kennisprogramma
Klimaatslim
Bos- en Natuurbeheer

RAPPORT

Hydrologische maatregelen voor een soortenrijker en veerkrachtiger bos

Hoe, wat, waar én waarom voor beheerders

,

Colofon

Deze publicatie is uitgebracht in het kader van het Klimaatenvelop MMIP-B4 Bos en Natuurproject. Dit project is onderdeel van het Kennisprogramma Klimaatslim Bos- en Natuurbeheer en mogelijk gemaakt met financiering van het ministerie van LVVN.

Auteursrecht

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Foto voorzijde	Elzenbroekbos in de Urkhovense Zeggen
Fotograaf	Rob van der Burg

Samenstelling

Rob van der Burg

Louise Franssen

Fabian Meijer

André Jansen

Redactie & opmaak

Marrie Hoedelmans

Fotoverantwoording

Rob van der Burg: pag 8, 15, 21, 24, 30, 35ro, 41, 45, 55, 57, 58, 63, 64, 65, 66
Louise Franssen: pag 29, 35ro, 47
Andre Jansen: pag 5, 9, 11, 12, 13, 16, 19, 48
Fabian Meijer: pag 28, 35lb, 35rb, 36
Dirkje Verhoeven: pag 53, 62

Inhoud

1 Introductie 5

1.1 Inleiding 6

1.2 Een praktisch rapport 6

2 Natte en vochtige bostypen in Nederland 8

2.1 Bossen van beekdalen en andere grondwatergevoede laagten 9

2.2 Bossen van hoogvenen en heideveentjes 13

2.3 Rivierbegeleidende bossen: zachthoutooibossen en hardhoutooibossen 14

2.4 Bossen van het zeekleilandschap 18

2.5 Bossen van het laagveenlandschap 18

3 Hydrologische processen in bossen 21

3.1 Sturende processen op landschapsschaal 21

3.2 Hydrologische systeemtypen 23

3.3 Het belang van hydrologische gradiënten 24

3.4 Morfologie van de bosbodem 26

3.5 Bosdynamiek 27

4 Wat is verdroging en hoe kun je dit herkennen? 29

4.1 Oorzaken van verdroging 30

4.2 Effecten van verdroging 32

4.3 Hoe herken je verdroging? 34

5 Waarom zou je de hydrologie willen verbeteren? 36

5.1 Herstel van de biodiversiteit 37

5.2 Het bos is meer klimaatrobuust 38

5.3 Het bos als waterbuffer 39

5.4 Het bos legt meer CO_2 vast 39

6 Hoe ga je stap voor stap aan de slag? 41

6.1 Landschapsecologische benadering 42

6.2 Maatregelen voor de beheerder 43

6.3 Verhogen van regionale grondwaterstanden 48

6.4 Omgaan met risico's 49

6.5 Monitoren en bijsturen 50
6.6 Aan de slag! 51
7 Voorbeelden van herstel 53
7.1 Brabantse leembossen 54
7.2 Koelbroek 56
7.3 Buulderbroek 57
7.4 Korenburgerveen 59
7.5 Groote Heide 61
7.6 Het dal van de Springendalse beek 65
Meer inspiratie & informatie 67

1 Introductie

Ruim een derde deel van onze bossen ligt op van oorsprong natte en vochtige groeiplaatsen. Op oude bosgroeiplaatsen gaat het vaak om bossen met een bijzondere flora en fauna. De grootste oppervlakte betreft jonge heidebebossingen waar nog veel natuurwinst te behalen is. De meeste bosgroeiplaatsen zijn echter verdroogd waardoor natuurwaarden sterk zijn afgenomen. De sleutel om deze achteruitgang te stoppen ligt in het verbeteren van de waterhuishouding, wat vraagt om maatregelen op grote schaal, zowel binnen als buiten het bos. Klimaatverandering maakt de opgave nog urgenter: extremen in droogte en neerslag nemen toe en daarmee ook de noodzaak om slimmer om te gaan met de waterhuishouding. Op veel plaatsen zijn bos- en waterbeheerders al aan de slag gegaan met het uitvoeren van hydrologische herstelmaatregelen. De kennis en ervaring die hierbij is opgedaan, is in dit praktische rapport verwerkt.

1.1 Inleiding

Een groot deel van het Nederlandse bos ligt op van oorsprong natte en vochtige standplaatsen. Op oude bosgroeiplaatsen gaat het vaak om bossen met een bijzondere flora en fauna, zoals elzenbroeken en vogelkers-essenbossen in beekdalen, en eiken-haagbeukenbossen op klei of leem. De meeste van deze bosgroeiplaatsen zijn echter verdroogd, en daardoor verzuurd en vermest geraakt. In veel opzichten zijn deze bossen gaan lijken op bossen van droge groeiplaatsen. Hierdoor is de kwaliteit van de bosvegetatie sterk afgenomen. Veel karakteristieke grondwaterafhankelijk bossoorten zijn zeldzaam geworden en worden met uitsterven bedreigd, zoals knikkend nagelkruid en zwartblauwe rapunzel. Grote oppervlakten bos op van oorsprong door grondwater beïnvloede standplaatsen zijn nog jong en aangelegd op sterk ontwaterde bodems. Hoewel deze bossen nu ouder worden en natuurwaarden toenemen treedt hier door verdroging nog geen ontwikkeling op waarbij soorten van natte of vochtige bossen terugkeren. Door het veranderende klimaat krijgen bossen bovendien te maken met meer droogte en extremere regenval die een extra bedreiging vormen voor de vitaliteit en biodiversiteit van onze bossen.

Het verbeteren van de waterhuishouding is een van de sleutelfactoren om de achteruitgang van de biodiversiteit te stoppen en natuurwaarden te vergroten. Dit zorgt er niet alleen voor dat bossen weer natter en gevarieerder worden, maar leidt tevens tot minder verzuring, afvoer van stikstof en een betere strooiselafbraak. Dit maakt bossen ook beter bestand tegen de gevolgen van klimaatverandering en helpt watersystemen klimaatrobuuster te worden en CO_2-emissie te verminderen. In verschillende bosgebieden – vooral in Natura 2000 gebieden – zijn inmiddels maatregelen uitgevoerd om de hydrologie te verbeteren. Deze maatregelen werpen duidelijk hun vruchten af; op verschillende plaatsen zien we afname van de verzuring en herstel van de bosflora doordat grondwater weer vaker en langer aan maaiveld komt. Tegelijkertijd zijn er ook projecten waar de maatregelen minder effectief zijn, er nauwelijks verbetering optreedt of juist zorgen voor verruiging, eutrofiering of bossterfte. Van deze ervaringen – zowel van de succesvolle als minder geslaagde voorbeelden – valt veel te leren. Deze lessen hebben we zoveel mogelijk in dit rapport verwerkt.

1.2 Een praktisch rapport

Met dit rapport willen we het belang van hydrologisch herstel in bossen toelichten en beheerders meer inzicht en ondersteuning bieden bij de uitdagingen rondom de waterhuishouding. Er is de afgelopen decennia veel kennis en ervaring opgedaan met hydrologische herstelmaatregelen, vooral in lage begroeiingen, maar ook in bossen. In dit rapport verzamelen en bespreken we deze inzichten: wat werkt goed, wat kan beter en wat heeft het opgeleverd. Op basis daarvan geven we advies voor een effectieve aanpak van hydrologische herstelprojecten in bossen.

We willen laten zien dat verbeteren van de waterhuishouding meer is dan alleen het verhogen van regionale grondwaterstanden. Ook aandacht voor detailontwatering, kleinschalig reliëf en herstel van geleidelijke gradiënten is essentieel. Een zo natuurlijk mogelijke waterhuishouding – met zo min mogelijk sloten en greppels en afvoer van regen- en oppervlaktewater over maaiveld – vormt de beste basis voor gevarieerde en

soortenrijke bossen. Op termijn zal dit ook een veerkrachtiger bos opleveren dat minder kwetsbaar is voor droogte en extreme regenval. Dit sluit ook goed aan bij andere ecosysteemfuncties, zoals water vasthouden en bergen en koolstofopslag in de bodem.

Hoe ga je nu te werk als je met hydrologische maatregelen aan de slag wilt? Een landschapsecologische systeemanalyse helpt om integraal naar het (bos)landschap te kijken en de kansen en knelpunten duidelijk in beeld te brengen. De hierbij verkregen inzichten kunnen worden verwerkt in een herstelstrategie en maatregelenplan, rekening houdend met verschillende doelen. Ook geven we adviezen over uitvoering van maatregelen, gebaseerd op ervaringen die de afgelopen jaren zijn opgedaan.

Het verbeteren van de hydrologie in bossen is niet altijd eenvoudig; er kan het nodige misgaan. We gaan in op hoe dat kan worden voorkomen. Soms moeten echter ingrijpende keuzes worden gemaakt. We geven daarvoor een afwegingskader, waarbij langetermijnperspectief voor herstel van de bosgroeiplaats onze richtlijn is.

De brochure gaat in feite over alle bossen in Nederland waar water een belangrijke rol speelt: bossen op de hoge zandgronden, maar ook bossen in laagveen-, zeeklei- en duingebieden. De nadruk ligt echter op de hoge zandgronden – de stuwwal-, dekzand- en beekdallandschappen – waar het grootste deel van het Nederlandse bosareaal ligt, en ook de meeste bossen met verdrogingsproblematiek. De onderliggende principes voor de aanpak van hydrologische herstel zijn in alle landschapstypen vergelijkbaar.

Deze publicatie met praktische insteek helpt beheerders op weg om te kijken waar ze aan de slag kunnen met hydrologische herstel, via analyse en met maatregelen, hoe ze dat kunnen doen en wat de uitgangspunten daarbij zijn.

2 Natte en vochtige bostypen in Nederland

Er is een grote verscheidenheid aan vochtige en natte bostypen. De termen natte en vochtige bossen wordt vaak door elkaar gebruikt, maar er zijn duidelijke verschillen. Natte bossen zijn gedurende het hele jaar door heel nat met een waterstand die fluctueert tussen water op maaiveld (winter en voorjaar) en niet meer dan 50 cm diep wegzakkend in de zomer. Onder deze omstandigheden wordt plantenmateriaal slecht afgebroken en vormt zich een veenbodem. Deze bossen behoren tot de broekbossen. Vochtige bossen kunnen in de winter ook heel nat zijn met een waterstand die tot in de wortelzone van de vegetatie komt (20 à 30 cm onder maaiveld of hoger), maar in de zomer zakt de grondwaterstand een stuk dieper weg (soms tot 150 cm onder maaiveld of zelfs meer).

Natte en vochtige bossen komen in alle Nederlandse landschappen voor. We beschrijven de verschillende typen in context met hun karakteristieke vegetatie, en de standplaatscondities en hydrologische processen die daarvoor bepalend zijn. Ook gaan we in op problemen in de waterhuishouding die zich voordoen en hoe die aan de hand van de soortensamenstelling kunnen worden herkend.

2.1 Bossen van beekdalen en andere grondwatergevoede laagten

2.1.1 Elzenzegge-elzenbroekbos

In beekdalen en kommen, waarin water langdurig stagneert, op zand- en veengronden, komen **elzenzegge-elzenbroeken** voor. De boomlaag van deze natte bossen bestaat vrijwel geheel uit zwarte els; de struiklaag is zwak ontwikkeld met vooral lianen (hop, kamperfoelie). De kruidlaag is gekenmerkt door soorten van zeer natte groeiplaatsen, zoals zeggen, waaronder de naamgevende elzenzegge, en helofyten. Dotterbloem, kruipende boterbloem en soms kleine valeriaan bepalen het voorjaarsaspect, en moerasruigtekruiden het zomeraspect. Rondbladig boogsterrenmos is kenmerkend voor de veelal zwak ontwikkelde moslaag. De standplaatsen van deze eutrafente bossen zijn zeer nat tot nat dankzij kwel van matig basenrijk tot basenrijk grondwater, die tot ver in het voorjaar het maaiveld bereikt. Daarna zakt de grondwaterstand ondiep uit, niet verder dan 40 à 50 cm onder maaiveld, waarna de waterstanden in oktober weer geleidelijk stijgen. In door basenrijk grondwater gevoede Elzenbroeken komt stijve zegge abundant voor, en is watervioliier vaak rijkelijk aanwezig. In de meest basenrijke vormen groeien tevens kleine valeriaan, grote boterbloem en paardenhaarzegge. Bij langdurige en intense kwel tot in maaiveld zijn soorten van bronnen te vinden, zoals bittere veldkers, en beide goudveilsoorten. Er is sprake van verdroging wanneer de zomergrondwaterstanden dieper wegzakken. Het water dat ‘s winters dan boven maaiveld staat, bestaat voor een belangrijk deel uit stagnant regenwater en niet meer uit grondwater. Kruipende boterbloem bereikt dan pleksgewijs hoge bedekkingen.

Elzenzegge-elzenbroekbos met kleine valeriaan in Achter de Voort

Het overgrote deel van de Nederlandse broekbossen is verdroogd. Bij lichte verdroging van basenrijke standplaatsen treedt moeraszegge op de voorgrond en bij nog wat sterkere verdroging framboos. Op minder

basenrijke, zuurdere standplaatsen komt bij lichte verdroging hennegras tot dominantie. Op zulke standplaatsen stonden natte elzenbroeken die door matig zuur, betrekkelijk basenarm grondwater werden gevoed, met in de boomlaag naast zwarte els ook zachte berk en soorten van zure kleinezeggemoerassen, zoals zompzegge en wateraardbei. Bij sterke verdroging wordt de toplaag van de bodem sterk zuur en treden in alle elzenbroeken stekelvarens op de voorgrond. Beekbegeleidende elzenzegge-elzenbroeken kunnen in de winter ook overstromen met beekwater, wat wordt geïndiceerd door zwarte bes. Het water in veel Nederlandse beken is echter overbelast met voedingsstoffen en slib. Zulke elzenbroeken zijn gekenmerkt door een vegetatie waarin plantensoorten van extreem voedselrijke omstandigheden domineren, zoals liesgras en grote brandnetel. Deze soorten, die dan vaak worden begeleid door gewoon sterrekroos of klein kroos, zijn ook aspectbepalend in elzenbroeken waar interne eutrofiëring optreedt als gevolg van zomeroverstromingen met sulfaatrijk (grond)water.

2.1.2 Zompzegge-berkenbroek

Ook het **zompzegge-berkenbroek** komt voor in laagten in het zandlandschap. In dit broekbostype bepaalt zachte berk de boomlaag en vormt sporkehout plaatselijk een ijle struiklaag. In de kruidlaag staan veel soorten van zure kleinezeggemoerassen. Behalve de naamgever zompzegge gaat ook om ander andere zwarte zegge, snavelzegge, moerasstruisgras, moeraswederik en wateraardbei. In de moslaag komen veenmossen voor, zoals gewimperd veenmos en gewoon veenmos. Deze lage standplaatsen worden gevoed door grondwater dat basenarm is en matig zuur tot zuur. Het heeft veel overeenkomsten met regenwater. Deze bossen worden niet overstroomd met beekwater; dat zou zorgen voor eutrofiëring van hun matig zure tot zure en voedselarme tot matig voedselrijke standplaatsen. De waterstanden in deze bossen zijn permanent hoog; ze zakken in de zomer weg tot hooguit 40 à 50 cm onder maaiveld. Dalen de grondwaterstanden verder uit dan treden verdroging, verzuring en vermesting op. Deze processen uiten zich in het algemeen orden of tot dominantie komen van moerasstruisgras, zwarte zegge, hennegras en uiteindelijk ook stekelvarens.

2.1.3 Beekbegeleidende bossen: goudveil-essenbossen en vogelkers-essenbossen

Langs beken komen beekbegeleidende of alluviale bossen voor van het Verbond van els en vogelkers. Langs bronbeken gaat het om **goudveil-essenbossen** en langs trager stromende beken om **vogelkers-essenbos**. Net als in elzenbroeken zijn de wintergrondwaterstanden hoog. Ze reiken tot in of net boven maaiveld. Overstromingen met grond- en/of beekwater kunnen optreden, maar duren vergeleken met elzenbroeken veel korter. In de zomer zakken de grondwaterstanden diep uit, tot wel 80 tot 100 cm onder maaiveld, als gevolg van de lage zomerbeekpeilen. Langs de bronbeken zakken de standen waarschijnlijk wat minder diep uit. Deze bossen vormen in tegenstelling tot de elzenbroeken dan ook geen veen. Ondanks de sterke grondwaterschommelingen is de bodem van deze bossen goed gebufferd tegen verzuring door de combinatie van toevoer van basenrijk tot kalkrijk grondwater in de wortelzone en het vaak leemrijke karakter van de zandbodems. Daardoor wordt het adsorptiecomplex van de bodem jaarlijks goed gevuld met basische ionen die in de droge periode zuur goed kunnen bufferen. De pH van de bodem is dan ook hoog, waardoor organisch materiaal goed wordt omgezet en de humusrijke toplaag van de bodem vaak niet al te dik is. Deze abiotische gesteldheid is goed herkenbaar in de vegetatie. De zeer soortenrijke kruidlaag met een duidelijk voorjaarsaspect is een combinatie van drie groepen soorten. Ten eerste soorten van rijpere, oudere bodems, zoals slanke sleutelbloem, bosanemoon, boskortsteel en donkersporig bosviooltje. De tweede groep bestaat

Goudveil-essenbos in het Teutoburgerwoud

uit soorten van vochtige standplaatsen, zoals ruwe smele, grote wederik, groot heksenkruid, moerasspirea, pinksterbloem en kale jonker, of natte standplaatsen (bij bronbeken), zoals moerasstreepzaad, dotterbloem, knikkend nagelkruid, verspreidbladig goudveil, reuzenpaardenstaart, boserepprijs en boswederik. Tot de derde groep, behoren soorten van stikstofrijke standplaatsen, waaronder grote brandnetel, geel nagelkruid, reuzenzwenkgras, hondsdraf en speenkruid. In de boomlaag zijn Gewone es en zwarte els bepalend. De struiklaag is vaak goed ontwikkeld met de naamgevende vogelkers als belangrijkste soort en verder onder andere hazelaar, kardinaalsmuts, Gelderse roos en rode kornoelje. De moslaag is veelal matig ontwikkeld met in de bronbeekbegeleidende bossen levermossen (gewoon plakkaatmos), gerimpeld boogsterrenmos en beekdikkopmos.

2.1.4 Stagnatiebossen: Eiken-haagbeukenbossen en Vogelkers-essenbos

Op de hogere zandgronden staan bossen op plekken waaraan of vlak onder maaiveld voor water slecht doorlatende klei- en leemlagen voorkomen. Het kan gaan om oude rivierkleien, beeklemen, potklei, keileem, en Tertiaire kleien, maar ook om sterk lemige oude dekzanden of löss. Kenmerkend voor deze standplaatsen is de sterk wisselnatte waterhuishouding met ’s winters natte tot zeer natte omstandigheden door waterstagnatie op of toestroming van lokaal grondwater over de slecht doorlatende laag en ’s zomers diep wegzakkende waterstanden van 80 cm tot veel meer dan een meter. De oppervlakkige slecht doorlatende lagen, vooral wanneer ze uit leem bestaan, hebben echter een goed vochtleverend vermogen, waardoor soorten van vochtige omstandigheden zich goed kunnen handhaven. Soorten van natte omstandigheden

Voorbeeld van eiken-haagbeukenbos met slanke sleutelbloem, bosanemoon en guldenboterbloem (Heksenbos, Willinks Weust)

komen alleen voor wanneer een wat dikker zandpakket rust op de slecht doorlatende ondergrond; voor deze soorten is de grondwatervoorraad hier groot genoeg ter overbrugging van de droge zomerperiode De oppervlakkig gelegen leem of klei zorgen voor een tegen verzuring goed gebufferde bode. Daarom is de pH betrekkelijk hoog – deze ligt in het matig tot zwak zure bereik – en wordt organisch materiaal goed afgebroken, waardoor zwak eutrofe omstandigheden heersen. Op deze standplaatsen voelen **eiken-haagbeukenbosse**n en elzen-vogelkersbossen zich thuis. De eerstgenoemde bossen nemen vergeleken met de laatstgenoemde de wat hogeren en wat drogere standplaatsen in; het zandpakket op de slecht doorlatende ondergrond is heel dun, vaak slechts enkele decimeters. Net als de vegetatie van de hierboven al beschreven **vogelkers-essenbossen** zijn eiken-haagbeukenbossen van de hogere zandgronden gekenmerkt door soorten van oude bosgroeiplaatsen, vochtige standplaatsen en stikstofrijke omstandigheden. Soorten van natte standplaatsen ontbreken echter. Hydrologisch gezien overheerst wegzijging van regenwater naar de diepere ondergrond, wat zorgt voor oppervlakkige verzuring van de bovengrond. Daarom komen in tegenstelling tot de Vogelkers-essenbossen in de Eiken-haagbeukenbossen op zandgronden (en lössbodems) dikwijls kruidachtigen voor van drogere en zuurdere omstandigheden, plaatselijk soms zelfs in hoge bedekkingen, zoals dalkruid, witte klaverzuring en adelaarsvaren, en in de boom- en struiklaag hulst, lijsterbes en wilde kamperfoelie.

2.2 Bossen van hoogvenen en heideveentjes

In deze permanent natte levensgemeenschappen kan alleen op minder natte plaatsen bos groeien. In hoogvenen is dat alleen het geval aan de randen van de hoogveenkoepels, hoewel er meestal van wordt uitgegaan dat de randen van de Nederlandse hoogvenen boomloos waren. Hoogveenranden, en zeker niet ontwaterde, zijn in Nederland amper bewaard gebleven. In veentjes en venige laagten (stroeten, rijten) in vroegere, nu vaak beboste heiden en zandverstuivingen kunnen ook bossen tot ontwikkeling komen op

Het dophei-berkenbroek bezit een ijle boomlaag van laagblijvende - veelal niet hoger dan enkele meters - zachte berk met daaronder een door veenmossen, dwergstruiken en eenarig wollegras gedomineerde kruid-moslaag.

veraarde veenbodems of op dikkere, drijvende kraggen waar zich geen luchtig veen met grote poriën heeft kunnen vormen. Op al deze standplaatsen kan het **dophei-berkenbroek** zijn ontstaan. In hoogvenen heeft de gemeenschap zich weten te ontwikkelen en handhaven in en om verlande turfgaten. De grondwaterstanden staan langdurig aan maaiveld en plaatselijk boven maaiveld en zakken ’s zomers kortstondig 40 à 50 cm diep weg. Deze “hoogveen”bossen zijn vrijwel volledig neerslagafhankelijk (ombrotrafente), hoewel ter plekke van dunne restveenpakketten sprake van enige invloed van basenarm grondwater kan zijn.

Verder komen langs de randen van de genoemde overwegend zure tot matig zure venige laagten en veentjes struwelen van de **associatie van geoorde wilg** voor. Deze struwelen staan (wat) meer onder invloed van basenarm grondwater dan het Dophei-Berkenbroek dat vanuit nabijgelegen ruggen toestroomt. De uitbundige struiklaag bestaat naast geoorde wilg uit vuilboom, zachte berk, gagel en wat grauwe wilg. In de kruidlaag groeien vaak pijpenstrootje en pitrus en tussen de pollen hiervan waterveenmos en/of geoord veenmos en fraai veenmos. Op de pollen kunnen gewoon veenmos en gewimperd veenmos groeien, minerotrafente soorten ofwel soorten die enige grondwaterinvloed indiceren. Ook gewoon haarmos kan met hoge bedekkingen voorkomen en hoge buten vormen. In de kruidlaag staan verder soorten van natte, basenarme en oligo-mesotrofe omstandigheden, zoals moerasviooltje, melkeppe, gewone wederik, zwarte

zegge, zompzegge en soms draadzegge, sterzegge of snavelzegge. Deze struwelen zijn nauw verwant aan de zompzegge-berkenbroeken, maar hun standplaatsen zijn natter.

Het dophei-berkenbroek bezit een ijle en lage boomlaag van laagblijvende - veelal niet hoger dan enkele meters - zachte berk met daaronder een door veenmossen, dwergstruiken en eenarig wollegras gedomineerde kruid-moslaag. De struiklaag is heel zwak ontwikkeld en bestaat vooral uit jonge berkjes, In de door veenmossen gedomineerde moslaag komen zowel slenk- als bultvormende soorten in hoge bedekkingen voor, naast rood viltmos en veenhaarmos (de variëteit *affine* van echt zandhaarmos). Violet veenmos groeit hoofdzakelijk in dit bostype. Andere kenmerkende mossen zijn onder andere bronsmos, heideklauwtjesmos, bos-kronkelsteeltje, peermos en gewoon gaffeltandmos. Een andere opvallende verschijning in deze bossen is rode bosbes, die er hoge bedekkingen kan bereiken. Van de dwergstruiken noemen we verder struikhei, gewone dophei, kraaihei, lavendelhei, kleine veenbes, blauwe bosbes en rijsbes. Andere kenmerkende of constant voorkomen vaatplanten zijn veenpluis, pijpenstrootje, bochtige smele en smalle stekelvaren. Er is sprake van verdroging wanneer de drie laatstgenoemde soorten in hoge bedekkingen voorkomen, de bedekking van veenmossen en dwergstruiken laag is en de berken hoog worden.

2.3 Rivierbegeleidende bossen: zachthoutooibossen en hardhoutooibossen

Het rivierengebied is het domein van de ooibossen, ofwel bossen van voedselrijke tot zeer voedselrijke standplaatsen. Zachthoutooibossen zijn te vinden in de lage delen die vrijwel jaarlijks met rivierwater worden overstroomd. Hardhoutooibossen staan hoger in het landschap. Zij raken overstroomd bij meer dan gemiddeld hoge rivierstanden en staan aan de bovenrand van de winterse overstromingszone. Beide bostypen zijn ook binnendijks te vinden: de zachthoutooibossen inde laagste delen van de voormalige rivierkommen en de hardhoutooibossen op voormalige stroomruggen en oeverwallen. De zachthoutooibossen behoren vegetatiekundig tot de wilgenvloedbossen en -struwelen en de hardhoutooibossen tot het Verbond van els en vogelkers. Het waterregime van beide typen ooibossen is te karakteriseren als extreem wisselvallig d.w.z. met hoge, door de rivier bepaalde waterstanden in de winter en tot een meter of veel meer uitzakkende zomergrondwaterstanden, waarbij in de zachthoutooibossen ook vrijwel jaarlijks overstromingen plaatsvinden, steeds vaker ook zomeroverstromingen. In de binnendijkse ooibossen doen zich veel minder vaak overstromingen voor, meestal gaat het om regenwater dat stagneert na perioden met veel neerslag. Door een polderpeilbeheer van ’s winters lage standen en ’s zomer hoge standen zijn de wintergrondwaterstanden op de standplaatsen van hardhoutooibossen vaak aanzienlijk gedaald, terwijl de zomergrondwaterstanden nog steeds diep wegzakken, ondanks de hoge zomerpolderpeilen. De geringe hoogte van het grondwater in de zandondergrond, die het gevolg is van de lage rivierstanden in de zomer, zorgt voor een sterke wegzijging van water uit de hoger gelegen stroomruggen en oeverwallen.

Zachthoutooibos in de Biesbosch; een wilgenvloedbos wat na de afsluiting van de Haringvliet minder vaak overstroomd en daardoor sterk is verruigd.

In de boomlaag van de zachthoutooibossen is Schietwilg veelal dominant. Op zandige strandjes langs de rivier kan de zwarte populier zich massaal vestigen. Vaak is populier aangeplant. In grienden, de hakhoutgebruiksvorm van de zachthoutooibossen, zijn vooral lage bomen en struikvormige wilgen aspectbepalend. Behalve om schietwilg gaat het om zoals kraakwilg, bittere wilg, katwilg en amandelwilg. Sommige van deze soorten vormen de struiklaag binnen de hoogopgaande wilgenvloedbossen. In de kruidlaag treden plantensoorten van moerassige ruigten op de voorgrond en op de meest dynamische zandige plaatsen ruderale soorten. De meeste soorten van wilgenvloedbossen kunnen zich snel vestigen en zijn harde groeiers waardoor zich in een kort tijdbestek hoogopgaande wilgenbossen kunnen ontwikkelen. In deze “oudere” bossen overheerst grote brandnetel in de ondergroei, en na extreme hoogwaters tijdelijk de moerassoorten gele waterkers en watermunt. Vegetatiekundig zijn de zachthoutooibossen onder te verdelen in 3 associaties. Als eerste het **bijvoet-ooibos**, dat te vinden is dicht langs de rivier op de meest dynamische en meest zandige delen. Naast zwarte populier, komen veel soorten van ruderale standplaatsen voor, zoals bijvoet, akkerdistel, reukloze kamille, akkerkers, boerenwormkruid en grote weegbree. Het **lissen-ooibos**, de tweede associatie, groeit in laagten waarin naast zand vooral fijnere deeltjes (lutum, klei) worden afgezet bij overstromingen. De soortensamenstelling van kruidlaag van deze bossen lijkt veel op die van de elzenbroeken in de benedenlopen van beekdalenstandplaatsen, met moerasplanten als scherpe zegge, gele lis, watermunt, gele waterkers, moeraswalstro, penningkruid, moerasandoorn en moeraskruidkruid. Het **veldkers-ooibos**, ten slotte, wordt alleen in het zoetwatergetijdengebied aangetroffen, d.w.z. in het deel van de benedenloop van rivieren dat onder invloed staat van eb en vloed. Dit type is gekenmerkt door soorten die hun optimum kennen in de elzenbroeken in grondwatergevoede beekdalen, zoals bittere veldkers, moerasstreepzaad, dotterbloem en de tot deze bossen beperkte spindotterbloem. Daarnaast is fluitenkruid kenmerkend en in de

natste vormen grote waterweegbree. Na het afsluiten van het Haringvliet viel het getij grotendeels weg – en daarmee de dagelijkse overstromingen – en verruigde deze ooibossen sterk. Vlier is abundant in de struiklaag en grote brandnetel overheerst in de kruidlaag.

De boomlaag van de hardhoutooibossen is duidelijk soortenrijker dan die van de zachthoutooibossen. Gewone es, gladde iep, zomereik en gewone esdoorn voeren de boventoon in de boomlaag en zijn soms vergezeld van witte en/of grauwe abeel. In de struik- en kruidlaag van deze eutrafente begroeiingen kunnen gewone vlier, grote brandnetel en reuzenbalsemien tot dominantie komen. Binnen de hardhoutooibossen worden twee typen onderscheiden.

Het **abelen-iepenbos**, komt zowel binnen- als buitendijks voor op vaak kalkrijke, zwak zure tot licht basische, zand- en zandige, (lichte) zavelbodems van stroomruggen, rivierduinen en oeverwallen. Het **essen-iepenbos** is beperkt tot kleibodems in binnendijkse gebieden en staan daarom ook wel bekend als kleibossen. De kruidlaag van het eerste type is soortenrijk en kent veel vroege voorjaarsbloeiers, waaronder diverse bol- en knolgewassen, zoals speenkruid, gewone volgelmelk, gevlekte aronskelk, bosgeelster, gulden boterbloem, slangenlook, vingerhelmbloem, en gewone salomonszegel en daarnaast maarts viooltje. Bollen en knollen worden eenvoudig losgeslagen en meegevoerd door (kolkend) rivierwater en elders weer gedeponeerd, een uitgekiende dispersiewijze. Verder zijn schaafstro en boskortsteel opvallende verschijningen. Binnendijks

Voorbeeld van het abelen-iepenbos op de slotheuvel van Bronckhorst langs de IJssel. In dit bos staan naast bosanemoon ook speenkruid, gewone volgelmelk, gevlekte aronskelk, bosgeelster, gewone salomonszegel en maarts viooltje.

komt dit type voor als stinzenbos rondom oude stenen huizen, thans veelal landgoederen. Ook dit type is gekenmerkt door een groot aantal oorspronkelijk uitheemse, aangeplante bol- en knolgewassen, waaronder winterakoniet, sneeuwklokje, blauwe anemoon, blauwe druifjes, wilde narcis, trompetnarcis, boerenkrokus en bonte krokus. De struiklaag van deze bossen is vaak goed ontwikkeld en soortenrijk, met o.a. eenstijlige en tweestijlige meidoorn, wilde kardinaalsmuts, gewone vlier en Spaanse aak. In de kruidlaag komen net als in het vogelkers-essenbos veel stikstofminnende soorten voor, waarvan de zomerse tapijten van zevenblad opvallen.

Het essen-iepenbos heeft nauwelijks eigen kenmerkende soorten met uitzondering van hondstarwegras. Het is vooral te vinden op binnendijkse kleibodems en is daarom langer vochtig dan de zandige bodems waarop het abelen-iepenbos staat; soms bereikt grondwater zelfs kortstondig de wortelzone van de kruidachtigen. Dit komt dan ook tot uiting in de soortensamenstelling. In het essen-iepenbos komen nog enkele helofyten voor en ontbreken bol- en knolgewassen vrijwel geheel. Op de natste standplaatsen komen zwarte els en schietwilg voor. Ook in dit bostype zijn stikstofminnende soorten aspectbepalend en komen daarnaast in lage bedekkingen moerasplanten voor. Verder komt klimop regelmatig voor, net als dauwbraam, kleefkruid, look-zonder-look en grote brandnetel, net als de vochtminners kluwenzuring, bloedzuring en smeerwortel. De moslaag is zwak ontwikkeld en bestaat uit algemene, weinig kritische soorten. Deze kleibossen staan ook bekend om hun bijzondere epifytenflora op hakhoutstoven en knotbomen, vooral in oud essenhakhout, zoals langs de Nederrijn en Kromme Rijn. Ook dit bostype kan als stinzenbos ontwikkeld zijn, vooral in de Betuwe, langs de Utrechtse Vecht. Het is, vergeleken met de stinzenbossen van het abelen-iepenbos, vooral gekenmerkt door donkere ooievaarsbek (Utrechtse Vecht) en breed klokje (Neder-Betuwe), en in mindere mate door Italiaanse aronskelk, holwortel en bostulp. Gewoon sneeuwklokje komt binnen deze stinzenbossen het meest voor. Ook bloedzuring vertoont een voorkeur voor deze landgoedbossen. Opvallend is verder de aanwezigheid van verschillende sierheesters, zoals sneeuwbes, die tot woekering kan komen, boerenjasmijn en Alpenbes.

Ooibossen komen ook voor langs kleinere rivieren, zoals de Dinkel, Overijsselse Vecht en Oude IJssel, en grotere beken zoals de Boven-Slinge. Daar, maar ook langs de grote rivieren staan ze bloot aan vermesting als gevolg van overstroming of lokale kwel het nog steeds zeer tot extreem voedselrijke rivierwater en het daarop sterk gelijkende rivieroevergrondwater. Binnendijks hebben ruilverkavelingen en daarmee samengaande - en dankzij de komst van krachtige elektrische gemalen strak handhaafbare - polderpeilverlagingen geleid tot grondwaterstandsdalingen, vooral in winter en vroege voorjaar waardoor veel vochtminnende soorten achteruit zijn gegaan of verdwenen, mede doordat ze concurrentiestrijd met hoogopgaande ruigtekruiden verloren en de bovenste bodemlaag verzuurd raakte. De aanleg van binnendijkse geulen of de verdieping van bestaande oude riviergeulen tot in de zandondergrond heeft een overeenkomstig effect. Buitendijks heeft verdieping van de hoofdgeul gezorgd voor sterk gedaalde voorjaars- en zomergrondwaterstanden, die via de zandondergrond binnendijks doorwerken en daar voor verdere verdroging zorgen.

2.4 Bossen van het zeekleilandschap

Het zeekleigebied is arm aan bossen, hoewel het areaal de laatste driekwart eeuw toegenomen is door bosaanplant in vooral de IJsselmeerpolders. De oudste bosgroeiplaatsen liggen op landgoederen bij kastelen en landhuizen en worden stinzenbossen genoemd. Daar kunnen **abelen-iepenbossen** en **essen-iepenbossen** tot ontwikkeling zijn gekomen. Een uitgebreidere beschrijving van beide typen en hun stinzenbossen is te vinden onder het kopje Rivierengebied. Het abelen-iepenbos is te vinden op door de mens gecreëerde bodems, op meer zandige kleibodems in Friesland en Groningen (vaak op kwelderruggen), dijken in Zeeland en stadswallen van en parkbossen in oude vestingsteden, zoals Groningen. Het Essen-Iepenbos komt voor op Walcheren en op de Gronings-Friese kleigronden op zwaardere kleigronden. De lanen in deze bossen zijn rijk aan paddenstoelen, die mycorrhiza's vormen met linde of zomereik.

De jonge, aangeplante bossen hebben een kruidlaag die hoofdzakelijk bestaat uit ruderale, stikstofminnende soorten, zoals grote brandnetel, kleefkruid, zevenblad en look-zonder-look, naast soorten met zaden en sporen die makkelijk door de wind worden verspreid (varens, bergbasterd wederik) en besdragende soorten, zoals aalbes, die door vogels worden aangevoerd. De kenmerkende bol- en knolgewassen ontbreken tot op heden grotendeels vanwege de moeizame dispersie van de grotere wortelorganen. Ook diverse kenmerkende boomsoorten zijn (nog) afwezig, wat wordt geweten aan problemen bij de vestiging van hun kiemplanten en het uitgroeien daarvan tot volwassen bomen.

2.5 Bossen van het laagveenlandschap

De bossen in het laagveengebied van West- en Noord-Nederland en Noordwest-Overijssel bestaan uit **moerasvaren-elzenbroeken** en **zompzegge-berkenbroeken**. Beide zijn veelal successiestadia van de verlanding van vooral door turfwinning ontstane laagveenplassen. Het zijn daarom overwegend jonge bossen, vaak nog geen halve eeuw oud. Oudere bossen zijn zeldzaam en komen voor op niet vergraven veenbodems of veenbodems met een dunne kleilaag. Natuurlijke groeiplaatsen van het moerasvaren-elzenbroek bevinden zich op de overgang van de hogere zandgronden naar het laagveengebied, zoals in het Naardermeer en het Leekstermeer. De laagveenbossen liggen grotendeels in natuurgebieden, die door reliëfinversie inmiddels de hoogste delen van het landschap vormen. Deze reliëfinversie is het gevolg van de steeds diepere ontwatering van de aangrenzende landbouwgebieden, terwijl in de natuurgebieden via waterinlaat hoge peilen worden gehandhaafd. Daardoor daalt de bodem in de natuurgebieden minder snel dan die in hun omgeving. Het gevolg is dat de natuurgebieden veranderd zijn in gebieden met sterke infiltratie, terwijl voorheen sprake was van kwel, van hydrologisch neutrale omstandigheden waarin op jaarbasis kwel nog infiltratie optreedt of van lichte infiltratie. In deze gebieden zijn de grondwaterstanden in de winter hoog, maar in de zomer zakken ze diep weg, minstens tot 50 cm onder maaiveld; alleen in de directe nabijheid van het oppervlaktewater blijven de standen ook 's zomers hoog. De hoge winterstanden zijn het gevolg van het winterse neerslagoverschot, waardoor de waterkwaliteit in de wortelzone van de vegetatie – en vaak ook ver daar beneden - sterk lijkt op die van regenwater. Dat heeft vanzelfsprekend consequenties op de vegetatie van de broekbossen.

Er ontwikkelen zich moerasvaren-elzenbroeken wanneer de bovenste, veelal drijvende veenlaag (kragge) in contact staat met uittredend grondwater of met oppervlaktewater dat onder en in de nog dunne kragge is doorgedrongen. De standplaats van deze bossen is te kenschetsen als overwegend basenrijk tot matig basenrijk en eutroof. Deze elzenbroeken blijven vaak laag, tot hoogstens 12 meter hoog, hebben een struiklaag met lijsterbes, zwarte bramen, grauwe wilg en de bastaard van grauwe en geoorde wilg. In de kruidlaag is moerasvaren de meest opvallende, vaak aspectbepalende soort. Daarnaast zijn pluimzegge, oeverzegge en gewone wederik kenmerkend. Verder bestaat de kruidlaag uit hoogopgaande plantensoorten van natte ruigten en moerassen, onder andere hennegras, gele lis, melkeppe, kale jonker, haagwinde, en kattenstaart. In de goed ontwikkelde moslaag komen veenmossen voor (haak- en gewimperd veenmos), naast o.a. lippenmos, moerasbuidelmos, gewoon en hartbladig puntmos, gewoon kantmos, fijn laddermos en gewoon dikkopmos.

Zompzegge-berkenbroekbos met gewoon veenmos en slangenwortel.

Gedurende de successie wordt de kragge dikker en dringt neerslagwater tot op grotere diepte door. Het aandeel zuurminnende soorten neemt toe, waaronder de veenmossen, terwijl steeds minder soorten van basenrijkere omstandigheden zich weten te handhaven. Het zijn vooral diep wortelende vaatplanten die zich weten te handhaven, zoals riet, gewone wederik, hennegras en moeras- en oeverzegge, soorten die dit elzebroek gemeenschappelijk heeft met het zompzegge-berkenbroek, dat ontstaat als volgend successiestadium (of zich ook uit Veenmosrietland kan ontwikkelen, wanneer dat niet langer wordt gemaaid). De standplaats van dit bostype moet worden beschouw als basenarm, zuur tot hoogstens matig zuur, en mesotroof tot plaatselijk oligotroof.

In het eveneens laagblijvende zompzegge-berkenbroek overheerst in de boomlaag zachte berk, die vaak begeleid wordt door een enkele zwarte els, zomereik en lijsterbes. Sprokehout bepaalt de ijle struiklaag en is vergezeld van grauwe wilg, de bastaard van grauwe en geoorde wilg en zwarte bramen en de laagblijvende

lianen bitterzoet en wilde kamperfoelie, Behalve soorten die dit bostype gemeenschappelijk heeft met het moerasvaren-elzenbroek is de eveneens ijle kruidlaag gekenmerkt door zuurminnende soorten, waaronder de naamgever zompzegge, pijpenstrootje, pitrus, moerasstruisgras, melkeppe en stekelvarens, vooral smalle. Dwergstruiken ontbreken vrijwel in tegenstellig tot het veenmos-berkenbroek. Het voorkomen van pijpenstrootje en pitrus duidt, ondanks hun niet al te hoge bedekking, toch op relatief sterk schommelende grondwaterstanden. Het ligt dan ook niet voor de hand dat deze bossen zich uiteindelijk verder ontwikkelen tot hoogveen. De moslaag is weelderig en bestaat hoofdzakelijk uit zogeheten minerotrafente veenmossen, waarvan gewimperd veenmos in de hoogste bedekkingen voorkomt. Daarnaast moeten fraai, veenmos en de kensoorten, gewoon, sparrig en slank veenmos worden genoemd en van de topkapselmossen gewoon sterrenmos, peermos, gewoon haarmos en rood viltmos.

Beide bosgemeenschappen zijn gevoelig voor verdroging en vermesting. Verdroging treedt op door daling van de grondwaterstanden, meestal als gevolg van verdere dalingen van de polderpeilen in de omgeving. Door verdroging raakt de veenbodem beter en langer doorlucht, wat de afbraak van organische stof bevordert, waardoor meer nutriënten beschikbaar komen voor de vegetatie. Vlier, grote brandnetel, framboos en grote brandnetel nemen dan toe. Verdroging leidt uiteindelijk tot droge, nog zuurdere omstandigheden, waarvan zwarte bramen, pijpenstrootje, hulst, lijsterbes, zachte berk, zachte witbol en stekelvarens weten te profiteren. Toevoer en indringen van hard en voedselrijk oppervlaktewater bevordert de groei van hoogproductieve, eutrafente soorten wat goed zichtbaar is langs de oevers van vaarten en sloten die deze bossen doorkruisen, o.a. aan de zomen van pluimzegge, oeverzegge, moeraszegge, hoge cyperzegge, lisdoddes, echte valeriaan, moerasandoorn en mattenbies.

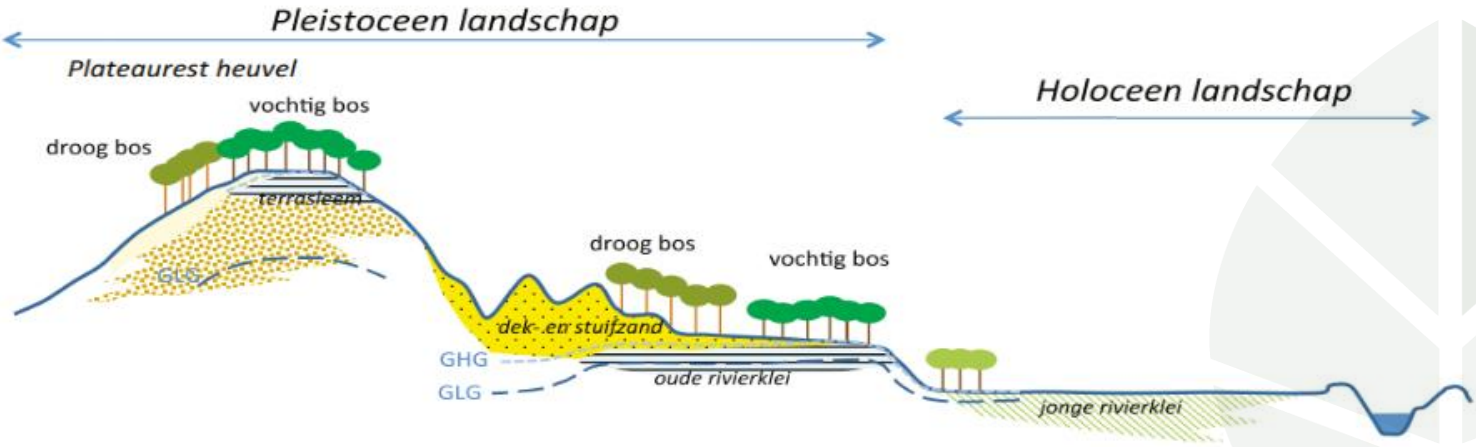
3 Hydrologische processen in bossen

Een goed begrip van hydrologische processen is essentieel voor een effectieve verbetering van de waterhuishouding in bossen. Hoewel de hydrologie in bossen grotendeels overeenkomt met die van andere terrestrische natuurgebieden, zijn er specifieke kenmerken in ontstaansgeschiedenis en de huidige toestand die bepalend zijn voor de herstelmogelijkheden. Daar gaan we in dit hoofdstuk wat dieper op in.

3.1 Sturende processen op landschapsschaal

Op landschapsschaal bepalen de regionale en lokale grondwaterstromen in combinatie met het reliëf en de bodemopbouw de grote diversiteit aan bostypen. Sturende hydrologische processen aan het aardoppervlak zijn infiltratie van regen- en oppervlaktewater, oppervlakkige afstroming, kwel en inundatie. Grondwater stroomt van hoger gelegen infiltratiegebieden naar lagergelegen kwelgebieden. Het type grondwatersysteem wordt bepaald door het reliëf en de opbouw van de ondergrond met watervoerende pakketten en slecht

doorlatende lagen. Hoge delen van het landschap staan onder invloed van infiltrerend regenwater en zijn daardoor doorgaans zuur en basenarm.



Bostypen en hydrologische processen op landschapsschaal

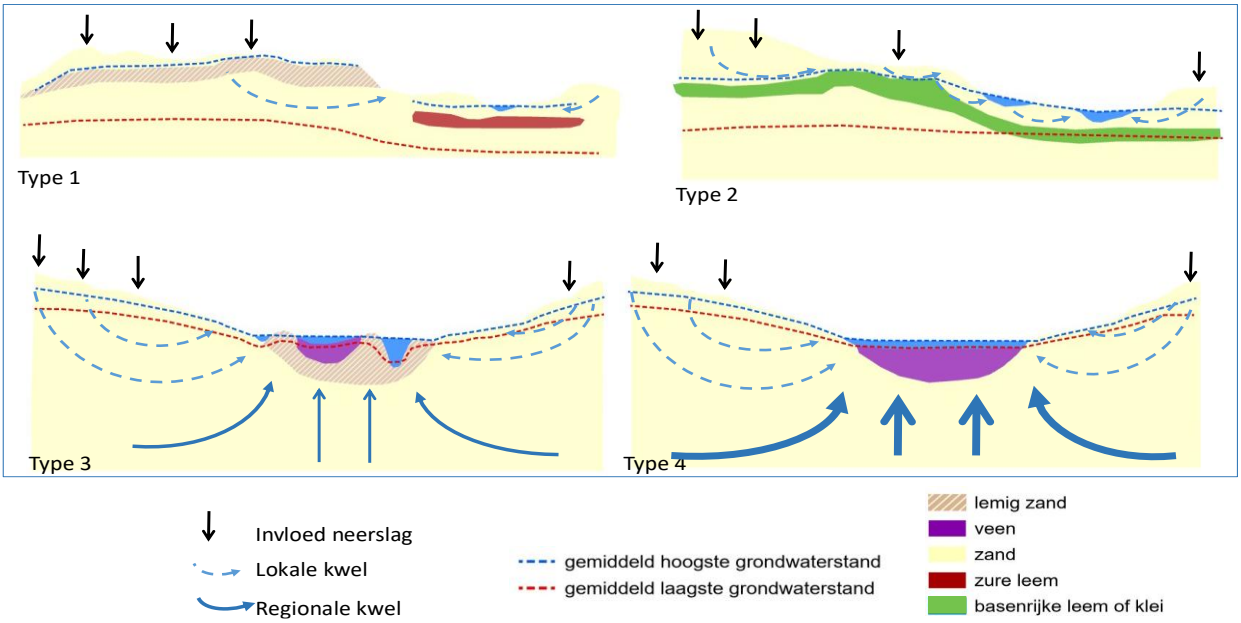
Laag in het landschap, in de beekdalen en kommen of depressies, kan grondwater uit grotere, regionale, systemen aan de oppervlakte komen. Dit uittredende grondwater kan door een langere verblijftijd in de bodem 'aangerijkt' zijn met mineralen en resulteren in basenrijk tot zelfs kalkrijk, of ijzerrijk grondwater. Dit uittredende grondwater kan door een langere verblijftijd in de ondergrond aangerijkt zijn met mineralen en is vaak ijzerrijk en basenrijk tot zelfs kalkrijk, doordat het onderweg in contact is gekomen met ijzerrijke en/of basen- of kalkrijke afzettingen. Ontbreken zulke afzettingen dan zal het diepere grondwater betrekkelijk basenarm zijn, zoals bijvoorbeeld op veel plekken op de Veluwe het geval is. Grondwater met een korte verblijftijd is van lokale oorsprong en lijkt meestal nog veel op regenwater, tenzij het in contact is geweest met kalkrijkere bodems, bijvoorbeeld kalkrijke leem- of kleigronden. Dan kan dit lokale grondwater een samenstelling hebben die vergelijkbaar is met diep grondwater uit grotere, regionale, systemen.

Kwelgebieden van grotere grondwatersystemen vertonen een geringere fluctuatie in grondwaterstanden dan kwelgebieden die door lokaal grondwater gevoed worden. Bossen langs beken en grote rivieren worden niet alleen door uittredend grondwater beïnvloed, maar ook door de dynamiek in beek- en rivierafvoeren. Bij hoge waterstanden overstromen de lage gebieden waarbij plaatselijk sediment wordt afgezet, dat een belangrijke bron van basen en nutriënten was en is. Door beïnvloeding van meststoffen uit de landbouw en rioolwater is dat water en het daarin aanwezige slib heel veel voedselrijker geworden. Zulk water wordt hypertroof genoemd ofwel extreem voedselrijk. Door overstromingen met dit hypertrofe water zijn beek- en rivierbegeleidende bossen sterk verruigd d.w.z. hoogproductieve plantensoorten (ruigtekruiden) zijn toegenomen en bepalen het aspect van de vegetatie.

3.2 Hydrologische systeemtypen

Afhankelijk van de plaats in het landschap kunnen in bossen verschillende hydrologische systeemtypen onderscheiden worden. Deze verschillen zijn het gevolg van de dikte van het watervoerend pakket (dun of dik), de basenrijkdom van de bodem of het grondwater (basenarm of basenrijk) en de intensiteit van de kwel (laag of hoog). De vier onderscheiden typen zijn schematisch weergegeven in figuur xxx. Vanzelfsprekend zijn de afbakeningen niet haarscherp en zijn er overgangen. Deze systeemtypen bepalen in grote mate welk bostypen tot ontwikkeling kunnen, door welke hydrologische veranderingen de bostypen aangetast worden en welke maatregelen nodig zijn om de hydrologie te verbeteren.

Systeemtype		Landschapstype	Water-voeren d pakket	Bodemtypen	Bostypen
1	Zeer lokaal, jong zuur grondwater, geen diepe kwel, alleen lokaal grondwater	Dekzandlandschap	Dun	Veldpodzol Gooreerd Moerpodzol Veengronden	Vochtig Berken-Eikenbos **Vochtig Beuken-Eikenbos** Berkenbroekbos
2	Zeer lokaal jong basenrijk grondwater, geen diepe kwel, alleen lokaal grondwater	Dekzandlandschap Stuwwal- en grondmorene-landschap Beekdallandschap	Dun	Gooreerd Beekeerd Veengronden	Beuken-Eikenbos **Eiken-haagbeukenbos** Vogelkers-essenbos Elzenbroekbos
3	Regionaal, van nature zwakke kwel.	Beekdallandschap	Dik	Gooreerd Beekeerd Veengronden	Beuken-Eikenbos Eiken-haagbeukenbos **Vogelkers-essenbos** **Elzenbroekbos** Berkenbroekbos
4	Regionaal, van nature sterke kwel.	Beekdallandschap	Dik	Gooreerd Beekeerd Veengronden	Beuken-Eikenbos Eiken-haagbeukenbos **Vogelkers-essenbos** **Elzenbroekbos**



Hoofdgroepen van hydrologische systeemtypen met invloed van 1) lokaal jong zuur grondwater, 2) lokaal jong basenrijk grondwater, 3) zwakke kwel uit regionale systemen en 4) sterke kwel uit regionale systemen

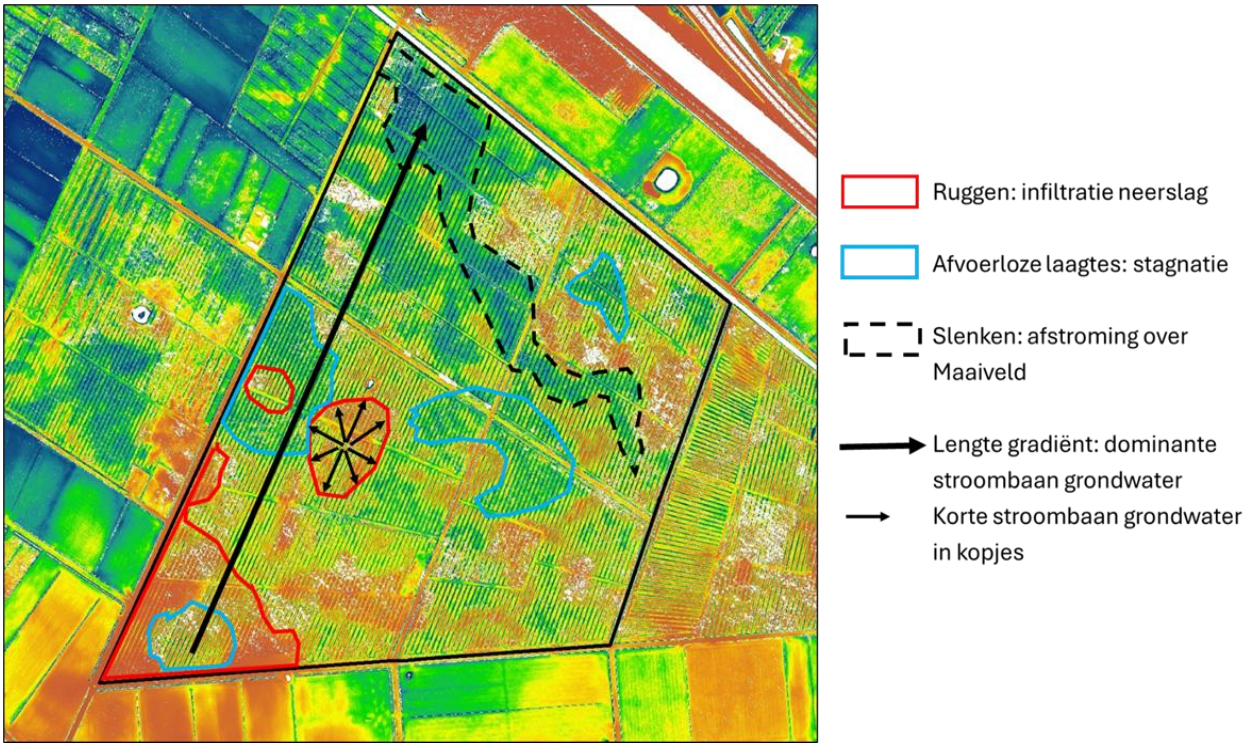
3.3 Het belang van hydrologische gradiënten

Gradiënten zijn geleidelijke overgangen tussen verschillende biotopen en vormen de meest soortenrijke milieus omdat planten en dieren van beide werelden kunnen profiteren. Hydrologische gradiënten zijn niet alleen overgangen in grondwaterstanden en vochtvoorziening, maar variëren ook in zuurgraad en basenrijkdom. Bepalend voor de totstandkoming van soortenrijke gradiënten zijn het reliëf, bodemopbouw en de onderliggende grondwatersystemen. Het reliëf is sturend: water stroomt immers van hoog naar laag en hoogteverschillen veroorzaken verschillen in grondwaterstanden. Dit is weer van grote invloed op de bodemvorming, hoewel het materiaal waaruit de bodem is opgebouwd ook een rol speelt: het waterbergend vermogen van grof en fijn zand kent grote verschillen. Het onderliggende grondwatersysteem bepaalt hoe lang hoge grondwaterstanden voorkomen en de kwaliteit van het grondwater aan maaiveld, samen met de chemische samenstelling van de bovenste meters van de bodem. Het reliëfrijke zandlandschap met zijn beekdalen is bij uitstek een gradiëntrijk landschap, met veel variatie in grondwaterstanden, grondwatersystemen, bodemtypen en daarmee in basenrijkdom en trofie. Deze gradiënten in abiotische condities, ook standplaats- of groeiplaatsomstandigheden genoemd, geven aanleiding tot vegetatiegradiënten, waarbij het ene vegetatie- of bostype het andere opvolgt. Zo kunnen op basenrijkere bodems zure beuken-eikenbossen over korte afstanden overgaan in veel soortenrijkere eiken-haagbeukenbossen, vogelkers-essenbossen en soms ook elzenbroekbossen. Maar ook op overwegend zure voedselarme bodems, waar ook het grondwater zuur is, zijn gradiënten ontwikkeld met berken-eikenbossen op de droge koppen, (vochtige) beuken-eikenbossen op de flanken en berkenbroekbossen of zuurdere vormen van de elzenbroeken in de laagste delen. Een gradiëntrijk bos met geleidelijke overgangen in abiotische omstandigheden is veerkrachtiger. Soorten kunnen heen en weer bewegen op de gradiënt (pendelen). In natte jaren overleven ze hoger op de helling, in droge jaren juist lager op de helling.

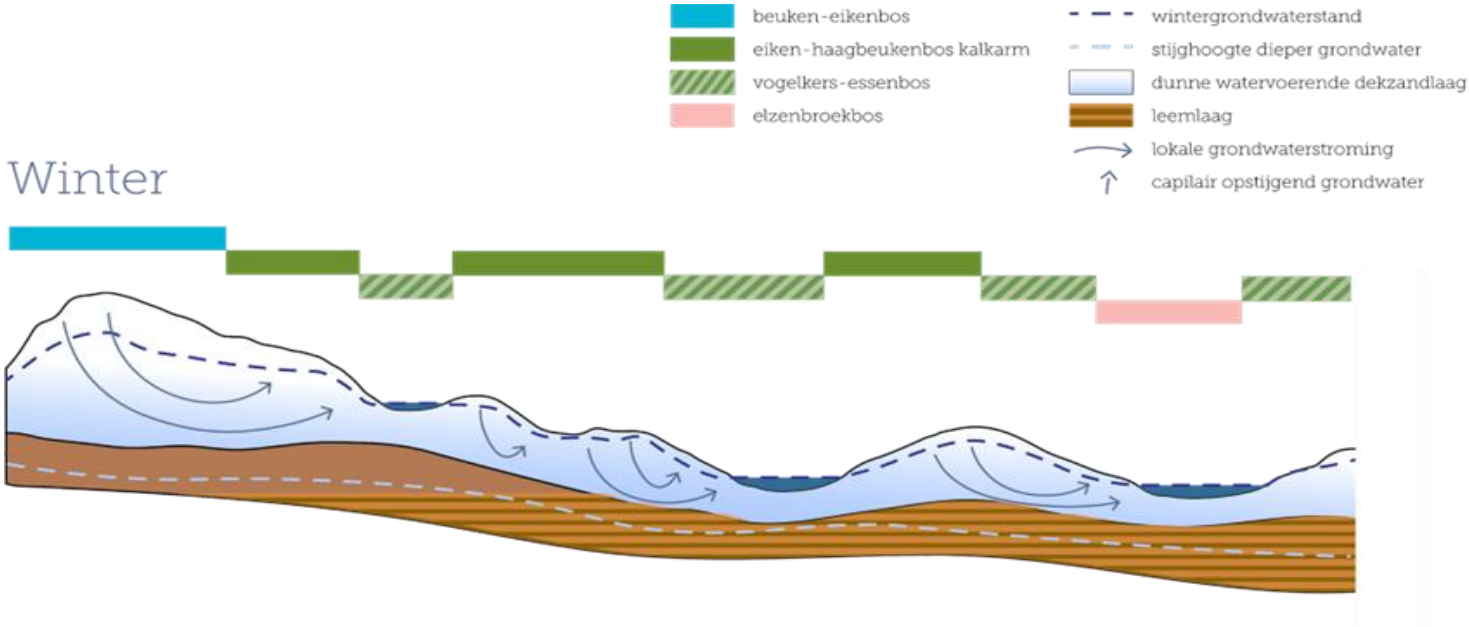
Gradiënt in niet vergraven of ontwaterd bos met bosanemoon op de voorgrond en lager op de helling verspreidbladig goudveil. De hogere kopjes zijn kaler met hier en daar witte klaverzuring (Hasbrucher Urwald).

Kortlevende soorten kunnen zelfs (bijna) jaarlijks heen en weer bewegen. Dankzij die veerkrachtigheid zijn terreinen met goed ontwikkelde, intacte gradiënten beter in staat in te spelen op weersvariaties, die onder invloed van klimaatverandering extremer zijn en vaker optreden.

Landschappen zijn zelden vlak; overal zijn grotere en kleinere hoogteverschillen aanwezig waardoor ook binnen een overwegend droog gebied natte(re) plekken kunnen voorkomen of binnen een nat gebied juist droge(re) delen. Dat zorgt voor verschillen in grondwaterstanden. Hogere plekken hebben ten opzichte van een referentiehoogte (N.A. P.) een hogere grondwaterstand -dan in de laagtes. De waterstand in de hoogten is vergeleken met die in de laagtes opgebold. Door dit verschil in grondwaterstand ontstaan grondwaterstromen, waarbij een deel van het water infiltreert naar diepere lagen en via opwaartse stroming weer aan de oppervlakte komt. Dit heet kwel. Ook kan grondwater ondiep zijdelings wegstromen, Deze oppervlakkige, zijdelingse afvoer treedt op over slecht doorlatende lagen die dicht bij het maaiveld liggen of wanneer de grondwaterstanden het maaiveld hebben bereikt en er geen water meer in de bodem kan dringen. Dit lokale grondwater komt meestal binnen enkele tot honderden meters terecht in een laagte, waar het stagneert en samen met regenwater plassen vormt, of stroomt in de laagte geleidelijk verder over maaiveld totdat het een beek heeft bereikt of de oorsprong van een beek vormt.



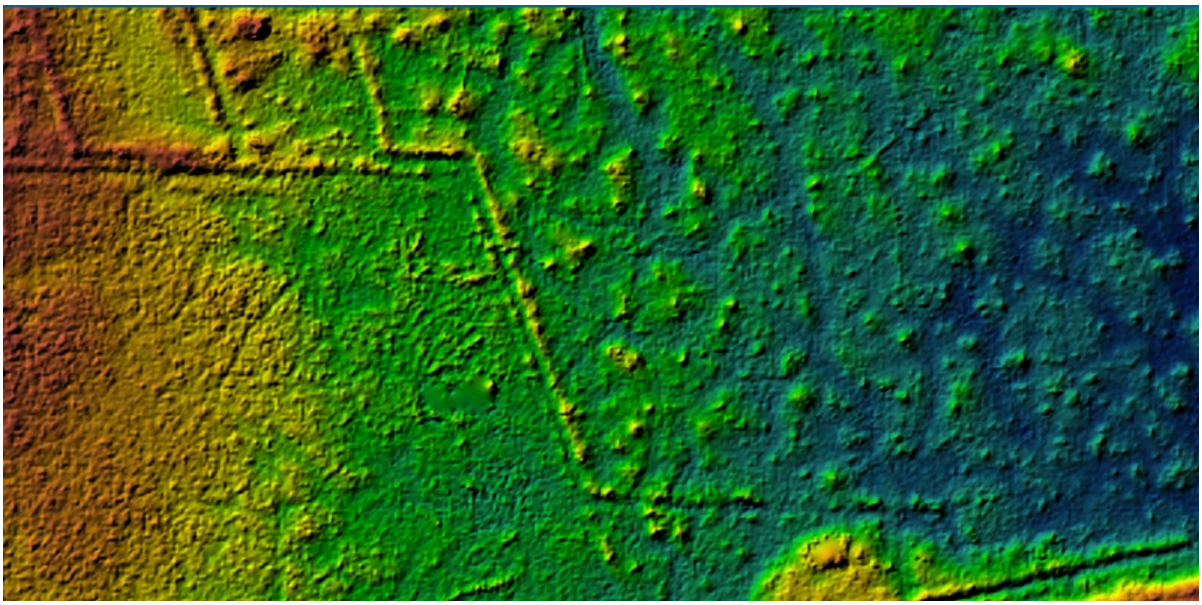
Kleinschalig reliëf in Wijboschbroek. De bodem helt geleidelijk naar het noorden toe af, maar hierbinnen is nog een kleinschalige structuur van ruggen en laagtes herkenbaar. In de ruggen stijgt grondwater in de winter meer dan in de laagten waardoor er korte grondwaterstromen naar de laagten ontstaan die de langere grondwaterstroom over de leem van zuid naar noord voeden.



Onder invloed van reliëf ontstaan kleinschalige gradiënten en grondwaterstromen die op hun beurt weer de basis zijn voor een grote diversiteit aan bostypen (Wijboschbroek)

3.4 Morfologie van de bosbodem

Soortendiversiteit is sterk gebaat bij een fijnschalig reliëf, veel kleine hoogteverschillen op korte afstand, zoals die van nature voorkomt in bossen. Dit in intacte vorm enkel nog te vinden in een paar oude bosgroeiplaatsen. Daar wisselen hogere, droge(re) bulten, kopjes en ruggen en laagten elkaar af. In die laagte kan water stagneren of geleidelijk over maaiveld afstromen. Deze structuren kunnen verschillend van oorsprong en omvang zijn en zorgen voor fijnschalige gradiënten en mozaïeken van standplaatsen die verschillen in grondwaterregime (vochtvoorziening), zuurgraad en voedselrijkdom. Hierdoor kunnen over enkele tientallen meters soorten met verschillende ecologische vereisten c.q. standplaatscondities naast elkaar voorkomen, zoals adelaarsvaren en dalkruid naast slanke sleutelbloem en dotterbloem (De Waal & Bijlsma 2003, Bijlsma e.a. 2019, Van den Berg e.a. 2024), Een groot deel van de bodems van onze bossen zijn voor bosaanleg echter geëgaliseerd, gedieppoegd of vergraven. Daardoor zijn in het merendeel van onze bossen gradiënten verdwenen en kan het water er niet natuurlijk bewegen: het wordt geblokkeerd door wallen of opgevangen in greppels, sloten en andere watergangen om zo snel mogelijk te worden afgevoerd. Dit maakt oude bosgroeiplaatsen met originele morfologie en reliëf zo biodivers en waardevol.



Oude bosgroeiplaats van Achter de Voort met rechts het kenmerkende fijnschalige reliëf van een onvergraven bosbodem. Links een bebost landbouwperceel waar de bodem geëgaliseerd is.

3.5 Bosdynamiek

Bosdynamiek verwijst naar de cyclische verandering in bossen door aftakeling en verjonging van bomen, waarbij in oude, (relatief) natuurlijke bossen een gevarieerde bosstructuur ontstaat waarin stadia van aftakeling en verval afgewisseld worden met open plekken en dichte stakenfase. Een dergelijke bosstructuur gaat op natuurlijke wijze pas ontstaan wanneer door ouderdom bomen aftakelen en er ruimte ontstaat voor verjonging. In de huidige nog relatief jonge en gelijkjarige opstanden betekent dit veelal dat er kunstmatig ingegrepen (gekapt) moet worden om natuurlijke processen na te bootsen.

Grondwaterregime zorgt voor een dynamiek die verder gaat dan de jaarlijkse seizoensfluctuatie als gevolg van het neerslagoverschot of -tekort. In droge jaren zakken grondwaterstanden veel dieper weg dan normaal, terwijl in jaren met (veel) meer neerslag grondwaterstanden hoger stijgen. Dit kan ervoor zorgen dat lage delen in het landschap gedurende het groeiseizoen een hogere waterstand hebben en zelfs inunderen. Deze vorm van dynamiek komt nu weinig meer voor omdat hoge grondwaterstanden afgetopt worden door de aanwezige ontwatering. Toch is dit in natte en vochtige bossen een belangrijk onderdeel van de bosdynamiek waar bepaalde soorten van profiteren. Een voorbeeld is slanke sleutelbloem die juist op de kale plekken kiemt waar de vegetatie afgestorven is na een nat jaar. Ook bomen zullen op zo’n plek niet zo oud worden waardoor er meer ruimte is voor pioniers zoals ratelpopulier en wilgen, die dan weer waardplant zijn voor grote weerschijnvlinder.

Door hydrologische maatregelen zijn in een laagte op de Groote heide enkele volwassen bomen van douglas, Amerikaanse eik en beuk afgestorven (dode bomen achter op de foto) en is er plaats gemaakt voor verjonging van berk, lijsterbes en sporkehout.

4 Wat is verdroging en hoe kun je dit herkennen?

Onder verdroging wordt volgens het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993) verstaan dat in een natuurgebied de grondwaterstand te laag is dan wel de kwel onvoldoende is om de karakteristieke grondwaterafhankelijke ecologische waarden te behouden. Een gebied wordt ook als verdroogd aangemerkt als ter compensatie van een te lage grondwaterstand water van onvoldoende kwaliteit moet worden aangevoerd.

Van het Nederlandse bos moet ongeveer een derde deel – circa 127.000 hectare – als verdroogd worden beschouwd (Hendriks 1994). Lange tijd werd verdroging van bossen uitsluitend gezien als een probleem voor oude bosgroeiplaatsen. Het overgrote deel van de Nederlandse bossen is echter aangeplant op reeds

ontwaterde gronden, of op gronden die werden ontwaterd met het oog op bosaanleg. Hierdoor is een bostype ontstaan dat is aangepast aan deze verdroogde omstandigheden.

Wij beschouwen de bosgroeiplaats zelf als verdroogd omdat er niet meer een bostype kan ontstaan zoals zich had kunnen ontwikkelen met een nog intacte waterhuishouding.

4.1 Oorzaken van verdroging

Verdroging is niet alleen het gevolg van lokale ingrepen ten behoeve van een specifiek landgebruik. Het is het gevolg van de optelsom van al die ingrepen, waarbij het geheel nog meer kan zijn dan de som van de afzonderlijke ingrepen. Dit heeft geleid tot een algemene daling van de grondwaterstanden, die verdroging wordt genoemd. Al sinds eind 19de eeuw wordt in toenemende mate ingegrepen in de waterhuishouding om natte gronden te ontwateren en hun waterafvoer te versnellen. Vooral in de tweede helft van de vorige eeuw is met de ruilverkavelingen de ont- en afwatering sterk toegenomen of zoals men toen zei: verbeterd. Daarnaast is de verdamping blijvend toegenomen door productieverhoging op de landbouwgronden en door bebossing. Bovendien zijn de grondwateronttrekkingen voor zowel drinkwater, industrie als landbouw sterk toegenomen. Al deze ingrepen in de waterhuishouding hebben geleid tot een daling van de regionale grondwaterstanden die geschat wordt op 60 à 70 cm ten opzichte van de historische situatie van voor 1900 (Van der Gaast & Massop 2005). Daarvan heeft ongeveer de helft voor 1950 plaatsgevonden en de andere helft erna.

Anderzijds heeft juist aanpassing van de waterhuishouding in de bossen zelf tot verdroging geleid. Kenmerkend voor de bossen zijn de uitgebreide stelsels van sloten en rabatten die vooral in de 19de en begin 20ste eeuw werden aangelegd. In die tijd was er maar weinig bos en alleen de meest laaggelegen en natte terreinen, die ongeschikt waren voor landbouw, werden benut voor houtproductie. Om die lage plekken

Naast daling van de regionale grondwaterstanden door externe factoren is ook de ontwatering van de bossen zelf een belangrijke oorzaak van verdroging

enigszins rendabel te maken werd veel geïnvesteerd in ontwatering en de hoge opbrengsten van eikenhakhout maakte dat ook mogelijk (zie kader rabatten). Aan de eikenhakhoutcultuur kwam rond 1900 een einde. Hierna volgde de heideontginningen waarbij veel natte heiden, vennen, goren en broeken ontwaterd en op rabatten zijn gezet en beplant met bos. Daardoor zijn er maar weinig ongestoorde natte – of vochtige bosgroeiplaatsen over in Nederland.

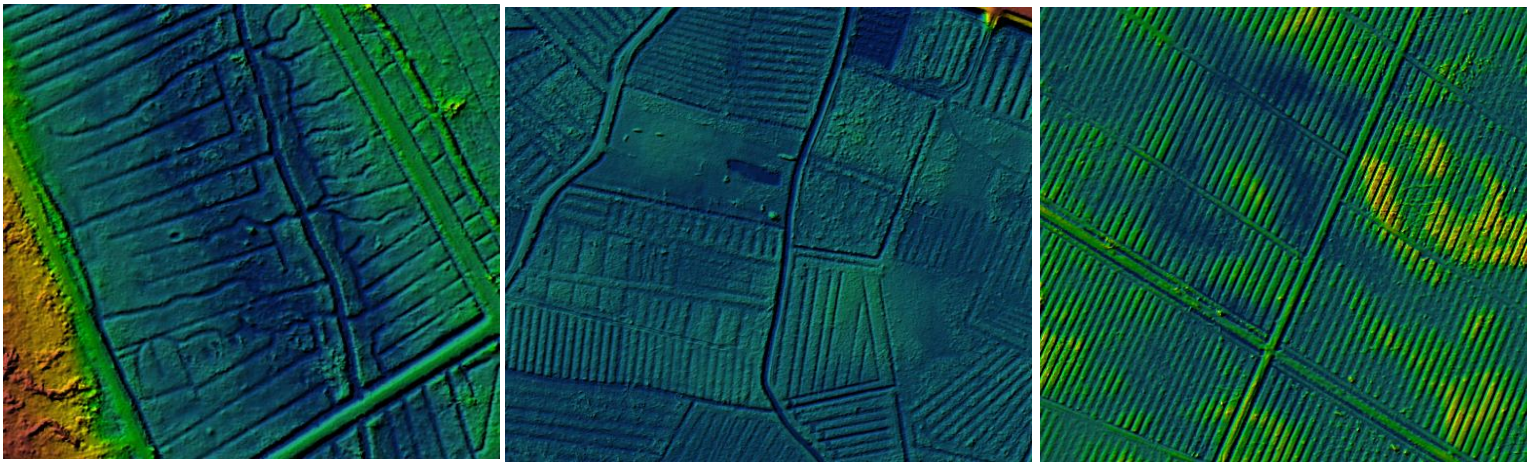
Rabatten; ontstaansgeschiedenis en waardering

(ontleend aan Mulder, 2020)

Rabatten zijn verhoogde stroken grond die zijn aangelegd in natte gebieden door het graven van sloten en het ophogen van de tussenliggende stroken. Het verhoogde deel, de rabat, werd geschikt gemaakt voor de aanplant van boomsoorten die economisch meer opbrachten dan soorten die van nature in de laagten voorkwamen, zoals zwarte els. De aanleg van rabatten dateert van ca 1650 tot 1900, een periode met een grote vraag naar eikenschors voor leerlooierijen. In het dichtbevolkte Nederland was alle geschikte grond nodig voor de voedselvoorziening en kwamen alleen laaggelegen, natte percelen in aanmerking voor eikenhakhout, maar eikenschors was lucratief genoeg om de hoge investeringen voor aanleg van rabatten te rechtvaardigen. Geleidelijk zijn nagenoeg alle laaggelegen gronden die enigszins geschikt waren voor hakhout gerabatteerd. In eerste instantie werden vooral kwelgebieden en natte leem- en kleibodems waarop water stagneert op rabatten gezet. Later werden ook natte heiden ontgonnen en op rabatten gezet, niet meer voor eikenhakhout, maar voor mijnhout. Vanaf het begin van de 20e eeuw was de productie van eikenschors niet meer rendabel, waarna veel hakhoutpercelen zijn omgezet in opgaand bos.

Rabattenbossen vormen een karakteristieke verschijningsvorm uit een belangrijke periode in de Nederlandse bosbouwgeschiedenis. Ze zijn uniek voor Nederland; in omringende landen komen ze nauwelijks voor. Om die reden hebben rabattenbossen een hoge cultuurhistorische waarde. Maar niet alle rabattenbossen zijn even waardevol. In bossen op natte laaggelegen gronden zijn rabatten zeer algemeen en daardoor niet erg bijzonder. Er is wel een grote variatie in aanleg, ouderdom en verschijningsvorm. Op basis van zeldzaamheid, gaafheid en ouderdom kan er een onderscheid worden gemaakt in de cultuurhistorische waarden. Dit onderscheid kan worden gebruikt om waardevolle rabatpercelen aan te wijzen voor behoud of herstel. Voor minder waardevolle rabatten kan gedeeltelijke of volledige slechting worden overwogen, mits dit bijdraagt aan klimaatbestendig waterbeheer, ecologisch herstel of eventueel meer rendabele bosbouw.

Door de grootschalige aanleg van rabatten zijn oorspronkelijk soortenrijke natte en vochtige bossen in beekdalen en het natte zandlandschap grotendeels verdwenen. Variatie in waterhuishouding, geleidelijke gradiënten en fijnschalig reliëf – essentiële voorwaarden voor hoge biodiversiteit – zijn verloren gegaan. De grote ecologische meerwaarde van ongerabatteerd, meer natuurlijk bodemreliëf, vraagt in veel gevallen om het slechten van de rabatten. Dit hoeft niet op grote schaal te gebeuren, maar wel op de meest kansrijke locaties, bijvoorbeeld waar grondwater aan maaiveld uittreedt of op basenrijke bodems. Ook kan ingespeeld worden op kansen die voorbijkomen, bijvoorbeeld op plaatsen waar populierenbossen omgevormd worden of bij sterfte door essentaksterfte of letterzetter.



Verschillende typen rabatten met van links naar rechts oude rabatstructuren, perceelsgewijze rabattering en een jonge systematische grootschalige rabatten

4.2 Effecten van verdroging

4.2.1 Verdroging, verzuring en vermesting

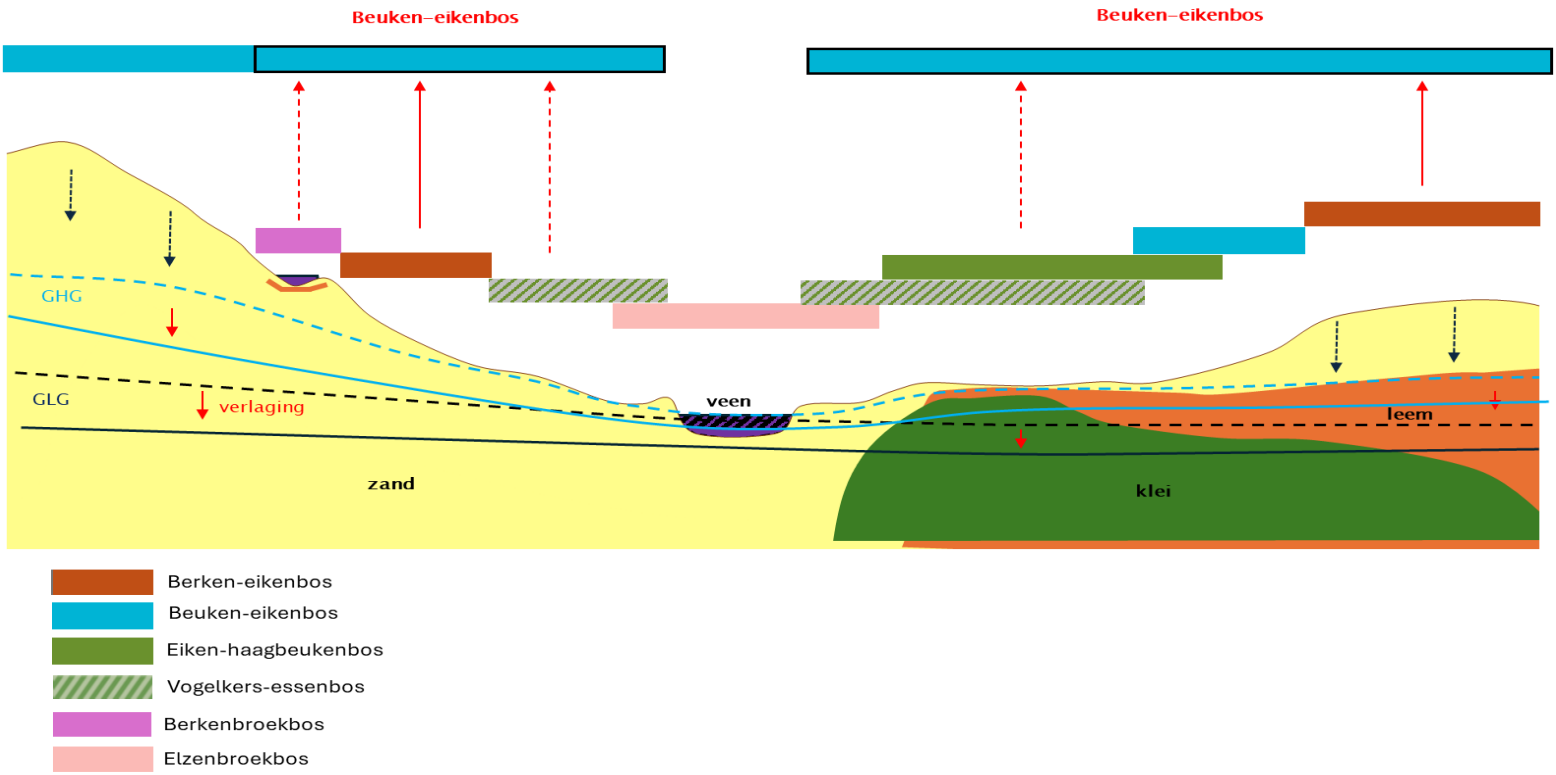
Verdroging betekent in eerste instantie een verlies aan planten en dieren die afhankelijk zijn van grond- en/of oppervlaktewater. Waar voorheen deze soorten over grote oppervlakten voorkwamen zijn ze door verdroging alleen nog in de laagste delen te vinden, vaak slootkanten of zelfs slootbodems. Op deze nog natte plaatsen weten relictpopulaties van bossoorten zich nog te handhaven. Verdroging is echter meer dan alleen daling van de grondwaterstanden. Het zorgt ook voor oppervlakkige verzuring doordat gebufferd grondwater het maaiveld niet meer bereikt en de invloed van zuur regenwater daardoor groter wordt. Tegelijkertijd verzuurt ook de bodem doordat deze beter doorlucht raakt en meer organische stof wordt afgebroken waarbij meer zuur wordt geproduceerd. De afbraak van organische stof in de bodem zorgt er eveneens voor eutrofiëring doordat extra voedingsstoffen vrijkomen.

Hier profiteren zogenaamde storingssoorten van; soorten die in verdroogde bossen hoge bedekkingen kunnen vormen wat weer ten koste gaat van meer kritische soorten. Een ander aspect van verdroging en verzuring is dat de afbraak van strooisel op de bodem geremd wordt, waardoor zich dikkere strooisellaag opbouwt.

4.2.2 Nivellering van bosgroeiplaatsen

De ingrepen om bosgroeiplaatsen droger te maken hebben een grote impact gehad op de diversiteit daarvan. Waar binnen een oude bosgroeiplaats een grote variatie bestond in grondwaterstanden, basenrijkdom en trofie, inclusief hun dynamiek gedurende de seizoenen, zien we die nu nauwelijks meer terug. Er heeft er een grootschalige verarming plaatsgevonden van bostypen. Veel laaggelegen plekken in bossen zijn veranderd van grondwatergevoede systemen naar systemen waarin infiltratie van regenwater het dominante hydrologische proces is geworden. Bodems zijn daardoor niet alleen droger, maar ook zuurder geworden en zijn gaan lijken op de droge, zure bodems van de hogere gronden. Het gevolg is dat in de oorspronkelijk grondwatergevoede

bosgemeenschappen veel soorten van vochtige tot droge en zuurdere – vaak matig zure tot zure – omstandigheden zijn verschenen of fors toegenomen. Soorten van natte, basenrijke(re) omstandigheden zijn juist achteruitgegaan of vaak zelfs verdwenen wanneer voor ontwatering sprake was van basenrijke omstandigheden onder invloed van kwel van basenrijke grondwater of contact met kalk- of basenrijke bodemlagen. Voor veel van deze soorten zijn alleen op de laagste plekken nog nat genoeg. Waar de afgelopen twee eeuwen voor de aanplant van bos natte gronden zijn ontwaterd is dit alles (veel) minder zichtbaar. Zulke bossen lijken nu allemaal op droge, zure bossen, maar zouden een veel grotere variatie aan standplaatsomstandigheden, soorten en gemeenschappen hebben gehad wanneer dat niet gebeurd was. Op de zuurdere heidegronden zouden dan ook broekbossen en vochtige beuken-eikenbossen een plek hebben gehad. Tekenend is dat we nu rabatten en slootkanten waardevol zijn gaan vinden voor biodiversiteit omdat daar de soorten groeien die voorheen wijder verbreid waren. Een typisch voorbeeld van een shifting baseline. Dat neemt niet weg dat deze groeiplaatsen, feitelijk ecologische vallen, inmiddels een belangrijke rol zijn gaan vervullen als groeiplaats van bijzondere en zeldzame soorten waar bij hydrologisch herstel serieus rekening mee gehouden dient te worden (zie ook hoofdstuk 7).



Schematische weergave in de verandering van bostypen door verdroging. De oorspronkelijke variatie is verloren gegaan en de bostypen zijn op elkaar gaan lijken. De rode pijlen verwijzen naar de vegetatietypen die deels (gestippelde pijlen) of geheel (doorgetrokken pijlen) zijn overgegaan naar beuken-eikenbos (aangepast naar bosbodemonderzoek Drenthe, Smeenge et al, 2025).

4.3 Hoe herken je verdroging?

Verdroging in natte bossen uit zich op twee manieren. Ten eerste zijn de kenmerkende plantensoorten verdwenen of handhaven die zich hoogstens als relicten in laagten en slootkanten En ten tweede heeft de originele gevarieerde en soortenrijke vegetatie plaatsgemaakt voor een begroeiing die door een of enkele storingssoorten wordt gedomineerd.

In elzenbroekbossen kunnen bij lichte verdroging stijve zegge en elzenzegge lang standhouden terwijl gewone dotterbloem verdwijnt en bijvoorbeeld moeraszegge of hennegras tot dominantie komen. Bij sterkere verdroging en de verzuring die daar het gevolg van is gaan stekelvarens en zwarte bramen domineren. Op zeer basenrijke bodems kan grote brandnetel gaan woekeren. De van nature zeer soortenrijke vogelkers-essenbossen en eiken-haagbeukenbossen zijn door verdroging floristisch sterk verarmd, terwijl ruwe smele, grote brandnetel, framboos, zwarte bramen en stekelvarens hier hoge bedekkingen kunnen halen en zuurminnende soorten uit het beuken-eikenbos (pijpenstrootje, lijsterbes en hulst) toenemen. Voor veel bossen geldt dat deze zijn aangeplant op ontwaterde heide- of veenbodems. De soorten die voorkomen in de meestal relatief jonge bossen op zure zandgronden zijn dus niet kenmerkend voor een nat bos op zure gronden aangezien de waterstanden vaak sterk fluctueren op een laag niveau ten opzichte van het maaiveld. Daarom is pijpenstrootje er vaak aspectbepalend, en op een venige of moerige ondergrond daarnaast ook wel stekelvarens en braam. Op overeenkomstige bosgroeiplaatsen die niet ontwaterd zijn, zijn dwergstruiken, zoals gewone dophei, struikhei, rode en blauwe bosbes, en veenmossen aspectbepalend.

Sloten en greppels in het terrein zijn mede de oorzaak van dat bossen verdrogen, maar tegelijkertijd laten die ook zien het vroeger veel natter was. Waar karakteristieke bosplanten, zoals slanke sleutelbloem, bosanemoon of grote muur, alleen nog in vochtige greppels te vinden zijn is dat een belangrijke aanwijzing van verdroging. In sloten en greppels op zure zandgronden kan het dan gaan om veenmossen, koningsvaren en dubbelloof.

Ook een toename van de dikte van de strooisellaag is een indicatie van verdroging omdat de het strooisel minder goed wordt afgebroken onder drogere en zuurdere omstandigheden dan onder nattere en minder zure. Daarnaast kunnen er ook andere aanwijzingen zijn. Bomen hebben een lange levensduur en kunnen nog lang handhaven in een verdroogd bos terwijl in de kruidlaag en struiklaag jonge bomen en struiken gaan groeien van droge bossen. Denk aan essen of ratelpopulier in een elzenbroekbos en beuken of hulst in een vogelkers-essenbos. Op verdroogde veengronden staan vaak elzen op steltwortels doordat de veengrond is ingeklonken.

Kenmerken van een verdroogd bos: linksboven elzen op steltwortels door inklinking van de veenbodem, rechtsboven vocht- en basenminnende soorten in slootkanten, links- en rechtsonder dominantie van stikstofminnende en zuurtolerante soorten. In de voorbeelden respectievelijk stekelvarens en ruwe smele.

Samenvattend:

- Aanwezigheid van sloten, greppels en rabatten.
- Karakteristieke bossoorten en vochtindicatoren in sloten.
- Dikke strooiselpakketten.
- Dominantie van storingssoorten die vaak zuur-, stikstof- en/of droogte-tolerant zijn.
- Boom- en struiksoorten van een natter bostype in de boom- en struiklaag.

5 Waarom zou je de hydrologie willen verbeteren?

Verbeteren van de waterhuishouding vereist vaak ingrijpende maatregelen, met risico's zoals boomsterfte, verminderde toegankelijkheid en verruiging van de ondergroei. Hydrologisch herstel moet daarom een duidelijke meerwaarde hebben die die deze risico's aanvaardbaar maakt. Negatieve effecten zijn meestal snel zichtbaar, terwijl positieve effecten vaak pas op langere termijn optreden. Toch is het verbeteren van de waterhuishouding cruciaal voor het herstel van natuurwaarden, koolstofvastlegging en klimaatadaptatie van bossen en watersystemen.

Hieronder benoemen we de vier belangrijkste redenen waarom het verbeteren van de waterhuishouding waardevol kan zijn voor een gebied. De eerste twee redenen gaan vooral om waarom je het voor je bos doet en de volgende twee richten zich op welke wijze de waterhuishouding kan bijdragen aan het verbeteren van de ecosysteemdiensten van het bos

5.1 Herstel van de biodiversiteit

Op verschillende manieren werkt verbeteren van de waterhuishouding door in een hogere biodiversiteit, namelijk:

…meer variatie in natte en droge groeiplaatsen op landschapsschaal

Een van de belangrijkste redenen om natuurwaarden in bossen te verhogen is het herstellen van de variatie in natte en droge groeiplaatsen met daarbij horende gradiënten. De hierdoor gecreëerde abiotische afwisseling werkt als vanzelfsprekend door in een (veel) grotere biodiversiteit. Een deel van de bosbodems zal natter worden, een deel vochtiger en een deel droog blijven. Natte laagten die weer tijdelijk mogen inunderen herbergen een andere flora en fauna dan de drogere ruggen terwijl in de overgangsgebieden soorten profiteren van meer kwel, hogere grondwaterstanden en langere zuurbuffering.

…meer variatie op standplaatsniveau

In droge bossen worden bodemprocessen vooral bepaald door de aard van het moedermateriaal dat meestal over grotere oppervlakten vrij homogeen van aard is. In grondwatergevoede bodems ontstaan onder invloed van verschillen in waterkwaliteit en kwelintensiteit in combinatie met hoogteverschillen (micro-reliëf) grote verschillen in bodemkwaliteit en vochtvoorziening. Kopjes en dalletjes zullen door inzijging respectievelijk stagnatie van regenwater vaak net iets zuurder zijn dan daartussen gelegen delen. Deze grotere variatie in groeiplaatsomstandigheden zorgt voor een grotere diversiteit in flora en bodemfauna. Naarmate het grondwater of de bodem meer basen bevat zijn deze verschillen groter, net als de soorten- en gemeenschapsdiversiteit.

… stimuleert bodemleven en de afbraak van strooisel

Vochtige omstandigheden bevorderen in samenhang met de nutriëntenrijkdom de strooiselafbraak door bodemorganismen; droogte remt de activiteit van de bodemorganismen en daarmee de afbraak. Een betere vochtvoorziening dankzij hoge(re) grondwaterstanden zorgt voor een actiever bodemleven en verlengt de actieve periode van dat bodemleven. Voor de activiteit van de bodemfauna is vochtigheid van de bodem en het strooisel een belangrijke factor: in droge perioden zijn veel bodemdieren niet actief en vermindert de afbraak van strooisel en humus. De dieren bevinden zich dan dieper in de bodem, of in een stadium dat niet zo gevoelig is voor droogte (ei, pop of ruststadium). Voor predatoren van bodemfauna, zoals houtsnip, is het kunnen vinden van voldoende prooidieren dus afhankelijk van een voldoende vochtige bodem. Vochtigheid is ook voor slakken belangrijk, omdat het de hoeveelheid tijd bepaalt die dit weekdier kan besteden aan voedsel zoeken en voortplanting. Het voedsel van slakken bestaat hoofdzakelijk uit algen en schimmels op rottend blad of hout en ook daarvoor geldt dat vochtigheid belangrijk is. Dit resulteert in een versnelde afbraak van het strooisel, vrijkomen van mineralen en basen en een dunnere strooisellaag. In zo’n dunnere strooisellaag met open plekjes kunnen zaden van allerlei soorten beter kiemen omdat er meer licht op valt en de worteltjes van de kiemplanten de bodem eenvoudiger kunnen bereiken.

… een betere zuurbuffering/basenvoorziening

Bij de afbraak van organisch materiaal worden organische zuren geproduceerd waardoor de toplaag van de bosbodem geleidelijk verzuurt. Deze zuren lossen op in regenwater en infiltreren naar de ondergrond. De minerale bodem direct onder de humuslaag loogt zo geleidelijk uit doordat basische kationen uitspoelen naar de diepere ondergrond. Dit proces is sterker naarmate bossen meer verzurende neerslag ontvangen en een geringere (natuurlijke) buffercapaciteit hebben. Onder invloed van toestromend grondwater wordt de voorraad basische kationen in natte bossen via het grondwater weer aangevuld en blijft de buffering op peil. Dat gebeurt niet meer wanneer deze bossen ontwaterd zijn. De mate van aanvulling is afhankelijk van het gehalte aan basische kationen aan het adsorptiecomplex van de bodem en van de duur waarin het grondwater in de winter in contact staat met de bovenste bodemlaag. Dit proces is uiteraard het sterkst in bossen waar de bodem of het grondwater rijk is aan calcium en magnesium, zoals in kwelgebieden op zand- en veengronden of klei- en leemgronden. Ook op relatief zure en basenarme zandgronden is de basenverzadiging doorgaans toch (iets) hoger dan op zandgronden die geheel buiten het bereik van het grondwater liggen. Via bladval worden relatief veel basische kationen aangevoerd waardoor, ondanks de zeer lage pH, de basenverzadiging in de strooisellaag nog altijd hoog kan zijn (>80%).

…en vermindert de effecten van stikstofdepositie.

Stikstofdepositie heeft een sterk vermestend en verzurend effect. In grondwaterafhankelijke bossen zijn de effecten echter minder groot dan in droge bossen. Denitrificatie, waarbij onder zuurstofloze omstandigheden nitraat wordt omgezet in stikstofgas, en aanvoer van basische kationen en bicarbonaat als buffering tegen zuur zijn belangrijke terugkoppelingsmechanismen om de overmaat aan stikstof deels te compenseren.

5.2 Het bos is meer klimaatrobuust

Water afvoeren wanneer het veel regent betekent tegelijkertijd het bos gevoeliger maken voor droogte; de bodem wordt de mogelijkheid ontnomen een (grond)waterreserve op te bouwen. Andersom kan water vasthouden ervoor zorgen na een lange periode van veel regen, zoals in 2024 gebeurde, bomen in laagtes verdrinken.

De uitdagingen die klimaatverandering stelt zouden kunnen worden beantwoord door water af te laten als het nat is en water vast te houden wanneer het te droog is ofwel door de waterhuishouding meer te reguleren. Dat is echter niet de oplossing. Het is moeilijk realiseerbaar; water aflaten als er te veel water is lukt meestal wel, maar beginnen met water vasthouden wanneer het droog is als mosterd na de maaltijd. Voorspellen wanneer het droog of nat wordt is bovendien moeilijk. Bosgebieden waar in 2024 extra water is afgelaten, kampten in het extreem droge 2025 al vroeg in het seizoen met een watertekort. De investeringen om de waterhuishouding op technische wijze te reguleren zijn bovendien hoog, waarbij het maar de vraag is of deze kosten opwegen tegen de baten.

Ideale plekken om regen- en grondwater op te vangen zijn de laagten in het landschap. In het verleden is het waterbeheer juist afgestemd op het voldoende droog maken van deze laagtes om er productiever bos te kunnen ontwikkelen. Vaak waren juist deze lage plekken geschikt om ook meer-eisende bomen aan te planten, zoals fijnspar, douglas, beuk en zomereik. Tegelijkertijd zorgde dit er ook voor dat de hogere delen droger werden en gevoeliger voor droogte.

Klimaatverandering vraagt om andere keuzes; minder waterafvoer uit laagtes, die vervolgens periodiek mogen inunderen. Hierdoor profiteren bomen over een groter gebied van gestegen grondwaterstanden, wat weer zorgt voor vermindering van droogtestress. Water vasthouden in laagtes betekent niet automatisch dat deze minder geschikt worden voor houtproductie. Sommige plekken zullen te nat worden: er ontstaan vennen, broekbossen, bossen in een permanent pionierstadium of wilgenstruwelen. Het gaat dan vrijwel altijd om voormalige vennen en moerassige laagten, zoals op historische kaarten goed te zien is. Houtproductie behoort op de meeste andere plekken echter nog steeds tot de mogelijkheden, hoewel de boomsoortenkeuze beperkt is tot soorten die beter tegen periodiek hoge waterstanden kunnen. En het bos zal zich moeten aanpassen aan de nieuwe situatie waarbij – soms een aanzienlijk – deel van de bomen vervangen moet worden door een nieuwe generatie.

5.3 Het bos als waterbuffer

Ook bebouwde- en landbouwgebieden krijgen steeds vaker te maken met watertekort en wateroverlast door klimaatverandering. Ook hier kan hydrologisch herstel van bossen soelaas bieden doordat meer water kan worden vastgehouden in natte perioden, wat vervolgens langer beschikbaar is in droge perioden.

Vasthouden van water in hogere gebieden is de meest effectieve manier om verdroging tegen te gaan en tegelijkertijd piekafvoeren te verminderen. De hogere gronden zijn reliëfrijk en bestaan uit verdroogde ruggen en ontwaterde laagtes. Door de gegraven waterlopen te dempen worden van oorsprong afvoerloze laagtes hersteld, wordt het regenwater langer vastgehouden of trager afgevoerd en krijgt het de tijd om in de bodem te zakken. Door de tragere afvoer treden bij grote buien minder piekafvoeren op. In natte perioden kan zich een grotere grondwatervoorraad opbouwen, zeker ook in de ruggen, die in tijden van droogte minder snel tot problemen leidt.

Water vasthouden is niet altijd voldoende om wateroverlast door piekafvoeren tegen te gaan. De volgende stap in het waterbeheer van de 21e eeuw is water te bergen in de stroomafwaarts gelegen beekdalen Ook hier kunnen bossen een belangrijke functie vervullen door piekafvoeren op te vangen. Inundaties met door nutriënten belast oppervlaktewater en slib kunnen echter tot sterke verruiging van beek- en rivierbegeleidende bossen leiden. Dat vraagt vanzelfsprekend om een verdere verbetering van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit, maar door water bovenstrooms langer vast te houden verminderen deze risico's. Daarbij komt dat vermest oppervlaktewater bij hoge grondwaterstanden, o.a. via kwel van grondwater, minder diep in de bodem kan doordringen. Wanneer het water na afloop van het hoogwater ook weer vrij terug kan stromen naar de beek wordt de periode dat eutrofiering optreedt aanzienlijk verkort. Kunstmatige dammen, denk ook aan werkpaden voor onderhoud aan watergangen, belemmeren dit echter steeds vaker.

5.4 Het bos legt meer CO_2 vast

Koolstofopslag in bossen speelt een centrale rol in het huidige bosbeleid. Nederlandse bosecosystemen leveren een substantiële bijdrage aan het vastleggen van CO_2. In het Klimaatakkoord is vastgelegd dat bossen en natuur jaarlijks 0,4 tot 0,8 megaton extra CO_2 moeten vastleggen om de klimaatdoelen voor 2030 te

behalen. Hydrologische maatregelen die in bossen zorgen voor hogere grondwaterstanden kunnen hier aanzienlijk aan bijdragen.

Het grootste deel van de koolstof in terrestrische ecosystemen wordt namelijk opgeslagen in de bodem. Een aanzienlijk deel van de organische stof die in de bodem terechtkomt, wordt omgezet in stabiele humus die zeer langzaam wordt afgebroken. Daardoor kan de bosbodem twee tot drie keer zoveel koolstof opslaan als bovengronds in de vegetatie is vastgelegd. Vochtige en natte bodems slaan doorgaans nog meer koolstof op. Dat komt doordat in deze bodems minder zuurstof zit waardoor afbraakprocessen trager verlopen. Zo blijkt uit Zweeds onderzoek dat vochtige podzolen tot wel 50% meer koolstof bevatten dan droge bodems. In veengronden kan de koolstofvoorraad - afhankelijk van de dikte van het veenpakket - zelfs een veelvoud daarvan bedragen.

Nog belangrijker dan de extra mogelijkheid om koolstof vast te leggen, is het verminderen van broeikasgasemissies door het vernatten van bosbodems. In ontwaterde bodems verloopt de afbraak van organische stof namelijk veel sneller, waardoor verdroogde bossen geen koolstof meer vastleggen maar juist uitstoten.

6 Hoe ga je stap voor stap aan de slag?

Het uitgangspunt voor het verbeteren van de waterhuishouding is in principe het herstel van de oorspronkelijke situatie: de toestand zoals die bestond voordat verdroging optrad. In veel gevallen levert dit de grootste winst op, zowel voor natuurwaarden als voor klimaatadaptatie, voor het verminderen van droogtestress en het bevorderen van CO_2-vastlegging. In de praktijk blijkt deze oorspronkelijke, weinig aangetaste situatie door veranderd landgebruik vaak niet meer herstelbaar. Er hebben onomkeerbare veranderingen plaatsgevonden in de omgeving. Daarnaast zijn er ook andere redenen, zoals beheerdoelstellingen of cultuurhistorische waarden, waardoor volledig herstel niet mogelijk of wenselijk is. In zulke gevallen wordt niet gestreefd naar volledig herstel, maar op het verbeteren van de waterhuishouding, waarbij de oorspronkelijke situatie zo dicht mogelijk wordt benaderd.

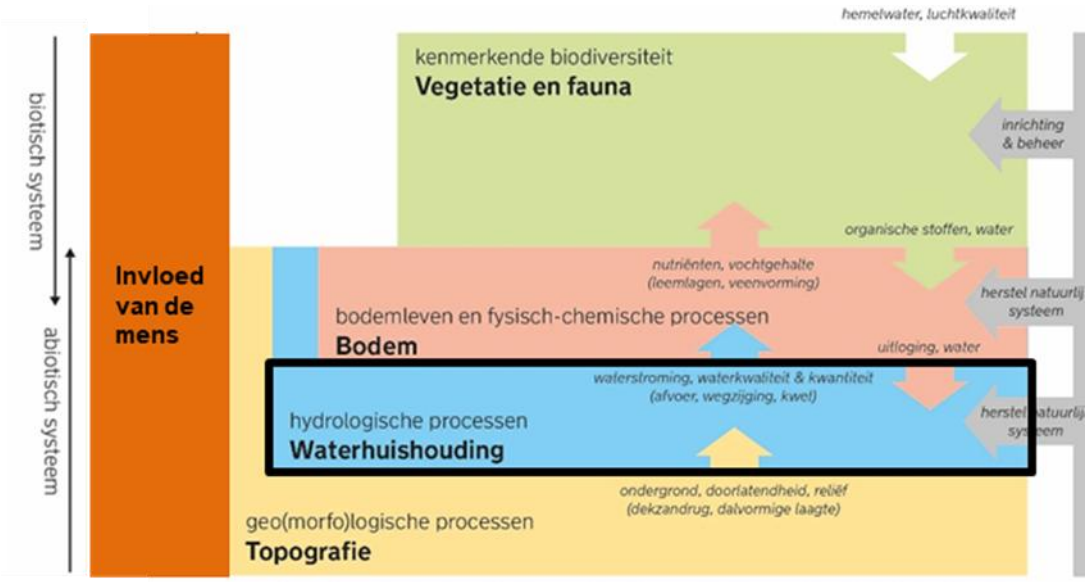
Een eerste stap voor de beheerder is om het gebied en de werking van zijn hydrologische systeem goed te kennen. Vanuit dat inzicht kun je bepalen wat je met de maatregelen wilt bereiken en hoe je deze het beste

kunt uitvoeren. Ook helpt dit om mogelijke ongewenste effecten vooraf te identificeren, zodat hier tijdig op kan worden geanticipeerd.

6.1 Landschapsecologische benadering

Hydrologische herstelmaatregelen richten zich op de gehele gradiënt: niet alleen op het verhogen van grondwaterstanden, maar ook op het verbeteren van de waterkwaliteit, het herstellen of versterken van grondwaterstromen en het herstel van (micro)reliëf. Bij het voorbereiden en afwegen van welke hydrologische herstelmaatregelen noodzakelijk of wenselijk zijn, is een landschapsecologische benadering onmisbaar met de landschapsecologische systeemanalyse (LESA) als instrument. Deze analyse heeft tot doel de belangrijkste hydrologische en andere abiotische processen te identificeren die bepalend zijn voor de standplaatscondities van de vegetatie. Hydrologische processen zoals inzijging, stagnatie en lokale en regionale kwel beïnvloeden immers direct de samenstelling van bosgemeenschappen. Deze processen worden op hun beurt gestuurd door de diepere ondergrond, het reliëf, de waterhuishouding de bodemopbouw en (vroegere) menselijke ingrepen. Kennis hiervan en het bepalen van de samenhang en interactie van deze componenten is in een LESA dan ook noodzakelijk. Een LESA laat tevens zien waar kennisleemtes bestaan, die met aanvullend (veld)onderzoek kunnen worden ingevuld.

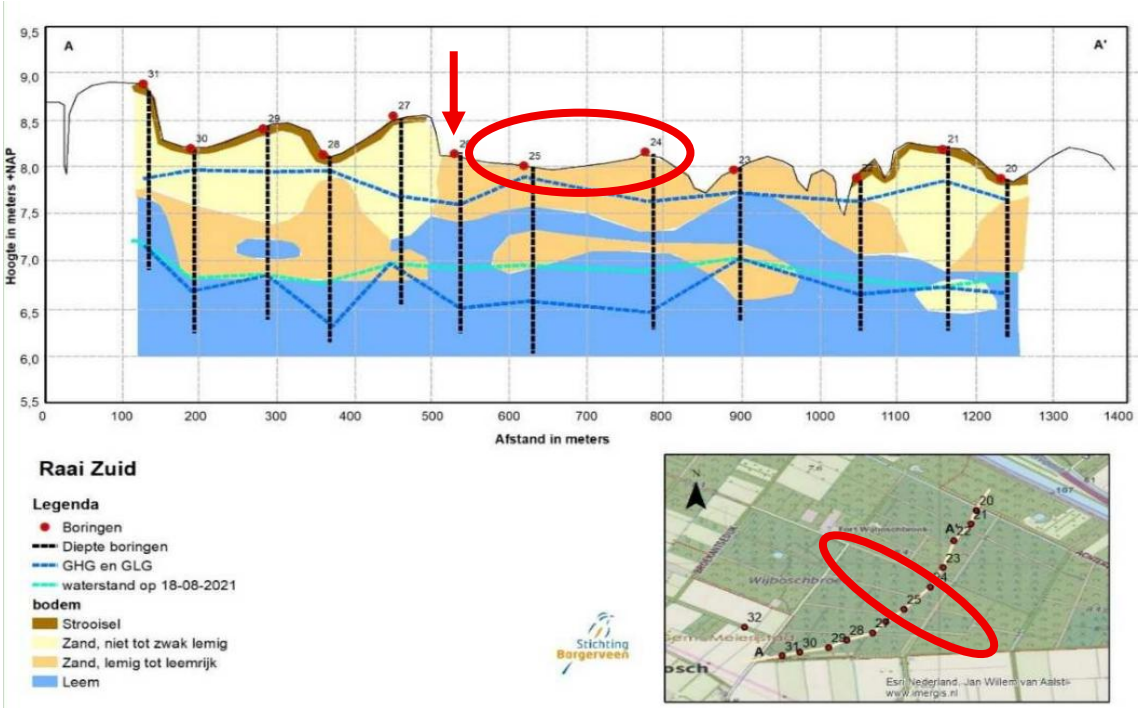
Voor een goede systeemanalyse is allereerst een duidelijke hypothese over het functioneren van het gebied noodzakelijk. Die kan worden getoetst met bestaande gegevens en indien nodig met aanvullende gegevens die in het veld zijn verzameld via grondboringen, waterstands- en waterkwaliteitsmetingen en karteringen van indicatorsoorten. Deze data worden geïntegreerd en gesynthetiseerd in dwarsdoorsneden of blokdiagrammen, waarin de interacties tussen diepe ondergrond, bodem, water en vegetatie worden getoond. Tijdens veldbezoeken voor een systeemanalyse kunnen tegelijkertijd bijzonderheden in beeld



Voorbeeld van een vereenvoudigd rangordemodel van de samenhang tussen biotische en abiotische onderdelen van het landschapsecologisch systeem (gewijzigd naar De Haan et al. 2024).

worden gebracht waarmee bij herstelmaatregelen rekening moet worden gehouden, zoals oude bosgroeiplaatsen, waardevolle veteranenbomen, cultuurhistorische elementen of zeldzame soorten.

Inzicht in het landschapsecologisch functioneren leidt tot een overzicht van de kansen- en knelpunten waarop je een herstelstrategie kunt baseren. De herstelstrategie geeft richting aan de wijze waarop de essentiële knelpunten kunnen worden opgelost. Het resulteert in een maatregelenplan, waarin staat welke maatregelen waar, wanneer én op welke wijze worden uitgevoerd om de beoogde verbeteringen te realiseren. De uitkomsten van de LESA kunnen aanleiding zijn om de doelstellingen voor het gebied te heroverwegen en, indien nodig, bij te stellen.



Grondboringen langs een transect worden uitgewerkt tot een landschapsecologische dwarsdoorsnede waar de samenhang in reliëf, bodemopbouw, grondwaterstand en vegetatie in kaart wordt gebracht. De hogere kopjes zijn relatief zuur waardoor zich strooisel ophoopt. De rode omlijning markeert de verspreiding van de basenminnende soorten eenbes en slanke sleutelbloem. Op basis van de analyse is bij de rode pijl een rabattenperceel geëgaliseerd, waarna verschillende bossoorten, zoals de basenminnende zeegroene zegge uit de zaadbank terugkeerden.

6.2 Maatregelen voor de beheerder

Wanneer eenmaal duidelijk is hoe het landschapsecologisch systeem werkt, waar de grootste kansen liggen en waar zich eventuele knelpunten voordoen, kun je als beheerder in je eigen gebied aan de slag met hydrologische maatregelen, zoals het dempen van sloten. Deze interne maatregelen zijn vooral van invloed op het lokale grondwatersysteem; de effecten buiten het eigen bos- of natuurgebied blijven beperkt. Het doel van dergelijke maatregelen is om regenwater en uittredend grondwater langer vast te houden, en om de gradiënten en kleinschalige variatie in groeiplaatsomstandigheden te herstellen die kenmerkend waren voor bosgroeiplaatsen vóór de ontwatering. Het is dan belangrijk om zowel maatregelen te treffen in de hoge delen van het landschap (voor het bevorderen van inzijging) als in de lage delen (om minder grondwater af te

voeren). Op die manier worden grondwaterstromen versterkt en kunnen gradiënten zich opnieuw ontwikkelen.

6.2.1 Verondiepen of dempen van watergangen

De voornaamste maatregel betreft het dempen of verondiepen van sloten en greppels. Het dempen van sloten heeft de voorkeur bij het realiseren van systeemherstel. Daar waar je sloten niet kunt dempen omdat deze nog een afwaterende functie hebben voor bijvoorbeeld landbouwpercelen of drooglegging van doorgaande wegen, kun je ze op een zo hoog mogelijk niveau verondiepen of opstuwen. Sloten die vanwege een kwetsbare vegetatie moeilijk te bereiken zijn, dam je op zoveel mogelijk plekken af (vuistregel om de 100 meter een 5 meter lange dam). Op gradiëntrijke locaties (kwelhellingen; plekken waar al dan niet periodiek grondwater aan maaiveld komt) moeten echter alle sloten worden gedempt omdat anders geen herstel van gradiënten zal optreden.

Bij het dempen van sloten is het belangrijk dat je het oorspronkelijk maaiveld weer zoveel mogelijk herstelt. De aanwezigheid van walletjes van opgebrachte grond of slootmaaisel kan doorstroming van water belemmeren. De schone, minerale bodem van wallen langs sloten kan prima worden gebruikt voor het dempen van sloten; de wallen bestaan uit de gebiedseigen grond die bij het graven de sloten is vrijgekomen. Soms is dat uit cultuurhistorisch oogpunt niet altijd haalbaar. Dan kun je werken met grond van elders die een overeenkomstige korrelgrootte heeft.

Door eerst slib en organisch materiaal uit de watergangen te verwijderen wordt voorkomen dat sloten blijven draineren en zorgen voor vermesting van grondwater dat erdoorheen stroomt. Door het grove organisch materiaal stroomt immers makkelijker grondwater dan door het veel fijnere minerale materiaal: de sloot blijft zo grondwater draineren. Om dezelfde reden worden sloten ook niet opgevuld met plagsel of ander organisch materiaal, maar met zand, leemrijk zand of leem; oftewel met grond die wat korrelgrootte zoveel mogelijk overeenkomt met het ter plekke aanwezige bodemmateriaal. Het verwijderde slib en andere organische materiaal kan eventueel na het dempen verwerkt worden op de gedempte sloot. Het zal echter aanleiding geven tot de ontwikkeling van een hoogproductieve begroeiing van voedselrijke omstandigheden. Tot slot biedt een gedempte sloot met bijbehorende werkstrook ruimte voor beplanting met bomen en struiken waarvan zaadbronnen in de omgeving ontbreken of schaars zijn.

Het plaatsen van stuwen is een mogelijk alternatief voor het dempen en afdammen van sloten. Daarbij moet bedacht worden dat stuwen alleen functioneren op plekken waar iets te stuwen valt; in kwelgebieden of in sloten die een groot deel van het jaar watervoerend zijn. In sloten die langdurig droogvallen heeft een stuw weinig nut. Deze houdt weliswaar water vast als er genoeg water is, maar in droge perioden zakken grondwaterstanden net zo hard weg. In hellende terreinen zijn meerdere stuwen (of dammen) in een waterloop nodig om getrapt water vast te houden en de afvoer voldoende te vertragen.

6.2.2 Aanpak van rabatten

Als we iets van de oorspronkelijke gradiënten en de bijbehorende soortenrijkdom willen herstellen, zal ook in rabattenstelsels moeten worden ingegrepen. Dit is een ingrijpende maatregel die bij toepassing een duidelijke meerwaarde zal moeten hebben. Vooral op kwelhellingen − plaatsen waar grondwater tijdelijk of permanent uittreedt, of na hydrologisch herstel weer kan gaan uittreden − valt veel winst te behalen. Dit zijn in potentie

de meest soortenrijke overgangen, maar door de rabatten(stelsels) kan kwel hier het maaiveld niet meer bereiken. Dit geldt in het bijzonder voor rabatten die haaks op de helling d.w.z. grondwaterstroming liggen. De watergangen in zulke rabattenstelsels voeren grondwater af. Ook op andere locaties kan het nuttig zijn rabatten te verwijderen door ze te egaliseren, zoals bij de omvorming van populieren- of naaldhoutbossen naar (meer) natuurlijke bossen, of in bospercelen die door essentaksterfte of de letterzetter grotendeels zijn afgestorven. In dergelijke situaties kunnen maatregelen worden uitgevoerd zonder veel bomenkap of natuurschade, en tegen relatief beperkte kosten. Dat is een moment van nu of nooit, een moment van een crisis die kansen biedt.

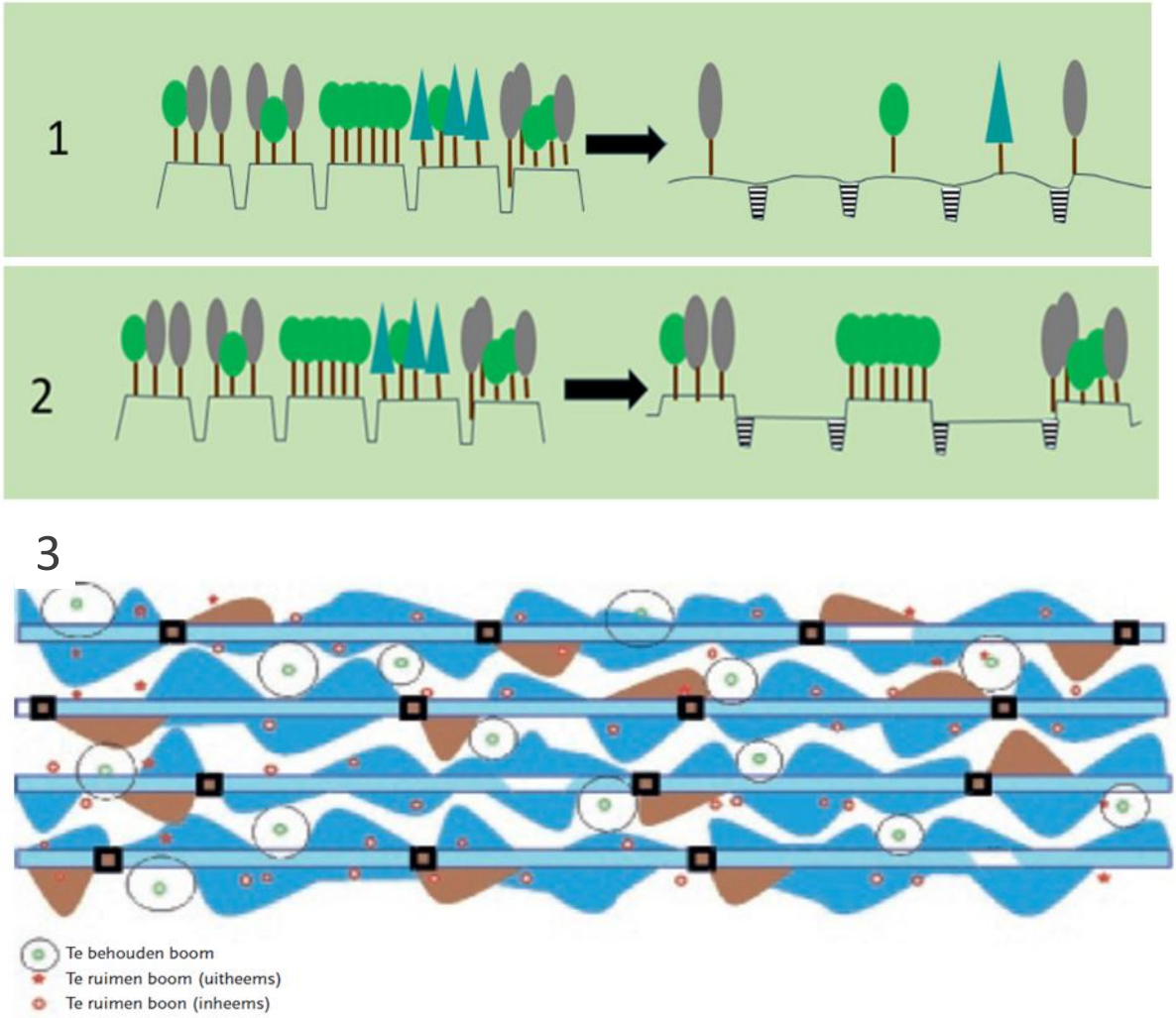
Bij het verwijderen van of verzachten van rabatten moet rekening worden gehouden met cultuurhistorische en archeologische waarden. Een cultuurhistorisch onderzoek kan inzicht geven in welke rabattenstelsels bijzondere waarde hebben en behouden moeten blijven; dat zijn over het algemeen de rabatstelsels die ouder zijn dan die uit de 19e ene 20e eeuw. In gebieden met hoge archeologische waarde kan overwogen worden om rabatgreppels te dempen met aangevoerde grond, in plaats van de rabatten zelf af te graven.

Inmiddels is in meerdere gebieden ervaring opgedaan met egaliseren van rabatten, onder andere in het Wijboschbroek en De Scheeken (Franssen et al., 2024), De Turkaa (langs de Reusel in Noord-Brabant) en in het Ulvenhoutse bos (Koop, 2010). Daarbij zijn verschillende methoden toegepast. Belangrijk is dat grond zo min mogelijk wordt geroerd, zodat strooisel- en humuslagen niet gemengd worden met de minerale bodem. Idealiter wordt de volgende werkwijze toegepast:

1. Verwijder een deel van de bomen, zodat voldoende ruimte ontstaat om met een kraan te kunnen werken. Bijzondere bomen en struiken en grote of oude exemplaren worden zoveel mogelijk gespaard;
2. Schoon greppels en verwijder strooisel- en humuslaag op de rabatten en voer het vrijgekomen organisch materiaal af;
3. Dicht rabatsloten met de minerale grond van de rabatwallen. Er ontstaat een kleinschalig reliëf met hogere kopjes omringd door laagtes en slenken wanneer om de te behouden bomen heen wordt gewerkt en doordat de grond in de sloten nazakt.;

Egaliseren van rabatten in de praktijk: links ligt strooisel in depot en zijn rabatruggen in de greppels geschoven, middenlinks is het strooisel weer over de bodem verspreid, middenrechts na half jaar is strooisel grotendeels omgezet waardoor minerale bodem en geleidelijker reliëf zichtbaar is en rechts verruiging in eerste jaar na uitvoering, maar ook open plekken met karakteristieke bossoorten uit de zaadbank.

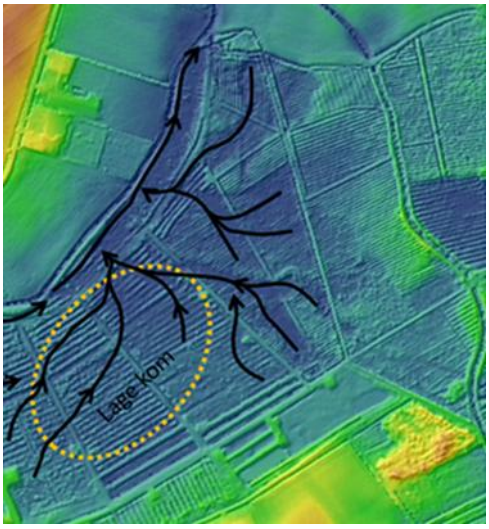
Er zijn verschillende varianten op deze aanpak mogelijk. In plaats van alle rabatten te verlagen kan ook gekozen worden voor een gedeeltelijk verlaging, zodat op het resterende deel de bomen kunnen blijven staan en het bos zich weer sneller sluit. Een ander manier is om op regelmatige afstand (ca. 25 meter) met minerale grond dammen in de rabatsloten op te werpen en tussen de dammen de sloten op te vullen met strooisel en grond van de rabatten. Optioneel is om organisch materiaal na egalisatie uit te spreiden over de bodem in plaats van het af te voeren. Dit is kostenbesparend en zorgt er tevens voor dat veel basen- en nutriënten in het strooisel behouden blijven. Het kan echter wel leiden tot meer verruiging. Wanneer het niet mogelijk is om vlakdekkend rabatten te egaliseren - bijvoorbeeld bij een soortenrijke ondergroei of beschermde cultuurhistorische elementen – is het in ieder geval wenselijk rabatsloten af te dammen. Zo wordt ten minste water langer vastgehouden.



Verschillende varianten voor egaliseren van rabatten. 1) vlakdekkende methode waarbij greppels met minerale grond van de rabatten gedempt worden, 2) methode waarbij een deel van de rabatten en het bos erop behouden blijft en de greppels met minerale van tussenliggende rabatten gedempt worden en 3) waarbij in de greppels om de 25 meter dammen van minerale grond aangelegd worden en tussen de dammen grond greppels gedempt worden met minerale grond, strooisel en humus van de rabatten.

6.2.3 Herstellen van afstroming over maaiveld

In veel bosgebieden worden natuurlijke laagtes onderbroken door kunstmatige barrières, zoals verhoogde dammen, kades, paden en wegen. Deze onnatuurlijke obstakels belemmeren de natuurlijke afstroming van water over het maaiveld. Na het dempen van watergangen stagneert afstromend water tegen deze verhogingen. Dit leidt tot onnatuurlijk lange inundaties en verdrinking van standplaatsen. Het brengt bovendien risico's met zich mee op verzuring en interne eutrofiëring (zie casus - Koelbroek). Voor een natuurlijk, optimaal hydrologisch functioneren van zo'n gebied is het wenselijk zulke blokkades op te heffen. Ook bij de aanleg van nieuwe kades en dammen, bijvoorbeeld werkpaden langs waterlopen, is het noodzakelijk ruimte voor doorstroming te garanderen. Waar mogelijk worden onnatuurlijke verhogingen geheel verwijderd door ze af te graven. Als dat niet mogelijk is kunnen voordes of (platte) duikers worden aangebracht om doorstroming alsnog te bevorderen of te herstellen.



In het Buulderbroek zijn aan de hand van de hoogtekaart de natuurlijke afvoerpatronen in beeld gebracht (links). In paden zijn vervolgens voordes aangelegd die, na dempen van alle sloten in het gebied, moeten zorgen dat de doorstroming mogelijk blijft of weer wordt hersteld.

6.2.4 Omgaan met relictpopulaties

In bossen komen vaak, juist op de plekken waar hydrologische maatregelen wenselijk zijn, populaties voor van zeldzame planten, paddenstoelen, mossen- en diersoorten. Slootkanten fungeren bijvoorbeeld als hotspots van biodiversiteit. Door verdroging zijn deze soorten teruggedrongen naar de laagste delen en in een ecologische val terechtgekomen. Bij een stijging van de grondwaterstand lopen deze vaak kleine en geïsoleerde relictpopulaties het risico te verdrinken. Tegelijkertijd is verbetering van de hydrologie essentieel voor hun voortbestaan op de lange termijn. De uitdaging is om te voorkomen dat maatregelen die bedoeld zijn om deze soorten te behouden, juist hun definitieve ondergang inluiden.

Breng daarom in kaart om welke soorten het gaat en benoem de soorten waarvoor behoud en bescherming absolute prioriteit hebben. Hierbij spelen zeldzaamheid, regionaal belang en het gemak waarmee soorten zich verspreiden of vestigen een rol. Eenbes en zwartblauwe rapunzel zijn voorbeelden van soorten die zeer zeldzaam zijn en zich niet gemakkelijk uitbreiden of vestigen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld dubbelloof en andere varens. Analyseer vervolgens de kenmerken van de huidige standplaatsen en breng zo in beeld welke eisen de desbetreffende soort daaraan stelt, alsook de te verwachten veranderingen. Wanneer de huidige

groeiplaatsen ongeschikt dreigen te worden, kan verplaatsen of tijdelijke evacuatie een optie zijn. Ook kunnen zeldzame soorten worden opgekweekt uit zaad of stekken en vervolgens worden uitgeplant ter versterking van bestaande populaties, of op een (nieuwe) geschikte groeiplaats in de nabijheid. Een andere strategie is om eerst elders in het gebied de hydrologie te verbeteren en de bedreigde soorten – eventueel vermeerderd uit zaad of stekken – daaruit te planten. Wanneer deze nieuwe populaties zich succesvol gevestigd hebben, kan vervolgens de hydrologie op de oorspronkelijke locatie worden hersteld. Op deze manier wordt het risico definitieve ondergang van zeer kwetsbare soorten door hydrologisch herstel beperkt, terwijl tegelijkertijd de veerkracht en toekomstbestendigheid van kwetsbare bosgemeenschappen wordt vergroot.

Knikkend nagelkruid en zwartblauwe rapunzel zijn voorbeelden van soorten waar met hydrologische maatregelen rekening gehouden moet worden.

6.3 Verhogen van regionale grondwaterstanden

Maatregelen op lokaal niveau zijn vaak niet voldoende voor een substantiële verbetering van de waterhuishouding. In gebieden die onder invloed staan van grotere hydrologische systemen is het verhogen van de stijghoogte van het diepe(re) grondwater cruciaal. Dit bevordert de toestroom van basenrijk grondwater tot aan het maaiveld en voorkomt dat de waterstanden in de zomer te ver zullen blijven wegzakken.

Hiervoor zijn meestal maatregelen buiten bos- en natuurgebieden nodig en die vergen afstemming met aanliggende grondeigenaren, waterschappen en provincies. Vaak gaat het om maatregelen die (i) de drainage door hoofdwatergangen stoppen of verminderen, zoals het verondiepen, belemen of verleggen van hoofdwaterlopen en peilopzet in grotere waterlopen, (ii) infiltratie bevorderen in inzijggebieden door bijvoorbeeld grootschalige omvorming van naald- naar loofbos en (iii) grondwateronttrekkingen voor drinkwaterwinning, industrie en de landbouw (beregening) verminderen. Zonder dergelijke maatregelen zal het niet lukken de stijghoogte van het diepere grondwater - en daarmee de zomergrondwaterstanden (GLG) - te verhogen. Daarnaast is extensivering van het landgebruik in het inzijggebied wenselijk wanneer toestromend grondwater verrijkt is met meststoffen of sulfaat, omdat dit tot vermesting kan leiden.

Het is overigens altijd wenselijk grondwaterstandsfluctuaties te beperken door de stijghoogte van het regionale grondwater te verhogen, ook in gebieden die worden gestuurd door lokale hydrologische systemen, maar deze zijn in lokale grondwatersystemen van nature groter dan in grote(re) grondwatersystemen.

6.4 Omgaan met risico's

6.4.1 Risico op bossterfte

Bij hydrologische maatregelen in bossen is er altijd het risico op boomsterfte. Vooral bomen op laaggelegen plekken, waar de bewortelingsruimte al beperkt is, kunnen zich niet snel genoeg aanpassen aan hogere waterpeilen en hebben daardoor een grotere kans op vitaliteitsverlies of sterfte. Na vernatting neemt bovendien de kans op secundaire aantastingen en windworp toe. Maatregelen genomen in natte jaren leiden vaak tot een abruptere stijging van de grondwaterstand en daarmee tot meer schade dan die genomen in drogere jaren. Omdat het optreden van natte en droge jaren niet voorspelbaar is, kan hier niet op worden geanticipeerd. Vooral oudere bomen hebben moeite met een stijgende grondwaterspiegel doordat hun wortelstelsels zich minder goed kunnen aanpassen.

Bosbeheerders moeten zelf de afweging maken in welke mate het risico op bossterfte acceptabel is. In multifunctionele bossen, of bossen met veel oude bomen, zullen vitaliteit en het behoud van het huidige bos een belangrijke randvoorwaarde zijn bij het uitvoeren van hydrologische maatregelen. Een goede systeemanalyse kan duidelijk maken welke maatregelen mogelijk zijn om de hydrologie te verbeteren zonder grote risico's voor het bestaande bos. Desondanks moet er altijd rekening worden gehouden met mogelijke boomsterfte. In bijzondere situaties, zoals bij oude lanen of andere waardevolle bomen, kan onderzoek naar de bewortelingsdiepte zinvol zijn om in te schatten of een stijging van de grondwaterstand een reëel gevaar vormt. Risico's kunnen worden beperkt door maatregelen gefaseerd uit te voeren: bijvoorbeeld door in minder kwetsbare delen sloten en greppels te dempen, maar op meer risicovolle locaties (tijdelijk) stuwtjes te plaatsen of sloten slechts te verondiepen. Na enkele jaren, wanneer duidelijk is hoe het bos reageert of wanneer bomen meer gewend zijn aan nattere omstandigheden, kunnen sloten alsnog verder worden verondiept of gedempt.

In bossen met een natuurfunctie ligt de focus meestal op systeemherstel, waarbij boomsterfte tot op zekere hoogte acceptabel en vaak zelfs wenselijk is als onderdeel van de omvorming naar natuurbos. De huidige boomsoorten worden dan geleidelijk verdrongen door soorten die beter passen bij de nieuwe hydrologische omstandigheden. Beperkte sterfte kan bijdragen aan de ontwikkeling van een natuurlijkere bosstructuur, met meer dood hout en kleine open plekken door windworp of afsterving, waar verjonging optreedt.

Ook in bossen met een multifunctionele doelstelling kan ervoor gekozen worden om volledig in te zetten op systeemherstel. Laaggelegen bosdelen kunnen dan een natuurfunctie krijgen, terwijl hoger gelegen delen hun productiefunctie behouden – vaak met een verbeterde groei door een betere waterhuishouding.

6.4.2 Hydrologische maatregelen en waterkwaliteit

Vernatting brengt het risico met zich mee dat onder bepaalde omstandigheden eutrofiëring of verzuring optreedt. In kwelgebieden kunnen nattere omstandigheden leiden tot interne eutrofiëring. Hoewel de

beschikbaarheid van stikstof afneemt door denitrificatie (waarbij nitraat wordt omgezet in stikstofgas dat naar de atmosfeer verdwijnt), neemt de hoeveelheid voor planten opneembaar fosfaat juist toe. Bij hogere waterpeilen neemt de invloed van grondwater af, terwijl permanent hoge waterstanden leiden tot zuurstofloze omstandigheden, waarbij fosfaat vrijkomt. Dit proces dat interne eutrofiëring wordt genoemd, wordt bevorderd wanneer het water sulfaatrijk is, is onder meer bekend van het Koelbroek (zie casus Koelbroek). Daar ontstond ernstige eutrofiëring doordat het waterpeil ook in de zomer permanent te hoog werd gehouden (zie o.a. Boxman et al., 2003). Doorstroming en periodieke droogval blijken cruciaal om zulke interne eutrofiëring te voorkomen. Vernatting in broekbossen moet worden afgestemd op de regionale waterhuishouding. Te realiseren waterpeilen moeten onder de stijghoogte van het regionale grondwater blijven om voldoende doorstroming te garanderen. Wanneer een sterkere vernatting nodig is, zal eerst de regionale hydrologie moeten worden aangepakt.

Een ander probleem is de toestroom van vermest grondwater. Door intensieve bemesting in de intrekgebieden en de (vroegere) hoge stikstof- en zwaveldepositie is veel grondwater dat kwelgebieden voedt sterk vervuild geraakt met nitraat en sulfaat. Ten eerste zorgen deze stoffen voor een verhoogde afbraak van organische stof in kwelgebieden en bijgevolg het vrijkomen van voedingsstoffen. Ten tweede wordt sulfaat dat het kwelgebied bereikt, gereduceerd tot sulfiden, waardoor fosfaat vrijkomt dat in de bodem in gebonden vorm aanwezig is. Ten slotte kan de aanvoer van sulfaatrijk grondwater in de zomer leiden tot verzuring wanneer zuurstof dieper in de bodem doordringt en opgeslagen sulfiden oxideren, waarbij zuur vrijkomt. De oplossing voor dit probleem is in eerste instantie een aanpak bij de bron: verlaging van de mestgiften in het voedingsgebied, maar dat ligt meestal buiten de reikwijdte van een beheerder. Ook wanneer zo’n brongerichte aanpak onmogelijk is, zal het in veel gevallen beter zijn te werken aan hydrologisch herstel dan om de verdroogde situatie in stand te houden.

In beekbegeleidende bossen spelen natuurlijke overstromingen met oppervlaktewater van oorsprong een belangrijke rol. Bij overstromingen worden nutriënten en bufferstoffen meegebracht en sedimenten zoals zand en slib afgezet. Tegenwoordig is het water in veel Nederlandse beken echter overbelast met voedingsstoffen en fijn slib, waardoor extreem voedselrijke omstandigheden kunnen ontstaan. Herstel van de waterhuishouding in beekbegeleidende bossen, bijvoorbeeld door het dempen van sloten, kan ervoor zorgen dat de grondwaterstand stijgt en het grondwater langduriger de wortelzone van de vegetatie of het maaiveld bereikt. Hierdoor kan oppervlaktewater moeilijker in de bodem dringen en de voedingsstoffenbeschikbaarheid van de vegetatie beïnvloeden. Daarnaast is het zinvol om de verblijftijd van oppervlaktewater te verkorten door lokaal wallen en kades te verwijderen. En verder kan een dichte, ruige begroeiing direct langs de beek ervoor zorgen dat zoveel mogelijk slib wordt ingevangen voordat het in het bos stroomt.

6.5 Monitoren en bijsturen

Het monitoren van herstelmaatregelen heeft twee belangrijke doelen: leren van de uitgevoerde maatregelen en het tijdig kunnen bijsturen waar nodig. Bijsturing is vooral nodig waar al aanwezige natuurwaarden in het gedrang kunnen komen en daar waar maatregelen onvoldoende effect hebben en aanvullende maatregelen nodig zijn. Het meer algemene doel om te leren van herstelmaatregelen geldt vooral voor die maatregelen

waarvan het effect nog onvoldoende bekend is. Voor het bijsturen van vernattingsmaatregelen kan een intensieve monitoring nodig zijn gericht op de aspecten die het meest gevoelig zijn voor vernatting. Doorgaans zijn dat de aanwezige relictpopulaties en de boomlaag. Deze zullen op de meest gevoelige plekken periodiek in kaart moeten worden gebracht, zodat tijdige bijsturing mogelijk is.

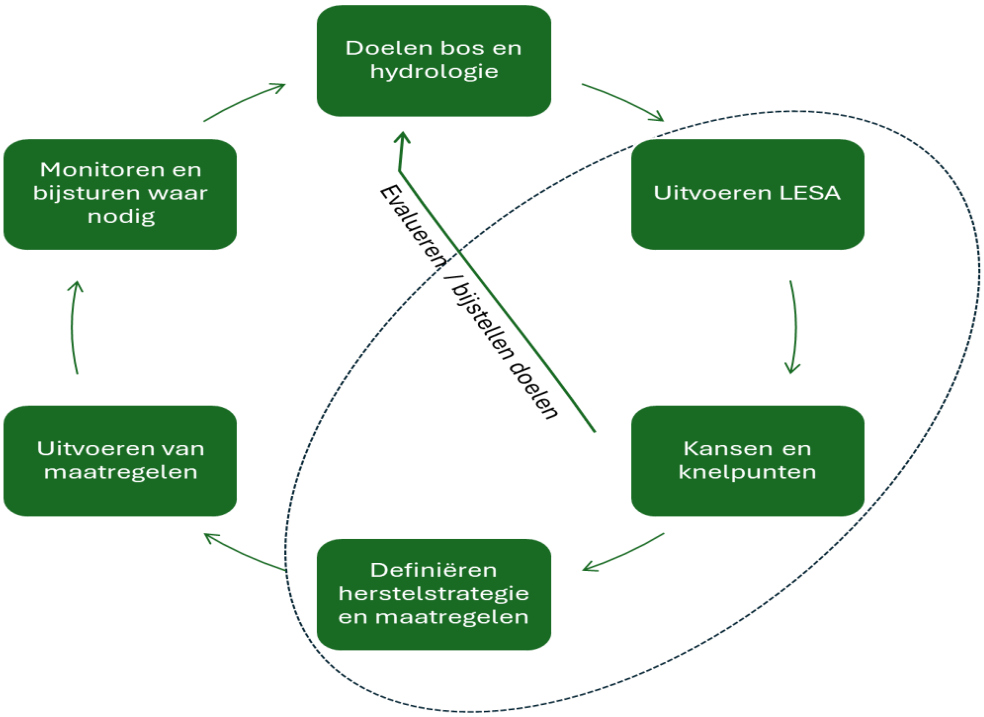
Om te bepalen of een genomen maatregel uiteindelijk succesvol is, volstaat een minder intensieve monitoring. Uiteraard is zo'n monitoring alleen zinvol als al voor aanvang van de herstelmaatregelen gestart is met de monitoring. Voor de wat minder bekende soortgroepen kan een aantal goed herkenbare soorten worden geselecteerd, zoals bij de mycoflora en ongewervelden. Voor de bodemsamenstelling tenslotte, is het nuttig om op enkele punten de zuurgraad en basenverzadiging van de humuslaag en de bovenste minerale bodemlaag met tussenpozen van enkele jaren te meten.

	Parameter monitoring	Bijsturing	Monitorings
1	Relictpopulaties	X	
2	Vitaliteit bomen	X	X
3	Verruiging ondergroei	X	
4	Humusvorming		X
5	Hogere planten		X
6	Mossen		X
7	Mycoflora		X
8	Fauna; ongewervelden		X
9	Grondwaterstanden	X	X
10	bodemchemie		X
11	pH profielen		X

6.6 Aan de slag!

Het verbeteren van de waterhuishouding is een van de meest effectieve maatregelen om te werken aan gevarieerdere en soortenrijkere bossen. Dergelijke bossen combineren een grote veerkracht voor droogte en extreme natheid met een grotere koolstofopslag en waterbergingscapaciteit.

Hydrologische ingrepen zijn vaak eenvoudiger uit te voeren dan gedacht en leveren snel merkbaar resultaat op, ook wanneer nog niet direct het uiteindelijke streefbeeld kan worden bereikt. Toch bestaat er regelmatig terughoudendheid om ze uit te voeren, vaak vanwege angst voor mogelijk negatieve effecten. Het is daarom een goede zaak die effecten (op de kortere termijn) af te wegen tegen de effecten (op de langere termijn) van het achterwege laten van hydrologische herstelmaatregelen. Positief is hoe dan ook dat steeds meer beheerders de noodzaak van een verbeterde waterhuishouding onderkennen en daadwerkelijk stappen zetten. In het volgende hoofdstuk worden enkele praktijkvoorbeelden uitgewerkt.



Samenvattend:

Bij het verbeteren van de waterhuishouding is het streven de oorspronkelijke hydrologische situatie zo goed mogelijk benaderen, omdat dit meestal de grootste winst voor natuur, waterbeheer en klimaat oplevert. Wanneer volledig herstel niet mogelijk is, richt men zich op optimalisatie van het huidige systeem.

Hydrologisch herstel is maatwerk. Dat vraagt om een goede kennis van het gebied en zijn hydrologisch functioneren. Een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) is hiervoor een geschikt instrument. Bepaal op basis daarvan kansen en knelpunten. Een systeemanalyse biedt duidelijkheid over waar herstel perspectief biedt en waar beperkingen liggen.

Met deze gebiedskennis kunnen beheerders aan de slag met interne hydrologische herstelmaatregelen, gericht op het vasthouden en bergen van water of juist het bevorderen van de oppervlakkige afvoer van water en het fysiek herstellen van gradiënten en (micro)reliëf. Ga ervan uit dat alle sloten in principe draineren: probeer die zoveel mogelijk te dempen of zo ver mogelijk te verondiepen of plaats dammen of stuwen waar dat niet kan.

Duurzaam herstel in veel gebieden is onmogelijk zonder een hogere regionale stijghoogte. Dit vraagt om samenwerking met andere partijen en betreft bijvoorbeeld verminderen van drainage via hoofdwatergangen, bevorderen van infiltratie in inzijggebieden en terugdringen van grondwateronttrekkingen;

Stel systeemherstel niet uit voor relictpopulaties van zeldzame soorten, maar pas de herstelstrategie aan met mitigerende maatregelen door waar nodig soorten te verplaatsen, te evacueren of op te kweken en uit te planten;

Hydrologisch herstel is niet zonder risico’s, zoals plaatselijke sterfte van bomen door verdrinking of eutrofiëring en verzuring van de ondergroei door permanent te hoge waterpeilen. Risico’s kunnen worden beperkt door van tevoren een systeemanalyse uit te voeren en waar nodig beschermende maatregelen te treffen of gefaseerd te werken.

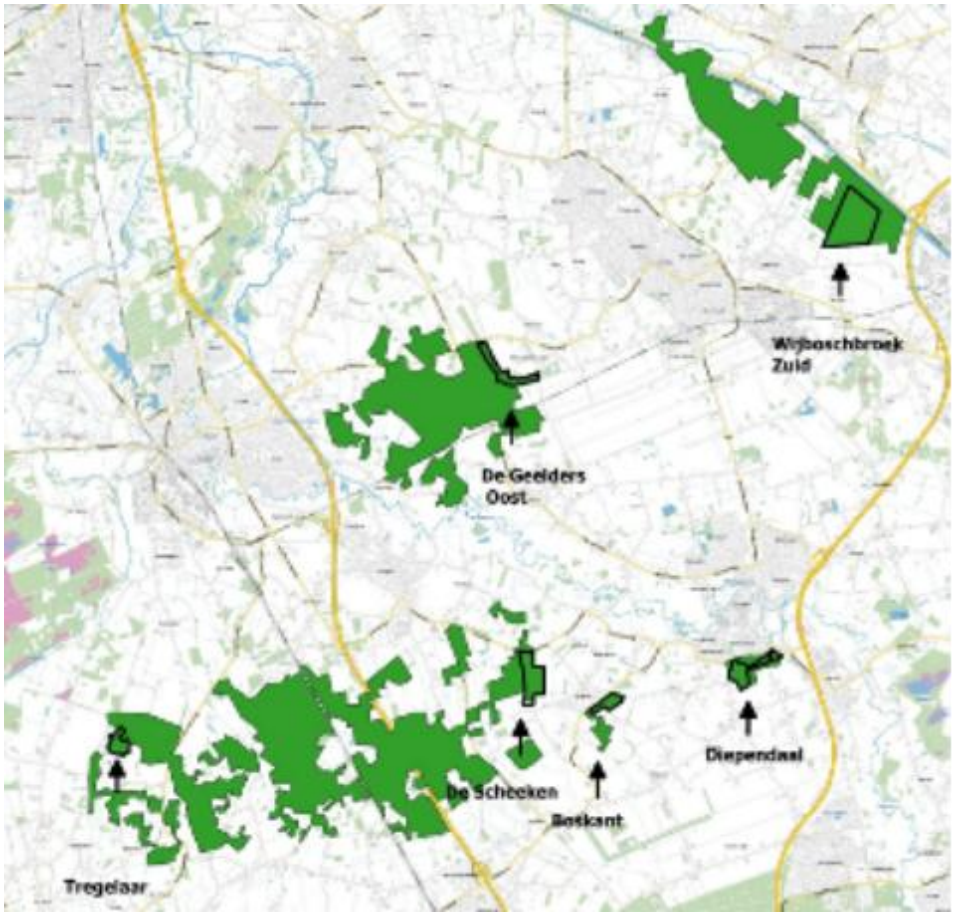
7 Voorbeelden van herstel

In steeds meer gebieden gaan bosbeheerders aan de slag met hydrologische herstelmaatregelen. Hieronder vind je een aantal voorbeelden hiervan ter inspiratie. We beschrijven daarbij kort het gebied, de uitgevoerde maatregelen en de effecten ervan.

7.1 Brabantse leembossen

De Brabantse leembossen zijn bossencomplexen in het Nationaal Landschap het Groene Woud in Midden-Brabant. In deze bossen zijn lokaal nog fraaie voorbeelden aanwezig van rijke vochtige en natte bossen, met zeldzame plantensoorten zoals knikkend nagelkruid, eenbes en zwartblauwe rapunzel.

Kenmerkend voor de bossen is dat ze goed gebufferd zijn, in de winter heel nat en in de zomer oppervlakkig uitdrogen. Het tegenwoordig zeldzame Eiken-haagbeukenbos was hier van oorsprong wijd verbreid. De waterhuishouding wordt bepaald door lokale grondwatersystemen. Vlak onder het maaiveld ligt Brabantse leem, een dikke, kalk- en ijzerrijke leemlaag. Regenwater stagneert boven de leem en stroomt over deze laag horizontaal af en treedt als basenrijk grondwater van lokale herkomst uit in de lagere delen. Door aanleg van rabatten en intensieve ontwatering, zijn deze lokale grondwaterstromen sterk verstoord. De verminderde invloed van basenrijk grondwater heeft geleid tot verdroging, verzuring en vermesting en is een belangrijke oorzaak van de ecologische degradatie van deze bossen. Vanwege hun afhankelijkheid van lokale grondwatersystemen is er met lokale herstelmaatregelen veel winst te behalen in deze bossen.



7.1.1 Uitgevoerde maatregelen

In 2019 is een pilot gestart om ervaring op te doen met het herstel van de leembossen, en dan vooral met hydrologische maatregelen en het verwijderen van rabattenstructuren. Dit is gedaan in zes deelgebieden: Wijboschbroek, De Scheeken, Boskant, Tregelaar, Diependaal en De Geelders. In vijf van deze gebieden zijn

hydrologische maatregelen uitgevoerd in combinatie met bosomvorming. De hydrologische maatregelen behelzen het dempen, of wanneer dempen niet mogelijk was, verondiepen van sloten. In het Wijboschbroek en De Scheeken is ook ervaring opgedaan met het egaliseren van rabatten.

7.1.2 Effecten

Op basis van nog relatief korte meetreeksen van peilbuizen (in een periode met veel neerslagextremen) lijkt er vooral de gemiddeld hoogste grondwaterstand (de GHG) iets te zijn verhoogd. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is onveranderd. Dit is verklaarbaar omdat de uitgevoerde maatregelen kleinschalig zijn en daarmee ook hun hydrologische effecten. In het veld zijn al wel duidelijk effecten zichtbaar: op plaatsen waar het lokale grondwater eerst werd afgevoerd door sloten, treedt het nu uit aan maaiveld in aangrenzende percelen. De GHG is gestegen omdat hoge grondwaterstanden in de winter niet meer of op een hoger niveau afgetopt worden en daarmee hoger, tot in de wortelzone of tot aan maaiveld kunnen stijgen. Op plekken waar rabatten zijn gedempt, zijn kleinschalige gradiënten weer terug en zijn bijzondere soorten, als bosaardbei, bleeksporig bosviooltje en zeegroene zegge uit de zaadbank opgekomen. Minder positief daarentegen is verruiging die optreedt als gevolg van meer licht op en roering van de bosbodem. De verwachting is dat dit na verloop van tijd afneemt als het bos in sluiting komt.

Uittredend ijzerrijk grondwater aan maaiveld naast een gedempte sloot (links) rechts waar rabatten gedempt zijn. .

7.2 Koelbroek

Het Koelbroek is een bekend voorbeeld hoe vernatting in een bosgebied verkeerd kan uitpakken. Het moerasgebied van ca. 65 hectare ligt in Midden-Limburg in een oude Maasmeander. Het Koelbroek herbergt een van oorsprong gevarieerd en soortenrijk elzenbroekbos met onder meer slangenwortel, grote boterbloem, gewone dotterbloem en holpijp. Door de aanleg en verdieping van de door het bosgebied stromende Everlosche beek zijn natuurwaarden in de tweede helft van de vorige eeuw hard achteruitgegaan. Door daling van de grondwaterstanden en inundatie met voedselrijk beekwater trad eutrofiering op en verruigde het bos. Vooral braam nam enorm toe en had bijna overal de kenmerkende soorten van elzenbroekbossen verdrongen en in de lage delen domineerden grote brandnetel en liesgras (Coolen, 1993)

7.2.1 Uitgevoerde maatregelen

In 1997 zijn in het Koelbroek kades langs de Everlosche beek verhoogd om eutrofiëring van het broekbos door beekoverstromingen tegen te gaan en tegelijkertijd gebiedseigen water langer vast te houden. Door de kaden heen werden - naar later bleek op een te hoog niveau - duikers gelegd met een terugslagklep, om enerzijds te langdurige inundaties van het bos tegen te gaan en anderzijds te verhinderen dat bij hoge beekstanden alsnog voedselrijk beekwater het bos in zou stromen.

7.2.2 Effecten

De uitgevoerde maatregelen leidden tot een "badkuip-effect"; het gebied vulde zich met regenwater en sulfaatrijk grondwater. Daardoor stond het waterpeil tussen 1998-2001 vrijwel het hele jaar door boven het maaiveld. Grote delen van het broekbos konden hun water immers niet afvoeren door te hoog aangelegde duikers. Onder de zuurstofloze omstandigheden die toen ontstonden, trad ernstige interne eutrofiëring op. Zo ontstond op de vrijwel stagnante waterlaag een kroosdek met een bedekking van nagenoeg 100%. De extreme vernatting leidde eveneens tot veel kronensterfte bij de elzen. Door de permanente hoge waterstanden werd basen- en ijzerrijk kwelwater weggedrukt en kon dit over grote oppervlakten niet meer het maaiveld bereiken.

In 2001 zijn de maatregelen aangepast door de stuwpeilen in de beek en de duikers door de kade te verlagen tot onder de stijghoogte van het toestromende grondwater. De voor elzenbroeken kenmerkende overstromingen bleven daardoor beperkt tot de herfst en de winter, met vanaf begin mei geleidelijke droogval. Kwel van basen- en ijzerrijk grondwater kon weer uittreden en naar de beek vloeien. Dankzij dit snel ingrijpen kon de plantengroei zich alsnog herstellen: zwarte els verjongde zich massaal en indicatoren van verdroging en eutrofiëring, zoals framboos, braam, grote brandnetel en smalle en brede stekelvaren, zijn sterk afgenomen. De typische soorten van het Elzenbroekbos, zoals elzenzegge, gele lis, melkeppe en bitterzoet, breidden zich uit (Boxman et al., 2003). In 2016 is de Everlosche beek om het gebied heen geleid waardoor het gebied niet meer beïnvloed wordt door gebiedsvreemd water.

7.3 Buulderbroek

Het Buulderbroek is een 30 hectare groot waterwingebied in eigendom van Brabant Water. Het ligt ten noordoosten van Budel in Noord-Brabant en is onderdeel van de gelijknamige Natte Natuurparel Buulderbroek. Het grootste gedeelte van het bos bestond tot 10 jaar geleden vooral uit aanplant van populier en schietwilg op rabatten. Het Buulderbroek ligt in een dalvormige laagte tussen hoge dekzandruggen en was oorspronkelijk een kwelgebied. Door de drinkwaterwinning uit het eerste watervoerend pakket, waren de stijghoogtes van het grondwater sterk verlaagd en functioneerde het gebied als een inzijggebied. De ondiepe waterwinning had een groot effect op het grondwaterregime van het Buulderbroek en haar omgeving.

7.3.1 Uitgevoerde maatregelen

In 2014 heeft Brabant Water de winning van drinkwater uit het eerste watervoerend pakket verplaatst naar een dieper grondwaterpakket waardoor kwelintensiteit en stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerende pakket - en daarmee aan maaiveld - sterk toenam. Daarnaast zijn er in hetzelfde jaar maatregelen genomen om te zorgen dat kwelwater niet gelijk weer via het intensieve ontwateringsstelsel afgevoerd zou worden. Hiervoor zijn alle waterlopen gedempt of op zijn minst verondiept als dempen niet wenselijk was voor de bereikbaarheid van de winputten. Ook zijn paden verlaagd en voordes aangelegd om de oppervlakkige afstroming over maaiveld mogelijk te maken.

7.3.2 Effecten

In 2022 zijn de maatregelen geëvalueerd. Na de verdieping van de waterwinning begin 2014 zijn de grondwaterstanden duidelijk gestegen, waarbij de sterkste stijging vooral in de laagste grondwaterstanden (GLG) heeft plaatsgevonden. Voorheen bereikten de stijghoogten van het grondwater niet of alleen gedurende een korte periode het maaiveld en zakte op veel plekken ruim een meter diep weg.

Na de maatregelen ligt de stijghoogte op veel plaatsen ruim boven het maaiveld, blijft daar gedurende langere tijd en zakt veel minder diep weg. Op locaties waar óók de lokale hydrologie is hersteld, kan het grondwater langdurig aan het maaiveld uittreden en oppervlakkig over het maaiveld afstromen. Met name in deze delen is een spectaculair herstel zichtbaar van elzenbroekbossen, met een sterke uitbreiding van onder meer holpijp, waterviolier, stijve zegge en elzenzegge op het maaiveld in plaats van uitsluitend in de sloten.

De evaluatie heeft echter ook een aantal knelpunten aan het licht gebracht waardoor de maatregelen niet in het hele bosgebied even succesvol zijn. Sommige delen staan door de hogere grondwaterstanden langdurig onder water, waarbij de afstroming over het maaiveld wordt belemmerd door lage kades (oude paden) en rabatten die dwars op de stromingsrichting liggen. In deze zones ontwikkelt zich geen broekbos, maar een eutroof moeras met lisdodde, liesgras en grauwe wilg. Watergangen die uit voorzorg niet zijn gedempt maar slechts verondiept, blijken nog steeds te veel te draineren, waardoor nauwelijks verbetering is opgetreden.

In 2025 zijn aanvullende herstelmaatregelen uitgevoerd om de waterhuishouding verder te optimaliseren voor de ontwikkeling van elzenbroekbossen. Hiervoor zijn alle sloten gedempt en zijn slenken aangelegd die afvoer over het maaiveld mogelijk moeten maken. Deze slenken volgen min of meer de natuurlijke afvoerpatronen, die op de hoogtekaart vaak nog goed te herkennen zijn. Ook zijn op verschillende plekken rabatten geëgaliseerd om het maaiveldreliëf te herstellen.

Ijzerrijk grond treedt op veel plaatsen weer aan maaiveld uit, waar bijvoorbeeld ook holpijp van profiteerd.

7.4 Korenburgerveen

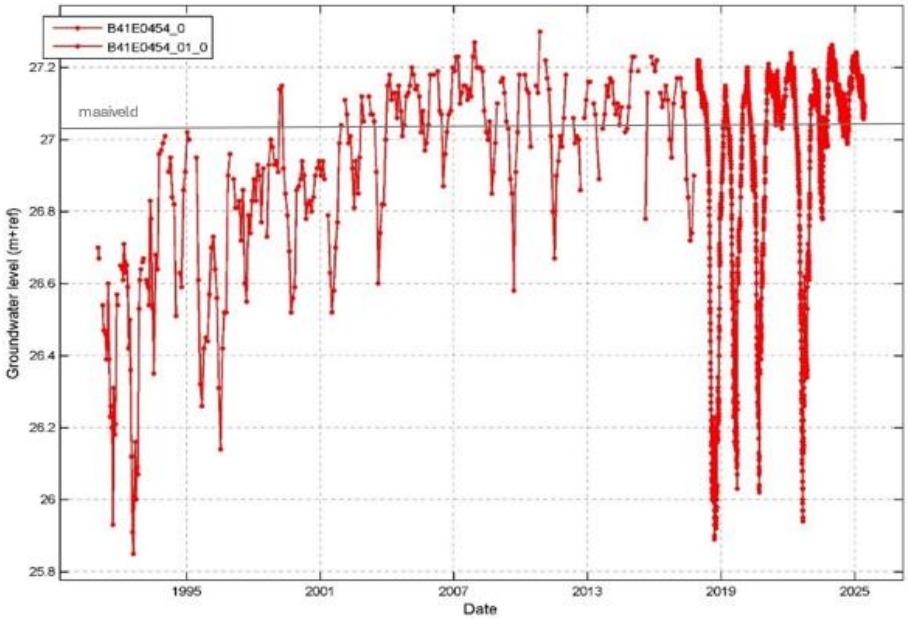
Het Korenburgerveen is een 500 hectare groot natuurgebied met actief en herstellend hoogveen en een basenrijke lagg. Het herbergt een uniek mozaïek van hoogveen, hoogveenbossen, overgangs- en trilveen, natte schraallanden, vochtige heide, gagelstruwelen en elzenbroeken. Natuurmonumenten en de Stichting Marke Vragenderveen bezitten en beheren verreweg het grootste deel van het gebied. Aan de zuid- en oostrand van het gebied stroomde de (inmiddels gedempte) Schaarsbeek. Deze lag in een natuurlijke slenk waar oppervlakkig afstromend grond- en oppervlaktewater en kalkrijk grondwater uit diepere systemen toestroomt. Hier heeft zich een geleidelijk gradiënt gevormd bestaat van hoog naar laag uit herstellend hoogveen, berkenbroekbossen en gaat over in de lagg met zegge- en galigaanmoerassen, wilgenbroeken en elzenbroeken in het dal van de Schaarsbeek.

7.4.1 Uitgevoerde maatregelen

In het Korenburgerveen is vanaf 2000 een serie herstelmaatregelen uitgevoerd. Deze waren gericht op het herstel van landschapsecologische relaties van dit hoogveenlandschap: herstel van de hoogveengroei, herstel van de basenrijke lagg en het voorkomen van het inspoelen van voedingsstoffen. De eerste fase richtte zich vooral op het vasthouden van water in het hoogveen. Dit werd gerealiseerd door het plaatsen van houten damwanden. Daarnaast werden er sloten en greppels afgedamd of gedempt en werd de instroom van landbouwwater tegengegaan. Sinds 1990 zijn aanzienlijke oppervlakten landbouwgronden rondom het Korenburgerveen verworven en dat maakte uitvoering van een tweede fase van systeemherstel mogelijk. Toen zijn vooral herstelmaatregelen getroffen in de randen van het gebied om de gradiënten en de lagg te herstellen. Hierbij werd de fosfaatrijke toplaag van de voormalige landbouwgronden verwijderd om de toestroming van nutriënten naar de lagergelegen lagg sterk te verminderen en ter plaatse de mogelijkheden voor voedselarme natuur te creëren. Daarnaast werden sloten gedempt om ervoor te zorgen dat het basenrijke grondwater weer het maaiveld kon bereiken. Dit herstel is in fasen gegaan en inmiddels zijn de watergangen volledig gedempt (Parallelsloot en de Schaarsbeek) en daarmee is de gehele gradiënt aan de noord-, oost- en zuidrand van hoog tot laag hydrologisch hersteld.

7.4.2 Effecten

De maatregelen in de eerste fase richtten zich vooral op het vasthouden van water in het hoogveen. Dit bleek effectief: door langdurig hoge waterstanden kwam op vele plekken weer verlanding op gang en her en der breidden bultvormende veenmossen zich sterk uit, waarbij zelfs op kleine schaal weer actief hoogveen werd vastgesteld. Het berkenbroekbos dat zich had gevestigd in de oorspronkelijke, (vrijwel) boomvrije hoogveenkern is hierdoor voor een belangrijk deel afgestorven. Door het hydrologische herstel werd het weer naar de randen teruggedrongen, waar het van nature voorkomt in een hoogveenlandschap. De effecten van de vernattingsmaatregelen zijn ook terug te zien in het stijghoogteverloop van sommige peilbuizen, zoals die van meetpunt B41E0454 aan de zuidkant van het Korenburgerveen. Sinds 1998 stijgen de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden daar. Vanaf 2007 is er een structurele verhoging van de gemiddelde grondwaterstanden van ca. 30 cm waarbij ook de GLG is gestegen tussen 2020 en 2025. Dit komt door een forse verhoging van het peil (en later ook de verondieping) van de Schaarsbeek. In de elzenbroekbossen op de lagere delen is langzaam uitbreiding zichtbaar van kenmerkende natte soorten van schoon, basenrijk grondwater, zoals stijve zegge, elzenzegge, waterviolier en dotterbloem.



Meetreeks van B41E0454 in de periode 1990-2025.

In de natste delen van de hooilanden is de ontwikkelen nog sneller zichtbaar en hier breiden trilveenachtige begroeiingen met draadzegge, waterdrieblad, wateraardbei en holpijp zich uit.

Ondanks de maatregelen zijn de effecten van de droge jaren (2018-2020 en 2022) goed zichtbaar, waarbij de grondwaterstand nog steeds zo'n 100 cm diep onder maaiveld uitzakt. Dat is veel te diep voor de natte basenrijke lagg met elzenbroek en trilveen. De vernattingsmaatregelen, in combinatie met veel neerslag in 2023 en 2024, hebben in de laagste delen plaatselijk geleid tot lange inundaties van de elzenbroekbossen. In deze periode stond de grondwaterstand in het zuidwestelijk deel langdurig zo'n 20 tot 30 cm hoger dan gebruikelijk. Ook voor zwarte elzen, die gewend zijn aan natte voeten, is zo'n tijdelijk verhoging in het groeiseizoen ongunstig en kan leiden tot een verminderde vitaliteit en sterfte. Het systeemherstel betekent dat soorten en vegetatietypen hun nieuwe plek op de gradiënt weer moeten opzoeken, en dat het op sommige plekken té nat kan worden voor het huidige bos. Bij de uitvoering van maatregelen is hier rekening mee gehouden door in de lagg-zone een open gradiënt te creëren waar het bos op mee kan bewegen.

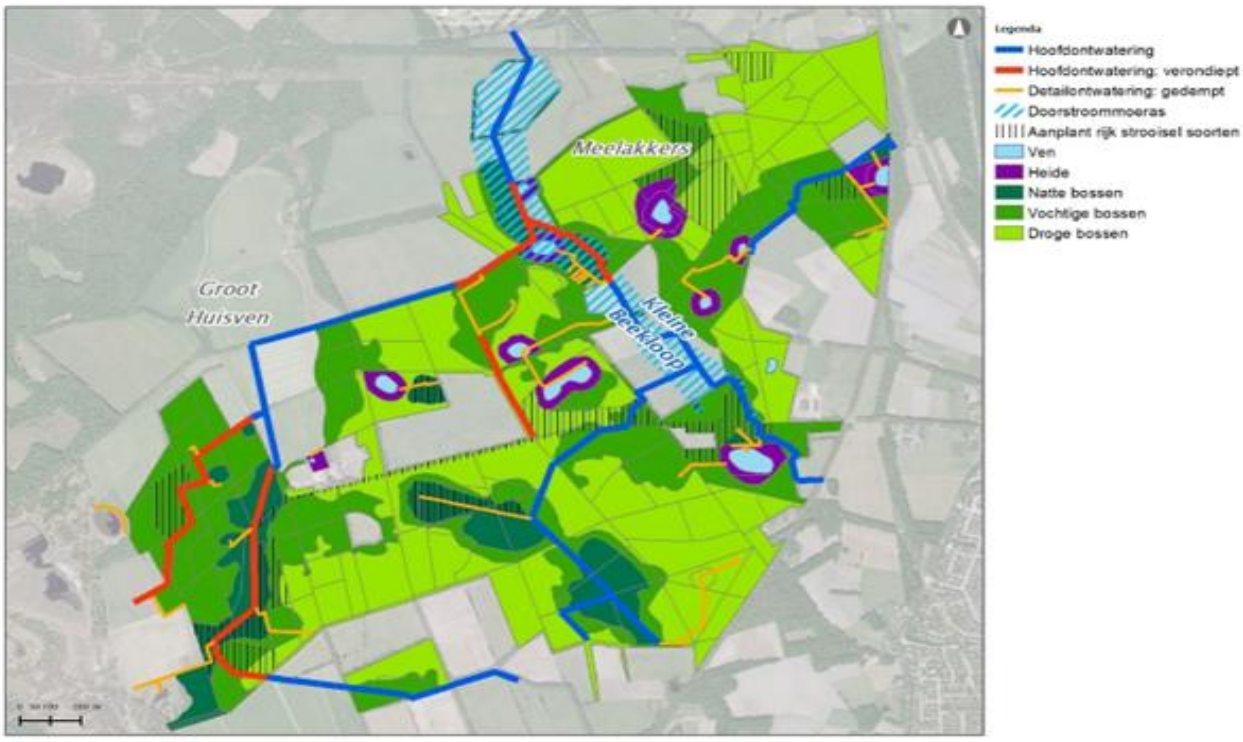
Meetpunt B41E0454 laat zien dat het zuidoostelijk deel de laatste twee decennia echter veel natter geworden, terwijl de toevoer van voedselrijk water is verminderd. Het lijkt erop dat de eutrofiëring hierdoor is afgenomen. Hoewel nog beperkt, is de uitbreiding van soorten van schoon, basenrijk grondwater, zoals stijve zegge, elzenzegge en gewone dotterbloem, een eerste teken van vegetatieherstel.

Het Korenburgerveen is daarmee een voorbeeld van systeemherstel en vernatting van bestaande bossen. Voor een deel van deze bossen zijn de nieuwe omstandigheden mogelijk te nat, en zullen over de gradiënt "omhoog" moeten pendelen. Daarvoor wordt aan de hogere kant van de gradiënt ook ruimte gemaakt. Voor andere, met name de verdroogde delen van het bos betekent het een aanzienlijke vernatting én grotere invloed van basenrijke grondwater wat leidt tot een aanzienlijke kwaliteitsverbetering.

7.5 Groote Heide

De Groote Heide is een natuurgebied ten zuiden van Eindhoven van ongeveer 600 hectare, waarvan circa 300 hectare uit bos bestaat. Het gebied ligt hoog in het landschap, op een dekzandrug tussen de beekdalen van de Tongelreep en de Kleine Dommel. Het bos kan worden gekarakteriseerd als een jonge heideontginning met gemengde opstanden van loof- en naaldhout (zomereik, grove den, lariks en douglas). Een groot deel hiervan ligt op van oorsprong natte tot vochtige bodems, zoals voormalige vennen en natte heiden. Hoewel het gebied een infiltratiegebied is, kunnen lokaal hoge grondwaterstanden ontstaan door de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen die de wegzijging vertragen.

De slechtdoorlatende afzetting ligt op geringe diepte en bestaat uit sterk gelaagde, zeer compacte fijne zanden en leembandjes (de zogenoemde spekkoek). Deze laag vormt de basis van lokale grondwatersystemen: de inzijging van regenwater wordt sterk vertraagd, waardoor de grondwaterstanden in de dekzandruggen sterk kunnen opbollen. Dit lokale grondwater stroomt vervolgens geleidelijk over de leemlagen naar de lagere delen van het landschap. Vanuit deze laagten is een uitgebreid slotenstelsel gegraven om het op de leemlagen stagnerende grond- en oppervlaktewater af te voeren en de laagten geschikt te maken voor houtproductie. In het huidige bosbeheer ligt de nadruk veel meer op het verhogen van de biodiversiteit, waarbij wordt gestuurd op meer gemengde en structuurrijke bossen. Herstel van de waterhuishouding en het vergroten van de variatie in natte, vochtige en droge groeiplaatsen is daarbij een vanzelfsprekende uitwerking.

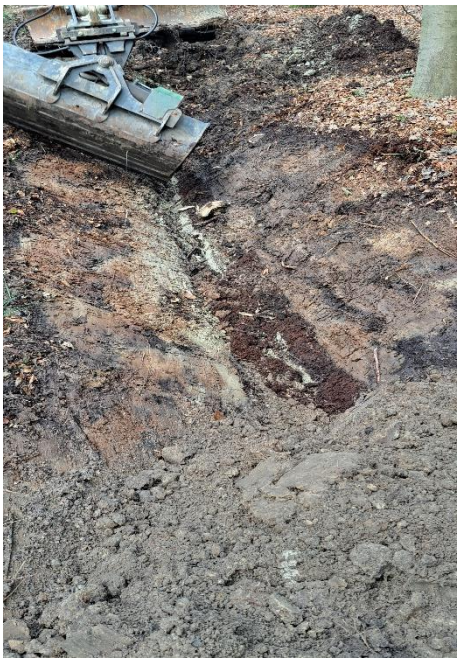


Uitgevoerde maatregelen tot 2023; inmiddels zijn al meer sloten gedempt en detailontwatering verwijderd. De vennetjes in het bosgebied zijn ontstaan als gevolg van het dempen van interne watergangen (oranje). In laagten ontwikkelen zich vochtige beuken-eikenbossen (middelgroene kleur) en berkenbroeken (donkergroen).

7.5.1 Uitgevoerde maatregelen

Vanaf 2004 is begonnen met hydrologische maatregelen in het gebied. Aanvankelijk alleen om voormalige vennen te herstellen, maar vanaf 2010 ook om de bossen natter en gevarieerder te maken. In een tijdsbestek van 20 jaar zijn stapsgewijs alle watergangen gedempt of verondiept. Met de eerste ingrepen zijn vooral alle grotere waterlopen gedempt of verondiept als sloten nog een functie hebben voor afvoer van landbouwwater. Omdat het aanpakken van grotere watergangen alleen te weinig effect had is daarna ook begonnen om de detailontwatering te dempen. Juist het dempen van de detailontwatering blijkt nodig om (lokaal) grondwater weer aan maaiveld te krijgen en ook alle kleinere depressies weer afvoerloos te maken om water te bergen.

De tot nu toe uitgevoerde maatregelen vormen een eerste stap in hydrologisch herstel van het hele gebied om meer water vast te houden en kwelstromen naar omringende natuurgebieden versterken. Brabant Water werkt hier samen met Waterschap De Dommel, Brabants landschap en Provincie Noord Brabant aan het Drinkwaterlandschap Groote Heide. Het is de bedoeling dat daarbij uiteindelijk alle grotere waterlopen gedempt gaan worden en het gebied als voorbeeld gaat fungeren voor een klimaatrobuust natuurgebied en watersysteem.



Het dempen van de detailontwatering door greppels te plaggen, te vullen met minerale grond en vervolgens door het plagsel weer op de gedempte delen te verwerken.

7.5.2 Effecten

De sterk lemige ondergrond zorgt ervoor dat interne hydrologische maatregelen een groot, maar vooral lokaal effect hebben. In de herstelde afvoerloze laagtes stegen de grondwaterstanden dusdanig dat zich hier vennen en berkenbroekbossen ontwikkelen. Daar waar de slecht doorlatende lagen een grote weerstand hebben, konden vennen ontstaan met vaak bijzondere en soortenrijke begroeiingen, waaronder moerashertshooi, witte waterranonkel, vlottende bies en ondergedoken moerasscherm. Op andere lage

plekken, waar de waterstand in de loop van het groeiseizoen onder maaiveld zakt, ontwikkelen zich vooral berkenbroekbossen met zachte berk, grauwe wilg en zwarte els, samen met diverse veenmossen en zeggesoorten.

In een groot deel van het bosgebied zijn de veranderingen subtiel. In de laagste delen neemt de bedekking van pijpenstrootje af en nemen vochtminnende soorten toe, zoals dubbelloof, veenmossen, wilde gagel en snavelzegge. Iets hoger op de gradiënt neemt de strooiselafbraak toe, waarvan onder meer bodemmossen als thujamos, pluimstaartmos en geplooid snavelmos profiteren.

Er is weliswaar sprake van bossterfte, maar die beperkt zich tot de laagste delen, waar voorheen de vennen lagen. Lokaal sterven grote bomen na herstelmaatregelen, bijvoorbeeld beuken of lariksen in laagten, terwijl eiken en dennen in diezelfde laagten het overleven. Binnen enkele jaren ontwikkelt zich hier een gevarieerd loofbos met oude eiken en dennen en een soortenrijke verjonging van berk en grove den, maar ook van grauwe wilg, boswilg en ratelpopulier. Deze soorten zijn beter aangepast aan ‘natte voeten’. Aan de hand van historische kaarten is de bossterfte redelijk goed te voorspellen. Aan de hand van historische kaarten is de bossterfte redelijk te voorspellen.

Ontwikkeling van berkenbroekbos op de Groote Heide.

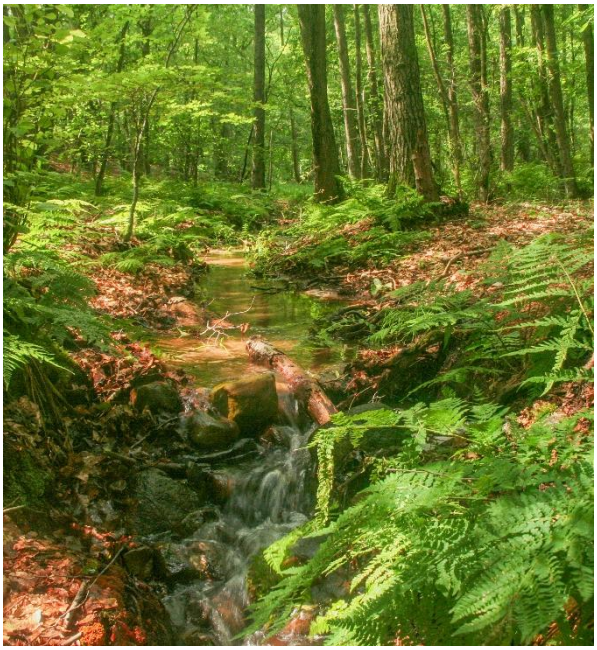
Na de maatregelen stijgen de grondwaterstanden in de dekzandruggen weer zodanig dat in het vroege voorjaar water aan de randen gaat uittreden en over maaiveld wegstroomt. Op de locatie van de foto is ook de begreppeling (rabatten) gedicht. Van de verstoring heeft vingerhoedskruid (tijdelijk) geprofiteerd.

7.6 Het dal van de Springendalse beek

Het dal van de Springendalse beek ligt op de oostflank van de stuwwal Ootmarsum (Overijssel). Hier ligt in de stuwwal een fijn vertakt systeem van erosiedalen. De combinatie van een groot watervoerend grindrijk zandpakket, grotendeels afgesloten door slecht doorlatende kleilagen en grote hoogteverschillen zorgen voor krachtige bronnen. De bronbeken vormen het leefgebied van zeldzame watermacrofauna en er komt het zeldzame elzenbronbos voor, met soorten als paarbladig goudveil. Door erosie zijn de bronbeken te diep ingesneden en verdrogen en verzuren de bronbossen, zoals in dal van de Springendalse beek. De erosie werd veroorzaakt door versnelde wateraanvoer vanuit de bovenstrooms gelegen cultuurgronden en te snelle waterafvoer door kanalisatie van het benedenstroomse deel van de beek.

7.6.1 Uitgevoerde maatregelen

Voor het project “Terug naar de Bron” zijn vele (36) herstelprojecten uitgevo erd in verschillende brongebieden in Twente (Eysink et al., 2012). Het dal van de Springendalse beek is één van de beekdalen waar maatregelen zijn uitgevoerd die gericht waren op het verhogen van de beekbodem. Zo zijn er in de jaren ‘90 keiendrempels aangebracht en zijn er later boomstammetjes en takkenbossen in de beek gelegd om de afvoer te vertragen. De belangrijkste maatregelen voor het herstel van dit systeem was het wegnemen van de oorzaak van de erosie: het omvormen van de bovenstroomse landbouwenclave de Strengen in 1998. Hier lagen een aantal van de oorspronkelijke bronnen van de beek. Het maaiveld is hersteld door het deels afgraven van de grond waarmee de laagtes met de vroegere bronnen waren opgevuld en geëgaliseerd, sloten werden gedempt en buisdrainage verwijderd. In het inzijggebied werd het maaiveldniveau juist gehandhaafd om de opslagcapaciteit van de bodem zo groot mogelijk te houden en is een verschralingsbeheer ingezet. Daarnaast zijn er in 2014 en 2015 beekbodemverhogingen uitgevoerd in de middenloop.



Stenen dammen in de bronbeekjes moeten erosie van de verhoogde beekbodem voorkomen

Effecten

Door de omvorming van de landbouwpercelen naar natuur is de hydrologisch functioneren in het stroomgebied sterk verbeterd. Uit grondwaterstandsmetingen blijkt dat de grondwaterstanden stabieler zijn geworden en dat de stijghoogte plaatselijk sterk is toegenomen. Door de grotere kweldruk stroomt het grondwater op een hoger niveau af naar de lager gelegen noord- en zuidtak van de Springendalse beek. Soorten van bronbossen zoals bittere veldkers, paarbladig goudveil en kleine valeriaan zijn toegenomen of hebben zich opnieuw gevestigd (Eysink et al., 2012). De beekbodemverhoging in de middenloop heeft geleid tot in het herstel van kwel naar maaiveld in het beekdal en herstel van verdroogd Elzenbronbos, veldrusschraalland en zure kleine zeggenvegetaties.

Ook de omgevormde landbouwenclave heeft zich spectaculair ontwikkeld: weidebronsoorten, zoals klimopwaterranonkel, groot bronkruid en bittere veldkers zijn teruggekeerd of sterk uitgebreid. Hogerop in de gradiënt zijn Jeneverbessen spontaan gekiemd en uitgegroeid en heel geleidelijk ontwikkelt zich in een deel van het gebied spontaan een nieuw Elzenbos.

Bronbeekje in het Springendal met goudveil, bosbies en kleine watereppe

Meer inspiratie & informatie

Al, E.J. (red.), 1995. Ecosysteemvisie Bos. Natuur in bossen. IKC Natuurbeheer, Wageningen

Bijlsma, R.J., H.G.J.M. Koop en E.J. Weeda, 2019. Het eiken-haagbeukenbos in Nederland: een bedreigd en uit beeld geraakt wisselvochtig bosecosysteem. De Levende Natuur, Volume 120 - Issue 3 p. 109- 115

Boxman, A. W., H. H. Bartelink, P. Bossenbroek, R.H. Kemmers & A.H.F. Stortelder, 2003. Uitvoering van vernattingsmaatregelen op praktijkschaal 1997-2003; referentie project Koelbroek (No. 2003/245-O). EC-LNV.

Brouwer, E., R.F. van der Burg, M.L. Franssen, G.A. van Duinen, A.J.M. Jansen, J. van Diggelen & W.J. Emsens, 2022. De nutriëntenkringloop tijdens herstel van basenrijke, vochtige bossen. Rapportnummer OBN-2018-100-NZ, VBNE, Driebergen

Coolen, F.C.M. 1993. Het veranderende Koelbroek. Natuurhistorisch Maandblad 82 (2).

De Haan, M., B. Possen & A. Jansen. 2024, Drinkwaterlandschap – een concept voor duurzame inrichting van waterwingebieden. H2O-Online.

De Waal, R.W. and R.J. Bijlsma, Bossen van de keileemgronden. Betekenis van stagnerend grondwater voor de ontwikkeling van humusprofiel en vegetatie. 2003, Alterra: Wageningen.

De Keersmaeker, L., et al., Herstelstrategieën tegen de effecten van atmosferische depositie van stikstof op Natura2000 habitat in Vlaanderen, in Rapporten van het Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek. 2018.

Eysink, A.T.W., M.A.P. Horsthuis, R.J.J. van Dongen & J.H.J. Thielemans, 2012. Terug naar de bron : evaluatie van herstelprojecten. Ede: Coöperatie Unie van Bosgroepen.

Franssen, L., A.J.M. Jansen & R.F. van der Burg, 2023. Systeemtypen als denkkader voor herstel van vochtige bossen. Vakblad Natuur Bos Landschap 2023(9): 197-200.

Koop, H.G.J.M, 2010. Advisering Ulvenhoutse Bos in het kader van Natura-2000 aangewezen habitattypen. SBB Regio Zuid, Ecobus Consult, Veenendaal.

Mulder, A. 2020. Van dijken en sloten, een verkenning van de geschiedenis van rabattenbossen in de Graafschap, Rijksuniversiteit Groningen

Possen, B.J.H.M., R.F. Van der Burg, and A.J.M. Jansen, Regionale landschapsecologische systeemanalyse van de Groote Heide. 2022, Stichting Bargerveen: Nijmegen

Stortelder, A.H.F., P.W.F.M. Hommel, R.W. de Waal, K.W. van Dort, J.G. Vrielink & R.J.A.M. Wolf, 1998. Broekbossen. Natuurhistorische Bibliotheek nr 66. KNNV, Utrecht

Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée & P.W.F.M. Hommel, 1999. De vegetatie van Nederland. Deel 5 plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Opulus Press, Uppsala.

Van der Burg, R., E. Brouwer, R.J. Bijlsma, A.B. van den Burg, G.A. van Duinen, P.W.F.M. Hommel, A.J.M. Jansen, E.C.H.E.T. Lucassen & R.W. de Waal, 2014. Preadvies voor herstel en ontwikkeling van vochtige bossen op de pleistocene zandgronden. Rapport nr. 2014/OBN192-NZ. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.

Van den Berg, L., R. van der Burg, M. de Graaf, P. Schmitz & J. Bouwman, 2024. Biodiversiteit van Brabants Bialowieza, Fase 2 onderdeel A referentiebosbeelden. Bosgroep Zuid-Nederland, Heeze

Van der Burg, R., L. Franssen, A.J.M. Jansen & D. Verhoeven, 2023. Hydrologisch herstel in leembossen in Noord-Brabant. *De Levende Natuur* 124 (2): 50-55.

Van de Werf, S., 1991. Bosgemeenschappen. Natuurbeheer in Nederland. Deel 5. Pudoc, Wageningen.

Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren, Atlas van de plantengemeenschappen in Nederland deel 4: bossen, struwelen en ruigten. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Wolf, R.J.A.M., A.H.F. Stortelder, R.W. de Waal, K.W. van Dort, S.M. Hennekens, P.W.F.M. Hommel, J.H.J. Schaminée & J.G. Vrielink, 2001. Ooibossen. Natuurhistorische Bibliotheek nr 68. KNNV, Utrecht