

RAPPORT

Systeemanalyse natuurgebieden West-Brabant

Gastels Laag

Klant: Brabant Water N.V.

Referentie: BG6186-WM-RP-220725-1056WM

Status: Definitief/0002

Datum: 25 november 2022

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: **Systeemanalyse natuurgebieden West-Brabant**

Ondertitel: **Gastels Laag**
Referentie: **BG6186-WM-RP-220725-1056WM**
Status: **0002/Definitief**
Datum: **25 november 2022**
Projectnaam:
Projectnummer: **BG6186**
Auteur(s): **Tom Paternotte, Arjan van Wachtendonk, Bas van der Weijden,**

Opgesteld door: **Tom Paternotte, Arjan van Wachtendonk**

Gecontroleerd door: **Floris Verhagen**

Datum: **25-11-2022**

Goedgekeurd door: **Floris Verhagen**

Datum: **25-11-2022**

Classificatie

Projectgerelateerd

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

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek	3
2.1	Onderzoeksgebied: Gastels Laag	3
2.2	Opzet van het onderzoek	3
3	Onderdelen van het systeem	5
3.1	Ontstaansgeschiedenis	5
3.2	Hoogteligging	8
3.3	Geologie en bodemopbouw	9
3.4	Hydrologie	14
3.4.1	Oppervlaktewater	14
3.4.2	Grondwater	17
3.5	Vegetatie	26
4	Ecohydrologische interpretatie en sleutelfactoren	29
4.1	Samenvatting van de bouwstenen	29
4.2	Ecohydrologische interpretatie	31
4.3	Sleutelfactoren en autonome ontwikkeling	33
5	Relatie met het hydrologisch model	35
5.1	Beschikbare metingen	35
5.2	Grondwaterstand en Stijghoogte	35
5.3	Kwel en wegzijging	38
5.4	Aanbevelingen voor het grondwatermodel	38
	Referenties	39

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Brabant Water werkt aan de voorbereiding van een nieuwe grondwaterwinning ten noordoosten van de bestaande winning in Wouw. In een eerste voorbereidende stap is met behulp van modelberekeningen bepaald welke van de mogelijk geschikte locaties het minste effecten geeft op bestaande (grondwater afhankelijke) natuurgebieden.

Uit de eerste modelberekeningen blijkt dat de invloed op grondwaterstand en stijghoogten beperkt is. Het grondwatermodel is echter globaal van opzet en bevat niet alle details van de natuurgebieden. Denk bijvoorbeeld aan lokale leemvoorkomens. Voordat besloten wordt om meer gedetailleerde modelberekeningen uit te voeren, wordt eerst een ecohydrologische systeembeschrijving opgesteld om meer inzicht te krijgen in de sleutelprocessen voor de grondwaterafhankelijke natuurgebieden binnen de nu berekende invloedssfeer. Anders gezegd: er wordt systeemkennis opgedaan. Het gaat dan om zeven gebieden (Figuur 1-1):

1. Oudland.
2. Halsters Laag.
3. Zoomland.
4. Percelen langs Molenbeek.
5. Rozenven.
6. Gastels Laag.
7. Cruislandse Kreken.

Voor elk van deze gebieden wordt een ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd. In dit rapport is de systeemanalyse voor Gastels Laag beschreven.

1.2 Doel

Doel van het onderzoek is om systeemkennis op te doen. Een ecohydrologische systeemanalyse is hiervoor een prima middel. Een dergelijke analyse maakt inzichtelijk wat de sleutelprocessen zijn die de (ontwikkeling van de) natuurwaarden in een gebied bepalen.

In feite geeft deze ecohydrologische systeemanalyse dan ook antwoord op één vraag, namelijk:

“Hoe functioneert Gastels Laag en hoe werkt dit door in de standplaatscondities?”

Het doel van voorliggende rapportage is het geven van inzicht in het ecohydrologisch functioneren van het natuurgebied, de invloed hiervan op de vegetatie in relatie tot de aanwezige en nagestreefde doelen van het Natuurnetwerk Brabant. Dit inzicht zal gebruikt worden bij de later te maken effectbeschrijving van de nieuwe winning Kruisland in West-Brabant. Dit kan met een (gedetailleerd en verbeterd) grondwatermodel, mogelijk in combinatie met een ecologisch model, of op basis van expertkennis uitgevoerd worden. Dit rapport helpt bij het verder maken van keuzes hierin.

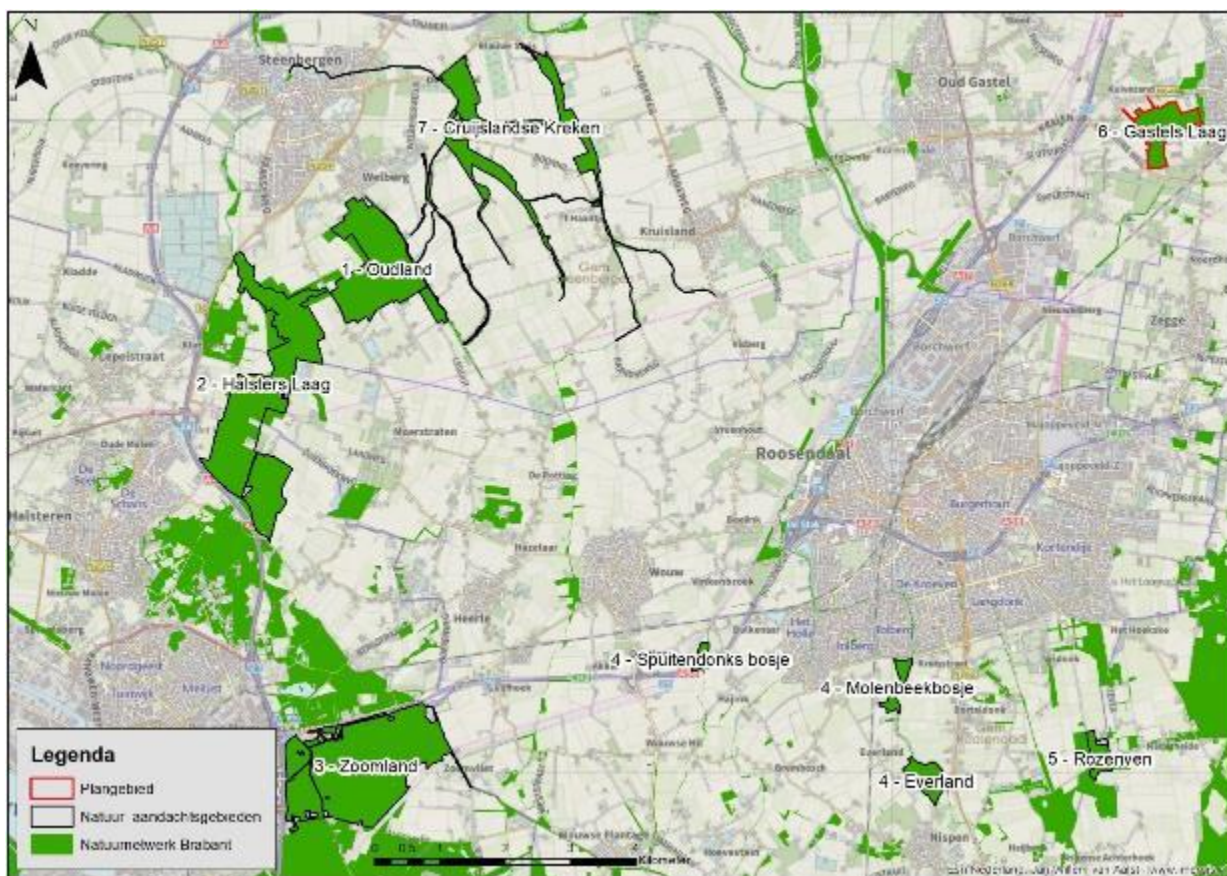
Deze rapportage gaat niet in op:

- De manier waarop de doelen in het veld gerealiseerd kunnen worden. Het rapport bevat dus geen advies over de optimale inrichting (aanpassingen in de waterhuishouding, afgraven van bovengrond).
- De andere invloeden dan hydrologie die invloed hebben op de natuurdoelen. Bijvoorbeeld: vermessing van grondwater, stikstofdepositie of versnippering van natuurgebieden.

Inrichting of ontwikkeling van het natuurgebied zijn geen onderdeel van de vraag, al is niet uitgesloten dat het incidenteel aan de orde zal komen.

1.3 Leeswijzer

Onderstaand wordt eerst de opzet van het onderzoek beschreven (hoofdstuk 2) en de resultaten daarvan weergegeven (hoofdstuk 3). In het vierde hoofdstuk worden de gegevens samengebracht tot een ecohydrologische interpretatie en worden de sleutelfactoren daaruit afgeleid. Tot slot wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op de vraag of het geohydrologisch model het hydrologisch systeem van het natuurgebied voldoende goed beschrijft.



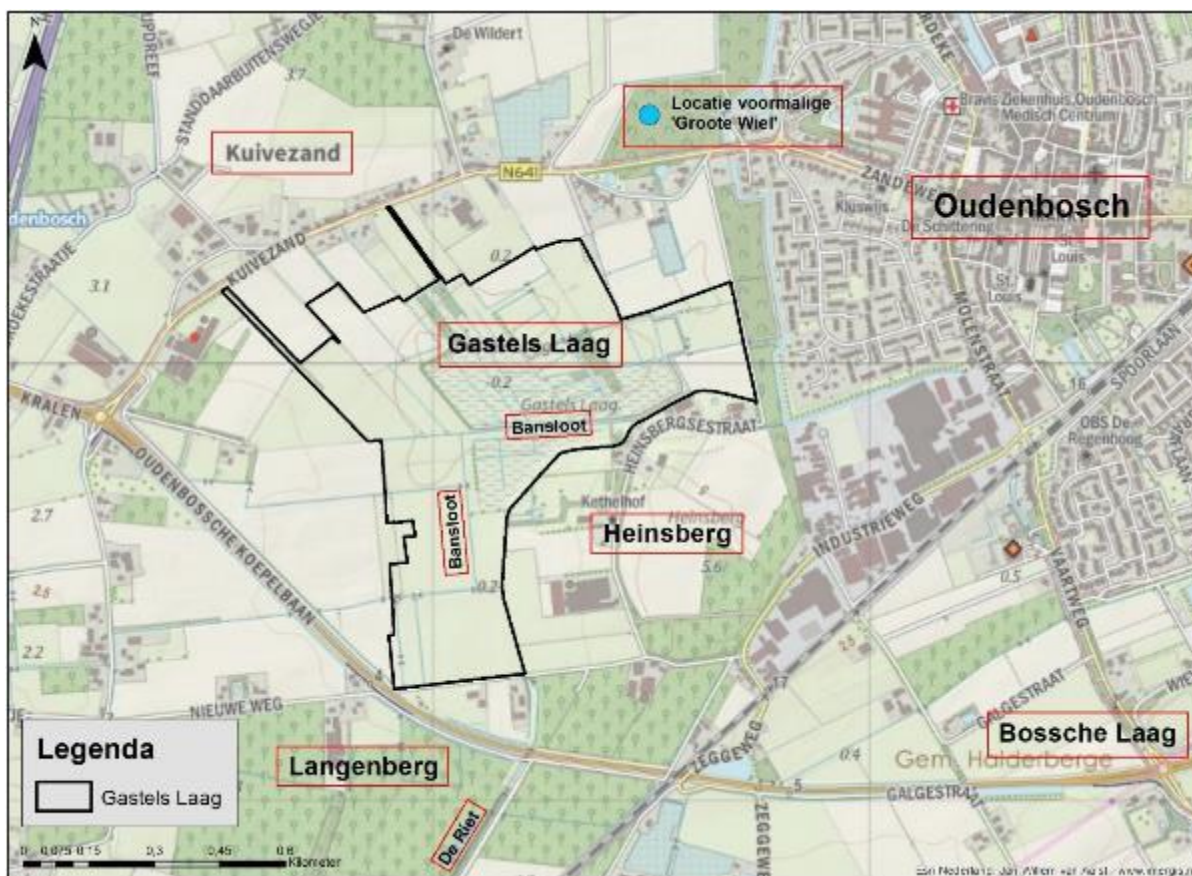
Figuur 1-1: Ligging natuurgebieden (aangeduid met hun toponiem) die zijn opgenomen in deze systeemanalyse (Rode polygonen). Zwarte polygonen (aangeduid met hun toponiem) geven de gebieden waarvoor een systeemanalyse wordt opgesteld. Groene polygonen: Natuurnetwerk Brabant ((Provincie Noord-Brabant 2021)).

2 Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek

2.1 Onderzoeksgebied: Gastels Laag

Het onderzoeksgebied bevindt zich direct ten westen van de bebouwde kom van Oudenbosch, ten noorden van de spoorlijn Dordrecht-Roosendaal en ten oosten van de A17 (Figuur 2-1). Gastels Laag ligt geheel binnen provincie Noord-Brabant, en binnen de gemeente Halderberge. Gastels Laag ligt op de Naad van Brabant, waar pleistoceen zand overgaat in zeekleigebied. Figuur 2-1 geeft tevens de belangrijkste toponiemen (rood omlijnd) die in deze rapportage worden gebruikt.

Gastels Laag omvat 48 hectare. Binnen Gastels Laag bezit Staatsbosbeheer 23 hectare natuurterrein, waarvan 2 hectare oorspronkelijk reservaatgebied en 12 hectare is ingericht. De overige delen van Gastels Laag zijn in landbouwkundig gebruik.



Figuur 2-1: Geografische ligging van het onderzoeksgebied Gastels Laag, met de begrenzing van het natuurgebied als oranje lijn. In rood omkaderd de belangrijkste toponiemen, gebruikt in deze rapportage.

2.2 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek richt zich primair op het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van Gastels Laag. Om sleutelprocessen inzichtelijk te maken is een systeemanalyse uitgevoerd. Voorgaande rapportage is op verzoek, omwille van de tijd, tot stand gekomen uitsluitend gebruikmakend van beschikbare informatie. Uiteraard zijn wel eenvoudige veldmetingen verricht, die doorgaans veel zeggingskracht hebben. Voorts is gebruik gemaakt van de gebiedskennis van de auteurs en collega's.

Brabant Water heeft ten behoeve van het verkrijgen van afdoende meetdata voor een systeem-beschrijving, in 2020 een grondwatermeetnet in het Gastels Laag ingericht, grond- en oppervlaktewater-monsters verzameld en door studenten een onderzoek en systeemanalyse laten uitvoeren (Boers et al. 2021). De resultaten uit dit meetnet en onderzoek zijn bij het opstellen van deze rapportage betrokken.

Een grondige review van bestaande literatuur- en onderzoeksgegevens vormt de basis voor voorliggende rapportage. Voor de systeemanalyse is de volgende informatie verzameld:

- Geomorfologie, geologische opbouw, hoogteligging en bodem (Edelman 1950; Kleinsman and Steeghs 1972a; Damoiseaux 1982; AHN 2021; Dinoloket 2021).
- Bestaande hydrologische informatie (Kleinsman and Steeghs 1972a; Dinoloket 2021; Grondwatertools 2021; Hydronet 2021).
- Historisch geografische informatie en uit de literatuur beschikbare, relevante onderzoeksresultaten en (historische) kaarten (Leenders 1996, 2013; Nationaal Archief 2021; Renes 1984a, 1984b).
- Informatie over vegetaties, flora en fauna (Cools et al. 2006; Courbois et al. 2016).

Over natuur en landschap van het Gastels Laag is kennelijk weinig gepubliceerd. In Natuurtijdschriften (Naturalis Biodiversity Center 2021) zijn enkele excursieverslagen te vinden van FLORON en de BLWG. Het doorzoeken van de archieven van De Levende Natuur, Landschap en H₂O leverde verder geen onderzoeken of verslagen relevant voor deze rapportage. Over de natuurwaarden buiten terreinen van Staatsbosbeheer is ook weinig informatie beschikbaar. De Landelijke Vegetatie Databank levert geen informatie op voor locaties buiten de terreinen van Staatsbosbeheer.

In voorliggende rapportage worden alle verzamelde gegevens in onderlinge samenhang beschouwd, waarbij stapsgewijs van grof (regionale schaal) naar fijn (standplaats) wordt ingezoomd en geïntegreerd. Daartoe wordt successievelijk relevante informatie toegevoegd en wordt aldus invulling gegeven aan de systeembeschrijving.

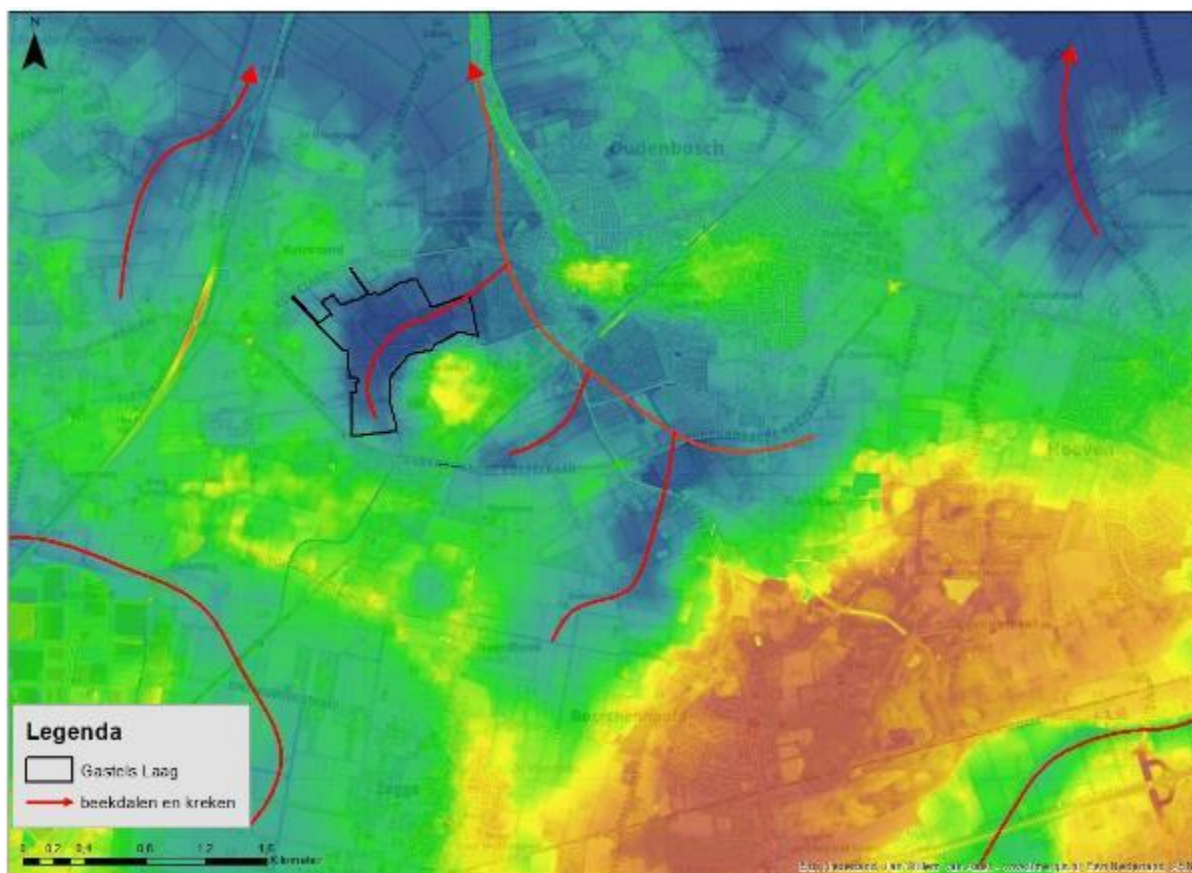
3 Onderdelen van het systeem

Onderstaand worden de aan geologie, bodem, hoogteligging en hydrologie gerelateerde aspecten besproken met betrekking tot Gastels Laag. Gestart wordt met een beschrijving van de ontstaansgeschiedenis van Gastels Laag. Begrip van de wordingsgeschiedenis van het landschap, inclusief antropogeen gebruik en cultuurhistorie, maakt het eenvoudiger om de context rond de in volgende paragrafen te verzamelen gegevens te duiden.

3.1 Ontstaansgeschiedenis

Het landschap in de omgeving van Gastels Laag is ontstaan in het Laat-Pleistoceen, het Eemien, zo'n 120.000 jaar geleden. In deze warme periode tussen de voorlaatste (Saalien) en de laatste ijstijd (Weichselien) zijn zandige en kleiige rivierafzettingen uit het Midden-Pleistoceen sterk geërodeerd. In het landschap van westelijk Noord-Brabant zijn beekdalen en laagtes gevormd. Daar waar kleilagen de erosie beperkten, bleven prominente hoogtes achter (Heinsberg, kern van Oudenbosch). In de laatste ijstijd zijn onder invloed van sterke westenwinden dekzanden in dit reliëfrijke gebied afgezet en laagtes opgevuld en afgesnoerd (Kleinsman and Steeghs 1972a).

Op de overgang van de hogere zandgronden en het getijdengebied ontstond een krekensysteem waar Gastels Laag en het ten zuiden van Oudenbosch gelegen Bossche Laag deel van uitmaken. Toen in het Holoceen de veenvorming op gang kwam ontstonden eerst laagveenmoerassen met zeggeveen of broekveen. Naarmate het veenpakket dikker werd ontstond hier, zoals in grote delen van westelijk Noord-Brabant hoogveen.



Figuur 3-1: Krekens en beekdalen rond Gastels Laag op de Naad van Brabant, ondergrond AHN (2021).

Ontginningsgeschiedenis

Tot aan de 12^e eeuw was West-Brabant dunbevolkt. Grote delen van het gebied bestonden uit moerassen, natte laagten en venen. De eerste nederzettingen rond Gastels Laag zijn gesticht bij Oud Gastel (voor het eerst vermeld in 1275) en Kuivezand. Vanwege de vraag naar brandstof vanuit de steden in Vlaanderen, werd in West-Brabant vanaf de 12^e eeuw het veen ontgonnen (Renes 1984a, 1984b). Oudenbosch is ontstaan als overslagplaats voor de afvoer van turf uit het Gastels Laag en het Bossche Laag.

Bij de inrichting in 1995 van het natuurterrein in Gastels Laag kwamen over een grote oppervlakte sporen van de eerste turfwinning tevoorschijn. Een onderzoek in september aan deze sporen alsmede archiefonderzoek heeft geresulteerd in een uitgebreide Landschapsgeschiedenis voor Gastels Laag waarvan in deze studie dankbaar gebruik is gemaakt (Leenders 1996).



Figuur 3-2: Topografische kaart voor Gastels Laag en omgeving verkend in 1840 (Nationaal Archief 2021). De witte lijn geeft de begrenzing van Gastels Laag.

In 1289 heeft de Heer van Breda in Gastels Laag aan nonnenklooster Sint-Catharinadal uit Vroenhout 150 hectare moer, heide en wildert uitgegeven. De oorspronkelijke gronden van het klooster waren door overstroming verloren gegaan. Op basis van de moeruitgifte wordt geschat dat de oorspronkelijke veenlaag reikte tot 2m +NAP. In Gastels Laag is het veen systematisch afgegraven en afgevoerd via de haven in Oudenbosch. Vanaf een diepte van 60 cm – NAP aan de oostzijde van Gastels Laag en 50 cm aan de westzijde kon het opdringend grondwater niet meer worden afgevoerd en is de systematische vervening gestaakt.

In de 13^e en 14^e eeuw kreeg de zee steeds meer vat op de laaggelegen uitgeveende en daarmee kwetsbare delen van West-Brabant. Tijdens één van de St Elisabethsvloeden in 1421 of 1424 brak het

vloedwater door de kade van Oudenbosch naar Kuivezand en werd een grote doorbraakkolk Het Groot Weel gevormd. Direct ten zuiden van deze kolk werden overslaggronden (zand en klei) afgezet. In het Gastels Laag zelf werd een dunne kleilaag afgezet op het veen. Het lijkt dat deze kleilaag in een korte periode is afgezet en dat de invloed van de zee van korte duur was. Toch zal het Gastels ook in latere perioden regelmatig geïnundeerd zijn.

Het Gastels Laag met een dun kleidek op veen was het meest geschikt voor gebruik als hooiland en werd gebruikt door de boeren van Kuivezand en van de Heinsberg. Kennelijk was het hooiland niet zo waardevol en in Gastels laag zijn op grote schaal boerenkuilen voor de turfwinning gegraven. Enkele percelen zijn meer systematisch verder uitgeveend. Vanaf circa 1600 werden uitgeveende percelen weer voor landbouwkundig gebruik ingericht. Boerenkuilen werden opgevuld (o.a. met scherven en ander afval) en bezand. Ook werd de Bansloot, die het gebied ontwaterde via een sluis bij het Grootte Wiel, opgeschoond en verbeterd. Het centrale deel van Gastels Laag (globaal de percelen van Staatsbosbeheer) kenmerkte zich door slechte gronden. In het kadaster werden deze gronden voor het laagste tarief aangeslagen.

Recente ontwikkelingen

In Gastels Laag heeft Staatsbosbeheer enkele floristisch waardevolle percelen en een bosje als reservaatgebied verworven. Daarop aansluitend zijn in het kader van de Relatienota in de Landinrichting Oud Gastel Oudenbosch agrarisch slecht bruikbare gronden aan Staatsbosbeheer toebedeeld (Embrechts and Kroes 2016). In de zomer van 1995 is in Gastels Laag 12 hectare rondom de reservaatkern vrijwel vlak afgegraven tot 50 à 60 cm onder NAP. Rond de afgegraven percelen zijn brede onderhoudsbermen gespaard (zie Figuur 3-3).



Figuur 3-3: Luchtfoto-beelden van Gastels Laag na de inrichting in 1995. Links luchtfoto 2007, rechts luchtfoto 2019 (Topografische Dienst 2021). Op de luchtfoto uit 2007 staan de afgegraven percelen plas-dras en zijn duidelijk zichtbaar. Rond de percelen ligt een brede berm. Centraal in het gebied zijn de oorspronkelijke reservaatgronden niet afgegraven.

Resumé ontstaansgeschiedenis

- Aan het eind van het Pleistoceen was Gastels Laag deel van een krekenselsel op de overgang van de hogere zandgronden naar het getijdengebied. In het Holoceen heeft zich in Gastels Laag eerst zegge-/broekveen ontwikkeld, later overgaand in hoogveen.
- Vanaf het eind van de 13e eeuw is Gastels Laag systematisch verveend. De verveening is gestopt op het niveau waarop opdringend grondwater niet meer kon worden afgevoerd, circa 60 cm – NAP in het oosten en 50 cm – NAP in het westen van Gastels Laag.
- Tijdens een Sint Elisabethsvloed is in Gastels Laag een dunne laag klei over het veen afgezet.
- Gastels Laag is daarna in gebruik genomen als hooiland door de boeren in de omgeving. Dat hooiland was kennelijk niet zo waardevol. In Gastels Laag is op grote schaal opnieuw veen gewonnen in boerenkuilen en kleinere systematische verveeningen.
- Vanaf de 16e eeuw zijn de boerenkuilen opgevuld en is Gastels Laag bezand, om opnieuw als hooiland in gebruik te worden genomen. De kwaliteit van de laagste delen van Gastels Laag bleef slecht.
- Eind vorige eeuw heeft Staatsbosbeheer enkele reservaatgronden in Gastels Laag verworven. Dit bezit is in de landinrichting uitgebreid met de agrarisch minst bruikbare gronden tot in totaal 23 hectare.
- In 1995 is hiervan 12 hectare ingericht en afgegraven tot op 50 à 60 cm – NAP. Het niveau waarop de verveening van eind 13e eeuw werd gestaakt.

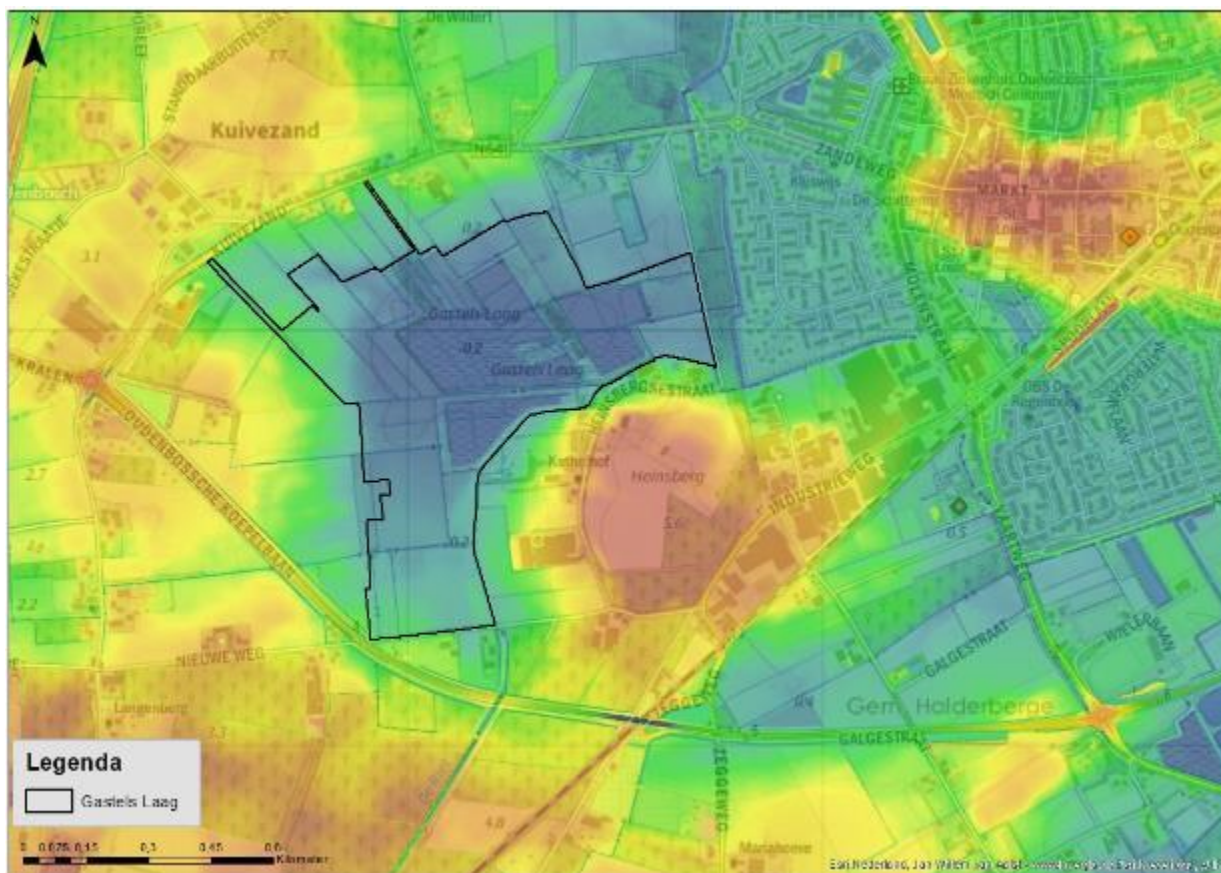
3.2 Hoogteligging

Gastels Laag ligt aan de noordwest-, zuidwest-, en zuidoostzijde ingesloten tussen dekzandruggen en de hoge kop van de Heinsberg. Ook de kern van Oudenbosch ligt op een hoge kop (Figuur 3-4). Het hoogteverschil van het natuurgebied met de dekzandruggen van Kuivezand en de Langenberg is 4 tot 5 meter. Het hoogteverschil met de Heinsberg is circa 6 meter.

Oorspronkelijk lag het laagste punt in Gastels Laag op circa 0,4 meter onder NAP. Na inrichting van het natuurgebied ligt het maaiveld over een groot oppervlakte vrijwel vlak op 0,5 tot 0,6 meter onder NAP. In het schraalgrasland van het oorspronkelijk reservaat ligt het maaiveld op 0,4 meter onder NAP.

Resumé hoogteligging

- Gastels Laag ligt grotendeels ingesloten door dekzandruggen en hoge koppen. Het hoogteverschil van het natuurgebied met de omringende hoge gronden is 4 tot 6 meter.
- Het maaiveld van het ingerichte deel van het natuurgebied ligt vrijwel vlak op 0,5 tot 0,6 meter onder NAP. Het schraalgrasland van het oorspronkelijk reservaat ligt op 0,4 meter onder NAP.



Figuur 3-4: Hoogtekaart van Gastels Laag (zwarte polygoon) en omliggende terreinen (AHN 2021). Gastels laag ligt aan de noordwestzijde in een boog om de Heinsberg. De laagste delen van Gastels Laag liggen op 0,6 meter onder NAP. Het hoogteverschil met de omliggende dekzandruggen is fors en bedraagt 4 meter met de rug bij Kuivezand tot bijna 6 meter met de Heinsberg.

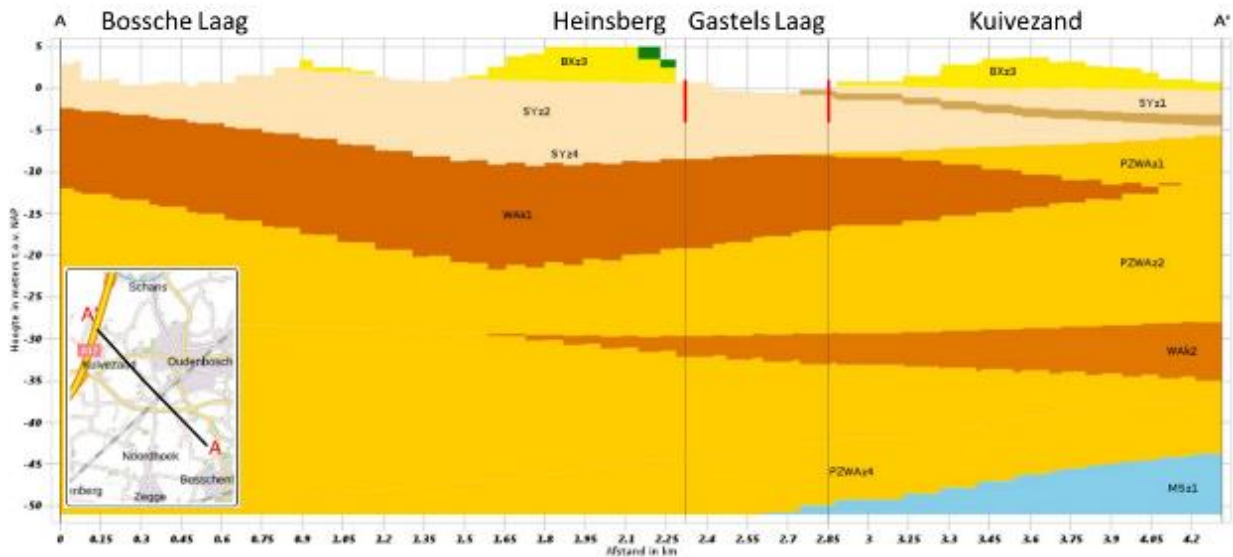
3.3 Geologie en bodemopbouw

Ondergrond

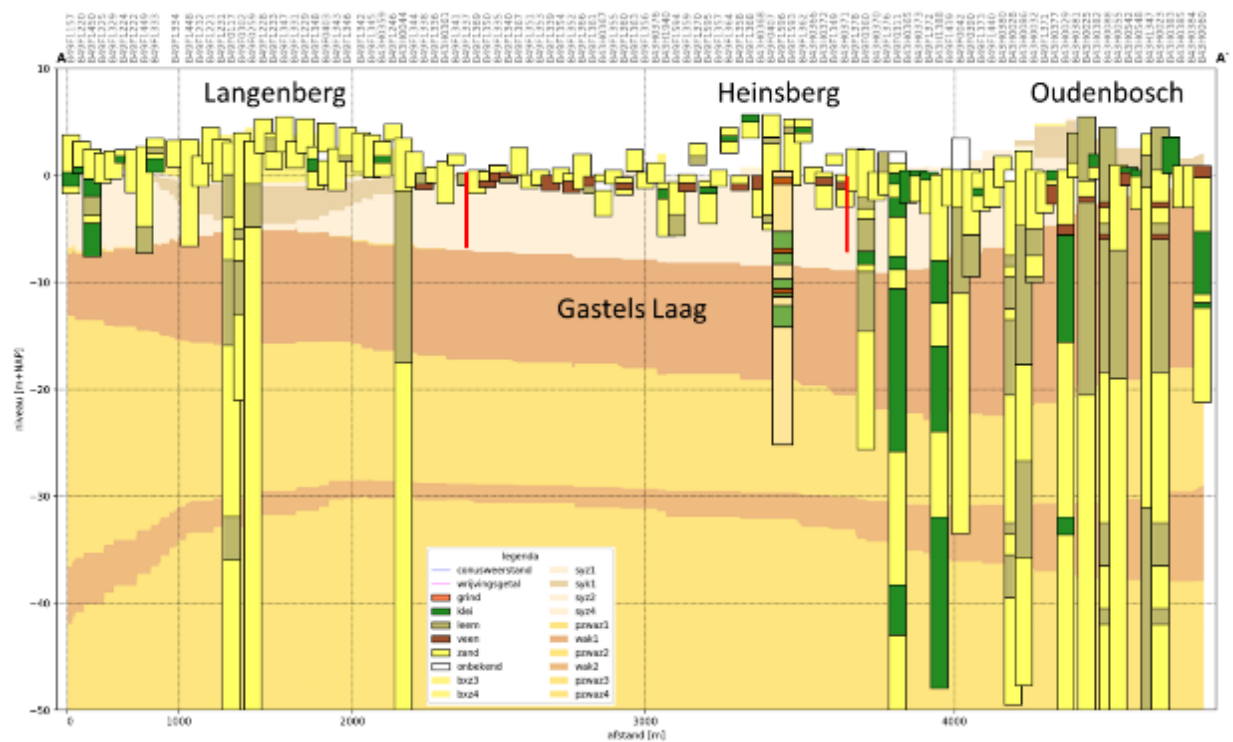
Gastels Laag ligt op de overgang van het Brabantse zandgebied naar de zeekleigebieden. De venige en antropogene (opgebrachte grond) afzettingen aan maaiveld in Gastels Laag, stammen uit het Holoceen (zie Figuur 3-6; zie ook hierna de beschrijving van de bodem) en worden in REGIS II niet weergegeven. Deze afzettingen rusten op afzettingen van de Formatie van Stramproy (beige SYz in Figuur 3-5 en Figuur 3-6). Deze formatie uit het Vroeg-, en Midden-Pleistoceen bestaat uit fluvio-eolische afzettingen, afzettingen vanuit een riviersysteem uit het zuiden, of estuariene of mariene afzettingen (TNO 2021). De Formatie van Stramproy bestaat in Gastels Laag overwegend uit fijnzandige afzettingen, plaatselijk afgewisseld met (dunne) leem- of kleilagen (Anoniem 2020). De Formatie van Stramproy loopt door in de ruimere omgeving en bereikt onder Gastels Laag een dikte van circa 8 meter. Deze Formatie vormt met de daarop rustende Formatie van Boxtel.

Aan de Noordwest- en Zuidoostzijde rond Gastels Laag liggen dekzandafzettingen uit het Weichselien, de Formatie van Boxtel (geel BXz in Figuur 3-5 en Figuur 3-6). De kern van Oudenbosch, ten oosten van Gastels Laag, is gebouwd op een leemopduiking van de Formatie van Stramproy (zie Figuur 3-6). In REGIS II wordt de Heinsberg gerekend tot het dekzand van de Formatie van Boxtel. Op basis van boringen uit Dinoloket en de recente boring ten behoeven van het meetnet voor Brabant Water, ligt het echter voor de hand dat ook de Heinsberg op een leemopduiking ligt vergelijkbaar met Oudenbosch en Bosschenhoofd (van Oosten 1967; Anoniem 2020; Dinoloket 2021). In alle bodemboringen worden op

verschillende dieptes leem- en kleilagen aangetroffen (zie Figuur 3-6). Kleinsman and Steeghs (1972a) trekken de conclusie dat de Heinsberg is ontstaan omdat erosie grotendeels geen vat kreeg op de zwaardere afzettingen ter plaatse. De Formatie van Stramproy vormt met de daarop rustende Formatie van Boxtel het freatische watervoerende pakket.



Figuur 3-5: Dwarsdoorsnede met toponiemen voor de bodemopbouw onder Gastels Laag zoals weergegeven in Dinoloket in het ondergrondmodel Regis II V2.2 (Dinoloket 2021). Oriëntatie Zuidoost-Noordwest.



Figuur 3-6: Boringen uit Dinoloket binnen een zone van 100 meter aan weerszijde van een westzuidwest - oostnoordoostraai door Gastels Laag vanaf de A17 tot Oudenbosch. Boringen die uitsteken boven maaiveld (zoals bij de Heinsberg) liggen feitelijk op een hoger punt iets verder van de raai. Gastels Laag ligt tussen de rode markeringen. Het bodemprofiel van de diepe boring B49F1592 in Gastels Laag is in de doorsnede toegevoegd.

De eerste weerstand biedende laag in de ondergrond is de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Waalre (roodbruin WAK1 in Figuur 3-5 en Figuur 3-6). Deze formatie bestaat in West-Brabant uit Laat-Pliocene tot Vroeg-Pleistocene estuariene afzettingen. De Waalre klei bestaat uit klei afzettingen met inschakelingen van zand, leem en veen (van Oosten 1967; TNO 2021). Onder Gastels Laag is de Waalre klei 8 tot 10 meter dik en bestaat overwegend uit klei of leem afgewisseld met dunnere zandlagen. Bij de plaatsing in 2020 van een diep filter (B49F1592) voor grondwatermonitoring is vanaf 5,5 m -mv een pakket klei aangetroffen van 8,5 meter dik met ingeschakeld enkele dunnere lagen zand en veen (Anoniem 2020a; nog niet opgenomen in Dinoloket). Ten noorden van Gastels Laag wigt de Waalre klei uit in de zandige Formatie van Peize-Waalre (donkergeel PZWAZ in Figuur 3-5 en Figuur 3-6). Onder Gastels Laag vormt de tweede kleiige eenheid van de Formatie van Waalre (WAK2) een tweede weerstand biedende laag. Deze laag neemt naar het noorden in dikte toe.

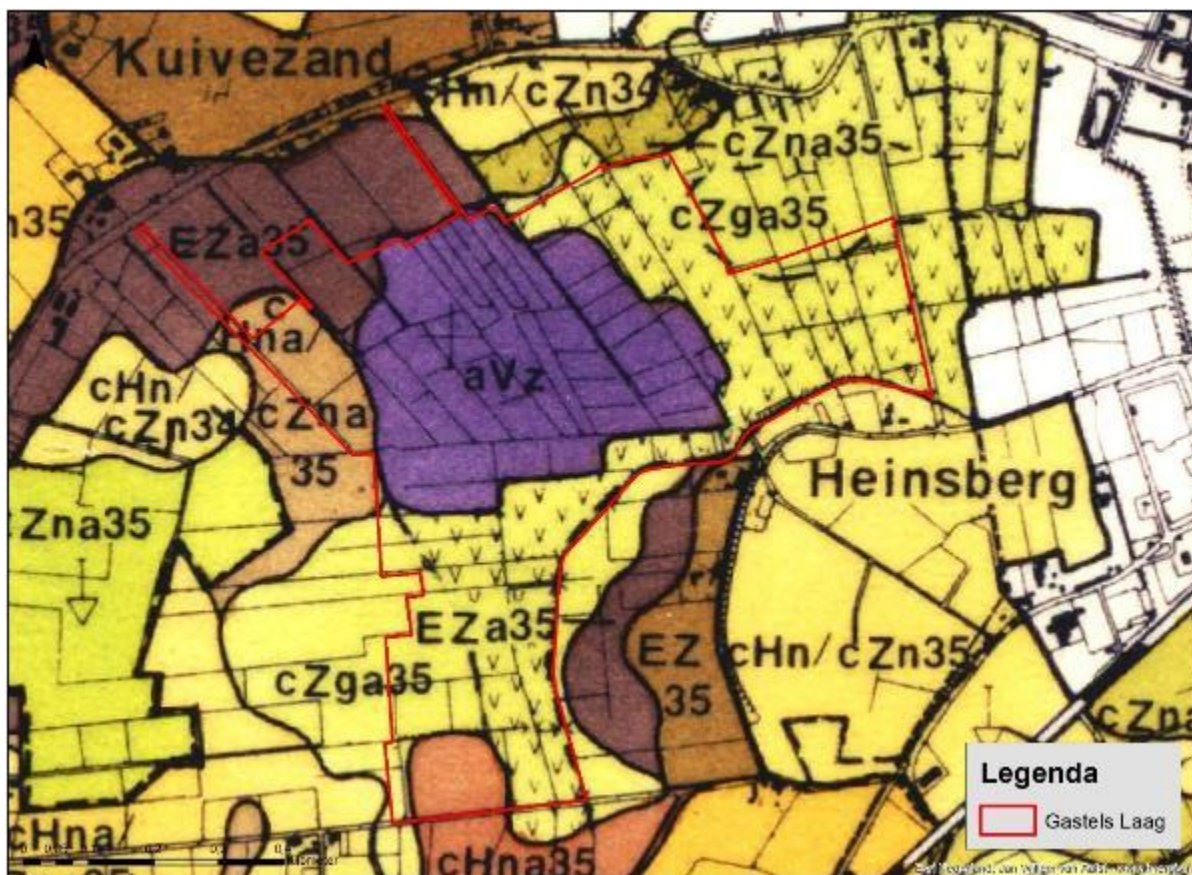
De Formatie van Peize-Waalre bereikt onder Gastels Laag een dikte van circa 35 meter. Samen met de zandige, schelphoudende mariene afzettingen van de Formatie van Maasluis (lichtblauw MSZ in Figuur 3-5) vormt dit het eerste watervoerende pakket.

Bodem

Door Edelman (1950) is voor een gedeelte van de gemeenten Oudenbosch en Oud Gastel een gedetailleerde bodemkaart gemaakt. Deze bodemkaart beschrijft voor Gastels Laag dat de bodems bestaan uit slihboudend zand op een laag lichte tot zware klei op veen. Delen van het gebied zijn 'uitgemoerd'. De bodems zijn in 1950 in de regel zeer vochtig, d.w.z. met reductieverschijnselen ondieper dan 45 cm onder maaiveld. Dit is in lijn met de beschrijving van het ontstaan van het landschap door (Leenders 1996). Na de systematische vervening in de 13^e en 14^e eeuw is bij overstromingen klei afgezet. Vervolgens is opnieuw veen gewonnen en tenslotte is het gebied bezand vanaf de omliggende hogere gronden.

Ter voorbereiding van de Ruilverkaveling Oud Gastel-Oudenbosch is in 1972 opnieuw een bodemkartering uitgevoerd (Kleinsman and Steeghs 1972a); zie Figuur 3-7 en Figuur 3-9). Daarin wordt de bodem in het centrale deel van Gastels Laag gerekend tot de madeveengronden met een Gt I. De veenondergrond bestaat uit zeggeachtig broekveen. De minerale ondergrond die hier meestal begint tussen 100 en 120 cm - mv bestaat veelal uit oude klei of zandige leem (Kleinsman and Steeghs 1972b). In het oostelijke en zuidelijke deel van Gastels Laag zijn sterk lemige beekeerdgronden op veen gekarteerd met een Gt II tot Gt IIIa.

Bij de inrichting in 1995 is in het natuurterrein de bodem afgegraven tot 60 cm onder NAP en is de moerige eerdlaag / sterk lemige beekeerd bodem grotendeels verwijderd. Op delen is een dunne laag klei achtergebleven (Leenders 1996). Bij een bodemkartering in het kader van een studentonderzoek in opdracht van Brabant Water en Staatsbosbeheer bleek dat de bodemopbouw in het afgegraven natuurterrein zeer onregelmatig is (Boers et al. 2021). Dat is te verwachten in een gebied waar boerenkuilen opgevuld zijn met allerlei materiaal dat voorhanden was.

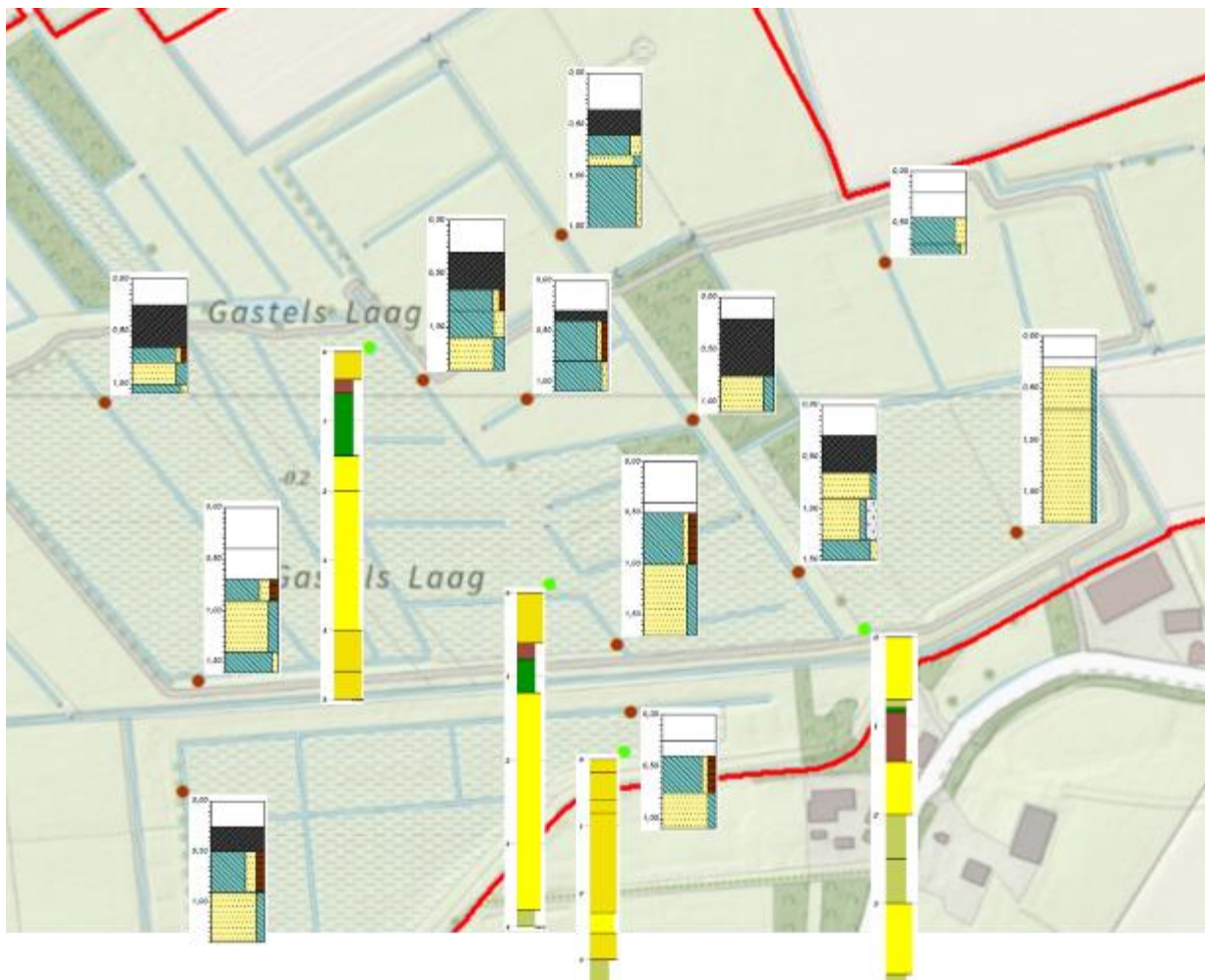


Figuur 3-7: Bodemkaart (1:25.000) uit 1972 gemaakt ter voorbereiding van de Ruilverkaveling Oud Gastel – Oudenbosch (Westerveld 1972a). Bodemcodes met de grootste oppervlakte binnen Gastels Laag: aVz (paars) = madeveen-gronden; kleiarne moerige eerlaag; begindiepte minerale ondergrond binnen 40 – 120 cm; cZga35 (geel) = sterk lemige bekeerdgronden; dikte van de humushoudende bovengrond 30 – 50 cm; toevoeging v = moerig materiaal beginnend tussen 80 en 120 cm - mv. Rode lijn geeft de begrenzing van Gastels Laag.

Aanvullend onderzoek bodem natuurgebied

Op basis van de beschikbare bronnen en literatuur is aangenomen dat direct onder het veen in Gastels Laag een doorgaande klei- of leemlaag aanwezig is. Daaronder bevinden zich dan zandige afzettingen van de Formatie van Stramproy (zie Figuur 3-5 en Figuur 3-6). Het natuurterrein is echter doorsneden door (soms diepere) sloten. Onduidelijk was of een deel van deze sloten door de kleilaag heen in het zand is gegraven, zoals het geval is met de Bansloot. Daarom is in een aanvullend onderzoek de bodemopbouw van slootbodems in het Gastels Laag bepaald. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Figuur 3-8.

Uit het onderzoek komt naar voren dat de doorgaande kleilaag ook in de slootbodems aanwezig is. De sloten zijn niet door de kleilaag heen gegraven. Alleen in de zuidoosthoek grenzend aan de Heinsberg, bestaat de slootbodem uit zeer fijn zwak siltig zand. Ook bij peilbuis B49F1594 aan de zuidzijde bleek de bovenste 3 meter van het profiel overwegend uit zand te bestaan.



Figuur 3-8 Bodemopbouw natuurterrein Gastels Laag. In het natuurterrein is in 12 sloten de bodemopbouw van de slootbodems bepaald. Om het beeld compleet te maken zijn in deze figuur ook de bodemprofielen van het meetnet van Brabant Water opgenomen. Groene markers: boorbeschrijvingen meetnet Brabant Water (Dinoloket 2021). Bruine markers: boorbeschrijvingen van handboringen in slootbodems in het natuurterrein. De boringen starten op de slootbodem. Het bovenste deel van de boring bestaat in de regel uit losse samendrukbare plantenresten (hier wit weergegeven) of slib.

Resumé geologie en bodemopbouw

- De laagste delen in Gastels Laag zijn bedekt met madeveengronden (veengronden met een kleiarme moerige eerdlaag). De bodem in de overige delen bestaat overwegend uit sterk lemige beekerdgronden meestal met veen in de ondergrond.
- De veenlaag in Gastels Laag blijkt sterk vergraven of 'uitgemoerd' als gevolg van vervening in boerenkuilen. Deze zijn later opgevuld met allerlei materiaal dat ter plaatse voorhanden was.
- Direct onder de veenlaag ligt een dunne weerstand biedende laag bestaande uit klei of leem. Ook in slootbodems is deze weerstand biedende laag aangetroffen. Daaronder bevinden zich zandige afzettingen van de Formatie van Stramproy met inschakelingen van klei of leem. Aan de zuidrand en in het zuidoosten ligt het veen direct op zandige afzettingen.
- De hogere gronden aan de noordwest- en zuidwestzijde van Gastels Laag, Kuivezand en de Langenberg bestaan uit dekzand van de Formatie van Boxtel. De Heinsberg en de kern van Oudenbosch aan de zuidoost- en oostzijde zijn achtergebleven omdat de klei- of leemafzettingen hier weerstand boden tegen de sterke erosie van de Formatie van Stramproy.

flank van de Heinsberg. De kade langs De Riet vormt de zuidoostelijke begrenzing van het natuurterrein.

De Bansloot doorsnijdt het ingerichte natuurterrein van Staatsbosbeheer. Het peil wordt geregeld met een stuw direct ten oosten van het natuurgebied. Waterschap Brabantse Delta hanteert voor het peilvak Gastels Laag en het aangrenzende Bossche Laag volgens het peilbesluit een omgekeerd peil, n.l. 's-zomers hoog en 's-winters laag. In Tabel 3-1 zijn de vastgestelde winter- en zomerpeilen vermeld. Uit navraag bij waterschap Brabantse Delta volgt dat in de praktijk voor deze stuw jaarrond een vast peil van 90 cm onder NAP wordt gehanteerd¹. In de winter wordt daarmee zoveel mogelijk water vast gehouden. Bij veldbezoeken op 15 april en 25 oktober 2021 was het peil bij de stuw 91 cm respectievelijk 93 cm onder NAP. Het verval over de stuw is beperkt tot circa 15 cm. De A-watergang aan de noordzijde tussen Gastels Laag en Kuivezand watert af benedenstreams van de stuw op 105 – 110 cm onder NAP. Bij Waterschap Brabantse Delta staat het peilvak Gastels Laag bekend als gebied met wateroverlast. Bij T1 en zeker bij T10 situaties treedt overstroming op.

Bij de inrichting van het natuurterrein is het oorspronkelijke slotenstelsel gehandhaafd en opgeschoond. In de percelen is een ondiepe begreppeling aangebracht. De slotenstelsels van het noordelijk en zuidelijk deel van het natuurterrein wateren via 2 vaste stuwijtjes, onder vrij verval af op de Bansloot². Afvoer treedt op bij een stuwpeil van 80 cm onder NAP (Figuur 3-11).

Tabel 3-1: Peilbesluit peilgebieden Gastels Laag en Bossche Laag.

Peilgebied	Winterpeil	Zomerpeil	In de praktijk
Gastels Laag	-1,00 m NAP	-0,75 m NAP	Circa -0,90 m NAP
Bossche Laag (incl. A-watergang noordzijde van het natuurgebied)	-1,20 m NAP	-0,75 m NAP	-

Oppervlaktewaterkwaliteit

Bij de bemonstering ten behoeve van grondwaterkwaliteitsmetingen in Gastels Laag door Brabant Water (zie 3.4.2) zijn ook oppervlaktewatermonsters verzameld in de Bansloot en op enkele locaties in het natuurterrein. De analysesresultaten worden gepresenteerd in Tabel 3-2. Er zijn voor zover bekend geen langjarige gegevens beschikbaar over de oppervlaktewaterkwaliteit van het landbouwgebied rondom Gastels Laag en van de Bansloot die Gastels Laag doorsnijdt.

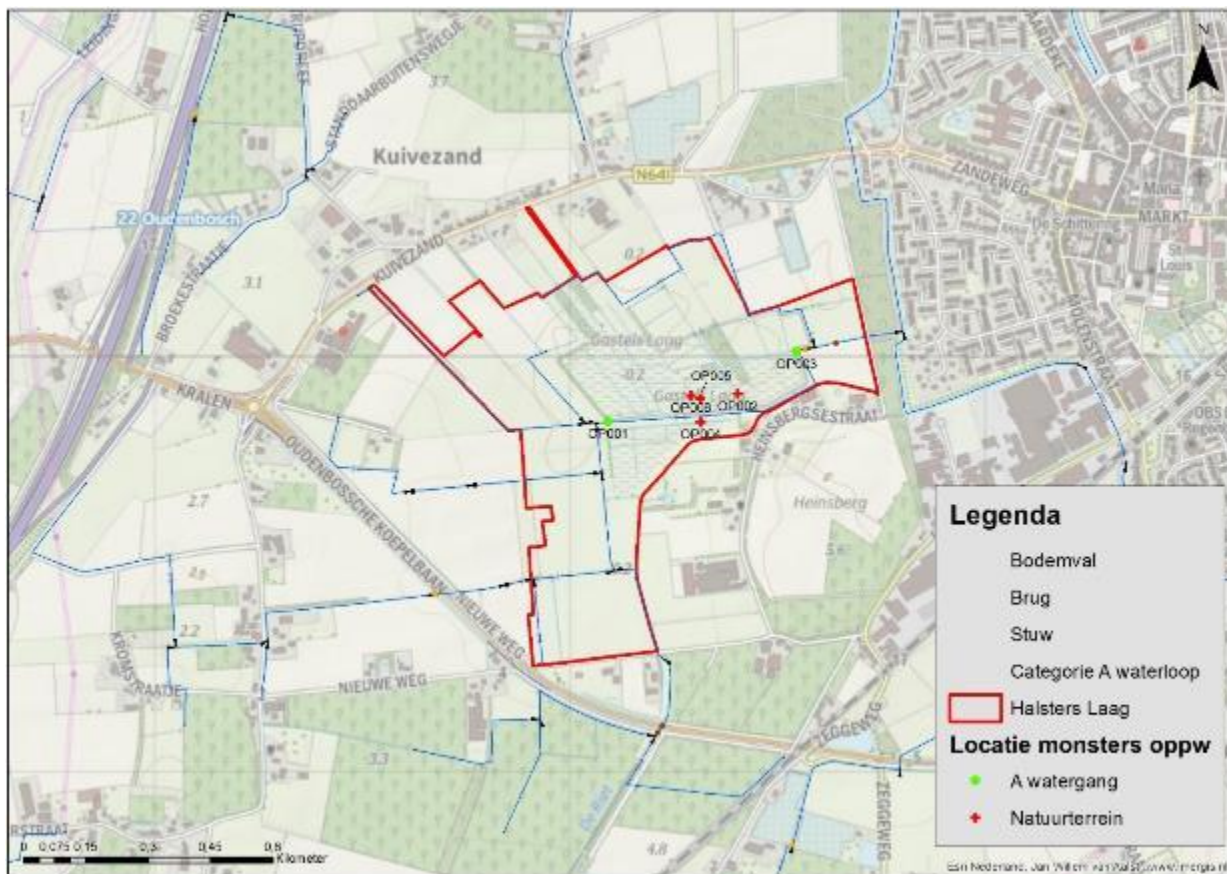
Het water in de Bansloot is duidelijk door landbouw beïnvloed met verhoogde EGV-waarden en in de meetronden in november en april hoge gehalten ammonium en nitraat. De zuurgraad ligt in het neutrale bereik en de hardheid is matig. Op het traject door het Gastels Laag nemen de N-gehalten flink af. Het water op locatie OP002, een diep drainerende sloot door het Gastels Laag, dwars op de Bansloot, kent een behoorlijke variatie in samenstelling en is gemiddeld intermediair aan de waterkwaliteit in de Bansloot en het oppervlaktewater in de sloten van het Gastels Laag. Directe beïnvloeding met water vanuit de Bansloot is echter onzeker, vanwege een iets hoger peil in de dwarsloot.

Het water in de sloten in het natuurterrein is oligotroof. Nitraat is niet detecteerbaar en ammoniumgehalten zijn laag. De zuurgraad ligt in het zwak zure tot neutrale bereik en de hardheid is zacht tot matig. Het water heeft een grondwaterachtig karakter. Opvallend zijn de hoge ijzergehalten, vooral op locatie OP004 ten zuiden van de Bansloot. Bij een veldbezoek op 25 oktober 2021 waren hier ijzervlokken in, en een ijzerfilm op het water zichtbaar. Locatie OP005 bevat zuurder en minder mineraalrijk water dan de andere twee locaties. Op deze locatie is geen sloot aanwezig, maar een ondiepe greppel in een licht hoger gelegen deel van het terrein grenzend aan de zone met een Blauwgraslandvegetatie. De waterstand in deze greppel was op het moment van monsternamen vlak

¹ Mededeling beheerder waterschap Brabantse Delta; per mail d.d. 8 november 2021.

² Mededeling beheerder P. Schoonen Staatsbosbeheer; telefonisch d.d. 14 maart 2022.

onder het naastliggende maaiveld. De waterkwaliteit duidt op een menging van regenwater met het grondwater in het bovenste deel van de bodem (zie Kwaliteit bodemvocht in 3.4.2 en (Jalink 2022)).



Figuur 3-10: Overzicht van het Oppervlaktewatersysteem van Gastels Laag (Waterschap Brabantse Delta 2021). Enkele landbouwgebieden aan de west- en zuidzijde wateren af op een watergang die het Gastels Laag doorsnijdt. Tevens aangegeven zijn de locaties in Gastels Laag waar door Brabant Water oppervlaktewaterkwaliteitsmonsters zijn verzameld.

Tabel 3-2: Oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens verzameld door Brabant Water voor de Bansloot en enkele locaties in Gastels Laag. Monsternamen november 2020, april en juli 2021. Zie voor de monsterlocaties Figuur 3-10.

Locatie	EGV µS/cm	pH-lab	Hardheid mmol/l	HCO3 mg/l	Fe mg/l	Ca mg/l	NH4 mg N/l	NO3 mg N/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
OP001 / Bansloot- W	410 - 510	6,8 – 7,0	1,6 – 1,9	65 - 100	0,44 – 1,6	47 - 58	0,7 – 13,2	1,9 – 9,5	71 - 110	39 - 47
OP003 / Bansloot-O	370 - 473	6,9 – 7,1	1,5 – 1,6	72 - 110	0,44 – 2,0	46 - 48	0,7 – 1,9	1,4 – 5,9	63 - 89	37 - 44
OP002 / diepe sloot	170 - 320	6,2 – 6,8	0,5 – 1,2	53 - 110	0,51 – 2,5	15 - 37	<0,05 – 0,24	< 0,05	12 - 77	22 - 31
OP004	250	6,7	1,28	130	12	38	0,18	< 0,05	< 5	24
OP005	110	5,3	0,41	12	5,3	9,5	< 0,05	< 0,05	17	14
OP006	170	6,4	0,8	82	4,2	22	< 0,05	< 0,05	< 5	17

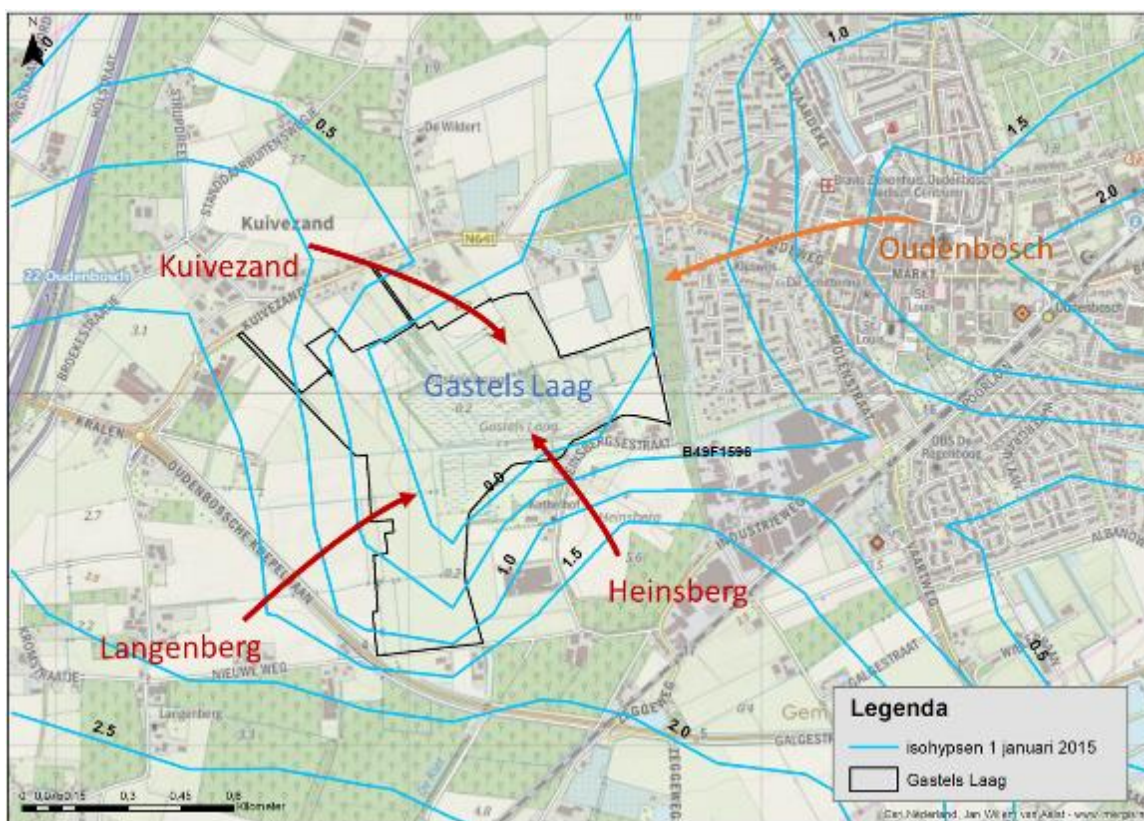


Figuur 3-11: Oppervlaktewatersysteem Gastels Laag. Links stuw waterschap Brabantse Delta aan de oostzijde. Rechts stuwtje Staatsbosbeheer zuidelijk deel van het natuurgebied. Foto's veldbezoek 19 mei 2021.

3.4.2 Grondwater

Grondwaterstroming

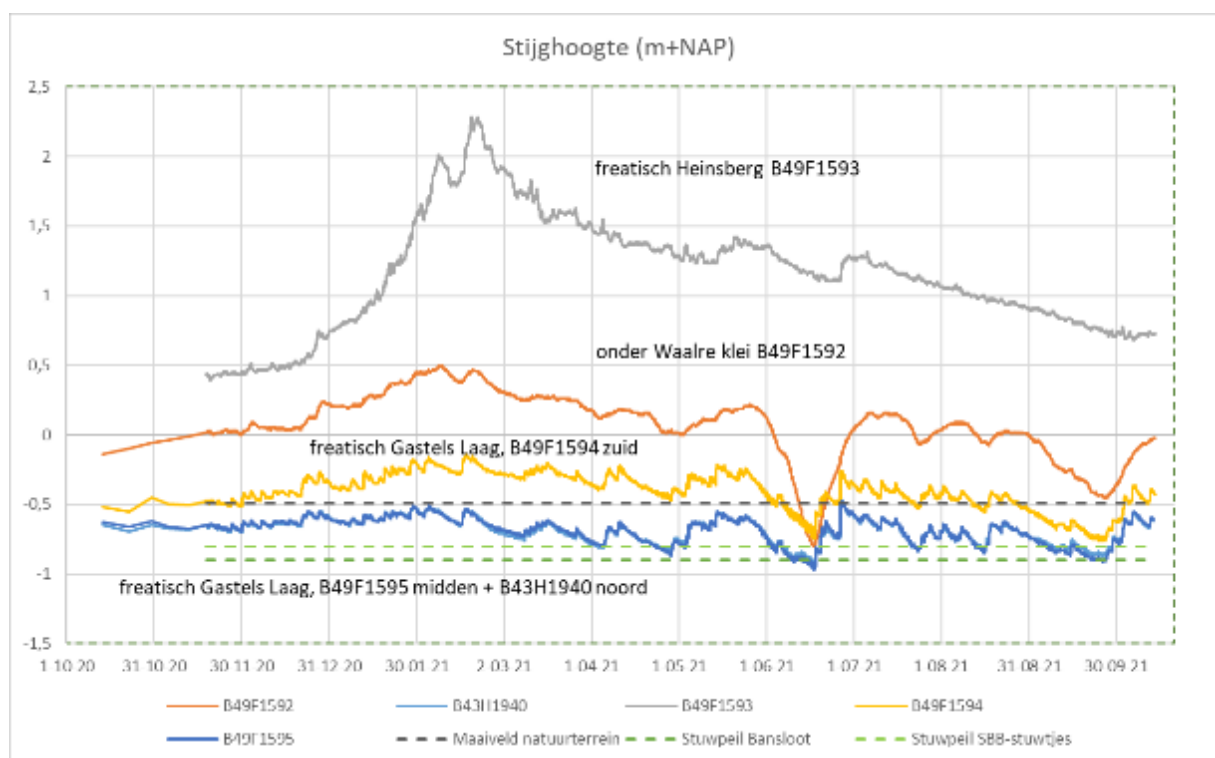
Het Gastels Laag is een laagte die omgeven wordt door hogere dekzandruggen die 4 tot 6 meter hoger liggen (Figuur 3-4). Grondwater dat op deze zandruggen infiltreert stroomt van alle kanten naar het Gastels Laag waar het omhoog stroomt naar maaiveld (Figuur 3-12).



Figuur 3-12: Isohypsen voor het freatische Watervoerend Pakket rond Gastels laag op 1 januari 2015 (Grondwatertools 2021). In rood zijn de voedingsgebieden van het Gastels Laag weergegeven met de stromingsrichting.

In Figuur 3-12 is weergegeven wat de voedingsgebieden zijn van het lokaal toestromende freatische grondwater: de hogere gronden Kuivezand, Langenberg en Heinsberg. Grondwater vanaf Oudenbosch wordt voor een groot gedeelte afgevangen door de ontwateringssloot. Het grote verhang (korte afstand tussen isohypsen) vanaf de Heinsberg duidt op hogere stroomsnelheden van het grondwater en een grotere invloed op kwelstromen in het Gastels laag.

Figuur 3-13 toont gemeten grondwaterstand tussen november 2021 en augustus 2021 langs een raai van de Heinsberg naar het centrum van het Gastels Laag (Figuur 3-15). Op de Heinsberg is de grondwaterstand tussen 0,4 tot 1,9 meter hoger dan de grondwaterstand aan de zuidrand van het Gastels laag (Tabel 3-4). Dit is een zeer groot verval over ongeveer 300 meter. Toestromend grondwater vanaf de Heinsberg komt aan maaiveld in het zuidelijk ingerichte deel van het Gastels Laag, direct grenzend aan de Heinsberg. De gemeten grondwaterstand in dit deel van Gastels Laag ligt namelijk boven maaiveld. In het veld is hier uittreedende ijzerhoudende kwel aan maaiveld waargenomen. In het centrum van Gastels Laag is slechts beperkt ijzerhoudende kwel aan maaiveld zichtbaar (veldwaarneming 19 mei 2021 en 25 oktober 2021, Figuur 3-14).



Figuur 3-13 Grondwaterregime meetnet Brabant Water in Gastels Laag. De metingen zijn gestart vanaf november 2020. De dip in de meetreeks B49F1592 'onder Waalre klei' valt samen met een droge periode die start eind mei en abrupt eindigt na forse neerslag in de omgeving van Gastels Laag halverwege juni (ELS-effect; zie pagina 19 2° alinea). De grijze onderbroken lijn geeft een indicatie van het maaiveld in Gastels Laag langs de raai van Brabant Water. Het maaiveld op de raai in het natuurterrein varieert tussen 40 en 65 cm – NAP. De groene onderbroken lijnen geven de stuwstanden in de Bansloot, resp. het natuurterrein.



Figuur 3-14: Kwel aan maaiveld in het zuidelijk deel van Gastels Laag direct grenzend aan de Heinsberg. Rechts kwel aan de voet van meetbuis B49F1594 (veldwaarneming 19 mei 2021).

Effect van grondwaterwinningen

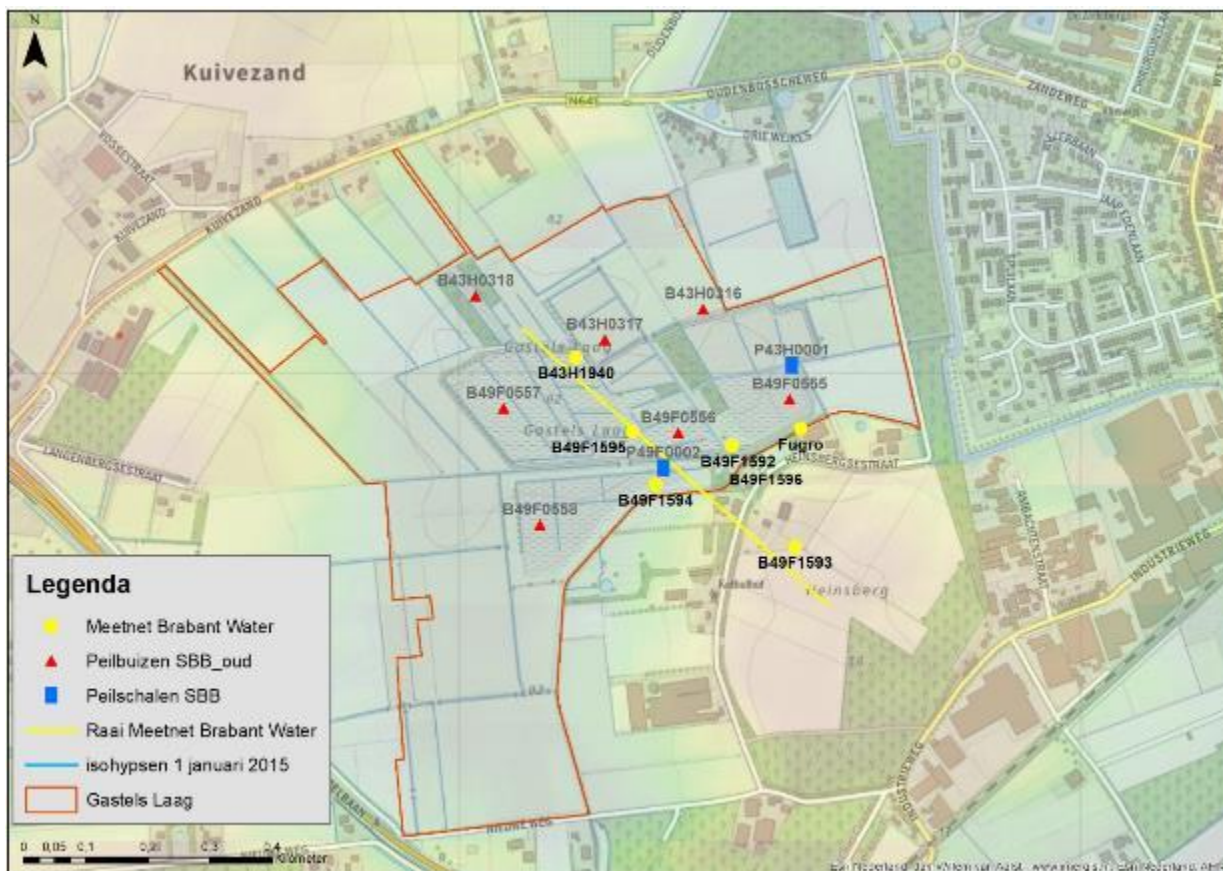
In de ruime omgeving van Gastels Laag wordt grondwater onttrokken ten behoeve van de drinkwatervoorziening, industrie en landbouw. Grondwaterwinning voor de drinkwaterwinning in West-Brabant vindt voornamelijk plaats uit de Formatie van Oosterhout op meer dan 100 meter diepte; in Bergen op Zoom is de waterwinning minder diep. Samen geven de waterwinningen een verlaging van de stijghoogte in de Formatie van Oosterhout tot meer dan een meter ten westen van Roosendaal. Ter hoogte van Gastels Laag is de verlaging in de Formatie van Oosterhout ook in de orde van een meter maar is de berekende verlaging in freatische grondwaterstand meestal kleiner dan 5 cm (van Wachtendonk et al. 2021). Effecten aan maaiveld zijn minder groot door de weerstand van de Waalreklei en de dempende werking van het oppervlaktewatersysteem. Agrariërs onttrekken grondwater op een diepte van ongeveer 60 meter voor beregening; het gemiddelde effect op de grondwaterstand is ook kleiner dan 5 cm rond Gastels Laag (Verhagen, 2019). De effecten van industriële onttrekkingen op de grondwaterstand zijn nihil omdat deze verder weg liggen (Van Wachtendonk, 2021).

Grondwaterregime

In het Gastels Laag zijn relatief veel meetreeksen beschikbaar van de gemeten grondwaterstand. Door Staatsbosbeheer is tussen 2003 en 2017 de grondwaterstand gemeten op zeven locaties, elk met twee filters (Figuur 3-15). Dit meetnet is inmiddels opgeruimd. In 2020 is door Brabant Water een nieuw meetnet geplaatst met zes locaties. De filters in de buizen van Brabant Water in Gastels Laag zijn geplaatst op hetzelfde niveau als de diepere filters in de buizen van Staatsbosbeheer. Dit geeft samen een goed beeld van het grondwaterregime binnen Gastels Laag. Meetreeksen voor de droge jaren 2018 – 2020 ontbreken echter.

De peilbuizen van Staatsbosbeheer zijn over een periode van meerdere jaren gemeten en geven zo een goed beeld van het gemiddelde grondwaterregime. De grondwaterstand in het Gastels laag kent weinig fluctuatie. In de lage delen van het Gastels laag ligt de grondwaterstand het grootste deel van het jaar aan maaiveld (< 20 cm). In de zomer zakt de grondwaterstand uit tot minder dan 50 cm onder maaiveld. Hieruit volgt grondwatertrap I of II (

Tabel 3-3). Grondwater komt in de winter tot boven maaiveld. Peilbuis B43H0316 ligt hoger in het landschap, bij deze peilbuis ligt de grondwaterstand in de winter ook aan maaiveld, in de zomer zakt de grondwaterstand uit tot ruim een meter onder maaiveld. Hieruit volgt grondwatertrap III.

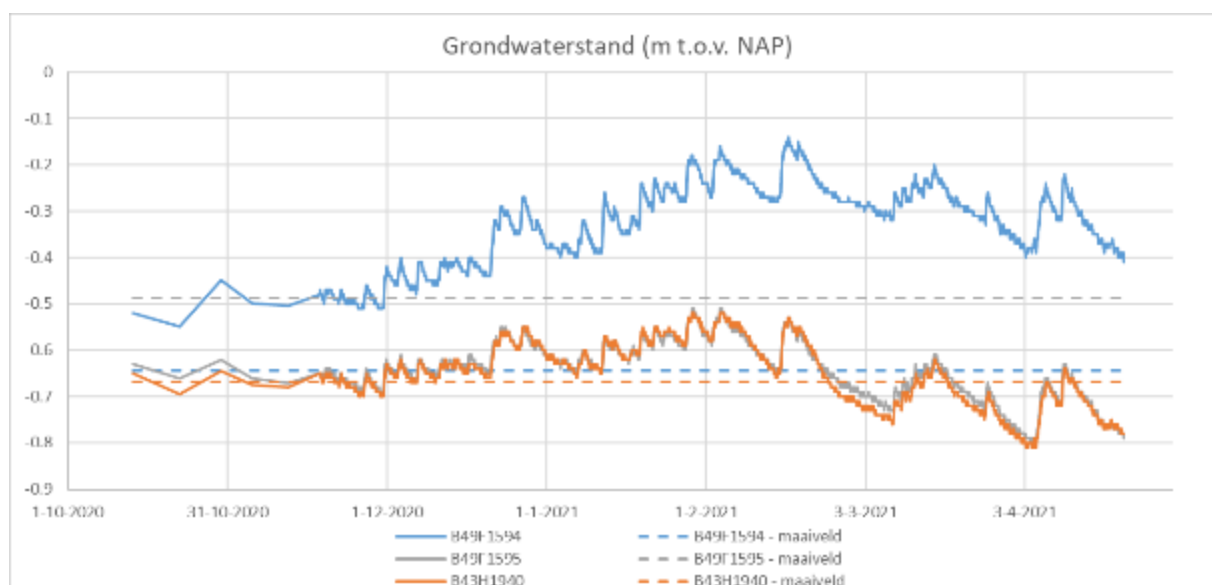


Figuur 3-15: Locaties grond- en oppervlaktewatermonitoring in het Gastels Laag. Het grondwatermeetnet van Staatsbosbeheer heeft gelopen van 2002 tot 2017. Het getoonde isohypsenpatroon is mede op dit meetnet gebaseerd. Dit meetnet is inmiddels opgeruimd. Het grondwatermeetnet van Brabant Water loopt vanaf november 2020.

Tabel 3-3: Grondwaterstatistieken van de peilbuizen van Staatsbosbeheer in het Gastels Laag (zie Figuur 3-15). Er is op twee dieptes gemeten tussen 2002 en 2017. De blauwe rijen geven de statistieken van filter 1, de grijze rijen van filter 2.

Peilbuis	Filter	Filterdiepte Gemiddeld (mNAP)	Maaveld (mNAP)	GHG (m- mv)	GVG (m- mv)	GLG (m- mv)	GT
B43H0316	1	-1.04	-0.11	0.08	0.45	0.97	III
B43H0316	2	-2.44	-0.11	0.38	0.57	0.85	III
B43H0317	1	-1.22	-0.54	-0.06	0.09	0.66	II
B43H0317	2	-3.02	-0.54	-0.05	0.09	0.46	I
B43H0318	1	-0.67	-0.55	-0.04	0.08	0.23	I
B43H0318	2	-2.91	-0.55	0.01	0.16	0.37	I
B49F0555	1	-1.25	-0.61	0.00	0.13	0.35	I
B49F0555	2	-2.99	-0.61	-0.03	0.11	0.27	I
B49F0556	1	-0.98	-0.48	-0.06	0.01	0.52	II
B49F0556	2	-2.91	-0.48	0.04	0.15	0.49	I
B49F0557	1	-1.06	-0.58	-0.03	0.06	0.48	I
B49F0557	2	-3.06	-0.58	-0.03	0.12	0.37	I
B49F0558	1	-1.34	-0.54	-0.05	0.07	0.49	I
B49F0558	2	-2.04	-0.54	0.00	0.11	0.54	II

Figuur 3-16 toont de grondwaterstanden van de peilbuizen van het meetnet van Brabant Water in het Gastels laag ten opzichte van NAP en de maaiveldhoogte van de peilbuizen. Bij peilbuis B49F1594 ligt de grondwaterstand bijna de gehele meetperiode ruim boven maaiveld. De grondwaterstand wordt niet afgevlakt wanneer deze boven maaiveld komt. In B49F1595 en B43H1940 ligt de grondwaterstand achtereenvolgens steeds dieper ten opzichte van maaiveld. Hieruit komt duidelijk naar voren dat vanaf de flank van de Heinsberg veel water toestroomt en zorgt voor een grondwaterstand boven maaiveld. Aan de flank is veel kwel, richting het centrum van natuurgebied neemt deze steeds meer af. De vorm van de reeksen laat zien dat er tussen het maaiveld en het meetfilter voldoende weerstand aanwezig is waardoor de meting niet afgevlakt wordt door het maaiveld. De boorbeschrijvingen voor de peilbuizen B49F1595 en B43H1940 laten dit ook zien. Voor peilbuis B49F1594 ontbreekt in de boorbeschrijving een duidelijke weerstand biedende laag (Anoniem 2020).



Figuur 3-16: Grondwaterstand in meter ten opzichte van NAP in de peilbuizen van het meetnet van Brabant Water die in het Gastels Laag liggen en de maaiveld hoogte van deze peilbuizen (stippellijn).

Relatie met oppervlaktewater

Binnen het Gastels Laag liggen greppels en sloten die naast de afvoer van regenwater ook kwel afvangen. Aan de noord- en zuidzijde van het Gastels Laag liggen diepere sloten die afwateren op de Bansloot. Afvoer treedt op bij een stuwpeil van 80 cm onder NAP. Toestromend ondiep grondwater wordt deels afgevangen in het stelsel van A-watgangen. De afvoer naar het oppervlaktewatersysteem blijkt uit de metingen van de SBB-peilbuizen. Grondwaterstanden op het diepere niveau (circa 3 meter diep) zijn lager dan de grondwaterstanden op het ondiepe niveau (circa 1,5 meter diepte).

Stijghoogtes

Een meetpunt onder de Waalre klei ontbrak tot een paar jaar geleden. Brabant Water heeft in 2020 een nieuw meetpunt geplaatst met een filter op ongeveer 22 meter diepte onder maaiveld. De gemeten stijghoogte in de periode oktober 2020 - augustus 2021 ligt tussen 0 en 0,5 meter boven NAP (Figuur 3-13). Dit is een waarde ruim boven maaiveld en ook boven de grondwaterstand in Gastels Laag. Dit betekent dat het grondwater onder Gastels Laag naast de voeding van ondiep grondwater het gehele jaar ook verticaal van onder de Waalreklei wordt gevoed (zie ook *Grondwaterkwaliteit* verderop in deze paragraaf). De grootte van deze flux is afhankelijk van de dikte en de weerstand van de Waalreklei. Volgens REGIS (Figuur 3-6) is de dikte van de kleilaag hier ongeveer 5 meter.

In de droge junimaand van 2021 daalt de stijghoogte ruim een meter (Figuur 3-13). De toestroming vanuit de diepte valt dan kortstondig weg. Het snel afnemen van de stijghoogte in het watervoerend pakket onder de Waalreklei kan toegeschreven worden aan de beregening uit grondwater. Uit data verzameld voor de ontwikkeling van het Brabantmodel blijkt dat er in de omgeving van het Gastels Laag een aantal beregeningsputten aanwezig is (Royal HaskoningDHV 2019). Naar verwachting zitten deze putten vooral in de Formatie van Maasluis.

Door de beperkte weerstand van Waalre klei 2 kan het effect hiervan mogelijk doorwerken naar het eerste watervoerende pakket. Het uitzakken van de stijghoogte wordt ook wel het ELS (extreem lage stijghoogte) effect genoemd. Dit effect kan invloed hebben op het wel of niet voorkomen van kwel in het Gastels Laag. De beschikbare tijdreeks is echter te kort om dit eenduidig vast te stellen. In de droge zomers van 2018, 2019 en 2020 zal dit effect veel groter geweest zijn in vergelijking met 2021.

Kwel en wegzijging

De peilbuizen van Staatsbosbeheer zijn uitgevoerd met twee ondiepe filters. Het diepteverschil tussen de twee filters is beperkt in de orde van 1,5 tot 2,5 meter. Tussen deze filters ligt vaak een dunne klei of leemlaag. De gemeten verschillen in grondwaterstand duiden ook op een weerstand biedende werking van deze laagjes.

In de winter (GHG-situatie) is de grondwaterstand in het eerste filter iets hoger dan in het tweede filter. Dit grondwater stroomt over de leemlaag naar de diepte en vervolgens richting de waterlopen. In de zomer (GLG-situatie) is de stijghoogte in het tweede filter hoger dan in het eerste filter. Onder deze omstandigheden zal toestroming van grondwater vanuit het onderliggende zandpakket optreden (kwel). In hoeverre deze temporele toestroming van invloed is op processen en de samenstelling van het bovenste grondwater en wortelzone in het natuurgebied wordt hierna besproken onder *Kwaliteit bodemvocht*. Bij peilbuizen B43H0318 en B49F0558 is overigens niet jaarrond sprake van kweldruk.

De voeding van het grondwater onder de klei-/leemlaag direct onder Gastels Laag lijkt afkomstig van de omliggende hoge gronden en vanuit het eerste watervoerende pakket (onder de Waalre klei, Figuur 3-13). Zowel de grondwaterstand op de hogere gronden als de stijghoogte in het watervoerende pakket is bijna het hele jaar hoger dan de grondwaterstand in het Gastels Laag.

Naar verwachting is het grootste deel van het toestromend grondwater afkomstig van de omliggende hoge gronden. De Waalre klei onder Gastels laag heeft een aanzienlijke dikte en weerstand. De op peilbuismetingen gekalibreerde weerstand van de Waalre Klei in het Brabantmodel is ongeveer 8000 dagen. Bij een stijghoogteverschil van 1,0 meter zou de voeding van onder de Waalre klei ongeveer 45 mm per jaar zijn. Dat is minder dan het gemiddelde neerslagoverschot van 300 mm per jaar in Nederland maar kan voldoende zijn om in de zomer, wanneer het neerslagoverschot negatief wordt, te zorgen voor kwel aan maaiveld.

Tabel 3-4: Stijghoogteverschillen meetnet Brabant Water in Gastels Laag zoals zichtbaar in Figuur 3-13. Metingen van november 2020 tot juli 2021. Voor de locaties van peilbuizen zie Figuur 3-15. In een droge periode vanaf eind mei tot halverwege juni zakt de stijghoogte in het filter onder de Waalre klei, om daarna weer te stijgen tot begin augustus.

		Gemiddeld	Minimaal	Maximaal
GL-zuid – GL-midden/noord	B49F1594 – B49F1595/B49H11940	0,31 m	0,20 m	0,40 m
Onder Waalre klei – GL-zuid	B49F1992 – B49F1594	0,49 m	-0,21 m**	0,72 m
Onder Waalre klei – GL-midden/noord	B49F1592 – B49F1595/B49H11940	0,80 m	0,06 m**	1,07 m
Heinsberg – GL-zuid	B49F1593 – B49F1593	1,59 m	0,43 m	1,90 m

Grondwaterkwaliteit

In 2020 en 2021 is in drie ronden (november, april en juli) de grondwaterkwaliteit gemeten in het meetnet van Brabant Water en verspreid over Gastels Laag op twee dieptes in het bodemvocht. In de meetronde in juli is ook een peilbuis 'fugro' aan de zuidoostrand van Gastels bemonsterd met een diep filter direct onder de Waalre klei. Voor het meetnet van Staatsbosbeheer zijn gegevens beschikbaar van twee meetronden in voorjaar en zomer van 2004. De resultaten van deze metingen zijn geïnterpreteerd door Jalink (2022). De voor deze systeemanalyse relevante resultaten worden hier gepresenteerd. De locaties van de meetpunten zijn weergegeven op Figuur 3-15. De karakteristieken en het type water is per meetpunt samengevat in Tabel 3-5.



Figuur 3-17: Grondwaterkarakteristieken (links) en herkomst grondwater (rechts) in het freatisch pakket onder Gastels Laag en de Heinsberg (Jalink 2022). Zie Tabel 3-5

Zowel in het 1^e watervoerende pakket als in het freatisch zandpakket varieert de waterkwaliteit weinig tussen de monsternomenten. Er treden in de zandondergrond geen seizoensmatige verschuivingen op in voedende systemen en er treden geen veranderingen in redoxniveau op. Alleen in B43H0317 traden tussen de twee meetronden in 2004 verschillen in samenstelling op.

In het 1^e watervoerende pakket (onder de Waalre klei) is een gelaagdheid in watertypen aanwezig. Het water op grotere diepte is zeer basenrijk en kalkverzadigd (type III). Het water in de zandlaag direct onder de Waalre klei is wat minder basenrijk en licht onderverzadigd (type II). In de kern van Gastels Laag komt de grondwaterkwaliteit in het freatische zandpakket overeen met die uit het bovenste deel van het 1^e watervoerende pakket. Als gevolg van de afbraak van organisch bodemmateriaal bevat dit water ammonium (type II-am).

Vanuit de omliggende hogere gronden rondom het Gastels Laag stroomt door bemesting beïnvloed lokaal grondwater via het bovenste zandpakket het gebied in. Onder de hogere gronden (o.a. de Heinsberg) is het grondwater nitraatrijk (type I-nit), maar door denitrificatie en pyrietoxidatie verandert dit water dieper in de bodem, en onder het zuidelijk en oostelijk deel van Gastels Laag in sulfaatrijk grondwater (type I-S). Ook andere stoffen die op antropogene beïnvloeding wijzen, kunnen in verhoogde concentraties voorkomen, zoals chloride, natrium, ammonium en kalium. Ook dit lokale grondwater is vrij goed gebufferd, als gevolg van bekalking, bemesting of door productie van HCO₃ bij reductieprocessen, of doordat plaatselijk kalk in het profiel aanwezig is. Een deel van het lokaal

toestromende grondwater wordt afgevangen door de diepe randsloten, maar een deel blijkt ook onder de sloten door tot in de randen van het reservaat te stromen.

Er zijn geen grondwaterkwaliteitsgegevens beschikbaar van monitoringbuizen in de wijdere omgeving die bruikbaar zijn voor de systeemanalyse voor Gastels Laag. De locaties waar gemeten wordt, hebben ondiepe filters en staan op grotere afstand van Gastels Laag (Dinoloket 2021).

Tabel 3-5: Karakteristieken voor grondwater in het 1^e WVP onder de Waalre klei en voor grondwater in de zandondergrond (freatisch WVP) onder Gastels Laag en de Heinsberg (Jalink 2022). Voor locaties van de peilbuizen zie Figuur 3-15.

Locatie	Filterdiepte (m +NAP)	WVP	Water type	Karakteristieken
B49F1592	-20,82 – -22,82	1	III	Zuiver, hard, kalkverzadigd grondwater. Geen antropogene invloeden.
'fugro-f1'	-12,8 - -13,8	1	II	Zuiver, matig hard, licht onderverzadigd grondwater. Geen antropogene invloeden.
B49F1593 - f2	0,06 - -0,94	freat.	I-nit	Antropogeen beïnvloed grondwater, dat door bemesting nitraatrijk is.
B49F1594	-2,45 - -2,95	freat.	I-S	Antropogeen beïnvloed grondwater. Sulfaatrijk door denitrificatie in sulfiderijke lagen.
B49F1596	-3,10 – 3,60	freat.	I-S	Antropogeen beïnvloed grondwater. Sulfaatrijk door denitrificatie in sulfiderijke lagen.
B49F1595	-3,09 – 4,09	freat.	II-am	Schoon, nauwelijks beïnvloed, sterk gebufferd licht onderverzadigd grondwater. Ammoniumrijk door anaerobe afbraak van organisch materiaal.
B43H1940	-2,58 – 3,08	freat.	II-am	Schoon, nauwelijks beïnvloed, sterk gebufferd licht onderverzadigd grondwater. Ammoniumrijk door anaerobe afbraak van organisch materiaal.
B49F0555	-3,1 - -4,1	freat.	I-S	Antropogeen beïnvloed grondwater. Sulfaatrijk door denitrificatie in sulfiderijke lagen.
B49F0556	-2,89 - -3,89	freat.	I-S	Antropogeen beïnvloed grondwater. Sulfaatrijk door denitrificatie in sulfiderijke lagen.
B49F0557	-3,14 - -4,14	freat.	I-Sam	Antropogeen beïnvloed grondwater. Sulfaatrijk door denitrificatie in sulfiderijke lagen. Ammoniumrijk door anaerobe afbraak van organisch materiaal.
B49F0558	-2,33 - -2,83	freat.	I-am	Antropogeen beïnvloed grondwater. Ammoniumrijk door anaerobe afbraak van organisch materiaal.
B43H0316	-2,05 - -3,05	freat.	I-S	Antropogeen beïnvloed grondwater. Sulfaatrijk door denitrificatie in sulfiderijke lagen.
B43H0317	-3,06 - -4,06	freat.	I/II-am	Antropogeen beïnvloed grondwater. Schoon grondwater. Ammoniumrijk door anaerobe afbraak van organisch materiaal.
B43H0318	-2,33 - -2,83	freat.	I-am	Antropogeen beïnvloed grondwater. Ammoniumrijk door anaerobe afbraak van organisch materiaal.

Kwaliteit bodemvocht

Nabij de peilbuizen in Gastels Laag en verspreid over het terrein is bodemvocht bemonsterd op 30 en 60 cm onder maaiveld. De kwaliteit van het bodemvocht wordt vooral bepaald door redox-processen (pyriet-oxidatie, sulfaatreductie, afbraak van organisch materiaal) onder invloed van wisselende grondwaterstanden in de venige toplaag (Jalink 2022). De kwaliteit van het grondwater in de zandondergrond is daarin niet direct herkenbaar.

De kwaliteit en gelaagdheid van het bodemvocht varieert sterk tussen de meetpunten. Belangrijkste oorzaak daarvan zijn verschillen in bodem (o.a. voormalig landgebruik), relatieve hoogteligging, grondwaterstandsfluctuaties en uitloging. Op de meeste meetlocaties is er geen relatie met het grondwater onder Gastels Laag. Aan de voet van de Heinsberg blijkt het bodemvocht afkomstig vanuit een lokale bron.

Het bodemvocht op 30 en 60 cm diepte is ionenrijk. De hardheid is aanzienlijk hoger dan in regenwater en soms zelfs dan in het kwelwater. Het kan dus niet worden bestempeld als “regenwater-achtig”. Ook is op de meeste plekken het bicarbonaatgehalte voldoende hoog voor een pH in het zwak zure of matig zure bereik. De aanwezigheid van veenmos-dominanties in delen van de schraallandvegetaties lijkt erop te wijzen dat boven in de bodem het bodemvocht zuurder is dan op 30 cm diepte wordt gemeten, wat duidt op neerslaglensvorming in de wortelzone.

De hardheid in het bodemvocht is blijkens het relatief hoge Mg-gehalte afkomstig uit bekalking met dolomietkalk en/of dierlijke mest. Dit is een gevolg van het voormalige agrarisch gebruik van deze gronden. Door de hoge adsorptiecapaciteit van de kleig/venige gronden leveren ze nog steeds Ca en Mg na. Uitzondering hierop vormt het blauwgrasland in het oorspronkelijk reservaatgebied. Dit perceel is niet vergraven, ligt wat hoger dan het ingerichte terrein en is kennelijk niet intensief gebruikt geweest en niet of nauwelijks bemest of bekalkt.

Resumé Hydrologie

- Vanaf de omringende hoge zandgronden stroomt horizontaal grondwater naar Gastels Laag. Vanaf de Heinsberg treedt jaarrond kwel uit aan maaiveld in het zuidelijk deel van Gastels Laag.
- De gemeten stijghoogte in het watervoerend pakket onder de Waalre klei ligt ruim boven maaiveld en ook boven de grondwaterstand in Gastels Laag. Het freatisch pakket in Gastels Laag wordt ook van onder de Waalre klei gevoed. De grootte van de kwelflux is afhankelijk van de dikte en doorlatendheid van dit kleipakket.
- In het watervoerende pakket onder de Waalre klei is een gelaagdheid in watertypen aanwezig. Het water op grotere diepte is zeer basenrijk en kalkverzadigd. Het water in de zandlaag direct onder de Waalre klei is wat minder basenrijk en licht onderverzadigd.
- Vanuit de omliggende hogere gronden rondom het Gastels Laag stroomt door bemesting beïnvloed lokaal grondwater via het bovenste zandpakket het gebied in. Een deel van het lokaal toestromende grondwater wordt afgevangen door de diepe randsloten. Een deel stroomt onder de sloten door tot in de randen van het reservaat.
- In de kern van Gastels Laag komt de grondwaterkwaliteit in het freatische zandpakket overeen met die uit het bovenste deel van het 1e watervoerende pakket.
- Het bodemvocht in Gastels Laag is ionenrijk. De hardheid is aanzienlijk hoger dan in regenwater en soms zelfs dan in het kwelwater. De kwaliteit van het bodemvocht wordt vooral bepaald door reductie- en oxidatieprocessen onder invloed van wisselende grondwaterstanden in de venige toplaag.

- Via een stelsel van A-watgangen rond en door Gastels Laag wordt water afgevoerd naar de Dintel. Deze watgangen trekken kwel aan vanaf de flanken van Gastels Laag. Een stuw aan de oostzijde van Gastels Laag staat in de praktijk jaarrond op 90 cm onder NAP.
- De waterafvoer uit het natuurterrein wordt geregeld met 2 stuwtjes op 80 cm onder NAP, dat wil zeggen 20 tot 30 (en deels 40) cm onder het maaiveldniveau in het natuurterrein. Door de vlakke ligging van het terrein en het geringe verhang treedt gemakkelijk stagnatie in de afvoer op.
- De grondwaterstand in het Gastels Laag kent weinig fluctuatie. In de lage delen van het Gastels laag ligt de grondwaterstand het grootste deel van het jaar aan maaiveld (< 20 cm). In de winter staat water boven maaiveld, in de zomer zakt de grondwaterstand uit tot minder dan 50 cm onder maaiveld. Hieruit volgt grondwatertrap I of II.

3.5 Vegetatie

Voor de terreinen van Staatsbosbeheer in Gastels Laag is in 2015 een vegetatie- en florakartering uitgevoerd (Courbois et al. 2016). Deze geeft een goed beeld van de vegetatieontwikkeling in het oorspronkelijke reservaatgebied en de ontwikkeling op de in 1995 ingerichte terreindelen. Daarbij is ook de verbreiding van een aantal aandachtsoorten gekarteerd. Oudere floragegevens zijn opgenomen in (Cools et al. 2006). De gegevens uit de vegetatiekartering zijn hieronder samengevat.

Staatsbosbeheer beheert in Gastels Laag ook een aantal percelen en bermen als kruiden- en faunarijk grasland. De vegetatiekartering geeft geen nader inzicht in de vegetatieontwikkeling in deze graslanden. Ook voor de bosstrook aan de oostzijde van Gastels Laag ontbreken vegetatiegegevens.

Schraalgraslanden

De schraalgraslanden in Gastels Laag worden gerekend tot associaties, rompgemeenschappen of soortenarmere typen van het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje (r16Aa; Schaminée et al. (2019)). Het voorkomen van verschillende vegetatietypen hangt mede samen met verschillen in maaiveld, vochttoestand en basenhuishouding. Opvallende soorten in de graslandvegetatie van Gastels Laag zijn opgenomen in Tabel 3-6.



Figuur 3-18: Schraalgraslanden in Gastels Laag. Links brede orchis (Dactylorhiza majalis) op een in 1995 ingericht perceel (veldbezoek 19 mei 2021). Rechts o.a. spaanse ruiter (Cirsium dissectum) en melkeppe (Peucedanum palustre) in blauwgrasland in het oorspronkelijk reservaatgebied (veldbezoek 25 oktober 2021).

In het graslandperceel in het oorspronkelijke reservaatgebied is verspreid de Blauwgraslandassociatie (r16Aa1) gekarteerd (zie Figuur 3-18). Blauwgrasland komt hier voor op een bezand reliëfrijk perceel,

rijk aan organische stof. Van de associatiekensoorten komt in Gastels Laag spaanse ruiter (*Cirsium dissectum*) voor. Verder o.a. blauwe knoop, blauwe zegge, hondsviooltje, veenpluis en tandjesgras (Cools et al. 2006). Ook in de ingerichte percelen is op een aantal plekken met een dunne kleilaag op veen deze associatie aangetroffen.

Op ongeveer de helft van de oppervlakte van de ingerichte percelen is de Veldrus-associatie (r16Aa2) gekarteerd. De associatiekensoort veldrus (*Juncus acutiflorus*) komt samen met de verbondskensoort blauwe zegge (*Carex panicea*) weid verbreid voor. Aan de zuidzijde van Gastels Laag ligt op de flank van De Riet een smalle zone schraalgrasland met o.a. brede orchis (*Dactylorhiza majalis*).

Tabel 3-6: Kenmerkende plantensoorten voor de schraalgraslanden en sloten in het Gastels Laag (Cools et al. 2006; Courbois et al. 2016).

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
biezenknoppen	<i>Juncus conglomeratus</i>	paddenrus	<i>Juncus subnodulosus</i>
blauwe knoop	<i>Succisa pratensis</i>	piilveren	<i>Pilularia globulifera</i>
blauwe zegge	<i>Carex panicea</i>	poelruit	<i>Thalictrum flavum</i>
brede orchis	<i>Dactylorhiza majalis</i>	rietorchis	<i>Dactylorhiza praetermissa</i>
draadzegge	<i>Carex lasiocarpa</i>	ruw walstro	<i>Galium uliginosum</i>
duizendknoopfonteinkruid	<i>Potamogeton polygonifolius</i>	scherpe zegge	<i>Carex acuta</i>
echte koekoeksbloem	<i>Silene flos-cuculi</i>	snavelzegge	<i>Carex rostrata</i>
geelgroene zegge	<i>Carex demissa</i>	spaanse ruiter	<i>Cirsium dissectum</i>
gewone dophei	<i>Erica tetralix</i>	sterzegge	<i>Carex echinata</i>
gewone dotterbloem	<i>Caltha palustris palustris</i>	tandjesgras	<i>Danthonia decumbens</i>
hazenzegge	<i>Carex leporina</i>	teer guigelheil	<i>Anagallis tenella</i>
holpijp	<i>Equisetum fluviatile</i>	tormentil	<i>Potentilla erecta</i>
hondsviooltje	<i>Viola canina</i>	tweerijige zegge	<i>Carex disticha</i>
kantig hertshooi	<i>Hypericum obtusiusculum</i>	veelbloemige veldbies	<i>Luzula multiflora</i>
kleine zonnedaauw	<i>Drosera intermedia</i>	veelstengelige waterbies	<i>Eleocharis multicaulis</i>
koningsvaren	<i>Osmunda regalis</i>	veenpluis	<i>Eriophorum angustifolium</i>
kruiwend zenegroen	<i>Sjuga reptans</i>	veenreukgras	<i>Anthoxanthum nitens</i>
kruiwilg	<i>Salix repens</i>	veldrus	<i>Juncus acutiflorus</i>
melkeppe	<i>Peucedanum palustre</i>	vloftende bies	<i>Isolepis fluitans</i>
moerashertshooi	<i>Hypericum elodes</i>	wataardbei	<i>Comarum palustre</i>
moeraskartelblad	<i>Pedicularis palustris</i>	waterkruiskruid	<i>Jacobaea aquatica</i>
moerasviooltje	<i>Viola palustris</i>	wilde bertram	<i>Achillea ptarmica</i>
moeraswederik	<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	zeegroende muur	<i>Stellaria palustris</i>
moeraszegge	<i>Carex acutiformis</i>	zompzegge	<i>Carex canescens</i>
naaldwaterbies	<i>Eleocharis acicularis</i>	zwarte zegge	<i>Carex nigra</i>

Struwelen en bossen

Het oorspronkelijk reservaatgebied omvat ook een perceel elzenbroekbos. Dit elzenbroekbos is matig ontwikkeld en is te rekenen tot de RG Hennegras (r42RG01). Naast hennegras (*Calamagrostis canescens*) bestaat de ondergroei vooral uit riet (*Phragmites australis*), gewone braam (*Rubus plicatus*), oeverzegge (*Carex riparia*) en gestreepte witbol (*Holcus lanatus*).

In de ingerichte percelen heeft zich plaatselijk struweel en bos ontwikkeld, te rekenen tot de Associatie van Grauwe wilg (r39Aa2), de RG Grote brandnetel (r41RG01) en de RG Hennegras (r42RG01).

Moerassen en wateren

In de natste delen van Gastels Laag zijn verschillende moeras-, overstromings- en watervegetaties gekarteerd. In het oorspronkelijk reservaat ligt een perceel met een moerasvegetatie horend tot de Associatie van Scherpe zegge (r8Bc2). Deze vegetatie komt voor op voedselrijke, basenrijke standplaatsen die 's-winters onder water staan en 's-zomers oppervlakkig uitdrogen (Schaminée et al. 2019). In de ingerichte percelen (vooral) in het oostelijk deel van Gastels Laag komen vegetaties voor die hier langdurige inundatie met regenwater indiceren. De RG Mannagras (sbb 12B-k) is tamelijk productief en staat hier op een natte tot zeer natte, tijdelijk geïnundeerde standplaats. Een opvallende soort in deze vegetatie is moeraswalstro (*Galium palustre*).

Op langdurig geïnundeerde venige standplaatsen zijn vegetaties van zeer zwak gebufferde wateren gekarteerd. Het betreft hier de RG Knolrus en Veenmos (r6RG7; zie ook Figuur 3-3, linker foto). Een opvallende soort hier is kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*). In de zomer van 2020 zijn hier zwarte plekken in de vegetatie waargenomen³. Dat is mogelijk een gevolg van de droogte in combinatie met zwavelrijk grondwater.

In de sloten in het centrale en noordelijk deel van Gastels Laag komen enkele kwelindicerende soorten voor (zie voor de indicatiewaarde Weeda et al. (1994)). Vlottende bies (*Isolepis fluitans*) staat massaal in enkele sloten en indiceert zacht, zuur tot neutraal water dat behalve door neerslag ook door grondwater gevoed wordt. Waterviolier (*Hottonia palustris*) komt verspreid in het gebied voor en indiceert koolzuur-rijke kwel. Draadzegge (*Carex lasiocarpa*) is kenmerkend voor plaatsen waar neerslagwater in contact komt met basenhoudend grondwater.

Duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) is aangetroffen in het zuidelijk deel van Gastels Laag. Deze soort kan zich handhaven in wateren waar ijzerrijke kwel fosfaat bindt. De vegetatie in de Bansloot (o.a. gewoon sterrekroos (*Callitriche platycarpa*)) die het natuurterrein doorsnijdt, indiceert dat deze watergang grondwater aantrekt.

Resumé vegetatie

- De schraalgraslandvegetaties in Gastels Laag vallen onder het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje. Vegetaties met spaanse ruit komen vooral in het oorspronkelijk reservaat voor en worden gerekend tot de Blauwgraslandassociatie. In de ingerichte percelen komt de Veldrus-associatie over grotere oppervlakten voor.
- In sloten in Gastels Laag komen verschillende kwelindicerende waterplanten voor. In het centrale en noordelijk deel zijn vlottende bies, draadzegge en waterviolier indicatief voor de menging van regenwater met basen- of koolzuurhoudend grondwater. In het zuidelijk deel wordt duizendknoopfonteinkruid aangetroffen in wateren waar ijzerrijke kwel fosfaat bindt.
- In delen van Gastels Laag treedt verzuring op mede als gevolg van regenwaterstagnatie. Een deel van de graslandvegetatie is vervuild met moerasstruisgras, in delen treedt geoord veenmos op de voorgrond en op langdurig geïnundeerde standplaatsen in het oostelijk deel van Gastels Laag heeft zich de RG Knolrus en Veenmos ontwikkeld.

³ Mededeling ecohydroloog M. de Haan Brabant Water; bij bespreking Rapport Gastels Laag d.d. 1 februari 2022.

4 Ecohydrologische interpretatie en sleutelfactoren

De in hoofdstuk 0 uitgewerkte bouwstenen en aandachtpunten worden in dit hoofdstuk eerst samengebracht tot een ecohydrologische interpretatie voor het functioneren van Gastels Laag. Op basis daarvan worden in een aparte paragraaf de sleutelfactoren afgeleid. Deze kunnen gebruikt worden om uitspraken te doen met betrekking tot het detailniveau van de beschikbare hydrologische modellen.

4.1 Samenvatting van de bouwstenen

Voordat de ecohydrologische interpretatie wordt uitgewerkt, wordt hieronder ter referentie herhaald, wat de voorgaande paragrafen voor elk van de bouwstenen van de systeemanalyse hebben opgeleverd. Zij vormen de basis voor de beschrijving in paragraaf 4.2.

Ontstaansgeschiedenis

- Aan het eind van het Pleistoceen was Gastels Laag deel van een krekensysteem op de overgang van de hogere zandgronden naar het getijdengebied. In het Holoceen heeft zich in Gastels Laag eerst zegge-/broekveen ontwikkeld, later overgaand in hoogveen.
- Vanaf het eind van de 13e eeuw is Gastels Laag systematisch verveend. De verveening is gestopt op het niveau waarop opdringend grondwater niet meer kon worden afgevoerd, circa 60 cm – NAP in het oosten en 50 cm – NAP in het westen van Gastels Laag.
- Tijdens een Sint Elisabethsvloed is in Gastels Laag een dunne laag klei over het veen afgezet.
- Gastels Laag is daarna in gebruik genomen als hooiland door de boeren in de omgeving. Dat hooiland was kennelijk niet zo waardevol. In Gastels Laag is op grote schaal opnieuw veen gewonnen in boerenkuilen en kleinere systematische verveeningen.
- Vanaf de 16e eeuw zijn de boerenkuilen opgevuld en is Gastels Laag bezand, om opnieuw als hooiland in gebruik te worden genomen. De kwaliteit van de laagste delen van Gastels Laag bleef slecht.
- Eind vorige eeuw heeft Staatsbosbeheer enkele reservaatgronden in Gastels Laag verworven. Dit bezit is in de landinrichting uitgebreid met de agrarisch minst bruikbare gronden tot in totaal 23 hectare.
- In 1995 is hiervan 12 hectare ingericht en afgegraven tot op 50 à 60 cm – NAP. Het niveau waarop de verveening van eind 13e eeuw werd gestaakt.

Hoogteligging

- Gastels Laag ligt grotendeels ingesloten door dekzandruggen en hoge koppen. Het hoogteverschil van het natuurgebied met de omringende hoge gronden is 4 tot 6 meter.
- Het maaiveld van het ingerichte deel van het natuurgebied ligt vrijwel vlak op 0,5 tot 0,6 meter onder NAP. Het schraalgrasland van het oorspronkelijk reservaat ligt op 0,4 meter onder NAP.

Geologie en bodem

- De laagste delen in Gastels Laag zijn bedekt met madeveengronden (veengronden met een kleiarmer moerige eerdlaag). De bodem in de overige delen bestaat overwegend uit sterk lemige beekerdgronden meestal met veen in de ondergrond.
- De veenlaag in Gastels Laag blijkt sterk vergraven of 'uitgemoerd' als gevolg van verveening in boerenkuilen. Deze zijn later opgevuld met allerlei materiaal dat ter plaatse voorhanden was.

- Direct onder de veenlaag ligt een dunne weerstand biedende laag bestaande uit klei of leem. Ook in slootbodems is deze weerstand biedende laag aangetroffen. Daaronder bevinden zich zandige afzettingen van de Formatie van Stramproy met inschakelingen van klei of leem. Aan de zuidrand en in het zuidoosten ligt het veen direct op zandige afzettingen.
- De hogere gronden aan de noordwest- en zuidwestzijde van Gastels Laag, Kuivezand en de Langenberg bestaan uit dekzand van de Formatie van Boxtel. De Heinsberg en de kern van Oudenbosch aan de zuidoost- en oostzijde zijn achtergebleven omdat de leemafzettingen hier weerstand boden tegen de sterke erosie van de Formatie van Stramproy.
- De Waalre klei vormt de scheidende laag tussen het freatische en het eerste watervoerende pakket. Onder Gastels Laag is deze laag zo'n 8 meter dik met enkele dunne inschakelingen van zand en veen. Naar het noorden wigt de eerste kleiige eenheid uit. Onder Gastels Laag begint de tweede kleiige eenheid die naar het noorden dikker wordt.
- Onder de Waalre klei vormen de zandige Formaties van Peize-Waalre en Maassluis het eerst watervoerende pakket.

Hydrologie

- Vanaf de omringende hoge zandgronden stroomt horizontaal grondwater naar Gastels Laag. Vanaf de Heinsberg treedt jaarrond kwel uit aan maaiveld in het zuidelijk deel van Gastels Laag.
- De gemeten stijghoogte in het watervoerend pakket onder de Waalre klei ligt ruim boven maaiveld en ook boven de grondwaterstand in Gastels Laag. Het freatisch pakket in Gastels Laag wordt ook van onder de Waalre klei gevoed. De grootte van de kwelflux is afhankelijk van de dikte en doorlatendheid van dit kleipakket.
- In het watervoerende pakket onder de Waalre klei is een gelaagdheid in watertypen aanwezig. Het water op grotere diepte is zeer basenrijk en kalkverzadigd. Het water in de zandlaag direct onder de Waalre klei is wat minder basenrijk en licht onderverzadigd.
- Vanuit de omliggende hogere gronden rondom het Gastels Laag stroomt door bemesting beïnvloed lokaal grondwater via het bovenste zandpakket het gebied in. Een deel van het lokaal toestromende grondwater wordt afgevangen door de diepe randsloten. Een deel stroomt onder de sloten door tot in de randen van het reservaat.
- In de kern van Gastels Laag komt de grondwaterkwaliteit in het freatische zandpakket overeen met die uit het bovenste deel van het 1e watervoerende pakket.
- Het bodemvocht in Gastels Laag is ionenrijk. De hardheid is aanzienlijk hoger dan in regenwater en soms zelfs dan in het kwelwater. De kwaliteit van het bodemvocht wordt vooral bepaald door reductie- en oxidatieprocessen onder invloed van wisselende grondwaterstanden in de venige toplaag.
- Via een stelsel van A-watgangen rond en door Gastels Laag wordt water afgevoerd naar de Dintel. Een stuw aan de oostzijde van Gastels Laag staat in de praktijk jaarrond op 90 cm onder NAP.
- De waterafvoer uit het natuurterrein wordt geregeld met 2 stuwtjes op 80 cm onder NAP, dat wil zeggen 20 tot 30 (en deels 40) cm onder het maaiveldniveau in het natuurterrein. Door de vlakke ligging van het terrein en het geringe verhang treedt gemakkelijk regenwaterstagnatie op.
- De grondwaterstand in het Gastels laag kent weinig fluctuatie. In de lage delen van het Gastels laag ligt de grondwaterstand het grootste deel van het jaar aan maaiveld (< 20 cm). In de winter staat water boven maaiveld, in de zomer zakt de grondwaterstand uit tot minder dan 50 cm onder maaiveld. Hieruit volgt grondwatertrap I of II.

Vegetatie

- De schraalgraslandvegetaties in Gastels Laag vallen onder het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje. Vegetaties met spaanse ruiter komen vooral in het oorspronkelijk reservaat voor en worden gerekend tot de Blauwgraslandassociatie. In de ingerichte percelen komt de Veldrus-associatie over grotere oppervlakten voor.
- In sloten in Gastels Laag komen verschillende kwelindicerende waterplanten voor. In het centrale en noordelijk deel zijn vlottende bies, draadzegge en waterviolier indicatief voor de menging van regenwater met basen- of koolzuurhoudend grondwater. In het zuidelijk deel wordt duizendknoopfonteinkruid aangetroffen in wateren waar ijzerrijke kwel fosfaat bindt.
- In delen van Gastels Laag treedt verzuring op mede als gevolg van regenwaterstagnatie. Een deel van de graslandvegetatie is vervilt met moerasstruisgras, in delen treedt geoord veenmos op de voorgrond en op langdurig geïnundeerde standplaatsen in het oostelijk deel van Gastels Laag heeft zich de RG Knolrus en Veenmos ontwikkeld.

4.2 Ecohydrologische interpretatie

Gastels Laag was aan het eind van het Pleistoceen onderdeel van een krekensysteem op de overgang van de hogere zandgronden naar het getijdengebied in westelijk Noord-Brabant. Deze krekens zijn ontstaan als gevolg van sterke erosie van rivierzanden die hier tot het Midden-Pleistoceen zijn afgezet. Rond Gastels Laag zijn hoge koppen achtergebleven en dekzandruggen afgezet. In het Holoceen kwam de veenvorming in het getijdengebied op gang. In Gastels Laag ontstond eerst zeggeveen en broekveen, later overgaand in hoogveen.

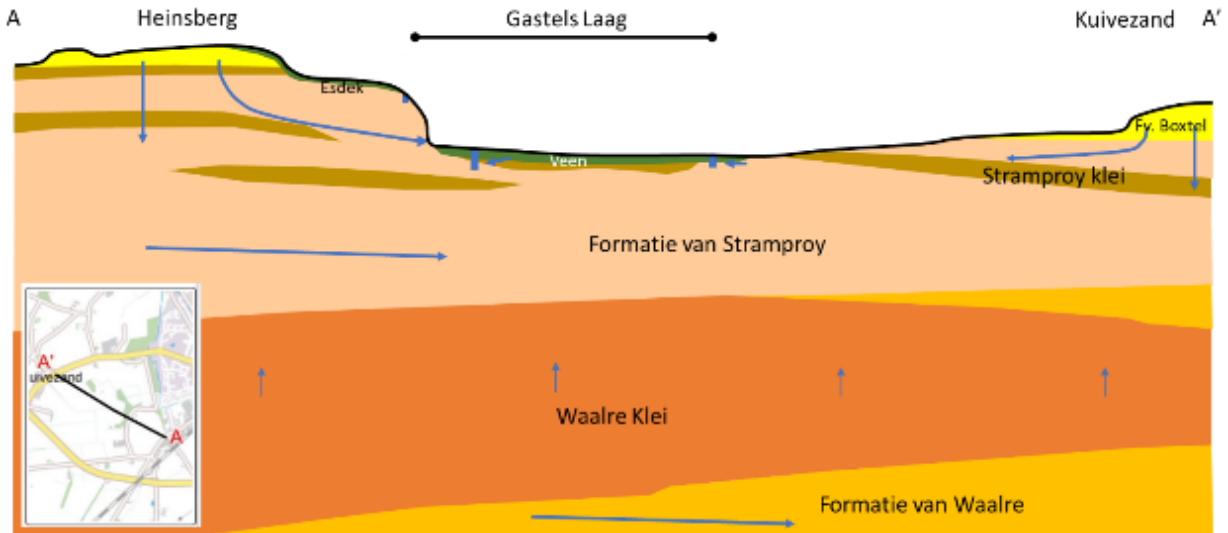
Aan het eind van de 13^e eeuw werd begonnen met de systematische verving van Gastels Laag. Deze werd gestaakt nadat een niveau werd bereikt waarop opdringend grondwater niet meer kon worden afgevoerd. Het terrein dat overbleef werd in gebruik genomen als hooiland, maar was daarvoor amper geschikt. Na een periode van turfwinning uit boerenkuilen en ondiepe sleuven, werd het terrein weer opgevuld en bezand. De laagste delen van Gastels Laag bleven echter zeer nat. In de ruilverkaveling zijn de voor landbouw minst geschikte gronden overgegaan naar Staatsbosbeheer. En aansluitend aan een eerder verworven reservaatgebied, werd in 1995 twaalf hectare tot op het veen afgegraven en ingericht.

De hydrologie van Gastels Laag wordt in 2 systeemschetsen toegelicht. Figuur 4-1 beschrijft het bovenlokale systeem en de diepere ondergrond van Gastels Laag. Figuur 4-2 beschrijft de hydrologie in het natuurgebied met het ontwateringssysteem en de vegetaties in het gebied.

Gastels Laag ligt rondom vrijwel omsloten door hoge koppen en dekzandruggen. Vanaf deze hogere gronden stroomt grondwater naar Gastels Laag (zie Figuur 3-12). Uit recente metingen volgt dat ook de stijghoogte in het watervoerend pakket onder de Waalre klei gemiddeld 60 - 70 cm boven het maaiveld in Gastels Laag uitkomt (zie Figuur 3-13). Uit gegevens over de grondwaterkwaliteit volgt dat het centrale deel van Gastels Laag ook van onder de Waalre klei wordt gevoed. De grootte van deze flux is afhankelijk van de dikte en de weerstand van de Waalre klei. De uitstroomopening voor het water dat zich in Gastels Laag verzamelt ligt aan de noordoostzijde. Via een stelsel van A-watgangen wordt oppervlaktewater afgevoerd naar de Haven van Oudenbosch en de Dintel (zie Figuur 3-10).

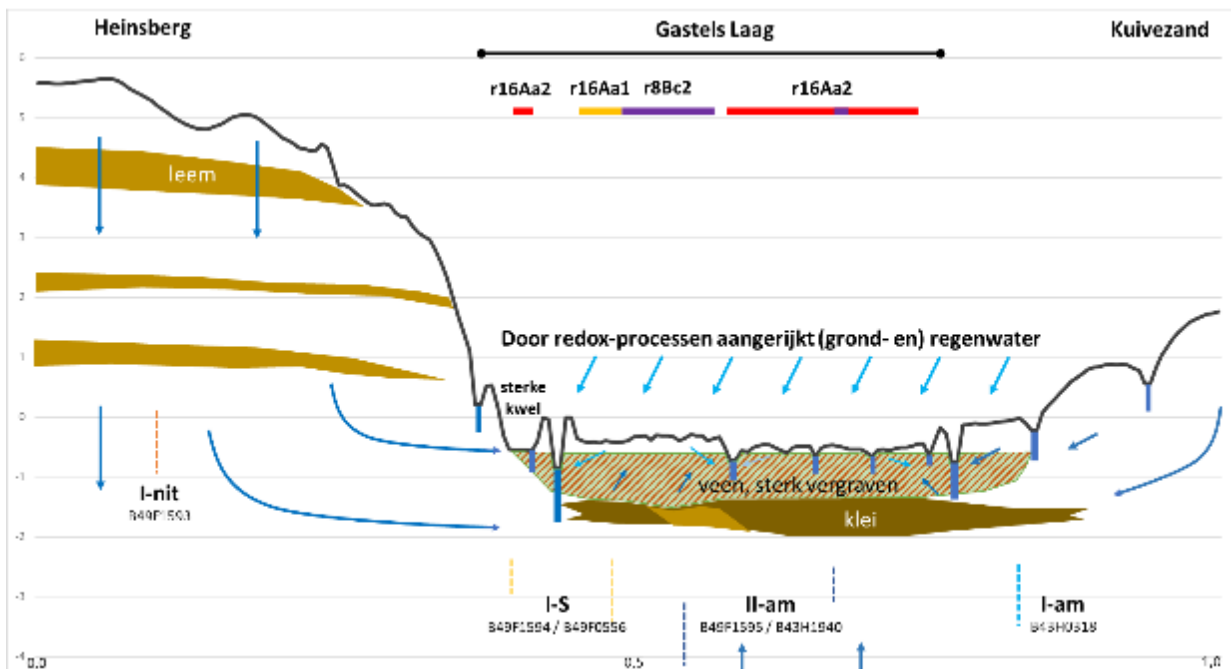
Van nature is Gastels Laag dus kletsnat. Grondwaterstanden liggen in de winter boven maaiveld en zakken in de zomer enkele decimeters uit. Dat volgt ook uit de grondwatertrappenkaart die ten behoeve van de ruilverkaveling is gemaakt (Figuur 3-9). Het is dan ook niet verwonderlijk dat in voeger tijden de

laagste delen van Gastels Laag nauwelijks geschikt waren als landbouwgrond. Bezanding heeft in die situatie geen verbetering gebracht.



Figuur 4-1: Systeemschets Gastels Laag en omgeving.

In deze natte laagte bleven enkele natuurterreinen gespaard voor intensiever landbouwkundig gebruik. Daarbij een hooilandje met blauwgraslandvegetaties. Bij de inrichting in 1995 is ervoor gekozen om aan weerszijden van de Bansloot de bovengrond af te graven tot het onderliggende veen. Dat heeft geresulteerd in een vrij vlakliggend natuurterrein, voorzien van ondiepe greppels en sloten en omgeven door onderhoudskades. Twee kleine stuwtjes zorgen voor de afwatering op de Bansloot.



Figuur 4-2: Systeemschets natuurgebied Gastels Laag. X-as: afstand in km. Y-as: maaiveld in meter +/- NAP. Hoogteprofiel op basis van het (AHN 2021). Diepte A-watgangen op basis van de legger (Waterschap Brabantse Delta 2021). Codes Vegetatie van Nederland: r8Bc2 = Associatie van Scherpe zegge; r16Aa1 = Blauwgraslandassociatie; r16Aa2 = Veldrus-associatie (Schaminée et al. 2019). Grondwatertypen gemeten in peilbuizen in Gastels Laag volgens (Jalink 2022); zie Figuur 3-17 en Tabel 3-5.

Het zuidelijk deel van Gastels Laag direct grenzend aan de Heinsberg, wordt jaarrond gevoed door ijzerrijke (en sulfaatrijke) kwel vanaf de Heinsberg. De leemlagen zorgen voor lokale variatie in de grondwaterstroming. In het noordelijk deel van Gastels Laag is de invloed van kwel veel minder merkbaar. Een groot deel van de kwel wordt afgevangen door het stelsel van A-watgangen rond Gastels Laag. Dit deel wordt hoofdzakelijk gevoed door regenwater. Dit water wordt aangereikt door nalevering van basen (vroegere bemesting en bekalking) uit de bodem in combinatie met reductie- en oxidatieprocessen onder invloed van wisselende grondwaterstanden in de venige toplaag. Door de vlakke ligging en beperkte afvoercapaciteit stagneert in het noordelijk deel gemakkelijk regenwater op maaiveld. Regenwaterinfiltratie en -stagnatie resulteert aan maaiveld in vervilting van de vegetatie en uitbreiding van veenmossen. In het oosten van Gastels Laag resulteert langdurige inundatie in knolrus- & veenmosvegetaties eerder passend bij verzuurde vennen.

4.3 Sleutelfactoren en autonome ontwikkeling

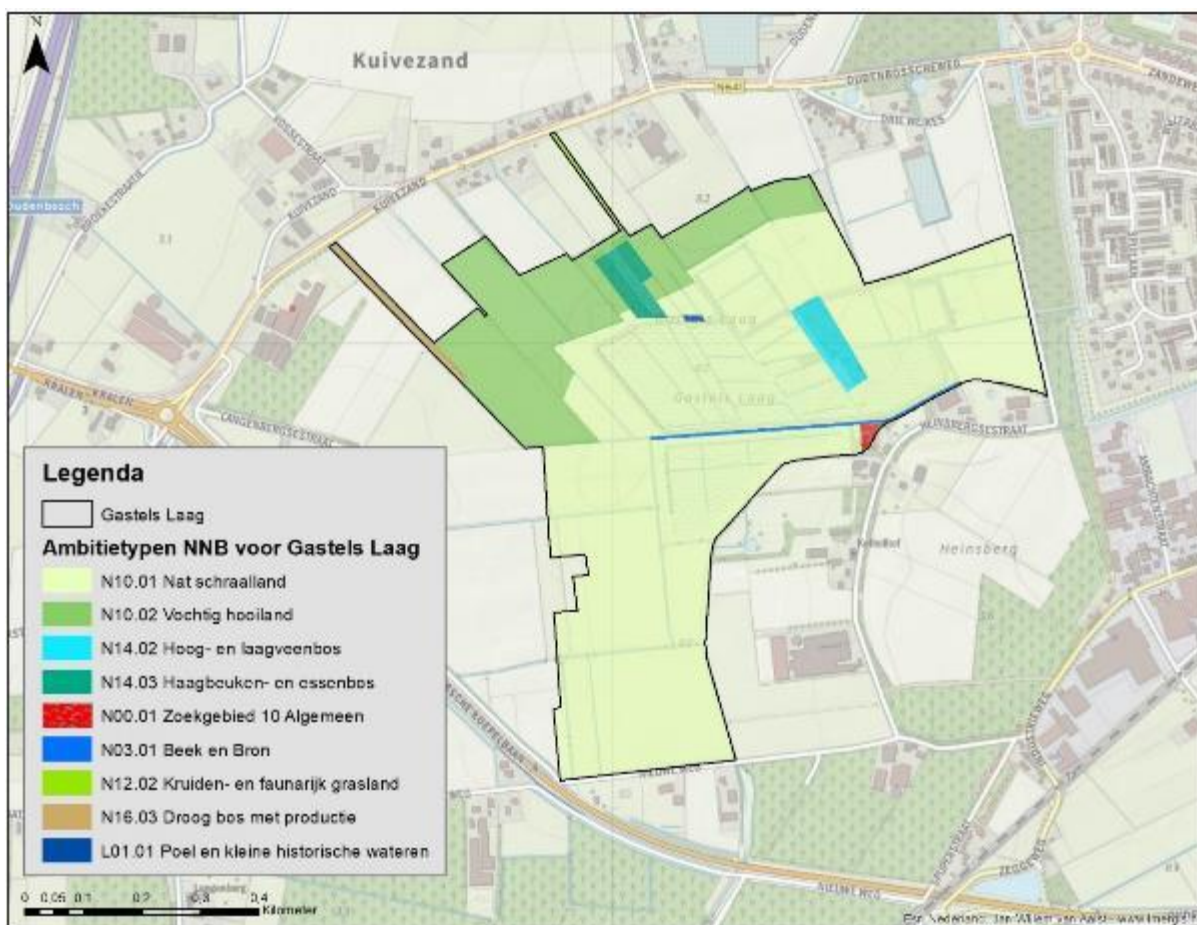
De sleutelfactor die de ontwikkelingen en de potentie voor Gastels Laag bepaalt, is de afwatering van het gebied. Aan aanvoer van grondwater is immers geen gebrek. De doorwerking van stuwpeilen, dieptes van A-watgangen en het dichte net van watgangen in het natuurterrein, is zichtbaar in grondwater, bodemvocht en vegetaties. Aanvullend is de bemesting van de omliggende hogere zandgronden bepalend voor de ontwikkelingen en de potentie van Gastels Laag.

De potenties die op grond van het provinciale Natuurbeheerplan worden nagestreefd, zijn weergegeven in Figuur 4-3. De daarbij behorende hydrologische randvoorwaarden zijn opgenomen in Tabel 4-1. Het ambitietype voor het ingerichte natuurterrein en het oorspronkelijk reservaat is Nat schraalland (N10.01). Het bosperceel heeft de ambitie Hoog- en laagveenbos (N14.01), aan de Bansloot is een ambitietype Beek en bron (N03.01) toegekend.

Afgaande op de aanwezige vegetatie, het grondwaterregime, de grondwaterkwaliteit en de draagkracht van het terrein, is Nat schraalland (zure vorm) de best passende ambitie voor het terrein. Dat geldt evenzeer voor Hoog- en laagveenbos voor het elzenbroekbosje in het oorspronkelijk reservaat. Blauwgrasland komt voor samen met veldrus-schraalland, en de draagkracht van het terrein in combinatie met de hoge natuurwaarden rechtvaardigt een grote beheersinspanning.

Dat gezegd hebbende zijn er wel een aantal kwetsbaarheden aan te wijzen voor Gastels Laag:

- Rondom en door Gastels Laag lopen een aantal diepe A-watgangen die kwel afvangen vanaf de hogere gronden rond het gebied. Dat beperkt de kwelinvloed met name in het noordelijk deel van Gastels Laag.
- De vlakke ligging van het natuurterrein en de beperkte afvoercapaciteit leidt gemakkelijk tot regenwaterstagnatie en regenwaterinfiltratie in de schraalgraslanden. Dat is aan maaiveld zichtbaar in vervilting van de vegetatie en het op de voorgrond treden van veenmossen. De aanwezigheid van veenmos-dominanties lijkt erop te wijzen dat bovenin de bodem het bodemvocht zuurder is dan op 30 cm diepte wordt gemeten. Regenwaterstagnatie op veen kan bovendien tot gevolg hebben dat percelen 'hol worden'.
- De kwaliteit van het grondwater dat in het zuidelijk deel van Gastels Laag uittreedt en in de zandondergrond in de randen van Gastels Laag wordt aangetroffen wordt sterk beïnvloed door uitspoeling uit landbouwpercelen op de hogere zandgronden rondom Gastels Laag.
- In het noordelijk deel van Gastels Laag wordt de kwaliteit van het bodemvocht bepaald door nalevering van basen vanuit vroegere bemesting en door redox-reacties in de venige bodem. Die voorraad is in principe eindig. Toestroom van basen in grondwater uit de omgeving lijkt geen rol te spelen.



Figuur 4-3: Ambitiebeheertypen zoals opgenomen in het Natuurbeheerplan van Provincie Noord-Brabant (2021).

Tabel 4-1: Referentiewaarden voor de Gemiddeld Voorjaars Grondwaterstand (GVG), Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en grondwaterinvloed (Bal et al. 2001; Ertsen et al. 2005). GLG en GVG uitgedrukt in centimeter boven of beneden maaiveld (cm +/-mv).

Natuurbeheertype	GVG (cm +/-mv)	GLG (cm +/-mv)	Grondwater invloed
Nat schraalland (N10.01)	+5 / -20	-20 / -60	Ja, basenarm
Vochtig hooiland (N10.02)	-5 / -50	-20 / -80	Ja, baserijk
Hoog- en Laagveenbos (N14.02)	+20 / -40	-20 / -80	Ja
Haagbeuken- en essenbos (N14.03)	-25 / > -40	> -80	Ja

5 Relatie met het hydrologisch model

In de voorgaande hoofdstukken van dit rapport is een beschouwing gegeven van de werking van het hydrologisch systeem gebaseerd op meetgegevens, kaarten en systeemkennis. Soms ontbreekt het ook aan kennis en dan kan een geohydrologisch model helpen om deze gaten op te vullen. Van West-Brabant is er een geohydrologisch model beschikbaar gebaseerd op het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV, 2019). De vraag is of het model het hydrologisch systeem van het natuurgebied voldoende (in detail) beschrijft. Dit hoofdstuk gaat hier nader op in.

5.1 Beschikbare metingen

Het model is gevalideerd met de ijkset van het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV 2019). Deze dataset bestaat uit metingen van Dinoloket aangevuld met metingen van Brabantse Delta. De dataset is gecontroleerd op betrouwbaarheid en met tijdreeksanalyse. De verificatie is uitgevoerd tussen 2009 en 2016, een periode met een gemiddelde grondwateraanvulling zonder grote uitschieters. Binnen deze periode moeten voldoende metingen per meetpunt beschikbaar zijn. De voorwaarden zijn:

1. Alleen volledige jaren, dat wil zeggen jaren met minimaal 6 maanden met minstens 1 meting.
2. Minstens één volledig jaar in de periode 2009 t/m 2016.
3. Peilbuisfilters die op basis van de filterstelling kunnen worden toegekend aan het lagenmodel.

In deze evaluatie is gekeken naar peilbuizen boven en onder Waalre klei 1, aangezien dit de belangrijkste scheidende laag is in West-Brabant. Er zijn zeven peilbuizen in de het Gastels Laag die de grondwaterstand meten boven de Waalre klei1 (Figuur 5-1, boven). De ijkset van het Brabantmodel heeft geen metingen onder de Waalre klei.

In 2020 heeft Brabant Water in Gastels Laag 4 ondiepe peilbuizen en een diepe peilbuis in het pakket onder de Waalre Klei geplaatst (Figuur 3-13). Deze peilbuizen zijn nog niet opgenomen in Dinoloket maar geven wel extra inzicht. Deze zijn daarom wel meegenomen in de beschouwing over gemeten en gemodelleerde grondwaterstanden en stijghoogten.

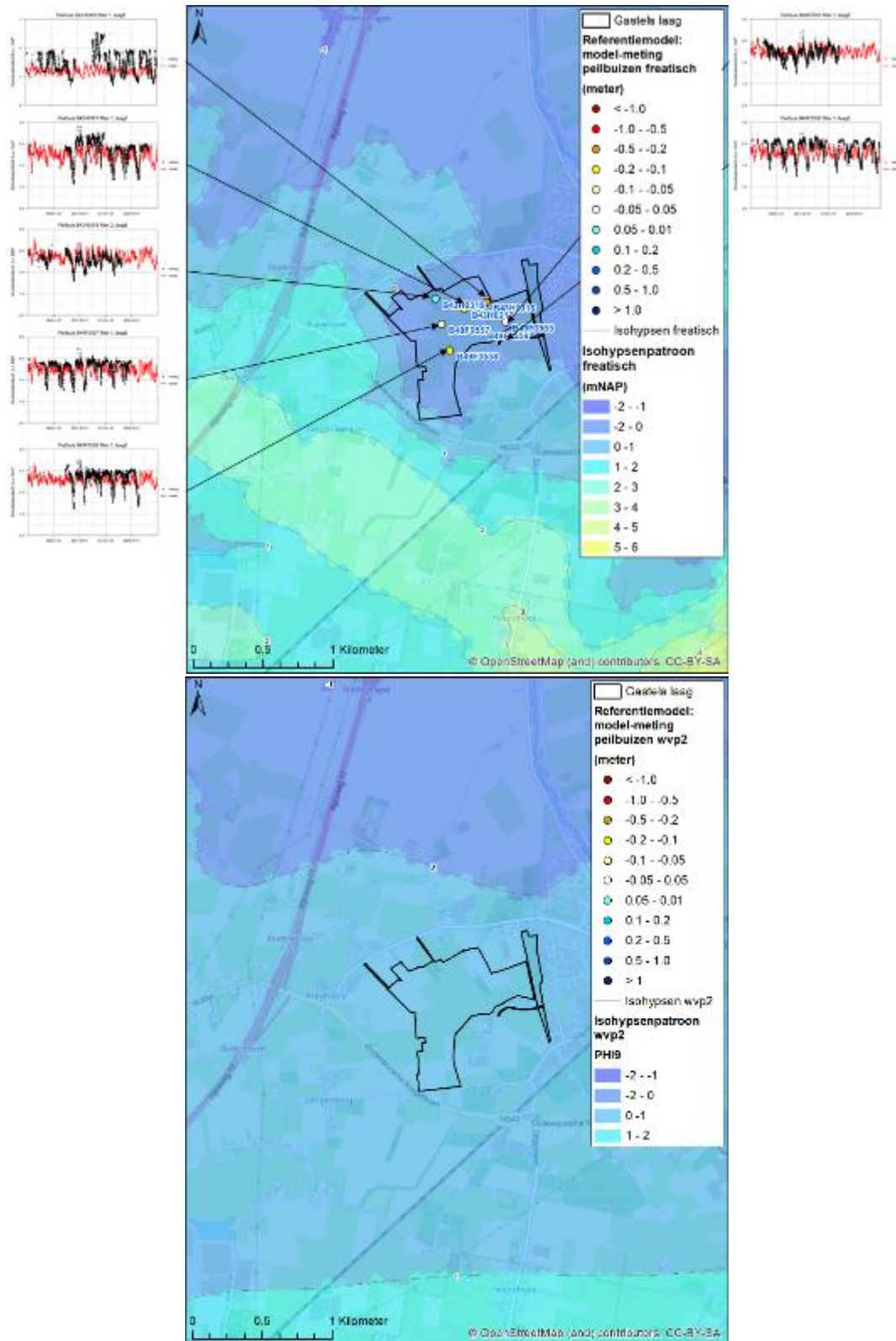
5.2 Grondwaterstand en Stijghoogte

Grondwaterstanden

Het Gastels Laag wordt gekenmerkt door hoge grondwaterstanden. Dit wordt ook goed berekend door het grondwatermodel. De berekende en gemeten grondwaterstanden (eerste watervoerende pakket) komen goed met elkaar overeen (Figuur 5-1). Het model berekent net wat hogere grondwaterstanden dan de metingen laten zien. Bij peilbuis B43H0318, aan de noordrand van het gebied is het omgekeerde het geval, het model berekent iets lagere grondwaterstanden. De grondwaterstand fluctueert in het model met ongeveer 50 cm, in de metingen is dit 70 cm. Vooral de afvlakking van de reeks doordat de grondwaterstand aan maaiveld ligt wordt niet goed gemodelleerd door het grondwatermodel. Dit kan erop duiden dat het oppervlaktewatersysteem in het grondwatermodel te goed afvoert waardoor de grondwaterstand niet aan maaiveld komt te liggen. Ook het type landgebruik en bodemsoort in de onverzadigde zone module kan ervoor zorgen dat de dynamiek niet klopt.

Interessant is peilbuis B49F1593 die in 2020 op de Heinsberg is geplaatst (Figuur 3-13). Het grondwatermodel berekent hier een gemiddelde grondwaterstand van 0 meter NAP. De metingen variëren echter tussen 0,5 meter en 2 meter boven NAP. Het model berekent de opbolling van de grondwaterstand onder de Heinsberg onvoldoende. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een te groot doorlaatvermogen in het freatische pakket. Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de hoge gronden rondom het Gastels laag worden gekenmerkt door de aanwezigheid van ondiepe leemlagen (Figuur 3-6).

In het eerste watervoerende pakket is de gemiddelde gemodelleerde stijghoogte ongeveer 0,2 meter boven NAP ter plaatse van het Gastels laag. De ligt binnen de gemeten range van peilbuis B49F1592 (Figuur 3-13). Er is geen reden aan te nemen dat de stijghoogte hier anders is dan gemodelleerd.

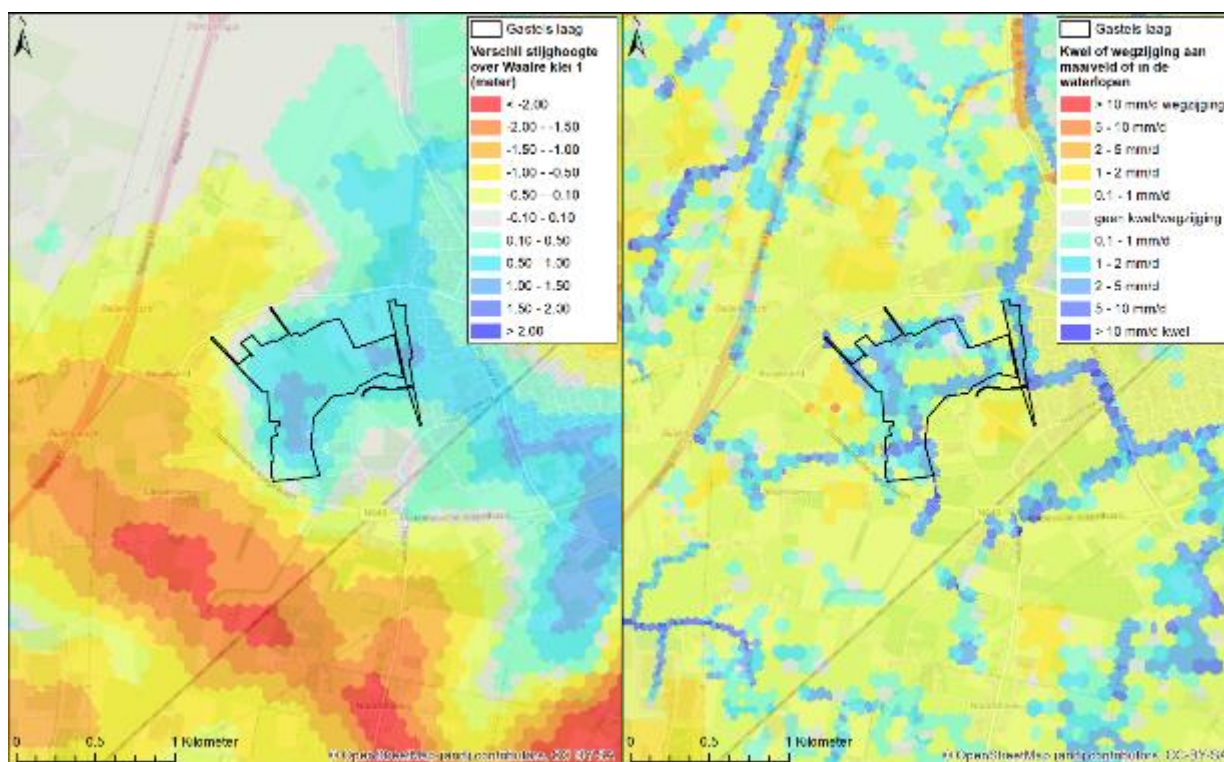


Figuur 5-1: Isohyphenpatroon in het eerste Watervoerende pakket (boven) en tweede watervoerende pakket. De punten tonen de locaties van de peilbuizen waarmee het model is geverifieerd. De kleur van het punt geeft aan hoeveel berekening en meting verschillen (in meters). De grafieken naast de kaart tonen de verschillen tussen model en meting voor de peilbuizen in het watervoerende pakket, de rode lijn zijn gemodelleerde grondwaterstanden en de zwarte punten zijn de gemeten grondwaterstanden.

5.3 Kwel en wegzijging

Uit de systeemanalyse blijkt dat in het gehele Gastels Laag een opwaartse verticale grondwaterstroming over de Waalreklei is te verwachten. Dit wordt ook gemodelleerd. In het gehele Gastels Laag (Figuur 5-2) is sprake van een kwelsituatie over de Waalre klei, de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket is hoger (0 – 1 meter boven NAP) dan in het bovenliggende freatische pakket (-0,5 meter onder NAP). Ten zuidwesten ligt een hoger gelegen stuifduingebied. Het grondwatermodel berekent hier infiltratie over de Waalreklei. Het natuurgebied ligt op een overgangsg gebied van wegzijging naar kwel.

De meeste kwel in het Gastels laag zal afgevangen worden door de waterlopen maar uit de modelberekeningen blijkt echter wel water tot aan maaiveld komen waar geen waterlopen aanwezig zijn (Figuur 5-2 rechterplaatje). Op basis van veld observatie is duidelijk kwel geobserveerd aan de zuidrand van het modelgebied, dit is in de modelberekening ook het geval. Maar dit is mogelijk minder omdat de grondwaterstand op de Heinsberg te laag wordt gemodelleerd.



Figuur 5-2: Links: Verschil tussen stijghoogte onder de Waalre klei 1 en de grondwaterstand. Blauwe kleuren betekenen opwaartse stroming (kwel), gele en rode kleuren betekenen neerwaartse stroming (wegzijging) over deze kleilaag. Rechts: Kwel of wegzijging aan maaiveld of in de waterlopen. Blauwe kleuren geven kwel aan en geel/rode kleuren wegzijging.

5.4 Aanbevelingen voor het grondwatermodel

De prestatie van het grondwatermodel is goed in het Gastels laag. De grondwaterstand worden goed gemodelleerd en ook de diepere stijghoogte lijkt op basis van de beperkt beschikbare gegevens goed te zijn. Belangrijkste aandachtspunt voor de modellering is de dynamiek van de grondwaterstanden. Deze wordt onderschat. Dit kan worden verbeterd door het oppervlaktewatersysteem of de onverzadigde zone in het model te evalueren. Verder zijn de omliggende hoge gronden een aandachtspunt. Uit de metingen van de nieuwe peilbuis op de Heinsberg blijkt het model te lage grondwaterstand te berekenen. Dit ligt hoogstwaarschijnlijk aan het doorlaatvermogen van het eerste watervoerende pakket.

Referenties

- AHN. 2021. Actueel Hoogtebestand Nederland. Available online at: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>; last accessed June 9, 2021.
- Anoniem. 2020. *TerraIndex Boorprofielen Gastels Laag week 38 compleet*. VCMi, Beek (Gld.).
- Bal, D., H. M. Beije, M. Fellingier, R. Haverman, A. J. F. M. van Opstal, and F.J. van Zadelhoff. 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Boers, E., J. Egberts, E. Boerboom, D. Waaly, and P. van den Assem. 2021. *Landschapsecologische systeemanalyse Gastels Laag*. Hogeschool Van Hall Larenstein, Velp.
- Cools, J., H. Runhaar, Y. van der Velde, and Roelof Stuurman. 2006. *Herstel- en Ontwikkelplan Schraallanden in Noord-Brabant*. TNO.
- Courbois, M., H. Inberg, E. Simons, B. Omon, and J. de Jong. 2016. *Vegetatie- en plantensoortenkartering West Brabant 2015. Objecten: Het Laag, Westelijke Beemden, Terheijden. Staatsbosbeheer projectnummer 951*. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Damoiseaux, J. H. 1982. *Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 Toelichting bij kaartblad 49 Oost Bergen op Zoom*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Dinoloket. 2021. Dinoloket Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Available online at: <https://www.dinoloket.nl/>.
- Edelman, C. H. 1950. *Voorlopig rapport betreffende de bodemkaart van een gedeelte van de Gemeenten Oudenbosch en Oud-Gastel*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Embrechts, J., and G. Kroes. 2016. *Landschapsplan Halderberge 2016 - 2025 Het landschap in beweging*. Gemeente Halderberge, Oudenbosch.
- Ertsen, A., P. de Louw, and J. Buma. 2005. *OGOR natuur in Brabant - Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- Grondwatertools. 2021. Grondwatertools. Available online at: <https://www.grondwatertools.nl/grondwatertools-viewer>; last accessed June 10, 2021.
- Hydronet. 2021. Hydronet. *HydroNET Portal*. Available online at: <https://portal.hydronet.com/login.aspx>; last accessed April 29, 2021.
- Jalink, M. 2022. *Grondwaterkwaliteit Gastels Laag - Toestand en herkomst*. KWR, Nieuwegein.
- Kleinsman, W. B., and B. H. Steeghs. 1972a. *De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Oud Gastel-Oudenbosch (deel I)*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Kleinsman, W. B., and B. H. Steeghs. 1972b. *De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Oud Gastel-Oudenbosch (deel II)*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Leenders, K. 2013. *Verdwenen venen. Een onderzoek naar de ligging en exploitatie van thans verdwenen venen in het gebied tussen Antwerpen, Turhout, Geertruidenberg en Willemstad 1250-1750*. Picture Publishers, Woudrichem.
- Leenders, K. A. H. W. 1996. *Landschapsgeschiedenis van het Gastels Laag*. Staatsbosbeheer.
- Nationaal Archief. 2021. Nationaal Archief, Militaire en topografische kaarten. Available online at: <https://www.nationaalarchief.nl/onderzoeken/kaarten/militaire-en-topografische-kaarten>.
- Naturalis Biodiversity Center. 2021. *Natuurtijdschriften*. Available online at: <https://natuurtijdschriften.nl/>.
- van Oosten, M. F. 1967. Bijdrage tot de Kwartair-Geologie van westelijk Noordbrabant. *Geologie en Mijnbouw*. 46:131–146.
- Provincie Noord-Brabant. 2021. *Natuurbeheerplan Noord-Brabant*. Available online at: <https://kaartbank.brabant.nl/viewer/app/natuurbeheerplan/>.
- Renes, J. 1984a. *Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek Streekplangebied West-Brabant delen 1 & 2*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Renes, J. 1984b. *Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek Streekplangebied West-Brabant delen 3 & 4*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Royal HaskoningDHV. 2019. *Update Hydrologische Gereedschapskist Noord-Brabant*. Royal HaskoningDHV.
- Schaminée, J., R. Haverman, S. Hennekens, M. Horsthuis, J. Janssen, I. D. Ronde, N. Smits, and K. Sýkora. 2019. *Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland*. KNNV Uitgeverij, Wageningen.
- TNO. 2021. Dinoloket Stratigrafische Nomenclator. Available online at: <https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator>.
- Topografische Dienst. 2021. *Topotijdreis: 200 jaar topografische kaarten*. Available online at: <https://www.topotijdreis.nl/>.

- Waterschap Brabantse Delta. 2021. Vastgestelde Legger Oppervlaktewater. Available online at:
<https://www.brabantsedelta.nl/legger>.
- Weeda, drs. E. J., R. Westra, Ch. Westra, and T. Westra. 1994. *Nederlandse oecologische flora, wilde planten en hun relaties*. IVN, Amsterdam.
- Westerveld, G. J. W. 1972a. Ruilverkaveling Oud Gastel - Oudenbosch Bodemkaart; Rapport nr. 983 Bijlage 2.
- Westerveld, G. W. J. 1972b. Ruilverkaveling Oud Gastel - Oudenbosch Grondwatertrappenkaart; Rapport nr. 983 Bijlage 3.