

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

HANDREIKING

voor de omvorming
van voormalige
landbouwgronden
naar schrale natuur

© 2023 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Deze publicatie is tot stand gekomen met bijdragen van BIJ12 en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Online gepubliceerd op www.natuurkennis.nl

Redactie

I. Borkent, G. van Duinhoven en W. Wiersinga

Lay-out en fotobewerking

Aukje Gorter

Beeld

Foto's van Fabrice Ottburg

Samenstelling

Drs. C.J.S. Aggenbach, Prof. M.P. Berg, Prof. J. Frouz, Dr. T. Hiemstra, Msc. L. Norda, J. Roymans, Prof. R. van Diggelen

Opdrachtgever

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Productie

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)
Princenhof Park 7
3972 NG Driebergen
info@vbne.nl

Handreiking — Inleiding

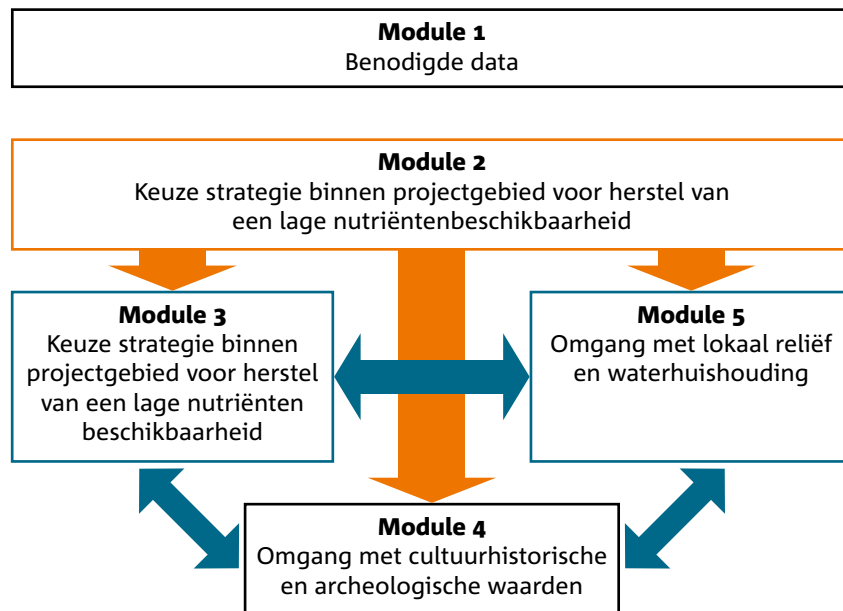
Deze handreiking beoogt plannenmakers, projectleiders, ecologen en beheerders een ondersteuning te bieden bij het uitwerken van inrichtingsplannen waarbij voedselrijke landbouwgronden worden omgevormd tot schrale natuurtypen zoals heidevegetaties, blauwgraslanden, heischrale graslanden, kalkgraslanden, duingraslanden en duinvalleivegetaties. Het zijn natuurtypen die alleen gedijen bij lage concentraties voedingsstoffen in de bodem.

Door een intensief landbouwkundig gebruik in het verleden is de nutriëntenvoorraad en -beschikbaarheid in deze landbouwgronden groot, waardoor het herstel van natuurtypen die gebonden zijn aan een relatief lage nutriëntenbeschikbaarheid een moeilijke opgave is. De grote fosfaatvoorraden, de zeer geringe aanwezigheid van doelsoorten in de zaadbank en het ontbreken van populaties plant- en diersoorten in de omgeving van herstellocaties, beperken doorgaans het herstelsucces. Vandaar dat het heel belangrijk is om een uitgekende ontwikkeling van herstelprojecten voor te bereiden om tot succesvol herstel te komen. Deze handreiking biedt daarvoor belangrijke handvatten.

De handreiking is een praktische vertaalslag van het OBN-rapport Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen (Aggenbach et al. 2017). Dat OBN-rapport bevat de onderzoekskennis en veel achtergrondinformatie. Op een aantal plaatsen in deze handleiding wordt voor meer informatie direct naar het OBN-rapport verwezen. In 2023 is deze handreiking geupdate waarbij de tabellen in Modulen 1 en 3 zijn uitgebreid met relevante situaties in het heuvelland. Daarnaast heeft er ook een update plaatsgevonden op basis van nieuwe bronnen met referentiewaarden voor nutriëntengehalten in de bodem van schrale natuurtypen. Daarbij zijn ook bronnen gebruikt met metingen uit het heuvelland (bijlage 1 bevat de toegevoegde referenties). Voor deze revisie leverde Arjan Ova (Stichting het Limburgs Landschap), Guido Verschoor (Staatsbosbeheer), Marina Fijten en Corine Geujen (beide Natuurmonumenten) een waardevolle inbreng.

Figuur 1 geeft de werkwijze weer van deze handreiking. Via het doorlopen van een aantal modules kan gekozen worden voor de beste maatregelen voor een specifiek projectgebied, rekening houdend met de lokale omstandigheden.

- Module 1: inbedding van de landschapsecologische positie en functie van het projectgebied in het landschap.
- Module 2: omgang met cultuurhistorische en archeologische waarden.
- Module 3: omgang met lokaal reliëf en waterhuishouding.
- Module 4: keuze van de techniek binnen het projectgebied voor herstel van een lage nutriëntenbeschikbaarheid ten behoeve van schrale natuurtypen.
- Module 5: geeft een algemeen overzicht welke type gegevens nodig kunnen zijn bij het opstellen van een inrichtingsplan.



Figuur 1. Modulaire opbouw van het werkproces om te komen tot de beste maatregelen om van de overmatige voedselrijkdom in landbouwgronden af te komen.

Belangrijk is om de herinrichting van voormalige landbouwpercelen in een landschappelijke context te zien. Het is daarom nodig om eerst Module 1 (figuur 2) te doorlopen (inbedding projectgebied in het landschap) zodat bij keuzen in het projectgebied ook rekening wordt gehouden met natuurdoelen en andere randvoorwaarden in de omgeving. Pas als helder is wat de positie en functie is van het projectgebied binnen het grotere landschappelijke geheel, zijn Modules 2 en 3 aan de orde. De uitkomst van de ene module kan de keuzemogelijkheid in een andere module beperken of kan leiden tot lokale aanpassingen. Zo kunnen relaties op landschapschaal (Module 1) en omgang met de waterhuishouding en reliëf (Module 3) elkaar beïnvloeden. De uitkomsten van de analyse van cultuurhistorische en archeologische waarden (Module 2) geeft ook inzicht hoe maatregelen die ingrijpen in de bodem (Module 3) kunnen worden afgestemd op zulke waarden.

Deze handreiking is geen harde beslissleutel met alleen ja/nee-opties. In veel gevallen is de keuze voor een specifieke maatregel niet alleen een kwestie van wel of niet doen, maar is het juist belangrijk hoe maatregelen worden uitgevoerd. De modules geven de gebruiker daarom vooral handvatten om keuzen te overwegen en geven de mogelijkheid om uit meerdere opties te kunnen kiezen en gekozen maatregelen nader uit te werken.

Tenslotte: Deze handreiking gaat niet in op de financiële aspecten van inrichtingsprojecten, omdat de budgetten voor herinrichting niet vastliggen en de daadwerkelijke kosten sterk worden beïnvloed door lokale en regionale omstandigheden en tijdgebonden kansen. Terreinbeheerders hebben meestal voldoende kennis en ervaring met calculaties voor herinrichtingsprojecten zodat we dat hier buiten beschouwing kunnen laten.

Projectfasering

De inrichtingsprojecten voor omvorming van landbouw naar natuur vergen een projectmatige aanpak met een fasering van onderdelen.

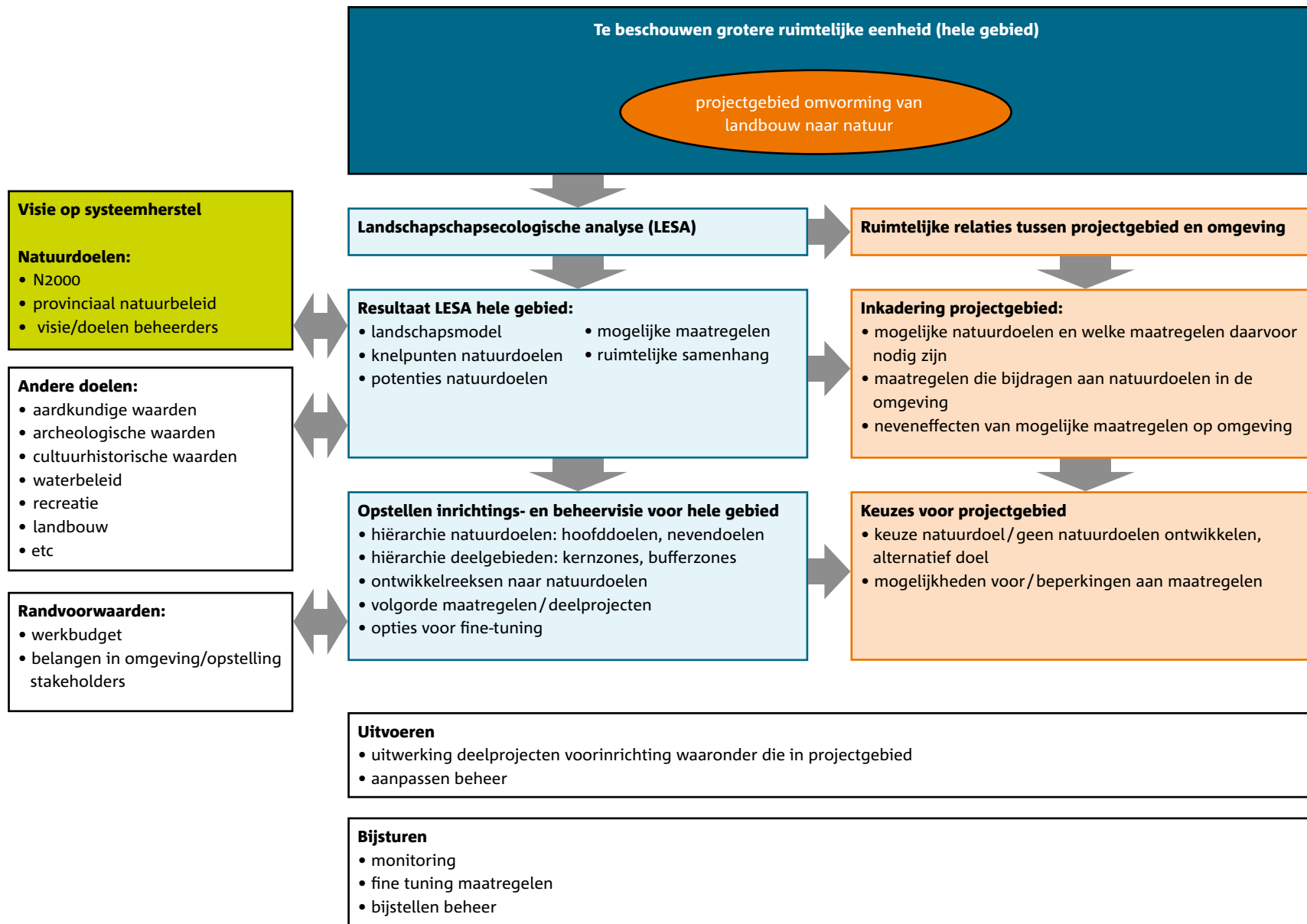
1. DOELEN VASTSTELLEN

Stel vast of het projectgebied onderdeel wordt van een kernzone met hoogwaardige natuurdoelen of dat het een bufferzone wordt die ondersteunend is aan kernzones in de omgeving (Module 1). Dit onderscheid is van belang voor de ambitie voor de natuurdoelen in het projectgebied en mate van investeringen in de lokale inrichting. Vervolgens worden de natuurdoelen zo concreet mogelijk ingevuld op basis van beleid en ambities van de beheerder. Figuur 1 is een hulpmiddel om de doelen vast te stellen en te bepalen wat de afbakening is van het projectgebied.

Checks:

- Is herstel van het projectgebied (landschaps)ecologisch goed onderbouwd en zijn de doelstellingen duidelijk?
- Start organiseren financiering.
- Welke vergunningen zijn nodig en hoe ziet het traject voor de aanvraag er uit?
- Start communicatie met lokale belanghebbenden.





Figuur 2. Vaststellen doelen en bepalen projectgebied

2 PLANVORMING

Analyseer met behulp van de modules welke herstelmaatregelen voor het ontwikkelen van schrale natuurdoelen zinvol zijn binnen de beperkingen die Module 1 heeft aangeduid. Module 2 laat vervolgens zien in hoeverre de beoogde maatregelen van invloed zijn op aardkundige, cultuurhistorische en archeologische waarden. Voor zover mogelijk dient het plan daar maximaal op te worden afgesteld.

Ook dient de vraag te worden gesteld of ingrijpende maatregelen niet beter in andere gebieden efficiënter en met een grotere slaagkans voor de beoogde natuurdoelen kunnen worden uitgevoerd. De middelen voor herinrichting zijn beperkt, een effectieve inzet daarvan is belangrijk.

Checks:

- Zijn er voldoende gegevens aanwezig om haalbaarheid van doelen te kunnen beoordelen en om gefundeerd een keuze te kunnen maken voor een hersteltechniek?
- Bodemchemisch vooronderzoek naar nutriëntengehalten op verschillende dieptes is onontbeerlijk.
- Is er een kans dat veel kiemkrachtige zaden van niet-doelsoorten (pitrus bijvoorbeeld) aanwezig zijn?
- Is er kans op terugkeer van plantensoorten uit de zaadbank.
- Zijn er bronpopulaties van verwachte doelsoorten (flora en fauna) in de directe omgeving (maximaal binnen een straal van 1 km) aanwezig en zijn er verbindingen of juist barrières?
- Zijn er nog soorten aanwezig waar bij de uitvoering rekening mee moet worden gehouden en/of waarvoor ontheffingen nodig zijn?
- Zijn er negatieve effecten op aanliggende terreinen te verwachten? Zijn die eventueel te voorkomen?
- Communiceer de voortgang van het project met de omgeving.
- Stel vast hoe het gebied na de ingreep beheerd en gemonitord gaat worden. Verricht de juiste nulmetingen zodat effecten van de herinrichting goed kunnen worden beoordeeld. Richt monitoring verder in om fine-tuningsmaatregelen te kunnen ondersteunen (bijvoorbeeld instellen waterpeilen) en om beheer tijdig bij te stellen.

3 UITVOERING

Het inrichtingsplan wordt uitgewerkt in een bestek. Tijdens de uitvoering is een opzichter aanwezig die goed bekend is met de doelen en de ecologische achtergrond. Hij/ zij kan bijsturen als zich onverwachte zaken voordoen. De opzichter legt ook afwijkingen in de uitvoering van het bestek vast. Belangrijk is een goede documenta-

tie van de uitvoering. Denk daarbij aan aspecten als financieringsbron, totale kosten, jaar van uitvoering, grootte van de ontgroning, landgebruik vóór ontgronden, diepte van afgraven, hoeveelheid afgevoerde en/of verplaatste grond, vorm van uitmijnen, dikte van de organische laag na uitvoering.

Checks:


- Zorg voor goede ecologische begeleiding bij de uitvoering ter plekke.
- Maak een gedetailleerd rapport over de gevolgde werkwijze, en maak foto's vóór, tijdens en na de ingreep. Leg ruimtelijke informatie ook digitaal vast.
- Maak aantekeningen op de bestekstekening wanneer daar bij uitvoering van wordt afgeweken. Documenteer de daadwerkelijke uitvoering op de revisiekaart en in een rapport.
- In geval van ontgronden: controleer met bodemchemisch onderzoek of de vooraf geformuleerde doelen voor verlaging van de nutriëntenrijkdom zijn gehaald.
- Documenteer maatregelen die zich uitstreken over meerdere jaren zodat ook na langere tijd nog bekend is wat er exact is gebeurd.

4 VERVOLGBEHEER

Meestal is het nodig om na de eerste maatregelen een vervolgbeheer te voeren. Dat kan bestaan uit bijvoorbeeld maaien, beweiden, uitmijnen of een combinatie van dergelijke maatregelen. De ontwikkelingen in het gebied kunnen aanleiding geven tot het bijstellen van beheer dan wel tot ingrijpen in de ontwikkeling met niet vooraf geplande beheermaatregelen.

Checks:

- Documenteer het gevoerde beheer en voer regelmatig een extensieve monitoring uit van de vegetatiestructuur. Jaarlijkse foto's zijn daarbij ook zinvol. Dit maakt evaluatie en bijsturing een stuk eenvoudiger. Deze vinger aan de pols is zinvol gedurende de eerste 5 tot 10 jaar kunnen plaatsvinden totdat de vegetatie stabiel is geworden.
- Vestiging van bomen/houtige gewassen kan worden voorkomen met maaibeheer. In natte terreindelen kan maaibeheer lastig zijn, maar een droog jaar kan maaien dan wel een optie zijn.
- Uitmijnbeheer vergt een vergaande afstemming van de bemesting (K of N+K), het aantal maaibeurten en gewaskeuze op de ontwikkeling van de nutriëntenbeschikbaarheid, productiviteit en afvoer van nutriënten. Hiervoor is monitoring essentieel.

 Een documentatie van alle werkzaamheden is belangrijk om de effecten ervan later goed te kunnen evalueren.

5 MONITORING

Om nadien te kunnen beoordelen of de maatregelen het gewenste effect hebben gehad, is het nodig om bij aanvang al met een goede monitoring te beginnen. Deze bestaat in ieder geval uit het beschrijven van de relevante abiotische en biotische aspecten in de uitgangssituatie en in de situatie onmiddellijk na de uitvoering. Daarna is het zinvol een monitoring uit te voeren zoals in onderstaand schema:

6 EVALUATIE

Evalueer eens in de 12 jaar de ontwikkeling van het projectgebied op het vlak van bodemchemie, humusprofiel, waterhuishouding en hydrochemie, vegetatie, doelsoorten. Het onderling vergelijken van meerdere terreinen waar omvorming van landbouw naar natuur heeft plaatsgevonden, is leerzaam om succes en faalfactoren te onderkennen. Ga daarom af en toe ook op bezoek bij de 'buren'. Pas waar nodig het vegetatiebeheer en/of het waterbeheer aan op basis van deze evaluatie.

Vegetatie:

Elke 12 jaar dienen vegetatietypen en elke 6 jaar aandachtsoorten te worden gekarteerd. De te gebruiken karteerschaal hangt af van het vegetatiepatroon en de omvang van het projectgebied; de eerste 10 tot 15 jaar dient ook jaarlijks de vegetatiestructuur te worden gevolgd door opslag en ontwikkeling van ongewenste soorten in te tekenen op kaart, dit ten behoeve van fine tuning van het beheer

Fauna monitoring:

Deze is afhankelijk van de doelsoorten; broedvogels en enkele entomofaunagroepen (dagvlinders, libellen, sprinkhanen) dienen te worden meegenomen in de reguliere karteringen.

Waterstanden:

Voor projecten waar herstel van de waterhuishouding van belang is moeten grond- en eventueel oppervlaktewaterstanden worden gevolgd; meetlocaties dienen te worden gepland op basis van voorkennis van het hydrologisch systeem

Chemische toestand bodem:

Na uitvoering van pluggen/afgraven is het zinvol de volgende parameters te worden vastgelegd: humusprofiel, P-totaal, P-Olsen en/of P-water (Pw), pH-H₂O en/of pH-KCl, organische stof en droge bulkdichtheid in de bodemtoplaag. Het aantal meetpunten hangt af van de omvang en zonatie van het projectgebied. Indien herstel van een hoge basenrijkdom van belang is, wordt aangeraden elke 5 jaar op vaste locaties humusprofiel, organisch stofgehalte, pH-H₂O en/of pH-KCl, uitwisselbare kationen, kationadsorptiecapaciteit, organisch stofgehalte en droge bulkdichtheid te meten. Meetlocaties dienen te worden gepland op basis van een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) en de uitgevoerde inrichtingsmaatregelen. In geval van uitmijnen moeten ook P-totaal, N-totaal en P-Olsen en/of P-water worden gemeten.

Chemische samenstelling van de bovengrondse biomassa:

In geval van uitmijnen jaarlijks documenteren hoeveel N en K worden toegediend. Ook de jaarlijkse afvoer van N, P en K in het afgevoerde gewas moet worden bepaald. In geval van uitmijnen worden ook P-totaal, P-Olsen en/of P-water (Pw), pH-H₂O en/of pH-KCl, organische stof en droge bulkdichtheid in de bodemtoplaag gemeten.

Chemische toestand van het grondwater:

Indien herstel van een hoge basenrijkdom door aanvoer van grondwater van belang is wordt aangeraden elke 5 jaar op vaste locaties macro-ionen, pH en elektrisch geleidingsvermogen in het porievocht te meten op een aantal diepten in de bodem (bv 0-10, 40-50, 90-100 cm-mv); meetlocaties dienen te worden gepland op basis van een landschapsecologische systeemanalyse en uitgevoerde inrichtingsmaatregelen



Module 1

Project in het landschap

Voorafgaand aan de uitwerking van een inrichtingsproject is het nodig om vast te stellen welke actuele functies het projectgebied binnen het landschap heeft. De keuzes in het project dienen te passen in de langetermijnvisie op ontwikkeling van het totale natuurgebied in dat landschap. Module 1 geeft handvatten om die functie te bepalen en is belangrijk om te waarborgen dat het project bij gaat dragen aan de ontwikkel- of hersteldoelen op landschapsschaal of voor het gehele toekomstige natuurgebied. Voorkomen moet worden dat lokale inrichtingsprojecten zulke doelen beperken of zelfs teniet doen. De gekozen natuurdoelen in een project gebied moeten passen in de visie voor (systeem)herstel van het hele gebied.

Na een afweging op schaal van het landschap kunnen de maatregelen nader worden ingevuld. De werkwijze is daarmee van groot naar klein. De analyse op landschapsschaal kan ook als uitkomst hebben dat bepaalde maatregelen op lokaal niveau niet zinvol zijn of zelfs een negatief effect hebben op actuele natuurdoelen in de omgeving. Hydrologische relaties, herstel van processen op landschapsschaal, omgang met ongewenste effecten die nog lang blijven doorwerken, spelen hierin een belangrijke rol.

Een veel gebruikt instrument om het landschap te doorgronden is de landschapsecologische systeemanalyse (LESA). In een dergelijke analyse worden alle relevante factoren op een systematische manier verzameld en met elkaar in verband gebracht. Dat begint met een beschrijving van de huidige toestand en relaties (tussen bodem, water, vegetatie, fauna etc.) en het inschatten van mogelijke veranderingen na een ingreep. Een veelgebruikte methode voor een LESA staat beschreven in het in 2010 verschenen boekje Landschapsecologische systeemanalyse van onder andere Van der Molen. Het Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen (Beselink et al. 2017) bevat veel praktische tips en checklisten voor dit type landschap.

Volgende 8 pagina's:

Tabel 1 is een checklist om te screenen welke mogelijke functies een projectgebied heeft in de omgeving op het gebied van bijvoorbeeld waterhuishouding, fauna, connectiviteit en positie in de gradiënt. Wanneer een functie van belang kan zijn, is het zinvol om op basis van gegevens en inzichten uit het veld deze nader te analyseren. De checklist geeft ook inzicht in mogelijke negatieve effecten van maatregelen in het projectgebied op de omgeving. Door deze te onderkennen kan worden nagegaan of, en zo ja, welke mogelijkheden er zijn om deze negatieve effecten te voorkomen.



Tabel 1 Checklist functie deelgebied binnen grotere ruimtelijke eenheid

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
Waterhuishouding: waterregime, waterstroming en stofstromen			
Droog infiltratiegebied	Toestroming grondwater naar kwelgebied buiten het projectgebied	Het projectgebied is droog en heeft een diep fosfaatprofiel. Afgraven voor schrale natuurdoelen vergt een te grote investering. Omdat door de droge omstandigheden geen fosfaat kan uitspoelen naar lagere terreindelen richt het beheer zich op ontwikkeling van kruiden- en faunarijke grasland.	
Infiltratiegebied		Kwelzones, bronnen en bronbeekjes kunnen een klein intrekgebied hebben waardoor bebossing op perceelsschaal al een aanzienlijk negatief effect kan hebben op de grondwateraanvulling. Breng de ligging van lokale intrekgebieden in beeld. Kies bij groot effect op waterbalans voor omvorming naar niet bemeste korte vegetatie. Bebos uit voorzorg bij voorkeur geen korte vegetatie in kleine intrekgebieden van kwelzones en bronnen.	
Infiltratiegebied met een ondiepe slechtdoorlatende laag	Vochtige en natte omstandigheden zijn afhankelijk van stagnatie van regenwater op de slecht doorlatende laag.	Bij ontgronden uitkijken dat de ondiepe slecht doorlatende laag niet wordt doorgraven waardoor ter plekke verdroging optreedt.	Lösspakketten bevatten vaak slecht-doorlatende lagen en ook andere geologische formaties kunnen dunne slecht doorlatende lagen bevatten. Het is daarom bij ontgronden van belang de lokale geologie in beeld te brengen.
	Door afstroming van grondwater over de slechtdoorlatende laag wordt een kwelzone gevoed.	Idem en doorgraven kan leiden tot het wegvallen van de grondwatervoeding.	
Infiltratiegebied in lokale hoogten	Dekzandruggen zorgen voor toestroming van grondwater in natte perioden als de grondwaterstand in de ruggen opbollen.	Het ontgronden van lokale hoogten (o.a. dekzandkoppen, rivierduinen) die infiltratiegebied zijn voor lokale grondwatersystemen, wordt afgeraden, zodat kwel in de laagten kan bijven optreden.	
Infiltratiegebied	In geval van bemesting raakt het grondwater vervuild met nitraat en/of sulfaat en dit grondwater stroomt naar een kwelgebied buiten het projectgebied.	Stop bemesting en vermijd uitmijnen met toediening van stikstof. Bij uitmijnen met kalium heeft het gebruik van kalichloride een voorkeur boven kalisulfaat ten einde extra uitspoeling van sulfaat te voorkomen.	

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
Ontwaterd infiltratiegebied	Het infiltratiegebied is verdroogd en daardoor ook de laagten die door het infiltratiegebied worden gevoed.	Breng af- en ontwatering in kaart en maak een plan om de afwatering compleet of zoveel mogelijk te stoppen.	
	Er treedt te weinig toestroming van grondwater naar kwelgebieden buiten het projectgebied op. Verminderen/verwijderen ontwatering is gewenst voor herstel van toestroming naar het kwelgebied		
	Bij verminderen/ verwijderen ontwatering zal er meer toestroming zijn van grondwater naar kwelgebieden, of er ontstaan nieuwe kwelzones.		
	Door bemesting is veel fosfaat in de bodem geaccumuleerd. Bij vernatting is er een risico op uit- en afspoeling van fosfaat naar lagere delen.	De ontwatering in het projectgebied wordt gedempt en deels wordt het projectgebied afgegraven om te voorkomen dat veel fosfaat mobiliseert. Hier liggen mogelijkheden voor de ontwikkeling van heide en heischraalgrasland.	
Nat infiltratiegebied	Actuele uit- en afspoeling van nutriënten naar lagere delen.	De bemesting wordt gestopt en de fosfaatrijke laag wordt afgegraven. Wanneer afgraven niet mogelijk is dient de afwatering van projectgebied te worden omgeleid door een deel zonder schrale natuurdoelen.	
	Bij vernatting, toename uit- en afspoeling van fosfaat, stikstof en kalium naar lagere delen, ook kans op runoff van nutriëntenrijk oppervlaktewater naar lagere delen		

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
Laaggelegen drainerend gebied	Het projectgebied is te droog door lokale ontwatering en/of ontwatering in de omgeving voor beoogde natuurdoel. Vernatting van het projectgebied is wenselijk en dit kan ook zorgen voor vernatting van de omgeving.	Voor vernatting en herstel van de kwel is vermindering of dempen van lokale ontwatering een vereiste. Indien aanwezig kan ook vermindering van de ontwatering in de omgeving nodig zijn. In de omgeving kan een hydrologische bufferzone ingericht worden met hogere waterstanden en aangepast grondgebruik. Een dilemma kan zijn hoe om te gaan met bovenstreams gelegen drainage die nog niet kan worden verwijderd. Handhaven daarvan en te tegelijk in het projectgebied wel de ontwatering verwijderen, kan dan leiden tot ongewenste instroom van nutriëntenrijk water over maaiveld. Hoe hiermee om te gaan hangt sterk af van de lokale situatie.	In veel kwelzones op hellingen en in diepe beekdalen liggen lokale sloten, diepe beken en ook vaak 'onzichtbare' buisdrainage. Het opsporen en verwijderen van lokale buisdrainage is dan belangrijk, maar kan ook lastig zijn. Buisdrainage kan worden opgespoord door middel van veldonderzoek, navraag in de omgeving, het graven van proefsleuven en ook het raadplegen van (oude) luchtfoto's en AHN-beelden kan helpen. Zo kan een 'visgraat'patroon duiden op de aanwezigheid van buisdrainage. Hogergelegen, voorheen nat terrein kan ook drainage bevatten. In geval van ondiepe, lokaal drainerende greppeltjes in veentjes en moerassen dienen deze ook gedicht worden. Houd daarbij rekening met behoud van brongmeenschappen. Voorkom ook nieuwe ontwatering door geen nieuwe greppels te graven op kwetsbare plekken. Vaak weet het water zijn eigen weg te vinden over maaiveld.
	In het projectgebied bereikt het toestromende grondwater de wortelzone niet meer als gevolg van de ontwatering en heeft daardoor geen basenminnende, grondwaterafhankelijke vegetatie meer. Vernatting projectgebied is wenselijk en dit kan ook zorgen voor vernatting van de omgeving.		
	Ontwatering in het projectgebied zorgt voor verdroging van de omgeving en is hier een knelpunt voor herstel van grondwaterafhankelijke natuurdoelen.	Ontwatering in het projectgebied wordt verwijderd. Om te voorkomen dat de laagte de omgeving te veel blijft draineren wordt de fosfaatrijke bodemlaag niet afgegraven. Daarom wordt gekozen voor voedselrijke natte natuur waaronder voedselrijke moerasruigte t.b.v. fauna.	
	Afname of afwezigheid van kwel in delen van de omgeving en is hier een knelpunt voor basenminnende grondwaterafhankelijke natuurdoelen.		

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
	De laagte heeft een afvoerfunctie voor het neerslagoverschot uit omgeving. In het geval van het dempen van de ontwatering in het projectgebied loopt de afvoer over maaiveld. Door de hoge nutriëntenrijkdom van het oppervlaktewater zijn schrale natuurdoelen niet mogelijk.	Herstel van de omgeving door vernatting heeft prioriteit. Voor de laagte wordt gekozen voor ontwikkeld naar voedselrijk nat grasland en moeras.	
	Als gevolg van vernattingsmaatregelen door het verwijderen van drainage gaat in natte perioden water over maaiveld afstromen maar in zomer valt de laagte wel droog.	Vermijd de aanleg van afvoerslenken, continu drainerende kunstmatige beken en duinrellen omdat deze in drogere perioden het terrein te sterk kunnen ontwateren. Accepteer dat bepaalde gebieden bij systeemherstel geen permanent/langdurig stromende waterlopen kunnen hebben.	
	Door de laagte moet nutriëntenrijk oppervlaktewater uit landbouwgebied worden afgewaterd. De afwatering ligt zo diep dat die nog veel draineert en bij piekafvoeren kan overstroming met nutriëntenrijk oppervlaktewater optreden.	De afwateringsloot wordt vervangen door een niet-drainerende buis.	
Laag gebied met (toekomstige) functie voor waterberging	Er treedt in natte periode overstroming op met oppervlaktewater.	Het waterbergingsdoel blijft gehandhaafd en voorzien wordt dat het bergingswater uit landbouwgebied nog langdurig nutriëntrijk blijft. Bij de inrichting wordt nutriëntenrijk grasland, ruigte en moeras nagestreefd.	
		Bovenstrooms stroomt het oppervlaktewater door een waterbuffer, zodat het veel nutriëntenrijk slib verliest alvorens de laagte in te stromen. Hierdoor kunnen goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden en grote zeggen moerassen voorkomen.	

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
<p>Insnijding beken/ waterlopen door erosie. In hellende beekdalen kan door piekafvoeren en terugschrijdende erosie insnijding van beken en waterlopen optreden. Afvoerpieken zijn vergroot door intensivering van de landbouw, toename van verhard oppervlak, het afkoppelen van hemelwater, riooloverstorten en snel lozende waterbuffers. Terugschrijdende erosie kan optreden door verdieping van de beek/ waterloop benedenstrooms.</p>	<p>Diepe insnijding zorgt voor sterke verdroging van aangrenzende grondwaterafhankelijke natuur en het verdwijnen van kwelzones en bronnen. De zeer hoge piekafvoeren kunnen ook nadelig zijn voor de beek- en bronfauna. Aanpak van dit probleem is topprioriteit gezien de ernst en omdat het probleem in loop der tijd groter wordt.</p>	<p>Insnijding dient allereerst te worden gestopt door de hoogte, duur en frequentie van afvoerpieken te verminderen met maatregelen in het bovenstrooms gelegen gebied. De verdiepte bodem van de beek/ waterloop kan worden opgehoogd met suppletie van zand en grind. Het is belangrijk om tot aan of vlak onder maaiveld op te vullen. Zulke sterke verondieping helpt dan om de erosieve werking van afvoerpieken te verkleinen omdat de waterloop dan bij een piekafvoer uit de bedding treedt. Bepaal het juiste materiaal, te fijn materiaal dat niet is afgestemd op de debieten, kan weer leiden tot het opnieuw insnijden. Houd rekening met de aanwezige natuurwaarden.</p>	<p>Door de sterk werking van afvoerpieken in heuvellandbeken en graven [AO: Van mij mag "en graven" weg] is het verminderen van de hoogte, duur en frequentie van afvoerpieken zeer belangrijk. Het verondiepen van de bedding heeft pas zin als de piekafvoeren sterk zijn verminderd door maatregelen in het bovenstrooms gelegen stroomgebied. In diverse erosieve beken met een groot verval op stuwwallen in Twente zijn succesvolle herstelprojecten uitgevoerd.</p>
<p>Hoog in landschap</p>	<p>Het projectgebied kan essentieel zijn voor (relatief) droge natuurdoelen.</p>	<p>Er wordt gekozen voor plaggen/afgraven te einde schrale natuurtypen te ontwikkelen. Bij plaggen/afgraven goed letten op ruimtelijke heterogeniteit van de bodem en geologie.</p>	<p>Ontwikkelen met plaggen/afgraven van kalkgrasland op kalkbodem, droog grasland op zure nutriëntarme Maas-afzettingen, soortenrijke glanshaverhooilanden/ kamgrasweiden op löss en colluvium. Het ontwikkelen van heischrale graslanden op dagzomend vuursteen-elluvium.</p>
	<p>Er treedt in natte perioden afstroming van nutriëntenrijk oppervlaktewater op naar kwetsbare laaggelegen delen.</p>	<p>Stoppen bemesting is meest effectieve maatregel en te combineren met ontwikkelen van natuur. Evenwichtsbemesting werkt niet goed voor het tegengaan van uitspoeling. In geval van oppervlakkige afstroming kan deze ook worden beperken door aanleg van kleine landschaps elementen. Afgraven fosfaat- en stikstofrijke toplaag,</p>	<p>Op steile hellingen met sterke oppervlakkige afstroming en erosie worden graften met struweel hersteld ten einde erosie van nutriëntenrijke bodem te beperken.</p>
	<p>Intrekgebied voor lager gelegen bron- en kwelzones. Bij bemesting kan vervuiling van het grondwater met nitraat en sulfaat optreden en een bedreiging vormen voor de betreffende bron- en kwelzones</p>		
<p>Laag in landschap</p>	<p>Het projectgebied is essentieel voor natte en vochtige natuurdoelen en ook van belang zijn voor het ontwikkelen van kwelafhankelijk natuurdoelen</p>	<p>Door het dempen van diepe ontwatering en verondieping van de beek wordt de waterhuishouding hersteld. De fosfaatrijke toplaag in een beekdallaagte wordt afgegraven voor natte schrale natuurdoelen.</p>	<p>De overgang beekdallaagte en helling ('knik') kan de mogelijkheid bieden voor grondwaterafhankelijke natuurtypen omdat juist hier veel grondwater toestroomt na hydrologisch herstel.</p>

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
Gebied in hellend terrein dat in natte perioden door oppervlakkige afstroming wordt gevoed	Eutrofiëring door aanvoer van nutriënten, mede door sedimentatie van nutriëntenrijk slib/afstromend water; kan in heuvelland ook optreden vanuit droog terrein (run-off).	Kijken of er mogelijkheden zijn voor omleiding van de afwatering, een waterbuffer bovenstrooms die slib/afstromend water afvangt of het tegenhouden van oppervlakkige afstroming met bufferstrokenwalletjes (voor het heuvelland, zie https://www.natuurkennis.nl/Uploaded_files/Publicaties/obn-bodemerosiesedimentatie-a4-def.a73b57.pdf).	Kleine afvoerpieken naar lager gelegen gebied kunnen worden opgevangen door omleiding en lokale buffers voor oppervlaktewater. Bij grote afvoerpieken is dat lastig en vergt dat aanpak van de oorzaken van grote piekafvoeren. [AO: Op zich is dit juist. Het heeft echter zeer sterk de voorkeur om de oorzaken aan te pakken, en juist niet te snel met technische oplossingen (waterbuffers) te komen. Daarom tekst hierop graag aanpassen]
		Verminderen of stoppen van bemesting in deelstroomgebied dat afwatert op het lager gelegen gebied.	
Midden positie in hoogtegradiënt	Kan essentieel zijn voor vochtige natuurdoelen en herstel van een volledige gradiënt.	Er wordt gekozen voor ondiep afgraven; dit levert in een deel van projectgebied fosfaatarme bodem op. Oppassen met diep afgraven in de laagste delen omdat dit kan leiden tot verdrogende effecten op het aangrenzende terreindeel.	Van belang voor bijvoorbeeld voor het ontwikkelen van vochtige varianten van soortenrijke glanshaverhooilanden en kamgrasweiden en blauwgrasland.
	Het dagzomen van geologische afzettingen kan van belang zijn voor specifieke natuurtypen. Het dagzomen van slechtdoorlatende lagen in een helling zorgt voor lokale toestroming van grondwater en daarmee vochtige tot natte condities en kwel.		Het ontwikkelen van kalkgrasland op hellingen met dagzomende kalk, ontwikkelen van zure droge graslanden op overgang plateau naar helling op dagzomende Maas-afzettingen. Het ontwikkelen van kwelafhankelijk natuurtypen (bijvoorbeeld dotterbloemhooiland in bronsituaties.
Morfologie			
Dicht geschoven voormalige laagten	Het ontbreken van kwelgevoede laagten met (zeer) natte condities	Op basis van historisch materiaal en detailkartering van de bodem wordt het oude maaiveld van de laagte opgespoord en een ontgravingsplan opgesteld voor herstel van een volledige droog-nat gradiënt met schrale natuurdoelen.	In beekdalen en ter plekke van vroegere bronplekken zijn vaak percelen opgehoogd en geëgaliseerd. Voor herstel zou kan via afgraven het oorspronkelijke reliëf worden hersteld. Zorg dat er een 'natuurlijke' afwatering over maaiveld ontstaat. Mogelijk is lastig te bepalen hoe het oorspronkelijke reliëf was en waar de oorspronkelijke bron lag. De exacte inrichting dient dan ook tijdens de uitvoering te worden bepaald.

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
Fauna			
Specifiek (deel)biotoop voor doelsoort(en)	Het projectgebied is actueel een belangrijk (deel) biotoop voor specifieke soorten	Er wordt geprofiteerd van de relatief hoge basen- en nutriëntenrijkdom van het projectgebied t.b.v. belangrijk leefgebied voor kleine fauna en vogels.	
Connectiviteit			
Ligging in verbindingszone voor soorten	Speciale inrichting en beheer om de verbindingszone geschikt te maken voor (specifieke) soorten	Het vegetatiebeheer richt zich op het laten ontstaan van een mozaïekrijk grasland met struweel ten behoefte van specifieke vlindersoorten.	
Ligging ten opzichte van bronpopulaties in omgeving	In het geval dat in de omgeving van het projectgebied bronpopulaties van soorten voorkomen die belangrijk zijn voor de beoogde natuurdoelen in het projectgebied vergroot dat de kans op herstel van natuurdoelen.	Bij de inrichting van een projectgebied wordt er in samenhang met het herstel van de waterhuishouding voor gezorgd dat een bestaand natuurreserveat over maaiveld afwatert naar het projectgebied. Dit zorgt voor dispersie van fauna en zaden van doelsoorten via oppervlaktewater.	
		In het projectgebied worden bronpopulaties bij afgraven ontzien.	
Prioritering functie projectgebied in ontwikkelvisie op gebiedsschaal			
Ligging in kernzone: nodig voor realiseren hoofdnatuurdoelen	Maatregelen voor realiseren hoofdnatuurdoelen in projectgebied kunnen grote investering voor aanpassen waterhuishouding en/of creëren schrale omstandigheden rechtvaardigen.	Het herstelplan focust op herstel van schrale natuurdoelen in de kernzone en de omgeving dient als hydrologische bufferzone met nutriëntenrijke natuur. [AO: Voor droge typen is een bufferzone ook van groot belang. Tevens snap ik niet waarom er nutriëntenrijke natuur in de hydrologische bufferzone. Toch liever daar ook niet, hoe schrale hoe beter. Nu staat het er nog al stellig, zelfs als voorbeeld]	
Nodig als bufferzone voor waterhuishouding: aanpassing waterhuishouding in projectgebied staat ten dienste van natuurdoelen in omgeving; in projectgebied geen hoofdnatuurdoelen, wel eventueel begeleidende natuurdoelen	In projectgebied kan maaiveldverlaging door afgraven niet plaatsvinden wegens de ontwaterende werking op de kernzone.	Geen ingreep in bodem. Beheer wordt gestopt ten einde ontwikkeling van nutriëntenrijk struweel mogelijk te maken.	

Landschapsecologische positie/ functie van projectgebied in omgeving	Mogelijke implicatie	Voorbeelden van keuzes	Voorbeelden specifiek heuvelland
	Het projectgebied ontwatert een kernzone en in de kernzone wordt een dunne fosfaatrijke bouwvoor verwijderd.	De ontwatering in het projectgebied wordt gedempt en er wordt extensief beheer gevoerd voor de ontwikkeling van ruigten en insectenrijk biotoop.	
	Gewenste vernatting van projectgebied t.b.v. van natuurdoelen in omgeving kan daar leiden tot eutrofiëring door mobilisatie van fosfaat dat 'geaccepteerd' wordt.	De ontwatering wordt verwijderd en het fosfaatrijke oppervlaktewater wordt geloosd op een greppel die afwatert naar landbouwgebied.	
	Bij maatregelen voor het realiseren ondergeschikte natuurdoelen in projectgebied afwegen van potenties en hoogte investering; anders alternatief natuurdoel kiezen	Ondiep afgraven levert geen schrale condities op; er wordt daarom gekozen ontwikkeling voor bijvoorbeeld structuurrijk bos.	
Ligging in bufferzone in infiltratiegebied/ hoger gelegen gebied voor voorkomen van eutrofiëring van lager gelegen delen: aanpassing waterhuishouding in projectgebied staat ten dienste van natuurdoelen in de omgeving; in projectgebied geen hoofdnatuurdoelen, wel eventueel begeleidende natuurdoelen	Maatregelen en beheer in projectgebied zijn gericht op voorkomen van vermisting van het grondwater en runoff van nutriëntenrijk oppervlaktewater naar de kernzone.	Een droge akker wordt verworven, de bemesting wordt gestopt en met het vegetatiebeheer streeft men naar kruiden- en faunairijk grasland. Met mozaïekbeheer wordt een kleinschalig, vogelrijk biotoop gecreeerd.	Bij omzetting van reguliere akkers met een kalkrijke bodem kan zonder afgraven en met maaïen en afvoeren een ontwikkeling naar soortenrijkere graslanden optreden. In het geval dat verwerving mogelijk is, kijken of schrale natuurdoelen mogelijk zijn.
	Maatregelen voor realiseren ondergeschikte natuurdoelen alleen inzetten in geval van potentie en lage investering; anders alternatief natuurdoel kiezen.		
Geen buffer of kernzone maar wel onderdeel van grotere natuurzone en tegelijk geen potenties voor ontwikkelen van beoogde natuurdoelen	Er wordt gezocht naar welke meerwaarde voor natuur het projectgebied kan hebben binnen de grotere natuureenheid	Geen bodemingrijpen; het projectgebied wordt ingericht als bos voor recreanten	
	Er wordt gekozen voor optie die geen/ weinig beheer vergt (bv bos ontwikkeling).		

Module 2

Cultuurhistorische en archeologische waarden

Helaas tasten inrichtingswerkzaamheden soms cultuurhistorische en archeologische waarden aan. Dit gebeurt bijvoorbeeld als dieper dan 30-40 cm wordt afgegraven of als maatregelen de bodemeigenschappen op termijn blijvend veranderen, zoals verlaging van het grondwaterpeil. Door grondwaterverlaging kunnen archeologische resten aan zuurstof worden blootgesteld, waardoor deze vergaan. Archeologie en cultuurhistorie worden daarom vaak gezien als hinder bij natuurontwikkeling. Het is in veel gevallen echter mogelijk om door middel van kleine planaanpassingen archeologische vindplaatsen en cultuurhistorische elementen te behouden, waardoor bijvoorbeeld een kostbare opgraving wordt voorkomen. Het is vooral van belang om bij het opstellen van de plannen in een vroeg stadium rekening te houden met archeologische vindplaatsen en cultuurhistorische elementen. Figuur 3 laat de formele stappen zien die daarvoor nodig zijn.

Voor een project betekenen de formele verplichtingen praktisch gezien het volgende:

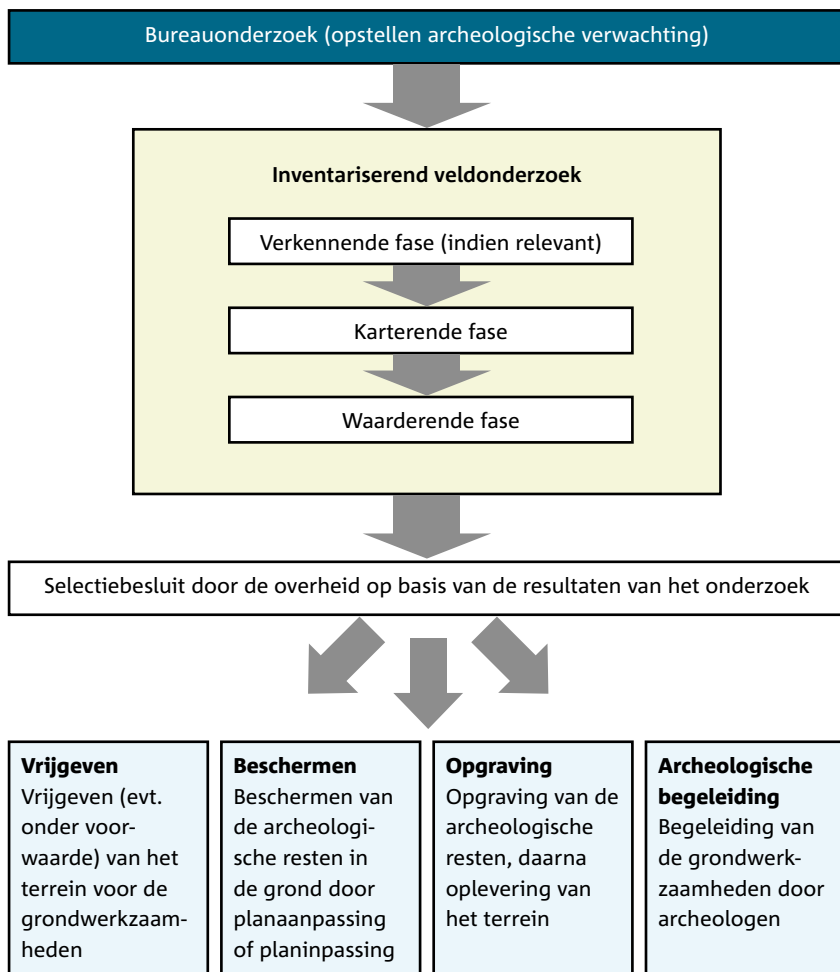
1. Zorg dat archeologie en historische geografie vroeg in de planvorming worden meegenomen. Als onderzoek of behoud aan de orde is, neemt dit immers tijd in beslag. Soms kan onderzoek gelijktijdig met de werkzaamheden worden uitgevoerd (bijvoorbeeld in geval van een archeologische begeleiding), maar vaak is dat niet mogelijk, en zal het onderzoek voorafgaand aan de werkzaamheden moeten zijn afgerond. Niet alleen afgerond, maar ook goedgekeurd door het bevoegd gezag (de gemeenten). Mogelijk verandert regelgeving bij invoering van de Omgevingswet.
2. Laat een bureauonderzoek en eventueel een verkennend booronderzoek uitvoeren om de cultuurhistorische waarde van het plangebied en de gemeentelijke eisen ten aanzien van omgang ermee vast te stellen. Archeologische verwachtings- en beleidskaarten en eventuele cultuurhistorische waardenkaarten spelen een hoofdrol in het bureauonderzoek. Een verkennend booronderzoek heeft tot doel de gaafheid van de bodem in kaart te brengen. Dat is belangrijk omdat in verstoorde bodems geen archeologische resten meer zijn te verwachten. Als blijkt dat een gebied weliswaar een hoge verwachting heeft, maar dat de bodem zwaar is verstoord, is verder onderzoek niet aan de orde. Uit het onderzoek dient daarom naar voren te komen of verder onderzoek noodzakelijk is, en zo ja, welke

vorm dit dan zou moeten hebben.

3. Denk na over mogelijkheden van behoud van de (te verwachten) resten, bijvoorbeeld door planaanpassing (dit moet vroeg in de planvorming gebeuren). Indien het afgraven van de bodem niet mogelijk is vanwege de aanwezigheid van archeologische resten kan verschraling (met hooilandbeheer door maaien en afvoeren) of uitmijnen wellicht uitkomst bieden. Uitgangspunt van het behouden van archeologische waarden is ervoor te zorgen dat ingrepen die tot aantasting daarvan leiden, zoveel mogelijk worden vermeden.
4. Bekijk of bovengrondse historisch-geografische resten zoals houtwallen, historische wegen en sloten worden bedreigd door de ingrepen en zo ja of deze kunnen worden behouden of gereconstrueerd. In het geval dat vernatting voor natuurontwikkeling gewenst is, kan dempen van sloten noodzakelijk zijn. Bij het dempen van ruilverkavelingsloten gaan nauwelijks historische geografische waarden verloren. Ook kan in het geval van sloten die in de recente historie vergaand verdiept zijn, gedacht worden aan verondiepen. Oude slotenpatronen, en perceelstypen als beemden en vloeiveiden worden doorgaans hoog gewaardeerd. Bedenk dat ook gedempte sloten nog zeer lang zichtbaar blijven in het landschap, onder andere vaak door een afwijkende vegetatie.
5. Bescherm archeologische resten tegen erosie door ze af te dekken met grond.
6. Voorkom, in het geval van archeologische vindplaatsen, grondwaterpeilverlaging.
7. Benut de cultuurhistorische waarde van een plangebied, zodat natuur en cultuur elkaar niet dwarszitten, maar juist versterken.

Achtergronddocumentatie:
zie hoofdstuk NR 4 OBN rapport
*Evaluatie strategieën omgang met
overmatige voedingstoffen* (Aggenbach
et al. 2017).

Figuur 3. Het opsporen en waarderen van archeologische vindplaatsen in het kader van ruimtelijke ingrepen vindt plaats in een aantal vastgestelde stappen. Elke stap eindigt met de afweging of er voldoende informatie is verzameld om een afgewogen beslissing te kunnen nemen over eventuele vervolgtacties. In dit proces vindt een trechtering plaats van betrekkelijk eenvoudige onderzoeksmethoden in de beginfase, naar meer complexe en kostbare werkzaamheden. Op deze wijze wordt in de ruimtelijke ordening het archeologische belang meegewogen via een proportionele inzet van middelen.



Erfgoedwet

De Erfgoedwet, voorheen Monumentenwet, is de Nederlandse vertaling van het Verdrag van Malta. Deze wet bundelt de bestaande wet- en regelgeving voor het behoud en beheer van cultureel erfgoed in Nederland. Het betreft zowel roerend als onroerend erfgoed. Sinds 2007 zijn de gemeenten verantwoordelijk voor de uitvoering van de wet.

De Erfgoedwet regelt het zorgvuldig omgaan met het archeologisch erfgoed. Dat betekent dat een natuurontwikkelingsproject in de meeste gevallen moet beginnen met een algemeen oriënterende bureaustudie, eventueel aangevuld met boringen om inzicht te krijgen in de archeologische potentie van een plangebied. Als hieruit blijkt dat bij planuitvoering inderdaad archeologische resten in het geding zijn, kan het onderzoek worden uitgebreid tot het opsporen en in kaart brengen van verwachte resten. Als resten niet in situ beschermd kunnen worden, kunnen deze door middel van een opgraving worden gedocumenteerd en zo ex-situ worden beschermd.

Archeologische begeleiding

Een archeologische begeleiding houdt in dat tijdens de graafwerkzaamheden een archeoloog aanwezig is om waarnemingen te doen. Alhoewel het in veel gevallen beter is om archeologisch onderzoek voorafgaand aan bodemingrepen uit te voeren, is een begeleiding soms essentieel. Dit geldt met name voor werk in beekdalen en andere natte gebiedsdelen. De archeologische resten die zich hier bevinden, zoals resten van bruggen, fuiken, en afvaldumps zijn vaak zeer lokaal en daardoor moeilijk op te sporen met bijvoorbeeld proefsleuven. Beter is het in die gevallen daarom om 'werk met werk te maken'. Zo kan ter plekke worden besloten of de resten kunnen worden behouden door de plannen aan te passen. Dit kan een aanzienlijke kostenbesparing zijn. Bovendien kunnen kosten worden bespaard omdat bijvoorbeeld bronbemaling en damwanden niet nodig zijn.

Achtergronddocumentatie: zie voor nutriëntenranges van doelvegetatietypen paragraaf 2.2, voor nutriëntenvoorraden in landbouwgronden paragraaf 2.3 in OBN-rapport *Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen* (Aggenbach et al. 2017).

Module 3

Lokaal reliëf en waterhuishouding

Deze module behandelt aan de hand van de checklist in tabel 2 hoe ingrepen in het lokale reliëf en waterhuishouding kunnen worden afgewogen. Als een maatregel ongewenste effecten heeft op natuurdoelen, dan worden opties gegeven voor vervolgstappen of keuzes. Blauw gekleurde items zijn gewenst voor het realiseren van natuurdoelen in het projectgebied. De grijze items zijn maatregelen voor wateropgaven die beleidsmatig zijn opgelegd of gewenst zijn. Rode items betreffen 'alarmbellen' en bestaan uit maatregelen die een aanzienlijke kans hebben op een averechts effect voor grondwaterafhankelijke natuurdoelen.

In het algemeen werken de maatregelen door op landschapsschaal. Daarom moet niet alleen het effect van maatregelen op het projectgebied worden beoordeeld, maar ook op de omgeving van het projectgebied. Vaak gaat het ook niet alleen om de *richting* waarin effecten werken, maar ook hoe *sterk* zulke effecten zijn (bijvoorbeeld hoeveel verhoging of verlaging van de grondwaterstand) en in welke omvang effecten optreden (welke oppervlakte van het beoogde natuurdoel wordt natter of droger). In relatief eenvormige gebieden kan dat met eenvoudige methoden worden gekwantificeerd. In complexere gebieden waar meerdere maatregelen met elk hun eigen effect worden uitgevoerd, kan het doorrekenen van scenario's met een hydrologisch model zinvol zijn. In gebieden waar meerdere natuurdoelen worden nagestreefd kunnen de verschillende ingrepen zowel positieve als negatieve effecten hebben op de omgeving. In het afwegingsproces moet dan een oordeel worden geveld welke effecten het zwaarst wegen.

Het op een rij zetten van mogelijke effecten kan ook bruikbaar zijn voor de fase na uitvoering wanneer er mogelijkheden voor zijn fine-tuning. Zo'n maatregel is bijvoorbeeld het hanteren van een lager zomerpeil om daarmee fosfaatmobilisatie te beperken. Met monitoring worden de effecten gevolgd om indien nodig het zomerpeil aan te passen.

Het afwegen van maatregelen is gebiedsspecifiek en hangt af van de prioriteit van de verschillende natuurdoelen. In het afwegingsproces gelden de volgende vuistregels:

- Effecten van maatregelen worden beoordeeld voor het hele gebied of landschap en niet alleen voor het projectgebied.
- Beoordeel ingrepen niet alleen afzonderlijk maar ook in hun onderlinge samenhang. De gecombineerde hydrologische effecten zijn doorslaggevend.
- Heb oog voor herstel van de hele gradiënt aan natuurtypen.
- Irreversibele ingrepen met een groot negatief effect zijn onverstandig.
- Irreversibele ingrepen waarvan de effecten onduidelijk zijn, worden afgeraden en behoeven een nadere analyse.
- In geval van belangrijke kennislacunes over effecten van maatregelen moet worden nagegaan of die met aanvullend onderzoek zijn op te lossen of eerst op kleine schaal moeten worden uitgetest.
- Raadpleeg collega's en andere deskundigen in geval van twijfel.


MAATREGELEN VOOR VERNATTING

Soms zullen gebieden na maatregelen natter worden, bijvoorbeeld na ontgronden. Het is in die gevallen belangrijk om de effecten van maaiveldverlaging op de waterhuishouding in te schatten. Een belangrijk neveneffect van maaiveldverlaging in laagten kan namelijk zijn dat bestaande of potentiële natuurwaarden in de omgeving nadeel gaan ondervinden van een te lage drainagebasis. Dit kan optreden wanneer betreffende laagte grondwater kan draineren en kan blijven afwateren. Of en in hoeverre zo'n verdrogningseffect kan optreden, is ook afhankelijk van de effecten van eventuele vernattingsmaatregelen. Verder kan maaiveldverlaging in uiterwaarden van rivieren en beekdalen leiden dat de inundatieduur en -frequentie hoger wordt. Dit kan dan nadelig zijn voor herstel van natuurtypen die weinig inundatieverdragen.

Ook het realiseren van uitzakkende zomergrondwaterstanden, om in een projectgebied fosfaatmobilisatie tegen te gaan, kan ongewenste effecten hebben op de omgeving.


Het opbrengen van grond vindt vaak plaats als oplossing voor afgegraven grond die niet kan worden afgevoerd (veelal uit kostenoverweging, werken met gesloten grondbalans). Bedenk dat zulke ophogingen ook gaan fungeren als (lokale) infiltratiegebieden en via grondwaterstroming nutriënten naar aangrenzende laagten kunnen transporteren. Om uitspoeling van fosfaat te voorkomen is het aan te raden om fosfaatrijke grond op te brengen in hogere drogere terreindelen buiten de hydrologische invloedssfeer van het projectgebied. Afspoeling van nutriënten als gevolg van run-off in natte perioden is ook een aandachtspunt.

Iets vergelijkbaars speelt met andere maatregelen die de drainagebasis verlagen. Deze kunnen nadelig zijn voor grondwaterafhankelijke en ook kwelafhankelijke natuurtypen. Het gaat dan onder andere om:

 ***Te diepe beken en duinrellen hebben een ongewenst sterk drainerend effect.***

- Een groot risico van de aanleg of het aanpassen van afwateringselementen als beken en duinrellen is dat deze te diep worden aangelegd en daardoor voor grondwaterafhankelijke natuurdoelen een te sterk drainerend effect hebben. Ook hermeandering van gekanaliseerde beken zonder dat daarbij de drainagebasis wordt aangepast is negatief voor de omgeving omdat de zone die sterk wordt gedraineerd aanzienlijk wordt verbreed. Sommige terreinen hebben zelfs baat bij de afwezigheid van zulke afwatering.
- Het risico van nieuwe afvoerslenken is dat deze te diep worden aangelegd en daardoor een te sterk drainerend effect hebben op de omgeving. Ga daarom na of de aanleg van afvoerslenken werkelijk nodig is. Vaak kan neerslag en kwelwater zijn eigen weg vinden over het maaiveld. Indien in een laagte langdurige en of diepe inundatie optreedt die niet gewenst is, kan overwogen worden om lokaal de 'drempel' te verlagen. Ga daarbij ook na hoe het oorspronkelijke reliëf was en houdt rekening met aardkundige en cultuurhistorische waarde (Module 2).
- De aanleg van lokale afwatering (veelal begreppeling) om regenwater af te voeren berust op de misvatting dat dit leidt tot het vergroten of herstellen van de kwelflux en daarmee tot basenrijke condities. Begreppelen kan weliswaar tot meer kwel in de greppels leiden, maar het vergroot tevens de wegzijging in de delen tussen de greppels. Tussen de greppels nemen daardoor de neerslaglenzen in omvang toe. Verder wordt de vorming van neerslaglenzen in percelen in eerste instantie bepaald door het optreden van wegzijging als gevolg van een diepere drainagebasis in het projectgebied en de omgeving. Omslag van infiltratie naar kwel of een hogere kwelflux kan echter alleen worden gerealiseerd door de drainagediepte van de drainerende waterlopen te verminderen. Verder is het risico van begreppeling dat ze later door onderhoud nog dieper worden en daarmee het averechtse effect toeneemt.



 ***Te diepe begreppeling leidt tot ongewenste wegzijging.***

AANLEIDING

vernattig gewenst voor natuurdoelen in projectgebied en/of omgeving (MODULE 3)

MAATREGEL

- dempen sloten/greppels
- dempen 'beken'
- verondiepen beken/duinrellen
- stoppen/verminderen grondwateronttrekking

EFFECT

stijging waterstand, geringere waterstandsfluctuatie, toename kwel, afname wegzijging in projectgebied en omgeving

netto positief effect op natuurdoelen

netto negatief effect op natuurdoelen (onder andere door te natte omstandigheden voor belangrijke bestaande natuurtypen, ongewenste fosfaatmobilisatie)

kiezen voor vernattingsmaatregelen

plan voor vernattingsmaatregelen aanpassen

afzien van vernattingsmaatregelen

optie is herstelstrategie plaggen of afgraven voor schrale natuurdoelen (MODULE 4)
uitgraven geëgaliseerde, oorspronkelijke laagten (MODULE 3)

door plaggen afgraven in projectgebied maaiveldverlaging: indien drainerend aan maaiveld dan verlaging drainagebasis

verlaging grondwaterstand, afname kwel voor natte natuur in omgeving in laagte door maaiveldverlaging toename inundatieduur en -frequentie die nadelig is voor schrale natuurtypen

geen negatief effect op natuurdoelen in omgeving

negatief effect op natuurdoelen in omgeving

kiezen voor plaggen/afgraven

plan voor plaggen/afgraven aanpassen (diepte/locatie)

negatief effect compenseren met maatregelen in de waterhuishouding (MODULE 3)

andere herstelstrategie overwegen (MODULE 4) of bijstellen lokale natuurdoelen voor projectgebied

Tabel 2.
Checklist voor het beoordelen van effecten van maatregelen die ingrijpen in het reliëf en waterhuishouding.

- = gewenst voor realiseren natuurdoelen in projectgebied
- = maatregelen opgelegd ten behoeve van waterbeheer
- = alarmbel: aanzienlijke kans op averechts effect

AANLEIDING

uitzakkende zomergrondwaterstanden
gewenst ten behoeve van geringe
fosfaatbeschikbaarheid

GEVOLG/MAATREGEL

- greppels aanleggen of handhaven
- specifiek zomerpeil instellen

EFFECT

- zomergrondwaterstand zakt uit
- kwelflux in 'maaienveld' van projectgebied te gering en daardoor te zuur
- N-mineralisatie wordt te groot en daardoor eutrofiering
- te lage grondwaterstand, te geringe kwelflux voor omgeving

netto positief effect op projectgebied
en omgeving

netto negatief effect op projectgebied
en omgeving

kiezen voor maatregelen ten
behoefte van uitzakkende
zomergrondwaterstand

aanpassen maatregelen ten
behoefte van uitzakkende
zomergrondwaterstand (MODULE 3)

niet kiezen voor maatregelen voor
uitzakkende zomergrondwaterstand,
eventueel natuurdoelen in
projectgebied aanpassen

AANLEIDING

lokaal opbrengen van afgraven grond
(gesloten grondbalans)

GEVOLG/MAATREGEL

- er ontstaan hoogten door het
opbrengen van grond
- vaak is de grond nutriëntenrijk

EFFECT

- het reliëf kan sterk gaan afwijken van de oorspronkelijke en historische situatie
- door de hoge nutriëntenrijkdom van de opgebrachte grond ontstaan zeer productieve, veelal ruige vegetaties
- de ontstane hoogten gaan als infiltratiegebieden functioneren, wat kan leiden tot toestroming van nutriëntenrijk grondwater naar aangrenzende laagten
- door runoff in natte perioden kan nutriënten afstromen naar aangrenzende laagten

geen netto negatief effect op
projectgebied en omgeving

netto negatief effect op projectgebied
en omgeving

kiezen indien afvoer van grond
geen optie is en winst van afgraven
voldoende groot is

aanpassen herinrichtingsplan
(MODULE 1)

AANLEIDING

gebied heeft een waterbergingsopgave die wordt gerealiseerd

GEVOLG/MAATREGEL

- wateraanvoer of regeling daarvan naar het gebied wordt aangepast
- het gebied wordt bekaad, afgedamd
- met regelbare stuwen wordt water vastgehouden

EFFECT

- langdurige en of diepe inundatie
- grote aanvoer van nutriënten via oppervlaktewater en daardoor eutrofiëring of te eutroof

positief of geen netto negatief effect op projectgebied en omgeving

netto negatief effect op projectgebied en omgeving

maatregelen voor waterberging uitvoeren

plannen voor waterberging en andere maatregelen in de waterhuishouding aanpassen (MODULE 3)

kijken of afgezien kan worden van waterberging

negatieve effecten van waterberging (elders) compenseren

natuurdoelen bijstellen

AANLEIDING

ontwikkelen/verbeteren van afwatering in de vorm van beken/duinrellen/afvoerslenken ten behoeve van natuurontwikkeling

GEVOLG/MAATREGEL

- aanleg van beken/duinrellen, graven van afvoerslenken
- aanpassen lengteprofiel (bijvoorbeeld hermeanderen)
- herstel oude waterloop
- er worden diepe waterlopen aangelegd, geen aandacht voor aanpassing dwarsprofiel, verondiepen

EFFECT

- verdieping drainagebasis of drainagebasis blijft diep, sneller wegzakkende waterstanden
- meeste kwel in de waterloop of afvoerslenk, geen of weinig kwel daarbuiten
- in geval van diepere waterlopen grote dynamiek in stroomsnelheid (hoog bij hoge afvoer), geen of geringe overstromingszone
- harde overgang aquatisch-terrestrisch/korte gradiënten nat/droog

geen negatief effect op natuurdoelen, aanleg afwatering heeft positief effect

negatief effect op natuurdoelen in omgeving van afwatering en/of aanleg afwatering geen positief effect op natuurwaarden in waterloop

keuze vooraanleg van afwatering

plan voor aanleg van afwatering aanpassen (onder andere minder diep, afvoerroute over maaiveld plannen)

niet kiezen voor aanleg van afwatering; afwatering zelf zijn weg over maaiveld laten zoeken

AANLEIDING

meer afvoer van regenwater met lokale ontwatering/afwatering ten behoeve van basenminnende doeltypen

GEVOLG/MAATREGEL

- aanleg greppels
- handhaven sloten
- oppervlaktewaterpeil onder maaiveld instellen
- door onderhoud kunnen greppels dieper worden

EFFECT

- verdieping lokale drainagebasis
- meeste kwel in greppels, minder of geen kwel in 'maaiveld' → risico op verzuring

effect is altijd negatief en is ineffectief omdat de oorzaak niet wordt aanpakt

terug naar MODULE 3: kijk of wegzijging kan worden verminderd met ingrepen in de waterhuishouding van de omgeving

als kwel niet kan worden vergroot/hersteld dan afzien van kwelafhankelijke natuurdoelen

Module 4

Keuze voor een herstelmaatregel

Wat de beste manier is om voormalige landbouwgronden om te vormen tot schrale natuur en van de overmatige voedingsstoffen af te komen, hangt af van het natuurdoel en de Ausgangssituatie. Bij elk natuurdoel hoort een bepaalde nutriëntentoeestand, een dito bodemleven en functionerende bodemprocessen.

De eerste stap bestaat uit het bepalen van de huidige nutriëntenvoorraad in de bodem. De Ausgangssituatie voor een omvormingsproject wordt immers bepaald door de diepte van de bouwvoor, fosfaat- en stikstofgehalte, profiel van de bodem, regulatie van de fosfaatbeschikbaarheid en diepte van de fosfaatrijke laag, en of in het verleden het reliëf is geëgaliseerd. Wanneer schrale natuurdoelen worden nagestreefd, is het nodig om in de landbouwpercelen het nutriëntengehalte te meten en te toetsen aan de randvoorwaarden van het na te streven natuurdoeltype of vegetatietype.

Tabel 3 geeft een overzicht van streefwaarden en maximumwaarden voor diverse nutriëntenvariabelen waarbij natuurtypen realiseerbaar zouden kunnen zijn. De range streefwaarde betreft de range die in referenties vaak wordt gemeten en waarbinnen goed ontwikkelde vormen van het natuurtype kunnen voorkomen. Of een natuurtype daadwerkelijk kan voorkomen wordt echter niet alleen bepaald door het feit of het nutriëntengehalte binnen de range streefwaarde valt, maar hangt er ook vanaf of wordt voldaan aan andere randvoorwaarden zoals hydrologische condities en de zuurgraad- en basentoestand. De maximumwaarde is een uiterste bovengrens. In het bereik tussen de bovengrens van de range streefwaarde en de maximum waarde is het de vraag of goed ontwikkelde vormen van het natuurtype kunnen voorkomen, zeker in het geval wanneer de maximumwaarde ver boven de range streefwaarde ligt. **Het is daarom aan te raden om te streven naar nutriëntengehaltes binnen de range streefwaarde.** Het toelaten van hogere nutriëntengehaltes verkleint de kans op succesvol herstel aanzienlijk.

In geval bij range streefwaarde maar één waarde wordt genoemd, was er in de literatuur alleen een gemiddelde waarden gevonden en daarom geen range worden aangegeven waarbij het natuurtype meestal voorkomt.

De range streefwaarde voor P-totaal van de schrale natuurtypen zijn laag en overlappen sterk met elkaar. Die van soortenrijke Glanshaverhooilanden/ Grote Vossensta-

artgrasland/en Kamgrasweiden en Kalkgraslanden zijn het hoogst. Voor het eerstgenoemd type stemt dat overeen met de relatief hoge productiviteit. Voor beide typen speelt ook mee dat deze op kalkrijke bodem voorkomen en dan veel van de fosfaat aan kalk gebonden is en daardoor (relatief) weinig beschikbaar voor planten is. Het P-Olsen gehalte is voor de meeste doeltypen waarvan meetwaarden beschikbaar zijn vergelijkbaar en laag. Dat geldt ook soortenrijk Glanshaverhooiland/ Grote Vossenstaartgrasland/ Kamgrasweide en Kalkgrasland. Alleen Dotterbloemhooiland heeft een hoger P-Olsen gehalte. Van de natuurtypen waarvan meetwaarden voor P-water bestaan zijn de gehalten het laagst bij het Dopheide-verbond, Verbond van Struikheide en Kruidbrem en het verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje. Hogere gehalten treden op bij het Verbond van Zwarte zegge en Verbond van heischrale graslanden.

Het N-totaal gehalte verschilt sterk voor natuurdoelen. Deze verschillen weerspiegelen vooral de variatie in organisch stofgehalte omdat de meeste stikstof is vastgelegd in humus en veen. Dat betekent dat het N-totaal gehalte niet direct informatie geeft over de beschikbaarheid van stikstof voor de vegetatie. De nattere natuurtypen en ook droge tot vochtige vormen van het Verbond van heischrale graslanden hebben daarbij hoge waarden omdat die vaker op organisch stof rijke bodem voorkomen. De droge typen als Verbond van Struikheide en Kruidbrem en Buntgras-verbond en Verbond van Gewoon struisgras hebben een laag N-totaal gehalte. Extraheerbaar NO_3^- en NH_4^+ geven een indicatie voor de beschikbaarheid van minerale stikstof voor planten. De range streefbereik van extraheerbaar NO_3^- verschilt niet veel tussen de vegetatietypen. Wel is de bovengrens van het streefbereik van het Verbond van Zwarte zegge en het Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje hoger dan andere natuurtypen. Voor extraheerbaar NH_4^+ verschilt de range streefbereik juist wel sterk tussen natuurtypen. De hoogste waarden komen voor bij de natte en zure natuurtypen Verbond van Zwarte zegge en Dopheide. Het laagst zijn de basenrijke natuurtypen Knopbies-verbond en Kalkgrasland. Opgemerkt wordt dat een aanzienlijk deel van de gebruikte referenties metingen bevatten uit regio's met een langdurig hoge stikstof- en zuurdepositie. In zure natuurtypen kan dan mede door een geringe nitrificatie in de bodem accumulatie van NH_4^+ optreden, wat nadelig is voor de kwaliteit van het natuurtype. Boven een gehalten van 200 $\mu\text{mol/kg}$ treden in heischrale graslanden al negatieve effecten op.

Het beste is om eerst naar de fosfaattoestand van de bodem te kijken. Een te hoog fosfaatgehalte is immers vrijwel altijd een belemmering voor het ontwikkelen van schrale natuurtypen. Bovendien blijft fosfaat door een sterke chemische binding vaak langdurig in de bodem aanwezig. In tweede instantie is het stikstofgehalte in de bodem van belang.

Achtergronddocumentatie: zie voor nutriëntenscales van doelvegetatietypen paragraaf 2.2, voor nutriëntenvoorraden in landbouwgronden paragraaf 2.3 in *Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen* (Aggenbach et al. 2017). Opmerking: de nutriëntenscales van natuurtypen in deze handreiking zijn geupdated ten opzichte van die in genoemd rapport op basis van nieuwe kennis in Nederland en andere landen in Noordwest- en Midden-Europa. In bijlage 1 zijn de bronnen vermeld die zijn toegevoegd aan de eerder verzamelde referentiewaarden. Door de beheerders van het heuvelland was gevraagd of voor schrale natuurtypen die in het heuvelland de referentiewaarden voor nutriëntenscales te specificeren voor het heuvelland vanwege de afwijkende condities t.o.v. laag-Nederland. Tijdens de uitwerking is daarvan afgezien wegens drie redenen: 1) diverse bronnen bevatten data van zowel laagland als heuvelland; daardoor was het voor referenties die op veel relatief veel metingen zijn gebaseerd niet mogelijk nutriëntenscales voor beide 'landschapstypen' te specificeren, 2) voor schrale natuurtypen met referentie waarden expliciet van heuvelland waren ranges vergelijkbaar met die uit het laagland (bv voor heischrale graslanden); 3) landschapstype is niet zonder meer een onderscheidende factor voor biogeochemische verschillen; substraattype zouden eerder van belang kunnen zijn en substraattype is juist zeer variabel in de heuvellandgebieden van Europa. Een specifiek schraal natuurdoeltype uit het heuvelland, zinkgraslanden is niet geanalyseerd op nutriëntenscales. De reden hiervoor is dat dit type zeer zeldzaam is en daardoor maar vermoedelijk een bron beschikbaar is. We verwijzen daarom voor zinkgraslanden naar de studie van Bobbink *et al.* (2011).

Voor natte organische bodems is P-totaal als variabele voor fosfaatrijkdom belangrijker dan P-Olsen omdat planten ook P kunnen losmaken uit organisch materiaal. In drogere systemen met weinig organische stof in de bodem is P-Olsen belangrijker als indicator voor P-beschikbaarheid dan P-totaal. P-Olsen en P-water geven allebei een goede indicatie van de beschikbaarheid van fosfaat. P-Olsen is echter makkelijker te meten dan Pw en veel laboratoria kunnen deze meting uitvoeren. Om die reden wordt geadviseerd om de P-Olsen bepaling toe te passen. Er zijn ook allerlei andere fosfaat-extractie methoden waarmee de fosfaatbeschikbaarheid kan worden gemeten (bv P-al, P-bray, P-oxalaat). Omdat deze methoden weinig in Nederland zijn toegepast voor het meten van referentiewaarden in goed ontwikkelde natuurtypen wordt afgeraden deze te gebruiken. Er kan dan immers niet goed getoetst worden aan grenswaarden van natuurtypen. In deze handreiking gaan we niet in over de rol van ijzer in het reguleren van de fosfaatbeschikbaarheid wegens de complexiteit daarvan. Een relatief hoog ijzergehalte kan zorgen voor een lage fosfaatbeschikbaarheid omdat dan het fosfaat grotendeels geadsorbeerd is aan ijzerhydroxiden. Waterstand, organisch stofgehalte en toevoer van sulfaat hebben daar echter grote invloed op. Het is een misvatting dat een hoge ijzerrijkdom altijd zorgt voor een geringe fosfaatbeschikbaarheid. Vaak hebben ijzerrijke natte ecosystemen een goede fosfaatbeschikbaarheid.

In de tabel staan meerdere manieren om het stikstof en het fosfaat te meten. Alle methoden hebben voor- en nadelen. Van belang is dat, in ieder geval nadat de meetresultaten van een onderzoeksbureau gereed zijn, de projectleider (of een bij het project betrokken collega) zelf kan beoordelen of de waarden voor stikstof en fosfaat al dan niet te hoog zijn.

Als in een te ontgronden landbouwgebied meerdere natuurdoelen worden nastreeft en er dus ook meerdere na te streven nutriënteniveaus zijn, zijn de volgende benaderingen mogelijk:

- De metingen worden getoetst aan elk natuurdoeltype afzonderlijk. Deze benadering geeft ook een potentie-analyse voor de uiteenlopende natuurtypen.
- Er wordt getoetst aan het natuurdoeltype met de laagste streef- en maximumwaarden. Voor de andere typen is het dan vanzelf ook goed.
- Er wordt meer gedetailleerd gekeken hoe de verschillende natuurtypen ruimtelijk geordend kunnen zijn (bijvoorbeeld voorkomend in een droog-nat gradiënt van hoog naar laag) en hoe dat overeenkomt met ruimtelijke informatie over actuele nutriëntengehalten.

In kwelgebieden wordt de nutriëntenhuishouding beïnvloed door de chemische samenstelling van het toestromende grondwater. Door bemesting en stikstofdepositie kan het water dat in intrekgebieden inzijgt nitraatrijk zijn. In het verleden, tijdens de piek van de zwaveldepositie, is ook sulfaatrijk water geïnfilteerd. In de ondergrond kan in geval van pyriethoudend sediment nitraat het pyriet oxideren waardoor het grondwater sulfaatrijk wordt. Het toestromende nitraat en/of sulfaatrijke grondwater naar kwelgebieden heeft grote en vaak negatieve gevolgen voor de bodemchemie en daarmee ook voor kwelafhankelijke natuur. Voor een duurzame instandhouding van zulke habitats zijn daarom ook maatregelen nodig die de uitspoeling van nitraat in het intrekgebied beperken. Over de invloed van vervuild grondwater kan meer gelezen worden in het rapport Invloed van nutriënten verrijkt grondwater op kwelafhankelijke ecosystemen (Aggenbach et al. 2020).

Tabel 3. Randvoorwaarden van natuurtypen voor het beoordelen van de nutriëntentoestand van de bodem. De natuurtypen zijn onderscheiden op niveau van verbonden conform de vegetatie van Nederland. Tevens zijn het corresponderende habitatype (Natura 2000) en SNL-typen aangegeven. NA betekent: geen metingen beschikbaar. Zie de tekst voor hoe de randvoorwaarden worden toegepast.

De streefwaarde is waarde die vaak voorkomt op locaties met het natuurdoeltype.

De maximumwaarde is uiterste bovengrens waaronder de waarde voor het natuurtypen moet zitten

SLN-beheertype			N07.01 Droge heide	N10.01 Nat Schraalland	N10.01 Nat Schraalland	N10.01 Nat Schraalland	N10.02 Vochtig hooiland	N10.02 Vochtig hooiland/ N12.03 Glanshaverhooiland	N11.01 Droog schraalgrasland	N11.01 Droog schraalland	N11.01 Droog schraalland	N11.01 Droog schraalland	N16.04 Vochtige heide	
Vegetatietype/ natuurdoeltype			Verbond van Struikheide en kruipbrem	Verbond van Biezeknoppen en Pijpe-strootje	Verbond van Zwarte zegge	Knopbies-verbond	Dotterbloem-hooiland	soortenrijk Glanshaverhooiland/ Grote Vossenstaartgrasland/ Kamgrasweide	Kalkgrasland	Verbond van heischrale graslanden	Dwerghaver-verbond (Kiezelkoppen in Zuid-Limburg, vaak in mozaik met Verbond van heischrale graslanden)	Duinsterretjes-verbond en Verbond der droge kalkrijke duingraslanden	Buntgras-verbond en Verbond van Gewoon struisgras	Dopheide-verbond
			<i>Calluno-Genistion pilosae</i>	<i>Junco-Molinion</i>	<i>Caricion nigrae</i>	<i>Caricion davallianae</i>	<i>Calthion palustris</i>	soortenrijk <i>Arrhenatherion elatioris/ Alopercurion pratensis/ Cynosurion cristati</i>	<i>Meso-Bromion erecti</i>	<i>Nardo-Galion saxatilis</i>	<i>Thero-Arion</i>	<i>Tortulo-Koelerion & Polygalo-Koelerion</i>	<i>Corynephorion canescentis & Plantagini-Festucion</i>	<i>Ericion tetralicis</i>
Habitatype			H2150 Duinheiden met struikheide, H2310 Stuifzandheiden met struikheide, H4030 Droge heiden	H6410 Blauwgraslanden, H7230 Kalkmoerassen	H7140_A Overgangsen trilvenen (trilvenen)	H7230 Kalkmoerassen en H2190_B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)		H6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)/ H6510B Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (grote vossenstaart)	H6210 Kalkgrasland	H6230 Heischrale graslanden		H2130_A Grijze duinen (kalkrijk)	H2130_B Grijze duinen (kalkarm), H2330 Zandverstuivingen	H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)
P-totaal	(mmol/kg)	range streefwaarde	1.2-1.9	4.5-5.4	2.7-3.7	3.8-5.5	NA	18.3-23.4	NA	3.2-6.1	NA	5.3-6.3	2-3.4	1.9-4
		maximumwaarde	4,2	10,6	5,5	12,9	NA	32,7373457567	NA	10,3	NA	6,8	8,7	NA
	(mmol/l)	range streefwaarde	4.2-6.7	3.1-6.4	2.9-5.6	5.8-7.8	NA	20	5.5-14.8	3.7-7.2	4,5	NA	4.4-5.5	3.5-5.5
		maximumwaarde	7,9	12,5	11	9	NA	NA	21	15	10	5,4	6	6
P-olsen	(µmol/kg)	range streefwaarde	177-210	69	34-89	190-236	309-689	287-380	NA	138-381	NA	NA	NA	82-216
		maximumwaarde	226	86	116	259	1988	800	NA	920	NA	NA	NA	420
	(µmol/l)	range streefwaarde	125-235	175-325	125-375	75-225	425-675	268-350	201-386	271-336	280	NA	NA	188-438
		maximumwaarde	404	400	500	300	800	457	650	750	600	NA	NA	800

Pw	(µmol/l)	range streef-waarde	45213	16-30	27-48	<161	NA	100	77	39-89	NA	NA	NA	21-28
		maximum waarde	21	70	126	161	NA	NA	NA	268	NA	NA	NA	49
N-totaal	(mmol/kg)	range streef-waarde	34-45	172-205	100-170	68-116	NA	NA	NA	157-253	NA	86-129	32-79	47-122
		maximum waarde	68	386	284	236	NA	NA	NA	578	NA	150	172	192
	(mmol/l)	range streef-waarde	46-84	142-171	108-144	NA	NA	NA	NA	97-147	NA	NA	22-26	NA
		maximum waarde	102	258	179	NA	NA	NA	NA	315	NA	75	28	NA
NO₃	(µmol/kg)	range streef-waarde	1-18	11-73	NA	NA	NA	NA	NA	10-64	NA	NA	14-89	8-50
		maximum waarde	33	129	NA	NA	NA	NA	NA	247	NA	NA	150	99
	(µmol/l)	range streef-waarde	NA	75-375	75-275	15-65	NA	153	30-110	66-171	40	NA	NA	25-125
		maxi-mum-waarde	NA	600	400	100	NA	NA	180	500	170 ^e	NA	NA	200
NH₄	(µmol/kg)	range streef-waarde	8-80	77-242	NA	NA	NA	NA	NA	102-247	NA	NA	17-60	42-269
		maximum waarde	173	757	NA	NA	NA	NA	NA	526	NA	NA	99	814
	(µmol/l)	range streef-waarde	104-287	115-315	210-1030	15-60	NA	126	35-165	87-328	250	NA	NA	220-765
		maximum waarde	379	430	1680	90	NA	NA	280	650	1160	NA	NA	1140

MEERDERE MAATREGELEN, MEERDERE MOGELIJKHEDEN

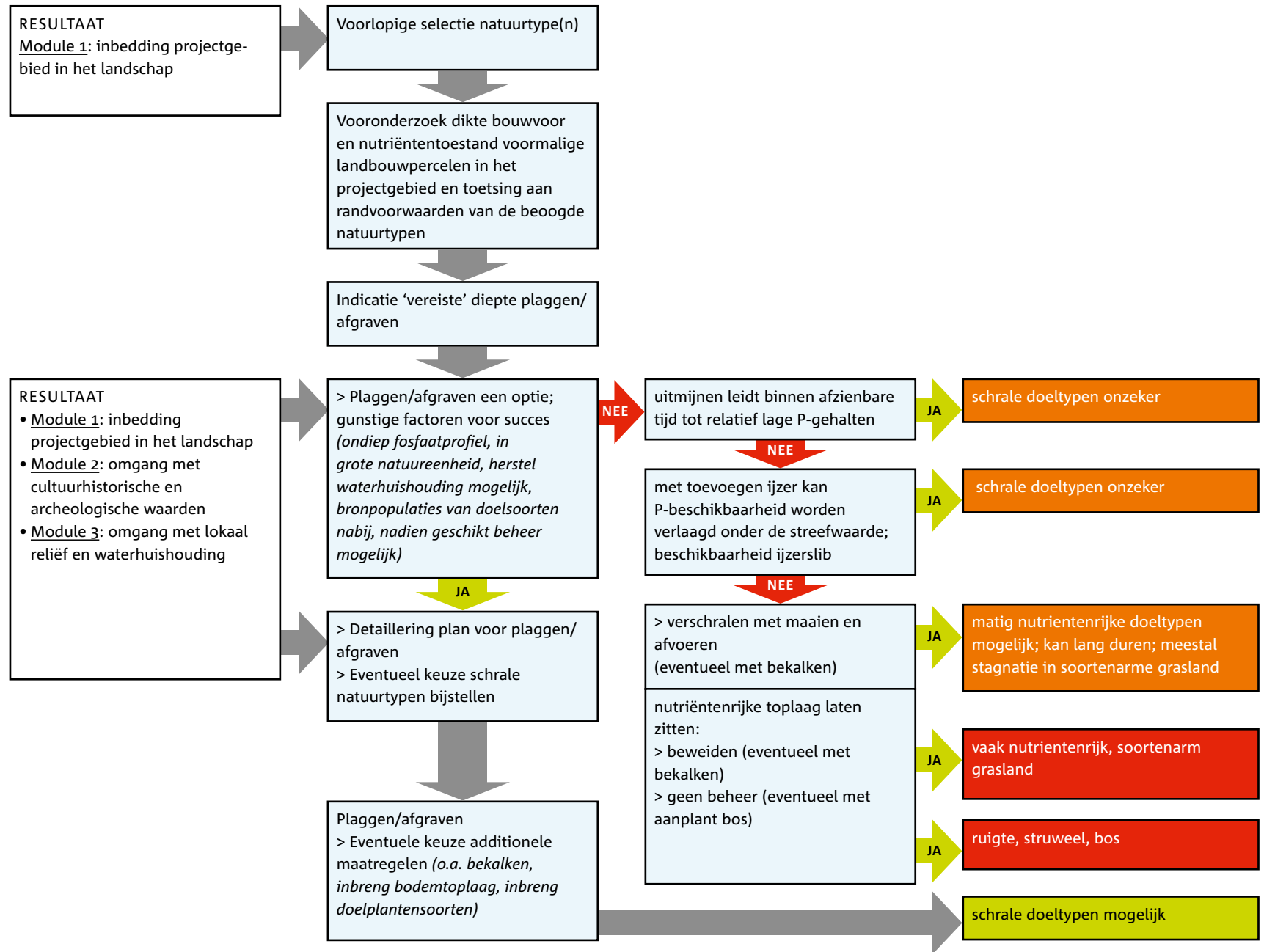
Wanneer duidelijk wat de nutriëntengehaltes in de om te vormen percelen zijn, is het noodzakelijk de juiste maatregel te kiezen om de gewenste nutriënteniveaus te bereiken. Om die keuze te maken zijn 3 tabellen beschikbaar:

- Tabel 4 bevat de verschillende herstelmaatregelen voor omvorming van nutriëntrijke landbouwgronden naar natuur.
- Tabel 5 geeft een samenvatting van de effecten van de verschillende maatregelen op het organische stofgehalte, de nutriëntentoestand, pH en basenverzadiging, bodemleven en vegetatie.
- In tabel 6 staan overwegingen voor het gebruik van de maatregelen. Deze derde tabel kan als checklist dienen voor het kiezen van hoofd- en additionele maatregelen.



Achtergronddocumentatie: zie voor evaluatie van herstelstrategieën paragraaf 2.9 en hoofdstuk 3 in OBN-rapport *Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen* (Aggenbach *et al.* 2017).

Figuur 4. Processchema voor afweging van hoofdstrategie voor ontwikkeling van schrale natuurtypen.



Het gebruik van tabellen 4, 5 en 6

Het afwegingstraject start met een voorlopige keuze van schrale natuurtypen op basis van een landschapsecologische systeemanalyse waarin de inbedding van het projectgebied in de omgeving is geanalyseerd (zie Module 1, figuur 2). Deze analyse levert een 'focus' op voor de potenties in het projectgebied. Vervolgens dient te worden nagegaan of plaggen, afgraven bouwvoor of ontgronden opties zijn om die natuurtypen te realiseren (figuur 4). Deze maatregelen worden het eerst afgewogen omdat ze voor het ontwikkelen van schrale natuurdoelen typen het grootste perspectief bieden en op kortere termijn tot resultaat leiden. De afweging vindt plaats op basis van een vooronderzoek aan de bouwvoordikte en nutriëntentoestand in de voormalige landbouwpercelen en een toetsing hiervan aan de eisen van de voorlopige natuurtypen. Dit geeft inzicht in de vereiste diepte van plaggen of ontgronden. Zie hiervoor ook tabel 3 en Module 5.

Op basis van de landschapsecologische systeemanalyse wordt ook ingeschat of afgraven of ontgronden hoge slaagkans hebben voor de ontwikkeling van schrale natuurtypen. Factoren die de slaagkans verhogen zijn:

- fosfaatprofielen zijn niet extreem diep (< ca. 30 cm);
- locatie ligt in een grote (toekomstige) natuureenheid;
- voorafgaand aan het uitvoeren van plaggen of ontgronden is een vergaand herstel van de waterhuishouding nodig bij het nastreven van natte natuurdoelen;
- herstel van voldoende basenrijke kwel is mogelijk (bij grondwaterafhankelijke basenminnende natuurtypen);
- herstel van meer complete gradiënten (hoog-laag, droog-nat, zuur-basisch) is mogelijk;
- natuurdoelvegetatietypen en doelsoorten komen in de nabijheid voor (vergroot kans op natuurlijke vestiging doelsoorten via dispersie);
- een geschikt overgangsbeheer en op langere termijn regulier beheer kunnen worden gewaarborgd. Zonder dat is er grote kans op houtopslag of een snelle ontwikkeling van een dichte vegetatie.

Als één of meerdere van deze factoren ongunstig zijn, moet kritisch worden bekeken hoe de potenties van het projectgebied zich verhouden tot andere natuurontwikkelingsgebieden in de regio. Verder heeft het bij verwijdering van bodem de voorkeur om het afgegraven materiaal uit het terrein af te voeren. Als dat niet mogelijk is dient gekeken te worden waar het afgegraven materiaal met zo min mogelijk ongunstige gevolgen kan worden gededponeerd. Ongunstige effecten bestaan uit uitspoeling van nutriënten naar lagere delen van het terrein met schrale natuurdoelen en aantasting van reliëf, landschap of cultuurhistorie

Indien plaggen, afgraven bouwvoor of ontgronden kansrijk zijn, moeten de inzichten uit de landschapsecologische systeemanalyse (Module 1), de analyse van cultuur-

historische en archeologische waarde (Module 2) en de analyse van omgang met waterhuishouding en reliëf (Module 3) met elkaar verbonden worden. Eerst wordt afgewogen of plaggen, afgraven bouwvoor of ontgronden al dan niet mogelijk is op basis van inzichten uit deze modules. Als blijkt dat dit kan, wordt op basis van de uitkomsten uit de Modules 1, 2 en 3 een meer verfijnd plan opgesteld dat rekening houdt met beperkingen die voortvloeien uit natuurdoelen in de omgeving van het projectgebied en het ruimtelijke voorkomen van cultuurhistorische en archeologische elementen.

Indien plaggen, afgraven bouwvoor of ontgronden geen optie zijn, moeten andere maatregelen worden overwogen. Allereerst wordt voor uitmijnen getoetst of binnen afzienbare termijn (5-10 jaar) de fosfaatvoorraad en -beschikbaarheid sterk kunnen worden verlaagd. Indien dat het geval is kan voor uitmijnen worden gekozen. Dit levert op den duur een vegetatie op met een lagere productiviteit, maar het is niet duidelijk of dit uiteindelijk leidt tot de ontwikkeling van soortenrijke schrale natuurtypen. Als uitmijnen niet in aanmerking komt, is verschralen met maaien en afvoeren wellicht een optie. Dit leidt op den duur tot een vegetatie met een lagere productiviteit, maar de kans op de ontwikkeling naar schrale natuurtypen is gering omdat ontwikkeling binnen dit type verschrallingsreeksen veelal stagneert in soortenarme graslandvegetaties. Op kalkrijke bodems kan verschralen wel leiden tot ontwikkeling van soortenrijke graslanden, mits zaadbronnen in de omgeving aanwezig zijn. Uiteindelijk kan ook worden overwogen om de hoge nutriëntenrijkdom niet te verminderen en te kiezen voor natuurtypen die aan deze toestand zijn aangepast. In plaats van het streven naar een korte vegetatie, zijn ontwikkeling van ruigte, struweel en bos dan een optie. Uiteraard geldt dat in geval van een groter en meer complex projectgebied ruimtelijke differentiatie in herstelstrategieën mogelijk is.

Maatregelen voor omvorming van landbouwgronden naar natuur kunnen elkaar ook in de tijd opvolgen om zo in te spelen op de mogelijkheden en beperkingen in een bepaald gebied. Vaak kan een terrein niet nog geheel conform de gekozen ontwikkelingsvisie worden ingericht, bijvoorbeeld omdat nog niet alle vereiste percelen zijn verworven of nog niet pachtvrij zijn, of wanneer maatregelen in de waterhuishouding pas in een later stadium kunnen worden gerealiseerd. Ook kan het moment waarop financiering voor herinrichtingswerken beschikbaar komt een rol spelen. In afwachting van een definitieve herinrichting van het terrein kan op verworven landbouwpercelen wel al het beheer worden aangepast. Het ligt dan voor de hand om bemesting te staken en met hooilandbeheer of seizoensbeweiding de vegetatie kort te houden.

Achtergronddocumentatie: zie voor keuze van herstelstrategieën paragraaf 4.1 in OBN-rapport Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen (Aggenbach et al. 2017)

Nr	Type	Maatregel	Beschrijving	Doel
1a	H	Plaggen/ afgraven bouwvoor	Toplaag met verhoogd organische stof gehalte en/of laag die gemengd is door landbouwkundig gebruik (bouwvoor) wordt verwijderd. De verwijderingsdiepte bedraagt maximaal 10 cm.	<ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen van de bestaande vegetatie • Verwijderen van verhoogde N en P voorraden in de bovenlaag • (Deels) verwijderen van een bodemgemeenschap die aan landbouwgebruik is aangepast
1b	H	Ontgronden (meer dan alleen de bouwvoor)	Toplaag met verhoogd organische stof gehalte en/of laag die gemengd is door landbouwkundig gebruik (bouwvoor) wordt verwijderd. Bovendien wordt een deel van de onderliggende minerale laag verwijderd.	<ul style="list-style-type: none"> • Idem als 1a, bovendien • Verwijderen van verhoogde P-gehalten in de bovenste minerale laag • Verwijderen van een groot deel van de bodemgemeenschap
1c	H	Diep ontgronden naar oude maaiveld	Toplaag met verhoogd organische stof gehalte en/of laag die gemengd is door landbouwkundig gebruik (bouwvoor) wordt verwijderd. Bovendien wordt een eventuele minerale laag verwijderd tot aan het oorspronkelijke profiel. Dit wordt gedaan wanneer bodemmateriaal op het oorspronkelijke profiel is toegevoegd, vooral na het opvullen van voormalige depressies.	<ul style="list-style-type: none"> • Idem als 1a, bovendien • (Gedeeltelijk) herstel van de oorspronkelijke geomorfologie en hydrologie • Gebruik maken van de oorspronkelijke zaadbank (voor zover nog aanwezig) uit het vroegere profiel
2	H	Uitmijnen van P met productieve gewassen	P wordt versneld afgevoerd met maaien na toename productie door opheffen N en/of K-limitatie bij N+K-bemesting of een gewas dat N fixeert + K-bemesting.	<ul style="list-style-type: none"> • Verkleinen van de bodemvoorraad aan P
3	H	Verschralen door maaien + afvoeren	N, P en K voorraden in de bodem worden verkleind door de vegetatie één of meerdere malen per jaar te maaien en het hooi te verwijderen.	<ul style="list-style-type: none"> • Verkleinen van de bodemvoorraden van N en P
4	H	Beweiden	Seizoens- of jaarrond begrazing met landbouwhuisdieren.	<ul style="list-style-type: none"> • Korthouden van de vegetatie • Met lage begrazingsdichtheid zorgen voor structuurvariatie in de vegetatie • Verwijdering van nutriënten is gering
5	H	Nutriëntenrijke toplaag laten zitten + overschakelen op voedselrijke doelen	Geen maatregelen met betrekking tot bodem en/of nutriënten voorraden.	<ul style="list-style-type: none"> • Toestaan ontwikkeling productieve natuur

Tabel 4. Overzicht van de herstelmaatregelen. Indicatie type: H = hoofdmaatregel, A = additioneel.

Nr	Type	Maatregel	Beschrijving	Doel
6	H	Omkeren profiel door diepploegen	Nutriëntenrijke bovenlaag wordt dieper in het profiel (> 30 cm) gewerkt door te ploegen met een speciale ploeg. Nutriëntenarm(er)e lagen worden naar boven gehaald.	<ul style="list-style-type: none"> • Creëren van een nutriëntenarme(re) bovenlaag • Door het opwerken van humusarme grond ook in eerste instantie een lage N beschikbaarheid • Dit is een eenmalige maatregel
7	H/A	Verminderen P-beschikbaarheid door regulatie waterstandsregime	In natte gebieden wordt de waterstand gedurende het groeiseizoen relatief laag gehouden ten einde zuurstofrijke condities in de toplaag te realiseren. Hierdoor wordt de P-sorptiecapaciteit van ijzer sterk vergroot.	<ul style="list-style-type: none"> • Lagere P beschikbaarheid van de nieuwe toplaag
8	H/A	Uitloggen van fosfaat door tijdelijke inundatie in de winter en daarna afvoer van het fosfaatverrijkte oppervlaktewater; doorstroming met inundatiewater is ook een goede optie waarbij gemobiliseerd fosfaat snel wordt afgevoerd	De sorptie van P aan ijzer wordt verlaagd door het creëren van anaerobe omstandigheden door overstroming. Gedesorbeerd P diffundeert naar de oppervlaktewaterlaag en verdwijnt met dat water uit het systeem.	<ul style="list-style-type: none"> • Verkleinen van de P-voorraad in de bodem Dit is een <i>tijdelijke</i> maatregel
9	H/A	Toevoegen van ijzer- en andere metaalverbindingen om fosfaat vast te leggen	Toevoegen van metaalverbindingen om hiermee sterke binding van fosfaat te realiseren.	<ul style="list-style-type: none"> • Verlagen van P-beschikbaarheid
10	H/A	Immobilisatie door toevoegen koolwaterstoffen	Vergroten van immobilisatie van nutriënten in organische stof door de groei van micro-organismen te stimuleren met makkelijk opneembare koolstofverbindingen (bv suiker).	<ul style="list-style-type: none"> • Verlagen van nutriëntenbeschikbaarheid, vooral van mineraal-N

Nr	Type	Maatregel	Beschrijving	Doel
11	A	Toevoegen kalk/ dolomiet/ mergel	Toevoegen calciumcarbonaat, dolomiet of mergel aan de bodem om de basenverzadiging en bodem-pH te verhogen. Toevoegen van calcium kan ook bijdragen aan het vastleggen van P en bevordert ook de adsorptie van P aan ijzerhydroxiden.	<ul style="list-style-type: none"> • Verhogen van buffercapaciteit tegen verzuring • Verlagen P-beschikbaarheid • Met deze beide effecten wordt meestal massieve invasie van Pitrus in een gebied voorkomen • Wordt ook vaak toegepast in bij uitmijnen om de productiviteit voldoende hoog te houden • Dit betreft veelal een tijdelijke maatregel
12	A	Inbreng van bodemtoplaag	Toevoegen van de actieve bodemtoplaag van een donorgebied naar een projectgebied. Hiermee worden zowel de zaadbank als de bodemgemeenschap overgebracht.	<ul style="list-style-type: none"> • Overbrengen van organisch bodemmateriaal als bron voor de gewenste bodemgemeenschap in een soortenarme bodem • Overbrengen van gewenst bodemleven • Overbrengen van de gewenste plantensoorten
13	A	Inbreng doelplantensoorten	Meestal door toevoeging vers gemaaide vegetatie van een donorgebied met de gewenste plantensoorten naar een projectgebied. Wordt in het buitenland ook uitgevoerd door een hersteld gebied in te zaaien met een zaadmengsel met de doelsoorten.	<ul style="list-style-type: none"> • Toevoegen van doelplantensoorten



Legenda tabel 5 en 6

Trends	
--	wordt in een keer sterk verlaagd naar laag niveau
-	afnemende trend
0	geen sterk effect
+	toenemende trend
++	wordt in een keer sterk verhoogd
Noten	
*1	Verzurend effect op kalkarme bodem zonder aanvoer basen via grond- en oppervlaktewater; bij voldoende aanvoer van basenhoudend grondwater of -water, wordt relatief hoge pH en basenrijkdom gehandhaafd; in geval van kalkhoudende bodem geen verzurend effect; effect realisatie natuurdoel hangt af van of basenminnende, zwak gebufferde dan wel zure doeltypen wordt gekozen
*2	Potentieel verzurend effect in situaties met kwel, laag ingestelde zomerstanden kunnen leiden tot minder kwel van basenhoudend grondwater
*3	Realisatie hangt ook af van aanwezigheid in zaadbank en vestigingsmogelijkheden vanuit nabije omgeving, vaak sprake van dispersielimitatie
*4	Vermindert wel beschikbaarheid van mineraal N voor vegetatie
*5	Effect kan optreden in droge systemen, niet of minder aanwezig in natte systemen; vaak toegepast in combinatie met afgraven
Indicatie algehele effectiviteit voor realiseren abiotiek van schrale natuurtypen	
H	meest effectief
A	additioneel positief effect in combinatie met strategie 1
H	minder effectief, onduidelijk of schrale natuurdoelen worden gerealiseerd
H	ineffectief, zeer lange ontwikkeltijd
H/A	weinig over bekend, vergt meer onderzoek

Tabel 5. Samenvatting van de effectiviteit van maatregelen voor het realiseren van schrale natuurtypen. Zie ook de noten voor speciale toelichting op effecten.

De kleuren geven aan in hoeverre een maatregel effectief is voor het realiseren van schrale natuurtypen. Zie voor codes en kleuren, als ook de noten voor speciale toelichting op effecten, de [legenda](#) op pagina 36.

Nr	Type	Maatregel	Organische stof/N totaal	P-totaal en beschikbaar P	pH/basenrijkdom	Bodemleven	Realiseren schrale natuurdoelen	Kennislacune
1a	H	plaggen/ afgraven bouwvoor	-- mits org.stofrijke laag geheel wordt verwijderd, op langere termijn + door bodemontwikkeling	--, mits P-rijke laag wordt verwijderd	-, door verwijderen buffercapaciteit, *1	<ul style="list-style-type: none"> sterke afname abundantie/ biomassa van bodembiota, langzaam herstel bodembiota door gebrek aan organische stof en dispersielimitatie sneller herstel van bodemgemeenschap richting doeltype dan zonder ingrijpen in bodem 	ja mits P-rijke laag wordt verwijderd *3	<ul style="list-style-type: none"> welke factoren bepalen onder nutriëntenrem omstadigheden tijdsduur van open vegetatie herstel van bodemleven van andere doeltypen dan heischraalgraslanden en heiden ontwikkeling bodemleven op langere termijn
1b	H	ontgronden (meer dan alleen de bouwvoor)	--, op langere termijn + door bodemontwikkeling			<ul style="list-style-type: none"> idem 1a ook verwijderen biota die in diepere deel van de bodem zitten 		
1c	H	diep ontgronden naar oude maaiveld	--, op langere termijn + door bodemontwikkeling					<ul style="list-style-type: none"> idem 1a+b vestiging uit zaadbank oude bodem die gaat dagzomen
2	H	uitmijnen van P met productieve gewassen	0 of + door bodemontwikkeling	-, onzeker of P-beschikbaarheid van schraalste natuurtypen wordt bereikt	0, geen verzuring door afvoer basen te compenseren met bekalking	?	geringe kans door aanwezigheid gesloten vegetatie in geval van uitmijnen met gras en gras/ klavermengsel *3	<ul style="list-style-type: none"> bereiken van voldoende lage P-beschikbaarheid en schrale doeltypen wegens ontbreken lange meetreeksen/ experimenten; effecten van combinatie met plaggen, ijzer toedoeing en inbreng biota uitmijnen met dieper wortelende gewassen bij diepe fosfaatprofielen reallocatie van fosfaat van diepere bodemlaag naar toplaag bij diepe fosfaatprofielen
3	H	verschralen door maaien + afvoeren	0 of + door bodemontwikkeling	-, kan lang duren, verlaging naar niveau van natuurtypen kan wel optreden	-, door afvoer van basen met maaisel	eventueel zeer langzame ontwikkeling bodemgemeenschap richting doeltype	laag door te geringe verschraling en slechte mogelijkheden voor vestiging door gesloten vegetatie *3	<ul style="list-style-type: none"> manipuleren open vegetatie/ kale bodem ten voor vestiging van doelsoorten

Nr	Type	Maatregel	Organische stof/N totaal	P-totaal en beschikbaar P	pH/basenrijkdom	Bodemleven	Realiseren schrale natuurdoelen	Kennislacune
4	H	beweiden	0 of + door bodemontwikkeing	0/- vaak blijft beschikbaar te hoog voor schrale natuurtypen	-, 1*	?	laag door vaak te geringe afname P-beschikbaarheid en slechte mogelijkheden voor vestiging door gesloten vegetatie *3	
5	H	nutriëntenrijke top laag laten zitten + overschakelen op voedselrijke doelen	0 of + door bodemontwikkeing	0	*1	?	nvt	
6	H	omkeren profiel door diepploegen	--	--	hangt af van diepteprofiel pH/ basen	?	?	nauwelijks onderzocht/ getest
7	H/A	verminderen P-beschikbaarheid door regulatie waterstandsregime	0 of + door bodemontwikkeing	-, alleen verlaging P-beschikbaarheid	?, *2	?, hangt ook af van combinatie met andere hoofdstrategie	?	nauwelijks onderzocht/ getest in voormalige nutriëntenrijke landbouwgronden
8	H/A	uitloggen van fosfaat door inundatie	0	-, onzeker of P-beschikbaarheid van schraalste natuurtypen wordt bereikt	?, *1	?, hangt ook af van combinatie met andere hoofdstrategie	?	weinig onderzocht in voormalige landbouwgronden
9	H/A	toevoegen van ijzer- en andere metaalverbindingen om fosfaat vast te leggen	0 bij alleen toediening van ijzer - in geval combinatie met plaggen	-, bij alleen toediening van ijzer alleen verlaging P-beschikbaarheid; - bij combinatie met plaggen ook enige afvoer van P	hangt af van kalkgehalte van het slib en de mate waarin ijzer kan oxideren	?, hangt ook af van combinatie met andere hoofdstrategie	?, mogelijk meest perspectiefvol bij plaggen (geen bewijs) *3	<ul style="list-style-type: none"> • weinig onderzocht in veldsituaties, ontbreken lange meetreeksen • effectiviteit onder natte condities niet onderzocht in veldproeven

Nr	Type	Maatregel	Organische stof/N totaal	P-totaal en beschikbaar P	pH/basenrijkdom	Bodemleven	Realiseren schrale natuurdoelen	Kennislacune
10	H/A	Immobilisatie door toevoegen koolwaterstoffen	?, verlaagt beschikbaarheid van stikstof voor de vegetatie vlakna toediening, maar niet altijd	?	?	?, hangt ook af van combinatie met andere hoofdstrategie	?	<ul style="list-style-type: none"> • ontbreken lange meetreeksen • vereiste dossering koolwaterstoffen kan zeer variabel zijn • onzekerheid over effecten na stoppen additie koolwaterstoffen • effecten op N-beschikbaarheid en vegetatie niet eenduidig • geen veldexperimenten in Nederland en vergelijkbare systemen in het omringende landen
11	A	toevoegen kalk/ dolomiet/ mergel	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	-, alleen verlaging P-beschikbaarheid	+ / ++	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	hangt af van combinatie met hoofdstrategie, onderdrukt ontwikkeling Pitrus	
12	A	inbreng van bodemtoplaag	hangt af van combinatie met hoofdstrategie hangt af van successie van vegetatie en bodemleven dat gaat optreden	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	+ in combi met 1, ontwikkeling richting doeltype, effecten wisselend *5	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	<ul style="list-style-type: none"> • beperkt onderzocht, langere meetreeksen zijn schaars • experimenten in andere doeltypen dan heischraalgrasland en heiden • inbreng in oudere successiestadia weinig onderzocht • combinaties met inbreng van geschikt organisch materiaal niet onderzocht • invloed ECM en AMF mycorrhiza's op ecosteemniveau
13	A	inbreng doelplantensoorten	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	effect kan soort specifiek zijn	+ in combi met strategie 1, langer durend effect onder nutriëntenarme condities	<ul style="list-style-type: none"> • beperkt experimenteel onderzocht, weinig lange meetreeksen • gebrekkige documentatie van effecten in regulier beheer

Tabel 6. Overwegingen voor het kiezen van de effectiviteit van maatregelen voor het realiseren van schrale natuurtypen.

Zie voor codes en kleuren, als ook de noten voor speciale toelichting op effecten, de [legenda](#) op pagina 36.

Nr	Type	Maatregel	Additionele maatregel in combinatie met	Tactisch doel/ overweging	Ontwikkelduur schrale omstandigheden/ vegetatie	Regret/ no regret	voorwaarde/ waarschuwing
1a	H	plaggen/ afgraven bouwvoor		<ul style="list-style-type: none"> op korte termijn ontwikkeling schrale natuurtypen 	< 10 jr (snel na maatregel), mits P-rijke laag wordt verwijderd	regret, goede planning vereist afgestemd op ruimere omgeving, rekening houden met cultuurhistorie en archeologie	<ul style="list-style-type: none"> onderzoek aan bouwvoor en fosfaatprofielen vereist dikte bouwvoor en fostaatrijke bodemlaag < 15 cm afgestemd op herstel waterhuishouding en reliëf projectgebied+omgeving afweging met cultuurhistorische en archeologische waarden
1b	H	ontgronden (meer dan alleen de bouwvoor)					<ul style="list-style-type: none"> onderzoek aan bouwvoor en fosfaatprofielen vereist, houdt rekening met ruimtelijke variatie in fosfaatprofiel en bodem
1c	H	diep ontgronden naar oude maaiveld					<ul style="list-style-type: none"> bouwvoor wordt verwijderd dikte fosfaatrijke bodemlaag dunner dan maximaal mogelijke afgraafdiepte (beperking vanuit waterhuishouding, reliëf, cultuurhistorie, archeologie) bij verlaging naar zeer lage P-gehalte kan dit te laag worden voor sommige schrale doeltypen afgestemd op herstel waterhuishouding en reliëf projectgebied+omgeving pas op voor beschadiging slecht-doorlatende lagen afweging met cultuurhistorische en archeologische waarden
2	H	uitmijnen van P met productieve gewassen		<ul style="list-style-type: none"> tussentijdse maatregel in afwachting van uitvoering inrichting alternatieve maatregel omdat maatregel 1 niet mogelijk of zinvol is op langere termijn ontwikkeling matig nutriëntenrijke natuurtypen 	lage fosfaatbeschikbaarheid: enkele tot ca. 170 j (sneller dan maatregel 3); onduidelijk of schrale doeltypen ontwikkelen	no regret	<ul style="list-style-type: none"> analyse nutriënten in bodem en gewas aantal snedes afstemmen op productiviteit bekalken kan nodig zijn geen nadelige effecten van uitspoeling van nutriënten (K, N) naar lagere herstelde delen geen kalisulfaat gebruiken wegens de negatieve effecten van sulfaat op het projectgebied en omgeving
3	H	verschralen door maaien + afvoeren		<ul style="list-style-type: none"> maatregel voor bufferzone tegengaan uitspoeling fosfaat naar lagere delen met schrale natuurtypen 	lage fosfaatbeschikbaarheid: 10-tallen tot 100' j, leidt vaak niet en zeker niet op kalkarme bodems tot ontwikkeling van schrale doeltypen vanwege stagnatie in soortenarme stadia; op kalkrijke bodems kan op termijn wel ontwikkeling optreden naar schrale natuurtypen	no regret	potentieel verzurend effect, effect afhankelijk van buffering bodem

Nr	Type	Maatregel	Additionele maatregel in combinatie met	Tactisch doel/ overweging	Ontwikkelduur schrale omstandigheden/ vegetatie	Regret/ no regret	voorwaarde/ waarschuwing
4	H	beweiden		<ul style="list-style-type: none"> tussentijdse maatregel in afwachting van uitvoering inrichting alternatieve maatregel omdat maatregel 1 niet mogelijk of zinvol is maatregel voor bufferzone 	wordt meestal niet bereikt, vaak stagnatie in soortenarme stadia	droge delen no regret, natte delen risico op vertrapping bodem	<ul style="list-style-type: none"> terughoudend mee zijn op natte bodems beter niet op moerige en veenbodems wegens sterke vertrapping
5	H	nutriëntenrijke toplaag laten zitten + overschakelen op voedselrijke doelen		<ul style="list-style-type: none"> alternatieve maatregel omdat andere maatregelen niet mogelijk zijn of gering perspectief hebben ontwikkeling (rijk gestructureerde) ruigte, struweel, bos mede t.b.v. fauna maatregel voor bufferzone tegengaan uitspoeling fosfaat naar lagere delen met schrale natuurtypen 	n.v.t.	no regret	
6	H	omkeren profiel door diepploegen		op korte termijn ontwikkeling schrale natuurtypen	?	regret, goede planning vereist afgestemd op ruimere omgeving, rekening houden met cultuurhistorie en archeologie, ongunstige effecten op waterhuishouding	<ul style="list-style-type: none"> let op met beschadiging slecht-doorlatende lagen afweging met cultuurhistorische en archeologische waarden uitgangssituatie documenteren en effecten monitoren
7	H/A	verminderen P-beschikbaarheid door regulatie waterstandsregime	1, 3, 4	op korte termijn ontwikkeling schrale of matig nutriëntenrijke natuurtypen	?		<ul style="list-style-type: none"> in afstemming met waterhuishouding van projectgebied+omgeving risico op verzuring door vermindering kwel op passen met conservering van archeologische resten in de bodem die gevoelig zijn voor oxidatie uitgangssituatie documenteren en effecten monitoren
8	H/A	uitloggen van fosfaat door inundatie	3, 4	op termijn ontwikkeling schrale of matig nutriëntenrijke natuurtypen	?, afhankelijk van fosfaat voorraad		<ul style="list-style-type: none"> let op fosfaatbelasting van benedenstroomse oppervlaktewateren uitgangssituatie documenteren en effecten monitoren

Nr	Type	Maatregel	Additionele maatregel in combinatie met	Tactisch doel/ overweging	Ontwikkelduur schrale omstandigheden/ vegetatie	Regret/ no regret	voorwaarde/ waarschuwing
9	H/A	toevoegen van ijzer- en andere metaalverbindingen om fosfaat vast te leggen	3, 4	<ul style="list-style-type: none"> op korte termijn fosfaatarme omstandigheden creëren alternatieve maatregel omdat maatregel 1 niet mogelijk of zinvol is additionele maatregel na plaggen afgraven, indien fosfaatverwijdering nog onvoldoende is 	1 jr na maatregel lage P-beschikbaarheid te realiseren, ontwikkelduur vegetatie onbekend	droge delen no regret, natte delen uit kijken voor bevorderen fosfaat accumulatie door aanvoer met grond- en oppervlaktewater	<ul style="list-style-type: none"> meting fosfaat, ijzer en kalk in uitgangssituatie vereist in verband met samenstelling ijzerslib en dosering CaCO₃ gehalte van het ijzerslib afstemmen op uitgangssituatie en eisen natuurdoeltype op letten met gehalte van zware metalen in het ijzerslib voorlopig alleen toepassen onder droge condities toe te dienen ijzerslib moet P-arm zijn beschikbaarheid geschikt ijzerslib is beperkt, daarom toepassen in perspectievolle situaties uitgangssituatie documenteren en effecten monitoren
10	H/A	immobilisatie door toevoegen koolwaterstoffen	3, 4	alleen t.b.v. experiment	?	no regret	<ul style="list-style-type: none"> dosering vooraf op locatie uittesten uitgangssituatie documenteren en effecten monitoren
11	A	toevoegen kalk/ dolomiet	1, 3 (in geval van basenminnende natuurdoeltype); 2, 3, 4, 5 (dominantie Pitrus voorkomen)	<ul style="list-style-type: none"> in afwachting van andere maatregelen dominantie van Pitrus ontwikkeling voorkomen sterke verzuring en daling productiviteit bij verschralen tegengaan herstel basenrijkdom na uitvoeren maatregel 1 ten einde zwak gebufferde en basenminnende doeltypen te ontwikkelen 	hangt af van combinatie met hoofdstrategie	no regret, wel oppassen bij bodems met hogere organisch stof gehalten voor verhoogde afbraak en mineralisatie	<ul style="list-style-type: none"> dosering afstemmen op uitgangssituatie basentoestand bodem en tactisch doel/ natuurdoeltype
12	A	inbreng van bodemtoplaag	1	<ul style="list-style-type: none"> ontwikkeling schrale natuurtypen ontwikkeling versnellen, completere vorm van het natuurdoeltype ontwikkelen sneller herstel bodemprocessen, sneller successie bodem en vegetatie richting doeltype 	kan in combinatie met maatregel 1 ontwikkeling doeltypen versnellen	voor acceptor site no regret, let op voor schade aan donorsite	<ul style="list-style-type: none"> alleen in combinatie met maatregel 1 en bij verlaging fosfaatgehalte naar niveau van natuurdoeltype zeer gericht inzetten, zeker in geval van klein areaal van donorsites begeleiding door deskundigen uitgangssituatie documenteren en effecten monitoren beproeft in droge systemen, in natte systemen alleen experimenteel

Nr	Type	Maatregel	Additionele maatregel in combinatie met	Tactisch doel/ overweging	Ontwikkelduur schrale omstandigheden/ vegetatie	Regret/ no regret	voorwaarde/ waarschuwing
13	A	inbreng doelplantensoorten	1, (3) ,(4)	<ul style="list-style-type: none"> • ontwikkeling schrale natuurtypen • ontwikkeling versnellen, completere vorm van het natuurdoeltype ontwikkelen • sneller herstel bodemprocessen, sneller successie bodem en vegetatie richting doeltype 	kan in combinatie met maatregel 1 ontwikkeling doeltypen versnellen	no regret voor acceptor site, in geval van regulier maaisel geen belasting donorsite	<ul style="list-style-type: none"> • in geval inbreng van hooi van donorsite met schraal doeltype alleen in combinatie met maatregel 1 en bij verlaging fosfaatgehalte naar niveau van natuurdoeltype; zie voor overige voorwaarden publicatie Vereniging Natuurmonumenten (2014) • alleen uitvoeren in geval van geen of een open vegetatie • zeer gericht inzetten, zeker in geval van klein areaal van donorsites





Module 5

Benodigde gegevens

Voor het afwegen van maatregelen voor de omvorming van landbouwgronden naar (schrale) natuur zijn gegevens nodig over het projectgebied. Tabel 7 is een checklist voor de te verzamelen gegevens. Daarbij staat waarom bepaalde gegevens verzameld moeten worden, hoe dat moet gebeuren en in welke module ze nodig kunnen zijn. Welke type gegevens exact nodig zijn hangt af van het projectgebied en de vraagstelling. De dichtheid van metingen is ook afhankelijk van het gebied (omvang, ruimtelijke variatie).

Metten van nutriëntengehalten in de bodem

Zoals eerder in deze handleiding al is gebleken, is de hoeveelheid fosfaat in de bodem een cruciale succesfactor (zie ook tabel 3). Tegelijkertijd is het meten van fosfaat een ingewikkelde kwestie omdat er meerdere meetmethoden zijn en dus ook discussie over welke methode de beste is. In mindere mate geldt dat voor stikstof. Hier wordt volstaan met de diverse methoden kort te beschrijven, zodat duidelijk wordt wat onderzoeksuitkomsten van onderzoeksbureaus betekenen. Bureaus hanteren vaak hun eigen methode en dus is het als projectleider goed om te begrijpen wat eigenlijk is gemeten.

- totaal-fosfaat (P-totaal): het totale fosfaatgehalte in de bodem bestaande uit anorganisch fosfaat en fosfaat gebonden in organische stof; P-totaal wordt bepaald in een destructie van de bodem
- Olsen-fosfaat (P-Olsen): een deel van de anorganische fosfaat fractie die bepaald wordt in een natrium (bi-)carbonaat extract. P-Olsen is een goede maat voor de beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie
- water extraheerbaar fosfaat (P-w): een deel van de anorganische fosfaat fractie die snel oplost in water. P-w is ook een goede maat voor de beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie
- voor het meten van fosfaatbeschikbaarheid kan volstaan worden met P-Olsen of P-w
- totaal-stikstof (N-totaal): het totale stikstofgehalte in de bodem bestaande uit vooral stikstof gebonden in organische stof; N-totaal wordt bepaald in een destructie van de bodem of met pyrolyse in een CN-analyser; het N-totaalgehalte is een zeer indirecte maat voor de stikstof-beschikbaarheid
- nitraat (NO₃-): de hoeveelheid nitraat die bepaald wordt in een zoutextract
- nitraat (NH₄+): de hoeveelheid ammonium die bepaald wordt in een zoutextract

Bulkdichtheid: bulkdichtheid is de hoeveelheid drooggewicht per volume-eenheid bodem. Daarvoor moeten volumemonsters van de bodem worden genomen. Als de bulkdichtheid is gemeten kunnen nutriëntgehalten ook worden uitgedrukt per hoeveelheid bodemvolume.

Voor het in beeld brengen van de fosfaattoestand is het bemonsteren en meten op verschillende diepten in de bodem dus van belang. In geval pluggen en afgraven worden overwogen, is het van belang om het fosfaatgehalte in de diepere bodemlagen (ca. 0.25 tot 1m -mv) te toetsen aan de eisen van de natuurtypen. Wanneer fosfaat op verschillende diepte is gemeten kan ook worden vastgesteld hoe diep de bodem moet worden afgegraven voor het bereiken van de eisen voor fosfaatgehalte van natuurtypen.

Voor het afwegen van maatregelen voor de omvorming van landbouwgronden naar (schrale) natuur zijn gegevens nodig over het projectgebied. Tabel 7 is een checklist voor de te verzamelen gegevens. Daarbij staat waarom bepaalde gegevens verzameld moeten worden en hoe en in welke module ze nodig kunnen zijn. Welke type gegevens exact nodig zijn hangt af van het projectgebied en de vraagstelling. De dichtheid van metingen is ook afhankelijk van het gebied (omvang, ruimtelijke variatie).

In beeld brengen gebruikshistorie, geologie, bodem

Om goed onderbouwd in een projectgebied maatregelen voor herstel van schrale natuur te onderbouwen is allereerst nodig dat reliëf, waterhuishouding en de lokale variatie in geologische afzettingen en bodem in beeld worden gebracht. Daarvoor wordt eerst gekeken welke informatie al beschikbaar is (zie Tabel 7). Door ook de gebruikshistorie en ingrepen in het verleden na te gaan kan ook een eerste beeld worden verkregen waar en hoe sterk nutriëntenverrijking in het projectgebied kan spelen en of daar ruimtelijke verschillen in zitten. Voor de uitwerking van een plan voor bemonstering van de bodem ten behoeve van nutriëntenonderzoek is van belang om vooraf goed inzicht te hebben in de lokale variatie van geologische afzettingen en bodem. Aanvullend op de bestaande info wordt met bodemprofielbeschrijvingen en de lokale variatie in textuur, humusprofiel, dikte van de bouwvoor en in geval van vroegere egalisatie van laagten ook de diepte van het oorspronkelijke maaiveld in beeld gebracht. In het geval dat de bodem kalk kan bevatten kan met de zoutzuur-bruis methode het kalkprofiel in beeld worden gebracht. Dit kan zinvol zijn omdat met bodemkaarten en oude boorprofielen vaak niet altijd of weinig exact het voorkomen van kalk is vastgelegd. Informatie over dikte van de bouwvoor, ruimtelijke variatie in substraat, diepte van het oorspronkelijke maaiveld, ontkalkingsdiepte is daarnaast van belang voor het uitwerken van een plan voor afgraven.

Achtergronddocumentatie: zie voor meten van fosfaatbeschikbaarheid paragraaf 2.4 in OBN-rapport *Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen* (Aggenbach et al. 2017).

www.natuurkennis.nl/publicaties/nat-zandlandschap/

Planning nutriëntenonderzoek

Het resulterende ruimtelijk beeld van de bodem en de informatie over grondgebruik en ingrepen wordt gebruikt om een effectieve ruimtelijke verdeling van bodemonsterlocaties te bepalen. Omdat bodemchemische analyses kostbaar zijn worden vaak mengmonsters genomen (mengen van submonsters van meerdere punten voor eenzelfde monstertdiepte) om een representatief beeld te verkrijgen van de nutriëntenstatus van bijvoorbeeld een perceel. Daarbij moet worden uitgekeken dat de variatie in nutriëntengehalten in een terrein niet wordt 'weg'gemiddeld. Zo kan in een topografisch heterogeen perceel door variatie in de geologie en bodemprofiel nog steeds veel variatie aanwezig zijn in fosfaatprofielen. Zulke ruimtelijke variatie kan groot zijn in het heuvelland (bv een helling met graften). Het maken van mengmonsters van grotere oppervlakten wordt daarom afgeraden en dient zeker niet alleen maar te worden gebaseerd op actuele perceelgrenzen. Een optie is ook om bemonstering en nutriëntanalyses in twee fasen uit te voeren, zodat in de 2e fase meer gericht kan worden bemonsterd. De gemeten nutriëntengehalten kunnen ook gerelateerd worden aan makkelijk karteerbare kenmerken van de bodem (bv textuur, wel/geen bouwvoor, kleur).

Meten van nutriëntengehalten in de bodem

Zoals eerder in deze handleiding al is aangegeven, is de hoeveelheid fosfaat in de bodem een cruciale succesfactor (zie ook tabel 3). Tegelijkertijd is het meten van fosfaat een ingewikkelde kwestie omdat er meerdere meetmethoden zijn en er is dus ook discussie over welke methode de beste is. In mindere mate geldt dat voor stikstof. Hier wordt volstaan met de diverse methoden kort te beschrijven, zodat duidelijk wordt wat onderzoeksuitkomsten van onderzoeksbureaus betekenen. Projectleiders kunnen deze informatie ook gebruiken om bij aanbestedingen van bodemkundig vooronderzoek om specifieke methoden en aanlevering van data voor te schrijven.

Doorgaans vindt nutriëntenonderzoek plaats door middel van het nemen van bodemonsters en deze in het lab te analyseren. De volgende chemische variabelen worden vaak gemeten:

- droge bulkdichtheid: op basis van een volumemonster wordt de hoeveelheid droge stof per volume-eenheid bepaald; de droge bulkdichtheid wordt gebruikt om stofgehalten die per gewichtseenheid droge stof worden gemeten om te rekenen naar hoeveelheden per volume;
- organisch stofgehalte op basis van gewichtsverlies na gloeien bij een temperatuur van 550°C;
- totaal-fosfaat (P-totaal): het totale fosfaatgehalte in de bodem bestaande uit anorganisch fosfaat en fosfaat gebonden in organische stof; P-totaal wordt bepaald in een destructie van de bodem;
- Olsen-fosfaat (P-Olsen): een deel van de anorganische fosfaat fractie die bepaald wordt in een natrium (bi-)carbonaat extract. P-Olsen is een goede maat voor de

beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie op wat langere termijn;

- water extraheerbaar fosfaat (P-w): een deel van de anorganische fosfaat fractie die snel oplost in water. P-w is een goede maat voor de directe beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie;
- voor het meten van fosfaatbeschikbaarheid kan volstaan worden met P-Olsen of P-w; Voor P-Olsen zijn van meer natuurtypen referentiewaarde beschikbaar dan voor P-w;
- totaal-stikstof (N-totaal): het totale stikstofgehalte in de bodem bestaande uit vooral stikstof gebonden in organische stof; N-totaal wordt bepaald in een destructie van de bodem; het N-totaalgehalte is een zeer indirecte maat voor de stikstof-beschikbaarheid;
- nitraat (NO_3^-): de hoeveelheid nitraat die bepaald wordt in een zoutextract; dit is de direct beschikbare hoeveelheid stikstof maar het nitraatgehalte kan in de tijd sterk fluctueren.
- ammonium (NH_4^+): de hoeveelheid ammonium die bepaald wordt in een zoutextract.
- pH gemeten in waterextract (10 g bodem in 25 ml demi-water) of in een zoutextract (10 g bodem in 25 ml 1 M KCl-oplossing);
- diverse andere elementen zoals Ca, Mg, Na, K, zware metalen die makkelijk kunnen meelopen met de meting van P-totaal met de ICP-analyse (Inductively Coupled Plasma).

Droge bulkdichtheid

Vaak worden randvoorwaarden voor nutriëntgehalten uitgedrukt in hoeveelheid per volume eenheid bodem. De reden hiervoor is dat plantenwortels een bodemvolume gebruiken voor de opname van nutriënten. Voor nutriëntengehalte per volume-eenheid is een meting van de droge bulkdichtheid nodig. Dit betreft de hoeveelheid drooggewicht per volume-eenheid bodem. Daarvoor moeten volumemonsters van de bodem worden genomen. Alhoewel op het eerste gezicht de droge bulkdichtheid eenvoudig te meten lijkt te zijn, zit de moeilijkheid in de accuraatheid van de volumemonsters. Een hoge onnauwkeurigheid van het volume van het monster zal daarbij ook zorgen voor een hoge onnauwkeurigheid van berekende nutriëntgehalten per volume-eenheid veroorzaken. Er zijn meerdere opties voor het nemen van volume monsters (zie bijlage 2). In het algemeen geldt hoe sneller de monstermethode voor bulkdichtheid is, hoe onnauwkeuriger de meting is. Aangeraden wordt om voor bemonstering de bovenste 30 cm alleen nauwkeurige monstermethoden toe te passen. In het geval van metingen van de bulkdichtheid met een onnauwkeurige methode is uitgevoerd is het ook mogelijk om voor de toetsing aan referentieranges van natuurtypen alleen gebruik te maken van stofconcentraties per drooggewicht bodem.

Bij onderzoek aan de nutriëntentoestand wordt de bodem vaak op meerdere diepten bemonsterd. Allereerst wordt de bodemtoplaag bemonsterd om inzicht te krijgen

in de toestand van de bodemlaag waar de meeste plantenwortels zitten. Omdat de referentiedata van de natuurtypen zijn gemeten in de bovenste 7,5 tot 15 cm van de bodemlaag, wordt geadviseerd om de bodemtoplaag bij voorkeur op 0 tot 10 cm en maximaal 0 tot 15 cm diepte te bemonsteren. Dit zorgt er voor dat de metingen in de toplaag kunnen worden vergeleken met de referentiewaarden. Dikkere monsters van de toplaag kunnen leiden tot menging van een nutriëntenrijke toplaag met een nutriëntenarmere diepere laag. Wel kan bij bemonstering van een de bouwvoor een dikker monster (maar bij voorkeur niet dikker dan 25 cm) worden genomen als die toch al moet worden afgraven (bv voor verwijdering de stikstofrijke toplaag). Bij dikkere bodemmonsters dient dan wel voorkomen te worden dat deze meerdere textuurhorizonten bevat. In geval van pluggen en afgraven is het van belang om het fosfaatgehalte in de diepere bodemlagen (ca. 15 tot 100 cm -mv) te toetsen aan de eisen van de natuurtypen. Wanneer fosfaat op verschillende diepte is gemeten kan ook worden vastgesteld hoe diep de bodem moet worden afgegraven voor het bereiken van de eisen voor fosfaatgehalte van natuurtypen.

Opleveren bodemchemische data

Voor documentatie en evaluatie van herstelprojecten is van belang om alle bodemchemische meetgegevens in tabelvorm op te leveren (rapport en digitaal als excelbestand). De data bestaan dan uit:

- Locatie code, coördinaten en monstertdiepte.
- Ook het organisch stofgehalte opnemen in de data.
- Ook de droge bulkdichtheid opnemen in de data.
- Stofconcentratie dient altijd te worden aangegeven als hoeveelheid per drooggewicht (g/kg DG of mg/kg DG of mmol/kg DG of $\mu\text{mol/kg DG}$). Wanneer de droge bulkdichtheid is gemeten kan de stofconcentratie ook per volume bodem worden geleverd (g/L of mg/L of mmol/L of $\mu\text{mol/L}$). Tegenwoordig worden nutriëntengehalte in nutriëntenonderzoek voor natuurherstel vaak uitgedrukt mol/kg DG, mol/kg mmol/L en $\mu\text{mol/L DG}$ worden uitgedrukt. Resultaten in deze eenheden zijn direct vergelijkbaar met de referentiewaarden van natuurtypen in Tabel 3.
- Geef voor elke variabele altijd expliciet de eenheid weer. In geval van hoeveelheden in mg/kg DG, g/kg DG voor fosfor aangegeven of dit P, PO₄ of P₂O₅ betreft, in geval van nitraat aangegeven of dat N of NO₃⁻ betreft en in geval van ammonium aangegeven of dat N of NH₄⁺ betreft. De sterke voorkeur is om in geval van eenheden in mg/kg DG, g/kg DG de hoeveelheden stikstof en fosfor te rapporteren in respectievelijk hoeveelheden N en P omdat dit nu voor ecologisch onderzoek het meest gebruikt wordt.

- Beschrijving van de methode van monstername en labanalyses. Het is ook essentieel om de monstermethode (mengmonster, diepten, hoe monsters zijn genomen) te leveren. Ook is relevant om de wijze van bemonstering van monsters voor de meting van droge bulkdichtheid te documenteren (zie tekstkader *Het nemen van volumemonsters voor meting van bulkdichtheid*).

Met deze data is het mogelijk om checks en nadere analyse op de data uit te voeren.

Bijstellen afgraven tijdens de uitvoering

In terreinen met veel ruimtelijk variatie in substraat en bodem kan het ondoenlijk zijn om vooraf aan de uitvoering een voldoende gedetailleerd plan op te stellen. De bodem in het heuvelland is vaak ruimtelijk zeer variabel wat leidt tot de aanwezigheid van (kleinschalige) gradiënten. Variatie in het substraat profiel kan bijvoorbeeld dan sterk doorwerken in de diepte van het fosfaatprofiel. Een optie is om eerst op proefstukken het afgraven uit te proberen (bv met proefsleuven) en op basis daarvan een uitvoeringsplan bij te stellen. Een andere optie is om bij de uitvoering toezicht te laten houden door een persoon met inzicht in de bodem, geologie, hydrologie en specifieke doelen en randvoorwaarden van het project. Al doende wordt dan de kraanmachinist geïnstrueerd hoe hij/zij moet afgraven. Zorg bij het afgraven ook voor variatie in diepte en volg daarbij de variatie in de bodemgesteldheid (diepte kalk, diepte hellingmateriaal op de oorspronkelijke ondergrond). In grotere projectgebieden kan ook worden overwogen om de uitvoering gefaseerd te laten uitvoeren. De uitvoering van latere fasen kan dan mede worden gebaseerd op ervaringen en resultaten van de eerdere fasen.

Type gegevens	Doel	Hoe verzamelen	Nodig voor Module*
basisgegevens			
reliëf	<ul style="list-style-type: none"> • voor inzicht in de topografie, belangrijk voor vaststellen relaties met de waterhuishouding 	<ul style="list-style-type: none"> • AHN4 data 	1, 3
waterlopen	<ul style="list-style-type: none"> • voor vaststellen knelpunten in de waterhuishouding en mogelijke maatregelen 	<ul style="list-style-type: none"> • waterloopkaarten en leggegevens van waterschap • eigen kartering ligging en diepte waterlopen; van belang om detailwaterhuishouding (kleinere sloten, greppels, buisdrainage) in beeld te krijgen • indien zinvol diepte en drainageniveau van waterlopen inmeten • kijk ook naar diepteligging van beken, duinrellen 	1, 3
waterstandsregime		<ul style="list-style-type: none"> • tijdreeksen peilbuizen en peilschalen • in geval van belangrijke hiaten nieuwe meetpunten installeren 	1, 3
informatie over historie grondgebruik	<ul style="list-style-type: none"> • voor onderscheid in sterk en minder sterk bemeste percelen • onderscheid wel en niet geploegde percelen 	<ul style="list-style-type: none"> • gebiedskennis bij (voormalige) lokale beheerders, vroegere grondgebruikers, omwonenden 	1, 2, 3
huidige en vroegere topografie, ingrepen in verleden	<ul style="list-style-type: none"> • voor reconstructie ingrepen in het verleden 	<ul style="list-style-type: none"> • oude en recente topografische kaarten • plannen van ruilverkavelingen • andere geschreven bronnen • personen die de gebiedshistorie kennen 	
geologie, bodemprofiel, diepte bouwvoor	<ul style="list-style-type: none"> • in beeld brengen variatie in reliëf, geologie • vaststellen ruimtelijke patroon dikte omgewoelde bodem (bouwvoor); deze hele horizont is vaak nutriëntenrijk • vaststellen of en waar vroegere egalisering (afgraven hoogte en opvullen laagten) heeft plaatsgevonden; van belang voor oorspronkelijk reliëf en waterhuishouding 	<ul style="list-style-type: none"> • informatie geologie, bodemtype, bestaande profielbeschrijvingen • karteren in puntenraster van bodemprofielbeschrijvingen; doorgaans mogelijk met een edelmanboor • dichtheid boringen aanpassen aan omvang gebied en ruimtelijke variatie 	2, 3
nutriententoestand bodem, vooral analyse fosfaatprofiel is belangrijk	<ul style="list-style-type: none"> • voor vaststellen nutriëntengehalte toplaag • vaststellen diepte van het fosfaatprofiel • voor vaststellen knelpunten en potenties voor schrale natuurtypen in samenhang met maatregelen 	<ul style="list-style-type: none"> • meting droge bulkdichtheid, P-totaal + P-olsen of P-water, organisch-stofgehalte • eventueel ook N-totaal en NO₃- en NH₄⁺ 	2, 3

Tabel 7. Checklist voor benodigde gegevens bij het uitvoeren van omvorming van voormalige landbouwgronden naar schrale natuurtypen.

basenhuishouding	<ul style="list-style-type: none"> • voor vaststellen potenties voor natuurtypen op basis van eisen aan bodemzuurgraad • voor vaststellen of voldoende zuurbuffervermogen aanwezig is voor basenminnende natuurtypen • bepalen van maatregelen in de waterhuishouding 	<ul style="list-style-type: none"> • ontkalkingsdiepte met zoutzuur-bruis methode in bodemprofielen (indien kalk aanwezig kan zijn) • basenrijkdom bodem: gehalte Ca-totaal, Mg-totaal; en/of gehalte uitwisselbare kationen; pH_H2O en/of pH_KCl 	1, 2, 3
kwaliteit grond- en oppervlaktewater	<ul style="list-style-type: none"> • voor grondwater wanneer er (potentieel) invloed is van kwel • voor oppervlaktewater wanneer (potentieel) toestroming/ overstroming optreedt 	<ul style="list-style-type: none"> • analyse macro-ionen, nutriënten, pH en EGV • voor oppervlaktewater ook slibgehalte, P-totaal en N-totaal 	1, 3
vegetatiekaart	<ul style="list-style-type: none"> • voor inzicht in vegetatiepatroon in projectgebied en omgeving 	<ul style="list-style-type: none"> • vegetatiekartering; karteerschaal aangepast aan ruimtelijke variatie 	1,3
verspreiding plantensoorten	<ul style="list-style-type: none"> • voor voorkomen en ligging van bronpopulaties van doelsoorten • voor bij uitvoeren van maatregelen het ontzien van relictpopulaties 	<ul style="list-style-type: none"> • bestaande floragegevens • kartering in vlakken, lijnen, punten • ook omgeving van het projectgebied beschouwen ivm met bronpopulaties 	1
verspreiding diersoorten	<ul style="list-style-type: none"> • voor voorkomen en ligging van bronpopulaties van doelsoorten • voor bij uitvoeren van maatregelen het ontzien van relictpopulaties 	<ul style="list-style-type: none"> • bestaande fauna gegevens • inventariseren met geschikte methoden • ook omgeving van het projectgebied beschouwen ivm met bronpopulaties 	1
vroegere voorkomen van doelvegetatietypen en doelsoorten	<ul style="list-style-type: none"> • vroegere voorkomen is een ondersteuning voor keuze natuurtypen en doelsoorten 	<ul style="list-style-type: none"> • historische gegevens (grijze literatuur, atlasdata) • gebiedskenners raadplegen 	1,2
resultaten van eerdere studies			
waterhuishouding	<ul style="list-style-type: none"> • voor analyse knelpunten en potenties • voor vaststellen ruimtelijke relaties (afstromingspatronen, link kwel- en infiltratiegebieden) 	<ul style="list-style-type: none"> • GGOR-studies <ul style="list-style-type: none"> - beschrijvende studies - modelstudies met scenario-analyse 	1,3
landschapsecologische systeemanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • voor ontrafelen ruimtelijke samenhang, sturende processen, potenties 	<ul style="list-style-type: none"> • bestaande studies 	1, 2, 3
beheerevaluaties	<ul style="list-style-type: none"> • geven inzicht in ontwikkelingen in het terrein, ideeën over knelpunten 	<ul style="list-style-type: none"> • evaluaties bij beheerders 	1, 2, 3

* Module 1: inbedding van de landschapsecologische positie en functie van het projectgebied in het landschap.

Module 2: omgang met cultuurhistorische en archeologische waarden.

Module 3: omgang met lokaal reliëf en waterhuishouding.

Module 4: keuze van de techniek binnen het projectgebied voor herstel van een lage nutriëntenbeschikbaarheid ten behoeve van schrale natuurtypen.

Module 5: geeft een algemeen overzicht welke type gegevens nodig kunnen zijn bij het opstellen van een inrichtingsplan.

Handige publicaties

Aggenbach, C.J.S., M. Berg, J. Frouz, T. Hiemstra, L. Norda, J. Roymans, R. van Diggelen (2017). *Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen*. OBN2017/ 214-NZ, Vereniging van Bos- en Natuureigenaren. Driebergen.

Aggenbach, C.J.S, P. Huyghe, J. Nijp & R. van Diggelen (2020). *Invloed van nutriënten verrijkt grondwater op kwelafhankelijke ecosystemen*. Rapport nummer 2020/OBN242-BE, Vereniging van Bos- en Natuureigenaren, Driebergen.

Besselink, D., D. Logemann, H. van de Werfhorst, A. Jansen & B. Reeze (2017). *Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen*. STOWA, Amersfoort.

Bobbink, R., E.C.H.E.T. Lucassen & J.G.M. Roelofs (2011). *Onderzoek naar herstel en (her)ontwikkeling van zinkvegetaties*. Rapport OBN146-HE, DKI-LNV.

Van der Molen, P. C., G. J. Baaijens, A. Grootjans & A. Jansen (2010). *LESA : Landschapsecologische Systeemanalyse*. s.n.]

Vereniging Natuurmonumenten (2014). *Richtlijn herintroductie planten, 's Graveland*.

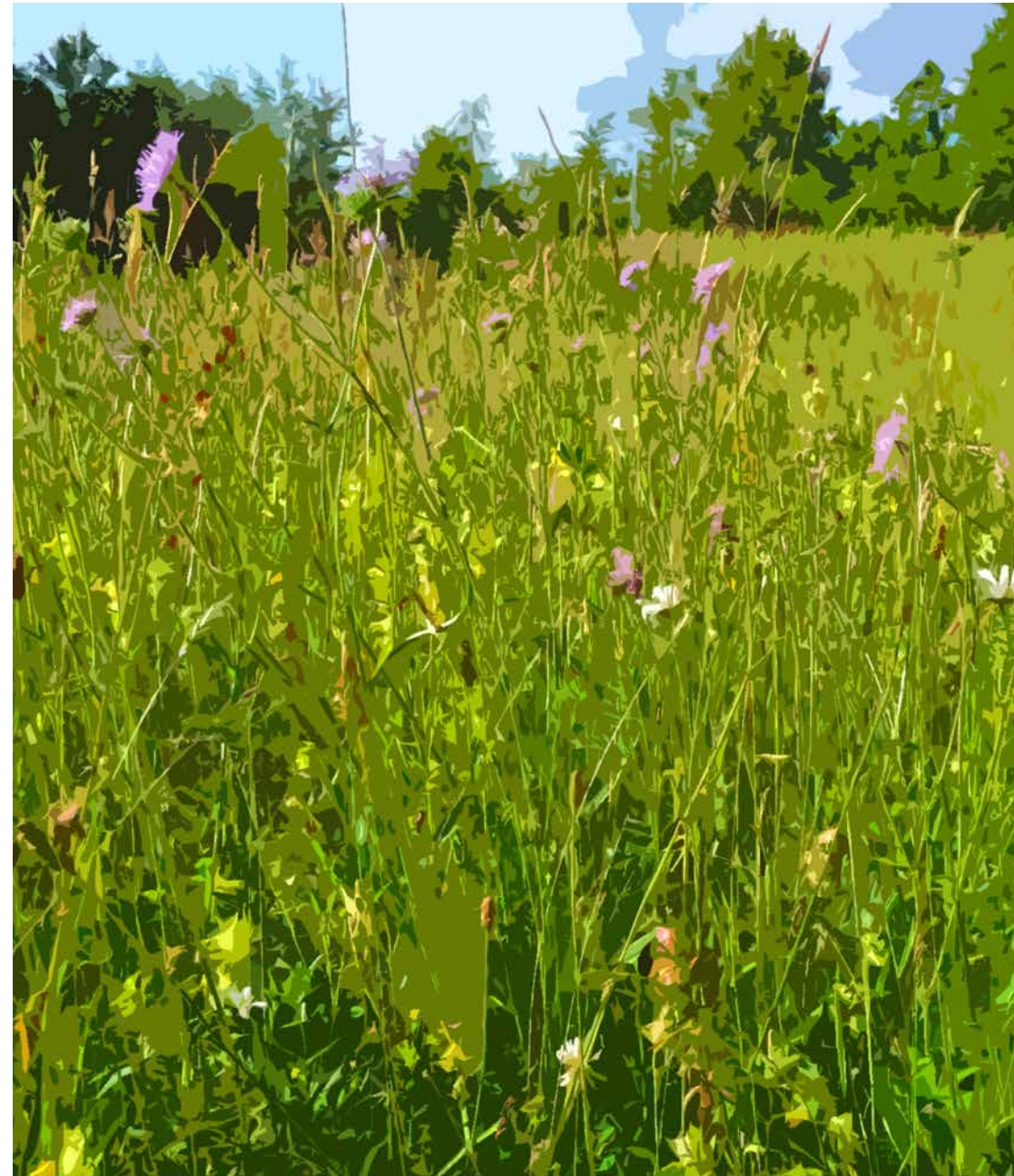
Bijlage 1

Nieuwe bronnen die gebruikt zijn voor het opstellen van nutriëntenranges voor schrale natuurtypen

Referentie	Land/ regio	klimaat, landschap	vegetatietype	n metingen
De Schrijver et al. (2013)	BE Vlaanderen	gematigd, laagland	Glanshaverhooiland met Grote pimpernel	8
Flawet databank	BE Vlaanderen	gematigd, laagland	Glanshaverhooiland met Grote pimpernel	5
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Kalkgrasland	52
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Blauwgrasland	3
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Vochtig grasland met Geranium sylvaticum	6
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Grote vossenstaartgrasland met Grote pimpernel	2
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Kamgrasweide soortenrijk	29
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Kamgrasweide nat en soortenrijk	28
Critchley et al. (2002)	UK England	gematigd, laagland-heuvelland	Heischraalgrasland	1
Gilbert et al. (2009)	UK England	gematigd, laagland	Vochtig grasland met Geranium sylvaticum	NA
Gilbert et al. (2009)	UK England	gematigd, laagland	Grote vossenstaartgrasland met Grote pimpernel	NA
Gilbert et al. (2009)	UK England	gematigd, laagland	Kamgrasweide nat en soortenrijk	NA
Andersen et al. (2013)	DK	gematigd, laagland	baserenrijke trilvenen, basenrijke bronnen	NA
Buchler et al. (2020)	CH	continentaal, laagland	Kalkgrasland	14
Buchler et al. (2020)	CH	continentaal, laagland	Glanshaverhooiland	13
Schelfhout et al. (2017)	BE N-Vlaanderen	gematigd, laagland	heischraalgrasland	7
Blackstock et al. (1998)	UK Wales	gematigd, laagland	dotterbloemhooiland	18
Blackstock et al. (1998)	UK Wales	gematigd, laagland	blauwgrasland	54
Blackstock et al. (1998)	UK Wales	gematigd, laagland	heischraalgrasland	5
Smits et al. (2021)	NL Z-Limburg	gematigd laag heuvelland	heischraalgrasland	NA
B-Ware (2014)	NL	gematigd laag heuvelland	Thero-Airion	36
B-Ware (2014)	NL	gematigd	glanshaverhooiland/ kamgrasweide soortenrijk?	57
B-Ware (2014)	NL	gematigd	glanshaverhooiland	NA
B-Ware (2014)	NL	gematigd, laag heuvellandschap	heischraalgrasland	96
B-Ware (2014)	NL	gematigd, laag heuvellandschap	kalkgrasland	104
B-Ware (2020)	NL	gematigd, laag heuvellandschap	Thero-Airion	NA
B-Ware (2020)	NL	gematigd, laag heuvellandschap	heischraalgrasland	96
B-Ware (2020)	NL	gematigd, laag heuvellandschap	kalkgrasland	224
Eichhorn et al. (2022)	NL	gematigd, laagland	glanshaverhooiland	4

Referenties:

- Andersen, D. K., B. Nygaard, J. R. Fredshavn, and R. Ejrnaes. 2013. *Cost-effective assessment of conservation status of fens*. Applied Vegetation Science 16:491-501.
- B-Ware (2014). *Bodemchemisch onderzoek in verschillende percelen in Zuid-Limburg*. Rapport 204.18, B-Ware.
- B-Ware (2020). *Ontwikkeling van kalkgrasland nabij Eys*. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-19.120.20.12
- Blackstock, T. H., D. P. Stevens, P. A. Stevens, C. P. Mockridge, and M. J. M. Yeo. 1998. *Edaphic relationships among Cirsio-Molinietum and related wet grassland communities in lowland Wales*. Journal of Vegetation Science 9:431-444.
- Buchler, M. O., R. Billeter, and J. Dengler. 2020. *Optimal site conditions for dry grasslands of high conservation value in the canton of Zurich, Switzerland*. Tuexenia:527-x.
- Critchley, C. N. R., B. J. Chambers, J. A. Fowbert, R. A. Sanderson, A. Bhogal, and S. C. Rose. 2002. *Association between lowland grassland plant communities and soil properties*. Biological Conservation 105:199-215.
- De Schrijver, A., S. Schelfhout & K. Verheyen (2013). *Onderzoek naar de potenties voor herstel en ontwikkeling van glanshavergrasland met grote pimpernel in de gebieden Pikhaken–Hollaken en Dorent*. Rapport, Universiteit Gent.
- Eichhorn, K, E. Brouwer E., R. Ketelaar & M Simmelink (2015). *Quickscan referentiegraslanden en bodemchemisch onderzoek voor het ontwikkelen van Glanshaver- en vossenstaarthooilanden in de Koppenwaard*.
- Flawet databank. INBO
- Gilbert, J., D. Gowing, and H. Wallace. 2009. *Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances*. Biological Conservation 142:1074-1083.
- Schelfhout, S., J. Mertens, M. P. Perring, M. Raman, L. Baeten, A. Demey, B. Reubens, S. Oosterlynck, P. Gibson-Roy, K. Verheyen, and A. De Schrijver. 2017. *P-removal for restoration of Nardus grasslands on former agricultural land: cutting traditions*. Restoration Ecology 25:5178-5187.
- Smits, N., Bijlsma, R.J., Bobbink, R., Emsens, W.J., Nijssen, M., Smits, L., Weijters, M., 2021. *Kansen voor heischraal grasland in het Heuvelland - Overzicht van kansrijke uitbreidingslocaties en herstel-experimenten*. Rapport nummer 2021/OBN251-HE, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.



Bijlage 2

Het nemen van volumemonsters voor meting van bulkdichtheid

De bepaling van de droge bulkdichtheid vergt een meting van het monstervolume en het drooggewicht. Bulkdichtheidsmonsters worden geheel gedroogd bij 70 tot 105°C en dan gewogen. De bulkdichtheid wordt berekend als drooggewicht gedeeld door het volume van het monster. Voor nutriëntonderzoeken worden monsters meestal genomen in minerale sediment en veen.

In de bovenste ca 30 cm van een minerale bodem kunnen met metalen ringen monsters worden gestoken. Ringen met een diameter van 6 tot 7 cm diameter werken goed en de onderkant van de ring moet scherp zijn. Kleinere ringen geven snel sterke compressie van de bodem. Afhankelijk van de monster strategie kan de ring bijvoorbeeld 5 of 10 of 15 cm hoog zijn. De ring wordt met een inslagvrije hamer de bodem ingeslagen. Een hamerblokje boven op de ring maakt het inslaan makkelijker. In geval taai wortels het inslaan van de ring belemmeren, kunnen deze met een mes verticaal langs de buitenkant van de ring worden doorgesneden. In geval van los zand kan verlies van bodemmateriaal optreden bij het verwijderen van de ring uit de bodem. Verlies van bodemmateriaal kan dan worden voorkomen door aan de zijkant van de ring een gat te graven en dan een scherpe plaat of een breed scherp plamuurmes horizontaal onder de ring te steken. Volumemonsters kunnen ook worden genomen met een humushapper (tot ca. 30 cm diepte). Dat werkt sneller, maar is minder nauwkeurig dan met steekringen omdat de humushapper het gestoken profiel variabel indrukt. Een zeer snelle, maar ook zeer onnauwkeurige methode is de grond los te bemonsteren en in het lab in een volumecupje af te meten en dan te drogen. Voor de bodemtoplaag wordt deze methode afgeraden, zeker voor organisch stofrijke minerale bodems.

In weinig veraard en sterk vezelig veen lukt bemonstering met steekringen vaak niet. Hier kan beter een blok worden uitgesneden met een lang en scherp broodmes of smalle houtzaag. Eerst wordt ruim een groter blok uitgesneden dan nodig is. De ondersnede wordt gemaakt via een kuil naast het uit te snijden blok. Als het blok uit de bodem is gehaald, wordt het volumemonster op de juiste diepte en afmetingen gesneden. Wat goed werkt is het uitsnijden van blokken van 10x10x10 cm. Een kleiner formaat is lastiger om nauwkeurig uit te snijden. Wanneer op meerdere diepte wordt bemonsterd kunnen ook grote blokken worden uitgezaagd met een smalle houtzaag en vervolgens daaruit op juiste diepte de volumemonsters.

Tot een diepte van 30 cm zijn bovenstaande methoden uitvoerbaar. In geval van diepere monsters wordt het erg diep graven. In minerale bodems zijn er twee opties: 1) de bodemmateriaal wordt opgeboord met een Edelmanboor en het volume wordt afgemeten in een cup met een bekend volume, 2) er wordt net een slagguts een profiel gestoken en daaruit worden lagen geselecteerd met een vaste hoogte en bekend volume. Beide methode zijn onnauwkeuriger dan monsters gestoken met een ring. In veen kunnen diepere monsters met speciale veenboren worden genomen. Met een kamerboor ('Russische veenboor') kunnen profielen in de vorm van een halve cilinder omhoog worden gehaald. Wanneer het veen te vast is voor een kamerboor kan met een veenguts een profiel omhoog worden gehaald. Betreffende boren moeten goed scherp zijn zodat ze door het vezelige veen kunnen snijden. In beide gevallen is het raadzaam om op een plek van dezelfde diepte meerdere monsters te nemen (bv drie deelmonsters).

In bodems met stenen, zoals bijvoorbeeld bodems in kalksteen, is het nemen van volumemonsters bewerkelijk. De beste en een relatief snelle methode voor bulkdichtheid is het monster uitgraven en het volume van het gat meten met polyurethaanschuim. Het gat wordt opgevuld schuim. Na het uitharden wordt het schuim uitgegraven en in het lab met waterverplaatsing het volume van het polyurethaan bepaald. Van het hele bodemmonster wordt het drooggewicht bepaald. Na zeven het monster kan het volume en gewicht van de fractie groter dan 2 mm worden bepaald en daaruit de droge bulkdichtheid van de fijne fractie (< 2 mm). Aangezien deze aanpak bewerkelijk is zou ook gekozen kunnen worden om in stenige bodems alleen nutriëntengehalte per drooggewicht te bepalen van de fijne fractie en niet per volume-eenheid.

In het geval van metingen van de bulkdichtheid met een onnauwkeurige methode is het ook mogelijk om voor de toetsing aan referentieranges van natuurtypen alleen gebruik te maken van stofconcentraties per drooggewicht bodem.

Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12

Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 7
3972 NG Driebergen
0343-745250
info@vbne.nl

Alle publicaties en
producten van het
OBN Kennisnetwerk
zijn te vinden op
www.natuurkennis.nl