-3 is dit schematisch weergegeven.

Het verschil tussen het inkomende en het uitgaande water, is het neerslagoverschot. De sluitpost van de balans, als het ware. In Nederland is dit op jaarbasis een positief getal; er is meer water beschikbaar dan nodig. Voor de omgeving van 's-Hertogenbosch (ie. omgeving voedselbos Schijndel) gaat het om gemiddeld (periode 1981-2010) van 200-240 mm j⁻¹, met een gemiddelde hoeveelheid neerslag van 800-825 mm j⁻¹ (KNMI 2011). Dit water is beschikbaar voor infiltratie naar het grondwater of oppervlakkige afstroom naar het oppervlaktewater in erg natte situaties. Let wel: dit is een gemiddelde dat een beeld geeft van het klimaat, maar niets zegt over de fluctuaties in dezelfde periode. Gedurende dezelfde periode varieerde de jaarlijkse neerslagsom voor, bijvoorbeeld, neerslagstation Tilburg tussen de 604 en 1124 mm j⁻¹ (KNMI 2021).

Verklarende woordenlijst

Evapotranspiratie	Evapotranspiratie is de som van evaporatie (verdamping) en transpiratie.
Interceptieverdamping	Verdamping van neerslag direct vanaf het bladerdek.
Lysimeter	Inrichting waarmee de invloed van plantengroei op de waterhuishouding van de bodem wordt onderzocht.
Neerslagoverschot	Verschil tussen neerslag en verdamping.
Transpiratie	Verdamping van water via de huidmondjes van planten.
Verdamping	Overgang van vloeibaar water naar waterdamp en transport daarvan vanaf het verdampend oppervlak naar de atmosfeer.
Waterbalans	Optelsom van alle inkomende en uitgaande waterstromen.
Waterverbruik	Hier gedefinieerd als de som van interceptie en verdamping door bomen, ofwel evapotranspiratie.

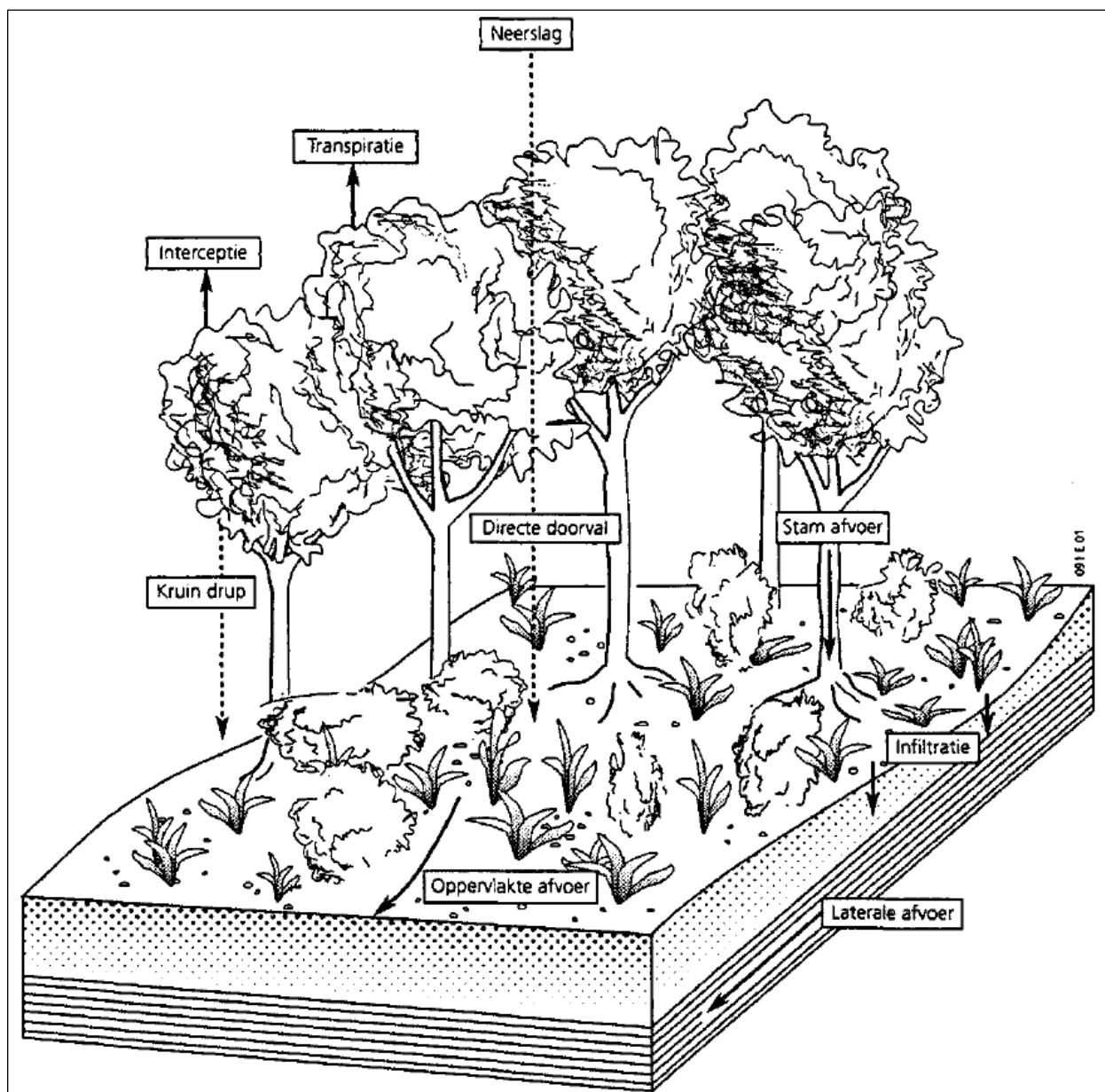
Evapotranspiratie (Verdamping via interceptie en transpiratie)

Het door het KNMI gebruikte getal voor verdamping, is de verdamping van water inclusief transpiratie voor een referentiegewas: de zogenoemde referentieverdamping. Verdamping is echter afhankelijk van tal van factoren (e.g. den Ouden 2011), waarbij het type vegetatie een van de belangrijkste posten vormt.

Wat betreft interceptie is bekend dat verdamping via deze weg bijna even groot kan zijn als verdamping via transpiratie (Moors et al. 1996). Onderzoek (e.g. Dolman en Moors 1994; Elbers et al. 1996) laat zien dat voor loofbossen gemiddeld tot circa 15 ('s winters) tot 30 ('s zomers) procent van de jaarlijkse neerslag verloren gaat via interceptieverdamping.

Een van de eerste (en enige) overzichten (Spijksma et al. 1995) van het waterverbruik van bossen (evapotranspiratie), gebaseerd op directe metingen laat zien dat de verschillen tussen vegetatietypen op kunnen lopen tot enkele honderden millimeters per jaar als het gaat om waterverbruik. Figuur 2-4 illustreert dit. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat dit onderzoek is gedaan met behulp van lysimeters op zandige bodem. Een lysimeter is een van de bodemomgeving geïsoleerde ingegraven grote bak, waarin al dan niet vegetatie groeit. Neerslag, afvoer en bodemvochtveranderingen worden in de tijd geregistreerd. Wanneer, zoals in de hier gebruikte studies, de vegetatie in de lysimeters lijkt op of onderdeel is van de natuurlijke vegetatie die wordt onderzocht, zijn hierin ook de effecten van die vegetatie op het microklimaat (bijvoorbeeld een hogere luchtvochtigheid in bossen in vergelijking met (agrarisch) grasland) zo goed mogelijk verdisconteerd.

In figuur 2-4 valt op, dat loofbomen en struiken een aanmerkelijk hoger waterverbruik (verdamping + transpiratie) kennen in vergelijking met kale bodem, maar minder dan naaldbomen. Latere studies bevestigen dit beeld (eg. De Schrijver et al. 2007). Dolman et al. (2000) laten op basis van directe metingen en literatuuronderzoek zien dat het waterverbruik voor gemengd loofbos circa 555 mm j^{-1} bedraagt. Een samenvatting van onderzoeksresultaten is terug te vinden in Massop et al. (2005). De daar gepresenteerde getallen wijken overigens niet in betekenende mate af van de getallen hiervoor genoemd.

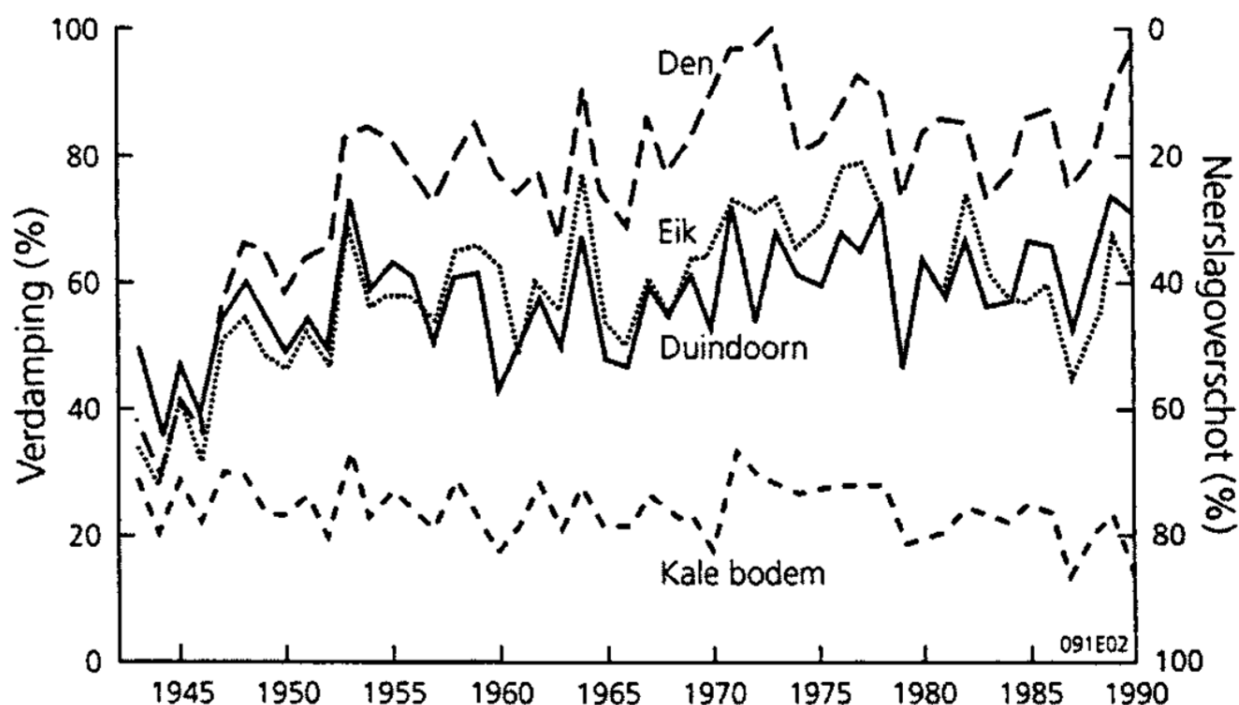


Figuur 2-3: Schematische waterbalans van een bosecosysteem. Uit (Dolman & Moors 1994). De neerslag wordt voor een deel via verdamping (transpiratie en interceptie) teruggeven aan de atmosfeer en voor een deel bereikt deze de grond, waar hij dan wel oppervlakkig afstroomt richting het oppervlaktewater, ofwel infiltreert richting het grondwater.

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden, zijn voedselbossen geïnterpreteerd als gemengd loofbos. Dit omdat specifiek voor voedselbossen geen onderzoek beschikbaar is. Echter, uitgaande van de aan het begin van dit hoofdstuk gegeven definitie van voedselbossen, vormt dit geen noemenswaardig probleem voor het gebruik van de hieronder gepresenteerde getallen. Immers, een voedselbos moet een natuurlijk

bos benaderen, waarbij ze zich kenmerken door vegetatielaag met hoge kruinbomen (doorgaans verschillende loofbomen), minimaal drie andere vegetatielagen en een rijk bosbodemleven. Ze lijken daarmee erg op de systemen die gebruikt zijn om te komen tot de hier gebruikte getallen.

Van belang in deze context is om na te gaan in hoeverre een voedselbos -hier geïnterpreteerd als gemengd loofbos- zich wat betreft verdamping verhoudt tot regulier agrarisch gebruikte gronden. Figuur 2-4 liet al zien dat kale bodem veel minder verdampt in vergelijking met loofbos (eik). Dat is logisch, gezien kale bodem geen vegetatie kent die actief water verdampt, maar betekent niet automatisch dat ook meer water beschikbaar is voor infiltratie. Niet alleen liet figuur 2-3 zien dat ook sprake is van oppervlakkige afstroom, paragraaf 2.1.1 liet al zien dat juist doorworteling de infiltratiecapaciteit van de bodem verbetert. De praktijk laat zien dat kale bodem juist veel oppervlakkige afstroom en weinig infiltratie kent (Bharati et al. 2002; van Deursen et al. 2013).



Figuur 2-4: De jaarsommen van de totale verdamping en het neerslagoverschot uitgedrukt in % van de neerslag voor vier verschillend begroeide lysimeters (van Oldenborgh 1936; Dolman en Oosterbaan 1986; Dolman en Moors 1994).

Het door het KNMI gebruikte getal voor verdamping, is de verdamping van water inclusief transpiratie (=evapotranspiratie) voor een referentiegewas: de zogenoemde referentieverdamping. De referentieverdamping is de theoretisch maximale verdamping van een ideale grasmat met een optimale beschikbaarheid van water, berekend met de formule van Makkink en bedraagt ongeveer 540 mm j⁻¹.

Feddes (1987) laat zien dat de referentieverdamping (ie. gras) gelijk is aan de verdamping van regulier agrarisch grasland. Voor andere gewassen moet rekening worden gehouden met de zogenoemde gewasfactoren die gebruikt kunnen worden om de werkelijk evapotranspiratie van landbouwgewassen te kunnen berekenen uit de potentiële verdamping. Voor gras is de gewasfactor jaarrond dus ongeveer 1. Voor maïs loopt de gewasfactor volgens Feddes (1987) op met de groei; van circa 0,5 in mei tot maximaal 1,3 in juli om vervolgens richting september af te nemen tot 1,2. De evapotranspiratie is daarmee het grootste deel van het jaar veel hoger voor maïs.

Een eerste beeld voor voedselbossen

Met deze informatie kunnen we tot een kwantitatieve schatting komen van de verschillen in verdamping (hier evapotranspiratie) tussen regulier agrarisch grasland, maïspcelen en voedselbos. Dat overzicht is opgenomen in tabel 2-1. Daaruit volgt dat voedselbos (hier gemengd loofbos) een veel lager waterverbruik heeft in vergelijking met maïs, maar in ordegröte vergelijkbaar is met agrarisch grasland.

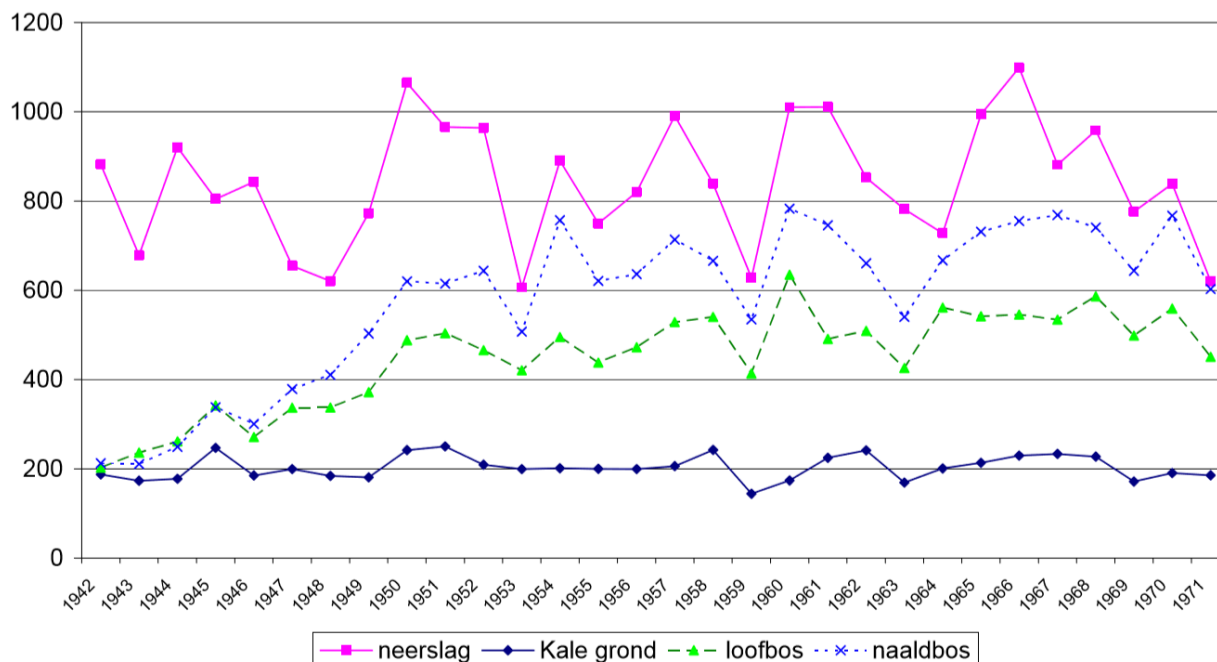
Tabel 2-1: Jaarlijkse neerslag (KNMI 2011), waterverbruik (som van interceptieverdamping en transpiratie en neerslagoverschot beschikbaar voor infiltratie voor verschillende vegetatietypen (Dolman & Oosterbaan 1986; Spijksma et al. 1995; Elbers et al. 1996), toegepast op voedselbos Schijndel.

Vegetatietype	Gemiddelde hoeveelheid neerslag (mm j ⁻¹)	Waterverbruik (mm j ⁻¹)	Neerslagoverschot beschikbaar voor infiltratie (mm j ⁻¹)
Agrarisch grasland	800-825	540	260-285
Maïs		702	98-123
Gemengd loofbos		555	245-270
Licht naaldbos		674	126-151
Donker naaldbos		730	70-95

Belangrijke kanttekening bij tabel 2-1 is dat deze is gebaseerd op langjarige gemiddelden en gemiddelden uit onderzoek. Evident is, dat de weersomstandigheden per jaar fluctueren en dat deze hun weerslag hebben niet alleen op neerslag, maar ook op het waterverbruik van vegetatie. Figuur 2-5 uit Dolman en Moors (1994) illustreert dit. Vanaf het moment dat het bos “volwassen” is (circa 1950 in figuur 2-5, waar de verdamping ongeveer stabiliseert), varieert het waterverbruik tussen de 507 en 783 mm j⁻¹.

Tegelijkertijd varieert de neerslag tussen circa 600 en 1100 mm j⁻¹. Figuur 2-5 laat zien dat de afstand tussen de lijnen voor verdamping (roze) en verdamping (blauw voor naaldbos) per jaar anders is. Hoe groter de afstand, hoe meer water beschikbaar is voor infiltratie. Grofweg varieert de hoeveelheid water beschikbaar voor infiltratie in figuur 2-5 dus tussen 0 (1971) en ~400 mm j⁻¹ (1950-52).

Neerslag en verdamping (mm/jaar)



Figuur 2-5: Gemiddelde jaarlijkse neerslag en verdamping van kale grond, loofbos en naaldbos in de lysimeters (zie kader begrippenlijst). Uit Dolman en Moors (1994).

Antwoord op de onderzoeksvraag

Bovenstaande overziend moet het antwoord op de vraag “Wat zijn de effecten op verdamping?” zijn dat (voedsel)bossen in vergelijking met conventioneel landbouwkundig gebruik leiden tot lagere verdamping vergeleken met maïsteelt, maar een vergelijkbare verdamping met agrarisch grasland. De verdamping van kale bodem is nog lager, maar water infiltreert moeilijker in vegetatieloze bodems met als resultaat aanmerkelijk meer oppervlakkige afstroom. De gepresenteerde resultaten zijn met name gebaseerd op resultaten afkomstig van zandgrond. Echter, zoals hiervoor al aangehaald, is het vochtvasthoudend vermogen van verschillende bodems (ie. zand, klei, veen) anders, maar zijn de hierboven beschreven effecten afhankelijk van de fysiologische eigenschappen van vegetatie en niet primair van bodemeigenschappen. Dat betekent dat de beschreven principes gelden “onafhankelijk” van bodemtype, maar dat het exacte kwantitatieve verschil per bodemtype iets anders uit kan pakken.

Stikstof: een belangrijk nutriënt voor bossen

Alle vegetaties, ook bossen, kennen nutriëntenkringlopen, waaronder de stikstof kringloop (eg. Odum 1971; Kellomäki et al. 1998; Townsend et al. 2000; Siepmann 2018). Stikstof is aanwezig in de vorm van immobiel organisch materiaal en ammonium (NH_4), opgelost organisch stikstof en mobiel nitraat (NO_3) en nitriet (NO_2). Ammonium, vaak gebonden aan het bodemcomplex, wordt door bacteriën onder aerobe condities omgezet in nitraat (nitrificatie). Bij afbraak van organisch materiaal wordt stikstof vrijgemaakt in de vorm van stikstofgas (denitrificatie) dat niet beschikbaar is voor planten. Deze processen afhankelijk van de temperatuur, pH, zuurstofbeschikbaarheid en de redoxpotentiaal (Wienk 2000). Dat betekent dan ook dat de kwaliteit van het organisch materiaal, bijvoorbeeld de kwaliteit van het strooisel dat in de vorm van bladeren in de herfst de grond bereikt, via de zuurgraad van de bodem (pH) van invloed kan zijn op de snelheid waarmee de afbraak verloopt en de route die het afbraakproces volgt (eg. Hommel 2007). Met het sortiment (soortkeuze) kan dan ook gestuurd worden op de bodemkwaliteit.

2.1.3 Wat zijn de effecten voor waterkwaliteit?

Uit de in dit kader gevonden literatuur blijkt vooral dat geen gegevens gevonden konden worden die ingaan op het effect van voedselbossen op de waterkwaliteit die op empirisch onderzoek berusten; het is het minst onderzochte aspect van voedselbossen (Beer et al. 2003). Zo ontbreekt dit onderwerp ook nadrukkelijk in (Vervaart et al. 2020). Op wereldschaal groeit de aandacht voor dit onderwerp, samen met de noodzaak voor beschikbaarheid van voldoende schoon drinkwater; (voedsel)bossen krijgen daarin een belangrijke rol (Springgay 2019). Meer algemeen geldende principes worden anekdotisch van toepassing verklaard op voedselbossen. Denk dan aan:

- Het gegeven dat (kunst)mest, herbiciden en pesticiden niet worden gebruikt in voedselbossen, leidt tot een betere waterkwaliteit.
- Omdat geen sprake is van afspoeling van bodemdeeltjes (erosie) vindt geen uitspoeling van stoffen naar het oppervlaktewater plaats.

In feite staat dergelijk onderzoek, zeker in Nederland, nog op het punt van beginnen³. Niettemin is algemeen bekend dat de nutriënten stikstof en fosfor vanuit de landbouw een grote bijdrage geven aan de uit- en afspoeling (Cassman 1999; Compendium voor de Leefomgeving 2018). Dat heeft uiteraard te maken met de gangbare (over)bemestingspraktijk. Om te voldoen aan de normen voor stikstof- en fosforconcentraties in regionale waterlichamen, bijvoorbeeld, moet de uit- en afspoeling uit landbouwgronden landelijk gemiddeld met respectievelijk 12-17% en 12-38% worden verminderd, afhankelijk van de wijze waarop de uit- en afspoeling wordt vertaald naar een aandeel in de overschrijding van de concentratienormen (Groenendijk et al. 2016). Maatregelen die kunnen helpen -vooral voor de belasting met stikstof- zijn onder meer vervanging van uitspoelingsgevoelige gewassen in het zandgebied, bodemverbetering, verbetering nutriëntenbenutting en aanpassen van drainage (Groenendijk et al. 2016).

Het onderzoek dat wel beschikbaar is (buiten Nederland), onderbouwd dit ook (Udawatta et al. 2002; Lee et al. 2003). Zo laten (Udawatta et al. 2002) zien dat in vergelijking met teelt van maïs en soja in Missouri (kleibodem) “voedselbos”⁴ tot 17 procent minder afspoeling van fosfaat (P) en tot 20 procent minder afspoeling van stikstof (N; in geval van een piekbui) opleverde. Voor uitspoeling van stikstof werd een reductie van 37 procent gevonden. (Lee et al. 2003) vinden nog hogere percentages, die deels verklaard worden door de studieopzet. Voor “voedselbossen” (agroforestry) in Costa Rica concluderen (Imbach et al. 1989) dat bomen, vanwege hun positieve invloed op de nutriëntencyclus in een voedselbos, inderdaad bijdragen aan een reductie van de uitspoeling van stikstof (en andere voor het milieu gevaarlijke stoffen) naar het grondwater.

Antwoord op de onderzoeksvraag

De verwachting is dat voedselbos ten opzichte van regulier gebruikte landbouwgrond leidt tot een afname van de uitspoeling van stoffen richting het grondwater en afspoeling van stoffen richting het oppervlaktewater. Door het nog ontbreken van onderzoek is deze bijdrage voor de Nederlandse situatie nog niet te kwantificeren.

³ <https://www.brabantsemilieufederatie.nl/nieuws/studenten-trekken-het-voedselbos-in/>

⁴ De in dit kader gebruikte studies hebben meest betrekking op agroforestry, geen voedselbossen, al hebben ze steeds wel betrekking op agroforestrysystemen waar opgaande bomen onderdeel van zijn)

Fosfor, een ander belangrijk nutriënt

Net als voor stikstof, is voor bossen ook sprake van een fosforkringloop (eg. Odum 1971; Kellomäki et al. 1998; Townsend et al. 2000). Fosfor kan in de bodem aanwezig zijn in de vorm van het voor planten beschikbare orthofosfaat of in een geïmmobiliseerde, niet direct voor planten beschikbare, gebonden vorm (ie. bodemcomplex of bodemleven). Fosfor kan in de bodem terecht komen via de aanvoer van grond- of oppervlaktewater, via depositie, via afbraak van organisch materiaal of het kan door planten of het bodemleven vrijgemaakt worden uit het bodemcomplex. In geïmmobiliseerde vorm komt fosfor in verschillende fracties voor, namelijk gebonden in organische vorm, gebonden aan calcium en calciumcarbonaat, gebonden aan amorfe ijzer- en aluminium(hydr)oxides of als onderdeel van minerale silicaatverbindingen. De vorm waarin fosfor in de bodem voorkomt, bepaalt in grote mate de beschikbaarheid voor de vegetatie en de uitwisseling met de waterlaag. De organische P-fractie (Porg fix) kan alleen vrijkomen via mineralisatie en is op de korte termijn voor veel planten slecht beschikbaar. Veel planten hebben echter de mogelijkheid ontwikkelt om via de uitscheiding van fosfatase enzymen labiel organisch fosfor vrij te maken of dit op te nemen via mycorrhiza (Mosse et al. 1981; Güsewell 2017). Het overige fosfor is over het algemeen gebonden aan calcium of amorf ijzer of aluminium en is in wisselende mate beschikbaar voor planten.

2.1.4 Is de aanleg van voedselbossen een (nieuwe) manier om verdroging tegen te gaan, water vast te houden en water bergen?

Uit voorgaande drie paragrafen volgt, dat een voedselbos ten opzichte van regulier agrarisch grasland of maïsteelt naar verwachting minder uit- en afspoeling heeft van voedingsstoffen (en andere milieuvreemde stoffen) naar grond- en oppervlaktewater, dat de verdamping van water gelijk blijft dan wel in betekende mate afneemt (maïsteelt) en dat het watervasthoudend vermogen van de bodem en de infiltratie van regenwater daarin toeneemt. Logische conclusie is dan, dat voedselbossen inderdaad een bijdrage leveren aan het verminderen van verdroging door het langer vasthouden en meer geleidelijk afgeven van schoner water. Deze conclusie is overigens geheel in lijn die de FAO (Food and Agricultural Organisation of the United Nations) op dit vlak trekt in relatie tot onder meer de beschikbaarheid van schoon drinkwater (Springgay 2019).

2.2 Algemene beschouwing effecten op watersysteem en (kwetsbare) natuur bij aanplant van een voedselbos

Terugkijkend heeft het literatuuronderzoek de volgende antwoorden op de onderzoeksvragen opgeleverd.

In vergelijking met conventioneel landbouwkundig landgebruik leiden voedselbossen tot een hogere infiltratie van water in de bodem, terwijl een hoger aandeel organisch stofgehalte in de bodem tegelijkertijd zorgt voor een beter watervasthoudend vermogen van de bodem. Ten opzichte van regulier gebruikte agrarische bodems verbeteren voedselbossen derhalve het watervasthoudend vermogen van de bodem en verminderen ze de oppervlakkige afstroom van water (onderzoeksvraag 1a). In vergelijking met conventioneel landbouwkundig landgebruik leiden voedselbossen tot lagere verdamping vergeleken met maïsteelt, maar een vergelijkbare verdamping met agrarisch grasland (Onderzoeksvraag 1b). De effecten op waterkwaliteit zijn nog niet te kwantificeren, al wordt een positieve bijdrage verwacht vanwege het ontbreken van onder meer mestgift en bodembewerking in voedselbossen, naast de positieve effecten van bodemverbetering op uit- en afspoeling van voedingsstoffen naar grond- en oppervlaktewater (Onderzoeksvraag 1c). Op basis van de voor deze rapportage beschikbare literatuur moet de conclusie dan ook zijn dat (Onderzoeksvraag 1d) voedselbossen inderdaad een bijdrage leveren aan het verminderen van verdroging door het langer vasthouden en meer geleidelijk afgeven van schoner water. Dit wordt uiteraard ook in de Bossenstrategie verondersteld.

Bovenstaande maakt aannemelijk dat het omzetten van meer traditionele vormen van landbouw, ook biologische landbouw, met name in de intrekgebieden van bijvoorbeeld Natte natuurparels of andere grondwaterafhankelijke natuurwaarden een positieve bijdrage leveren aan de waterkwaliteit en de waterkwantiteit aldaar. Met name het gegeven dat bomen onlosmakelijk zijn verbonden met een voedselbos maakt, zo zagen we bijvoorbeeld in paragraaf 2.1.1, waardoor infiltratie wordt bevorderd en oppervlakkige afstroom wordt geremd. Hierdoor is het minder van belang wat de gangbare teelt is, al is specifiek de verdampingsreductie ten opzichte van permanent grasland (al dan niet biologisch) niet groot (Tabel 2-1). De principes zijn vergelijkbaar met de zogenoemde beekdalbrede benadering (van Deursen et al. 2013; Possen & de Mars 2016), waarbij bossen helpen met het voorkomen van piekafvoeren. Uit internationaal onderzoek (paragraaf 2.1.3) blijkt verder dat (voedsel)bossen langs waterlopen bijdragen aan een betere oppervlaktekwaliteit. Diezelfde bossen zijn van groot belang onder de Kaderrichtlijn Water, bijvoorbeeld voor de voor aquatisch ecologische waarden noodzakelijke beschaduwning (STOWA 2017; Vervaart et al. 2020). Hier lijkt dan ook een (aanvullende) relatie te liggen.

In eerdere paragrafen hebben we ook gezien dat -zeker voor de Nederlandse situatie- nog relatief weinig informatie bekend is als het gaat om het kwantificeren van effecten. Het is wel van belang hier grip op te krijgen, zodat de veronderstelde effecten ook aantoonbaar worden. Het is daarom goed om, zoals nu deels al gebeurt (zie onder meer voetnoot 3), monitoring van enkele bodem- en waterparameters onlosmakelijk te verbinden aan de aanleg van verschillende voedselbossen. Helemaal mooi is het, wanneer deze monitoring voorzien kan worden van een goede nulmeting dan wel verbonden kan worden aan de abiotiek van aanliggende of benedenstrooms gelegen (grond)waterafhankelijke, beleidsrelevante natuurwaarden.

Referenties

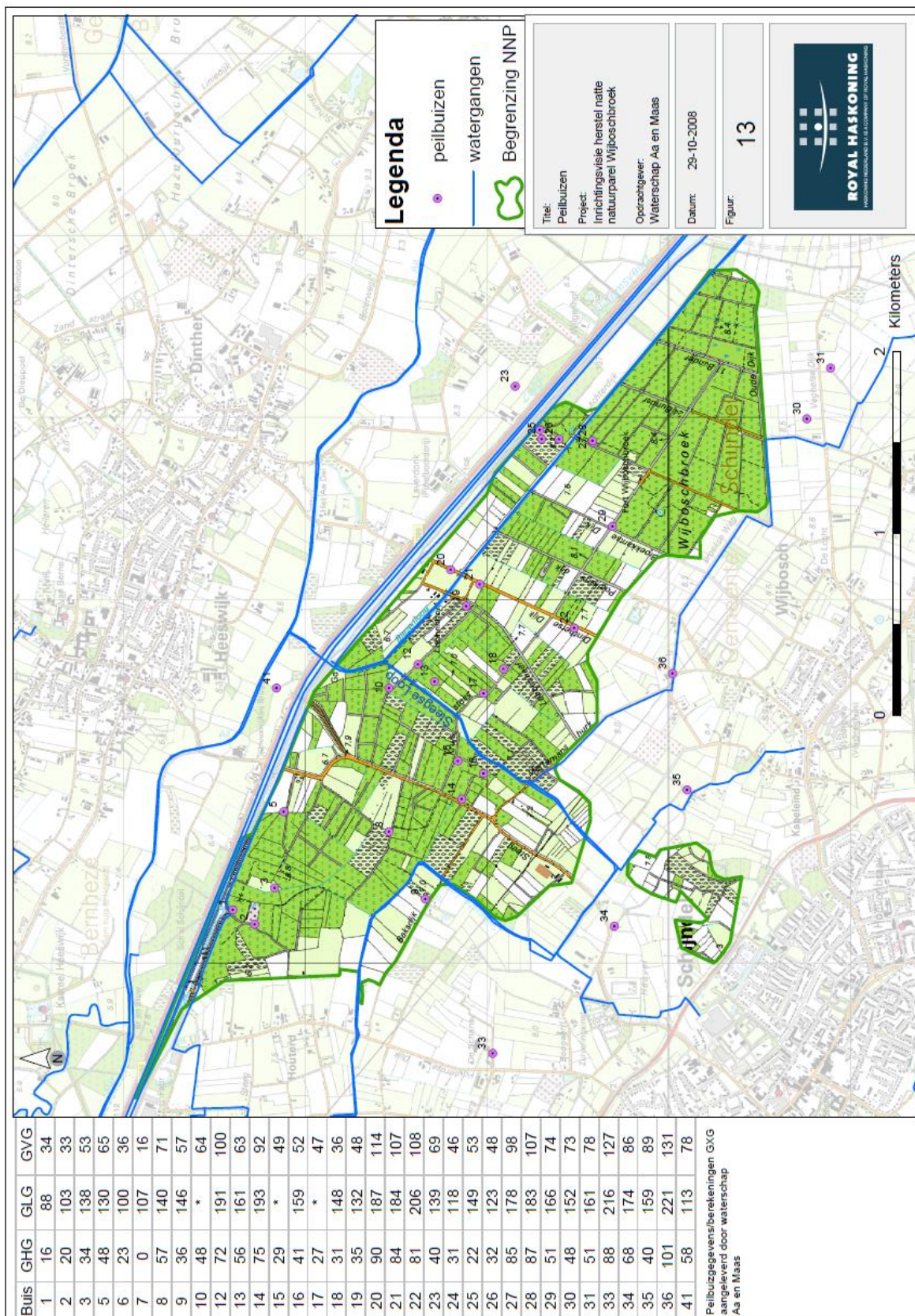
- Aerts, R., J. T. A. Verhoeven, & D. F. Whigham. 1999. PLANT-MEDIATED CONTROLS ON NUTRIENT CYCLING IN TEMPERATE FENS AND BOGS. *Ecology*. 80(7):2170–2181.
- Alaoui, A., U. Caduff, H. H. Gerke, & R. Weingartner. 2011. A Preferential Flow Effects on Infiltration and Runoff in Grassland and Forest Soils. *Vadose Zone Journal*. 10(1):367.
- Beer, J., C. Harvey, M. Ibrahim, J. Harmand, E. Somaribba, & F. Jiménez. 2003. Service Functions of Agroforestry Systems. XII World Forestry Congress. Online beschikbaar: <http://www.fao.org/3/xii/ms20-e.htm>.
- van Bezouw, R., I. Wynhoff, F. van Langevelde, & M. Berg. 2016. Sprinstaartgemeenschappen (Hexapoda: Collembola) als indicator voor blauwgraslandbodems rond de moerputten. *Entomologische berichten*. 76(2):69–79.
- Bharati, L., K.-H. Lee, T. M. Isenhardt, & R. C. Schultz. 2002. Soil-water infiltration under crops, pasture and established riparian buffer in Midwestern USA. *Agroforestry Systems*. 56(3):249–257.
- Bokhorst, J., & L. Janmaat. 2013. Bio-landbouw toegerust voor fosfaatkringlopen. *Ekoland*. juli/augustus:22–23.
- Cassman, K. G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 96(11):5952–5959.
- Compendium voor de Leefomgeving. 2018. Belasting van het oppervlaktewater door landbouw en natuur, 1990-2018. Online beschikbaar: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0103-belasting-oppervlaktewater-en-emissies-naar-water-door-land-en-tuinbouw>.
- De Schrijver, A., G. Geudens, L. Augusto, J. Staelens, J. Mertens, K. Wuyts, L. Gielis, & K. Verheyen. 2007. The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review. *Oecologia*. 153:663–674.
- van Deursen, W., A. van Winden, & W. Braakhekke. 2013. *Mogelijkheden voor Bergen? Bergen van mogelijkheden!* Carthago Consultancy, Bureau Strooming, Nijmegen.
- van Dijk, J., W. A. M. Didden, F. Kuenen, P. M. van Bodegom, H. A. Verhoef, & R. Aerts. 2009. Can differences in soil community composition after peat meadow restoration lead to different decomposition and mineralization rates? *Soil Biology and Biochemistry*. 41(8):1717–1725.
- Dolman, A., & E. Moors. 1994. *Hydrologie en waterhuishouding van bosgebieden in Nederland. Fase 1; toetsing instrumentarium*. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Dolman, A., & W. Oosterbaan. 1986. Grondwatervoeding, interceptie en transpiratie van de castricumse boslysimeters. *H2O*. 19(9):174–175.
- Dolman, H., E. Moors, J. Elbers, W. Snijders, & P. Hamaker. 2000. Brochure “Het waterverbruik van bossen in Nederland.”
- Driver, A. 2016. Multiple benefits of river and wetland restoration – “Killer Facts” measured from projects implemented on the ground. Online beschikbaar: https://ecosystemsknowledge.net/sites/default/files/wp-content/uploads/2017/BESS/KILLER-FACTS-Multiple_benefits_of_river_and_wetland_restoration-Jun16.pdf.
- Elbers, J., A. Dolman, & E. Moors. 1996. *Hydrologie en waterhuishouding van bosgebieden in Nederland Fase 2: Meetopzet en eerste resultaten*. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Feddes, R. 1987. Crop factors in relation to Makkink's reference crop evapotranspiration. in *Evaporation and weather*, Proceedings and information no. 39. CHO-TNO. Den Haag.
- Forbes, H., K. Ball, & F. McLay. 2015. *Natural flood management handbook*. Scottish environmental protection agency.
- Gregory, A. S., C. P. Webster, C. W. Watts, W. R. Whalley, C. J. A. Macleod, A. Joynes, A. Papadopoulos, et al. 2010. Soil Management and Grass Species Effects on the Hydraulic Properties of Shrinking Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 74(3):753.
- Groenendijk, P., E. van Boekel, L. Renaud, L. Greijdanus, R. Michels, & T. de Koeijer. 2016. *Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren; Het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden*. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Güsewell, S. 2017. Regulation of dauciform root formation and root phosphatase activities of sedges (Carex) by nitrogen and phosphorus. *Plant Soil*. 415(1–2):57–72.
- Hommel, P. W. F. M. 2007. *Terug naar het lindewoud: strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer*. KNNV Uitgeverij, Zeist.

- Imbach, A., H. Fassbender, R. Borel, J. Beer, & A. Bonnemann. 1989. Modeling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and *Erythrina poeppigiana* in Costa Rica. Water balances, nutrient inputs and leaching. *Agroforestry systems*. 8(3):267–287.
- Kay, S., C. Rega, G. Moreno, M. den Herder, J. H. N. Palma, R. Borek, J. Crous-Duran, et al. 2019. Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*. 83:581–593.
- Kellomäki, S., J. Gullichsen, H. Paulapuro, Suomen Paperi-Insinöörien Yhdistys, & Technical Association of the Pulp and Paper Industry, eds. 1998. *Forest resources and sustainable management*. Fapet Oy, Helsinki. 425 p.
- Kemmers, R., J. Bloem, & J. Faber. 2010. *Bodembiota en stikstofstromen in schraalgraslanden - Effecten op vegetatie*. Alterra, Wageningen.
- Kemmers, R. H., S. P. J. Van Delft, M. Madaras, M. Hoosbeek, J. Vos, & M. van Breemen. 2001. *Ecopedological explorations of three calcareous rich fens in the Slovak Republic*. Alterra, Wageningen.
- Knappová, J., H. Pánková, & Z. Münzbergová. 2016. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Abiotic Conditions in the Establishment of a Dry Grassland Community Aroca, R. (ed.). *PLoS ONE*. 11(7):e0158925.
- KNMI. 2021. Dagwaarde neerslagstations. Online beschikbaar: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen#V>.
- KNMI. 2011. Klimaatatlas - Langjarige gemiddelden 1981-2010. Online beschikbaar: <http://www.klimaatatlas.nl/>.
- Kozioł, L., & J. D. Bever. 2017. The missing link in grassland restoration: arbuscular mycorrhizal fungi inoculation increases plant diversity and accelerates succession Nuñez, M. (ed.). *J Appl Ecol*. 54(5):1301–1309.
- Kučera, A., P. Samec, A. Bajer, K. Ronald Skene, T. Vichta, V. Vranová, R. Swaroop Meena, & R. Datta. 2021. Forest Soil Water in Landscape Context. in *Soil Moisture Importance*, Swaroop Meena, R., and R. Datta (eds.). IntechOpen. Online beschikbaar: <https://www.intechopen.com/books/soil-moisture-importance/forest-soil-water-in-landscape-context>; Laatste bezocht April 6, 2021.
- Lambers, H., F. S. Chapin, & T. L. Pons. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer, New York. 540 p.
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4th ed. Springer, Berlin ; New York. 513 p.
- Lee, K., T. Isenhardt, & R. Schultz. 2003. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation*. 58(1):1–8.
- Lehmann, L. M., M. Lysák, L. Schafer, & C. B. Henriksen. 2019. Quantification of the understory contribution to carbon storage in a peri-urban temperate food forest. *Urban Forestry & Urban Greening*. 45:126359.
- Lin, X., S. Green, M. M. Tfaily, O. Prakash, K. T. Konstantinidis, J. E. Corbett, J. P. Chanton, W. T. Cooper, & J. E. Kostka. 2012. Microbial Community Structure and Activity Linked to Contrasting Biogeochemical Gradients in Bog and Fen Environments of the Glacial Lake Agassiz Peatland. *Appl. Environ. Microbiol*. 78(19):7023–7031.
- de Mars, H., B. Possen, E. Weeda, J. Schaminée, & M. Wallis de Vries. 2017. *Herstel van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen, het Kalkmoeras in het bijzonder*. Vereniging van Bos- en Natuureigenaren, Driebergen.
- Massop, Ht., P. van Bakel, T. Kroon, G. Kroes, W. Tiktak, & W. Werkman. 2005. *Op zoek naar de 'ware' neerslag en verdamping*. Alterra, Wageningen.
- Moors, E., A. Dolman, W. Bouten, & A. Veen. 1996. De verdamping van bossen. *H2O*. 29(16):462–466.
- Mosse, B., D. P. Stribley, & F. LeTacon. 1981. Ecology of Mycorrhizae and Mycorrhizal Fungi. P. 137–210 in *Advances in Microbial Ecology*, Advances in Microbial Ecology. Alexander, M. (ed.). Springer US, Boston, MA. Online beschikbaar: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4615-8306-6_4; Laatste bezocht January 12, 2021.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of ecology*. 3d ed. Saunders, Philadelphia. 574 p.
- van Oldenborgh, J. 1936. Plannen tot het stichten van een lysimeterwaarnemingsstation in het provinciaal duinterrein Bakkum onder de gemeente Castricum. *Water*. 20(11):93–94.
- Ouden, J. den. 2011. *Bosecologie en bosbeheer*. Acco, Leuven.
- Possen, B., & H. de Mars. 2016. *Een grensoverschrijdende, beekdal-brede kijk op waterberging in het stroomgebied van de Gulp*. Royal HaskoningDHV, Maastricht.

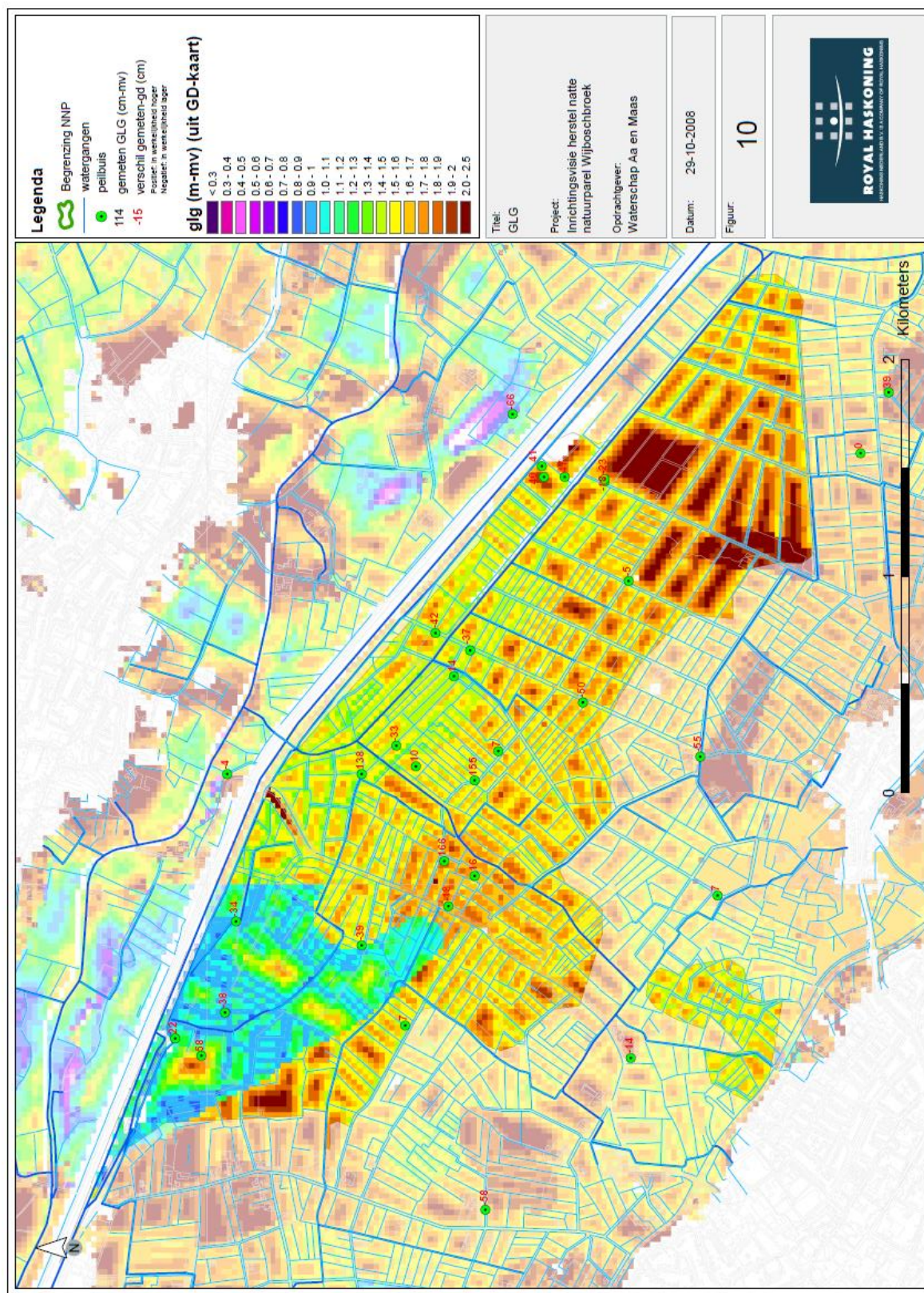
- Rahman, M., & R. Ennos. 2015. What we know and don't know about the surface runoff reduction potential of urban trees.
- Rebisz, S. 2019. *Exploring temperate food forestry as a sustainable management practice: starting at the soil. A comparative case study assessing soil health at Food Forest Ketelbroek, forest nature reserve "De Bruuk" and a conventional farm in Groesbeek, the Netherlands*. Wageningen Environmental Research, Wageningen. Online beschikbaar: <https://edepot.wur.nl/511035>.
- Reddy, K., & W. Patrick. 1975. Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential. Organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. *Soil biology and Biochemistry*. 7:87–94.
- Schafer, L. J., M. Lysák, & C. B. Henriksen. 2019. Tree layer carbon stock quantification in a temperate food forest: A peri-urban polyculture case study. *Urban Forestry & Urban Greening*. 45:126466.
- Schipper, P. M. N., P. Groenendijk, N. van Eekeren, M. Zanen, J. C. Rozemeijer, G. Jansen, & B. Swart. 2015. *Goede grond voor een duurzaam watersysteem: verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding*.
- Siepmann, M. 2018. De natuurlijke stikstofkringloop - Deel 1. *Permacultuur magazine*. 10:9–11.
- Spieksma, J., A. Dolman, & J. Schouwenaars. 1995. *De parameterisatie van de verdamping van natuurterreinen in hydrologische modellen*. Vakgroep fysische geografie RUG, DLO-Staringcentrum, Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging, Lelystad.
- Springgay, E. 2019. Forests as nature-based solutions for water. *Unasylva*. 70(1):3–13.
- STOWA. 2017. *Kennisoverzicht kleinschalige maatregelen in Brabantse beken*. 2017-16, STOWA, Amersfoort.
- Timmermans, B., W. Sukkel, & J. Bokhorst. 2012. *Telen bij lage fosfaatsniveaus in de biologische landbouw; achtergronden en literatuurstudie*. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Toensmeier, E., R. Ferguson, & M. Mehra. 2020. Perennial vegetables: A neglected resource for biodiversity, carbon sequestration, and nutrition Sarma, B. (ed.). *PLoS ONE*. 15(7):e0234611.
- Torralba, M., N. Fagerholm, P. J. Burgess, G. Moreno, & T. Plieninger. 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 230:150–161.
- Townsend, C. R., J. L. Harper, & M. Begon. 2000. *Essentials of ecology*. Blackwell Science, Malden, Mass. 552 p.
- Udawatta, R. P., J. J. Krstansky, G. S. Henderson, & H. E. Garrett. 2002. Agroforestry Practices, Runoff, and Nutrient Loss: A Paired Watershed Comparison. *J. Environ. Qual.* 31(4):1214–1225.
- Vervaart, J., J. Kruit, & P. Kraaijenbrink. 2020. *Deltafact Bomen, Bos en Waterbeheer*. STOWA, Delft. Online beschikbaar: <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/bomen-bos-en-waterbeheer>.
- Wienk, L. D. 2000. *Peilbeheer en nutriënten: literatuurstudie naar de effecten van peildynamiek op de nutriëntenhuishouding van watersystemen*. Online beschikbaar: <http://edepot.wur.nl/294909>; Laatst bezocht December 21, 2020.
- Williams, D. M., H. Blanco-Canqui, C. A. Francis, & T. D. Galusha. 2017. Organic Farming and Soil Physical Properties: An Assessment after 40 Years. *Agronomy Journal*. 109(2):600–609.
- Wösten, H., & P. Groenendijk. 2021. *Deltafact Bodemorganisch stof*. STOWA, Delft. Online beschikbaar: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/belang-van-bodemorganische-stof-voor-het-waterbeheer#2599>.
- Yunusa, I. A., P. M. Mele, M. A. Rab, C. R. Schefe, & C. R. Beverly. 2002. Priming of soil structural and hydrological properties by native woody species, annual crops, and a permanent pasture. *Soil Res.* 40(2):207.

Bijlage 1

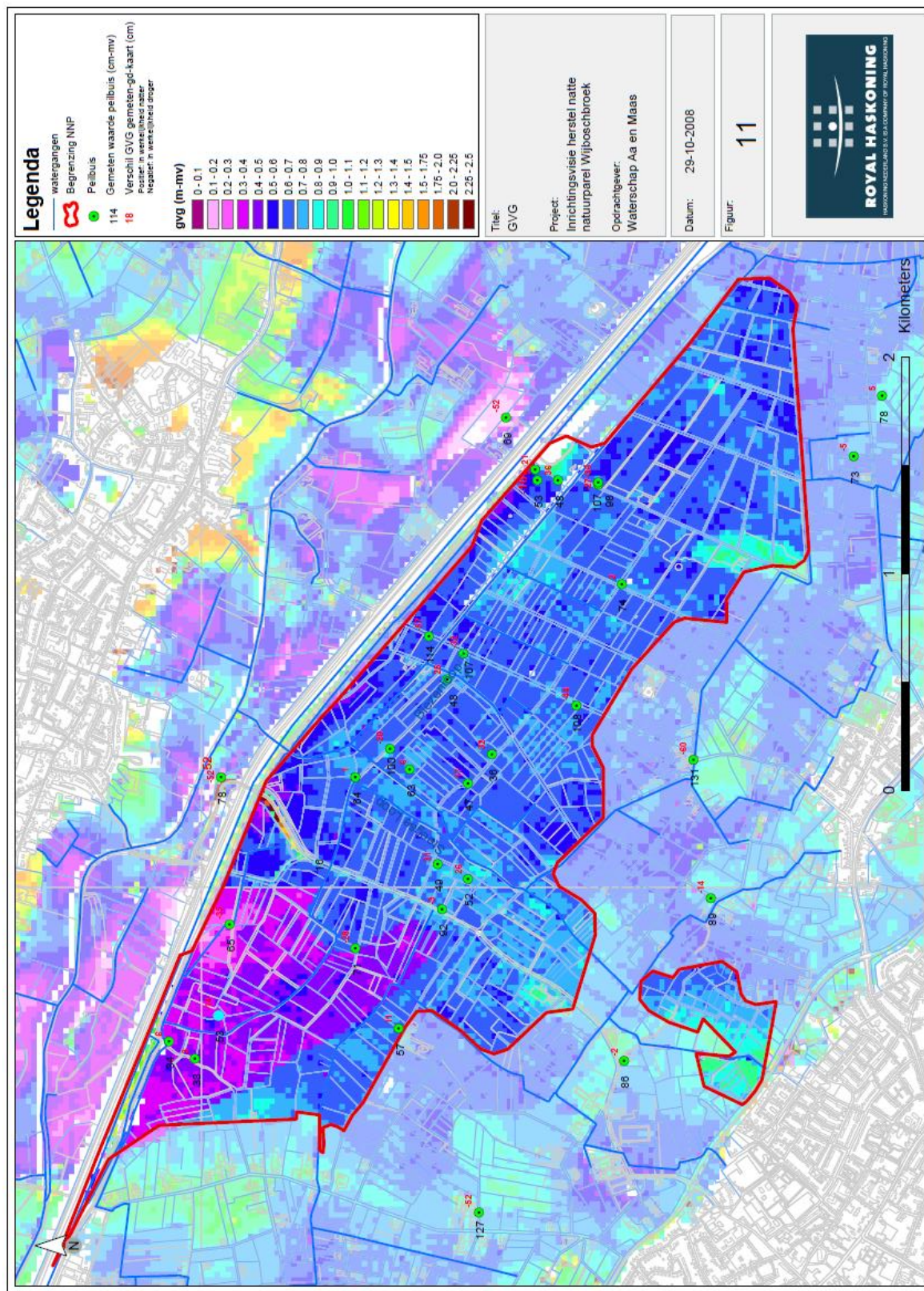
Gemeten en berekende GxG Wijboschbroek



Figuur B1: Overzicht peilbuizen en gemeten GxG (Royalhaskoning, 2008).



Figuur B2: Overzicht berekende GLG (Royalhaskoning, 2008).



Figuur B4: Overzicht berekende GVG (Royalhaskoning, 2008).

Bijlage 02

Verklarende woordenlijst

Voor een belangrijk deel aangeleverd door Marc Buiters,
Stichting Voedselbosbouw

- **Agroforstry:** de meest gebruikte definitie van het begrip '**agroforestry**' is van de International Council For Research in Agroforestry (ICRAF) die agroforestry definieert als *'een verzamelnaam voor alle landgebruiksystemen en -praktijken waarbij houtige, meerjarige planten bewust worden geïntegreerd met landbouwgewassen en/of veehouderij. Dit kan gelijktijdig óf na elkaar op hetzelfde land plaatsvinden. Agroforestry betekent tevens dat er zowel ecologische als economische interacties plaatsvinden tussen de houtige en niet-houtige onderdelen van het landgebruikstelsel'*.
 - Agroforestry- of boslandbouwsystemen kunnen worden geclassificeerd aan de hand van hun structuur, hun sociaal-economische functie en ecologische eigenschappen. We kiezen hier voor een classificatie op basis van structuur, waarbij we de volgende systemen van boslandbouw onderscheiden.
 - Agrisylvicultuur; systemen van boslandbouw waarbij de (rijen-)teelt van akkerbouwgewassen wordt gecombineerd met bomen en/of struiken op hetzelfde perceel.
 - Silvopastorale systemen van boslandbouw waarbij (veeteelt op) grasland wordt gecombineerd met bomen op hetzelfde perceel.
 - Agrosilvopastorale systemen van boslandbouw waarbij de teelt van akkerbouwgewassen wordt gecombineerd met (veeteelt op) grasland en bomen en/of struiken op hetzelfde perceel.
 - Oeverstroken ('riparian zones'); lijnvormige beplantingen langs terrassen en watergangen (vooral toegepast in de tropen).
 - Voedselbossen: zeer diverse systemen van boslandbouw met de gelaagde structuur en systeemfuncties van een natuurlijk bos (zie ook 'voedselbos').

Hoewel het begrip 'agroforestry' vaak wordt geassocieerd met rijenteelt ('alley cropping') en silvopastorale systemen, zijn voedselbossen dus ook een vorm van agroforestry. Verder hanteren we de term '**boslandbouw**' als de Nederlandse vertaling van de Engelse term 'agroforestry'.
- **Biodiversiteit** is de graad voor de verscheidenheid aan dier- en plantensoorten die zich in een ecosysteem bevinden. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen **taxonomische en functionele diversiteit**. Bij taxonomische diversiteit wordt er gekeken naar de verschillende soorten, bij functionele diversiteit wordt er gekeken naar welke rol of functie deze soorten vervullen in een ecosysteem.
- **Evapotranspiratie:** Evapotranspiratie is de som van evaporatie (verdamping) en transpiratie.
- **Fosfor- en stikstofkringloop:** Een kringloop is een cyclisch proces waarbij enkele stadia elkaar opvolgen, maar uiteindelijk de uitgangstoestand weer wordt bereikt. Voor stikstof en fosfor zijn dit biogeochemische kringlopen.
- **Interceptieverdamping:** Verdamping van neerslag direct vanaf het bladerdek.
- **Lysimeter:** Inrichting waarmee de invloed van plantengroei op de waterhuishouding van de bodem wordt onderzocht.
- **Natuurlijk bos:** De Global Forest Resources Assessment (FRA) definieert een **bos** als een gebied van minimaal 0,5 hectare met bomen die minimaal 5 meter hoogte, of bomen die *in situ* deze hoogte kunnen bereiken. Een **natuurlijke bos** wordt verder gedefinieerd als een natuurlijk geregenereerd bos met inheemse soorten zonder zichtbaar ingrijpen van de mens.
- **Neerslagoverschot:** Verschil tussen neerslag en verdamping.
- **Transpiratie:** Verdamping van water via de huidmondjes van planten.
- **Verdamping** :Overgang van vloeibaar water naar waterdamp en transport daarvan vanaf het verdampend oppervlak naar de atmosfeer.

- **Voedebos:** Op basis van de Green Deal Voedselbossen (2017) wordt een **voedselbos** gedefinieerd als een productief ecosysteem dat door mensen is ontworpen naar het voorbeeld van een natuurlijk bos met het doel om voedsel te produceren. Voedselbossen zijn een specifieke vorm van boslandbouw ('agroforestry') met als onderscheidende kenmerken: een vegetatielaag met hoge kruinbomen, minimaal drie andere vegetatielagen, een rijk bosbodemleven en een robuuste omvang. Een 'robuuste' omvang is nodig om te komen tot een vitaal, zelfvoorzienend bosecosysteem en staat gelijk aan minimaal een halve hectare in een ecologisch rijke omgeving en minimaal twintig hectare in een ernstig verarmde omgeving. Een voedselbos herbergt een rijkgeschakeerde, snel toenemende biodiversiteit. In een voedselbos is geen plaats voor éénjarige teelten of landbouwhuisdieren.
- **Waterbalans:** Optelsom van alle inkomende en uitgaande waterstromen.
- **Waternut:** Hier gedefinieerd als de som van interceptie en verdamping door bomen, ofwel evapotranspiratie.