



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Landschapsecologische systeemanalyse Beuven - verfijning

Possen, B.J.H.M.; Sevink, J.; Brouwer, E. ; Versluis, R.; van der Burg, R.; de Graaf, M.; Jansen, A.J.M.

Publication date

2022

Document Version

Final published version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Possen, B. J. H. M., Sevink, J., Brouwer, E., Versluis, R., van der Burg, R., de Graaf, M., & Jansen, A. J. M. (2022). *Landschapsecologische systeemanalyse Beuven - verfijning*. Stichting Bargerveen.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



Landschapsecologische systeemanalyse Beuven - verfijning

2022

B.J.H.M. Possen, J. Sevink, E. Brouwer, R. Versluijs, R. van der Burg, M. de Graaf & A.J.M. Jansen

COLOFON

Titel: Landschapsecologische systeemanalyse Beuven - verfijning

Kenmerk:

Auteurs: B.J.H.M. Possen, J. Sevink (IBED), E. Brouwer (B-WARE), R. Versluijs, R. van der Burg
(Bosgroep Zuid Nederland), M. de Graaf (Bosgroep Zuid Nederland) & A.J.M. Jansen

Foto voorblad R. Versluijs

Stichting Bargerveen | Nijmegen | februari 2022

www.stichtingbargerveen.nl | www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen



Inhoudsopgave

1	Introductie.....	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer.....	4
2	Resumé Landschapsecologische systeemanalyse voor het Beuven.....	5
3	De bouwstenen van het onderzoek.....	7
3.1	Gebruikte toponiemen	7
3.2	Verspreiding van de ondiepe, gelaagde lemige zanden	8
3.2.1	Verantwoording en methode	8
3.2.2	Resultaten.....	11
3.2.3	Resumé Verspreiding van de ondiepe, gelaagde, lemige zanden	14
3.3	Bodemhoogte, slibdikte en bodemkwaliteit van Beuven-Zuid.....	14
3.3.1	Verantwoording en methode	14
3.3.2	Resultaten	16
3.3.3	Resumé Bodemhoogte, slibdikte en bodemkwaliteit van Beuven-Zuid.....	19
3.4	Grond- en oppervlaktewaterdynamiek en -kwaliteit.....	19
3.4.1	Verantwoording en methode	19
3.4.2	Resultaten	23
3.4.3	Resumé Grond- en oppervlaktewaterdynamiek en -kwaliteit.....	27
3.5	Nutriëntenbalans voor Beuven-Noord	28
3.5.1	Verantwoording en methode	28
3.5.2	Resultaten	31
3.5.3	Resumé Nutriëntenbalans voor Beuven-Noord	34
4	Ecohydrologische interpretatie	35
4.1	Samenvatting van de bouwstenen	35
4.2	Systeemwerking.....	36
5	Naar robuust waterbeheer.....	41
5.1	Streefbeeld	41
5.2	Inrichtingsmaatregelen.....	42

5.2.1	Garanderen van voldoende droogval in Beuven-Noord.....	42
5.2.2	Verbinden van Beuven-Noord en Beuven-Zuid	42
5.2.3	Opheffen van de Peelrijt en Koppelleiding.....	43
5.2.4	Ingrijpen op basis van monitoring (vinger aan de pols)	44
5.3	Effecten samenvoegen Beuven-Noord en Beuven-Zuid op de fauna	45
5.3.1	Verantwoording en methode	45
5.3.2	Resultaten	46
5.3.3	Resumé Effecten samenvoegen Beuven-Noord en Beuven-Zuid	49
	Referenties	50
	Bijlagen.....	53
	Bijlage 1 Landschapsecologische systeemanalyse van het Beuven (Van der Burg et al. 2020).....	54
	Bijlage 2 Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (door E. Brouwer, B-WARE).....	55
	Bijlage 3 Verslag boringen Beuven op 12 maart 2020 (door Em. Prof. Dr. J. Sevink).....	58
	Bijlage 4 Notitie verzadigde doorlatendheid, dry bulk density en textuur van de in het Beuven genomen monsters (door Em. Prof. Dr. J. Sevink).....	59
	Bijlage 5 Effecten samenvoegen Beuven op de fauna (door R. Versluijs).....	60

1 Introductie

1.1 Aanleiding

Door Van der Burg et al. (2020) is recent een landschapsecologische systeemanalyse opgesteld voor Beuven-Noord. Doel van die analyse was om maatregelen te identificeren die een klimaatrobuust, veerkrachtig waterbeheer van Beuven-Noord mogelijk maken om problemen zoals die zich voordeden als gevolg van de weersextremen tussen 2016 en 2020 in de toekomst zoveel mogelijk te voorkomen.

De analyse van Van der Burg et al. (2020) heeft het systeembegrip voor dit voor Brabant én Nederland unieke ven sterk vergroot, maar leverde ook enkele verrassingen op. Zo bleek de rol van toestromend lokaal grondwater vanuit het zuiden of zuidoosten, maar ook de invloed van de Koppelleiding en de Peelrijt in het lokale grondwatersysteem van het Beuven op basis van de beschikbare gegevens niet onomstotelijk vastgesteld te kunnen worden. Bovendien werd een nog onbekend pakket van ondiepe, (sterk) gelaagde, lemige zanden ontdekt (cf. De Soet 1980) waarvan vermoed werd dat deze een belangrijke rol speelt in het lokale grondwatersysteem.

Het invullen van deze kennislacunes is relevant voor het landschapsecologisch en hydrologisch functioneren van het Beuven¹ als geheel (Beuven-Noord en Beuven-Zuid). Het is daarom dat de landschapsecologische systeemanalyse moet worden verfijnd, vóórdát kan worden gekomen tot een toekomstbestendig, klimaatrobuust beheeradvies. Tegelijkertijd kan zo invulling gegeven worden aan onderzoeksvragen uit het Natura 2000-beheerplan voor “Strabrechtse Heide & Beuven” (Dienst Landelijk Gebied 2015), die óók betrekking hebben op Beuven als geheel. Onderdeel daarvan is ook het in kaart brengen van mogelijke effecten van het weer als één geheel laten functioneren van Beuven-Noord en Beuven-Zuid op waardevolle flora en fauna.

1.2 Doel

Daarmee is het doel van deze rapportage duidelijk, namelijk:

- Het verfijnen van de landschapsecologische systeemanalyse, met name door helderheid te verschaffen over de rol en het belang van lokale hydrologie in het grondwatersysteem van het Beuven, meer specifiek:
 - de rol van toestromend lokaal grondwater vanuit het zuiden of zuidoosten in, en
 - de invloed van de Koppelleiding en de Peelrijt of Witte Loop op, en
 - de rol van ondiepe, gelaagde, lemige zanden in het lokale grondwatersysteem van het Beuven.
- Inzichtelijk maken van de effecten van het eventueel weer samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid op de waterkwaliteit en de al aanwezige waardevolle fauna van het Beuven.

Deze rapportage bevat die verfijnde landschapsecologische systeemanalyse voor het Beuven. Die analyse vormt de basis voor een toekomstbestendig, klimaatrobuust beheeradvies. De

¹ Wanneer hierna “Beuven” wordt gebruikt, is bedoeld het lokale grondwatersysteem van het Beuven met daarin Beuven-Noord en Beuven-Zuid. Wanneer een van beide deelgebieden wordt bedoeld, wordt gebruik gemaakt van de toevoeging “Noord” of “Zuid”.
Stichting Bargerveen 2022

rapportage is zelfstandig leesbaar, maar leunt uiteraard zwaar op Van der Burg et al. (2020), welke ter referentie integraal is opgenomen in bijlage 1.

1.3 Leeswijzer

Allereerst worden in het tweede hoofdstuk de belangrijkste resultaten uit Van der Burg et al. (2020) samengevat. In het derde hoofdstuk wordt besproken welke aanvullende gegevens zijn verzameld, op welke manier dat is gedaan en wat de resultaten daarvan zijn. In het vierde hoofdstuk worden de verzamelde gegevens samengebracht in een (verfijnde) landschapsecologische interpretatie en wordt het systeem waarbinnen het Beuven functioneert beschreven. Dat functioneren vormt de basis voor hoofdstuk 5, waarin een visie op de inrichting van het gebied wordt uitgewerkt aan de hand waarvan concrete maatregelen worden beschreven die bijdragen aan een toekomstbestendig, klimaatrobuust beheer van het Beuven. In het vijfde hoofdstuk komen ook de mogelijke effecten van de geformuleerde maatregelen op de al aanwezige waardevolle fauna van het Beuven aan de orde.

2 Resumé Landschapsecologische systeemanalyse voor het Beuven

Dit hoofdstuk is een samenvatting van Van der Burg et al. (2020). De volledige "Landschapsecologische systeemanalyse voor het Beuven" (Van der Burg et al. 2020) is opgenomen in bijlage 1.

Het Beuven ligt hoog in het landschap en wel op een dekzandrug tussen het beekdal van de Kleine Dommel en de Kleine Aa; de waterscheiding. Kwel van diep grondwater kan daarom niet optreden. Inzijging van neerslag is het dominante proces.

Dat hoog op de gradiënt water blijft staan, is het gevolg van weerstand biedende lagen. De ondiepe ondergrond rond en onder het Beuven is gevormd onder invloed van Laat-Pleistocene eolische en fluvioglaciale processen, waarbij ondiep in de bodem weerstandbiedende lagen zijn gevormd; leemlagen en lagen van (zeer) fijne al dan niet lemige zanden. Deze slecht doorlatende (weerstand biedende) lagen, zorgen ervoor dat water erboven stagneert: een lokaal grondwatersysteem in een (van nature) afvoerloze laagte waar neerslag en verdamping de belangrijkste processen zijn, maar waar water over de randen van de weerstand biedende lagen kan toestromen (lokale kwel) of infiltreren. Dat betekent dat het Beuven een wegzijgzijde heeft, waar een deel van het water het ven verlaat (over de rand van de slecht doorlatende laag). In het Beuven is dit de noordwestzijde. Lokale kwel treedt in natte tijden op aan de zuid(oost-)zijde. Het veelvuldig voorkomen van Gagel (*Myrica gale*), aan de zuidoost- én de noordwestzijde bevestigt dat. De bijdrage van de lokale kwel aan de waterbalans van het Beuven is overigens beperkt, maar wél sterk sturend voor de vegetatiezonering.

Beuven en omliggende Strabrechtse en Lieropsche heide zijn -vanwege de eeuwenlange menselijke invloed- half-natuurlijke systemen. Net als bijna alle Brabantse vennen is ook het Beuven na vervening (cf. Nationaal Archief 1847) door mensen gebruikt. In die periode is de basis gelegd voor de nu karakteristieke Oeverkruidvegetatie van een (zeer) zwakgebufferd ven (Beuven-Noord). Het is dit referentiebeeld dat men bij herstel van Beuven-Noord steeds voor ogen heeft, ook in de context van Natura 2000 (Ministerie van Economische Zaken 2013).

Dat Oeverkruidbegroeiingen zuurstof in de bodem brengen, waardoor stikstof kan worden gedenitrificeerd en fosfaat kan worden vastgelegd, speelt onder de huidige omstandigheden een zeer belangrijke rol in de instandhoudingen van Beuven-Noord. Denk dan aan te veel depositie van atmosferisch stikstof en pleisterende ganzen. De bijdrage van interne processen aan de instandhouding van Beuven-Noord wordt verder in de hand gewerkt door de zeer kleine bijdrage van toestromend lokaal grondwater aan de waterbalans, maar ook door het voor Nederlandse begrippen grote oppervlak van het ven.

Kenmerk van half-natuurlijke systemen is dat ze zonder ingrijpen niet in stand blijven. Van nature is het Beuven een (hoog)veenvormend systeem, een langzaam proces. Zonder ingrijpen zorgen de in het systeem belangrijke natuurlijke processen, bijvoorbeeld de grote invloed van regenwater en het overwegend zure, ionenarme lokale kwelwater, keer op keer voor hernieuwde groei van veenmossen vanuit de randen, die het proces van verzuring en veenvorming versnellen. De interne (bodem- en biochemische) processen werken in tegengestelde richting en zorgen nu -na baggeren- voor instandhouding van de buffering. Een delicate balans. In dat licht is de systeemvreemde toevoer van nutriënten door de aanwezigheid van grote aantallen (overzomerende en overwinterende) ganzen op Beuven-Noord, naast de overmatige depositie van stikstof, waardoor de noodzaak tot periodiek ingrijpen almaar verder versnelt meer dan onwenselijk.

3 De bouwstenen van het onderzoek

Om de landschapsecologische systeemanalyse verder te kunnen verfijnen, is op een aantal vlakken aanvullend (veld)onderzoek verricht, namelijk het in kaart brengen van:

- Verspreiding van de ondiepe, gelaagde, lemige zanden;
- Bodemhoogte, slibdikte en bodemkwaliteit van Beuven-Zuid;
- Grond- en oppervlaktewaterdynamiek en -kwaliteit;
- De nutriëntenbalans voor Beuven-Noord;
- Mogelijke effecten van samenvoegen Beuven-Noord en Beuven-Zuid op kenmerkende fauna.

Voor elk van deze onderdelen wordt hieronder in een aparte paragraaf toegelicht hoe te werk is gegaan en wat dat werk heeft opgeleverd. Maar eerst worden de in deze rapportage gebruikte toponiemen voor het voetlicht gebracht.

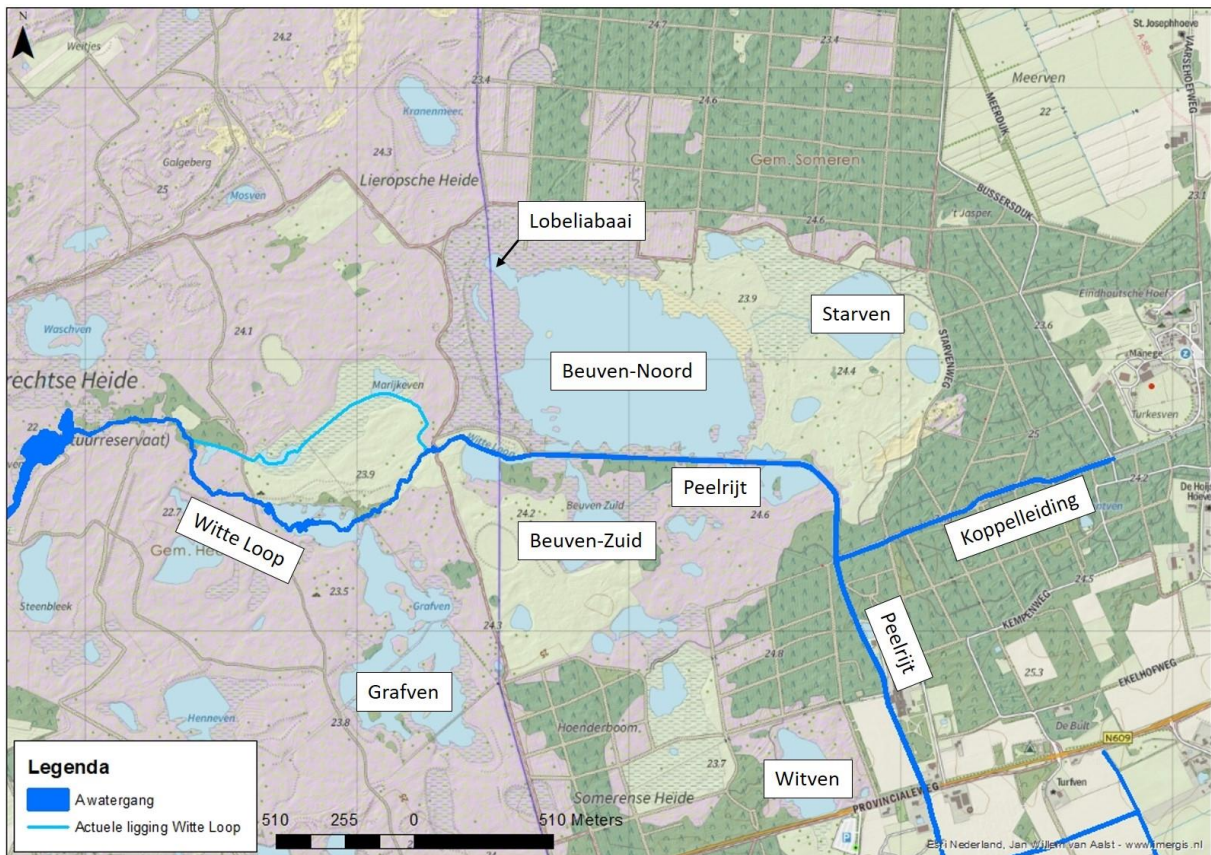
Effecten samenvoegen Beuven-Noord en Beuven-Zuid op de fauna

Zoals in de leeswijzer (paragraaf 1.3) aangegeven, komen mogelijke effecten van het samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid aan de orde in het vijfde hoofdstuk omdat die effecten pas beschreven kunnen worden, wanneer duidelijk is welke maatregelen zinvol zijn in het licht van een toekomstbestendig en klimaatrobuust Beuven. Het fundament voor die maatregelen wordt in dit hoofdstuk gelegd.

3.1 Gebruikte toponiemen

Het Beuven mag zich verheugen op een lange onderzoekstraditie (Van Mansfeld et al. 1975; Frings 1978; De Soet 1980; Diemont et al. 1982; Buskens & Zingstra 1988; Feijen 1992; Querner et al. 1999; Wasscher 2002; Muilwijk et al. 2012; Vermue 2012; De Mars et al. 2019; Van der Burg et al. 2020).

De naamgeving van de vennen, waterlopen en verschillende deelgebieden wil nogal eens verschillen tussen de onderzoeken. Het toponiem "Beuven", dat op verschillende kaarten ook als Bauven wordt aangeduid (Verhees 1794), en waarmee soms zowel Beuven-Noord als Beuven-Zuid, maar vaker alleen Beuven-Noord wordt bedoeld kan als voorbeeld dienen. Om spraakverwarring te voorkomen is ervoor gekozen om in deze rapportage gebruik te maken van de toponiemen zoals opgenomen in figuur 3-1.



Figuur 3-1 Toponiemenkaart voor deze rapportage.

3.2 Verspreiding van de ondiepe, gelaagde lemige zanden

3.2.1 Verantwoording en methode

Op basis van boringen gezet ten behoeve van het opstellen van de landschapsecologische systeemanalyse (Figuur 3-2) is vastgesteld dat de ondergrond leemlagen en leembanden bevat van wisselende dikte en diepte, maar dat er geen aaneengesloten ondiepe leemlaag is zoals die in eerdere onderzoeken (bijvoorbeeld De Soet 1980) is genoemd. Van der Burg et al. (2020) concluderen dat de weerstandbiedende laag die het Beuven op peil houdt bestaat uit een dunne, verkitten laag op circa 0,5 - 1 meter beneden maaiveld. Toch wordt ook deze laag alleen lokaal onder de waterbodem van Beuven-Noord aangetroffen, maar niet in het lokale grondwatersysteem van het Beuven.



Foto 3-1 Voorbeeld van "spekkoek" onder het lokale grondwatersysteem van het Beuven.

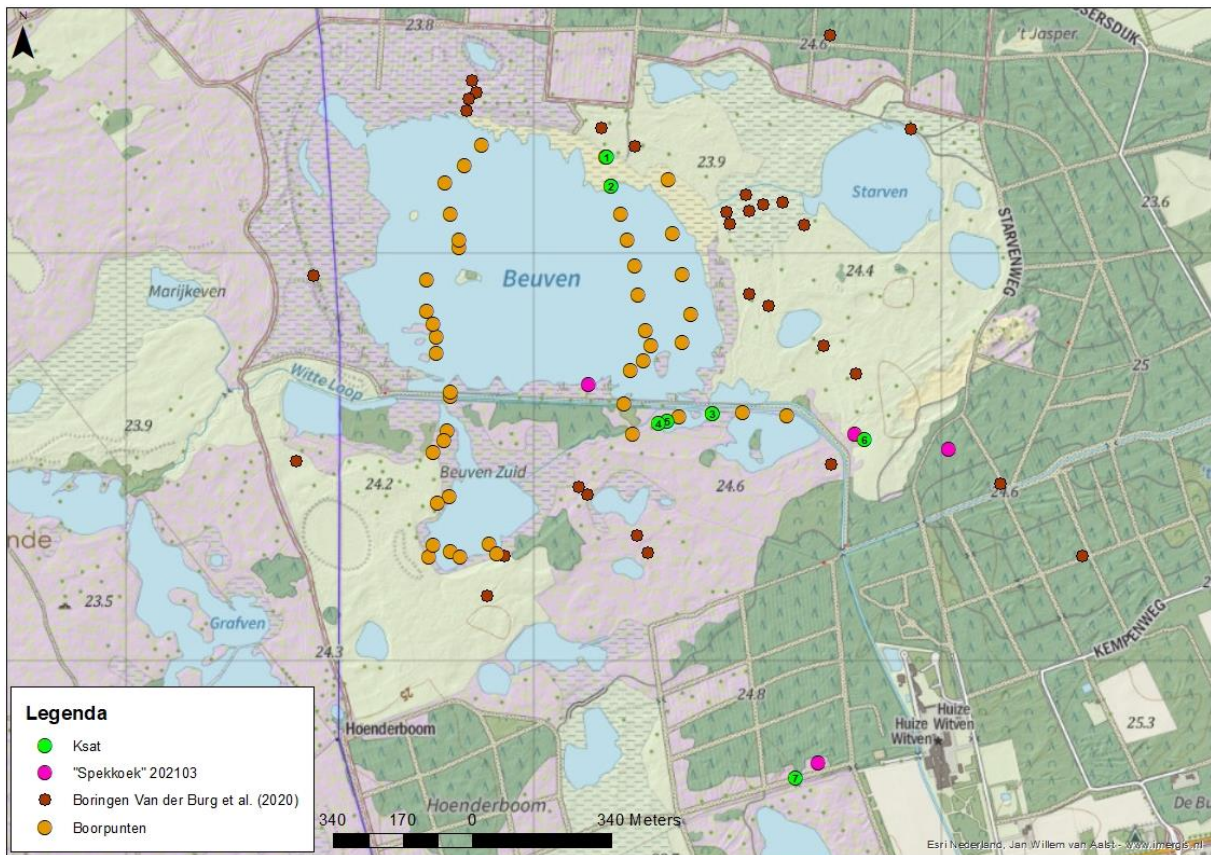
Tijdens boorwerkzaamheden verricht ten bate van het plaatsen van de nieuwe peilbuizen (paragraaf 3.4) werd op verschillende plaatsen een karakteristieke "spekkoekachtige gelaagdheid" van de ondergrond – onder het dekzand - aangetroffen (Foto 3-1), waarbij relatief grof zand en fijn tot zeer fijn lemig zand elkaar afwisselen (bijlage 3). Daardoor kunnen ze voor water (zeer) moeilijk doorlatend zijn en mogelijk een rol spelen in het lokale grondwatersysteem van het Beuven.

De foto's van de boringen gezet ten behoeve van het opstellen van de landschapsecologische systeemanalyse (Van der Burg et al. 2020; Figuur 3-2) zijn gecontroleerd op aanwezigheid van "spekkoek", maar bevatten te weinig detail om de specifieke gelaagdheid te kunnen herkennen.

De verspreiding van de "spekkoek" rond en onder Beuven-Noord en Beuven-Zuid is daarom met behulp van aanvullende boringen onderzocht, waarbij ook is nagegaan of en in hoeverre de Peelrijt deze lagen doorsnijdt. De aanvullend gezette boorpunten zijn terug te vinden in figuur 3-2.

Omdat de fijne gelaagdheid van de "spekkoek" (Foto 3-1) verloren gaat wanneer gebruik gemaakt wordt van bijvoorbeeld een zuigerboor², is voor alle in het kader van deze rapportage gezette boringen gebruik gemaakt van een standaard Edelmanboor. Ook onder de waterbodem van Beuven-Noord en Beuven-Zuid, waar de meeste aanvullende boringen zijn gezet om inzicht te krijgen in de verspreiding van de "spekkoek" onder deze vennen. Dat betekent als vanzelf dat van de boringen geen gedetailleerde bodembeschrijvingen konden worden gemaakt; het zandige materiaal valt simpelweg uit de boor voordat deze boven water is. Meer lemig materiaal (bijvoorbeeld "spekkoek") behoudt zijn samenhang en blijft wel in de boorkop zitten. De methode leende zich daarom wel uitstekend voor het opsporen van lemige lagen en "spekkoek" onder de waterbodem van Beuven-Noord en Beuven-Zuid, als ook beneden het grondwaterpeil. Genoteerd zijn daarom de diepte waarop de "spekkoek"-achtige gelaagdheid aanwezig was en de mate van lemigheid, die in het veld in eerste aanleg in vijf grove, relatieve, goed te scheiden maar subjectieve klassen is genoteerd (Tabel 3-1). Alle boringen zijn doorgezet tot de zandondergrond of het einde van de standaard Edelmanboor (circa 100 cm).

² Gebruik van een zuigerboor door De Soet (1980) is de meest voor de hand liggende reden waarom de "spekkoek" in dat gedetailleerde werk is gemist. Zo vindt De Soet (1980) wel degelijk leembandjes, maar niet op de nattere plekken of beneden het grondwater waar met een zuigerboor gewerkt is, daar vinden we de typering "lemig zand". Vermoedelijk stond de methode de herkenning van de specifieke gelaagdheid in de weg.



Figuur 3-2 Boorpunten waar 12 maart 2021 “spekkoek” is aangetoond (paarse cirkels; bijlage 3), boringen gezet ten bate van de landschapsecologische systeemanalyse (Van der Burg et al. 2020; rode cirkels), aanvullende boorpunten gezet september 2021 om de verspreiding van de “spekkoek” in beeld te brengen (oranje cirkels) en locaties van bodemonsters voor verzadigde doorlatendheid (K_{sat} ; groene cirkels; getallen verwijzen naar de monsternummers in tabel 3-1).

Om te begrijpen in hoeverre de “spekkoek” een rol speelt in het hydrologisch systeem van het Beuven, is de waterverzadigde (verticale) doorlatendheid (K_{sat}) daarvan bepaald. Dat is gedaan voor zeven monsters, representatief voor de range aan in het veld bepaalde lemigheid (op basis van oranje cirkels in figuur 3-2), die zoveel mogelijk in drievoud zijn verzameld (Tabel 3-1), met behulp van pF-ringen (\varnothing 53x50 mm, hoogte 51 mm, inhoud 100 cc). Omdat onder (grond)water steken van de monsters geen sinecure is, is in het laboratorium door de laborant visueel op basis van technische kwaliteit bepaald voor welk van de drie monsters het best de verzadigde doorlatendheid bepaald kon worden (Tabel 3-1).

Tabel 3-1 Monsters voor analyse van de verzadigde doorlatendheid (K_{sat}). Monsternummer verwijst naar figuur 3-2. Monsters geeft het aantal monsters. Voor monsterpunt zeven is slechts een monster beschikbaar vanwege het afbreken van de monstersteker. Monster geanalyseerd: Welk van de drie monsters geanalyseerd is. Diepte: Diepte in cm beneden maaiveld (mv) waarop het monster gestoken is. Veldklasse: de in het veld toegekende lemigheidsklasse.

Monsternummer	Monsters	Monster geanalyseerd	Diepte (cm -mv)	Veldklasse
1	1.1 - 1.3	1.2	70	Zand
2	2.1 - 2.3	2.1	45	Zwak lemig zand
3	3.1 - 3.3	3.3	70	Sterk lemig zand
4	4.1 - 4.3	4.3	70	Matig lemig zand
5	5.1 - 5.2	5.2	70	Zwak lemig zand
6	6.1 - 6.3	6.2	50	Leem
7	7.1	7.1	110	Leem

De verzadigde doorlatendheid is volgens haar standaardprotocollen bepaald door het Soil Hydro-Physics laboratorium van Wageningen Universiteit met een Permeameter. Voor alle monsters -dus niet alleen de zeven monsters gebruikt voor het bepalen van de verzadigde doorlatendheid- is vervolgens de droge bulk-densiteit bepaald, als ook de granulaire samenstelling. Voor de monsters waarvoor ook de verzadigde doorlatendheid is bepaald, is dat volgens haar standaardprotocollen bepaald door de Vrije Universiteit Amsterdam. Voor de overige monsters is de granulaire samenstelling op hoofdlijnen bepaald door Em. Prof. Dr. J. Sevink. Details zijn opgenomen in bijlage 4. De gemeten waarden voor de verzadigde doorlatendheid zijn vervolgens gebruikt om te komen tot "doorlatendheidsklassen".

3.2.2 Resultaten

De verzadigde doorlatendheid (K_{sat}) varieert voor de zes monsters die geanalyseerd konden worden tussen 121,9 en 2,4 cm d^{-1} (Tabel 3-2). Monster nummer 7 was van onvoldoende kwaliteit vanwege het tijdens de monsternamen afbreken van de ringsteker en is dien ten gevolge buiten beschouwing gelaten (bijlage 4). De doorlatendheden zijn vergelijkbaar met die van goed doorlatend zand (121,9 cm d^{-1}) en zware klei (2,4 cm d^{-1} ; Van den Akker 2001, Heinen et al. 2020). Dat geeft aan dat de mate van lemigheid in de "spekkoek", diens compactie én sortering van betekenis zijn voor de doorlatendheid van de bodem.

Tabel 3-2 Gemeten waarden voor de verzadigde doorlatendheid (K_{sat} in cm d^{-1}), droge bulk dichtheid (BD_d in g cm^{-3} ; tussen haakjes is de in de drie replica's hoogst gemeten waarde weergegeven) en leemgehalte (%; geschat als fractie $<63\mu\text{m}$) voor de range aan in het veld geschatte lemigheidswaarden (Veldklasse) en de bijbehorende doorlatendheidsklasse zoals gebruikt in figuur 3-3. Tussen haakjes is weergegeven welk van de drie replica's voor de analyse is gebruikt (bijlage 4, Tabel 3-1).

Monster	K_{sat} (cm d^{-1})	BD_d (g cm^{-3})	Leemgehalte (%)	Veldklasse	Doorlatendheidsklasse
1 (2)	121,9	1,648 (1,740)	7	Zand	1
2 (1)	38,6	1,571 (1,571)	2	Zwak lemig zand	2
4 (3)	10,1	1,686 (1,686)	2	Matig lemig zand	2
5 (2)	6,8	1,683 (1,683)	8	Zwak lemig zand	2
6 (2)	4,0	1,780 (1,780)	17	Leem	3
3 (3)	2,4	1,684 (1,787)	8	Sterk lemig zand	3

Net als de verzadigde doorlatendheid, varieert ook de droge bulkdichtheid tussen, maar zoals verwacht ook binnen de monsters (Tabel 3-2; bijlage 4). Voor die monsters die "spekkoek" bevatten, bestaat een significant³ negatieve relatie tussen de verzadigde doorlatendheid en de droge bulkdichtheid (Pearsons-r: -0,85; t: -2,80; p: 0,06; n=5; R^2 : 0,72).

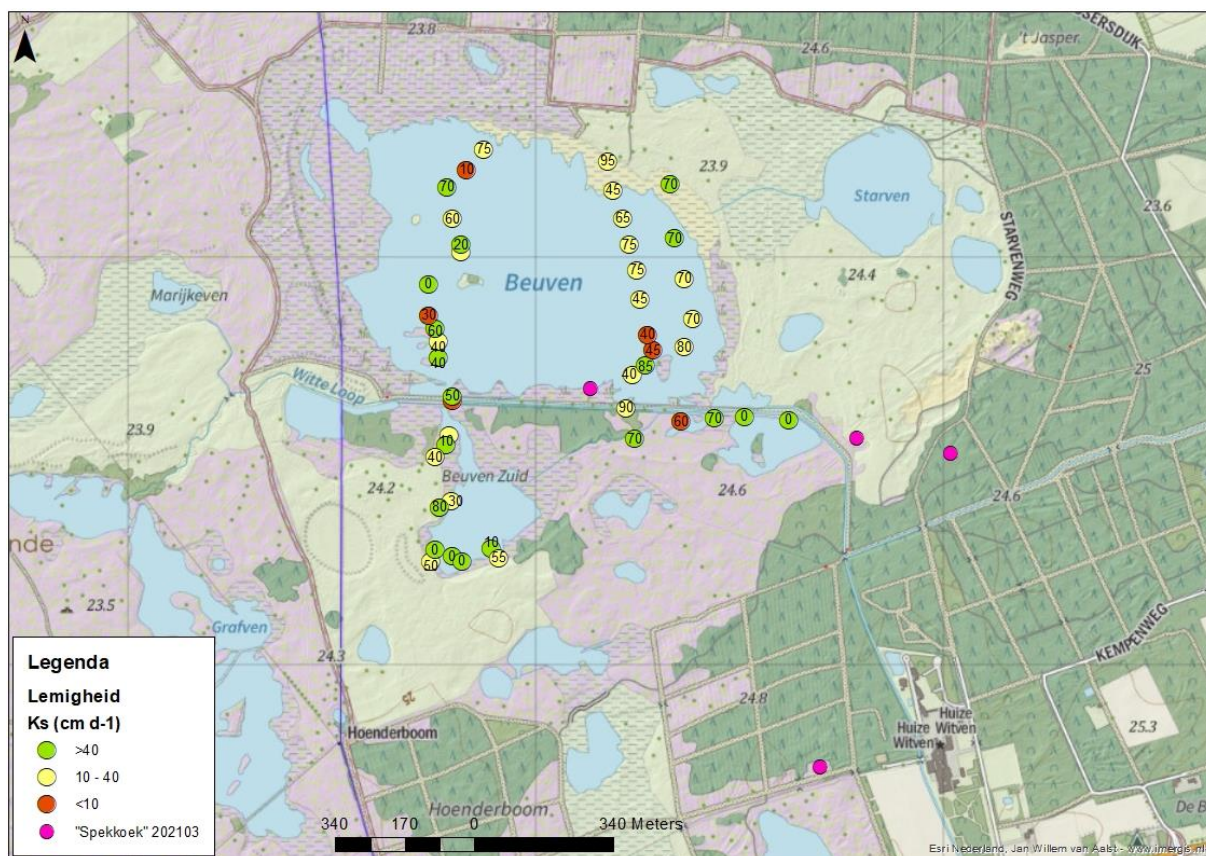
Belangrijk om te bedenken is dat het aantal representatieve monsters (n=5) laag is, waardoor het verkrijgen van een significante correlatie in een heterogene, natte bodem lastig is. Het gevonden negatieve verband tussen de verzadigde doorlatendheid en de droge bulk dichtheid van de monsters duidt er dan ook op dat de compactie een belangrijke rol speelt voor de verzadigde doorlatendheid. Dit komt overeen met de veldwaarnemingen: in de diverse profielen viel op dat de "spekkoek" zeer compact, "dicht" was (bijlage 3).

Ook geldt dat de monsternamen -onder water- van ongestoord relatief zandig materiaal in pF-ringen enigszins problematisch is en snel leidt tot niet geheel gevuld zijn van de pF-ring⁴. Dat betekent dat de doorlatendheid makkelijk wordt overschat. Dit houdt ook in dat de hoogste gevonden droge bulk dichtheid de meest betrouwbare indicatie geeft voor de feitelijke dichtheid van de bemonsterde laag. Deze is eveneens aangegeven in tabel 3-1. Wanneer men uitgaat van deze waarden is sprake van eenzelfde, maar duidelijkere statistische relatie (Pearsons-r: -0,91; t: -3,79; p: 0,03; n=5; R^2 : 0,83).

Met behulp van de in tabel 3-2 opgenomen doorlatendheidsklassen kan een ruimtelijk beeld voor het Beuven worden geconstrueerd als het gaat om de verticale doorlatendheid van de "spekkoek" (Figuur 3-3). Uit dat beeld volgt allereerst dat de "spekkoek" onder het Beuven een zuid-noord gerichte scheefstelling heeft: in het zuiden ligt de spekkoek dieper onder maaiveld dan in het noorden. Dat komt overeen met de scheefstelling van de dieper liggende zandige leemlagen zoals gekarteerd door De Soet (1980).

³ Bij $p=0,10$

⁴ Vandaar ook dat meerdere monsterringen zijn gestoken – meestal in triplo.



Figuur 3-3 Diepte beneden maaiveld waarop in boringen "spekkoek" is aangetroffen (cijfers in de cirkels. 0 = afwezig) en de op basis van meting geschatte verzadigde verticale doorlatendheid (K_{sat} tabel 3-2; gekleurde cirkels). De locaties waar begin 2021 "spekkoek" is aangetroffen zijn ook aangegeven (paarse cirkels).

Verder valt op dat de verzadigde doorlatendheid gemiddeld toeneemt in noordwestelijke richting (de wegzijgzijde), maar ook dat de heterogeniteit relatief hoog is (bijlage 4). De laagste doorlatendheden, vergelijkbaar met zware klei, bevinden zich hoofdzakelijk in het zuidoosten van Beuven-Noord. Belangrijke constatering is dat onder de bodem van de Peelrijt nog steeds "spekkoek" aanwezig is, die bovendien een relatief lage doorlatendheid heeft. Alleen in het uiterste oosten ontbreekt de "spekkoek" rondom de Peelrijt, die daar ook aanmerkelijk dieper ingesneden is (circa 22,4 m +NAP; Waterschap De Dommel 2021).

De boringen hebben verder laten zien dat alleen de diepste sloten in de bodem van Beuven-Noord (Van der Burg et al. 2020) door de "spekkoek" snijden en de waterbodem van Beuven-Noord vrijwel direct bovenop deze laag rust (Figuur 3-3).

Ten slotte is het goed op te merken dat de "spekkoek" ook onder laagtes is aangetroffen die hoger in het landschap -hoger op de gradiënt- liggen. Ook hier heeft de "spekkoek" invloed op de verticale doorlatendheid, waardoor ook binnen het lokale grondwatersysteem van het Beuven (dit komt uitgebreid aan de orde in paragraaf 3.4 en hoofdstuk 4) afvoerloze laagtes kunnen ontstaan.

3.2.3 Resumé Verspreiding van de ondiepe, gelaagde, lemige zanden

Samenvattend geldt dat:

- de “spekkoek” vanwege zijn compacte karakter de verticale (verzadigde) doorlatendheid (sterk) belemmerd.
- de “spekkoek” een zuid-noord gerichte scheefstelling heeft, in overeenstemming met de dieper liggende lemige zanden.
- de doorlatendheid van de “spekkoek” is ruimtelijk heterogeen, maar lijkt globaal toe te nemen in noordwestelijke richting.
- Tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid nog intacte, relatief weinig doorlatende “spekkoek” aanwezig is onder de bodem van de Peelrijt.

3.3 Bodemhoogte, slibdikte en bodemkwaliteit van Beuven-Zuid

3.3.1 Verantwoording en methode

In het Natura 2000-beheerplan voor Strabrechtse Heide & Beuven wordt specifiek aangegeven dat onderzocht moet worden of het wenselijk is om Beuven-Noord en Beuven-Zuid samen te voegen door middel van het verwijderen van de kades van de Peelrijt (Dienst Landelijk Gebied 2015). Een van de aspecten daarbij van belang is in hoeverre dat effecten heeft op de buffering, nutriëntenhuishouding en de peilfluctuatie van het ven. Specifiek stellen Van der Burg et al. (2020) de vraag in hoeverre de nutriënten van Beuven-Zuid een bedreiging kunnen vormen voor de isoëtiden in Beuven-Noord. Om die vraag te kunnen beantwoorden is inzicht nodig in de hoeveelheid slib die aanwezig is in Beuven-Zuid en de kwaliteit daarvan, maar is ook van belang in hoeverre sprake is van een verschil in bodemhoogte tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid.

De bodemhoogte van Beuven-Noord is in 2019 in beeld gebracht (Van der Burg et al. 2020), maar voor Beuven-Zuid dateren de meest recente bekende gegevens uit 1988 (Sleegers 1988). Met behulp van een RTK⁵-GPS is de bodemhoogte van Beuven-Zuid oktober 2021 geactualiseerd, waarbij tegelijkertijd de slibdikte in centimeter is bepaald door eerst de Z-hoogte van het slib te bepalen en daarvan de Z-hoogte van de vaste bodem af te trekken.

De kwaliteit van het slib en het poriewater is op negen punten bepaald door en volgens de standaardprotocollen van onderzoekscentrum B-WARE. Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem bij benadering kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend uit het gewichtsverlies bij gloeien. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende vier uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien

⁵ *Real Time Kinematic*

werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Door bodem- en plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega of Ethos Easy) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. De destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

De gemeten samenstelling van het slib en het poriewater is gebruikt om te bepalen of de waterbodem een knelpunt vormt voor de ecologische waterkwaliteit⁶. De waterbodem kan veel nutriënten naleveren aan de waterkolom en zo zorgen voor (interne) eutrofiëring. Deze nalevering speelt vooral voor fosfor (P) en minder voor stikstof (N). Fosfor kan door binding aan ijzer (Fe), organisch materiaal, aluminium (Al) of calcium (Ca) ophopen in de waterbodem. Veranderen de (redox)condities, kan het opgeslagen fosfor in grote pieken beschikbaar komen. Het fosfor komt dan in het poriewater terecht en belandt vervolgens in de waterkolom wat onwenselijk is in (zeer) voedselarme vennen. Daarbij heeft zwavel (S) een groot effect op de binding van fosfor aan de waterbodem. Zwavel kan heel gemakkelijk ijzer vastleggen en zelf de binding tussen fosfor en ijzer in zijn eigen voordeel verbreken. In beide gevallen is er voor fosfor minder ijzer beschikbaar om aan te binden, met fosfornalevering tot gevolg.

Om na te gaan in hoeverre sprake is van actuele of potentiële nalevering van voedingsstoffen (fosfor) uit de sliblaag, zijn de verzamelde gegevens vergeleken met uit de literatuur bekende referentiewaarden (Tabel 3-3). Die waarden zijn ontwikkeld om in het kader van de Kaderrichtlijn Water te voorzien in een definitie van een goede ecologische toestand. Hoewel voor "*kleine ondiepe zwakgebufferde plassen (vennen)*" (KRW-type M12) wel referentiewaarden voor fosfor (totaal-P) en stikstof (totaal-N) zijn afgeleid (STOWA 2018), zijn referentiewaarden die nodig zijn om actuele of potentiële nalevering van voedingsstoffen in (zeer) zwakgebufferde vennen te duiden (nog) niet voor handen. Wel geeft Bal (2001) voor zwakgebufferde vennen een grenswaarde van $0,4 \text{ mg N L}^{-1}$ voor ammonium ($\sim 37 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1} \text{ NH}_4$) in het oppervlaktewater (zie ook Arts et al. 2001, 2015a, 2015b; T'jollyn et al. 2009), maar getallen voor het poriewater ontbreken. De referentiewaarden in tabel 3-3 richten zich op goed ontwikkelde vegetaties in grote(re) al dan niet lijnvormige oppervlaktewateren. Voor het Beuven zijn ten minste de opgenomen waarden voor ammonium in het poriewater en fosfor in de bodem (P-bodem) naar verwachting aan de hoge kant.

⁶ Voor de meeste meetpunten is geen geografische referentie beschikbaar, waardoor deze niet op kaart te plotten zijn. Een beschrijving van de locatie is terug te vinden in bijlage 2.

Tabel 3-3 Toetskader dat is gebruikt om waterbodempunten inzichtelijk te maken. De gebruikte drempelwaarden volgen uit eerdere studies: de drempelwaarde voor fosfor in de bodem volgt uit de Ecologische Sleutelfactoren-methodiek (ESF; STOWA 2015), de overige drempelwaardes uit Van den Berg & Peters (2014).

Variabele	Eenheid	Omschrijving	Goed	Matig	Ontoereikend	Slecht
Ammonium	$\mu\text{mol L}^{-1}$	Gemeten NH_4 in het poriewater	<750	750-1000	1000-2000	>2000
P-bodem	mg P kg^{-1}	Gemeten P-totaal in de bodem	<500			≥ 500
Potentiële P-nalevering	$\text{mg P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$	Berekende P-nalevering van bodem naar water	<1	1-2	2-10	>10

De eerste twee waterbodempunten uit tabel 3-3 (ammonium en P-bodem) volgen direct uit de metingen, de nalevering van fosfor is berekend met de in het project Baggernut ontwikkelde Quicksan-tool (STOWA 2012). De aldus berekende nalevering is gebaseerd op de gemeten fosfor, ijzer en zwavel gehalten en ratio's van Fe/P, Fe/S en (Fe-S)/P in respectievelijk het poriewater en in het sediment (STOWA 2012). De gehalten in het poriewater geven een indicatie van de actuele nalevering: hoeveel fosfor komt er op dit moment vrij uit de waterbodem.

De gehalten in het sediment geven een indicatie van de potentiële nalevering: hoeveel fosfor kan er uiteindelijk vrijkomen uit de waterbodem. De resultaten voor Beuven-Zuid -berekend uit de in bijlage 2 opgenomen analyseresultaten- zijn opgenomen in tabel 3-4.

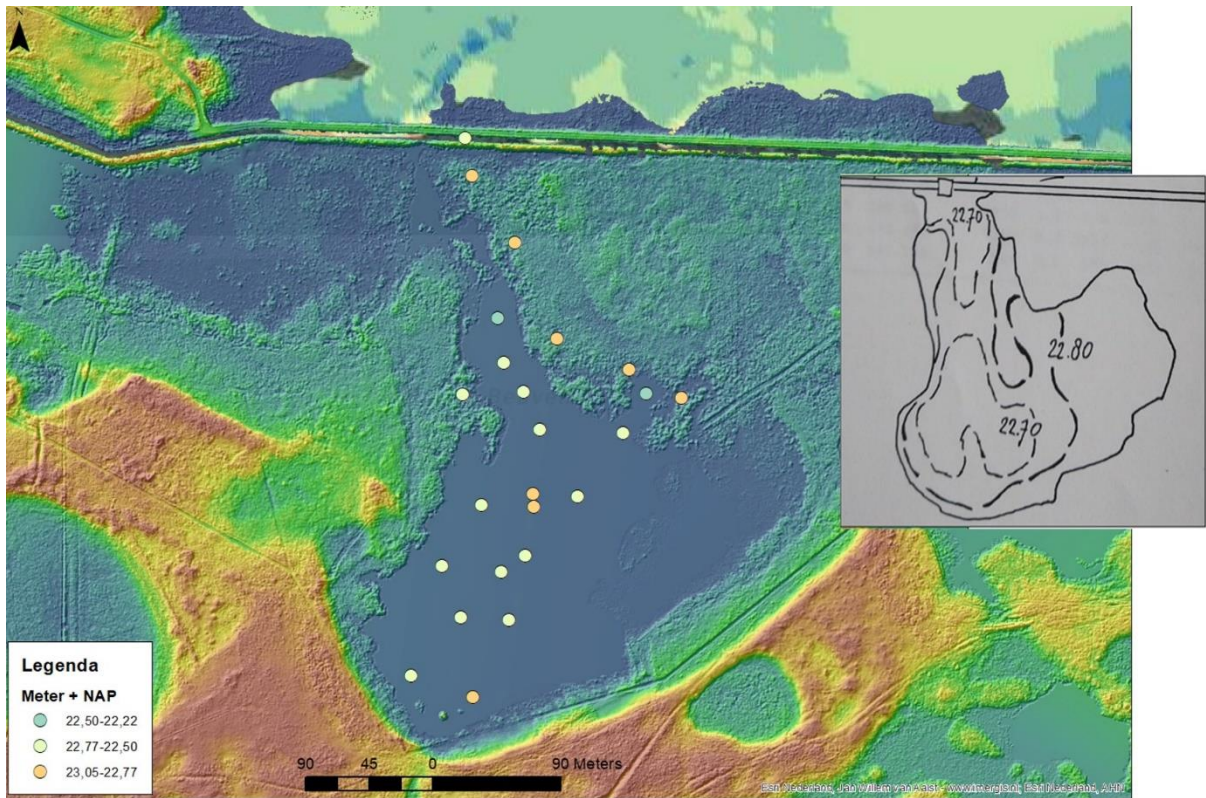
3.3.2 Resultaten

De gemiddelde bodemhoogte van Beuven-Zuid bedraagt circa 22,7 m +NAP en varieert van 22,46 tot 22,96 m +NAP. De diepste delen worden gevonden in het midden van (het open water van) Beuven-Zuid en nabij de Peelrijt (Figuur 3-4). Het beeld komt nog steeds goed overeen met de situatie zoals die door Slegers (1988) werd opgetekend (Figuur 3-4).

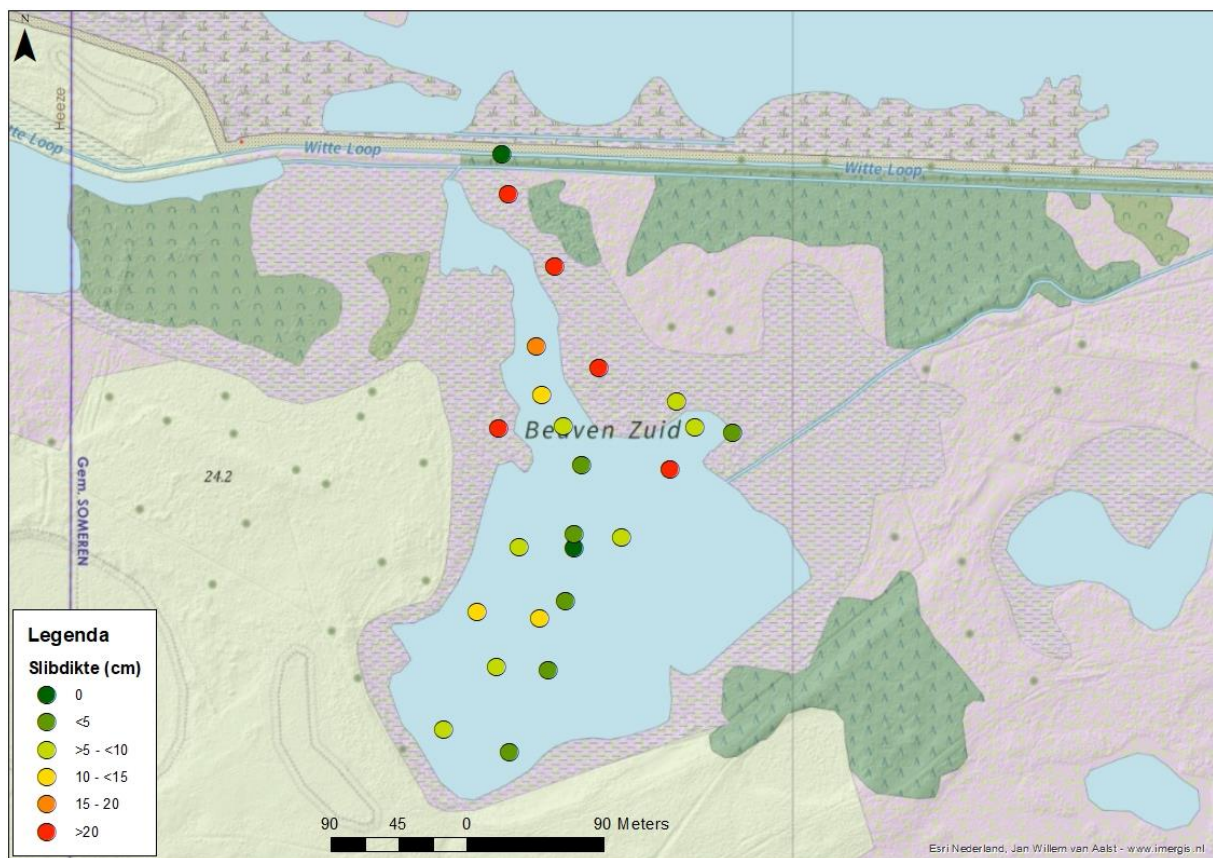
De gemeten bodemhoogte van de Peelrijt (22,6 m +NAP; Figuur 3-4) komt goed overeen met de profiellijnen zoals opgenomen in de vastgestelde legger oppervlaktewateren van Waterschap De Dommel (Waterschap De Dommel 2021). De bodemhoogte van de Peelrijt (22,6 m +NAP) is daarmee tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid ongeveer een decimeter lager dan de bodem van Beuven-Zuid (gemiddeld circa 22,7 m +NAP), maar ongeveer gelijk aan de bodemhoogte van Beuven-Noord. Naar het oosten neemt de insnijding van de Peelrijt toe tot maximaal 22,1 m +NAP, waardoor deze onder de bodemhoogte van zowel Beuven-Noord als Beuven-Zuid komt te liggen (Waterschap De Dommel 2021).

De bodemhoogte van Beuven-Zuid (gemiddeld circa 22,7 m +NAP) is daarmee enkele decimeters hoger dan de gemiddelde bodemhoogte van Beuven-Noord (22,4 m +NAP; Van der Burg et al. (2020)), al zijn de delen net noord van het verdeelwerk aanmerkelijk dieper (<22,2 m +NAP; Van der Burg et al. (2020)).

De dikte van de sliblaag varieert van enkele centimeters in het open water van Beuven-Zuid tot meerdere decimeters in de verlandende zones (Figuur 3-5).



Figuur 3-4 Bodemhoogte van Beuven-Zuid zoals gemeten in 2021. Inzet: Bodemhoogte Beuven-Zuid zoals gemeten door Slegers (1988).



Figuur 3-5 Dikte van de sliblaag (in centimeter) in Beuven-Zuid zoals gemeten oktober 2021

Tabel 3-4 laat zien dat met uitzondering van een tweetal monsterpunten het slib te rijk is aan fosfor. De berekende potentiële nalevering is in algemene zin laag, uitgezonderd één monster, waar de berekende nalevering relatief hoog is. Dit monster (9) is genomen nabij de inlaat en kenmerkt zich door hele hoge fosfor-gehaltenes, maar gemiddelde ijzer- en zwavelgehaltenes (bijlage 2).

De ammoniumconcentratie in het poriewater vormt geen knelpunt voor Beuven-Zuid en de actuele nalevering is zeer laag. Veelal is de concentratie ammonium in het poriewater ook lager dan de voor het ven-water afgeleide grenswaarde van circa $37 \mu\text{mol L}^{-1} \text{NH}_4$ (Bal 2001). De voor Beuven gemeten concentratie ammonium in het ven-water (tot $3 \mu\text{mol L}^{-1} \text{NH}_4$; bijlage 2) blijft overigens onder deze grenswaarde. Hoewel de in tabel 3-3 opgenomen referentiewaarde voor het Beuven aan de hoge kant zal zijn, zal bij een maximum waarde van $183 \mu\text{mol L}^{-1} \text{NH}_4$ in het poriewater (Tabel 3-4; schr. med. E. Brouwer, B-WARE) ook voor voedselarme vennen de nalevering voldoende laag zijn.

Het geheel overziend betekent dit dat in Beuven-Zuid veel fosfor is opgeslagen, maar dat de huidige (redox) condities -al dan niet beïnvloed door de vegetatie- ervoor zorgen dat dit niet beschikbaar komt in de waterlaag. Voor het eventueel samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid betekent dit, dat de sliblaag geen groot risico vormt. Wel kan zich een eutrafente vegetatie ontwikkelen op deze sliblaag, die de vegetatieontwikkeling negatief kan beïnvloeden.

Tabel 3-4 Voedingstoestand van het slib in Beuven-Zuid beoordeeld volgens tabel 3-3 (de gebruikte kleuren komen overeen). Voor bodem zijn het totale fosfor-gehalte (P-totaal in mg kg^{-1}) en de met behulp van STOWA (2012) berekende nalevering (in $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) van belang, voor het poriewater zijn dat het ammonium-gehalte (NH_4 in $\mu\text{mol L}^{-1}$) en de met behulp van STOWA (2012) berekende nalevering (in $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). De gehaltenes in het poriewater geven een indicatie van de actuele nalevering: hoeveel fosfor komt er op dit moment vrij uit de waterbodem. De gehaltenes in het sediment geven een indicatie van de potentiële nalevering: hoeveel fosfor kan er uiteindelijk vrijkomen uit de waterbodem.

Monster	Bodem		Poriewater	
	P-totaal (mg kg^{-1})	Nalevering ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	NH_4 ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Nalevering ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$)
1	725,6	0,9	5,5	< 0
2	708,4	0,7	12,3	< 0
3	313,2	0,0	2,0	< 0
4	695,1	0,6	183,0	lage nalevering
5	113,1	< 1,0	170,3	lage nalevering
6	782,3	1,3	174,3	lage nalevering
7	742,8	1,0	2,4	< 0
8	519,7	0,0	3,6	< 0
9	997,5	3,0	13,0	< 0

3.3.3 Resumé Bodemhoogte, slibdikte en bodemkwaliteit van Beuven-Zuid

Samenvattend geldt dat:

- de bodem van Beuven-Zuid hoger ligt dan de bodem van zowel Beuven-Noord als de Peelrijt tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid. Naar het oosten toe snijdt de Peelrijt in tot onder de bodem van zowel Beuven-Noord als Beuven-Zuid.
- een sliblaag aanwezig is in Beuven-Zuid waarin veel fosfor is opgeslagen, maar dat dit fosfor niet tot beperkt wordt nageleverd aan de waterlaag.

3.4 Grond- en oppervlaktewaterdynamiek en -kwaliteit

3.4.1 Verantwoording en methode

Als uitgangspunt voor deze rapportage is, mede vanwege de toch korte looptijd van de nieuw geplaatste peilbuizen, aangehouden dat de verzamelde gegevens zoveel mogelijk op hetzelfde moment in de tijd werden verzameld, waardoor ze directer te koppelen zijn. Vanuit dezelfde gedachte zijn twee momenten in 2021 aan de hand waarvan het landschapsecologisch functioneren kan worden verfijnd: globaal de voorjaarsgrondwaterstand (15 april 2021) en laagste grondwaterstand (31 augustus 2021). Alleen op die momenten zijn gegevens voor alle meetpunten beschikbaar.

Stijghoogtedynamiek van het grondwater

De landschapsecologische systeemanalyse (Van der Burg et al. 2020) geeft inzicht in het hydrologisch systeem van Beuven-Noord, maar is gehinderd door opeenvolgende extreem natte en extreem droge perioden. Daardoor missen de nuances in het systeeminzicht, vooral als het gaat om de lokale hydrologische systemen in dekzandruggen rondom het Beuven. Om die nuances in de vingers te krijgen, zijn in het voorjaar van 2021 vijf peilbuizen bijgeplaatst (Figuur 3-6). Samen met de al bestaande peilbuizen vormen ze een zuidoost-noordwest gerichte raai (met de algemene stromingsrichting van het grondwater mee (Van der Burg et al. 2020; Grondwatertools 2021)) die gebruikt is om de hydrologische systeemkennis te verfijnen, maar ook om de invloed van de Koppelleiding beter te kunnen duiden.

In aanvulling op Van der Burg et al. (2020) is een zuid-noord gerichte raai peilbuizen, hoofdzakelijk bestaande peilbuizen, gebruikt om de samenhang met Beuven-Zuid en de rol van de Peelrijt in het hydrologisch systeem van het Beuven beter te begrijpen (Figuur 3-6).

De metagegevens van de in deze rapportage gebruikte peilbuizen zijn terug te vinden in tabel 3-5.

Peildynamiek van het oppervlaktewater

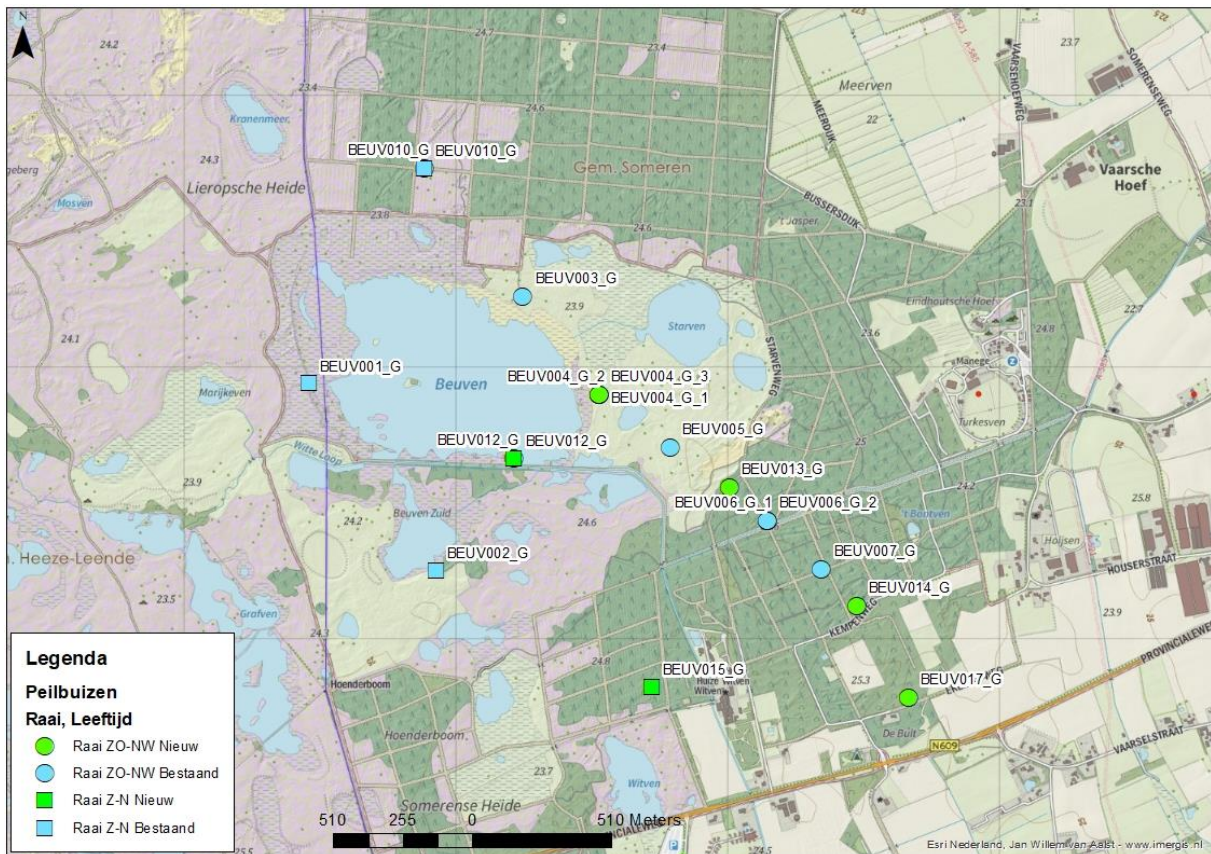
De waterstanden in Beuven-Noord, Beuven-Zuid en de Peelrijt zijn beschikbaar gesteld door mevr. A. de Glopper (Waterschap De Dommel) en worden gemeten bij het verdeelwerk in de Peelrijt. De waterstanden in de Koppelleiding zijn afgeleid uit HydroNet (Hydronet 2021).

Dimensies van Peelrijt en Koppelleiding zijn afgeleid uit de vastgestelde legger oppervlaktewateren van Waterschap De Dommel (Waterschap De Dommel 2021).

Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Aanvullend op de waterkwaliteitsgegevens vastgelegd in Van der Burg et al. (2020; bijlage 1) is de kwaliteit van het grondwater op 19 juli 2021 en 07 oktober 2021 bepaald met behulp van de peilbuizen die de raaien vormen (Tabel 3-5 en figuur 3-6). Op beide momenten is ook de samenstelling van het oppervlaktewater in Beuven-Noord en Beuven-Zuid bepaald, daarbij de standaardprotocollen van B-WARE volgend. De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific of, ARCOS MV, Spectro). De concentraties nitraat (NO_3), ammonium (NH_4) en fosfaat (PO_4) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na) en kalium (K) werden vlamfotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer. De verzamelde gegevens zijn opgenomen in bijlage 2.

Daarbovenop zijn door Waterschap De Dommel langjarige waterkwaliteitsgegevens beschikbaar gesteld voor Beuven-Noord en Beuven-Zuid (met dankzegging aan mevr. A. de Glopper). Waterkwaliteitsgegevens voor de Koppelleiding (en Peelrijt) zijn overgenomen uit De Mars et al. (2019).



Figuur 3-6 Locatie van de in deze rapportage gebruikte peilbuizen, waarbij is aangegeven of de peilbuis nieuw geplaatst is (groene symbolen. Meetreeks vanaf april 2021) of al aanwezig was (blauwe symbolen). Naamgeving (peilbuis) is conform "De Watermeter" (Bosgroepen Zuid-Nederland). Beide raaien delen de meetpunten Beuv010_G en Beuv012_G.

Tabel 3-5 Metagegevens van de in deze rapportage gebruikte peilbuizen. Raai: serie peilbuizen die tot een raai worden gerekend, gesorteerd van zuid(west) naar noord(oost). Naamgeving (peilbuis) is conform "De Watermeter" (Bosgroepen Zuid-Nederland). In 2021 nieuw geplaatste peilbuizen of filters zijn cursief weergegeven. X:Y: X en Y coördinaat (in RD). Maaiveld: Maaiveldhoogte in m +NAP. Bovenkant filter: Diepte waarop het filter begint in m +NAP. Filterlengte: één meter. Toevoeging (..)1 en (..)2 geven aan dat een peilbuis meerdere filters heeft, waarbij (..)1 het ondiepste en (..)2 het diepste filter vertegenwoordigd. Toevoeging (..)3 geeft slechts aan dat een derde filter aan deze peilbuis is toegevoegd.

Raai		Peilbuis	X	Y	Maaiveld (m +NAP)	BKF (m +NAP)
Beuven Noord	ZO	<i>BEUV017_G</i>	174666	377783	25,234	22,814
		<i>BEUV014_G</i>	174475	378122	25,086	22,646
		BEUV007_G	174346	378256	24,884	23,584
		BEUV006_G_1	174145	378434	24,825	23,625
		BEUV006_G_2	174145	378434	24,859	21,059
		<i>BEUV013_G</i>	174006	378558	24,588	22,058
		BEUV005_G	173788	378704	24,768	23,668
		BEUV004_G_1	173528	378899	23,787	22,987
		BEUV004_G_2	173528	378899	23,786	20,186
		<i>BEUV004_G_3</i>	173528	378899	23,641	22,741
		<i>BEUV012_G</i>	173214	378666	22,442	20,112
		BEUV003_G	173247	379261	23,587	22,887
		NW	BEUV010_G	172884	379735	24,062
Beuven Zuid	Z	<i>BEUV015_G</i>	173720	377825	25,271	22,931
		<i>BEUV002_G</i>	172927	378255	23,793	22,893
		BEUV012_G	173214	378666	22,442	20,112
		BEUV001_G	172459	378943	24,394	23,094
		N	BEUV010_G	172884	379735	24,062

3.4.2 Resultaten

Oppervlaktewater dynamiek en -kwaliteit

De waterstand van Beuven-Noord heeft een seizoensfluctuatie van in normale jaren circa 30 centimeter, met de hoogste waterstanden in het voorjaar (~23,3 m +NAP), de laagste waterstanden aan het eind van de zomer (~23,0 m +NAP; Van der Burg et al. 2020). De fluctuatie kan groter zijn, met gemiddeld laagste waterstanden tot 22,7 m + NAP (Tabel 3-6). Het maximaal toelaatbare venpeil, waarboven venwater via het oppervlaktewater wordt afgevoerd, bedraagt 23,60 m +NAP (opgenomen in Tabel 3-6).

Tabel 3-6 Samenvatting van de stijghoogtegegevens en de belangrijkste bijbehorende waterkwaliteitsgegevens zoals gemeten in 2021. De volledige gegevens zijn opgenomen in bijlage 2. Per raai zijn de bijbehorende peilbuizen van zuid naar noord gesorteerd opgenomen. De codes van de peilbuizen corresponderen met de "De Watermeter" (Bosgroepen Zuid-Nederland). In 2021 nieuw geplaatste peilbuizen of filters zijn cursief weergegeven. Toevoeging (..)1 en (..)2 geven aan dat een peilbuis meerdere filters heeft, waarbij (..)1 het ondiepste en (..)2 het diepste filter vertegenwoordigd. Toevoeging (..)3 geeft slechts aan dat een derde filter aan deze peilbuis is toegevoegd. Nat: 15-04-2021, Droog: 31-08-2021. Als belangrijkste kwaliteitsindicatoren zijn opgenomen de pH, het elektrisch geleidingsvermogen (EGV in $\mu\text{S cm}^{-1}$), de bicarbonaat (HCO_3), Calcium (Ca), IJzer (Fe), fosfor (P), Zwavel (S), Nitraat (NO_3), Ammonium (NH_4) en Chloride (Cl) concentraties (in $\mu\text{mol L}^{-1}$) zoals gemeten 07 oktober 2021 (peilbuizen) en 19 juli 2021 (Beuven-Noord en Beuven-Zuid). -: Niet bepaald in de relevante periode (maar zie Van der Burg et al. (2020)). Voor de oppervlaktewateren zijn de gemiddelde minimale en maximale peilen voor de periode 2014 (na herinrichting van de Peelrijt) - 2020 opgenomen. Voor 2021 waren nog geen gegevens voor handen.

Raai	Peilbuis	Stijghoogte		Kwaliteit									
		Nat	Droog	pH	EGV	HCO_3	Ca	Fe	P	S	NO_3	NH_4	Cl
		m +NAP		-	$\mu\text{S cm}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$							
Zuidoost-noordwest	<i>BEUV017_G</i>	23,5	23,0	6,2	126,0	2,0	112,0	2,0	0,4	83,0	628,0	2,0	184,0
	<i>BEUV014_G</i>	23,3	22,9	4,7	67,0	7,0	34,0	2,0	0,6	92,0	243,0	1,0	47,0
	BEUV007_G	23,2	22,5	4,3	216,0	11,0	43,0	113,0	1,6	337,0	175,0	41,0	1130,0
	BEUV006_G_1	23,4	22,7	5,1	220,0	61,0	409,0	5,0	1,2	613,0	49,0	1,0	677,0
	BEUV006_G_2	23,2	22,5	5,1	236,0	128,0	475,0	2,3	2,7	607,0	71,0	1,0	726,0
	<i>BEUV013_G</i>	23,0	22,5	4,3	237,0	5,0	17,0	3,0	0,5	124,0	46,0	2,0	1730,0
	BEUV005_G	23,2	22,5	5,5	58,0	392,0	346,0	42,0	15,1	66,0	9,0	19,0	130,0
	BEUV004_G_1	23,0	22,1	4,4	76,0	20,0	45,0	25,0	10,1	145,0	3,0	4,0	164,0
	BEUV004_G_2	22,6	21,9	5,2	81,0	194,0	189,0	93,0	7,5	339,0	3,0	59,0	249,0
	<i>BEUV004_G_3</i>	23,1	22,6	5,0	72,0	43,0	158,0	64,0	4,7	141,0	2,0	17,0	125,0
	<i>BEUV012_G</i>	22,8	22,3	7,0	219,0	989,4	492,0	36,0	1,5	69,2	1,7	12,6	690,0
	BEUV003_G	22,5	22,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BEUV010_G	22,4	21,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zuid-Noord	<i>BEUV015_G</i>	23,4	22,9	4,3	84,0	2,2	19,0	1,0	0,2	101,0	102,0	1,0	300,0
	BEUV002_G	23,1	22,4	4,9	37,0	44,0	54,0	1,0	0,5	63,0	22,0	3,0	67,0
	<i>BEUV012_G</i>	22,8	22,3	7,0	219,0	989,4	492,0	36,0	1,5	69,2	1,7	12,6	690,0
	BEUV001_G	21,9	22,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BEUV010_G	22,4	21,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oppervlaktewater	Beuven-Noord	23,6	22,7	5,9	53,0	24,8	92,0	2,0	0,7	99,2	1,6	2,1	176,0
	Peelrijt	23,8	22,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Beuven-Zuid	23,6	22,8	6,8	41,9	67,2	36,0	9,0	0,8	19,8	2,3	3,0	128,0
	Koppelleiding	23,8	23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ook Beuven-Zuid kent een seizoensfluctuatie. Uit gegevens van Waterschap De Dommel blijkt dat het oppervlaktewaterpeil in Beuven-Zuid voor de periode 2014-2020 gemiddeld 23,2 m +NAP te zijn en te fluctueren tussen 23,6 en 22,8 m +NAP (Tabel 3-6). In meer normale jaren bedraagt seizoensfluctuatie circa 15 centimeter. Uit de gegevens van Waterschap De Dommel Stichting Bargerveen 2022

blijkt verder dat in droge perioden (2017-2019) de peilfluctuatie in Beuven-Zuid sneller toeneemt (groter wordt) in vergelijking met de fluctuatie in Beuven-Noord, waarbij het peil van Beuven-Zuid dat van Beuven-Noord gaat volgen (waar het in normale jaren iets hoger staat, geholpen door de iets hoger gelegen waterbodembodem). In "normale jaren" (2014-2016) zijn de winterpeilen in Beuven-Noord en Beuven-Zuid nagenoeg gelijk, maar daalt het peil in Beuven-Zuid verder en sneller dan het peil in Beuven-Noord (niet apart weergegeven).

De waterstanden in de Peelrijt volgen de waterstanden in Beuven-Noord en Beuven-Zuid, de bekende gegevens van de Koppelleiding laten een fluctuatie van circa 80 centimeter zien (Tabel 3-6).

Op grond van de Habitatrichtlijn is Beuven-Noord aangewezen als zeer zwakgebufferd ven en Beuven-Zuid als Zwakgebufferd ven (Dienst Landelijk Gebied 2015). Overigens is een deel van Beuven-Noord ook op te vatten als Zwakgebufferd ven (de Mars et al. 2019). Vergelijken we de in 2021 gemeten waterkwaliteitsgegevens voor Beuven-Noord en Beuven-Zuid met voor de voor deze ven-typen bekende referentiewaarden (Tabel 3-7), valt op dat de actuele oppervlaktewaterkwaliteit in beide vennen geen knelpunten laat zien. Dat betekent dat na de calamiteiten in 2016, waarna zich behoorlijke waterkwaliteitsproblemen voordeden (Van der Burg et al. 2020), weer herstel is opgetreden.

Voor Peelrijt en Koppelleiding ontbreken (recente) waterkwaliteitsgegevens, maar bekend is dat de Koppelleiding verhoogde concentraties voedingsstoffen, zwavel en zware metalen laat zien (De Mars et al. 2019). De waterkwaliteit in deze watergang wijkt dan ook sterk af van de waterkwaliteit van de beide vennen.

Tabel 3-7 Enkele normen voor de kwaliteit van oppervlaktewater in vennen, die genoemd worden in de beschrijving van (zeer) zwakgebufferde vennen gebruikt voor de Habitatrichtlijn (Arts et al. 2001, 2015a, 2015b; Bal 2001; T'jollyn et al. 2009) en de op 19 juli 2021 gemeten waarden voor Beuven-Noord en Beuven-Zuid (de volledige meetgegevens zijn opgenomen in bijlage 2). -: Niet bekend.

Parameter	Zeer zwakgebufferd ven	Zwakgebufferd ven	Beuven-Noord	Beuven-Zuid
pH (-)	5 - 6,5	5,5 - 7,0	5,9	6,8
Buffercapaciteit (meq L ⁻¹)	-	0,3 - 1,0	0,2	0,1
Totaal-P (mg L ⁻¹)	<0,04	<0,04	0,22	0,25
Ammonium (mg L ⁻¹ NH ₄ -N)	-	<0,4	0,03	0,04

Grondwater dynamiek en -kwaliteit

Uit de stijghoogte gegevens blijkt dat vanuit het zuidenwesten naar het noordoosten een geleidelijke, natuurlijke daling van de stijghoogte wordt gemeten. In het lokale grondwatersysteem van het Beuven is dominant sprake van inzijging; diepere filters staan nooit hoger dan ondiepere filters, waardoor een neerwaartse waterbeweging ontstaat. Voor alle filters geldt dat de stijghoogte in 2021 tussen de droge en de natte periode 50 tot 70 centimeter schommelde (Tabel 3-6). Een schommeling die uitgaande van de al langer aanwezige peilbuizen gemiddeld is, maar in tijden van extreme droogte veel groter kan zijn (Van der Burg et al. 2020). Opvallend is, dat de waterstanden in zowel Beuven-Noord als Beuven-Zuid gemiddeld veel minder fluctueren, respectievelijk circa 30 en 15 centimeter.

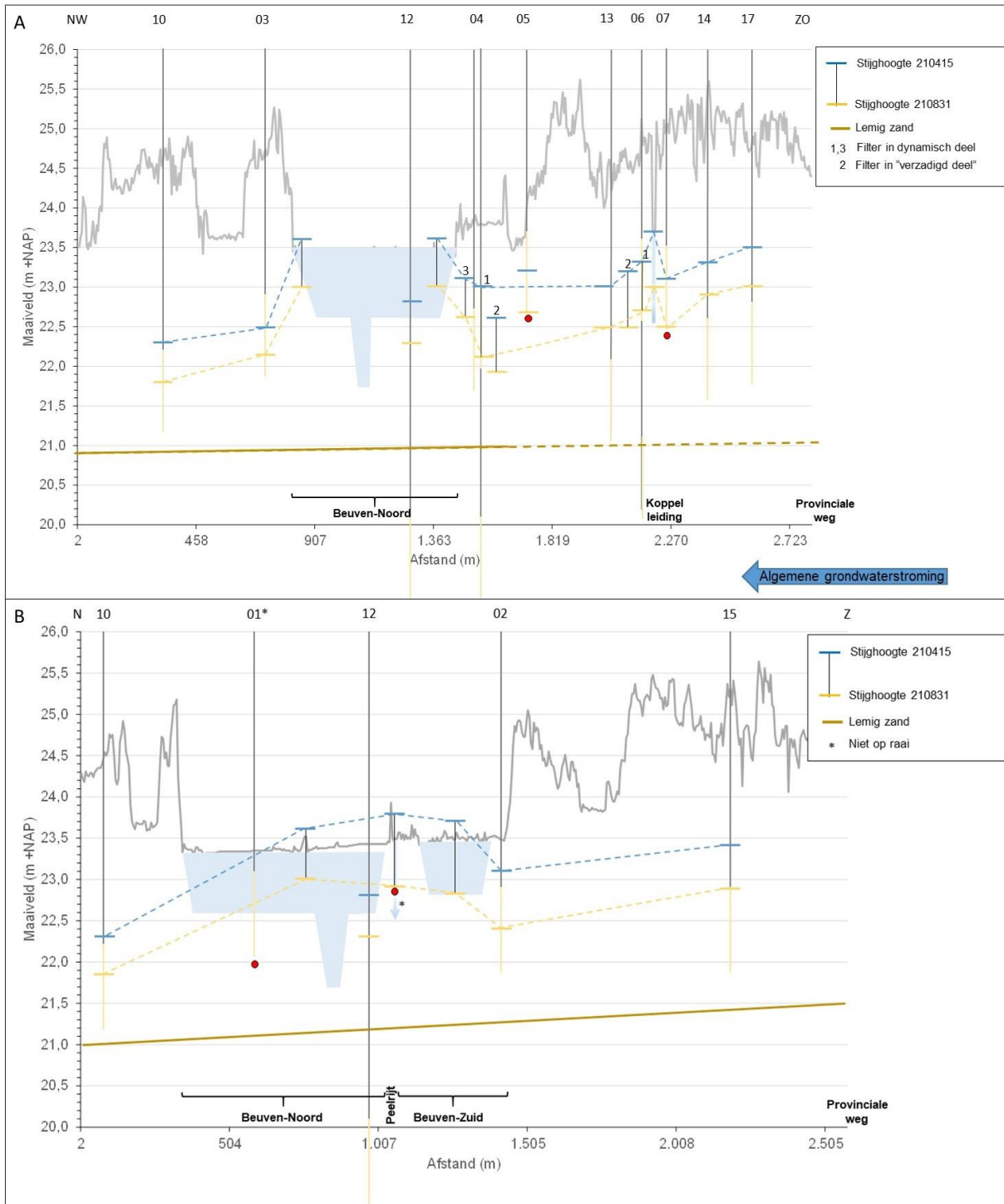
De kwaliteit van het (ondiepe) grondwater in het lokale grondwatersysteem van het Beuven laat zich het best beschrijven als vrij zuur, nauwelijks gebufferd en voedsel- en overwegend ionen arm (Tabel 3-6). Dit past heel goed bij een lokaal grondwatersysteem en sluit goed aan bij de resultaten uit eerder werk (Diemont et al. 1982; Querner et al. 1999; Van der Burg et al. 2020).

De stijghoogte van de in 2021 nieuw geplaatste peilbuis BEUV012_G is interessant. Het filter van deze peilbuis bevindt zich onder de door De Soet (1980) geïdentificeerde sterk lemige zandlaag onder het Beuven op circa 21 m +NAP, maar laat een stijghoogte zien die bijna jaarrond reikt tot boven de gemiddelde bodemhoogte van Beuven-Noord (circa 22,4 m +NAP). Vergelijkbare stijghoogtes worden gevonden voor BEUV004_G_2, met een filter op vergelijkbare diepte (Tabel 3-6, tabel 3-5, Figuur 3-7). Vanwege de hoge weerstand van deze sterk lemige zandlaag, is ondanks de gemeten stijghoogte niet aannemelijk dat dit water invloed heeft in het oppervlaktewater van Beuven-Noord zelf. Zeker niet vanwege de hiertussen ook nog aanwezige "spekkoek", die ook een hoge weerstand heeft (Tabel 3-2, figuur 3-3).

De waterkwaliteitsgegevens (Tabel 3-6) ondersteunen dit denken. Zo zijn de hoge concentraties van het inerte chloride, maar ook onder meer calcium en bicarbonaat die voor BEUV012_G worden gemeten, niet terug te zien in het oppervlaktewater van Beuven-Noord en Beuven-Zuid, maar ook niet in de ondiepere peilbuizen in het lokale grondwatersysteem. Ze vertonen veel meer overeenkomsten met het landbouwkundig beïnvloedde water (Van der Burg et al. 2020) dat gemeten wordt in BEUV006_G.

Wel is jaarrond sprake van opwaartse druk tegen deze weerstandbiedende laag, waardoor de eventuele wegzijging van water tot een absoluut minimum beperkt wordt. Daarmee is de zone onder de sterk lemige zandafzetting op circa 21 m +NAP op te vatten als stabiel waterverzadigd. In overeenstemming met De Soet (1980) moet worden geconcludeerd dat de sterk lemige zandlaag op 21 m + NAP vanwege zijn slechte doorlatendheid de weerstandbiedende laag vormt waarop het Beuven-complex functioneert. Dat betekent dat het Beuven een lokaal grondwatersysteem is waar voedsel- en basenarm regenwater sturend is voor de hydrologische processen (Diemont et al. 1982; Querner et al. 1999; De Mars et al. 2019; Van der Burg et al. 2020). De waterkwaliteitsgegevens, zo zagen we, ondersteunen dit denken, mooi geïllustreerd door het water dat naar Beuven-Zuid toestroomt (BEUV015_G, BEUV002_G). Dat water is overwegend (zwak) zuur en arm aan ionen én voedingsstoffen (Tabel 3-6); een kenmerk van (zeer recent) regenwater.

Interessant is, dat Beuven-Noord, Beuven-Zuid, de Peelrijt én de Koppelleiding waterpeilen kennen die altijd hoger liggen dan de stijghoogte in het lokale grondwatersysteem (Figuur 3-7). Dat betekent dat zij water verliezen naar het lokale grondwatersysteem; ze infiltreren. Water stroomt immers in de richting van de laagste potentiaal. Die infiltratie is terug te zien in de waterkwaliteit in de ondiepe filters rond de Koppelleiding (Tabel 3-6; BEUV007_G, BEUV006_G_1 en BEUV013_G) die zich onder meer kenmerken door hoge chloride-gehalten, naast de aanwezigheid veel zwavel en voedingsstoffen. Allemaal indicatief voor antropogene beïnvloeding en passend bij de bekende water- en bodem(slib)kwaliteit van de Koppelleiding, die verhoogde concentraties voedingsstoffen, zwavel en zware metalen laat zien (De Mars et al. 2019).



Figuur 3-7 Schematische weergaven van de stijghoogtes uit tabel 3-6 voor de zuidoost-noordwest gerichte (A) en de zuid-noord (B) gerichte raai.

Toch is voor enkele peilbuizen sprake van wat aangerijkt (bijvoorbeeld relatief wat hogere concentraties calcium, ijzer of bicarbonaat) water, ook als hier geen aanleiding is menselijk handelen te vermoeden. Bijvoorbeeld BEUV005_G of BEUV004_G_2. Hier speelt de "spekkoek" een rol. Van lemige zanden zoals die voorkomen in de "spekkoek" is bekend dat ze rijk zijn aan macro-ionen (ijzer, calcium, kalium, maar ook fosfor) die onder invloed van inzigend (zuur) regenwater oplossen en uitspoelen en zo voor aanrijking van het grondwater zorgen (Tóth 1963; Griffioen et al. 2013, 2016). Dat geldt ook voor de "spekkoek", die wat betreft samenstelling (CaO, K₂O en TiO₂) inderdaad sterk overeenkomt met löss (bijlage 3). Het effect daarvan is inderdaad terug te zien in de grondwaterkwaliteit, bijvoorbeeld voor BEUV005_G, waarvan bekend is dat "spekkoek" ondiep veelvuldig voorkomt in de directe omgeving (Figuur 3-3; bijlage 3).

Daaruit is af te leiden dat de "spekkoek" niet alleen bijdraagt aan de watervoerendheid van het Beuven -vanwege zijn gemiddeld hoge weerstand- maar ook aan de grondwaterkwaliteit, zeker wanneer deze hoger in het profiel gevonden wordt (dat wil zeggen onder de hoger gelegen laagtes). Ook bij BEUV0013_G en BEUV0015_G is "spekkoek" hoger in het profiel aanwezig (paragraaf 3.2), op de route van daar infiltrerend regenwater, waarmee aannemelijk is dat aanrijking van grondwater (in de natte periode) ook in het dynamische deel van het lokale grondwatersysteem plaats kan vinden.

3.4.3 Resumé Grond- en oppervlaktewaterdynamiek en -kwaliteit

Samenvattend geldt dat:

- het Beuven een lokale grondwatersysteem is, waarvan een sterk lemige zandlaag op 21 m +NAP de basis vormt. Daaronder is sprake van constante opwaartse druk van grondwater die, samen met de hoge weerstand van deze laag, wegzijging verhindert. Boven die laag is sprake van een dynamische zone, waar infiltratie van water het dominante proces is.
- de peilen van de oppervlaktewateren (Beuven-Noord, Beuven-Zuid, Koppelleiding én Peelrijt) zijn bijna altijd hoger maar ten minste gelijk aan de stijghoogte in de dynamische zone. Dit betekent dat ze infiltrerend werken.
- de "spekkoek" vormt een weerstandbiedende laag in het dynamische deel, vlak onder de waterbodem van Beuven-Noord en Beuven-Zuid die de infiltratie van water uit beide vennen vanwege de hoge weerstand bemoeilijkt.
- de "spekkoek" vanwege zijn lemige karakter zorgt voor enige aanrijking van het infiltrerende regenwater.

3.5 Nutriëntenbalans voor Beuven-Noord

Vennen hebben in Nederland niet het eeuwige leven. Ze zijn doorgaans ondiep, waardoor een waterplanten-rijke, voedselarme situatie na verloop van tijd verdwijnt door slibvorming en verlanding. Wel kan een massale aanwezigheid van isoëtide plantensoorten de successie in de waterlaag sterk vertragen of zelfs tot stilstand brengen. Voor Beuven-Noord is het doel het bereiken van zo'n relatief stabiele vegetatie van isoëtiden.

(Zeer) zwak gebufferde wateren worden gekenmerkt door koolstoflimitatie, hetgeen inhoudt dat er alleen waterplanten kunnen groeien die koolstof opnemen uit de bodem, zoals isoëtiden, of soorten die toe kunnen met zeer lage koolstofgehalten zoals algen. De isoëtiden-vegetatie is concurrentiekrachtig zolang de stikstof- en fosforconcentraties in de waterlaag laag zijn (co-limitatie); algenbloei krijgt dan geen kans.

Onder de huidige omstandigheden (hoge stikstofdepositie en een steeds grotere ganzenpopulatie op het ven) is de nutriëntenbelasting van het ven veel groter dan in de oorspronkelijke situatie. Dat roept de vraag op in beeld te brengen hoe de nutriëntenbalans voor Beuven-Noord eruit ziet. Daarom wordt de bijdrage van diverse posten aan de nutriëntenbalans getoond en wordt een inschatting gemaakt van de stabiliteit van de isoëtiden vegetaties onder de huidige omstandigheden.

3.5.1 Verantwoording en methode

De berekening is uitgevoerd voor Beuven-Noord, omdat daar door de baggerwerkzaamheden in 2019 een nutriëntarme uitgangssituatie is gecreëerd met een minerale bodem. De vraag naar de wenselijke of maximale nutriëntenlast voor het Beuven kan vervolgens concreter worden ingevuld, maar blijft afhankelijk van een groot aantal factoren die niet allemaal voldoende kunnen worden gekwantificeerd. Om toch tot een enigszins betrouwbare schatting te komen is eerst een onderscheid gemaakt tussen posten op de nutriëntenbalans die klein en hierdoor verwaarloosbaar zijn en posten die de balans in sterke mate bepalen.

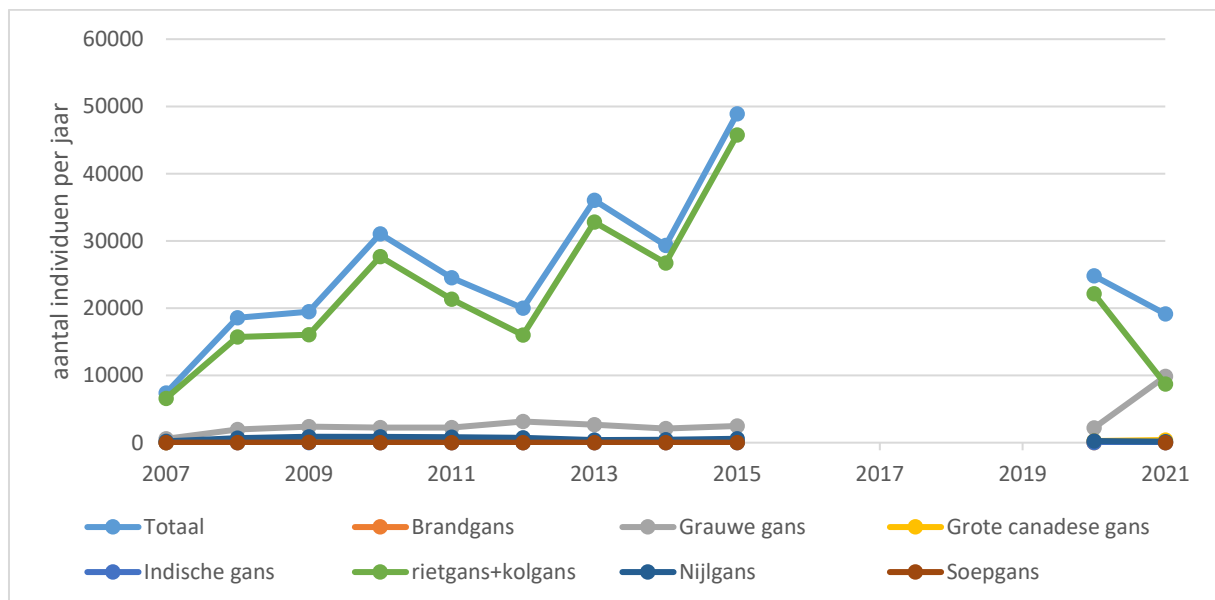
Opstellen nutriëntenbalans Beuven-Noord

Uit eerder onderzoek (van der Burg et al. 2020) en uit de verfijnde beschrijving van het hydrologisch systeem (hoofdstuk 4, paragraaf 3.4) bleek dat de waterkwaliteit in het Beuven-Noord sterk gestuurd wordt door interne processen, wat het mogelijk maakt om de nutriëntenbalans op een aantal punten te versimpelen:

- Er is geen oppervlakkige aan- of afvoer van water meer van en naar Beuven-Noord. De overloop naar het Marijkeven is beperkt.
- De voeding met grondwater is zeer beperkt, zeker ten opzichte van het oppervlak van het ven. De voeding komt uitsluitend uit het zuid(oost)en en door oppervlakkige afstroom aan de venranden.
- Het ven is een schotel die bij hoge waterstanden ondergronds overloopt. De bijdrage aan de afvoer van voedingsstoffen is echter zeer gering. Ook de inzijging door de bodem van de schotel is zeer gering (paragraaf 3.2).

- De inwaai van stuifmeel (van bomen) is beperkt, zeker nu het dennenbos aan de noordzijde is gekapt.
- Op dit moment is geen veen of venig rietland meer aanwezig, de waterbodem (van Beuven-Noord) bestaat uit een tamelijk uniforme, minerale zandbodem
- De interne variatie is door de schotelvorm en het opschonen momenteel tamelijk gering.

Gekozen is voor een grove nutriëntenbalans voor het hele Beuven, waarbij de vraag gesteld wordt wanneer en in welke mate de aanvoer van nutriënten de vastlegging en afvoer gaat overtreffen. Deze balans steunt op de ontwikkelingen zoals deze hebben plaatsgevonden tussen het moment van de eerste opschoning (winter 1985-1986), en de tweede in 2018. Wel was voor ongeveer 2010 de ganzendruk gemiddeld lager (Figuur 3-8).



Figuur 3-8 Ganzentellingen in de periode 2007-2021, er zijn geen tellingen uit de periode 2016-2019. De tellingen zijn uitgevoerd door vogelwerkgroep de Peel, volgens SOVON protocollen.

Bij het opstellen van de nutriëntenbalans zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- In de eerste 25 jaar zijn er twee dominante manieren waarop fosfaat wordt vastgelegd, namelijk bij de vorming van slib en bij het ontstaan van venige helofytengordels.
- Na 25 jaar is de helofytengordel volledig ontwikkeld en vindt alleen verdere slibvorming plaats.

Verder zijn bij voor de berekening de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij aanvang van het groeiseizoen (1 maart) is er sprake van een heldere, voedselarme situatie
- Al het fosfaat dat in die periode via ganzen wordt aangevoerd, wordt direct opgenomen door algen voordat het gebonden kan worden aan met name de waterbodem
- Als er algengroei optreedt, is dit voor eind juli

- Bij een doorzicht van minder dan 25 cm, krijgt een aanzienlijk deel van de isoëtiden een sterk lichtgebrek en treedt de positieve terugkoppeling onherroepelijk in werking
- Het doorzicht wordt vrijwel alleen bepaald door de hoeveelheid algen in het water. Bij deze berekening wordt er dus van uitgegaan dat er geen additionele factoren zijn die het doorzicht verminderen, zoals opwerveling van bodemdeeltjes of bruinkleuring door humuszuren.
- Het doorzicht wordt vertaald in een algenbiomassa en vervolgens in een concentratie fosfor (Tabel 3-8).

Uitgaand van een ven-oppervlak in de zomer van 60 hectare en een gemiddelde waterdiepte van 30 cm wordt zo een totale hoeveelheid fosfaat in algen berekend van bijna 14 mol fosfor (P). Vervolgens is uitgerekend wat een gans die de helft van de tijd op het Beuven verblijft via uitwerpselen per dag bijdraagt aan het fosfaatbudget van het ven, in het vervolg een "gansdag" genoemd.

Tabel 3-8 Berekening van de fosfaat-belasting op de waterlaag gedurende een groeiseizoen, die kan leiden tot een omslag naar een troebel water, en vergelijking met de huidige, berekende fosfaatbelasting door gansen in het groeiseizoen (mrt-juli). 1 = Balali et al. (2013), 2 = Sandu et al. (2003), 3 = Dessborn et al. (2016).

Stap:	Berekening:	Resultaat:
1) Kritische waarde: 25 cm doorzicht		25 cm doorzicht
2) Chlorophyll-A bij 25 cm doorzicht ¹	$y = -2.852x + 192.8$ $y = \text{chlor A (mg/m}^3)$, $x = \text{secchi (cm)}$	121,5 mg/m ³ chlor A
3) Chlorophyll-A -> algenbiomassa ²	$y = 19,351x$ $y = \text{chlor a (mg/l)}$, $x = \text{biomassa g dw/l}$	2,35 g dw/m ³
4) Algenbiomassa -> P	Aanname 1% biomassa is P	23,5 mg P/m ³
Uitgedrukt in mol P	31 gram/mol	0,758 mmol P/m ³
5) Totale hoeveelheid P Beuven	Inhoud = 60 ha * 30 cm water = 18.000 m ³	13650 mmol P
6) P-belasting per "gansdag" ³	84 gr fw * 23 micromol/g = halve dagproductie gans	1,932 mmol P
7) Aantal benodigde "gansdagen"	is totale P inhoud algen Beuven/p-aanvoer per gansdag	7060 dagen
8) Aantal getelde gansdagen	Zomerperiode: 77 per dag, 152 dagen	11793 dagen

Het fosfaatbindend vermogen van de waterbodem

In een door isoëtiden gedomineerd water, wordt de heldere, voedselarme situatie in belangrijke mate in stand gehouden door de grote hoeveelheden zuurstof die isoëtide waterplanten in de bodem pompen. Er kan echter een snelle omslag plaatsvinden naar een troebele, voedselrijkere situatie. Dit wordt in belangrijke mate gestuurd door terugkoppelingsmechanismen: verminderd doorzicht leidt tot minder fotosynthese van isoëtiden, dus minder zuurstofaanvoer naar de bodem dus meer fosfaatnalevering, meer algengroei in de waterlaag en minder doorzicht. In deze berekening wordt gekeken hoeveel fosfaat er nodig is om een dergelijk omslagpunt te bereiken in Beuven-Noord.

Om meer inzicht te krijgen in het omslagpunt van de nutriëntenbeschikbaarheid voor Beuven-Noord is tevens is een berekening uitgevoerd die is gebaseerd op het vermogen van waterbodems om fosfaat te binden.

Met name de binding van fosfaat aan ijzer bepaalt in grote mate de fosfaatconcentratie in de waterlaag. Zo lang er meer dan 10 keer meer vrij ijzer aanwezig is in de waterbodem dan fosfaat, blijft fosfaat goed aan de waterbodem gebonden en zal de bodem ook fosfaat uit de waterlaag kunnen binden (Geurts et al. 2008). Ijzer is hier gedefinieerd als vrij zo lang het niet vastligt in ijzer-zwavel verbindingen. Met andere woorden, bij een (Fe-S):P ratio van meer dan 10 is er sprake van een goede fosfaatbinding. In het traject van een ratio tussen 1 en 10 bevindt zich een overgangsgebied en bij een ratio van minder dan 1 vindt vrijwel altijd een forse fosfaat nalevering plaats. Aangezien het Beuven een zeer voedselarm water hoort te zijn, ligt de kritische grens voor het Beuven dus eerder bij een ratio iets onder de 10, dan vlak bij de 1.

Bij deze berekening gelden de volgende uitgangspunten:

- De bodem van het opgeschoonde Beuven bestaat overal uit een minerale zandbodem met minder dan 2% organisch materiaal
- De binding van fosfaat aan calcium is verwaarloosbaar
- Er is geen externe zwavelbelasting en de interne zwavelvoorraden zijn bij het baggeren met het slib en de opgeruimde helofytengordel afgevoerd
- Binding van fosfaat aan de waterbodem vindt plaats in de bovenste 10 centimeter
- Een eventuele omslag naar troebel water gedurende het groeiseizoen wordt tijdens de er op volgende winter weer ongedaan gemaakt, of wordt tegengegaan door de waterstand te verlagen

In feite gaat dit scenario uit van een wat voedselrijker ven, waar periodiek een omslag naar een troebele situatie kan plaatsvinden. Hier hoort nog wel een begroeiing met Oeverkruid (*Littorella uniflora*) bij, maar de situatie is eigenlijk niet meer geschikt voor Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*) en Kleine biesvaren (*Isoetes echinospora*).

In 2016 zijn in het noordoosten van het Beuven bodemmonsters verzameld van de waterbodem, in raaien vanaf de oever tot in de diepere delen van het ven (Brouwer et al. 2018). Hieronder zaten ook 4 bodemmonsters van de minerale zandbodem, zoals die na het opschonen is overgebleven. Deze zandbodem was vrij arm aan ijzer (12-23 mmol L⁻¹), zwavel (0,5 – 2,8 mmol L⁻¹) en fosfor (0,8-1,5 mmol L⁻¹). Deze waarden zijn gebruikt in de berekening.

3.5.2 Resultaten

Nutriëntenbalans Beuven-Noord

De balans maakt duidelijk dat stikstofdepositie momenteel de belangrijkste bron van stikstof vormt, meer dan 75% van de input van stikstof is afkomstig van atmosferische depositie (Tabel 3-9). De kritische depositiewaarde voor stikstof in zwak gebufferde vennen (571 mol N ha⁻¹ j⁻¹) wordt daarbij circa drie maal overschreden. Dit onderstreept het belang van het terugdringen van de stikstofdepositie. Ganzen dragen naar schatting slechts 10-15% bijdragen aan het stikstofbudget (Tabel 3-9; data uit 2021). Overigens wordt stikstof, zelfs bij de huidige stikstofdepositie vrij efficiënt verwijderd uit de venbodem als gevolg van de inbreng van zuurstof door isoëtiden (Brouwer et al. 2009). Deze stikstofverwijdering vindt plaats zo lang de isoëtiden vegetatie vitaal is. Bij regelmatige droogval van grote delen van de venbodem is de

inbreng van zuurstof zelfs nog groter en dit kan een alternatieve of aanvullende maatregel zijn om de stikstofafvoer op peil te houden.

De fosfaatbalans wordt voor ongeveer de helft bepaald door ganzen (Tabel 3-9). Verder is een verhoogde atmosferische fosfaatdepositie mogelijk ook een aanzienlijke bron, maar het inschatten van de exacte bijdrage van atmosferische fosfaatdepositie is moeilijk omdat hier weinig aan wordt gemeten. Bewerking van landbouwgronden is een belangrijke emissiebron van fosfaat; in de berekening is er rekening gehouden met het feit dat er rondom de Strabrechtse heide veel landbouw is en dat de fosfaatdepositie derhalve hoog zal zijn.

In de huidige situatie, kort na uitvoer van de baggerwerkzaamheden, zijn de fosfaataanvoer en de fosfaatvastlegging ongeveer in evenwicht (1892, respectievelijk 1767 mol j⁻¹). Ook in dit scenario is de situatie voor isoëtiden aan de voedselrijke kant en vooral geschikt voor Oeverkruid. Voor een voedselarme situatie zou de input van nutriënten in belangrijke mate lager moeten zijn dan de vastlegging, zodat altijd "overcapaciteit" voor vastlegging aanwezig is en een efficiënte vastlegging plaatsvindt.

Vanaf circa 25 jaar na baggeren, als de helofytengordel niet meer verder groeit, houdt de netto-vastlegging van fosfaat op en overtreft de fosfaataanvoer de vastlegging indien de ganzen-aantallen van 2020-2021 worden aangehouden. Als er geen ganzen aanwezig zijn, zal de helofytengordel door fosfaatgebrek minder hard groeien en zal fosfaat langduriger efficiënt worden vastgelegd. Deze periode kan tot 50 jaar duren. In de periode daarna zal de aanvoer dan de vastlegging ongeveer in evenwicht houden.

Tabel 3-9 Grove fosfor- en stikstofbalans voor het Beuven, uitgaande van de huidige, opgeschoonde situatie en de volledige ontwikkeling van een helofytengordel in de eerste 25 jaar. * = afhankelijk van peilbeheer en fitness isoëtidenvetatie, zie tekst.

In			Uit	Eerste 25 jaar:		Jaar 26-50:	
	N	P		N	P	N	P
	(mol/jaar)			(mol/jaar)		(mol/jaar)	
Grondwater	300	6	OW-afvoer + overloop	300	2	300	2
Stuifmeel	5400	360	Wegzijging	500	5	500	5
P-depositie		523	Vastlegging in vegetatie & veen	12000	800		
Jaarrondganzen	2446	55	Vastlegging in slibvorming	14400	960	14400	960
Winterganzen	13836	865	Dénitrificatie (droogval,isoëtiden)	*		*	
Extra: bladinwaaier	2520	84					
Extra: stikstofdepositie	102000						
Totaal	126502	1892		27200	1767	15200	967

Fosfaatbindend vermogen van de waterbodem

Om de hoeveelheid fosfaat aan te voeren die voor algen nodig is om een doorzicht van 25 cm te bewerkstelligen, zijn 7060 gansdagen nodig. De tellingen in 2021 wijzen uit dat juist in de periode maart-juli er relatief weinig ganzen op het Beuven zijn waargenomen, gemiddeld 77 ganzen per dag. Niettemin is de totale hoeveelheid aangevoerd fosfaat door de ganzen ook in deze periode ongeveer anderhalf keer groter dan nodig om te leiden tot algenbloei (Tabel 3-8).

Er is dus een serieus risico dat alleen al de aanwezigheid van ganzen in de zomer leidt tot omslag naar troebel water gedurende het groeiseizoen. Voor de eerste jaren na opschonen wordt ingeschat dat dit risico aanzienlijk kleiner zal zijn, omdat er nog veel voedingsstoffen gaan zitten in zich ontwikkelende biomassa en de vers geschraapte toplaag nog relatief snel fosfaat kan binden aan ijzer.

Op basis van deze analyseresultaten van de bodems in 2016 is berekend dat er gemiddeld nog 0,59 mmol fosfor L⁻¹ kan worden toegevoegd voordat de kritische (Fe-S):P ratio van 10:1 zal worden bereikt (Tabel 3-10). Bij 60 ha aan venbodem, betekent dit een fosfor-input van ruim 3500 mol.

Uitgaande van een totale input via ganzen van 327 mol P j⁻¹, zou dit betekenen dat binnen 11 jaar de waterbodem zo ver met fosfaat is opgeladen, dat weer nalevering aan de waterlaag kan gaan plaatsvinden. Zoals gezegd is er mogelijk nog enige ruimte, maar het is onwaarschijnlijk dat nalevering pas bij een Fe:P ratio van 1:1 gaat plaatsvinden, en dus pas na 90 jaar.

De beste schatting is dat bij de huidige ganzenbelasting de waterbodem na 10-30 jaar een omslagpunt zal bereiken. In de zuidoosthoek wordt het omslagpunt waarschijnlijk wat later bereikt, omdat daar via grondwater nog ijzer aangevoerd wordt, dat fosfaat kan binden.

Tabel 3-10 Berekening van de totale capaciteit van de waterbodem om fosfaat te binden en het aantal jaar dat nodig is om via ganzen deze hoeveelheid fosfaat aan te voeren. 1 = Brouwer et al., 2018, 2 = Dessborn et al., 2016.

Stap:	Berekening:	Resultaat:
1) Nalevering start bij (Fe-S):P <10	Uit totaal Fe, S en P waarden 4 bodems 2016 ¹	0,591 mmol P/l bodem kan er nog bij
2) Totale hoeveelheid P Beuven	Inhoud = 60 ha * 30 cm water = 18.000 m ³	3549 mol P kan er nog bij
3) P-belasting per "gansdag" ²	84 gr fw * 23 micromol/g = halve dagproductie gans	1,932 mmol P
4) Aantal "gansdagen" 2020/2021	78*210 (mrt-sep) + 1230 *150 (okt-feb)	169200
5) P-input ganzen/jaar (2020-2021)		327 mol/jaar
6) (Fe-S):P ratio wordt 10	P-speelruimte / P-input ganzen per jaar	10,86 jaar

3.5.3 Resumé Nutriëntenbalans voor Beuven-Noord

Kort samengevat laten de berekeningen het volgende zien:

- Bij de huidige aantallen ganzen kan het aangevoerde fosfaat ternauwernood worden vastgelegd in een zich ontwikkelende helofytengordel en sliblaag. Wanneer deze gordel niet meer groeit, komt fosfaat vrij beschikbaar in de waterlaag
- Bij de huidige aantallen ganzen is er een serieus risico op omslag naar een troebele waterlaag in de zomer, met daarbij verlies van Waterlobelia en Kleine biesvaren
- Bij de huidige aantallen ganzen is de waterbodem na 10-30 jaar vermoedelijk zo ver met fosfaat opgeladen dat de binding verslechtert en er een omslag naar een voedselrijker systeem kan plaatsvinden

De conclusie is duidelijk: de huidige aantallen ganzen zijn niet te combineren met een goed ontwikkeld voedselarm ven dat gedomineerd wordt door een gevarieerde isoëtiden-vegetatie. Door het ven regelmatig deels droog te laten vallen, kunnen op korte termijn problemen voorkomen worden, indien geaccepteerd wordt dat soorten als Waterlobelia en Kleine biesvaren hooguit een marginaal bestaan zullen leiden. Maar op een termijn van 10-30 jaar, en zeker na 25 jaar, is dit niet voldoende en zijn extra maatregelen nodig. Bijvoorbeeld het maaien of plaggen van rietoevers of het verwijderen van slib uit het ven.

4 Ecohydrologische interpretatie

Nadat de belangrijkste conclusies uit het derde hoofdstuk zijn samengevat, worden deze geplaatst in een verfijnde ecohydrologische interpretatie (systeemwerking), waarvoor de basis uiteraard wordt gevormd door Van der Burg et al. (2020; zie bijlage 1 of hoofdstuk 2 voor een samenvatting). Afgesloten wordt met het afleiden van knelpunten (of aanknopingspunten) voor toekomstbestendig, klimaatrobuust beheeradvies voor het Beuven.

4.1 Samenvatting van de bouwstenen

De belangrijkste conclusies uit het derde hoofdstuk zijn hieronder omwille van de navolgbaarheid van de systeemwerking puntsgewijs samengevat. Zij vormde de basis voor de verfijning van de ecohydrologische systeemwerking.

Verspreiding van de ondiepe, gelaagde, lemige zanden

- De "spekkoek" werkt vanwege zijn compacte karakter (sterk) belemmerd voor de verticale (verzadigde) doorlatendheid.
- De "spekkoek" kent een zuid-noord gerichte scheefstelling heeft, in overeenstemming met de dieper liggende lemige zanden.
- De doorlatendheid van de "spekkoek" is ruimtelijk heterogeen, maar lijkt globaal toe te nemen in noordwestelijke richting.

Bodemhoogte, slibdikte en bodemkwaliteit van Beuven-Zuid;

- De bodem van Beuven-Zuid ligt hoger dan de bodem van zowel Beuven-Noord als de Peelrijt tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid. Naar het oosten toe snijdt de Peelrijt in tot onder de bodem van zowel Beuven-Noord als Beuven-Zuid.
- In Beuven-Zuid is een sliblaag aanwezig waarin veel fosfor is opgeslagen, maar dat dit fosfor wordt niet tot beperkt nageleverd aan de waterlaag.

Grond- en oppervlaktewaterdynamiek en -kwaliteit

- het Beuven is een lokale grondwatersysteem, waarvan een sterk lemige zandlaag op 21 m +NAP de basis vormt. Daaronder is sprake van constante opwaartse druk van grondwater die, samen met de hoge weerstand van deze laag, verticale wegzijging verhindert. Boven die laag is sprake van een dynamische zone, waar infiltratie van water het dominante proces is.
- de peilen van de oppervlaktewateren (Beuven-Noord, Beuven-Zuid, Koppelleiding én Peelrijt) zijn bijna altijd hoger maar ten minste gelijk aan de stijghoogte in de dynamische zone. Dit betekent dat ze overwegend infiltrerend werken.
- de "spekkoek" vormt een weerstandbiedende laag in het dynamische deel, vlak onder de waterbodem van Beuven-Noord en Beuven-Zuid die de infiltratie van water uit beide vennen vanwege de hoge weerstand bemoeilijkt.
- de "spekkoek" zorgt vanwege zijn lemige karakter voor enige aanrijking van het infiltrerende regenwater.

Nutriëntenbalans voor Beuven-Noord

- Bij de huidige aantallen ganzen kan het aangevoerde fosfaat ternauwernood worden vastgelegd in een zich ontwikkelende helofytengordel en sliblaag. Wanneer deze gordel niet meer groeit, komt fosfaat vrij beschikbaar in de waterlaag
- Bij de huidige aantallen ganzen is er een serieus risico op omslag naar een troebele waterlaag in de zomer, met daarbij verlies van Waterlobelia en Kleine biesvaren
- Bij de huidige aantallen ganzen is de waterbodem na 10-30 jaar vermoedelijk zo ver met fosfaat opgeladen dat de binding verslechtert en er een omslag naar een voedselrijker systeem kan plaatsvinden
- De huidige aantallen ganzen zijn niet te combineren met een goed ontwikkeld voedselarm ven dat gedomineerd wordt door een gevarieerde isoëtiden-vegetatie.
- Door het ven regelmatig deels droog te laten vallen, kunnen op korte termijn problemen voorkomen worden, indien geaccepteerd wordt dat soorten als Waterlobelia en Kleine biesvaren hooguit een marginaal bestaan zullen leiden. Maar op een termijn van 10-30 jaar, en zeker na 25 jaar, is dit niet voldoende en zijn extra maatregelen nodig. Bijvoorbeeld het maaien of plaggen van rietoevers, , of het verwijderen van slib uit het ven.

4.2 Systeemwerking

Het Beuven functioneert binnen een lokaal grondwatersysteem (Diemont et al. 1982; Buskens & Zingstra 1988; Querner et al. 1999; De Mars et al. 2019; Van der Burg et al. 2020) boven een slecht doorlatende, sterk lemige zandlaag op circa 21 m +NAP. De slecht doorlatende basis van het lokale grondwatersysteem helt in noordelijke richting, net als de regionale stromingsrichting. Deze laag maakt het - vanwege zijn hoge weerstand - heel moeilijk voor water om naar dieper gelegen watervoerende pakketten te infiltreren. Dat lokale systeem is genest in een groter, regionaal grondwatersysteem in een dieper pakket. Grondwater uit dit diepere pakket, kan ondanks de grote stijghoogte, het Beuven niet bereiken vanwege de hoge weerstand van deze laag. Deze jaarrond grote stijghoogte zorgt bovendien voor druk tegen de slecht doorlatende laag, waardoor wegzijging uit het lokale systeem verder wordt bemoeilijkt. Invloed van dit regionale grondwater in het lokale watersysteem van het Beuven is daarmee uitgesloten. Dit blijkt ook uit de verschillen in waterkwaliteit. Het diepere grondwater is pH-neutraal, en rijk aan calcium en bicarbonaat in tegenstelling tot het water in het Beuven. Het is, in tegenstelling tot het water in het Beuven, tevens rijk aan chloride, . wat duidt op antropogene beïnvloeding,

Boven de sterk lemige zandlaag op 21 m +NAP, bevindt zich een onverzadigde, dynamische zone waarbinnen de stijghoogte fluctueert. Het peil van Beuven-Noord, Beuven-Zuid, Peelrijt én Koppelleiding staan in de droge periode hoger dan de waterstand in dit lokale grondwatersysteem. Behalve in de natte periode (winter). Hierdoor infiltreert water meestal vanuit deze oppervlaktewateren naar de omgeving en kan alleen in de winter sprake zijn van (zeer) lokale kwel. Neerslag en verdamping zijn voor het Beuven de belangrijkste sturende processen, maar jong grondwater oefent lokaal invloed uit, vooral aan de zuid- en zuidostrand van het Beuven.

Dat Beuven-Noord en Beuven-Zuid toch heel lang waterhoudend zijn, komt omdat ze liggen op een eigen, ondiepere weerstandbiedende laag: de "spekkoek". De "spekkoek" is nagenoeg ononderbroken onder de waterbodem van het Beuven aanwezig. Door de hoge tot zeer hoge weerstand, is de verticale wegzijging zeer gering tot vrijwel nul (Diemont et al., 1982), al is deze niet waterdicht. Niettemin is aannemelijk dat de vennen vooral water verliezen wanneer het over de rand van de "spekkoek" loopt. Dit gebeurt met name aan de noordwestkant van Beuven-Noord, waar de naar noord hellende weerstandbiedende laag wat dieper ligt, en welke de wegzijgzijde van het ven vormt.

Tegelijkertijd kan ook lokaal grondwater vanaf omliggende dekzandruggen over de "spekkoek" naar de vennen toestromen, maar alleen wanneer de waterstand in de omgeving boven het peil van het Beuven uitstijgt. Van der Burg et al. (2020) beschrijven een voorbeeld hiervan voor de Lobeliabaai, maar ook in Beuven-Zuid zien we lokaal, nauwelijks aangerijkt grondwater toestroomt vanuit de relatief steile dekzandrug(gen) direct ten zuiden van het ven. De vegetatie ondersteunt dit beeld en laat juist aan deze zijden indicatoren van lateraal bewegend grondwater zien (Van der Burg et al. 2020; figuur 53 aldaar).

De "spekkoek" is niet alleen nét onder de waterbodem van het Beuven aanwezig. Hij is ook in andere laagten aanwezig, ook (veel) hoger in het landschap. Omdat de invloed van de "spekkoek" daar vergelijkbaar is, ontstaan er binnen het lokale grondwatersysteem van het Beuven allemaal kleine deelsystemen. Er is feitelijk sprake van een stelsel van geneste lokale grondwatersystemen (cf. Tóth 1963).

In de winter, wanneer sprake is van een neerslagoverschot, stijgt de grondwaterstand in het lokale grondwatersysteem. Dat gebeurt het snelst en makkelijkst in de dunne zandpakketten boven de "spekkoek". Hierdoor vullen de laagten - waarvan Beuven-Noord het laagst gelegen is - zich met water; er ontstaan plassen. Recent geïnfiltrerd regenwater vloeit als jong grondwater lateraal af over de "spekkoek" naar de laagste terreindelen waar het als kwel in de oeverzone van de vennen uittreedt en deze voedt. Het waterpeil in het Beuven stijgt net zo lang totdat het de rand van de "spekkoek" wordt bereikt. Wanneer meer grond- of regenwater toestroomt, loopt het Beuven over aan de wegzijgzijde en infiltreert, zijn weg vervolgend over de diepere slecht doorlatende zandlaag laag.

Dit proces gaat door totdat in de loop van de zomer de waterstanden als gevolg van verdamping (en transpiratie) steeds lager worden. De deelsystemen vallen een voor een van hoog naar laag op de gradiënt droog, totdat uiteindelijk de grondwaterstand onder het waterpeil van het Beuven (en Peelrijt en Koppelleiding) zakt. Er zal tijdens dat proces water uit Beuven-Noord (en de andere oppervlaktewateren) over de rand van de "spekkoek" stromen en infiltreren; de oppervlaktewaterpeilen zijn immers hoger dan de grondwaterstanden en de "spekkoek". Doordat de "spekkoek" onder het Beuven veel weerstand biedt (maar niet waterdicht) is, verloopt dat proces traag en blijft het peil in de vennen op een stabiel hoog niveau en in de zomer dus hoger dan het grondwaterstanden in het lokale grondwatersysteem.

Deze beperkte peilfluctuatie zorgde onder natuurlijke condities samen met de overheersende invloed van regenwater en de toestroming van lokaal nagenoeg ongebufferd grondwater aan de randen voor een zuur, veenvormend systeem, waar vanuit de randen hoogveenvorming in

gang werd gezet. Van der Burg et al. (2020) beschrijven voor de Lobeliabaai dat dit proces nog steeds snel op gang komt in het Beuven.

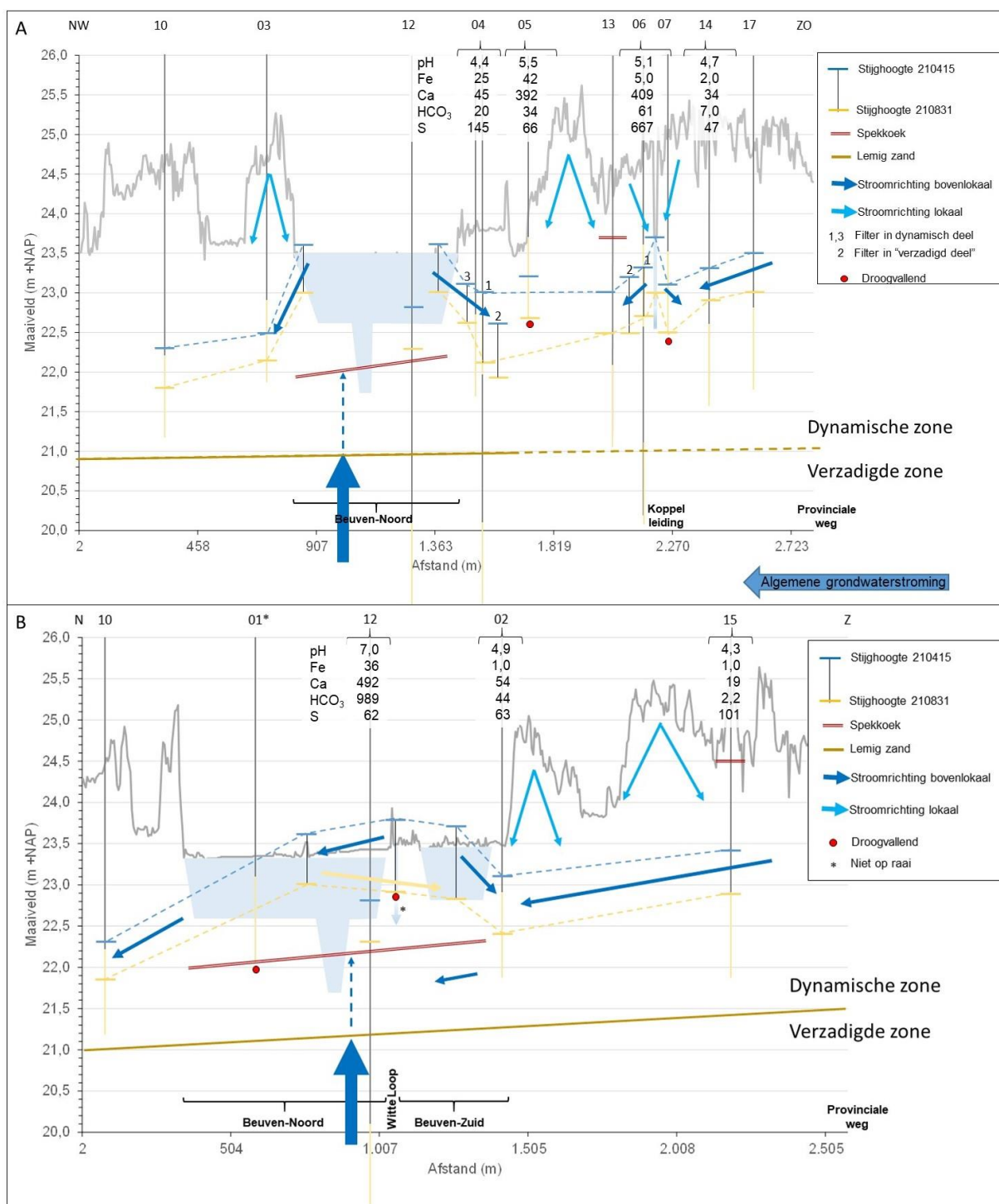
Tegenwoordig is Beuven-Noord zwak gebufferd. De vraag is wat de oorzaak is van dat zwak gebufferde karakter. Toestroom van grondwater is in het Beuven daarvoor niet verantwoordelijk. Het lokaal toestromend grondwater is immers nagenoeg ongebufferd en zuur van karakter. De "spekkoek" kan, daar waar hij wat hoger in het profiel aanwezig is, het lokale grondwater wel wat aanrijken met mineralen en voedingsstoffen, naar verwachting met name in het zuidoosten. Hij is immers rijk aan ijzerrijke leem, van waaruit macro ionen zoals calcium, kalium en ijzer in oplossing kunnen gaan (cf. Mol et al. 2012). Die bijdrage schatten wij in als betrekkelijk gering aangezien de geochemische samenstelling van de leem – in feite een löss - gelijk is aan die van onverweerde lössbodems (bijlage 3). Dat betekent dat de samenstelling van de leem in de "spekkoek" sinds zijn afzetting in de laatste ijstijd nauwelijks is veranderd. Dat geeft aan dat er nauwelijks mineralen naar het venwater diffunderen, noch naar het diepere pakket. Blijft over, zoals Van der Burg et al. (2020) al stellen, dat deze buffering vrijwel geheel bepaald wordt door interne processen. De balans tussen enerzijds de interne processen die de buffering verzorgen en anderzijds het overwegend verzurende effect van kwel van lokaal grondwater (in het zuiden) en het verlies van bufferstoffen via laterale afvoer (in het noorden) is echter precair. Dat betekent dat externe aanvoer van voedingsstoffen, bijvoorbeeld door ganzen of atmosferische depositie onwenselijk is; het leidt tot onbalans in het systeem, waardoor ingrijpen (bijvoorbeeld schonen) vaker dan nodig aan de orde is.

Naast natuurlijke wegzijging in de winter, heeft de Koppelleiding in de huidige situatie een ontwaterende functie en voert ook lokaal grondwater af naar de Kleine Aa. Dat betekent dat wanneer de grondwaterstand in de dekzandruggen in de winter hoger stijgt dan het waterpeil van de Koppelleiding, dit water niet kan worden opgeslagen in de dekzandruggen, maar richting de Koppelleiding zal stromen en via die weg zal worden afgevoerd. De natuurlijke opbolling wordt tegengewerkt, waardoor de lokale grondwatersystemen veel vroeger in het jaar droogvallen. Dat staat haaks op de doelen die voor Natura 2000-gebied Strabrechtse Heide & Beuven geformuleerd zijn (Ministerie van Economische Zaken 2013; Dienst Landelijk Gebied 2015). De Peelrijt op haar beurt, onderbreekt de natuurlijke hydrologische gradiënt tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid en vangt, zeker in het oosten waar ze beneden de bodem van het Beuven insnijdt, grondwater af, op vergelijkbare wijze als de Koppelleiding.

Ook infiltreert Peelrijt- en Koppelleidingwater. Voor de Koppelleiding is dit ook terug te zien in de waterkwaliteit in de peilbuizen in de directe omgeving daarvan. De waterkwaliteit van dit infiltrerende water is van ontoereikende kwaliteit voor de voor Strabrechtse heide nagestreefde natuurwaarden (De Mars et al. 2019). Dit effect werkt echter niet door tot Beuven-Noord, doordat de waterstand onder het ven hier lager is dan het peil van Beuven-Noord (Figuur 4-1). Daarmee is, zoals gezegd, sprake van wegzijging vanuit Beuven-Noord. Voor de Peelrijt is het negatieve effect op de waterkwaliteit beperkter, gezien de in 2013 getroffen inrichtingsmaatregelen waarbij de Peelrijt ter hoogte van Beuven-Noord en Zuid in feite is geïsoleerd van het achterland.

De waterbodemkwaliteit van Beuven-Zuid is niet als een urgent knelpunt naar voren gekomen (Tabel 3-4).

Het landschapsecologisch systeem voor het Beuven is samengevat in ecohydrologische dwarsdoorsnedes (Figuur 4-1), die onderstaande beschrijving ondersteunen.



Figuur 4-1 Ecohydrologisch systeemsets voor het Beuven. A: raai zuidoost-noordwest (Beuven-Noord) inclusief Koppelleiding. B: raai zuid-noord (Beuven) inclusief Peelrijt. Voor enkele illustratieve meetpunten (peilbuizen) zijn de concentraties van de meest relevante ionen in het grondwater weergegeven in $\mu\text{mol L}^{-1}$.

5 Naar robuust waterbeheer

5.1 Streefbeeld

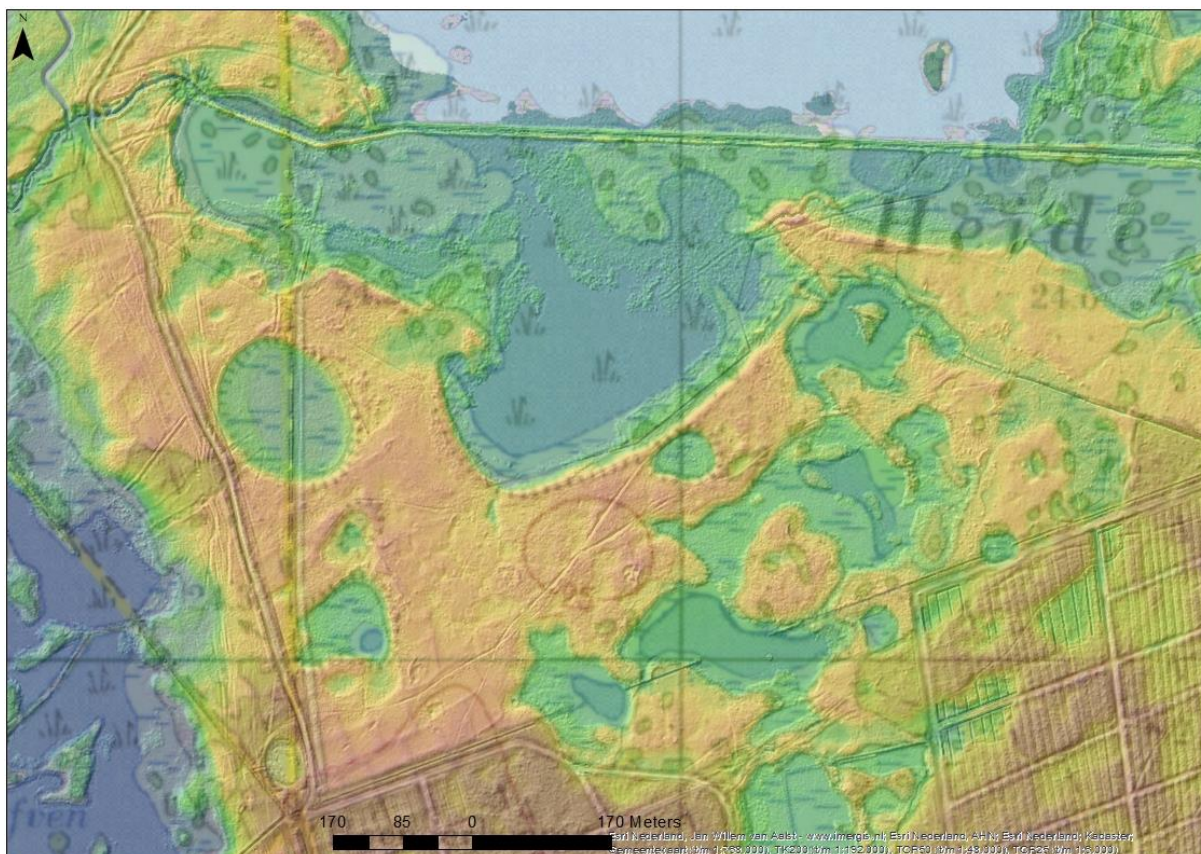
Doel van eventuele maatregelen is om te komen tot een toekomstbestendig, klimaatrobuust Beuven. In Van der Burg et al (2020; bijlage 1) is een daarvoor ontwikkelingsvisie uitgewerkt, die naar aanleiding van de verfijning van de werking van het hydrologisch systeem van het Beuven overeind blijft, maar kan worden aangescherpt.

Waterconservering in het lokale grondwatersysteem waarbinnen het Beuven functioneert past bij de doelen die voor Strabrechtse Heide & Beuven in het Natura 2000-beheerplan zijn geformuleerd, bijvoorbeeld voor onder meer Vochtige Heide (H4010A) en Zure vennen (H3160). Belangrijk aandachtspunt bij waterconservering is dat, gegeven de druk op de instandhouding van de isoëtidenvegetaties door ganzen en overmatige stikstofdepositie, voldoende droogval van Beuven-Noord noodzakelijk blijft. Omdat lokaal grondwater nauwelijks van betekenis is voor de waterbalans van Beuven-Noord, maar ook omdat het maximumpeil ongewijzigd blijft is niet aannemelijk dat waterconservering grote betekenis heeft voor het peilregime of de waterkwaliteit van Beuven-Noord.

Voor Beuven-Noord ligt de focus op het behoud van de (zeer) zwakgebufferde vegetaties in het centrale-, noordelijke en oostelijke deel van Beuven-Noord. Het Beuven heeft al "sinds mensenheugenis" een belangrijke functie voor het behoud van deze vegetaties. Dat blijft zo. In Beuven-Noord zijn de interne processen die bufferstoffen leveren in balans met in de natte periode wat lokale kwel. De noord- en oostoever houden een open zandige bodem, zodat isoëtiden duurzaam kunnen voorkomen. Onder meer daarvoor is het nodig dat sprake is voldoende regelmatige droogval -meer specifiek ten minste eens in de drie jaar- van de venbodem. Een belangrijk deel van de voedingsstoffen kan via die weg worden afgevoerd en tegelijkertijd wordt zo al te uitbundige veenvorming vanuit de randen wordt voorkomen.

In Beuven-Zuid en de (noord)westzijde van het Beuven (Lobeliabaai) is ruimte voor ontwikkeling van zure en mesotrofe verlandingsgemeenschappen, zoals van Kleine zeggenmoerassen en Hoogveenslenken. Dit past goed bij het zure, voedsel- en ionenarme karakter van het toestromende water, iets dat met name speelt in Beuven-Zuid. Daarbij zijn die vegetaties belangrijk voor de voor Beuven kenmerkende, landelijk zeldzame fauna. Hiervoor zijn wel stabielere waterpeilen nodig in Beuven-Zuid. Samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid kan hier uitkomst bieden, zeker tijdens warme, droge perioden. Tegelijkertijd voegt de keuze voor zure en mesotrofe verlandingsgemeenschappen in Beuven-Zuid een voor de kenmerkende fauna belangrijke (paragraaf 5.3) en in zichzelf interessante (vegetatie)gradient toe aan het Beuven.

Hoewel het buiten bereik van dit onderzoek ligt, blijft het terugdringen van de stikstofdepositie én de aanwezigheid van ganzen op het Beuven van cruciaal belang voor het behoud en de ontwikkeling van het Beuven. Het is goed zonder aarzelen maatregelen te implementeren die de negatieve impact van deze factoren stoppen.



Figuur 5-1 Topografische kaart voor het Beuven omstreeks 1960, met daarop de hoogtekart (AHN 2021).

5.2 Inrichtingsmaatregelen

Om bovenstaand beeld op een zo duurzaam mogelijke wijze te bewerkstelligen, zijn een aantal inrichtingsmaatregelen noodzakelijk.

5.2.1 Garanderen van voldoende droogval in Beuven-Noord

Omdat het voor het behoud van de isoëtidevegetatie van essentieel belang is dat Beuven-Noord periodiek voldoende droog kan blijven vallen (tot circa 22,8 m +NAP), moet een afwateringsmogelijkheid aanwezig blijven. Bij het opheffen van de Peelrijt langs het Beuven ligt het voor de hand hiervoor de Peelrijt ten westen van het huidige verdeelwerk te gebruiken.

Het is goed de op basis van langjarige beheerervaring effectief gebleken vuistregel aan te houden, namelijk droogval van een kwart van het oppervlak eens per drie jaar.

5.2.2 Verbinden van Beuven-Noord en Beuven-Zuid

Het weer verbinden van Beuven-Noord en Beuven-Zuid zoals bedoeld in het beheerplan (Dienst Landelijk Gebied 2015), is een goede maatregel in het licht van een toekomstbestendig en klimaatrobuust Beuven en draagt bij aan de in het gebied geldende doelen op grond van Natura 2000 (paragraaf 5.1). Bodemhoogte van de beide vennen staat dit niet in de weg

(paragraaf 3.3), maar zorgt ervoor, geholpen door uittredend grondwater dat water langzaam vanuit Beuven-Zuid naar Beuven-Noord zal bewegen, verder vertraagd door de "watermassa" van Beuven-Noord. Doordat het gemiddeld laagste peil van Beuven-Noord hoger is dan het (actueel) laagste peil van Beuven-Zuid, wordt met het verbinden van de beide vennen de peilfluctuatie in Beuven-Zuid gedempt, met name tijdens droge periodes. Zo komen de beoogde zure en mesotrofe verlandingsgemeenschappen hier verder binnen bereik. Om de gradiënt in waterkwaliteit en dus vegetatie, belangrijk voor kenmerkende fauna, te behouden, is het goed om de opening niet te groot te maken en relatief veel weerstand in het profiel te houden. Dat is ook van belang voor de isoëtidenvegetaties.

Een beeld dat goed past bij een dergelijke situatie vinden we op de topografische kaart van omstreeks 1960 (Figuur 5-1). Daar staan Beuven-Noord en Beuven-Zuid wel in contact met elkaar, maar zorgt een natuurlijke lage dekzandrug geholpen door gordels (moeras)vegetatie voor een kleine opening die bovendien niet op de overheersende windrichting ligt voor veel weerstand, waardoor de directe uitwisseling van water relatief beperkt zal zijn geweest.

Met dat beeld in gedachten betekent het weer opnieuw verbinden van Beuven-Noord en Beuven-Zuid dat de vanuit het oosten doordringende dekzandrug in stand dient te blijven opdat de natuurlijke relatief smalle verbinding tussen beide vennen in stand blijft. Onder de huidige omstandigheden heeft dat als bijkomend voordeel dat het in Beuven-Zuid aanwezige slib zeer waarschijnlijk niet Beuven-Noord invloeit door windwerking. Omdat de waterbodempkwaliteit van Beuven-Zuid geen acuut knelpunt vormt voor de beoogde ontwikkeling van zure en mesotrofe verlandingsgemeenschappen in Beuven-Zuid (Tabel 3-4), hoeft het dan ook niet verwijderd te worden, behoudens in het open water. Hier slib verwijderen werkt een vegetatieontwikkeling richting zure en mesotrofe verlandingsgemeenschappen in de hand, onder meer doordat daaruit niet langer bufferstoffen worden gegenereerd. Een smalle en ondiepe doorgang optimaliseert ook de (naar verwachting korte) gradiënten in waterkwaliteit - passend bij het streefbeeld - en voorkomt dat één waterkwaliteit ontstaat.

Aflaten van water tot 22,8 m +NAP zou betekenen dat Beuven-Zuid droog valt. Dat is voor de daar beoogde zure en mesotrofe verlandingsvegetaties niet wenselijk. Daarom wordt in de verbinding voorzien in een drempel op 23 m + NAP, die voorkomt dat Beuven-Zuid leeg loopt bij "onderhoudspeil" in Beuven-Noord. Circa 23 m + NAP is een normaal laagste peil voor Beuven-Noord, voor Beuven-Zuid is dat ongeveer 23,2 m +NAP (paragraaf 3.4.2). De fluctuaties kunnen per jaar verschillen en (veel) groter zijn (paragraaf 3.4.2). Onder het normale peilregime in Beuven-Noord (Figuur 4-1), blijven bij die drempelhoogte de beide vennen in verbinding.

5.2.3 Opheffen van de Peelrijt en Koppelleiding

Om de opening te kunnen bewerkstelligen, moeten de kades van de Peelrijt worden verwijderd. Dat betekent ook dat de Peelrijt langs het Beuven geen functie meer kan hebben. Er ontstaat immers direct contact met het Beuven. Al eerder is bovendien vastgesteld dat aanvoer van water via de Peelrijt niet past bij de doelstellingen die op grond van de Habitatrichtlijn gelden voor het Beuven (de Mars et al. 2019). Opheffen van de Peelrijt, in ieder geval langs het Beuven,

is dan noodzakelijk. Het ligt overigens voor de hand om de kades van de Peelrijt te gebruiken om deze dicht te schuiven. In het veld lijkt het erop dat de kades bestaan uit materiaal dat vrijkwam bij het graven van de Peelrijt. Kostentechnisch is dat interessant, maar uit nader onderzoek zal moeten blijken of dit ook mogelijk is (bijvoorbeeld vanuit bodemkwaliteit).

Belangrijke maatregel is het geheel verwijderen van de Koppelleiding uit het systeem. Dit zorgt ervoor dat het lokale grondwatersysteem niet wordt afgetopt (de Koppelleiding doorkruist de natuurlijke opbolling van water in de dekzandruggen; paragraaf 3.4, hoofdstuk 4.1), voorkomt dat water van niet passende kwaliteit in het lokale grondwatersysteem van het Beuven infiltreert (paragraaf 3.4, hoofdstuk 4.1) en biedt tegelijkertijd de mogelijkheid om de Peelrijt tot aan de provinciale weg op te heffen. Een grote stap als het gaat om hydrologisch herstel van de Strabrechtse Heide.

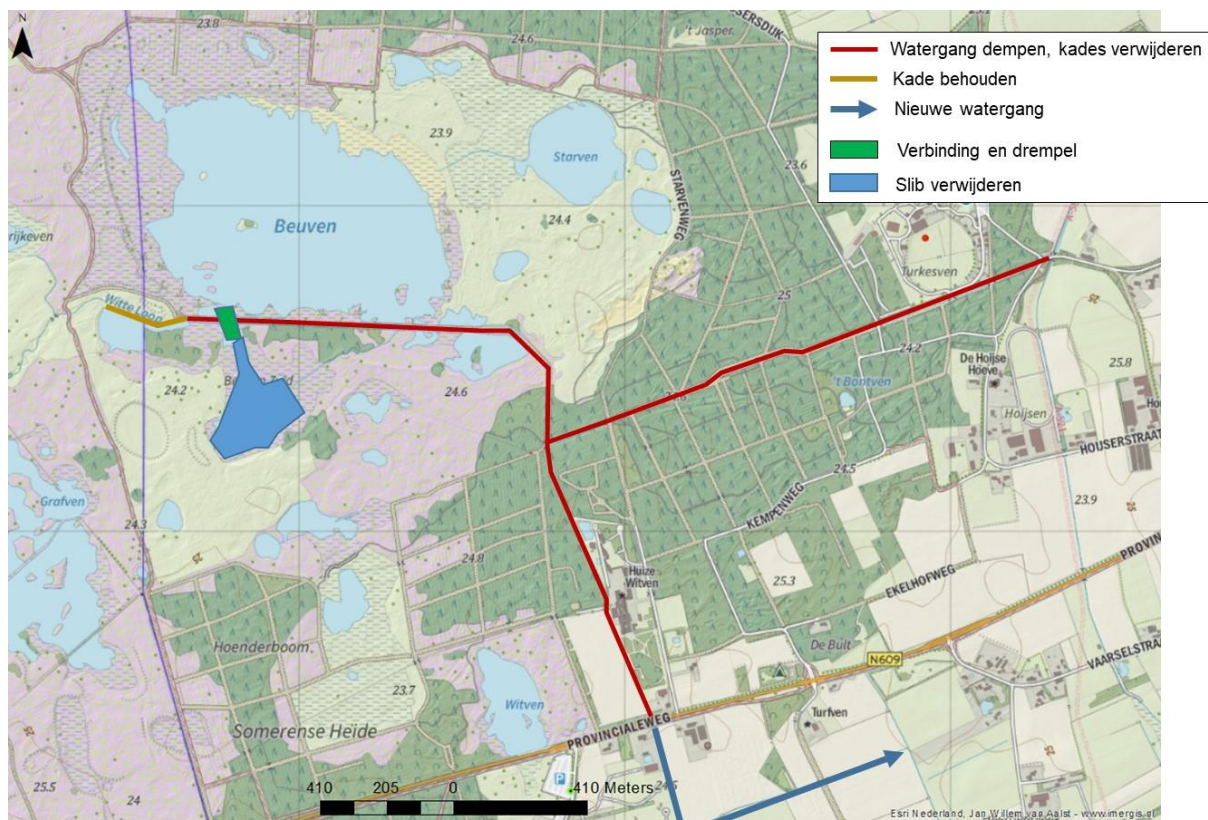
Figuur 5-2 geeft de maatregelen op kaart weer.

5.2.4 Ingrijpen op basis van monitoring (vinger aan de pols)

Zoals aangegeven, is het voor het behoud van de isoëtidenvegetaties (en dus het bereiken van de onder Natura 2000 geldende doelen) noodzakelijk dat het ven voldoende regelmatig en over voldoende oppervlak droogvalt. Dat onder meer vanwege de externe input van voedingsstoffen door niet alleen ganzen, maar ook overmatige depositie van stikstof uit de lucht.

Het is onontbeerlijk het optreden van de noodzakelijke droogval van een kwart van het oppervlak eens per drie jaar te monitoren, bijvoorbeeld met behulp van luchtfoto's of satellietbeelden. Zeker zolang nog sprake is van overmatige depositie van stikstof uit de lucht en aanvoer van voedingsstoffen door grote aantallen ganzen. Treedt deze droogval in de praktijk niet op dan wordt die geforceerd door water af te laten in westelijke richting via Peelrijt (paragraaf 5.2.1), waar het huidige verdeelwerk in beginsel geschikt voor is.

Om te begrijpen wat de effecten zijn van dit waterbeheer en om wanneer nodig te kunnen bijsturen, is het monitoren van grond- en oppervlaktewaterkwaliteit, poriewater, vegetatie en vegetatiekwaliteit noodzakelijk.



Figuur 5-2 Maatregelenkaart voor het Beuven

5.3 Effecten samenvoegen Beuven-Noord en Beuven-Zuid op de fauna

Nu duidelijk is welke maatregelen bijdragen aan een toekomstbestendig, klimaatrobuust Beuven, in lijn met de doelen op grond van Natura 2000, is het mogelijk om te bepalen welke effecten van deze maatregelen te verwachten zijn op de al aanwezige, voor het Beuven kenmerkende fauna. Dat gebeurt in deze paragraaf, volgens hetzelfde stramien als hoofdstuk 3.

5.3.1 Verantwoording en methode

Een ander aspect waarvan in het Natura 2000-beheerplan voor Strabrechtse Heide & Beuven aangegeven is dat nader onderzoek noodzakelijk is, betreft de mogelijke gevolgen voor kenmerkende flora en fauna van het Beuven van het samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid (Dienst Landelijk Gebied 2015). Denk aan Speerwaterjuffer (*Coenagrion hastulatum*), Gevlekte witsnuitlibel (*Leucorrhinia pectoralis*) en Spiegeldikkopje (*Heteropterus morpheus*). Niet allemaal vensoorten, maar wel waardevol in de context van het Beuven én Noord-Brabant.

Om invulling te geven aan deze vraag, is gebruik gemaakt van de methodiek zoals gebruikt door Wallis de Vries et al. (2021) in recent OBN-onderzoek. Allereerst worden relevante soorten in landschapsecologisch perspectief geplaatst met behulp van (1) de belangrijkste plantengemeenschappen waarin de voedselplanten voor zowel de larvale (wanneer relevant) als adulte stadia voorkomen en (2) de plantengemeenschappen waarin deze zich succesvol kunnen voortplanten. Door de plantengemeenschappen te koppelen aan standplaatseneisen, wordt duidelijk in hoeverre het aanwezige leefgebied netto toe dan wel afneemt.

Verspreidingsgegevens zijn overgenomen uit Van der Burg et al. (2020) en aangevuld met de meest recente karteringsgegevens.

Vervolgens zijn de volgende vijf stappen doorlopen:

1. Maken van een beschrijving van de huidige verschillen tussen Beuven-Noord en Beuven-Zuid (plantengemeenschappen, waterkwaliteit en waterregime) met aandacht voor de verwachte veranderingen die samenvoegen met zich meebrengt.
2. Maken van een overzicht van de aanwezige fauna en nagaan welke soorten alleen op heel specifieke plekken voorkomen en inschatten welke soorten mogelijk knelpunten ervaren als gevolg van het weer samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid.
3. Voor soorten waarvoor knelpunten worden verwacht nagaan wat ze precies nodig hebben, onder andere waardplanten, nectarplanten, vegetatiestructuren (dus ecologische bouwstenen; waar moet geschikt leefgebied aan voldoen?)
4. De ecologische bouwstenen vertalen naar hun positie op de gradiënten van het Beuven en plaatsen in de huidige situatie (Waarom komt het huidige leefgebied nu juist daar voor?)
5. Inschatten of geschikt leefgebied na samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid te behouden is, misschien opschuift of elders in het landschap op de gradiënten kan worden ontwikkeld.

Samen leiden deze stappen tot een inschatting van de mogelijke effecten voor elk van de relevante soorten.

5.3.2 Resultaten

De verwachting is dat met het samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid op de korte termijn weinig grote verschuivingen optreden in waterregime en waterkwaliteit. Aannemelijk is dat op de korte termijn geen kenmerkende fauna zal verdwijnen en dat samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid er eerder voor zorgt dat leefgebied van kenmerkende fauna zich op grotere schaal kan ontwikkelen

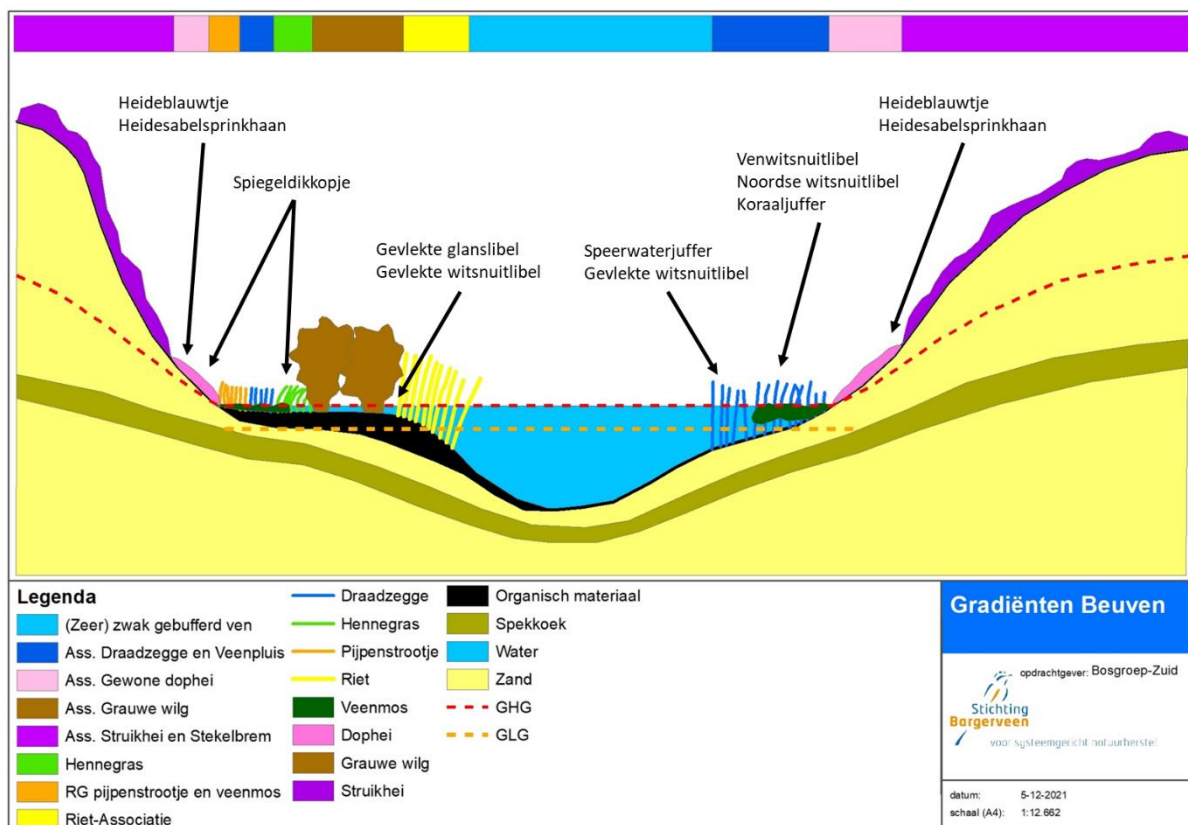
Algemene beschrijving van de gradiënten

De nadruk ligt op Beuven-Zuid, gezien daar de meeste bijzondere en kenmerkende fauna aanwezig is. Bovendien staan in Beuven-Noord de isoëtidenvegetaties centraal (paragraaf 5.1), die voor fauna minder van belang zijn. De belangrijkste gradiënten langs Beuven-Zuid met daarin de posities van het leefgebied van de verschillende karakteristieke diersoorten is schematisch weergegeven in figuur 5-3. Het volledige onderzoek is opgenomen in bijlage 5.

De organische sliblagen langs de randen van Beuven-Zuid, zorgen lokaal voor beter gebufferde en voedselrijkere condities. Op deze plekken komen mesotrofe rietmoerassen (Riet-Associatie) en verlandingsvegetaties (Associatie Van Draadzegge en Veenpluis) voor. De rietmoerassen vormden in het verleden uitgestrekte velden en dienden als broedbiotoop voor moerasvogels zoals Woudaap (*Ixobrychus minutus*), Roerdomp (*Botaurus stellaris*), Rietzanger (*Acrocephalus schoenobaenus*) en Kleine karekiet (*Acrocephalus scirpaceus*).

Door het staken van inlaat van voedsel- en basenrijker water en de toestroom van basenarm, oligotroof grondwater vanuit de omliggende dekzandruggen in de winter (samen met regenwater), hebben de rietmoerassen een meer oligotroof karakter gekregen met een uitgebreide veenmosbegroeiing (RG Pijpenstrootje/Pitrus (*Juncus effusus*) en veenmos). Veel Riet (*Phragmites australis*) is (op natuurlijke wijze) verdwenen en overgebleven rietranden bestaan uit ijl Riet, dat zich wel nog ontwikkelt. Op plekken die diep genoeg zijn, vormen de verlandingsvegetaties van Draadzegge (*Carex lasiocarpa*) en Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*) leefgebied voor soorten van zowel oligotrofe als mesotrofe verlandingsvegetaties.

De zeggeranden en ondiepe rietranden vormen het leefgebied voor de larven van de Speerwaterjuffer en Gevlekte witsnuitlibel. Op plekken waar dichte veenmosvegetaties voorkomen, onder invloed van lateraal toestromend basenarm grondwater, ontstaat leefgebied voor Venwitsnuitlibel (*Leucorrhinia dubia*), Noordse witsnuitlibel (*Leucorrhinia rubicunda*) en Koraaljuffer (*Ceriagrion tenellum*).



Figuur 5-3. Schematische weergave van de belangrijkste gradiënten langs Beuven-Zuid met de posities van het leefgebied van de verschillende karakteristieke diersoorten.

Op de overgang van oligo-mesotrofe zeggebegroeiingen naar eutrofe wilgenstruwelen of rietmoerassen (richting de Peelrijt) groeien smalle randen van Hennegras (*Calamagrostis canescens*). Deze worden, doordat ze niet gemaaid worden, als waardplant gebruikt door het Spiegeldukkopje. De uitgebreide veenmosvegetaties duiden erop dat de standplaats jaarrond voldoende nat blijft, om ook in de zomer van voldoende kwaliteit te zijn. Nectar voor de

volwassen vlinders is in deze begroeiingen echter schaars. Daarvoor wordt waarschijnlijk vooral Gewone dophei (*Erica tetralix*) gebruikt, die op veel plekken langs het ven groeit op de overgang naar Vochtige heiden.

De rietmoerassen en wilgenstruwelen vormen bovendien het leefgebied voor libellen van laagveenmoerassen zoals Gevlekte glanslibel (*Somatochlora flavomaculata*) en Gevlekte witsnuitlibel (een soort genoemd op Annex IV van de Habitatrichtlijn). Doordat de Vochtige heiden hier op sterk wisselnatte standplaatsen voorkomen, zijn ze op de meeste plekken van matige kwaliteit en worden gedomineerd door Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*). Dit resulteert in een suboptimaal leefgebied voor kenmerkende vochtige heidesoorten, zoals Heideblauwtje (*Plebejus argus*), Groentje (*Callophrys rubi*) en Heidesabelsprinkhaan (*Metrioptera brachyptera*). De populaties van deze soorten zijn dan ook vrij klein en erg droogtegevoelig.

Verwachte effecten voor Beuven-Zuid

Samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid leidt tot een stabiel waterpeil in Beuven-Zuid in drogere perioden, die steeds vaker op zullen treden, zeker in combinatie met de voorziene drempel. Een stabiel waterpeil in Beuven-Zuid zal gunstig zijn voor de kenmerkende soorten, doordat de oligotrofe en mesotrofe verlandingsvegetaties evenals rietmoerassen en wilgenstruwelen minder (snel) droogvallen.

Vanwege de toestroom van zuur, ionen- en voedselarm water (paragraaf 3.4), zal geleidelijk het aandeel veenmossen in de oeverzones toenemen ten koste van de mesotrofe zeggebegroeiingen en mesotrofe rietbegroeiingen. Hierdoor zal de kwaliteit van het leefgebied van Gevlekte glanslibel en Gevlekte witsnuitlibel geleidelijk achteruitgaan, maar zullen Venwitsnuitlibel, Noordse witsnuitlibel en Koraaljuffer profiteren en zich wellicht weer vestigen (Venwitsnuitlibel en Noordse witsnuitlibel) en uitbreiden (Koraaljuffer). In de verre toekomst zullen deze verlandingsvegetaties wellicht zelfs leefgebied kunnen vormen voor Venglazenmaker (*Aeshna juncea*) en bij een verdere verlanding met veenmossen voor de Noordse glazenmaker (*Aeshna subarctica*).

Wanneer het peil van Beuven-Zuid stabiel wordt, zal dit een positieve uitwerking hebben op de kwaliteit van de vochtige heiden. Gezien het systeemfunctioneren en sterke reliëf, zal de zone goed ontwikkelde vochtige heide hier altijd betrekkelijk smal blijven. De vochtige heide rondom het Beuven blijft verdrogingsgevoelig. De kwaliteit van het leefgebied van het Heideblauwtje, Groentje en Heidesabelsprinkhaan zal er niet significant door veranderen.

Voor het Spiegeldikkopje zijn stabiele, mesotrofe begroeiingen met Hennegras cruciaal. Het samenvoegen van de beide vennen zal op de korte termijn geen invloed hebben op de kwaliteit van het leefgebied van deze soort. De stabielere waterstanden zijn eerder gunstig. Het geleidelijk verarmen van het systeem (Beuven-Zuid), kan op de lange termijn resulteren in een afname van habitatkwaliteit. Oorspronkelijk zal het Beuven(-Zuid) waarschijnlijk ook geen leefgebied zijn geweest van het Spiegeldikkopje. De ontwikkelingen op de lange termijn bieden andere, systeemeigen soorten zoals Venwitsnuitlibel, Noordse witsnuitlibel en Venglazenmaker weer een nieuwe kans.

Verwachte effecten voor Beuven-Noord

Door de regelmatige droogval van grote delen van het Beuven-Noord (nodig voor behoud van de isoëtiden), zijn de verlandingsvegetaties langs de randen van het ven ongeschikt als voortplantingsbiotoop voor veel van de kenmerkende libellensoorten. Samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid heeft hier geen invloed op.

Systeemeigen ontwikkelingen

De verarming van het Beuven als geheel, bijvoorbeeld door het stoppen van inlaat van landbouwwater en wegnemen van sliblagen destijds hard nodig om de kenmerkende isoëtidenvegetaties te behouden, heeft wel een keerzijde: kenmerkende moerasvogels zullen verder achteruitgaan en op den duur geheel verdwijnen.

Deze soorten vormen een relict van de onnatuurlijk rietmoerassen langs de randen van het Beuven, die zijn ontstaan door de inlaat van voedselrijk en basenrijk oppervlaktewater. De moerasvogels hebben hiervan geprofiteerd, maar zullen ook als eerste weer verdwijnen door de afname van het oppervlak rietmoeras en kwaliteit ervan. Het zijn geen systeemeigen soorten. De habitateisen voor deze soorten zijn niet te verenigen met de doelen die gelden in het Beuven (Zeer zwakgebufferde ven (H3110) met isoëtidenvegetaties, Zure vennen (H3130); Van der Burg et al. (2020)).

Het samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid zal hier geen effect op hebben, de achteruitgang van de populaties moerasvogels zet ook zonder deze maatregel door.

5.3.3 Resumé Effecten samenvoegen Beuven-Noord en Beuven-Zuid

Samenvattend geldt dat:

- De verwachting is dat met het samenvoegen van Beuven-Noord en Beuven-Zuid op de korte termijn weinig grote verschuivingen optreden in de kenmerkende fauna.

Referenties

- AHN. 2021. Algemeen Hoogtebestand Nederland. Online beschikbaar: <http://www.ahn.nl/pagina/apps-en-tools/viewer.html>; Laatste bezocht February 6, 2020.
- van den Akker, J. 2001. *Een inventarisatie van bodemfysische materiaalmodellen zoals toegepast in het landbouwkundig onderzoek*. Wageningen.
- Arts, G., P. van Beers, J. Belgers, & F. Wortelboer. 2001. *Gedifferentieerde normstelling voor nutriënten in vennen: onderbouwing en toetsing van kritische depositieniveaus en effecten van herstelmaatregelen op het voorkomen van isoetiden*. Alterra, Wageningen.
- Arts, G., E. Brouwer, & N. Smits. 2015a. Herstelstrategie H3110: Zeer zwakgebufferde vennen. Online beschikbaar: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/Documenten/Pas/Herstelstrategieen/Deel%20IIH/H3110.pdf>.
- Arts, G., E. Brouwer, & N. Smits. 2015b. Herstelstrategie H3130: Zwakgebufferde vennen. Online beschikbaar: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/Documenten/Pas/Herstelstrategieen/Deel%20IIH/H3130.pdf>.
- Bal, D. 2001. *Handboek natuurdoeltypen*. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Balali, S., S. Gorgan, & S. Hoseini. 2013. Correlation of chlorophyll-a with secchi disk depth and water turbidity in the international Alma Gol Wetland, Iran. *Middle East J. Sci. Res.* 13(10):1296–1301.
- van den Berg, L., & R. Peters. 2014. *Bodemkwaliteitsonderzoek op monsterlocaties in Noord Holland t.b.v. een onderbouwing van aangepaste KRW doelen*. Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G. Arts, & J. Belgers. 2009. *Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn*. B-WARE, Nijmegen.
- Brouwer, E., E. Lucassen, & J. Roelofs. 2018. *Het Beuven: balanceren tussen vernatting en vermessing. Eindrapport onderzoek 2016-2017*. B-WARE, Nijmegen.
- van der Burg, R., M. de Graaf, F. Meijer, A. Kieskamp, J. Bouwman, H. Smeenge, E. Brouwer, E. Lucassen, & A. Jansen. 2020. *Landschapsecologische systeemanalyse van het Beuven - eindconcept*. Bosgroep Zuid-Nederland, Heeze.
- Buskens, R., & H. Zingstra. 1988. Beuven: verwording en herstel. *Levende Nat.* 89:34–42.
- Dessborn, L., R. Hessel, & J. Elmberg. 2016. Geese as vectors of nitrogen and phosphorous to freshwater systems. *Inland Waters.* 6(1):111–122 Online beschikbaar: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.5268/IW-6.1.897>; Laatste bezocht January 26, 2022.
- Diemont, W., H. Helsper, & M. de Soet. 1982. *Bijdrage tot een advies inzake de reconstructie van de Peelrijt en het uitbaggeren van het Beuven op de Strabrechtse heide*. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- Dienst Landelijk Gebied. 2015. *Natura 2000-beheerplan Strabrechtse Heide en Beuven (137)*. Dienst Landelijk Gebied, Tilburg.
- Feijen, J. 1992. *Het Beuven - voor en na restauratie*. Hogeschool Zuid Nederland Katholieke Leergangen, Tilburg.
- Frings, G. 1978. *De recente geschiedenis van de Strabrechtse en Lieropsche Heide; speciaal van het Beuven*. Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- Geurts, J. J. M., A. J. P. Smolders, J. T. A. Verhoeven, J. G. M. Roelofs, & L. P. M. Lamers. 2008. Sediment Fe:PO₄ ratio as a diagnostic and prognostic tool for the restoration of macrophyte biodiversity in fen waters. *Freshw. Biol.* 53(10):2101–2116 Online beschikbaar: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2427.2008.02038.x>; Laatste bezocht January 26, 2022.
- Griffioen, J., G. Klaver, & W. E. Westerhoff. 2016. The mineralogy of suspended matter, fresh and Cenozoic sediments in the fluvio-deltaic Rhine–Meuse–Scheldt–Ems area, the Netherlands: An overview and review. *Neth. J. Geosci. - Geol. En Mijnb.* 95(1):23–107 Online beschikbaar:

- https://www.cambridge.org/core/product/identificer/S0016774615000323/type/journal_article; Laatste bezocht December 8, 2021.
- Griffioen, J., S. Vermooten, & G. Janssen. 2013. Geochemical and palaeohydrological controls on the composition of shallow groundwater in the Netherlands. *Appl. Geochem.* 39:129–149 Online beschikbaar: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883292713002564>; Laatste bezocht December 7, 2021.
- Grondwatertools. 2021. Grondwatertools. Online beschikbaar: <https://www.grondwatertools.nl/grondwatertools-viewer>.
- Heinen, M., G. Bakker, & J. Wösten. 2020. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks*. Wageningen University & Research, Wageningen.
- Hydronet. 2021. Hydronet: het meetgegevensportaal van samenwerkende Brabantse waterschappen. Online beschikbaar: <https://brabant.hydronet.nl/default.aspx?page=1>.
- van Mansfeld, M., H. Meeuwesen, T. Roozen, & M. van de Wiel. 1975. *Het Beuven - Verslagen in het kader van de doktoraalstudie biologie*. Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- de Mars, H., E. Brouwer, B. Possen, B. van der Weijden, & Y. Verstijnen. 2019. *Beoordeling calamiteitenafvoer Strabrechtse Heide - Witte Loop*. Royal HaskoningDHV en B-WARE, Eindhoven.
- Ministerie van Economische Zaken. 2013. Aanwijzingsbesluit Strabrechtse Heide & Beuven. Online beschikbaar: https://www.natura2000.nl/sites/default/files/gebieden_aanwijzing_en_archief/137/N2K137_DB%20HVN%20Strabrechtse%20Heide%20%26%20Beuven.pdf.
- Mol, G., J. Spijker, P. van Gaans, & P. Römkens, eds. 2012. *Geochemische bodematlas van Nederland*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. Online beschikbaar: <https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-743-1>; Laatste bezocht January 26, 2022.
- Muilwijk, S., R. van de Haterd, J. van den Hurk, C. Huijgen, R. Buskens, & J. Vermulst. 2012. *Uitvoeringsmaatregelen verdrogingsbestrijding (GGOR) Strabrechtse Heide - Projectplan op grond van artikel 5.4 van de Waterwet*. BWZ Ingenieurs, Culemborg.
- Nationaal Archief. 1847. Topografische kaart van de omgeving van Eindhoven.
- Querner, E., P. Jansen, G. Arts, & J. Runhaar. 1999. *Ecohydrologische systeembeschrijving van de Strabrechtse heide en omgeving met oplossingen voor een integraal herstel*. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Sandu, C., R. Iacob, & N. Nicolescu. 2003. Chlorophyll-a determination - a reliable method for phytoplankton biomass assessment. *Acta Bot. Hung.* 45(3–4):389–397 Online beschikbaar: <https://akjournals.com/doi/10.1556/abot.45.2003.3-4.13>; Laatste bezocht January 26, 2022.
- Slegers, J. 1988. *De invloed van neerslag en gebufferd beekwater op de waterkwaliteit van het Beuven*. Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- de Soet, M. 1980. *Het ontstaan van enkele vennen op de Strabrechtse heide - een geologisch en geomorfologisch onderzoek ten behoeve van het beheer van de veenen*. Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen.
- STOWA. 2012. *Baggernut, maatregelen baggeren en nutriënten*. STOWA, Amersfoort. Online beschikbaar: <https://www.stowa.nl/publicaties/baggernut-maatregelen-baggeren-en-nutriënten>.
- STOWA. 2015. *Ecologische sleutelfactoren voor het herstel van onderwatervegetatie*. STOWA, Amersfoort.
- STOWA. 2018. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn water 2021-2027*. STOWA, Utrecht.
- T'jollyn, F., H. Bosch, H. Demolder, S. De Saeger, A. Leyssen, A. Thomaes, J. Wouters, D. Paelinckx, & M. Hoffmann. 2009. *Ontwikkeling van criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen*. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Brussel.

- Tóth, J. 1963. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *J. Geophys. Res.* 68(16):4795–4812 Online beschikbaar: <http://doi.wiley.com/10.1029/JZ068i016p04795>; Laatste bezocht December 8, 2021.
- Verhees. 1794. Meijerij 1794. Online beschikbaar: http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=https%3A%2F%2FAtlas.brabant.nl%2Farcgis%2Frest%2Fservices%2FHis_Atlas_Brabant%2FMapServer&source=sd; Laatste bezocht November 22, 2018.
- Vermue, H. 2012. *GGOR Strabrechtse heide en Sang en Goorkens*. Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.
- Wallis de Vries, M., J. Bokelaar, J. Smit, R. Versluijs, & A. Jansen. 2021. *Knelpunten voor terugkeer van bedreigde insecten in het natte zandlandschap: zijn de grote gebieden hersteld?* BIJ12, Utrecht.
- Wasscher, M. 2002. *Duurzaam herstel Strabrechtse Heide en omgeving, deel-project Peelrijt/Witte Loop Beuven*. Grontmij, Eindhoven.
- Waterschap De Dommel. 2021. Vastgestelde legger oppervlaktewateren (versie 22 januari 2019). Online beschikbaar: <https://dommel.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=vastgestelde-legger-oppervlaktewaterlichamen-2018>.

Bijlagen

Bijlage 1 Landschapsecologische systeemanalyse van het Beuven (Van der Burg et al. 2020)

Bijlage 2 Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (door E. Brouwer, B-WARE)

Analyse resultaten (water)bodem (19-07-2021)

Nummer	Locatie		Vocht	BD	OS	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	
			(%)	kg DW/l	(%)	Totale gehalten (destructie) in mmol/l											
1	Beuven zuid, zuidoever		20 cm water, 10 cm wortelmat op zand	88,7	0,12	65,9	20,5	8,9	14,6	7,4	1,77	2,93	0,15	2,89	15,88	2,49	0,45
2	Beuven zuid, open stukje		35 cm water, 10 cm slibbig, op zand	83,1	0,18	37,6	54,8	7,4	7,4	11,0	3,35	4,65	0,21	4,23	15,76	3,41	1,09
3	Beuven zuid, n-rand open stukje		20 cm water, 10 cm wortelmat op zand	81,2	0,22	38,7	33,2	5,3	8,2	5,5	2,38	2,81	0,10	2,26	13,24	5,01	0,53
4	Beuven zuid, open deel		Vast slib 10 cm, 30 m van zuidoever	65,1	0,42	12,8	155,7	18,6	13,1	31,5	8,50	10,40	0,53	9,51	25,22	7,07	2,14
5	Beuven zuid, open deel		Vast slib 8 cm, uit midden	47,2	0,79	6,9	75,4	8,3	8,8	15,5	5,05	4,94	0,37	2,90	10,04	13,84	0,48
6	Beuven zuid, open deel		50 cm water, 15 cm hard slib, 8 cm week	85,0	0,15	39,4	43,6	7,6	7,8	13,2	2,59	3,94	0,20	3,88	17,26	2,69	0,87
7	Beuven zuid, westoever		Aangrenzend riet, 180 cm	92,3	0,07	75,9	8,3	5,9	6,3	4,1	0,95	1,71	0,08	1,75	15,57	0,81	0,34
8	Beuven zuid, westoever		Riet iets verder, 200 cm	94,3	0,06	95,6	3,1	5,1	5,4	2,1	0,40	1,20	0,06	0,92	10,91	0,91	0,19
9	Beuven zuid, nabij inlaat		70 cm water, 20 cm wortels typha/riet	88,2	0,13	47,7	34,0	9,0	7,1	10,3	1,76	3,84	0,17	4,15	26,63	2,42	1,30

Analyse resultaten poriewater

Datum	Locatie	pH	EGV	CO ₂	HCO ₃	H	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Na	K	Cl	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
		-	µs/cm	µmol/l																				
19-7-2021	1	5,3	81,5	918,6	69,7	5,5	-0,3	5,5	0,9	196,0	87,9	183,6	7,2	105,6	157,3	33,5	83,8	53,1	2,2	101,6	2,6	35,4	24,7	2,1
	2	5,7	40,3	573,5	125,5	1,9	2,5	12,3	0,7	160,9	53,5	99,8	11,9	31,9	98,5	21,0	50,8	16,9	1,1	88,4	1,4	29,6	64,9	1,3
	3	5,3	45,1	1336,0	113,5	4,9	1,8	2,0	0,6	178,4	12,8	96,5	7,0	73,3	109,8	23,0	16,7	36,7	1,5	107,2	2,0	30,9	21,9	0,5
	4	6,0	80,0	828,7	328,4	1,0	0,8	183,0	1,9	200,6	122,1	195,8	16,6	64,1	188,7	42,8	120,1	25,3	1,9	127,2	4,5	29,8	109,0	1,1
	5	6,1	85,9	908,9	463,0	0,8	0,5	170,3	1,5	208,7	127,1	151,5	7,8	93,3	148,6	38,9	123,8	46,2	3,7	137,5	4,9	25,7	66,0	0,6
	6	5,7	87,4	1040,2	196,9	2,2	0,1	174,3	1,4	219,1	138,5	401,6	7,9	61,9	386,7	55,4	134,5	24,3	2,6	146,3	3,8	29,0	132,5	1,3
	7	5,4	39,2	568,8	61,2	3,9	0,7	2,4	0,9	170,3	41,5	128,4	3,6	40,1	142,6	8,7	37,7	20,8	0,8	100,3	2,2	28,1	12,7	0,7
	8	5,4	29,8	358,9	33,4	4,5	0,5	3,6	0,6	157,5	6,2	35,2	4,8	57,4	23,3	6,8	8,4	26,1	0,9	68,6	1,2	40,5	12,0	1,3
	9	6,1	42,8	347,2	167,3	0,9	0,5	13,0	2,4	222,3	36,1	70,1	7,3	54,5	76,1	16,2	36,9	23,4	1,0	85,5	4,4	38,4	42,0	0,6
2-8-2021	6-1g	4,5	225,0	1097,3	13,6	33,6	355,7	0,4	0,3	480,1	227,0	676,6	83,1	442,8	707,4	7,7	246,1	182,6	0,3	490,8	3,3	446,4	83,7	0,3
	6-2g	5,1	148,7	736,3	36,5	8,4	124,0	0,4	0,2	552,3	182,8	340,8	19,0	198,0	365,9	2,3	200,0	79,9	0,4	577,2	0,3	359,3	48,7	0,8
	4-1g	4,6	12,7	362,6	6,1	24,5	1,0	1,2	1,1	255,1	56,4	147,6	126,9	108,5	136,3	44,7	69,9	34,0	2,0	243,5	8,1	165,6	267,7	3,7
	4-2g	5,4	80,5	1730,8	161,5	4,4	0,8	11,6	1,1	286,8	6,0	176,7	39,0	157,5	167,4	76,4	15,9	47,7	0,9	296,8	3,5	124,4	330,7	0,3
	2g	4,9	34,4	2167,4	64,4	14,0	3,9	1,1	0,6	116,5	1,2	15,1	58,7	62,9	0,0	1,1	10,6	5,3	1,0	115,7	0,5	63,5	115,9	7,9

Datum	Locatie	pH	EGV	CO ₂	HCO ₃	H	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Na	K	Cl	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
		-	µs/cm	µmol/l																				
21-8-2021	2g	4,9	34,4	2167,4	64,4	14,0	3,9	1,1	0,6	116,5	1,2	15,1	58,7	62,9	0,0	1,1	10,6	5,3	1,0	115,7	0,5	63,5	115,9	7,9
	4-1g	4,6	12,7	362,6	6,1	24,5	1,0	1,2	1,1	255,1	56,4	147,6	126,9	108,5	136,3	44,7	69,9	34,0	2,0	243,5	8,1	165,6	267,7	3,7
	4-2g	5,4	80,5	1730,8	161,5	4,4	0,8	11,6	1,1	286,8	6,0	176,7	39,0	157,5	167,4	76,4	15,9	47,7	0,9	296,8	3,5	124,4	330,7	0,3
	6-1g	4,5	225,0	1097,3	13,6	33,6	355,7	0,4	0,3	480,1	227,0	676,6	83,1	442,8	707,4	7,7	246,1	182,6	0,3	490,8	3,3	446,4	83,7	0,3
	6-2g	5,1	148,7	736,3	36,5	8,4	124,0	0,4	0,2	552,3	182,8	340,8	19,0	198,0	365,9	2,3	200,0	79,9	0,4	577,2	0,3	359,3	48,7	0,8

Analyse resultaten grondwater

Datum	Locatie	pH	EGV (µs/cm)	CO ₂	HCO ₃	H+	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Na	K	Cl	Al	Ca	Cl	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
				µmol/l																				
19-07-2021	012-g	7,0	219,0	231,9	989,4	0,1	1,7	12,6	0,4	569,8	35,7	690,4	66,8	492,2	684,0	35,8	51,1	142,8	3,7	450,6	3,9	69,2	118,0	221,3
	016-g	6,5	247,0	924,8	1140,5	0,3	1,5	1,7	0,3	1530,3	28,7	644,0	20,9	310,5	619,3	32,4	52,5	110,3	5,2	1396,0	0,9	316,0	182,4	2,6
	004-3g	5,0	74,4	1267,9	54,0	9,7	1,2	2,6	0,6	289,0	42,7	205,5	43,2	86,7	210,6	23,3	47,3	39,6	2,9	193,6	1,5	148,8	245,5	2,4
	013-g	4,2	162,1	1028,0	7,0	61,0	36,9	1,9	0,3	697,3	9,5	1094,1	163,1	9,6	1079,7	13,6	14,7	40,8	0,3	523,1	1,3	57,6	118,6	3,3
	014-g	4,3	105,7	421,0	3,1	55,6	601,7	1,5	0,2	135,0	20,0	40,0	121,3	84,1	59,1	1,0	21,1	46,3	0,5	78,0	0,3	74,6	188,1	5,8
	015-g	4,2	139,9	338,4	2,2	63,5	495,8	2,1	0,2	352,2	14,4	422,3	161,7	54,9	401,3	1,9	19,1	25,6	0,3	227,5	0,3	85,8	170,2	4,9
7-10-2021	017-g	4,3	126,1	209,8	1,6	55,2	627,9	1,9	0,0	382,5	31,4	184,3	158,8	111,9	168,9	1,6	46,4	36,8	1,8	308,8	0,4	83,2	255,0	13,1
	014-g	4,7	67,4	350,4	7,3	19,8	243,0	1,2	0,0	98,9	11,5	47,1	149,2	33,6	86,9	2,3	23,4	26,2	0,6	88,2	0,6	91,7	202,4	3,2
	007-g	4,3	216,0	1421,0	11,5	51,4	175,5	41,2	0,0	798,1	112,5	1129,6	162,5	42,9	899,4	113,3	133,8	85,7	51,2	774,0	1,6	337,0	202,4	13,0
	006-1g	5,1	220,0	1197,6	60,7	8,2	49,3	1,5	0,0	585,3	274,6	639,9	44,4	408,7	490,4	4,7	296,5	162,6	0,1	501,2	1,2	612,9	33,6	0,1
	006-2g	5,1	236,0	2335,3	128,3	7,6	70,6	1,5	0,2	574,3	297,5	726,2	48,7	474,9	538,8	7,6	321,4	210,7	0,2	481,8	2,7	607,0	43,5	2,3
	013-g	4,3	237,0	632,1	5,4	48,9	45,9	2,2	0,0	1267,4	16,2	1729,7	267,6	17,4	1559,7	2,8	21,6	49,8	0,3	1224,2	0,5	123,8	116,6	4,7
	016-g	5,5	159,0	871,6	115,2	3,1	1,0	22,1	0,2	704,7	13,5	638,3	216,3	391,6	499,4	96,2	31,8	119,6	2,7	663,9	11,3	295,6	251,5	1,0
	005-g	6,6	58,0	213,2	392,4	0,2	8,7	19,5	20,0	609,2	132,9	129,7	332,6	345,7	98,5	41,6	33,8	131,8	2,6	639,9	15,1	66,4	235,5	2,0
	004-3g	5,0	71,6	1116,9	43,1	10,8	1,6	16,8	0,7	268,1	40,5	124,9	126,1	157,6	166,6	63,8	66,6	68,8	5,9	227,0	4,7	141,5	270,8	3,5
	004-1g	4,4	75,7	1940,4	19,9	40,6	2,9	3,8	1,0	240,4	53,5	164,2	211,8	45,1	161,3	25,4	71,3	33,6	0,3	216,9	10,1	144,5	269,0	4,6
	004-2g	5,2	81,0	2794,9	194,3	6,0	3,3	59,3	1,8	284,4	8,5	249,4	133,8	189,4	196,4	93,2	19,1	58,1	1,1	258,3	7,4	338,7	367,7	1,8
	015-g	4,3	83,7	207,9	1,8	47,9	101,5	1,5	0,2	265,1	6,4	299,6	121,9	19,3	247,9	0,8	17,0	12,7	0,2	248,4	0,2	100,8	175,7	2,9
	002-g	4,9	36,6	1215,3	43,8	11,5	21,6	2,7	0,1	128,5	0,9	67,1	58,2	54,4	103,8	1,4	13,3	11,1	1,5	130,3	0,4	62,6	104,9	9,2
19-07-2021	BvZuid	6,8	41,9	27,4	67,2	0,2	2,3	3,0	0,6	157,8	60,0	128,5	5,0	35,5	162,7	9,1	60,2	27,0	0,8	107,6	0,8	19,7	5,0	0,1
	BvNoord	5,9	53,0	69,7	24,8	1,2	1,6	2,1	0,4	158,4	35,1	175,7	5,4	92,2	192,4	2,2	35,8	37,3	0,3	103,3	0,7	99,2	4,6	1,4
7-10-2021	BvNoord	6,2	74,6	41,0	25,0	0,7	0,4	1,6	0,0	218,5	49,3	201,7	1,5	137,9	250,8	0,5	76,3	55,1	0,1	209,3	0,5	137,5	0,0	1,2

Bijlage 3 Verslag boringen Beuven op 12 maart 2020 (door Em. Prof. Dr. J. Sevink)

Bijlage 4 Notitie verzadigde doorlatendheid, dry bulk density en textuur van de in het Beuven genomen monsters (door Em. Prof. Dr. J. Sevink)

Bijlage 5 Effecten samenvoegen Beuven op de fauna (door R. Versluijs)