

Pilot Wateroverlast op Historische Landgoederen

Een verkenning van de effecten van klimaatverandering op historische landgoederen in Brabant, met aanbevelingen voor klimaatmaatregelen en vervolgstappen

Syntheserapport



Colofon

Pilot Wateroverlast op Historische Landgoederen. Een verkenning van de effecten van klimaatverandering op historische landgoederen, klimaatmaatregelen en vervolgstappen. Syntheserapport

Hans Bleumink & Jan Neefjes | Overland
Oktober 2019

In opdracht van de provincie Noord-Brabant
In samenwerking met Waterschap de Dommel, Brabants Particulier Grondbezit, Landgoed Zwijnsbergen, Landgoed Beukenhorst en Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Inhoud

1	Historische landgoederen en klimaatverandering	1
1.1	Aanleiding: klimaatverandering en wateroverlast op historische landgoederen	1
1.2	Doel van deze verkenning	1
1.3	Wat gebeurt er met de resultaten?.....	3
2	Aanpak in vogelvlucht	4
2.1	Twee pilot-landgoederen	4
2.2	Methodiek op hoofdlijnen.....	5
3	Resultaten	9
3.1	Effecten van klimaatverandering op het erfgoed van historische pilot-landgoederen	9
3.2	Methodologische reflecties: onzekerheden en complexiteit.....	11
3.3	Maatregelen	13
3.4	Groeiende aandacht voor klimaatadaptatie op historische landgoederen	15
4	Conclusies.....	17
4.1	Inhoudelijke conclusies.....	17
4.2	Methodologische conclusies	18
5	Handelingsperspectief: aanbevelingen voor het vervolg.....	21

Leeswijzer

In dit project zijn de effecten van klimaatverandering voor twee Brabantse landgoederen in beeld gebracht, die in de toekomst (mogelijk) te maken kunnen krijgen met inundaties vanuit beeklopen. Het project heeft geresulteerd in drie werkrapporten:

- **Twee landgoedrapporten.** De resultaten van de verkenningen voor beide landgoederen (Zwijnsbergen en Beukenhorst) zijn in twee deelrapporten gepresenteerd. Ook zijn daarin voorstellen gedaan voor mogelijke maatregelen. De betrokken partijen zullen in onderling overleg bepalen welke specifieke vervolgstappen genomen kunnen worden.
- **Syntheserapport.** Op basis van de ervaringen met de twee pilot-landgoederen zijn in het syntheserapport meer algemene conclusies over de gehanteerde methode én over de effecten van klimaatverandering op historische landgoederen en buitenplaatsen in beeld gebracht. Ook doet het syntheserapport suggesties voor vervolgstappen.

1 Historische landgoederen en klimaatverandering

1.1 Aanleiding: klimaatverandering en wateroverlast op historische landgoederen

In 2016 heeft Waterschap de Dommel op basis van nieuwe klimaatmodellen van het KNMI en de STOWA zijn watersysteem (tussentijds) doorgerekend. Hiermee zijn nieuwe 'overstromingskaarten' gemaakt, met twee typen gebieden:

- a. *Regionale waterbergingsgebieden*. Deze gebieden krijgen de komende jaren te maken met een overstromingskans van eens in de tien jaar (t10-gebieden);
- b. *Reserveringsgebieden*. In de reserveringsgebieden zijn op de kortere termijn alleen onder zeer extreme weersituaties ($t > 100$) inundaties te verwachten, maar op de langere termijn (vanaf 2050) mogelijk meer regulier. Daarom worden deze gebieden 'gereserveerd', zodat er geen ongewenste ontwikkelingen plaatsvinden, zoals woningbouw.

Uit de nieuwe berekeningen blijkt dat in extreme situaties (die zich eens in tien jaar (T10) ofwel eens in de honderd jaar (T100) voordoen) grotere gebieden zullen overstromen dan tot dan toe was berekend. Via de Verordening Ruimte kan de provincie Noord-Brabant deze gebieden in het ruimtelijke beleid vastleggen. In de (nieuw aangewezen) gebieden hoeft het waterschap geen aanvullende maatregelen te nemen om wateroverlast / inundatie te voorkomen; het gaat immers om 'natuurlijke overstromingsgebieden'. Grondeigenaren hebben in deze gebieden geen recht op compensatie of schadevergoeding (zie kader beleid normloze beekdalen).

Sommige nieuwe regionale waterbergingsgebieden en reserveringsgebieden blijken samen te vallen met historische kastelen, landgoederen en buitenplaatsen. Het betekent dat historische parken, tuinen, bomen en gebouwen die gewaardeerd zijn op de provinciale Cultuurhistorische Waardenkaart en vaak ook (deels) aangeduid zijn als Rijksbeschermd historische buitenplaats te maken kunnen krijgen met wateroverlast en schade.

Die situatie stelt landgoedeigenaren voor een dilemma. De Rijksbescherming van hun erfgoed betekent immers dat zij verplicht zijn de cultuurhistorische waarden van hun landgoed in stand te houden. Het Brabants Particulier Grondbezit en een aantal landgoedeigenaren hebben bij de provincie de mogelijke aantasting van cultuurhistorische waarden dan ook aangekaart.

Bovendien heeft de provincie zich in het Cultuurconvenant 2017 – 2020 (OCW, de provincie Noord-Brabant en Brabantstad) verplicht om zich in te spannen om de aandacht voor het cultureel erfgoed bij rampen en calamiteiten te vergroten, om zo mogelijke schade en verlies te voorkomen of te beperken. Kwetsbaar erfgoed kan bij een ramp, zoals overstroming, beschadigd raken of zelfs verloren gaan. Door het nemen van preventieve maatregelen kan dit voorkomen worden (art.9). Deze aanpak past binnen een groter onderzoek van waterschap De Dommel naar kwetsbare functies in 'normloze' beekdalen.

1.2 Doel van deze verkenning

Tegen deze achtergrond heeft de provincie Noord-Brabant besloten de *Pilot Wateroverlast en Landgoederen* te starten. Doel van deze pilot is drieledig.

A. Vaststellen impact en samenstellen maatregelenpakket voor twee concrete landgoederen

Voor twee landgoederen (Beukenhorst bij Vught en Zwijsbergen bij Helvoirt) heeft de provincie in het stroomgebied van de Dommel de aanpassing van de regionale waterbergings- en reserveringsgebieden (vooralnog) niet overgenomen in de Verordening Ruimte. Deze twee landgoederen zijn opgenomen in deze pilot. Bedoeling van dit onderdeel van de pilot is:

- a. Vaststellen van het effect van toekomstige wateroverlast (en verdroging) op de erfgoedwaarden van de twee betreffende historische landgoederen c.q. buitenplaatsen (beschermd tuinen/landschapsparken, bomen en opstallen). Om dit te kunnen doen is het nodig om een beknopte geschiedenis op te stellen van de landgoederen / buitenplaatsen, de daarmee gerelateerde erfgoedwaarden, met speciale

- aandacht voor het historische waterbeheer en de ontwikkeling ervan. Onderdeel hiervan is het in beeld brengen van de gevolgen van (een eventuele) grondwaterstandsverandering op het bomenbestand.
- b. Benoemen van preventieve maatregelen die de (beïnvloede) erfgoedwaarden binnen het grondgebied van het landgoed beschermen, versterken of duurzaam ontwikkelen. Ook worden preventieve maatregelen benoemd die stroomopwaarts van de landgoederen kunnen worden genomen tegen wateroverlast en verdroging;
- c. Per landgoed: afweging van verschillende maatregelen en formulering van een voorstel voor een maatregelenpakket.

Kader: beleid rond normloze beekdalen en klimaatverandering

Vrijwel alle beken lopen door een laaggelegen gebied (het beekdal of de beekdalbodem), waar het water bij hoge afvoeren een uitweg kan vinden. Feitelijk zijn dit de uiterwaarden van de beek. Nog in het begin van de twintigste eeuw waren alle beekdalen in gebruik als hooi- en weilanden en werden die overstromingen als heilzaam gezien voor de bemesting. Tegenwoordig vindt er ook akker- en tuinbouw in beekdalen plaats en worden overstromingen minder op prijs gesteld. Dan kan er overlast en financiële schade ontstaan. Eigenaren van gronden in een beekdal hebben geen recht op schadevergoeding bij overstromingen. Er gelden ook beperkingen om te bouwen of om grond op te hogen. Dat zou immers de waterafvoer hinderen. De grenzen van het beekdal zijn bepaald aan de hand van de kans waarop overstromingen zich voordoen. We spreken van regionale waterbergingsgebieden en reserveringsgebieden.

- **Regionale waterbergingsgebieden** zijn gebieden waarvan is berekend dat ze overstroomd bij afvoeren die statistisch vaker dan 1 dag per 10 jaar voorkomen. Pieken in de waterafvoer die gemiddeld hooguit eens in de 10 jaar plaatsvinden (t-10-situatie), worden dus opgevangen in de regionale waterbergingsgebieden.
- **Reserveringsgebieden** zijn gebieden die volgens statistische berekeningen in 2050 vaker dan 1 dag per 100 jaar inunderen. Pieken in de waterafvoer die gemiddeld hooguit eens in de 100 jaar plaatsvinden (t-100-situatie met klimaatverandering), worden dus opgevangen in de reserveringsgebieden.

De regionale waterbergingsgebieden en reserveringsgebieden vormen samen de 'uiterwaarden' van de beek en vallen onder de term "normloos beekdal". Het waterschap heeft hier geen inspanningsverplichting om te voldoen aan de landelijke overstromingsnormen.

Klimaatverandering

Het waterschap beschermt dus de waterbergingsruimte in beekdalen en hoeft daarom in normloze beekdalen geen maatregelen te nemen om de situatie voor agrarisch gebruik of bebouwing (buiten de bebouwde kom) te verbeteren. De situatie mag echter niet verslechteren door ingrepen van het waterschap. In dat geval heeft de grondeigenaar recht op compensatie door middel van grondruil, technische maatregelen of een financiële vergoeding.

De situatie in normloze beekdalen kan voor eigenaren wel verslechteren als gevolg van klimaatverandering. Daardoor zullen vaker extreem hoge afvoeren optreden in beken. Uitgaande van de meest recente inzichten van het KNMI en STOWA heeft waterschap De Dommel berekend wat dit betekent voor de waterstanden en inundaties. Het blijkt dat in t-10- en toekomstige t-100 situaties hogere waterstanden zullen optreden dan tot nu toe was berekend, waarbij een verschuiving plaatsvindt van bovenstrooms naar benedenstrooms. Benedenstrooms gaan grotere gebieden overstroomd. De begrenzing van de regionale waterbergingsgebieden en de reserveringsgebieden zijn daarom aangepast. Voor grondeigenaren kan dit betekenen dat een groter deel van hun grond binnen het normloze beekdal valt waar zij het waterschap niet kunnen aanspreken om het overstromingsrisico te beperken.

B. Ontwikkeling van een methodiek

Voor het uitvoeren van spoor A wordt een methodiek ontwikkeld en toegepast. Tijdens en na de uitvoering daarvan, wordt de methodiek bijgesteld, geëvalueerd en aangescherpt. Bedoeling is dat zo een (voorstel voor een) standaardmethodiek ontstaat die op een eenduidige en objectieve manier ook toegepast kan worden voor andere cultuurhistorisch waardevolle landgoederen, buitenplaatsen en kastelen. Doel van dit spoor is:

- a. Ontwikkelen, toetsen en bijstellen van een eenduidige en objectieve methodiek die ook op andere historische landgoederen, buitenplaatsen en kastelen kan worden toegepast;
 - b. Adviseren over de doorvertaling van de uitkomsten van de pilot naar andere historische landgoederen.
- De te ontwikkelen methodiek is bedoeld voor de gehele provincie Noord-Brabant. Daarnaast kan de methodiek mogelijk ook worden toegepast in andere provincies in Nederland die met een vergelijkbare problematiek te maken hebben (er zijn inmiddels al contacten met Limburg en Gelderland). Idee is om te bekijken of de methodiek in het kader van het Rijksprogramma 'Erfgoed Telt' kan worden ingezet als 'Erfgoed Deal'.

Mogelijk kan de methodiek ook toegepast worden voor andere (groene) Rijksmonumenten die te maken krijgen met wateroverlast of droogteschade. Ook kan het project mogelijk aanknopingspunten opleveren voor de omgang met wateroverlast (en droogteschade) bij andere (niet Rijksbeschermd) historische landschapswaarden, zoals lanen. In de aanbeveling wordt dit meegenomen.

C. Nevendoelstelling: verbreding van aandacht voor erfgoed bij waterbeheer

Een nevendoelstelling van het project is de verbreding van de aandacht voor erfgoed bij waterbeheer en (ruimtelijke) wateropgaven, in eerste instantie onder waterbeheerders. STOWA en RCE werken hieraan de komende jaren verder samen. Het *Handboek Beken en Erfgoed* (Bleumink & Neefjes 2018) biedt hiervoor inhoudelijke en procesmatige aanknopingspunten. In het project geven we dit vorm door:

- Actieve samenwerking met de projectgroep, waarin waterschap de Dommel vertegenwoordigd is;
- Bij de twee werkateliers op de landgoederen zijn vanuit het waterschap verschillende specialisten aanwezig;
- In de klankbordgroep en bij de afsluitende mini-conferentie zijn ook de andere Brabantse waterschappen én Waterschap Limburg vertegenwoordigd. Bij de mini-conferentie waren ook verschillende partijen uit andere delen van hoog-Nederland aanwezig. Zie voor de deelnemerslijst bijlage 1.

Het project is uitgevoerd in opdracht van de provincie Noord-Brabant en in samenwerking met Waterschap de Dommel, Brabants Particulier Grondbezit, Landgoed Zwijnsbergen, Landgoed Beukenhorst en Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.

1.3 Wat gebeurt er met de resultaten?

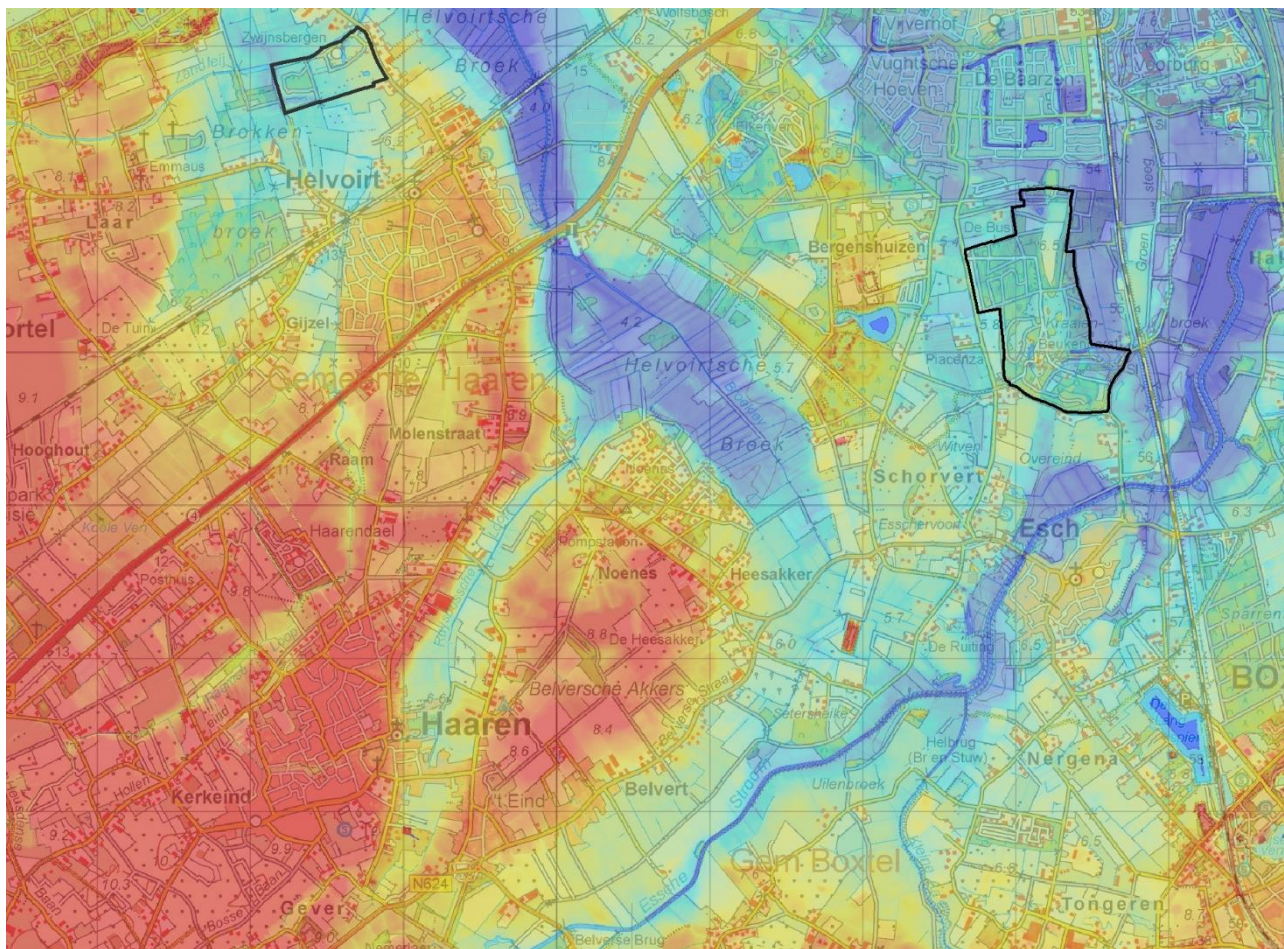
Voor beide individuele landgoederen worden de resultaten en voorgestelde maatregelen besproken met de direct betrokken partijen (waterschap, provincie, eigenaar en evt. gemeente). Het is aan het oordeel, de prioritering en de financiële mogelijkheden van de landgoederen, het waterschap, de gemeente of de provincie om te kijken of de maatregelen worden vertaald in concrete acties of verder onderzoek.

Op basis van de resultaten van het project – inclusief de resultaten van de mini-conferentie – bereidt de ambtelijke organisatie van de provincie een advies voor aan de gedeputeerde. De gedeputeerde zal in overleg met belanghebbenden tot een voorstel van de vervolgaanpak komen.

In breder perspectief bekijkt de provincie Noord-Brabant of de resultaten van het onderzoek kunnen leiden tot een bredere aanpak van klimaatadaptatie op landgoederen, niet alleen in Noord-Brabant, maar ook elders.

2 Aanpak in vogelvlucht

2.1 Twee pilot-landgoederen



Ligging van de twee pilot-landgoederen, Landgoed Zwijnsbergen (links) en Landgoed Beukenhorst (rechts)

In het pilotproject zijn de effecten van klimaatverandering in beeld gebracht voor twee pilotlandgoederen, Landgoed Zwijnsbergen (links op de kaart) en Landgoed Beukenhorst (rechts). Beide landgoederen zouden volgens de berekeningen van waterschap de Dommel in de toekomst te maken krijgen met extra inundaties / een toename van het geïnundeerde gebied als gevolg van klimaatverandering. Beide landgoederen liggen in het werkgebied van waterschap de Dommel.

Landgoed Zwijnsbergen is een relatief klein landgoed, met een historisch landhuis, direct gelegen aan de Zandleij. De Zandleij is een relatief klein stroomgebied, met relatief veel invloed en water vanuit stedelijk gebied (met name Tilburg). Het watersysteem van Zwijnsbergen heeft daarom met andere karakteristieken te maken en reageert anders dan dat van Beukenhorst. Zwijnsbergen ligt iets hoger dan Beukenhorst, en heeft niet te maken met waterinvloed vanuit de Maas.

Landgoed Beukenhorst is een groter landgoed. Het ligt aan het eind van een groter watersysteem, dat van de Essche Stroom. Hier kan wel sprake zijn van Maasinvloed: als een hoogwaterpiek op de Maas samenvalt met een hoogwaterpiek op de Essche Stroom kan het 'buitendijkse' deel van het landgoed te maken krijgen met inundaties. Het overige deel van het landgoed wordt beschermd door een historische kering.

In de beide werkrapporten van de landgoederen is een uitgebreide beschrijving te vinden van historische ontwikkeling en huidige situatie van de landgoederen en het watersysteem.

2.2 Methodiek op hoofdlijnen

Centrale vraagstelling

De centrale vraagstelling van het project is wat het effect is van wateroverlast op de erfgoedwaarden van beide historische landgoederen, en welke maatregelen genomen kunnen worden om de eventuele negatieve effecten te voorkomen of te verminderen. Om deze vragen te beantwoorden, moeten ten minste de volgende deelvragen onderzocht worden:

a. Verandering in de watersituatie als gevolg van klimaatverandering

- Wat is de huidige watersituatie met betrekking tot inundatie op het landgoed? Wat zijn de huidige t-10 en t-100 situaties?
- Welke verandering treedt er door de nieuwe klimaatberekeningen naar verwachting op, en hoe kan die gespecificeerd worden (wat zijn de nieuwe t-10 en t-100 situaties)? Vragen die daarbij spelen zijn: op welke locaties is een verandering in de watersituatie te verwachten, in welke periode en met welke duur? Met hoeveel centimeter stijgt het water ten opzichte van de huidige situatie?

b. Effect op de erfgoedwaarden

- Welke erfgoedwaarden zijn aanwezig in de gebieden waar de watersituatie als gevolg van inundaties verandert?
- Welke effecten heeft de veranderende watersituatie op deze erfgoedwaarden? Wat is de ernst van het effect?

c. Maatregelen

- Welke maatregelen kunnen worden genomen om de negatieve effecten van wateroverlast op de erfgoedwaarden te voorkomen of te verminderen? Daarbij kan het zowel gaan om maatregelen op perceels- of landgoedniveau, als om maatregelen op regionaal of stroomgebiedsniveau.

Verbreding

In de projectopzet is voor een verbreding van de vraagstelling en aanpak gekozen, zodat de effecten van wateroverlast op de erfgoedwaarden van landgoederen in een breder perspectief beoordeeld kunnen worden, en we ook uitspraken kunnen doen over de methode zelf. De verbreding bestond uit de volgende onderdelen:

- We kijken niet alleen naar de effecten van *wateroverlast* op het erfgoed van historische landgoederen, maar naar de effecten van *klimaatverandering in zijn algemeenheid*. Dat betekent dat ook verdroging, droogteschade en toenemende weersextremen mee zijn genomen in de verkenning (zie voor de brede effecten van klimaatverandering het kader). Het zwaartepunt van de verkenning lag op wateroverlast;
- We kijken niet alleen naar de recente veranderingen in de watersituatie van de landgoederen, maar schetsen ook een beeld van *historische ontwikkeling van het watersysteem*. Zo krijgen we inzicht in de (hydrologische) randvoorwaarden waaronder het landgoed zich in de loop van de tijd ontwikkeld heeft en hoe het landgoed zich aan die (veranderende) hydrologische situatie heeft aangepast. Dat geeft ook meer inzicht in de (vaak water-gerelateerde) historisch-landschappelijke erfgoedwaarden van het landgoed.
- We kijken niet alleen naar het watersysteem en de erfgoedwaarden van het landgoed, maar schetsen ook een beeld van het regionale watersysteem. Dat geeft onder meer een bredere kijk op de mogelijke maatregelen.

Op basis van de ervaring met een dergelijke brede aanpak kan besloten worden of zo'n aanpak ook in andere gevallen gebruikt kan worden, of dat een meer afgeslankte aanpak volstaat.

Effecten van klimaatverandering: meer dan toenemende risico's op inundatie en wateroverlast

Het klimaat verandert. De afgelopen honderd jaar is de gemiddelde temperatuur in Nederland zo'n 1,7°C gestegen, en sinds 1950 is het aantal jaarlijkse zomerse dagen met bijna 20 toegenomen. De afgelopen eeuw is het ook flink meer gaan regenen, vooral in het winterhalfjaar. Lag de gemiddelde jaarlijkse neerslag in 1910 rond de 700 mm, in 2015 was dat al 880 mm. Ook het aantal piekbuien nam toe.

Veel onderzoeken gaan ervan uit dat deze veranderingen in het klimaat doorzetten. Verwacht wordt dat Nederland rond 2050 te maken krijgt met een klimaat dat nu geldt voor de regio Bordeaux.

Klimaatmodellen van het KNMI (op basis waarvan de nieuwe berekeningen voor de regionale waterbergingsgebieden en reserveringsgebieden zijn bepaald) gaan ervan uit dat de jaarlijkse neerslagsom in 2050 – dus over zo'n 30 jaar – nog eens met 20 tot 50 mm zal stijgen. Aantal en intensiteit van piekbuien zal verder toenemen. Winters worden gemiddeld natter, zomers gemiddeld droger. De kans op extreem droge zomers, zoals die in 2018, neemt toe. Voor alle landgoederen en grondgebruikers – of ze nu wel of niet in een waterbergingsgebied of reserveringsgebied liggen - betekent dat voor de situatie rond 2050 globaal het volgende (zie bijvoorbeeld *Kansenkaart en klimaatstresstest Agrifood-Capital en Metropoolregio Eindhoven 2016*, www.klimaatatlas.nl of Bleumink 2014):

Grotere grondwaterfluctuaties: droger én natter

- Natter in de winter, met een lichte verhoging van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG);
- Droger in de zomer, met een (lichte) verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). In de hoge delen van Brabant wordt in 2050 een daling van de laagste grondwaterstand voorzien van meer dan 30 cm ten opzichte van nu.
- Dus: gemiddeld grotere jaarlijkse fluctuaties in de grondwaterstanden.

Vaker en grotere weersextremen

- Meer weersextremen, met grotere kansen op extreem natte of extreem droge periodes en piekbuien, in sommige gevallen met inundaties tot gevolg. Dus: meer kans op fluctuaties ver boven de GHG of beneden de GLG.
- Extreme piekbuien in de zomer (met enorme windstoten en bomen vol in het blad) kunnen ook leiden tot een verhoogd risico op windval (omwaaien van bomen); extreme hagelbuien kunnen bomen en bijzondere planten beschadigen. Ook de historische gebouwen en bijvoorbeeld historische kassen zijn hiervoor gevoelig.
- Extreem droge periodes vergroten het risico op natuurbranden.

Verschuivende klimaatzones

- Verschuivende (ecologische) klimaatzones leiden op termijn tot afnemende kansen voor 'noordelijke' (dier- en planten)soorten en variëteiten; nu al heeft de natuur te maken met verschuivende klimaatzones en een verstoord evenwicht; ook de vestiging van nieuwe soorten (inclusief ziektes en schadelijke insecten) behoort tot de klimaateffecten.
- Tot slot leiden hogere (zomer)temperaturen vooral in stedelijke gebieden tot zogenaamde hittestress, met gezondheidsrisico's voor kwetsbare groepen, zoals ouderen en zieken.

Analyse per deelgebied

Bij de beoordeling van de effecten van klimaatverandering op de watersituatie op de landgoederen, en de beoordeling van die watereffecten op de erfgoedwaarden van het historische landgoed, hebben we gewerkt met een indeling van het landgoed in logische (historisch)-landschappelijke eenheden, waarvoor bodemsoort, grondwatersituatie, relatieve hoogteligging, (historisch) grondgebruik en historisch-landschappelijke kenmerken belangrijke bouwstenen waren, evenals het risico op inundatie. Per deelgebied is vervolgens een beoordeling gemaakt van de effecten van de nieuw berekende t10- en t100 situatie op de erfgoedwaarden. Deze aanpak werd door landgoedeigenaren en projectgroep als waardevol beschouwd. Het maakte de beoordeling van de effecten door klimaatverandering hanteerbaar en inzichtelijk. Het liet ook zien dat verschillende delen van het landgoed zowel vanuit historisch-landschappelijk perspectief als vanuit (eco)hydrologisch perspectief met verschillende problemen te maken hebben.



Voorbeeldindeling in historisch-landschappelijke deelgebieden van landgoed Zwijnsbergen, met op de achtergrond de waardenkaart van de provincie en het hoogtebeeld (AHN2). 1: tuin en parkaanleg, hoger deel; 2: tuin en parkaanleg, lager deel; 3: Slotsheuvel, Kasteelsweide (grasland); 4: Rabattenbos met slingerpaden; 5: Kasteel en binnentuin; 6: Vijver en gracht.

Interactieve, stapsgewijze aanpak

A. Verkenning huidige situatie, erfgoedwaarden en veranderingen door klimaatverandering

In deze stap worden de basisgegevens bij elkaar gebracht. Belangrijke activiteiten hierin zijn:

- **Bureaustudie**, waarbij bestaande gegevens over het landgoed, het (historische) landschap en het (historische) watersysteem in kaart worden gebracht. Denk aan bodemgegevens, AHN-data, cultuurhistorische data, literatuur over watersysteem, landschap en landgoed. De belangrijkste gegevens worden ondergebracht in een GIS-bestand.
- **Overleg met het waterschap** over de achterliggende data van de berekeningen bij de oude en nieuwe klimaatmodellen; specificatie van inundatieduur, -diepte en tijdstip. Daarnaast worden gegevens geïnventariseerd over (geplande en reeds uitgevoerde) maatregelen in het stroomgebied en concrete aandachtspunten en/of lopende waterprojecten op of direct rondom het landgoed. Hierbij zijn verschillende experts van het waterschap betrokken.
- **Veldbezoek aan het landgoed, met landgoedeigenaar**. Eerste check van bureaustudie en gegevens van het waterschap aan veldwaarnemingen en informatie van de rentmeester of landgoedeigenaar. Inventarisatie van (aanvullende) historisch-landschappelijke en/of erfgoedwaarden en/of prioriteiten zoals aangegeven door de landgoedeigenaar. Inventarisatie van waterknelpunten, wensen en/of mogelijk oplossingsrichtingen.

Deze eerste stap resulteert in een beschrijving van de historische ontwikkeling van het watersysteem, het landgoed en de bijbehorende historisch-landschappelijke erfgoedwaarden, uitgewerkt per landschaps-historisch c.q. bodemkundig-hydrologisch deelgebied. Samen met het inzicht in de veranderingen in het watersysteem als gevolg van klimaatverandering ontstaat zo een eerste globale beoordeling van de effecten van klimaatverandering op de erfgoedwaarden¹.

¹ In de praktijk is in deze stap ook veel specifiek onderzoek over de relatie tussen wateroverlast, klimaatverandering en (met name groen) erfgoed bijeen gebracht, en is veel aandacht besteed aan de methodologische aspecten hiervan (zie verder hoofdstuk 3); deze kennis is nu gebundeld en beschikbaar en hoeft bij nieuwe landgoedinventarisaties niet opnieuw uitgevoerd te worden.

B. Toetsing en aanscherping van beoordeling; verkenning maatregelen

In deze stap worden de voorlopige resultaten van stap A getoetst en aangescherpt:

- Toetsing van de veranderingen in de watersituatie bij diverse experts van het waterschap;
- Toetsing van de hoofdlijnen en methodiek in de projectgroep en de klankbordgroep (zie hoofdstuk 1);
- Bespreking van de tussenresultaten in een **werkatelier** op het landgoed. Voor dit gezamenlijke werkatelier op locatie worden verschillende belanghebbenden uitgenodigd. Het gaat daarbij om de landgoedeigenaren en/of hun rentmeester/adviseur, Brabants Particulier Grondbezit, verschillende experts van het waterschap (ten minste de beheerder, met veel lokale kennis, en een kenner van het stroomgebied / klimaatverandering), gemeente, provincie (afdelingen erfgoed en water), erfgoedexperts (waaronder RCE). We raden ook aan om een bomenexpert te betrekken bij het werkatelier, om ook zicht te hebben op de vitaliteit van het groene erfgoed en de groeiplaatscondities. Tijdens het werkatelier worden niet alleen de tussenresultaten besproken en getoetst, maar ontstaat ook wederzijds begrip tussen de verschillende partijen én (gedeeld) inzicht in de complexe relaties tussen watersysteem, landgoed, grondgebruik en erfgoedwaarden. Tijdens het werkatelier zijn ook mogelijke maatregelen in het veld besproken. Voor elk landgoed is een apart werkatelier georganiseerd.



Werkatelier – veldbezoek landgoed Zwijnsbergen

C. Uitwerking tot eindadvies

In deze stap vindt de uiteindelijke beoordeling van de effecten van klimaatverandering op de erfgoedwaarden van het landgoed plaats. Ook wordt advies gegeven over mogelijk te nemen maatregelen. Het rapport wordt voorgelegd aan de landgoedeigenaren, die opmerkingen en aanvullingen kunnen doorgeven. Het rapport wordt tot slot besproken in de projectgroep (waarin landgoedeigenaren, BPG, waterschap, provincie en RCE zitting hebben). Na oplevering wordt vervolgens in overleg tussen provincie, waterschap en landgoedeigenaren besproken wat er met de resultaten en aanbevelingen gebeurt en wat de vervolgstappen zijn.

In de werkrapporten van beide landgoederen zijn de resultaten van deze methodiek terug te vinden; de rapporten vormen in die zin de weerslag van de gebruikte methodiek.

3 Resultaten

3.1 Effecten van klimaatverandering op het erfgoed van historische pilot-landgoederen

Centrale vraag is of en in welke mate het (Rijksbeschermd) erfgoed van historische buitenplaatsen, landgoederen en kastelen schade ondervindt van mogelijke inundaties, die het gevolg zijn van klimaatverandering. Daarnaast is in bredere zin gekeken naar de relatie tussen het erfgoed van landgoederen, de veranderingen in de waterhuishouding en klimaatverandering. Bij de beoordeling van de effecten onderscheiden we drie typen erfgoedwaarden: archeologisch erfgoed, gebouwd erfgoed en 'groen' erfgoed, zoals tuinen, parken, lanen en landschappelijk erfgoed. Uit de algemene literatuur en het onderzoek voor de twee pilot-landgoederen komt het volgende beeld naar voren.

Archeologie

Bij archeologische waarden gaat het om historische relictten in de bodem. Klimaatverandering kan op twee manieren effect hebben op deze waarden:

- *Inundatie en waterverzadigde bodem (door hoge grondwaterstanden).* Over het algemeen wordt aangenomen dat inundatie of een waterverzadigde bodem archeologische waarden niet aantast. Alleen door erosie zouden archeologische waarden aangetast kunnen worden. Dit lijkt op beide landgoederen niet aan de orde.
- *Droogte / verdroging.* Over het algemeen wordt aangenomen dat de conservering van vergankelijke archeologische resten onder waterverzadigde omstandigheden beter is dan onder droge omstandigheden. In dat laatste geval kan oxidatie optreden van organische resten. Structurele verdroging kan dus leiden tot aantasting van het archeologische bodemarchief. Er zijn geen aanwijzingen dat dit op beide landgoederen het geval is.

Gebouwd erfgoed

- *Inundatie en waterverzadigde bodem.* Als historische gebouwen tijdelijk te maken krijgen met wateroverlast / instromend water / langdurig hoge grondwaterstanden kan dit tot directe schade aan historische interieurs leiden. Afhankelijk van bodem en fundering kan mogelijk ook schade aan muren en fundering optreden. Bij de twee pilot-landgoederen is deze situatie niet aan de orde.
- *Droogte / verdroging.* Bij droogte of langdurige verdroging kan verzakking en/of schade aan funderingen optreden. Dit treedt met name op bij gebouwen die onvoldoende of met houten palen gefundeerd zijn en/of bij gebouwen die op inklinkingsgevoelige (onder)gronden staan (veen, klei, leem). Vooral ongelijkmatige verzakking leidt tot schade. In Noord-Brabant speelde dit op de landgoederen Heeswijk en Heeze. Op 'stevige', gelijkmatige zandgronden is het risico op verzakking door droogte gering. Dit is het geval bij Beukenhorst. Bij Zwijnsbergen wordt de (grond)waterstand in de gracht kunstmatig op peil gehouden. Hier verwachten we daardoor geen schade. Droogte kan ook leiden tot de aantasting van kades en kadefunderingen.

Historisch landschap en groen erfgoed

Bij 'groen' erfgoed gaat het om tuinen, parken, lanen en het historische landschap. Schade aan groen erfgoed door klimaatverandering is afhankelijk van veel factoren, waarbij veel onzekerheden spelen. Daarom is het niet mogelijk om het risico op schade door inundatie, periodiek hoge grondwaterstanden of droogte te kwantificeren of eenduidig te bepalen. Wel is het mogelijk om extra schade in deelgebieden min of meer uit te sluiten, of om uitspraken te doen over een vergrote kans op schade. Dat hebben we voor beide landgoederen gedaan. Bijlage 2 en 3 geven een kort overzicht van de belangrijkste wetenschappelijke achtergronden en onderzoeksresultaten met betrekking tot de relatie tussen klimaatverandering en grondwaterstandswijzigingen voor groen erfgoed.

Effecten van extra inundaties op erfgoedwaarden zijn gering

- Voor landgoed **Zwijnsbergen** betekenen de nieuwe klimaatmodellen dat het landgoed te maken krijgt met een stijging van het waterpeil van 4 cm, met daarbij een groter inundatiegebied. We komen tot de inschatting dat het risico op extra schade door inundatie bij de nieuwe klimaatberekeningen gering zal

zijn ten opzichte van de oude situatie. Dit heeft met name te maken met het feit dat de betreffende gronden in zo'n (winter)situatie toch al waterverzadigd zijn, en de extra waterlaag van 4 cm vermoedelijk relatief weinig invloed zal hebben. Ook het type grondgebruik speelt in deze afweging een rol (het gaat overwegend om graslanden en rabattenbossen). Maar het risico is ook niet uit te sluiten (zie verder deelrapport Zwijnsbergen). Met enkele gerichte maatregelen kan het risico worden verkleind (zie verder paragraaf 3.3).

- Voor landgoed **Beukenhorst** komen we tot de inschatting dat het buitendijkse deel van het Rijksmonumentale deel van het landgoed alleen in uitzonderlijke situaties te maken krijgt met inundaties (t-150). Een dergelijke situatie treedt alleen op als een hoogwaterpiek in de Essche Stroom samenvalt met een hoogwaterpiek op de Maas. Het effect van deze gecombineerde hoogwaterpiek op de cultuurhistorische waarden van dit gebied (geulvormige laagte en historische dijk) is echter beperkt tot afwezig. Beukenhorst – en het achterland richting Vught – hebben overigens wél te maken met het feit dat de historische kering die over het landgoed loopt niet voldoet aan de huidige normen; ter bescherming van Vught moet het dijktracé versterkt worden. Het waterschap onderzoekt momenteel de verschillende opties. We raden aan om hierbij het historische landschap volwaardig mee te nemen in de planvorming (zie verder het deelrapport Beukenhorst).

Vooraf toenemende risico's door droogte en weersextremen

- Uit de twee pilot-analyses en algemene literatuur blijkt dat historische landgoederen en buitenplaatsen (en boscigenaren in het algemeen) de laatste jaren te maken hebben met een toenemende kwetsbaarheid van hun bomenbestand. Dat komt vooral tot uiting in de (afnemende) vitaliteit van bomen, sterfte, ziektes, windval etc. Een conclusie van het project is dat dit effect ook op beide pilot-landgoederen is opgetreden, ook zonder dat er in de afgelopen jaren sprake is geweest van inundaties.
- Uit de literatuur, recente initiatieven, de ervaringen van de landgoedeigenaren en hun adviseurs en uit beide werkateliers komt naar voren dat veranderingen in de waterhuishouding van de afgelopen decennia hierbij zeer waarschijnlijk een rol spelen. Het gaat daarbij vooral om de algehele daling van de grondwaterstand (en mogelijk een licht herstel in de afgelopen 10 tot 15 jaar); door die algehele daling hebben extreem droge periodes, zoals in de zomer van 2018, extra veel effect. Maar ook extreme pieken van de grondwaterstand, in relatie tot pieken in de neerslag spelen een rol. Schade door verdroging en vernatting beïnvloeden elkaar nadelig. Structurele verdroging in de afgelopen decennia kan hebben geleid tot diepere wortelstelsels, waardoor bomen juist kwetsbaarder worden voor incidentele hoge pieken in de grondwaterstand, met name als dat optreedt in het groeiseizoen. Zo'n incidentele piek kan leiden tot verzwakking of afsterven van een deel van het wortelstelsel, waardoor de boom weer gevoeliger wordt voor droogteschade en voor ziektes.
- Er wordt tegenwoordig actief beleid gevoerd om verdroging te bestrijden, maar klimaatverandering kan er desondanks toe leiden dat in de toekomst meer dan nu extreme droogte voor zal komen, net als pieken in de neerslag en de grondwaterstanden. Ook toegenomen temperaturen, nieuwe ziekteverwekkers, bodemverzuring en stikstofdepositie spelen een rol.

Waterkwaliteit

Bij inundaties kan ook de waterkwaliteit van het inonderende water een rol spelen bij de ernst van de effecten. Bij grote neerslagpieken kunnen de rioolzuiveringsinstallaties het (stedelijke) regenwater namelijk niet meer aan en treden de riooloverstorten in werking. Ongezuiverd water komt dan in het watersysteem terecht, waardoor fysieke verontreinigingen en ongezuiverd water (met mogelijk medicijnresten, afvalstoffen en/of meststoffen) op de geïnundeerde gronden terecht kunnen komen. Kwetsbare, voedselarme natuurgebieden, kunnen zo te maken krijgen met incidentele verrijking of verontreiniging. Het waterschap erkent deze risico's, maar wijst er ook op dat de verontreiniging in het afgevoerde water juist bij extreme regenval sterk verdund is.

Langdurige droogte, waterstagnatie en hitte kunnen leiden tot aantasting van de waterkwaliteit in vijvers en sloten; in bepaalde gevallen kan blauwalg tot ontwikkeling komen. Op beide landgoederen is dit (nog) niet aan de orde geweest.

We verwachten vooralsnog dat de effecten van deze waterkwaliteitsaspecten op de erfgoedwaarden gering zijn.

Economische, ecologische en/of materiële schade versus schade aan erfgoed

Bij de beoordeling van de effecten van inundaties hebben we alleen gekeken naar de erfgoedwaarden. Andere aspecten, als economische, ecologische of andere materiële schade, hebben we niet meegenomen. Zo kan inundatie met verontreinigd water leiden tot economische schade, of kan een inundatie in het late voorjaar leiden tot schade aan akkerbouwgewassen of grasland; dergelijke schade is uiteraard reëel, maar vormt geen onderdeel van deze studie. Voor dat aspect is er (juridisch) geen verschil tussen een 'gewone' grondeigenaar en een historisch landgoed.

3.2 Methodologische reflecties: onzekerheden en complexiteit

Uit literatuuronderzoek en de werkateliers blijkt dat de schade aan groen erfgoed door klimaatverandering afhankelijk is van veel factoren, waarbij veel onzekerheden spelen. Daarom is het niet mogelijk om het risico op schade door inundatie, periodiek hoge grondwaterstanden of droogte te kwantificeren of eenduidig te bepalen. Of en in hoeverre schade optreedt, is afhankelijk van een groot aantal factoren. Deze paragraaf schetst de belangrijkste overwegingen bij het bepalen van de effecten van klimaatverandering op groen erfgoed. Bijlage 2 en 3 geven extra achtergrondinformatie.

(Complexe) relatie tussen inundatie en schade bij groen erfgoed

Uit literatuuronderzoek en de werkateliers blijkt dat de relatie tussen inundatie en schade aan groen erfgoed niet eenduidig is. Of en in hoeverre schade optreedt, is afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals:

- het moment en de duur van de inundatie (in het winterseizoen, als de groei van bomen is gestopt, is het effect van inundatie over het algemeen gering; in de zomerperiode, als bomen actief zijn en zuurstof nodig hebben, kan langdurige inundatie leiden tot het afsterven van wortels);
- de boomsoort en cultivar;
- de vitaliteit van de boom (is de boom bijvoorbeeld al verzwakt door droogte, een eerdere natte situatie of heel andere factoren?);
- de standplaats / bodemconditie / verdichting / betreding;
- de historische ontwikkeling van de grondwaterstand (door een diepere grondwaterstand kan een boom, afhankelijk van bodemfactoren, dieper wortelen; deze diepere wortels zijn weer kwetsbaarder voor inundaties of langdurig natte situaties).

Bij de beoordeling van de vraag of een inundatie leidt tot schade, moet ook in ogenschouw genomen worden of de inundatie optreedt in een periode van extreme neerslag ter plekke, waardoor de standplaats van de geïnundeerde begroeiing toch al waterverzadigd is, of dat wateroverlast optreedt door een inundatie veroorzaakt door neerslagpiek bovenstrooms.

Inundatie (of schade door extreem droge of natte situaties in zijn algemeenheid) hoeft niet meteen te leiden tot zichtbare directe schade, maar kan via verlies van wortelvolumen, verminderde vitaliteit en (vatbaarheid voor) ziektes en plagen tot secundaire schade leiden, waardoor de boom op termijn kan sterven.

Schade kan ook optreden buiten geïnundeerde gebieden. Bijvoorbeeld doordat de grondwaterspiegel daar meestijgt met de inundatie. Laaggelegen gebieden die door dijken of kaden worden beschermd kunnen bij inundatie van de omgeving hun water niet meer kwijt en kunnen te maken krijgen met kwelwater onder de dijk door.

Hydrologische onzekerheden

De berekende t10- en t100-situaties zijn een momentopname, die bepaalde vragen onbeantwoord laten, die voor de beoordeling van schade relevant zijn:

- Duur van de inundatie. Voor veel bomen wordt het risico op schade of sterfte vooral hoog wanneer de overstrooming langere tijd aanhoudt. De berekende pieken houden kort aan. De duur van een inundatie bij een bepaalde waterstand is in de meeste gevallen niet berekend. Voor Zwijnsbergen geldt dat het waterniveau bij een lang aanhoudende inundatie aanmerkelijk lager ligt.
- De inundaties, zoals berekend door het waterschap, kunnen optreden in het winterhalfjaar. Dan zijn de bomen in rust en is de kans op afsterven van wortels klein. Schade door inundatie is echter niet uit te

sluiten. De t100-situatie kan ook in het vroege voorjaar optreden, als de wortels al wel actief zijn. De rekenmodellen geven geen uitsluitsel over de vraag wanneer de inundaties precies optreden.

- Ook in de zomerperiode kunnen inundaties plaatsvinden. Juist dan kan de schade groot zijn. Deze mogelijke zomerinundaties zijn niet berekend. Vermoedelijk gaat het dan om kortdurende inundaties veroorzaakt door (lokale) piekbuien met een zeer lage kans, van minder dan eens in de honderd jaar. Voor zover bekend zijn de precieze effecten van dergelijke zomerinundaties niet bekend, bijvoorbeeld voor wat betreft de duur, de aeratie van de bodem, schade aan gewassen en bomen etc. Hiervoor lijkt aanvullend onderzoek wenselijk.
- In de hydrologische klimaatberekeningen zijn toekomstige beekherstelprojecten niet altijd meegenomen, omdat ze nog niet uitgewerkt zijn en/of op dit moment nog onzeker zijn. Voor stroomafwaarts gelegen landgoederen kunnen stroomopwaarts gelegen waterbergingsprojecten een gunstig effect hebben (dit geldt bijvoorbeeld voor project Pauwels, in het stroomgebied van de Zandleij); voor stroomopwaarts gelegen landgoederen kunnen beekherstelprojecten mogelijk een opstuwend effect hebben. In principe toetst het waterschap projecten hierop en voert waar nodig aanvullende maatregelen uit.

Waarde van groen erfgoed

Bij groen erfgoed kan onderscheid gemaakt worden in drie typen waarden:

- De 'monumentale' waarde van (oude) individuele bomen; oude bomen en historische beplanting zijn ook voor de beleving, als genetische bron en als natuurwaarde vaak van groot belang;
- De waarde van historisch-landschappelijke structuren, zoals houtwallen, lanen of rabattenbossen. Hierbij gaat het niet zozeer om de individuele bomen, maar om de landschappelijke structuur of het beheertype;
- In het geval van gecomponeerde ensembles, zoals tuinen en parken, kennen we de bovengenoemde aspecten vaak nog een extra waarde toe. Maar ook daarbuiten maken groene elementen vaak deel uit van landschappelijke structuren die met elkaar in relatie staan.

Bij bijvoorbeeld lanen en solitaire bomen is de monumentale waarde van individuele bomen groot, evenals de natuur-, belevings- en genetische waarde. In andere gevallen, zoals bij bijvoorbeeld rabattenbossen, die zijn aangelegd als productiebos, is van oorsprong het snij- en hakhoutbeheer een belangrijk onderdeel. Dat een individuele boom verdwijnt, betekent in dat geval niet per se dat de cultuurhistorische waarde van het bos als geheel wordt aangetast. Wel kan het gecomponeerde beeld in gevaar komen. Het verdwijnen en op tijd vernieuwen van lanen, solitair en boomgroepen vereist daardoor veel aandacht.

Het groene erfgoed is altijd al kwetsbaar geweest voor externe invloeden; klimaatverandering zal deze kwetsbaarheid nog doen toenemen. Volwassen bomen kunnen geveld worden door ziektes en plagen, verzwakken door verzuring of schade ondervinden door extreme droogte of vernatting. Het zorgvuldig opgebouwde beeld kan daardoor voor tientallen jaren verstoord raken. De historisch-landschappelijke structuur kan echter blijven bestaan door nieuwe bomen te planten.

De visie op de waarde van groen erfgoed bepaalt ook hoe we kunnen omgaan met de vervanging ervan. Moeten lanen, boomgroepen of solitair worden vervangen door bomen uit dezelfde cultivar? Of is het afsterven van een boom of het vernieuwen van een laan een aanleiding om te komen tot een andere cultivar- of boomsoortkeuze, teneinde het landgoed meer 'klimaatbestendig' te maken?

Referentieperiode

Ten opzichte van welke water-situatie moeten we schade door inundatie en wateroverlast beoordelen? Er zijn drie mogelijkheden:

- a. *Ten opzichte van een historische situatie.* Uit de twee pilot-landgoederen blijkt dat de historische situatie over het algemeen natter was, en dat inundaties in de periode tussen pakweg 1850 en 1910 vermoedelijk vaker zijn voorgekomen dan tegenwoordig;
- b. *Ten opzichte van de huidige situatie.* In de afgelopen 50 jaar is de grondwaterstand fors gedaald, en is het aantal inundaties afgenomen. Het groene erfgoed op de landgoederen heeft zich aangepast aan deze nieuwe situatie, met vermoedelijk dieper beworteling (wat de gevoeligheid voor natte situaties weer vergroot). Daarnaast hebben andere beheerstypen en economische randvoorwaarden er

bijvoorbeeld toe geleid dat de historische rabattensystemen met hakhoutbeheer verlaten zijn. Ten opzichte van deze situatie brengen inundaties een verhoogd risico met zich mee².

- c. *Ten opzichte van de verwachte situatie rond 2050.* Berekeningen voor de klimaatsituatie rond 2050 laten zien dat verwacht wordt dat de jaarlijkse fluctuaties in de grondwaterstanden groter worden, met vermoedelijk diepere gemiddelde laagste grondwaterstanden en grotere neerslagpieken, met meer extreem hoge grondwaterstanden. De relatieve extra invloed van inundaties op de waterverzadiging van de bodem neemt daarmee af.

In onze beoordeling hebben we gebruik gemaakt van de huidige situatie.

3.3 Maatregelen

Voor beide landgoederen is in de werkateliers en in overleg met de eigenaren een groslijst van maatregelen opgesteld. Daarbij is zowel gekeken naar maatregelen om (de effecten van) inundaties (en extreem hoge grondwaterstanden) te voorkomen of te verminderen als naar meer algemene maatregelen om in te spelen op klimaatverandering, inclusief verdroging en extreem droge periodes. Een combinatie van (typen) maatregelen lijkt het meest effectief.

Voor beide individuele landgoederen worden de resultaten en voorgestelde maatregelen besproken met de direct betrokken partijen (waterschap, provincie, eigenaar en evt. gemeente). Het is aan het oordeel, de prioritering en de financiële mogelijkheden van de landgoederen, het waterschap, de gemeente of de provincie om te kijken of de maatregelen worden vertaald in concrete acties of verder onderzoek. De volgende typen maatregelen worden voorgesteld.

1. Monitoring, kennisontwikkeling / -deling en evaluatie

- Om inzicht te krijgen in de effecten van klimaatverandering, mogelijke inundaties en het effect van de maatregelen, is het nodig om de huidige situatie in beeld te brengen. Een belangrijk aspect daarin is het **groeiplaatsonderzoek**, waarmee de huidige vitaliteit van het groene erfgoed in relatie tot de standplaats in beeld kan worden gebracht. Op reguliere basis kan dan monitoring verricht worden; zo'n groeiplaatsonderzoek (0-meting) kan ook benut worden voor de actualisering van een beheersplan en/of het opstellen van een klimaatplan, of kan aanwijzingen geven voor lokale maatregelen gericht op het verbeteren van de groeilocatie (zie onder);
- Monitoring grondwaterstand; koppeling aan historische meetreeksen grondwaterstanden; op veel plekken in Noord-Brabant wordt de grondwaterstand al langere tijd gemeten; mogelijk kunnen deze gegevens worden benut voor een analyse van de ontwikkeling van de historische grondwaterstand en de ontwikkeling van de grondwaterstand in de toekomst. Dat kan helpen om klimateffecten en/of maatregelen beter in beeld te brengen. De gegevens zouden dan beter toegankelijk moeten worden gemaakt voor landgoedeigenaren of hun adviseurs. Mogelijk is het nodig om een of enkele extra grondwatermeetputten op de landgoederen aan te brengen;
- Eventueel: monitoring / meetnet opzetten voor de (fundering) van gebouwd erfgoed. Dit is duur, en vooral zinvol als er concrete aanwijzingen zijn voor risico op aantasting van funderingen. Voor beide pilotlandgoederen lijkt dat niet nodig.

2. Aanpassing (detail)waterbeheer landgoed

- Het direct tegengaan van inundaties op een bepaalde locatie (bijvoorbeeld door het plaatsen van kades) is een maatregel die alleen in uitzonderlijke gevallen toegepast moet worden; het betekent immers dat het 'tijdelijk geborgen' water niet daar maar elders opgevangen moet worden en/of elders tot problemen leidt. Het kan bovendien de historische karakteristiek van het landgoed schaden. Voor beide landgoederen schatten we in dat dergelijke maatregelen niet nodig zijn;
- Inventariseren locaties op een landgoed waar water tijdelijk kan inunderen zonder dat het tot schade (aan erfgoed) leidt. Denk bijvoorbeeld aan historische hooilanden of rabattenbossen. Op die manier kan het risico worden verkleind dat andere – meer kwetsbare gebieden – te maken krijgen met

² Sinds eind jaren '90 is de grondwaterstand op veel plekken weer licht gestegen; ook zijn de weersextremen en fluctuaties toegenomen. Mogelijk vormt dat een van de verklaringen voor de afgenomen bosvitaliteit

inundaties. Historische hooilanden, broekbossen en rabattensystemen waren vaak ingesteld op natte winterperiodes;

- Door de oppervlakkige detailontwatering te verbeteren kunnen de effecten van inundaties verminderd worden, doordat overtollig water na een inundatiepiek sneller kan afstromen. Ontwatering moet ondiep / oppervlakkig plaatsvinden, omdat de maatregelen anders in droge perioden juist tot verdroging leiden. Op Zwijnsbergen kan dit plaatsvinden door oude inrichtingsmaatregelen te herstellen; de oude graslanden waren hier als het ware bol gelegd, met kleine slootjes tussen de bollingen (zoals in veenweidegebieden);
- Waterconservering. Op beide landgoederen liggen mogelijkheden om water langer vast te houden, en daarmee te voorkomen dat het grondwater in de zomer zeer diep wegzakt. Dat kan bijvoorbeeld door het verondiepen van sloten en/of het plaatsen van stuwtjes. Op landgoed Beukenhorst zijn in het afgelopen decennium al enkele stuwtjes geplaatst. Inrichting en beheer kunnen worden geoptimaliseerd. Mogelijk kunnen de (deels vervallen) rabattensystemen ook een rol spelen in waterconservering en de opvang van overtollig water (zie verder paragraaf 3.4).

Inzicht in het (fijnmazige) historische waterbeheer en grondgebruik kan hierbij een inspirerende rol spelen en (verloren) kennis over het functioneren van het watersysteem verstrekken. Het uitvoeren (én het dagelijks beheer) van dergelijke maatregelen vraagt om maatwerk.

3. Aandacht voor (historisch) waterbeheer en klimaatverandering in de beheerplannen en soortenkeuze

Een groot deel van de structuur van het landgoed is afgestemd op de historische waterhuishouding van het landgoed en de directe omgeving. In de (twee bestudeerde) beheerplannen voor de landgoederen en in de beschrijving van het erfgoed komt dat aspect van historisch waterbeheer nauwelijks terug. De beheerplannen bevatten (bijna) geen analyse van de waterhuishouding en de mogelijke risico's of kansen daarvan. Mede daardoor is er in de praktijk weinig aandacht voor de waterhuishouding, zowel wat betreft inrichting als wat betreft (dagelijks) beheer.

Klimaatverandering kan leiden tot andere afwegingen op het gebied van waterbeheer en tot een heroverweging van de inrichting van het watersysteem. We adviseren om dit wateraspect meer aandacht te geven in de (actualisatie van de) beheerplannen voor de landgoederen. Tegen die achtergrond kan in het beheersplan op de langere termijn gezocht worden naar soorten en cultivars die beter bestand zijn tegen natte / droge / fluctuerende grondwatersituaties en verschuivende klimaatzones. Bijlage 3 geeft een overzicht van de gevoeligheid van verschillende boomsoorten voor droogte en vernatting. Bij een eventuele keuze voor andere soorten of cultivars, dienen uiteraard de cultuurhistorische, landschappelijke, genetische en ecologische waarden van het groene erfgoed in de afweging mee genomen te worden.

4. Maatregelen op (stroom)gebiedsniveau

Voor beide landgoederen zijn er (mogelijk) maatregelen op gebiedsniveau. Het is belangrijk dergelijke maatregelen in beeld te brengen, omdat op die manier 'werk met werk' gemaakt kan worden, of omdat maatregelen elders in het watersysteem kunnen leiden tot andere klimaateffecten op het landgoed. Het vraagt om afstemming tussen de betrokken partijen. Vaak gaat het daarbij om andere grondeigenaren, gemeente en waterschap.

- Voor landgoed *Zwijnsbergen* geldt dat er in het stroomgebied van de Zandleij belangrijke maatregelen te verwachten zijn rond de uitvoering van project Pauwels nabij Tilburg, in de bovenloop van het gebied. In Pauwels gaat het om een meer natuurlijke, parkachtige herinrichting van de stadsrandzone, met veel aandacht voor de verbetering van het watervasthoudend vermogen en de waterkwaliteit van het watersysteem. De hydrologische effecten hiervan zijn nog niet doorgerekend. We adviseren om de effecten en mogelijke kansen nader te verkennen. Mogelijk leidt dat op termijn tot aanpassingen van de te verwachten effecten voor landgoed Zwijnsbergen (en daarmee tot aanpassingen in de te nemen maatregelen). Op gebiedsniveau liggen er verder mogelijk aanknopingspunten bij de aanpassing van de Raamse Loop en door de aankoop van extra gronden door het landgoed.
- Voor landgoed *Beukenhorst* spelen er verschillende (ingrijpende) gebiedsprojecten. Aan de zuidrand van het landgoed voldoet het historische dijktracé niet aan de eisen van een regionale kering. Het waterschap onderzoekt hoe dat tracé versterkt of aangepast kan worden, mogelijk via de aanleg van een nieuw dijktracé of door de versterking van het bestaande dijktracé. We adviseren om hierbij nadrukkelijk de erfgoedwaarden van het historische dijktracé én van het landgoed als belangrijke onderliggende waarde in de plannen mee te nemen. Aan de noordzijde vinden verschillende projecten

plaats om de watersituatie in de bebouwde kom van Vught te verbeteren. Omdat de watersituatie in het noordoostelijk deel van het landgoed samenhangt met het stedelijke watersysteem van Vught, adviseren we om dit integraal te bekijken.

3.4 Groeiende aandacht voor klimaatadaptatie op historische landgoederen

Van schade voorkomen naar kansen benutten

Niet alleen risico op wateroverlast; ook verdroging en weersextremen vragen om aandacht

Uit literatuur over bosvitaliteit en uit recente initiatieven rond klimaatverandering en landgoedbeheer, blijkt dat de brede gevolgen van klimaatverandering ook voor landgoederen steeds duidelijker worden. Ook dit pilotproject heeft duidelijk gemaakt dat de effecten van klimaatverandering verder gaan dan alleen een toenemend risico op inundaties van historische parken, tuinen en/of monumenten. Toenemende droogte (met meer kansen op droogteschade en natuurbranden), grotere weersextremen (met soms bijzonder heftige buien en hoge windsnelheden) én een warmer wordend klimaat (met verschuivingen in het ecosysteem), maken een brede kijk op klimaatadaptatie op historische landgoederen raadzaam.

Groeiende aandacht

Op verschillende plekken nemen organisaties stappen om de gevolgen van klimaatverandering op historische landgoederen (en/of in historische bossen) in kaart te brengen en maatregelen voor klimaatadaptatie te inventariseren. Zo organiseerde de stichting Kastelen, Buitenplaatsen en Landgoederen in augustus 2019 de Studiedag klimaatadaptatie voor bijzondere tuinen. Soil4U, landgoed Vilsteren en de Federatie Particulier Grondbezit werken aan een programma voor Klimaatrobuuste Landgoederen en bossen, met onder meer aandacht voor het vasthouden van water, bodemverbetering, verbeteren van de biodiversiteit en de aanplant van extra bomen (zie ook *Manifest Klimaatrobuuste landgoederen en particuliere bossen* 2019). RCE en STOWA besteedden aandacht aan historische landgoederen bij het congres landschapshistorie en waterbeheer.

Praktijkervaringen met klimaatadaptatie en klimaatrobuuste landgoederen

Ook in de praktijk werken verschillende landgoederen al aan klimaatadaptatie. Een bekend voorbeeld is Landgoed Het Lankheet bij Haaksbergen, dat historische vloeivelden heeft hersteld en op die manier bijdraagt aan waterzuivering, waterconservering, waterberging, verdrogingsbestrijding en biomassaproductie (zie www.hetlankheet.nl/het-waterpark). Het Lankheet heeft in het verleden al een klimaatbos aangelegd, met bomen die naar verwachting over een jaar of 50 ook goed passen bij het dan bestaande klimaat. Omdat Het Lankheet een groot landgoed is zonder tuin- of parkaanleg, is de aanpak in veel gevallen niet direct één op één toepasbaar op andere landgoederen, maar het laat wel zien dat inzicht in het historische waterbeheer en grondgebruik op historische landgoederen een kennis- en inspiratiebron kan zijn voor een klimaatrobuuste herinrichting van historische landgoederen en/of moderne vormen van klimaatadaptatie.

Regionale samenwerking: klimaatadaptief waterbeheer op gebiedsniveau

Klimaatadaptief waterbeheer op landgoederen kan ook in een regionaal samenwerkingsverband worden uitgevoerd. Vaak liggen landgoederen geclusterd in landgoederenzones. In Noord-Brabant is zo'n clustering bijvoorbeeld te vinden in de Baronie (ten zuiden van Breda) en de Meierij (rond Vught, ten zuiden van Den Bosch). Landgoederen zouden vanuit dat perspectief gezamenlijk een voortrekkersrol kunnen spelen in waterconservering en opvang van pieken, in samenwerking met andere landgoederen, het waterschap, gemeenten, etc.

Anders dan bijvoorbeeld agrariërs, die vaak te maken hebben met één type agrarisch grondgebruik, bestaan landgoederen vaak uit parken en/of tuinen, (natte) graslanden, akkers, (productie)bos en natuurterreinen. Daarmee ligt een meer afgewogen waterbeheer, met aandacht voor zowel productie- als natuurbeheersaspecten én recreatie, als het ware besloten in het bedrijfsprofiel. De vaak generaties lange verbondenheid met het landgoed maakt dat eigenaren vaak zowel oog voor erfgoed en traditie hebben, als voor innovatie en experiment. Landgoederen lijken daarmee goede 'spelers' om een regionale aanpak vorm te geven.

In andere delen van Nederland wordt al gewerkt met zo'n regionale landgoed-aanpak. In het stroomgebied van de Baakse Beek (Achterhoek) wordt al gewerkt aan een gebiedsgerichte aanpak van het stroomgebied, waarin samenwerking met landgoederen voorop staat. Landgoederen rond de Veluwezoom werken nu samen in het project Innocastle, ook op het gebied van klimaatverandering.

Nieuwe verdienmodellen voor historisch waterbeheer op landgoederen?

Al langer wordt gezocht naar nieuwe verdienmodellen voor landgoederen, waarbij historische functies en historische vormen van waterbeheer – zoals bosbouw op rabatten of weidebeveiliging - kunnen worden ingezet voor moderne opgaven, zoals klimaatadaptatie, biomassa-productie, CO₂-opslag of waterberging. Revitalisering van historische rabatten zou daarvoor een optie kunnen zijn.

Op veel landgoederen zijn in het verleden rabattenbossen aangelegd. Ze vertegenwoordigen als structuur (en onderdeel van het landgoed) een hoge cultuurhistorische waarde, die verbonden is aan de geschiedenis en de landschappelijke waarde van het landgoed. Ook terreinbeheerders en/of particulieren beheren vaak historische rabattenbossen. Rabatten werden vaak toegepast voor het beheer van hakhout. Sinds de jaren '50 zijn veel rabattensystemen langzamerhand in verval geraakt, mede vanwege de teruglopende economische rentabiliteit van bosbouw en/of hakhoutbeheer. De rabatten zijn niet meer onderhouden, zijn dichtgeslibd met bladeren en/of deels ingestort. Dat heeft zowel gevolgen gehad voor de waterafvoerende als voor de waterconserverende functie van rabattensystemen. Hakhoutstobben zijn niet meer geoogst, en vaak uitgegroeid tot volwassen bomen; in combinatie met verdroging (en toenemende zomerstormen) zijn op veel plekken bomen omgewaaid. Op andere plekken zijn ook de rabatsloten begroeid geraakt. Dit algemene beeld komt ook op Zwijsbergen en Beukenhorst voor.

Op verschillende plekken, zoals Landgoed Twickel, wordt nu geëxperimenteerd met nieuwe vormen van hakhoutbeheer in historische rabattensystemen (zie bijvoorbeeld

<https://www.probos.nl/projecten/innovaties-in-beheer/1123-elzen-hakhout-op-omgekeerde-rabatten>).

Hierbij wordt een combinatie gezocht tussen klimaatadaptatie, waterconservering en waterberging, duurzame bosbouw en biomassa-productie (ten behoeve van bijvoorbeeld woningbouw), CO₂-vastlegging en eventueel waterzuivering. Juist in natte, potentiële waterbergingsgebieden, zouden hiervoor mogelijkheden kunnen zijn. Het bouwt voort op de historische vorm van bosbeheer en bosbouw op landgoederen, en zou – indien rendabel – een nieuwe economische drager voor landgoederen kunnen zijn. Op initiatief van onder meer Probos, WUR en VBNE werkt waterschap Brabantse Delta momenteel aan de aanplant van 'klimaatlim' korte omloop bos in waterbergingsgebieden. In het project 'Productief Peppelland' wordt gezocht naar duurzame en innovatieve toepassingen van Brabants populierenhout in de woningbouw (zie www.peppelhout.nl/peppelhout-scoort-bij-prijsvraag-brood-sp/).

4 Conclusies

4.1 Inhoudelijke conclusies

1. Ten opzichte van de algemene effecten van klimaatverandering zijn de effecten van extra inundaties op erfgoedwaarden van de twee pilotlandgoederen beperkt

Centrale startvraag van het project was of en in welke mate het (Rijksbeschermd) erfgoed van historische buitenplaatsen, landgoederen en kastelen schade ondervindt van mogelijke inundaties, die het gevolg zijn van klimaatverandering.

Voor de twee landgoederen zijn geen negatieve effecten op gebouwd erfgoed of archeologische waarden te verachten als gevolg van extra inundaties door klimaatverandering. Het groene erfgoed (lanen, parken, tuinen, boomgroepen) en de historisch-landschappelijke waarden van de landgoederen zijn gevoeliger voor extra inundaties door klimaatverandering.

- Voor landgoed **Zwijnsbergen** betekenen de nieuwe klimaatmodellen dat het landgoed te maken krijgt met een stijging van het waterpeil van 4 cm, met daarbij een groter inundatiegebied. Het risico op extra schade door inundatie bij de nieuwe klimaatberekeningen wordt ingeschat als gering ten opzichte van de oude situatie, maar het risico valt niet uit te sluiten. Met enkele gerichte maatregelen kan het risico worden verkleind.
- Voor landgoed **Beukenhorst** komen we tot de inschatting dat het buitendijkse deel van het Rijksmonumentale deel van het landgoed alleen in uitzonderlijke situaties te maken krijgt met inundaties (t-150). Een dergelijke situatie treedt alleen op als een hoogwaterpiek in de Essche Stroom samenvalt met een hoogwaterpiek op de Maas. Het effect van deze gecombineerde hoogwaterpiek op de cultuurhistorische waarden van dit gebied (geulvormige laagte en historische dijk) is echter beperkt tot afwezig.

Bij de beoordeling van de effecten van inundaties hebben we alleen gekeken naar de erfgoedwaarden. Andere aspecten, als economische, ecologische of andere materiële schade, hebben we niet meegenomen. Voor deze aspecten is er (juridisch) geen verschil tussen een 'gewone' grondeigenaar en een historisch landgoed.

2. Voor andere landgoederen mogelijk wel significant negatieve effecten van extra inundaties

De inhoudelijke conclusies voor de twee pilot-landgoederen kunnen niet één-op-één worden doorvertaald naar andere historische landgoederen. Elk watersysteem reageert immers anders, en in elk watersysteem treden andere verschuivingen op bij een vergelijking tussen de oude en nieuwe klimaatberekeningen. Een landgoed in het bovenstroomse deel van een watersysteem, of dicht tegen een beekloop, heeft met andere hydrologische effecten te maken dan een landgoed in een benedenstrooms deel van het watersysteem. Ook de erfgoedwaarden en de locatie daarvan verschillen per landgoed. Het betekent dat voor elk landgoed dat hiermee te maken heeft, een aparte analyse nodig is. Andere landgoederen kunnen ook te maken krijgen met effecten voor archeologische waarden of gebouwd erfgoed.

In deze verkenning is geen analyse gemaakt van de risico's voor andere Brabantse landgoederen in beeksystemen.

3. Vooral toenemende risico's door droogte en weersextremen

- Uit de twee pilot-analyses en algemene literatuur blijkt dat historische landgoederen en buitenplaatsen (en boseigenaren in het algemeen) de laatste jaren te maken hebben met een toenemende kwetsbaarheid van hun bomenbestand en het groene erfgoed. Dat komt vooral tot uiting in de (afnemende) vitaliteit van bomen, sterfte, ziektes, windval etc.
- Ook landelijk wordt deze ontwikkeling als *alarmerend* beschouwd. Met name de toegenomen en te verwachten toename in grondwaterfluctuaties en weersextremen speelt hierin vermoedelijk een rol. Historische tuinen, parken, lanen en bosopstanden staan hierdoor onder druk. Ook archeologische waarden en gebouwd erfgoed kunnen hiermee te maken krijgen. Het wetenschappelijk onderzoek over de relatie tussen klimaatverandering, erfgoed en de vitaliteit van groen erfgoed is sterk in ontwikkeling.

- Deze pilotstudie onderstreept dat klimaatverandering in bredere zin vragen oproept over het behoud en beheer van (groen) erfgoed. Klimaatverandering kan (grote) invloed hebben op de ecologische, economische, hydrologische en cultuurhistorische 'vitaliteit' van historische landgoederen.
- Ook erfgoed dat niet binnen historische landgoederen is gesitueerd, kan te maken krijgen met de negatieve gevolgen van klimaatverandering. Dat geldt voor archeologische waarden, monumenten en groen erfgoed.



Wateroverlast Kasteel Heeze in 2010

4. Voor beide pilotlandgoederen zijn er maatregelen om de effecten van klimaatverandering (deels) op te vangen

- Voor beide pilotlandgoederen zijn er maatregelen om de effecten van klimaatverandering (deels) op te vangen. Het gaat daarbij om maatregelen in de detailontwatering (stuwtdjes, ondiepe ontwatering), het beter benutten van bepaalde vormen van historisch grondgebruik voor de opvang van water (rabatten, hooilanden) en meer aandacht voor (historisch) waterbeheer en klimaatverandering in de beheersplannen. Daarnaast is het belangrijk om te bekijken of er koppelingen mogelijk zijn met maatregelen op gebiedsniveau. Dat vraagt om afstemming met waterschap, gemeente en aanpalende grondeigenaren.
- Om de effecten van klimaatverandering (en de genomen maatregelen) te kunnen monitoren en evalueren, is het nodig om een beperkt meetnet op te zetten; deels kan dat door de landgoederen te koppelen aan al bestaande meetnetten. Daarnaast is als 0-meting een groeiplaatsonderzoek van belang, waarmee de vitaliteit van historisch groen in kaart kan worden gebracht.

4.2 Methodologische conclusies

1. Schade aan groen erfgoed: complexe bodem-water-plant-relaties

Schade aan groen erfgoed door klimaatverandering (en met name inundatie) is afhankelijk van veel factoren, waarbij veel onzekerheden spelen. Daarom is het niet mogelijk om het risico op schade door inundatie, periodiek hoge grondwaterstanden of droogte te kwantificeren of eenduidig te bepalen. Wel is het mogelijk om extra schade in deelgebieden min of meer uit te sluiten, of om uitspraken te doen over een vergrote kans op schade.

2. Brede historische benadering agendeert brede klimaat- en waterproblematiek van landgoederen

In het project is gekozen voor een brede historische benadering, waarin ook de historische ontwikkeling van het landgoed (in relatie tot zijn omgeving) en van het watersysteem in kaart is gebracht. Water is altijd sterk bepalend geweest bij de locatiekeuze van kastelen en landgoederen. Vaak kwamen die aan de rand

van beekdalen en broekgebieden te liggen. De bestaande erfgoedwaarden hebben vaak nog een samenhang met het water. Elementen van historische landgoederen, zoals vloeiveiden, watermolens, grachten, waterpartijen en rabatten, evenals de ligging van de gebouwen op de hogere gronden, hangen vaak direct samen met de (historische) watersituatie. Ook de ontwikkeling van het watersysteem in de afgelopen anderhalve eeuw, en de watergerelateerde ontwikkeling van het landgoed zelf is van belang om de huidige problematiek in een context te zien. Voor de eigenaren van beide pilot-landgoederen, maar ook voor de andere deelnemers aan het project, vormde inzicht in (de complexiteit van) het historische en actuele waterbeheer een eye-opener. Ook de complexiteit van de relatie tussen waterbeheer, klimaatverandering en schade, was een eye-opener.

Door de brede benadering is de meer algemene klimaat- en waterproblematiek van de landgoederen op de agenda van provincie, waterschap en landgoedeigenaren gekomen, met name in relatie tot de bosvitaliteit; ook de landgoedeigenaren zijn zich meer bewust geworden van de uitdagingen die klimaatverandering met zich meebrengt.

3. Veldbezoek en werkateliers leiden tot breder inzicht en wederzijds begrip

De werkateliers worden door alle deelnemers als bijzonder waardevol beschouwd. Het samenbrengen van verschillende organisaties en verschillende expertises leidt tot:

- Meer begrip van de complexe situatie op het raakvlak van waterbeheer, klimaatverandering, (groen) erfgoed en het functioneren van landgoederen;
- Meer begrip van de verschillende belangen en elkaars positie;
- Een situatie waarin het mogelijk is om gezamenlijk over problemen en mogelijke oplossingsrichtingen te praten;
- Gezamenlijke energie om de problematiek rond landgoederen en klimaatverandering op een ontwikkelingsgerichte manier te benaderen, waarin ook de rol die landgoederen kunnen spelen bij het oplossen van vraagstukken rond klimaatadaptatie in beeld komt.

De werkateliers vragen een goede voorbereiding en waren in de huidige opzet en bezettingsgraad bijzonder arbeidsintensief. Voor een effectieve (en goedkopere) opzet denken we aan een slankere bezetting, met ten minste de landgoedeigenaar en/of beheerder / terreinkenner, een erfgoedexpert en de beheerder van het waterschap. Afhankelijk van de aard van de problematiek, kan ook overwogen worden de gemeente en/of een bomenspecialist bij het werkatelier te betrekken. Ook voor een slanker werkatelier is het nodig om een min of meer integrale analyse van het landgoed te maken.

4. Voor een enkelvoudige effectbeoordeling kan een quick scan vermoedelijk volstaan

Voor de enkelvoudige beoordeling van de vraag of een hoogwatersituatie / inundatie (op basis van de nieuwe berekeningen van het waterschap) leidt tot schade aan het erfgoed van historische landgoederen, lijkt een meer afgebakende methode te kunnen volstaan. Dit concluderen we mede door de ervaringen bij Beukenhorst. Die aanpak zou er als volgt uit kunnen zien:

a. Quick scan mogelijke schade aan erfgoed door inundatie

- lokaliseren van het gebied (binnen het Rijksbeschermd landgoed) dat met inundaties te maken krijgt;
- concretiseren van de fysieke veranderingen die optreden in de nieuwe t10- en t100-situatie ten opzichte van de oude situatie³;
- door literatuurstudie en veldbezoek in kaart brengen van concrete erfgoedwaarden in het nieuw / extra te inunderen gebied;
- beoordeling van de te verwachten schade aan erfgoed.

Alleen als dit tot aanvullende vragen leidt over de historische ontwikkeling van het watersysteem, de historische ontwikkeling van het landgoed of over de relatie met andere waterbeheersaspecten, kunnen eventuele vervolgstappen gezet worden. Die kunnen bestaan uit:

b. Nader historisch onderzoek;

c. Inventarisatie van maatregelen.

In een dergelijke smalle aanpak staat een brede benadering van klimaatverandering en waterbeheer op historische landgoederen niet centraal. Ook het aantal betrokken partijen kan beperkt zijn. De aanpak leidt dan ook niet tot aanbevelingen voor een breder maatregelenpakket of tot meer onderling begrip en/of een gezamenlijke uitvoeringsagenda.

³ In enkele gevallen kan sprake zijn van zogenaamde T150-situaties (zoals bij landgoed Beukenhorst)

5. De methode is in principe ook toepasbaar in andere situaties

Hoewel de methode ontwikkeld is voor historische landgoederen en buitenplaatsen, kan hij ook gebruikt worden voor andere locaties met hoge cultuurhistorische waarden die te maken kunnen krijgen met inundaties, met name op het gebied van groen erfgoed. Deze pilotstudie onderstreept dat klimaatverandering in bredere zin vragen oproept over het behoud en beheer van (groen) erfgoed.

5 Handelingsperspectief: aanbevelingen voor het vervolg

Op basis van de ervaringen met de twee pilotlandgoederen en de resultaten van het project, is op 29 augustus 2019 in Kasteel Heeze een mini-conferentie georganiseerd, waaraan verschillende regionale en landelijke (belangen)partijen en kennisinstellingen deelnamen (zie bijlage 1 voor de lijst met deelnemers). In brede zin werden de resultaten en conclusies van de verkenning herkend en onderschreven. Gezamenlijk is gewerkt aan een agenda voor een vervolg van het project, wellicht als onderdeel van de **Erfgoed Deal**. Breed wordt onderkend dat de problematiek rond historische landgoederen, erfgoed en klimaatverandering urgent is en om aandacht vraagt. In verschillende delen van (hoog) Nederland zijn de landgoederenzones belangrijke dragers van het cultuurlandschap, natuurwaarden, erfgoed en de landschappelijk-recreatieve aantrekkelijkheid van een gebied. Landgoederen kunnen daarbij niet alleen schade lijden door klimaatverandering, maar juist ook bijdragen aan klimaatadaptatie. De komende jaren staan er grote uitvoeringsprojecten rond klimaatadaptatie op stapel. De droge zomers van 2018 en 2019 en de wateroverlast van 2016 hebben duidelijk gemaakt dat klimaatverandering een urgent probleem is.

1. Aan de slag met de maatregelen voor de twee pilot-landgoederen

De pilotstudie heeft voor beide pilotlandgoederen geresulteerd in een risico-inventarisatie en voorstellen voor concrete uitvoeringsmaatregelen. We adviseren provincie, waterschap en evt. gemeenten om samen met de landgoederen te bekijken welke concrete vervolgstappen gezet kunnen worden. Het rapport adviseert om te werken aan a) nulmeting en monitoring, b) maatregelen in detailontwatering en waterconservering binnen het landgoed, c) herijking van het beheersplan en d) maatregelen op gebiedsniveau. Deze maatregelen zijn opgenomen in de werkrapporten voor de landgoederen. We adviseren de geschetste maatregelen nader uit te (laten) werken en uit te (laten) voeren, mits de landgoedeigenaren bereid zijn om het bijbehorende beheer toe te passen. Er zijn dan goede afspraken nodig over de verdeling van kosten en verantwoordelijkheden.

Wellicht kunnen de beide landgoederen ook meewerken aan een breder pilotproject rond klimaatadaptatie op historische landgoederen (zie aanbeveling 4).

2. Structurele aandacht voor erfgoed bij klimaatverandering en waterbeheer

- a. De pilot laat zien dat het belangrijk is om bij het doorrekenen van klimaatmodellen de effecten op (groene) erfgoedwaarden van historische landgoederen en buitenplaatsen mee te nemen. Meeste prioriteit dient daarbij uit te gaan naar Rijksbeschermd erfgoedwaarden. Deze aanbeveling geldt niet alleen voor historische landgoederen, maar in zijn algemeenheid voor al het (Rijksbeschermd) erfgoed dat te maken krijgt met extra risico op inundaties door klimaatverandering.
- b. De komende jaren komt er in Noord-Brabant veel aandacht voor de herinrichting van klimaatrobuuste beekdalen. Het verdient aanbeveling om erfgoed daarin een volwaardige plek te geven, als te toetsen waarde én als mogelijke kans. In drie gebieden wordt nu al gewerkt aan de planvorming voor klimaatrobuuste beekdalen, Aa-dal, Tongelreep en Aa of Weerrijs. De analyse en maatregelen zoals uitgewerkt in dit rapport kunnen een bouwsteen zijn voor de uitwerking van deze casus-gebieden. Mogelijk kunnen landgoederen een proactieve rol spelen bij de inrichting van klimaatrobuuste beekdalen (zie aanbeveling 4). Het *Handboek Beken en Erfgoed* van de Stowa en de RCE biedt concrete aanknopingspunten voor het meenemen van erfgoed bij beekherstelprojecten.
- c. Aandacht voor communicatie. De termen 'regionale waterbergingsgebieden' en 'reserveringsgebieden', de daarbij daadwerkelijk optredende effecten en de juridische implicaties daarvan blijken voor landgoedeigenaren (en veel anderen) lastig te zijn. Bij (toekomstige) discussies over de (ruimtelijke) betekenis van deze begrippen, verdient het aanbeveling om deze begrippen zo concreet mogelijk uit te leggen en liefst samen in het veld te gaan kijken. De constatering dat de waterhoogtes bij Zwijnsbergen met 4 cm zouden stijgen ten opzichte van de huidige klimaatsituatie, maakte de klimaatberekeningen meer concreet voorstelbaar.

3. Klimaatverandering op de agenda bij kennisontwikkeling rond (groen) erfgoed

Klimaatverandering heeft invloed op de vitaliteit en toekomstbestendigheid van (groen) erfgoed. Dat leidt niet alleen tot problemen bij landgoederen, maar ook bij bijvoorbeeld boerderijen, historische bossen en/of (bij parken, lanen en tuinen) in het stedelijk gebied. We adviseren:

- a. Bekijk (als RCE, ERM en kennisinstituten) of het nodig is om voor landgoedeigenaren (en andere eigenaren van groen erfgoed) een handreiking of afwegingskader te ontwikkelen waarmee landgoedeigenaren een afgewogen keuze kunnen maken voor de omgang met groen erfgoed, die zowel recht doet aan de historische, landschappelijke, esthetische en historisch-ecologische waarden, als aan de effecten van klimaatverandering. Breng daarvoor kennis en ervaring bijeen en/of ontwikkel nieuwe kennis om landgoedeigenaren te ondersteunen bij keuzes op het gebied van behoud / vervanging / duurzaam beheer van groen erfgoed. Ontwikkel strategieën en investeer in kennisuitwisseling.
- b. Gezien het belang van de veranderende (grond)watersituatie als gevolg van klimaatverandering, én de grote rol van het (historische) waterbeheer in de historische ontwikkeling van landgoederen, adviseren we om die historische relatie tussen landgoed en watersysteem mee te nemen in de (redegave) beschrijving van het landgoed en de waardestelling. De uniciteit van landgoederen hangt niet alleen samen met de ontworpen aanleg, maar ook met de inbedding ervan in het landschap en de aanpassing op de watersituatie. Zo zijn de verschillen in de aard van de buitenplaatsen Zwijsbergen en Beukenhorst voor een groot deel te verklaren uit de historische watersituatie. Met deze inzichten komt het functioneren van het landgoed binnen het historische landschap beter tot uiting, wat meer handelingsperspectieven biedt in relatie tot klimaatverandering. Dat helpt gemeenten en landgoedeigenaren om meer zich te krijgen op het belang en de mogelijkheden van (detail)waterbeheer.
- c. Bekijk of groeiplaatsonderzoek en/of monitoring van het watersysteem subsidiabel gemaakt kunnen worden in de Sim / Brim.

4. Van schade voorkomen naar samenwerken aan klimaatadaptatie

Verschillende voorbeelden laten zien dat historische landgoederen kunnen bijdragen aan het oplossen van klimaatproblemen (door CO₂ vast te leggen, duurzame grondstoffen te produceren, en water te conserveren, zuiveren of bergen). We adviseren om te onderzoeken of er onder landgoedeigenaren animo bestaat om met een dergelijke, meer pro-actieve benadering van klimaatadaptatie aan de slag te gaan. Dat kan op verschillende manieren:

- Regeling openstellen voor landgoederen die – net als Zwijsbergen en Beukenhorst – aan de slag willen met een probleemanalyse en maatregelenpakket; kennisuitwisseling is hierin een belangrijk onderdeel;
- Gebiedsgerichte samenwerking binnen een landgoederenzone (zoals Den Bosch of Breda). Door gebiedsgerichte samenwerking kunnen landgoederen bijdragen aan regionale klimaatopgaven; water houdt zich immers niet aan de grenzen van de landgoederen; mogelijk kan aangesloten worden bij de drie cases voor de inrichting van klimaatrobuuste beekdalen, bij de Aa, de Tongelreep en de Aa en Weerrijs. Ook samenwerking en kennisuitwisseling op stroomgebiedsniveau kan hierbij interessant zijn;
- Thematische samenwerking, bijvoorbeeld op het gebied van onderzoek naar nieuwe verdienmodellen voor historische vloeivelden of rabattensystemen. Denk aan de uitwerking van voorbeeldprojecten en kennisuitwisseling.

5. Investeer in (landelijke) kennisuitwisseling

Op verschillende plekken in het land zijn partijen bezig met initiatieven rond klimaatadaptatie en groen erfgoed op historische landgoederen. Er is behoefte aan samenwerking, kennisuitwisseling en de gezamenlijke formulering van een kennis- en onderzoeksagenda.

6. Investeer in communicatie en het betrekken van andere partijen

De problematiek rond historische landgoederen en klimaatverandering is betrekkelijk nieuw; het is een speelveld in ontwikkeling. Daardoor is het voor veel partijen ook relatief onbekend terrein. Het is bijvoorbeeld belangrijk om gemeenten mee te nemen, onder meer vanuit hun verantwoordelijkheid voor erfgoed en de omgevingsvisie. Landgoederen zijn vanuit landschappelijk, recreatief en historisch oogpunt vaak belangrijk voor gemeenten. Agendeer de problematiek door deze te inventariseren, de urgentie te benoemen en oplossing aan te reiken (handelingsperspectief bieden).

7. Onderzoek de mogelijkheden voor een Erfgoed Deal

De Erfgoed Deal, die in het kader van het nieuwe OC&W-programma 'Erfgoed Telt' door diverse partijen is ondertekend, biedt mogelijkheden om integrale samenwerkingsprojecten op te zetten en (mede) te financieren op het raakvlak van onder meer water en erfgoed. We adviseren om te onderzoeken of

bovenstaande bouwstenen voor een vervolg ondergebracht kunnen worden onder de Erfgoed Deal, wellicht in samenwerking met partijen in andere delen van Nederland, die met een vergelijkbare problematiek te maken hebben.

Bronnen

In dit overzicht zijn de bronnen opgenomen die zijn gebruikt voor beide deelstudies en voor het syntheserapport. Naast de genoemde literatuur, kaartmateriaal internetinformatie is gebruik gemaakt van gegevens over hoogwaterstanden die beschikbaar zijn gesteld door Waterschap de Dommel. Ook is gebruik gemaakt van de informatie van de landgoedeigenaren tijdens de veldinventarisatie en van de resultaten van de veldbezoeken aan beide landgoederen.

- BAAC, Archeologie en Bouwhistorie, z.j. Provincie Noord-Brabant, cultuurhistorische complexen. (concept)kaartbijlagen van Landgoed Beukenhorst en Landgoed Zwijnsbergen.
- Bleumink, H. & J. Neefjes. 2018. *Handboek Beken en Erfgoed*. STOWA en RCE, Amersfoort.
- Bleumink, H. 2014. *Hotspot Droge Rurale Gebieden. Bouwstenen voor duurzame klimaatadaptatie in hoog Nederland*. Kennis voor Klimaat, Utrecht.
- Bouman, M.A., L.B. Stelwagen, E.A. de Vries en A.F.M. Olsthoorn, 2001. Verdrinken de bomen? Een onderzoek naar effecten van vernatting op de groei van bomen. Alterra-rapport 314 .
- Buis, J. (1985), *Historia forestis. Nederlandse bosgeschiedenis*, HES Uitgevers, Utrecht.
- Burg, J. van den, A. Oosterbaan. 1990. Bodemeisen en minerale voeding van de zomereik. Nederlands bosbouw tijdschrift 1990.
- Burg, R.F, van der, E. Brouwer, R.J. Bijlsma, A.B. van den Burg, G.A. van Duinen, P.W.F.M. Hommel, Jansen, A.J.M., E.C.H.E.T. Lucassen & R.W. de Waal, 2014. Preadvies voor herstel en ontwikkeling van vochtige bossen op de pleistocene zandgronden. Rapport nr. 2014/OBN192-NZ. Driebergen, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren.
- Iersel, H. van, 2018. Voor eikensterfte is niet één oorzaak aan te wijzen. Artikel op www.boomzorg.nl.
- Immerseel, R. van, 2003. De buitenplaats Beukenhorst te Vucht. In: De Woonstede door de eeuwen heen, 2003, nr 137 p. 2 - 10.
- Jansen, P.C., M. Knotters, D.J. Brus en J.B.F. van der Horst, 2003. Reconstructie van historische grondwaterstandskarakteristieken met grondwaterstanden gemeten in de periode 1952-1955.
- Kaljee, H. 2004. Effecten van vernatting op bomen. kwartaalblad voor de kring praktiserende boomverzorgers, nummer 20 zomer/herfst 2004.
- Kanen-Verlinden, A.J.J. 2013. *Lange tijdreeksanalyse in het kader van KRW en RWSR*. RoyalHaskoningDHV in opdracht van de provincie Noord-Brabant
- Kansenkaart en klimaatstresstest Agrifood-Capital en Metropoolregio Eindhoven 2016*.
- Kolowski, T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. In: Tree Physiology Monograph No. 1. (<https://academic.oup.com/treephys/article-pdf/17/7/490/21565569/17-7-490.pdf>)
- Kopinga, J., 2008. Effects of a permanent increase in groundwater level on the survival of trees - development of a predictive tool, International society of arboriculture.
- Lusink, M., J.P.G. de Klein, 2002. Geïntegreerd Bosbeheer op Landgoed Beukenhorst. Silve, Rapport 02-1 9.
- Maes, B., 2016. Atlas van het landschappelijk groen erfgoed van Nederland. Cultuurhistorisch waardevolle bossen, houtwallen en heggen (toelichting bij website <https://landschapinnederland.nl/kaart-groen-erfgoed>).
- Manifest Klimaatrobuuste landgoederen en particuliere bossen*. 2019. Soil4U en Federatie Particulier Grondbezit, Vilsteren, oktober 2019.
- Niinemets U., and F. Valladares, 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate Northern Hemisphere trees and shrubs. Ecological Monographs. 76:521–547 (<http://www.esapubs.org/Archive/mono/M076/020/appendix-A.htm>)
- Olsthoorn, A.F.M., G.W. Tolkamp, M.J. Koch, 2001. Effecten van vernatting op de groei en vitaliteit van eik, beuk en Douglas in Roden, Leende en Gees, Alterra rapport 276.
- Olsthoorn, A.F.M., J. Kopinga, G.W. Tolkamp, C.A. van den Berg, C.J.F. ter Braak, 2003. Effecten van vernatting in bossen, Ministerie van LNV.
- Oosterbaan, A., R. Bobbink en M. Decuyper, 2014. Onderzoek naar de relatie van eikensterfte met droogte en bodemchemie.
- Oosterhout, W.C.M. van. 1992. *Vijftig jaar waterschap de Zandleij (1942 – 1992)*. Jubileumuitgave van het waterschap De Zandleij, Udenhout.

- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2019. Beukenhorst monumentomschrijving RCEcomplex_511537. *Datum van downloaden 14 maart 2019.*
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2019. Zwijsbergen monumentomschrijving RCEcomplex_519545. *Datum van downloaden 14 maart 2019.*
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. 2012. *Een toekomst voor groen. Handreiking voor de instandhouding van groene monumenten.* Amersfoort, 2012.
- Schoonderwoerd, H. en W.G.M. Bastiaanssen, 2003. De relatie tussen hydrologie en bosvitaliteit op landgoed Beukenhorst. Silve, Waterwatch, rapport 03-16.
- Siebel, 1999. Wordt het ooit wat met het ooibos? Nederlands Bosbouw tijdschrift, 1999.
- SNL natuurbeheerplan. Bijlage 4 Gebiedsbeschrijving 'Stroomgebieden'.
- Stalman, V.P.D., (Groenwacht Nederland), 2015. Inspectierapport Beukenhorst.
- Steur, G.G.L. en W. Heijink, 1991. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000. Algemene begrippen en indelingen, 4^e uitgave. Staringcentrum Wageningen.
- Stichting Particuliere Historische Buitenplaatsen, 2009. Beheerplan Zwijsbergen 2009 tot en met 2015.
- Stichting voor Bodemkartering, 1969. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, toelichting bij kaartblad 45W 's-Hertogenbosch.
- Strootman Landschapsarchitecten. 2019. *Landschapspark Pauwels. Masterplan.* In opdracht van de gemeente Tilburg.
- Stuurman, R.J., 2003. De historische verbreiding van inundatiegebieden in de provincie Noord-Brabant. TNO-rapport, NITG 03-241-A.
- Suijk, M., 2019. Leidraad opname bomen landgoederen. Copijn, Tuin- en Landschapsarchitecten.
- Thate, J.B. (Fumax b.v.), 1983. Beheersplan landgoed Zwijsbergen.
- Tromp, H., R. van Immerseel, P. Verhoeff, 2007. 'Zoo werkt hier alles tot vo[making van 't gehee[']'. In: Wevers, 2007.
- VBNE, Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren, 2015. Praktijkadvies dennenscheerder en letterzetter.
- Vries, J. de. 1999. *Een ontginning van groot allure. Een eeuw Helvoirts Broek.* I.S.M. Baud en J.M. Baud.
- Wevers, L. e.a., 2007. Zwijsbergen, Herrezen uit de as.
- Wit, M. de, P. Schellens, A. de Wit, J. de Hoog, M. Berg & J. van der Staak. 2005. *Ecologische verbindingzone Zandleij 2e fase. Ontwerp inrichtingsplan.* Waterschap de Dommel, Boxtel.

Websites

- www.boomzorg.nl
- <https://landschapinnederland.nl/kaart-groen-erfgoed>
- www.klimaatatlas.nl
- www.vdberk.nl
- www.boomzorg.nl
- www.rassenlijstbomen.nl
- AHN viewer
- www.kaartbank.brabant.nl

Kaarten

De volgende kaarten zijn gebruikt ter analyse van het historische landschap in het studiegebied. De meeste van deze kaarten zijn op internet te vinden:

- Eerste kadasterkaart, Minuutplan 1832
- Historische topografische kaarten (www.topotijdreis.nl)
- Bos van Toen, kaart van de eerste bosstatistiek (omstreeks 1940).
- Bodemkaart van Nederland, 1:50.000
- Moderne topografische kaart
- Hoogtebeelden (AHN2 gegevens)
- ARCHIS Nederland (archeologische vindplaatsen en monumenten)
- Monumentenbeschrijvingen
- Colnkaarten.

Bijlage 1: Betrokken partijen

Projectgroep

- Jan van Lanschot, Landgoed Zwijnsbergen
- Maes van Lanschot, Landgoed Zwijnsbergen
- Bibian van Rijckevorsel, Landgoed Beukenhorst
- René de Bont, Regiocoördinator Brabants Particulier Grondbezit
- Wim Haarmann, strategisch Beleidsmedewerker erfgoed en ruimte, Provincie Noord-Brabant
- René Klerks, Beleidsmedewerker waterkwaliteit en klimaat, Provincie Noord-Brabant
- Philip Peeters, Beleidsmedewerker Erfgoed, Provincie Noord-Brabant
- Natascha Lensvelt, Specialist Tuinen & Parken, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Joost Ossevoort, senior Beleidsadviseur Watersystemen, Waterschap De Dommel
- Dick Boland, strategisch adviseur, Waterschap De Dommel,
- Jan Neefjes, bureau Overland
- Hans Bleumink, bureau Overland
- Emil Uliot, architectuurhistoricus, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.

Klankbordgroep

- John Jansen, waterschap Aa en Maas
- Louis Vriens, waterschap Brabantse Delta
- Dick Boland, waterschap Dommel
- René Klerks, provincie Brabant
- Wim Haarmann, provincie Brabant
- Philip Peeters, provincie Brabant
- Paul Thissen, provincie Gelderland
- Arne Haijsma, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Jan Neefjes, Overland
- Hans Bleumink, Overland

Werkateliers

Naast de leden van de projectgroep waren bij de werkateliers op de landgoederen ook de volgende mensen betrokken: Julie van Lanschot, dhr. en mevr. Van Rijckevorsel, John Klijn, regiobeheerder waterschap de Dommel, Marion Rensink planvormer landelijk gebied waterschap Dommel, Jasper Kremers, regiobeheerder waterschap Dommel, Bas Bloks, gemeente Vught.

Mini-conferentie kasteel Heeze, 29 augustus 2019

Aan de mini-conferentie namen deel: Arne Haytsma (RCE), Bibian van Rijckevorsel (Landgoed Beukenhorst), Dick Boland (Waterschap De Dommel), Hans Bleumink (Bureau Overland), Harrie Winteraeken (Waterschap Limburg), Jan en Julie van Lanschot (Landgoed Zwijnsbergen), Jan Neefjes (Bureau Overland), Luc Jehee (Provincie Overijssel / Waterlandgoed Het Lankheet), Maes van Lanschot (Landgoed Zwijnsbergen), Manon van Balen (Federatie Particulier Grondbezit), Marc Niessen (Limburgs Particulier Grondbezit), Marieke van Zanten (Het Oversticht), Mark van Benthem (Probos), Miklos Suijk (Copijn Boomspecialisten), Peter Vleugels (Provincie Limburg), Philip Peeters (Provincie Noord-Brabant), René de Bont (Brabants Particulier Grondbezit), René Klerks (Provincie Noord-Brabant), Ruurd van Donkelaar (Stichting ERM), Sammy van Tuyll (kasteel Heeze, VPHB), Walter de Koning (ERM), Wim Haarmann (Provincie Noord-Brabant), Jacques van Bosch (Provincie Limburg), Emil Uriot (RCE).

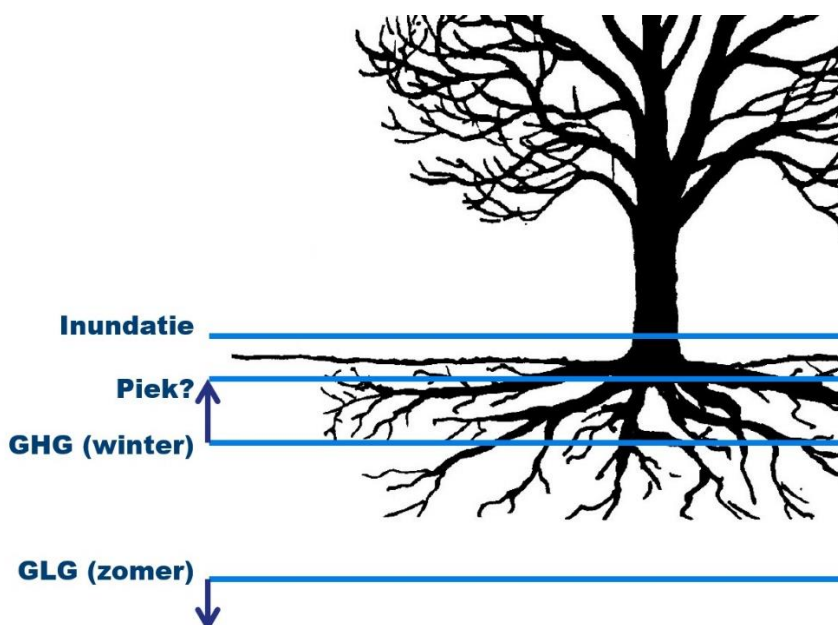
Bijlage 2: Grondwater in de bodem

Grondwaterstanden

De grondwaterstand is mede bepalend voor de zuurstofvoorziening van de wortels. In een voldoende ontwaterde bodem is gaswisseling met de atmosfeer mogelijk en krijgen de wortels voldoende zuurstof. Onder de grondwaterspiegel is sprake van waterverzadiging van de bodem. Hier is geen bodemlucht en het bodemwater bevat meestal onvoldoende zuurstof voor boom- en plantenwortels.

De grondwaterstand varieert met de regenval en de verdamping. Bij hoge regenval in combinatie met lage verdamping door de planten- en bomen (in het winterhalfjaar) stijgt de grondwaterstand. In de zomer is er een hoge verdamping waardoor de grondwaterstand daalt, zelfs als het veel regent. De gemiddeld laagste punt dat het grondwater bereikt noemen de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Daarnaast is er ook een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Doordat er natte en droge winters en zomer zijn, kunnen er ook pieken bestaan die boven de GHG of juist beneden de GLG liggen. De boom is min of meer ingesteld op de normale schommelingen en kan schade ondervinden door dit soort pieken, afhankelijk van de gevoeligheid van de boomsoort (zie bijlage 2).

Door extremer weer als gevolg van klimaatverandering is de algemene verwachting dat dit soort pieken in de toekomst vaker en extremer zullen uitvallen.

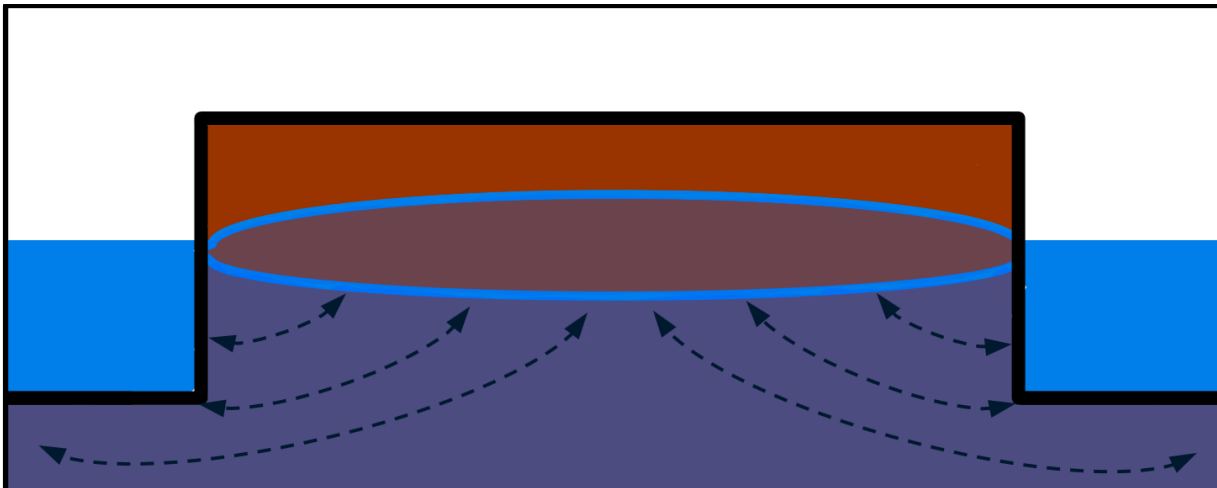


Waterverzadiging kan ook optreden door overstroming vanuit een nabijgelegen beek of rivier. Indien de inundatie het gevolg is van plaatselijke langdurige zeer hoge regenval, zal de grond vaak al waterverzadigd zijn tegen de tijd dat het gebied overstroomt. Als het overstromingswater veroorzaakt wordt door een neerslagpiek op enige afstand bovenstrooms, is de waterverzadiging het resultaat van de overstroming. In het laatste geval kan nog bodemlucht zijn ingesloten.

Holle en bolle grondwaterspiegels

De hoogte van de grondwaterstand is afhankelijk van de regenval, de verdamping en aanvoer of afvoer vanuit aangrenzende watergangen. De grondwaterspiegel is daardoor zelden vlak. In perioden met veel regenval is vaak sprake van een bolle waterspiegel ten opzichte van de watergangen die een perceel omgeven. In periodes van droogte is er vaak sprake van een holle grondwaterspiegel.

Niet alleen vanuit aangrenzende sloten wordt water aan- of afgevoerd. Via omliggende gronden met hogere grondwaterspiegels kan ook aanvoer plaatsvinden door grondwaterstroming (kwel). En zo kan ook extra wegzijging plaatsvinden naar de omgeving waar de grondwaterstand veel lager is. Door het laatste proces heeft in de afgelopen decennia in Noord-Brabant een algehele grondwaterstandsaling plaatsgevonden, ook in (hoger gelegen) gebieden waar niet actief is gedraineerd.



Schematische weergave van een bolle (wintersituatie) of een holle (zomersituatie) grondwaterspiegel en grondwaterstromingen. Op de Brabantse zandgronden is de situatie veel complexer dan dit schematische beeld dat vooral een poldersituatie weergeeft. Er is meestal sprake van verhang van bodem- en waterpeilen, waterstagnerende lagen kunnen de grondwaterstromen beïnvloeden en is er een sterk wisselend peil in het oppervlaktewater. In de zomer kan het oppervlaktewater sterk dalen en is er soms geen aanvulling meer vanuit waterlopen.

Bijlage 3: Schade aan bomen door periodiek hoge waterstanden

1. Inleiding

Deze bijlage is het resultaat van een korte literatuurstudie naar schade aan bomen door periodieke hoge grondwaterstanden. Daarbij kwamen ook gegevens over droogte naar voren, al was de studie hier niet expliciet op gericht.

Op basis van in de literatuur vermelde gegevens bleek het niet mogelijk om een eenduidige relatie te leggen tussen verhoogde (grond)waterstand en het optreden van schade aan bepaalde boomsoorten. Er is wel informatie over de algemene gevoeligheid voor waterverzadiging van de bodem en voor de gewenste ontwateringstoestand voor bepaalde boomsoorten, maar gegevens over effecten van een tijdelijke inundatie of verhoging van de grondwaterstand zijn schaars. Vaak gelden ze alleen voor bepaalde gebieden of grondsoorten waar specifiek onderzoek is gedaan. Vaak betreft het ook onderzoek naar blijvende grondwaterstandsverhoging.

2. Enkele wetmatigheden

Bodem, waterverzadiging en beworteling

- Anders dan de bovengrondse bladeren hebben wortels zuurstof nodig om te kunnen functioneren. Wortels in natte gronden hebben te maken met zuurstofgebrek. Water in de bodem verdringt lucht en gaat verversing van de lucht tegen.
- Schade kan optreden in de vorm van verminderde groei, doordat wortels tijdelijk minder goed functioneren. Deze schade is vaak overkomelijk.
- Ernstiger is het als wortels schade oplopen of als een deel van het wortelstelsel afsterft. Dergelijke schade kan het gevolg zijn van langdurig zuurstofgebrek, maar kan komen door giftige stoffen die onder anaerobe (zuurstofarme) omstandigheden worden gevormd of door schadelijke schimmels die onder zuurstofarme omstandigheden beter gedijen. Mycorrhiza-schimmels, die een rol spelen in water- en nutriëntopname door wortels, hebben over het algemeen juist zuurstof nodig (Kozłowski, 1997, p. 5).
- Wortels zijn in de winter in rust. Over het algemeen wordt aangenomen dat waterverzadiging van de bodem dan weinig schade aan de wortels aanricht (Kozłowski, 1997). Het is lastig om in de literatuur een indicatie te vinden van wanneer het groeiseizoen begint. Dat hangt af van de boomsoort en kan al in februari van start gaan. Dan worden wortels actief en hebben ze zuurstof nodig. Naarmate de bodem warmer wordt, is ook voor andere processen in de bodem zuurstof nodig, zoals de afbraak van organische stof door het bodemleven.
- We gaan er in dit rapport vanuit dat hoge waterstanden vanaf maart impact kunnen hebben. Door klimaatverandering kan het groeiseizoen in de toekomst vroeger beginnen.

Schade door waterverzadiging

- Of schade optreedt is ook afhankelijk van de duur van de hoge grondwaterstand of de inundatie. Sommige bomen kunnen enkele weken in waterverzadigde grond overleven, voor andere is dat maar een dag. De tijdsduur is daarnaast afhankelijk van grondsoort, staat van de boom, temperatuur, bewortelingsdiepte, etc.
- Schade na beschadiging of afsterven van wortels wordt vaak zichtbaar in een droge periode als de waterstanden zijn gedaald. De afgestorven wortels kunnen de boom onvoldoende van water voorzien. Schade uit zich in verminderde groei. Soms ook in sterfte van de bomen. Dat is meestal als eerste te zien in het bovenste deel van de kroon, waar knoppen en twijgen verdrogen.
- Droogteschade kan dus het gevolg zijn of worden versterkt door voorafgaande natschade.
- Naast de bovengenoemde directe schade kan er sprake zijn van indirecte schade. Bomen die door hoge grondwaterstanden of door droogte zijn getroffen, kunnen vatbaarder worden voor ziekten en plagen. Van aantasting door de letterzetter aan sparren (VBNE, 2015) of de eikenprachtkever aan eiken (Oosterbaan e.a., 2014), wordt wel verondersteld dat daaraan droogte of natschade vooraf is gegaan. Ook schimmels als eikenmeeldauw, honingzwam of phytophthora hebben meer vat op verzwakte bomen. Oosterbaan legt een nader te onderzoeken verband tussen het optreden van eikensterfte sinds de jaren 1983/1984 en verdroging of wisselingen in de grondwaterstand. Als een even zwaar wegende oorzaak ziet hij verzuring, en de daarmee gepaard gaande afname van de buffercapaciteit van de

bodem. Hierdoor ontstaan tekorten aan Ca, K en Mg in de bodem. Ook een verhoogd stikstofgehalte (bijvoorbeeld als gevolg van stikstofdepositie uit de landbouw) kan leiden tot verzwakking van bomen onder andere doordat de opname van de elementen P, Mg en K in de bodem wordt verminderd (v.d. Burg e.a., 2014).

- De gevolgen van inundatie of hoge grondwaterstanden zijn vaak ernstiger bij bomen die onder normale omstandigheden diep kunnen wortelen. Bij de overstroming of hoge grondwaterstanden bevindt een groot deel van de wortels zich dan gedurende langere tijd onder de grondwaterstand.
- Veel bomen kunnen zich instellen op regelmatig terugkerende hoogwaterstanden. Ze reageren daarop door een ondieper wortelstelsel dat over grotere breedte uitgroeit.
- Oudere bomen (>50 jaar) hebben grotere kans op schade door plotselinge hoge grondwaterstanden. Jongere bomen zijn minder vatbaar en of kunnen gemakkelijker herstellen.
- Door het afsterven van dikkere wortels kan op termijn windworp optreden.

3. Overzichtstabel gevoeligheid voor droogte en waterverzadigde bodems

Onderstaande tabel geeft voor enkele veelvoorkomende boomsoorten de tolerantie tegen droogte en waterverzadiging van de bodem weer. Het is een selectie uit de veel uitgebreidere lijst van Niinemets & Valladares (2006). Er is een classificatie van 1 (zeer intolerant) tot 5 (zeer tolerant). De tabel is gebaseerd op internationale gegevens en houdt geen rekening met specifieke omstandigheden als grondsoort, diepte beworteling, klimaat, cultivar en normale jaarlijkse grondwaterschommelingen.

Species	Ned. naam	Droogte tolerantie	Waterverzadiging tolerantie
<i>Tsuga heterophylla</i>	Westelijke Hemlockspar	1.17±0.17	0.95±0.05
<i>Fagus sylvatica</i>	Beuk	2.4±0.43	1.02±0.01
<i>Populus × canescens</i> (<i>P. alba</i> × <i>P. tremula</i>)	Grauwe abeel	4.11±0.65	1.07±0.08
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Acacia, (Valse acacia)	2.88±0.12	1.12±0.06
<i>Quercus rubra</i>	Amerikaanse eik	1.75±0.41	1.22±0.12
<i>Picea abies</i>	fijnspar	1	1.25±0.25
<i>Tsuga canadensis</i>	Canadese Hemlockspar	3±1	1.58±0.43
<i>Larix kaempferi</i>	Japanse Lariks	2.66±0.16	1.65±0.06
<i>Carpinus betulus</i>	Haagbeuk	1.85±0.21	1.67±0.12
<i>Betula pendula</i>	Ruwe berk	2.66	1.77
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglasspar	2.62±0.41	1.79±0.12
<i>Quercus robur</i>	Zomereik	2.95±0.31	1.89±0.18
<i>Populus × canadensis</i> (<i>P. deltoides</i> × <i>P. nigra</i>)	Canadese populier	1.77±0.23	2.13±0.13
<i>Pinus sylvestris</i>	Grove den	4.34±0.47	2.63±0.08
<i>Alnus incana</i>	Witte of grauwe els	1.89±0.29	2.84±0.34
<i>Betula pubescens</i>	Zachte berk	1.27±0.18	2.98±0.21
<i>Alnus glutinosa</i>	Zwarte els	2.22±0.66	3.9±0.2

4. Enkele soort-specifieke vermeldingen in de literatuur

Zomereik

Zomereik komt voor in zogenaamd hardhoutoibos, bos op de hoger opgeslibde gronden bij de rivier, dat echter nog wel met enige regelmaat kan overstromen. Zaailingen van zomereik kunnen in het voorjaar en veelal zelfs tot halverwege de zomer met hun voeten in het water staan zonder sterfte. Overstromingen midden in de zomer leiden echter tot grote schade (Siebel, 1999).

Zomereik wordt beschouwd als een soort die goed is bestand tegen hoge grondwaterstanden en tegen tijdelijke overstromingen in de vegetatieperiode. (van den Burg. 1990, p. 168). De boom vertoont echter

wel minder groei (uitgedrukt in hoogteboniteit) in bodems met wisselende grondwaterstanden (grondwatertrap V). Olsthoorn (2003, p. 20) ziet de eik als weinig tolerant voor grondwaterstijging. Eik vertoont in aanvang vaak weinig reactie en heeft meer dan beuk kans om te overleven. Wel kan verzwakking optreden. Vaak zijn enige dikke wortels dood bij de laagst gelegen bomen die nog net overleven. Het risico op windworp zal dus toenemen.

Eiken lijken als gevolg van schade door vernatting of verdroging ook gevoeliger voor insectenaantasting (Olsthoorn, 2003, Bouman e.a., 2001, Oosterbaan e.a., 2014). Soms komt de schade daardoor pas tot uiting in de jaren volgend op de grondwaterstijging.

Concluderend is te stellen dat eiken tot op zekere hoogte bestand zijn tegen overstromingen van een of enkele weken in het vroege voorjaar, maar dat er risico is bij overstromingen (of hoge grondwaterstanden) midden in de zomer.

Beuk

Vertoont een snelle reactie op grondwaterstandstijging. Anders dan bij eik is er geen verzwakking maar eerder directe sterfte. Olsthoorn (2003, p. 20) ziet de beuk als weinig tolerant voor grondwaterstijging. Als een beuk desondanks overleeft is er, zelfs bij grote tijdelijke vitaliteitschade, herstel van het ondergrondse/bovengrondse evenwicht. Het bovenste deel van de kroon sterft af, maar daaronder vormt zich een nieuwe vitale kroon. (Kaljee, 2004).

Wilg, populier en els

Deze boomsoorten zijn goed bestand tegen natte omstandigheden, en worden beschouwd als hoog tolerant tegen vernatting (Olsthoorn et al., 2003, p. 20.)

Es

De es gedijt goed op vochtige gronden. De soort wordt beschouwd als redelijk tolerant voor vernatting (Olsthoorn et al., 2003, p. 20.).

Linde, iep, paardenkastanje

Deze soorten worden beschouwd als matig tolerant voor grondwaterstijging (Olsthoorn et al., 2003, p. 20.). Kwekersinformatie over linde: "Tilia stelt weinig eisen aan de vocht- en voedselhuishouding van de bodem, hoewel bij langdurige wateroverlast, net als bij veel andere boomsoorten, de groei stagneert" (rassenlijstbomen.nl). "Bestand tegen korte overstroming" (vdberk.nl).

Concluderend is te stellen dat deze bomen een korte periode met hoogwater (een of twee weken?) kunnen overleven. Het risico loopt echter op bij langere periodes met hoogwater of hoge grondwaterstanden in het groeiseizoen.