Geomorfologische analyse van de Raamvallei

Gilbert Maas, Bas van Delft, Gerben Mol

Geomorfologische analyse van de Raamvallei

Gilbert Maas, Bas van Delft, Gerben Mol

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Kennisbasis onderzoeksthema 'System Earth Management' (projectnummer KB-24-001-017), het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het Waterschap Aa en Maas in het kader van het Programma Lumbricus, Wageningen Environmental Research
Wageningen, december 2018

Rapport 2918
ISSN 1566-7197

Maas, G.J., S.P.J. van Delft, G. Mol, 2018. *Geomorfologische analyse van de Raamvallei*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2918. 80 blz.; 46 fig.; 14 tab.; 26 ref.

In de Raamvallei wordt het beekdal opnieuw ingericht. Doelen voor de Raamvallei zijn ruimte voor duurzame landbouw in combinatie met voldoende en schoon water en ecologische herstel van het beekstelsysteem. Een pijler van goede planvorming is gedegen inzicht in de hydrologische, (landschaps)ecologische en morfologische werking van het stroomgebied en beekstelsysteem in het hele beekdal. Door inrichtingsmaatregelen (beter) aan te laten sluiten bij de natuurlijke condities en processen – Building with Nature (BwN) – zijn er mogelijk nieuwe oplossingen die goedkoper en duurzamer zijn dan traditionele oplossingen.

Trefwoorden: Hooge Raam, Lumbricus, Building with Nature, Landschapsleutel, geomorfologie, beekherstel, landschapsecologische systeemanalyse, moerasbeek

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/467002> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

2018 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research Rapport 2918 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Beverdam in de Hooge Raam (Foto: Gilbert Maas)

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Achtergrond en doelstelling	9
	1.2 Selectie van beken in de Raamvallei	9
	1.3 Geomorfologische beek-analyse: de methodiek	10
	1.3.1 Ruimtelijke Systeemanalyse Raamvallei en de geselecteerde beken	10
	1.3.2 Voorspelling van dimensies beekpatronen, sedimenttransport en bankvormen in dynamische evenwicht	11
	1.3.3 Evaluatie van de ruimtelijke systeemanalyse en voorspelde patronen in het veld	13
	1.3.4 Maatregelen in het licht van referentiebeelden ten aanzien van de beken in de Raamvallei	13
2	Resultaten Raamvallei	14
	2.1 Landschappelijke en historische context	14
	2.1.1 Geo(morfo)logie en historische context	14
	2.1.2 Substraat	18
	2.1.3 Historische context	20
	2.1.4 Actueel oppervlakte watersysteem	22
	2.1.5 Landschappelijke Bodemkaart	23
	2.1.6 Potentiële (semi)terrestrische vegetatie	33
	2.2 Beekpatronen, sedimenttransport en bankvorming in de Raamvallei	34
	2.2.1 Geultype	34
	2.2.2 Geulbreedte en geuldiepte in een evenwichtssituatie	36
	2.2.3 Beddingmorphologie en bankvorming	37
3	Factsheets voor de beeklopen in de Raamvallei	40
	3.1 Graafsche Raam	41
	3.1.1 Systeemkenmerken Graafsche Raam	42
	3.1.2 Veldwaarnemingen	42
	3.2 Hooge Raam	44
	3.2.1 Systeemkenmerken Hooge Raam	45
	3.2.2 Veldwaarnemingen	46
	3.3 Halsche Beek	47
	3.3.1 Systeemkenmerken Halsche Beek	47
	3.3.2 Veldwaarnemingen	47
	3.4 Lage Raam	49
	3.4.1 Systeemkenmerken Lage Raam	51
	3.4.2 Veldwaarnemingen	51
	3.5 Biestgraaf	52
	3.5.1 Systeemkenmerken Biestgraaf	52
	3.5.2 Veldwaarnemingen	53

4	Referentiebeeld en maatregelen voor beekherstel in de Raamvallei	54
4.1	Landschapsecologische referentiebeelden voor de Raamvallei	54
4.1.1	Bovenstroomse kwelmoerassen en bronbeken	56
4.1.2	Snelstromende terrasbeek met zandbedding	59
4.1.3	Kwelmoeras hellingvoet terrasrand	62
4.1.4	Moerasbeek in verlande restgeul in het rivierenlandschap	66
4.2	Building with Nature-maatregelen in de Raamvallei	69
	Literatuur	71
	Bijlage 1 Fysisch- en historisch- geografische kaart van het Maasstuwpand Grave	73
	Bijlage 2 Bodemkaarten	74
	Bijlage 3 Profielbeschrijvingen	76
	Bijlage 4 Potentiële vegetaties	77

Woord vooraf

Dit rapport maakt deel uit van het onderzoek dat binnen het Programma Lumbricus, thema Boeiende Beekdalen, pijler Ontwikkelpaden, wordt uitgevoerd in Proeftuin Zuid, de Raamvallei. De opgave die het thema Boeiende Beekdalen zich stelt, is om bij te dragen aan de ontwikkeling van een flexibele en klimaat-robuste inrichting van beken en beekdalen met de hierbij behorende beheerstrategieën. Daarbij wordt ervaring met 'Building with Nature'-principes opgedaan. Bouwen met de natuur betekent meer ruimte laten voor en gebruikmaken van natuurlijke processen binnen de kaders die de gebruiksfuncties van de watergang bieden. De tussentijdse resultaten van deze studie zijn op 31-08-2017 gepresenteerd op een werksessie 'Inrichting Hooge Raam' te Cuijk.

Samenvatting

In de Raamvallei wordt het beekdal opnieuw ingericht. Hiervoor wordt door het Waterschap Aa en Maas, in samenwerking met gebiedspartijen, een Gebiedsplan 'Raamvallei' opgesteld. Doelen voor de Raamvallei zijn ruimte voor duurzame landbouw, in combinatie met voldoende en schoon water en ecologisch herstel van het beekstelsysteem. Een pijler van goede planvorming is gedegen inzicht in de hydrologische, (landschap)ecologische en morfologische werking van het stroomgebied en beekstelsysteem in het hele beekdal. Door inrichtingsmaatregelen (beter) aan te laten sluiten bij de natuurlijke condities en processen – Building with Nature (BwN) – zijn er mogelijk nieuwe oplossingen die goedkoper en duurzamer zijn dan traditionele oplossingen.

Dit project – dat gezien moet worden als een verkenning – heeft twee doelen:

- Een geomorfologische analyse uitvoeren van een aantal beken in de Raamvallei waarin potentiële en actuele morfologische processen in het beekstelsysteem beschreven worden, met onder andere aandacht voor erosie, sedimentatie en transport van zand en slib.
- Het identificeren van maatregelen die deze morfologische processen zodanig beïnvloeden dat het beekstelsysteem zich ontwikkelt in de richting van een referentiebeeld dat past bij de geomorfologische karakteristieken van het gebied.

Voor de geomorfologische analyse van de beken in de Raamvallei is de systematiek van het Handboek Geomorfologische beekherstel toegepast (Makaske & Maas, 2015). In deze methode, die werkt volgens een stappenplan, is achtereenvolgens de landschapsecologische en historische context van het systeem onderzocht, zijn de geomorfologische karakteristieken van de beeklopen in de actuele situatie en de referentiesituatie beschreven en zijn ten slotte BwN-maatregelen geïdentificeerd om de beek te ontwikkelen in de richting van de referentie.

Om de landschapsecologische context van de beekdalgronden die binnen het hydrologische beïnvloedingsgebied vanuit de beek gelegen zijn te kunnen beschrijven, is gebruikgemaakt van de indeling volgens 'De Landschapsleutel' (Kemmers et al., 2011; Delft et al., 2015). Dit is een werkwijze waarbij op basis van geomorfologie, bodem, overstromingsdynamiek en aanvullende informatie de landschapsecologische positie van een perceel of kaartvlak beoordeeld kan worden.

De landschapsecologische en geomorfologische analyse hebben geleid tot het opstellen van vier referentiebeelden voor de Raamvallei:

- Bovenstroomse kwelmoerassen en bronbeken
- Snelstromende terrasbeek met een zandbedding
- Kwelmoeras hellingvoet
- Moerasbeek in verlande restgeul

De geschetste referentiebeelden voor de Raamvallei staan niet onafhankelijk van elkaar, maar kunnen alleen in samenhang worden ontwikkeld. Met andere woorden: (bovenstroomse) kwelmoeras, snelstromende terrasbeek en moerasbeek in de benedenloop vormen een samenhangende referentie voor de Raamvallei. Om een dergelijke referentie op systeemniveau te realiseren, is een planproces nodig dat uitgaat van een visie op het gehele beekstelsysteem. Vanuit die visie op stroomgebiedsniveau kunnen bouwstenen worden geïdentificeerd voor beekherstel voor de verschillende beektrajecten (Wolfert et al., 2009). Per beektraject en bouwsteen kunnen vervolgens BwN-maatregelenpakketten worden samengesteld. De lijst in dit verkennende rapport is overigens niet uitputtend en wordt idealiter in het kader van programma Lumbricus verder uitgebreid en getoetst in veldexperimenten.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doelstelling

In de Raamvallei wordt het beekdal opnieuw ingericht. Hiervoor wordt door het Waterschap Aa en Maas, in samenwerking met gebiedspartijen, een Gebiedsplan 'Raamvallei' opgesteld. Doelen voor de Raamvallei zijn ruimte voor duurzame landbouw in combinatie met voldoende en schoon water en ecologisch herstel van het beekstelsel. Een pijler van goede planvorming is gedegen inzicht in de hydrologische- (landschaps)ecologische en morfologische werking van het stroomgebied en beekstelsel in het hele beekdal. Door inrichtingsmaatregelen (beter) aan te laten sluiten bij de natuurlijke condities en processen – Building with Nature (BwN) – zijn er mogelijk nieuwe oplossingen die goedkoper en duurzamer zijn dan traditionele oplossingen.

In dit kader is de Raamvallei door het waterschap Aa en Maas voorgedragen als een van de proeftuinen in het onderzoeksprogramma Lumbricus. Het programma Lumbricus zet in op een klimaat-robuste inrichting van het bodem- en watersysteem. Het Lumbricus deelprogramma Boeiende Beekdalen richt zich op het ontwikkelen van kennis over een optimale benutting van natuurlijke (morfologische) processen voor ontwikkeling en beheer van beken (en kleine rivieren), in de beken zelf en in de beekdalgronden die binnen het hydrologische beïnvloedingsgebied van de beek liggen. Boeiende Beekdalen wil bestaande kennis over bouwen met de natuur integreren en opschalen en de kennislacunes vullen met 'real life'-experimenten in de proeftuinen.

De geomorfologische systeemanalyse van de Raamvallei in dit rapport is onderdeel van het operationele plan Boeiende Beekdalen. De maatregelen die worden voorgesteld op basis van de resultaten van dit onderzoek vormen een uitgangspunt van het experimentele onderzoek in de vervolgfase van het Lumbricus-programma in proeftuin Raamvallei.

De twee doelen van dit verkennende project zijn:

1. Een geomorfologische analyse uitvoeren van een aantal beken in de Raamvallei waarin potentiële en actuele morfologische processen in het beekstelsel beschreven worden, met onder andere aandacht voor erosie, sedimentatie en transport van zand en slib.
2. Het identificeren van maatregelen die deze morfologische processen zodanig beïnvloeden dat het beekstelsel zich ontwikkelt in de richting van een referentiebeeld dat past bij de geomorfologische karakteristieken van het gebied.

1.2 Selectie van beken in de Raamvallei

Dit onderzoek richt zich op de volgende beeklopen in de Raamvallei:

- Graafsche Raam
- Lage Raam: benedenloop en middenloop
- Biestgraaf (bovenstrooms Laarakkerse waterleiding geheten)
- Hooge Raam
- Halsche Beek

We gebruiken wel de beschikbare en relevante informatie uit het gehele stroomgebied, maar de geomorfologische analyse beperkt zich tot deze beeklopen, die ook zijn weergegeven in Figuur 1-1.

Figuur 1-1 Kaart van de geselecteerde beken in de Raamvallei.

1.3 Geomorfologische beek-analyse: de methodiek

Voor de geomorfologische analyse van de beken in de Raamvallei passen we de systematiek van het Handboek Geomorfologische beekherstel toe (Makaske & Maas, 2015). In deze systematiek worden de volgende stappen onderscheiden:

1. Ruimtelijke oriëntatie op de landschappelijke en historische context van de geselecteerde beeklopen.
2. Voorspelling van het beekpatroon, de sedimentmobiliteit en de beddingvormen, passend bij de actuele condities of condities in de nabije toekomst (referentiebeeld) per beekloop.
3. Evaluatie van het geulpatroon aan de hand van een veldcheck.
4. Bepaling van de (ontwerp)dimensies voor geulen in een dynamisch evenwicht per beekloop.
5. Identificeren van maatregelen door de bestaande uitgangssituatie te vergelijken met patroon/dimensies van de beek in evenwicht en het referentiebeeld van het beekstelsel.

Bij de bespreking worden de stappen 2 en 4 tezamen genomen, omdat stap 4 direct gekoppeld is aan stap 2. Hierin worden alleen details herzien als stap 3, de veldcheck, daartoe aanleiding geeft.

1.3.1 Ruimtelijke Systeemanalyse Raamvallei en de geselecteerde beken

Op basis van bestaande (kaart)bronnen en beschikbare informatie bij het waterschap en bij Wageningen Environmental Research (Alterra) wordt een gebiedsanalyse van de Raamvallei gemaakt die is opgedeeld in drie categorieën, namelijk (1) de geomorfologische en historische context, (2) de context van de landschappelijk bodemkaart en (3) de betekenis van deze abiotische omstandigheden voor potentiële (semi-)terrestrische vegetatietypen.

In deze onderdelen wordt aandacht besteed aan de volgende aspecten:

- geologische, geomorfologische en bodemkundige situatie van de Raamvallei;
- (geo-)hydrologische situatie (grondwater, kwel), globale afvoerdynamiek gerelateerd aan inundaties;
- het (historisch) landgebruik in het stroomgebied;
- bestaande ecologische waarden in het stroomgebied;
- het oppervlaktewatersysteem.

Deze aspecten worden alleen beschreven voor zover ze van belang zijn voor de geomorfologische beek-analyses. Op basis van de eerste verkenning van deze informatie is de Raam ingedeeld in deeltrajecten, waarbinnen de landschappelijke condities vergelijkbaar zijn en die worden weergegeven in Figuur 1-1.

De analyses die per beek zullen volgen in de rest van dit rapport, zijn gebaseerd op deze basisinformatie en geven antwoord op de volgende vragen:

- het type beek in morfologische zin;
- morfologische landschappelijke setting van de beek; ingesneden beekdal of overstromingsvlakte; natuurlijk dimensies van het dal/vlakte en hoe worden deze begrensd;
- voorkomen van oude beddingen in relatie met historische morfodynamiek;
- de gelaagdheid en de samenstelling/textuur van het bodemmateriaal in (de ondergrond) van het beekdal (grond, zand, klei veen) en de invloed daarvan op de morfologie van de beek;
- de bodemtypen in het dal en de betekenis daarvan in morfologische/ecologische zin;
- invloed van grondwater/kwel/inundatie op de morfologie van de beek;
- invloed van de mens op de morfologische ontwikkeling van de beek.

1.3.2 Voorspelling van dimensies beekpatronen, sedimenttransport en bankvormen in dynamische evenwicht

De voorspelling van het geulpatroon geeft inzicht in de potenties voor morfologische processen in de actuele situatie of de nabije toekomst (na uitvoering van maatregelen) voor een beek die in een dynamisch evenwicht verkeert. Het geulpatroon is een schakel in de opstelling van het referentiebeeld of toetsing van bestaande referentiebeelden aan de geomorfologische mogelijkheden die het gebied biedt.

Het geulpatroon wordt voor de onderscheiden deeltrajecten voorspeld aan de hand van de positie in het stabiliteitsdiagram (Makaske & Maas, 2014). Het stabiliteitsdiagram geeft aan wanneer een beek actief meandert, vlechtend is of stabiel. Kleine veranderingen in de sturende factoren kunnen soms leiden tot een ander geultype. Voor een bepaling in het stabiliteitsdiagram is een aantal gegevens nodig: de geulvullende afvoer, het dalverhang en de korrelgrootte van het sediment in de beek.

Vervolgens wordt met de volgende formule het potentiële specifieke stromingsvermogen uitgerekend:

$$\omega_{pv} = \rho * g * Q * S_v / W_r \quad [1]$$

ρ = dichtheid van water: kg/m³

g = zwaartekrachtversnelling: m/s²

Q = dominante of geulvormende afvoer: m³/s

S_v = helling van dal of vlakte: m/km

W_r = breedte van de referentiegeul = $4,7 * \sqrt{Q}$ = m

ω_{pv} = potentieel specifiek stromingsvermogen: W/m²

De uitkomst hiervan wordt geplot in het stabiliteitsdiagram waarvan **Figuur 1-2** een voorbeeld weergeeft. De scheidlijnen tussen de velden zijn geen harde grenzen, maar moeten opgevat worden als het midden van een overgangszone en ondergrens voor het voorkomen van een bepaald geultype (Makaske & Maas, 2014).

Figuur 1-2 Stabiliteitsdiagram voor geulpatronen.

Daarnaast worden de diagrammen voor beddingvormen en bankvormen gebruikt (zie Figuur 2-9) en worden formules gebruikt om gegeven de geomorfologische en hydraulische situatie (afvoerdynamiek) de te verwachten geuldiepte en geulbreedte te berekenen. Deze breedte en diepte beschrijven de situatie van een geul in een dynamisch evenwicht. De breedte en diepte van de geul worden berekend met de volgende hydraulische geometrische relaties (Makaske en Maas, 2014):

Geulbreedte

$$W = a * Q^b \quad [2]$$

a = coëfficiënt:

b = coëfficiënt:

Q = geulvormende afvoer: (m³/s)

W = geulbreedte (m)

Coëfficiënt a is afhankelijk van de sedimentkarakteristieken en de oeverbegroeiing van de geul en ligt voor beken en rivieren met een zandige bedding tussen de 3,5 en 6,5. Gesteld kan worden dat geulen met onbegroeide oevers in zandig sediment het breedst zijn en dat grind in de bedding en dichtbegroeide en cohesieve oevers de geulbreedte beperken. Op basis van ervaringen van Van den Berg (1995) en Hobo (2006) is voor de beken met een zandige bedding en weinig cohesieve oevers de waarde van coëfficiënt a op 5 gesteld en voor de beken met een zandbedding met veen of kleiig sediment in de oevers op 4. De waarde voor coëfficiënt a bij grindige bedding varieert van 1,8 tot 4,33 (Makaske en Maas, 2014).

Uit onderzoek is gebleken dat de variatie in coëfficiënt b beperkt is en daarvoor meestal een vaste waarde van 0,5 wordt gehanteerd.

Geuldiepte (volgens Brownlie)

$$R = S^{-0,2542} * 0,3724 * D_{50} * Q^{0,6539} * \sigma_s^{0,1050} \quad [3]$$

S = geulgradiënt: m/km

Q* = dimensieloze afvoer = Q / (W * g^{0,5} * D₅₀^{1,5})

Q = afvoer: m³/s

W = geulbreedte: m

g = zwaartekrachtversnelling: m/s²

σ_s = sortering beddingmateriaal = $\frac{1}{2}(D_{50}/D_{16} + D_{84}/D_{50})$:
D₁₆ = 16 percentiel korrelgrootte (m)
D₅₀ = mediane korrelgrootte (m)
D₈₄ = 84 percentiel korrelgrootte (m)
R = hydraulische straal $\approx$ natuurlijke gemiddelde diepte: m

1.3.3 Evaluatie van de ruimtelijke systeemanalyse en voorspelde patronen in het veld

De in § 1.3.1 en 1.3.2 vastgestelde morfologische kenmerken van de onderscheiden beektrajecten op basis van bestaande bronnen en morfometrische modellen zijn vervolgens in het veld getoetst.

Tijdens de veldtoets waarbij alle beektrajecten zijn bezocht is aandacht besteed aan:

- zichtbare actuele morfologische processen (oevererosie, bedding vormen, bankvorming, sedimentatie van zand en slib);
- geulpatronen;
- terreinvormen gerelateerd aan morfodynamiek in het verleden;
- beddingsubstraat;
- kwel in de oeverzone;
- bodemgelaagdheid en textuur oeverzone;
- (extreme)vegetatieontwikkeling in de geul.

Met de gegevens uit de veldtoets is de morfologische typering uit fase 1.3.1 en 1.3.2 geëvalueerd en waar nodig aangepast. De veldtoets gaf geen aanleiding om de grenzen van de deeltrajecten aan te passen.

1.3.4 Maatregelen in het licht van referentiebeelden ten aanzien van de beken in de Raamvallei

In de laatste fase van het project worden in overleg met de opdrachtgever maatregelen vastgesteld die kunnen bijdragen aan het bereiken van het wensbeeld van het Waterschap Aa en Maas ten aanzien van de beken in de Raamvallei, in het licht van de resultaten van de gebiedsanalyse in dit onderzoek. Daarbij zijn de volgende twee vragen aan de orde:

- In hoeverre past het morfologische referentiebeeld bij het wensbeeld (of andersom) en is bijstelling van het wensbeeld gewenst, gegeven de abiotische karakteristieken van het gebied?
- Welke maatregelen kunnen genomen worden om de beek in de huidige situatie te bewegen richting het referentiebeeld?

2 Resultaten Raamvallei

2.1 Landschappelijke en historische context

2.1.1 Geo(morfo)logie en historische context

Figuur 2-1 Geomorfologische kaart van de Raamvallei-regio.

In Figuur 2-1 zijn de belangrijkste waterlopen in de Raamvallei-regio geprojecteerd op de geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000. De Raamvallei-regio valt uiteen in twee geo(morfo)logische landschappen: de Peelhorst in het zuidwesten (bruine tinten) en het rivierrassenlandschap van de Niersdal-Rijn en Maas in het noordoosten (groenblauwe tinten). De Peelhorst is van oorsprong ook een oud Maasterras, maar door afschuiving langs meerdere geologische breuken is dit deel van het aardoppervlak omhooggekomen (Figuur 2-3). Aan de westzijde (buiten het kaartbeeld) wordt de Peelhorst begrensd door de Peelrandbreuk en de Roerdalslenk. Een slenk is het relatief laaggelegen gebied dat bij hetzelfde tektonische proces naar beneden is gezakt. De breuk en de terreintrede van horst naar slenk vallen hier samen. Aan de oostzijde wordt de Peelhorst begrensd door de Venloslenk met daarin het Rijn-Maasdal. Hier valt de terreintrede van horst naar slenk niet samen met de breuk (breuk van Grave), maar ligt de breuk ca. 1,5 km ten oosten van de terreintrede. De verschuiving van de terreintrede ten opzichte van de breuk naar het westen is naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door eroderende werking van de Niersdalrijn en Maas. De relatief smalle doorgang tussen de stuwwal van Nijmegen en de Peelhorst heeft voor de vlechtende pleistocene rivieren als een flessenhals gewerkt. Als gevolg daarvan is de noordoostflank van de Peelhorst sterk geërodeerd (Figuur 2-2). Het maximale hoogteverschil aan maaiveld tussen de horst en de Venloslenk binnen het studiegebied bedraagt ca. 10 m.

Figuur 2-2 Dwarsprofiel door de oostelijke terreintrede van de Peelhorst naar het rivierengebied (Hoogma, 1979).

De Peelhorst bestaat aan maaiveld uit een pakket vroege en midden pleistocene afzettingen van de Maas, overwegend grof zand en grind met lokaal kleischollen (Formatie van Beegden). (zie Figuur 2-4

Geologisch dwarsprofiel door het studiegebied Raamvallei. De verticale lijnen geven de knikpunten in het dwarsprofiel weer en vallen globaal samen met het dal van de Hooge Raam (Dinoloket, 2016). Deze oude Maasafzettingen zijn lokaal bedekt met dekzand, sneeuwsmeltwaterafzettingen en stuifzand (Formatie van Boxtel). Onder de Maasafzettingen van de Formatie van Beegden liggen pre-pleistocene rivierafzettingen (zanden), behorend tot de formatie van Oosterhout en Peize/Waalre op afzettingen van de Formatie van Breda. De Formatie van Breda bestaat uit een 'ondiep mariene en in de kustzone gevormde afzettingen'. De textuur van deze afzettingen is:

- Zand, zeer fijn tot matig fijn siltig, glauconiet- en kalkhoudend;
- Klei, sterk zandig tot matig siltig;

Figuur 2-3 Ligging van de breuken (rode lijnen) en diepteligging in m +NAP van de top van de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Breda (Bron: REGIS II v2.1 uit: Watersysteemverkenning Raamvallei).

Door tektoniek langs verschillende breuken in de ondergrond ligt de top van de Formatie van Breda ter plaatse van de Hooge Raam relatief hoog in het profiel. Dit deel van de peelhorst wordt ook wel de horst van Mill genoemd (Hoogma, 1979).

Op flank van de Peelhorst naar de Venloslenk is door afstromend sneeuwmeltwater een aantal erosiedalen gevormd. Deze dalen zijn gedeeltelijk weer opgevuld met matig fijnzandige (beek)afzettingen en lokaal met veen. De Hooge Raam, Halsche Beek en Peelkanaal volgen de loop van deze dalen.

Verticale Doorsnede DGM v2.2

Hoogte t.o.v. NAP: -114

Figuur 2-4 Geologisch dwarsprofiel door het studiegebied Raamvallei. De verticale lijnen geven de knikpunten in het dwarsprofiel weer en vallen globaal samen met het dal van de Hooge Raam (Dinoloket, 2016).

Het rivierterrassenlandschap in de Venloslenk bestaat uit laat-pleistocene rivierafzettingen van de Rijn en Maas. Deze afzettingen worden gerekend tot de Formatie van Kreftenheye en bestaan voornamelijk uit matig grove tot grove rivierzanden. De formatie van Kreftenheye ligt hier op de oudere Maasafzettingen en de marine afzetting van de Formatie van Breda. Binnen het Kreftenheye rivierterras is een tweedeling aanwezig (zie Bijlage 1). Het oudste deel van het terras (Pleniglaciaal, Kreftenheye 4/5) grenst aan de Peelhorst en kenmerkt zich door het ontbreken van duidelijke restgeulen. De Lage Raam en St. Anthonisloop liggen in dit terras. Het terrasgedeelte waarin wel duidelijke restgeulen liggen, is in een latere fase gevormd (Laat Pleniglaciaal 'Laagterras' van de Niersdalrijn, Kreftenheye-5 Formatie). Naast de restgeulen treffen we hier ook langs de geulen rivierduinen aan en is er op de terrasvlakte oude rivierklei afgezet. De Biestgraaf volgt in zijn loop een aantal van de restgeulen in het terras evenals de Graafsche Raam.

In het Holoceen is op beide terrassen in het studiegebied jonge rivierklei afgezet (Formatie van Echteld). Tot 1942 maakt het rivierterras deel uit van de Beersche Overlaat (Figuur 2-5). Bij hoogwater op de Maas inundeerde het gebied, waarbij het water binnendijks via een systeem van binnendijkse overlaten werd afgevoerd en voorbij Den Bosch weer op de Maas werd geloosd. De restgeul die samenvalt met de Graafsche Raam is gedurende het Holoceen onder stagnante omstandigheden opgevuld met veen.

Figuur 2-5 Systeem van overlaten ten zuiden van de Maas. Aan de oostzijde (rechts) de Beersche Overlaat. Via een overlaat in de dijk tussen Linden en Gassel stroomde het water via de 40 km lange Beersch Maas naar Den Bosch (Bossche Broek). Ten westen van Den Bosch stroomde het water via de Baardwijkse overlaat naar de Amer/Biesbosch. Dorpspolder Escharen werd door dijk gevrijwaard van inundatie. Ook aan de oostzijde van de Lage Raam ligt een dijk die het gebied tussen de Lage Raam en Mill moest vrijhouden van inundatie.

2.1.2 Substraat

Voor voorspelling van het beekpatroon en de morfologische dimensies in evenwichtstoestand is het substraat van het bodemprofiel een belangrijke factor. Deze bepaalt de grofheid van het materiaal dat door de beek wordt getransporteerd, evenals de stabiliteit van de oever. Het bedding-/oeversubstraat is afgeleid uit de detailbodemkaart van het gebied (Bijlage 2). Met een overlay-procedure zijn de bodemgegevens gekoppeld aan de waterlopen in de Raamvallei (**Figuur 2-6**). In de legenda zijn twee aspecten van de bodem weergegeven: de textuur van de bodem en afwijkende aspecten in de bovengrond die van invloed kunnen zijn op de morfologie van de beek, zoals klei en ijzerrijke of humeuze lagen.

Legenda

Substraat

■	Klei
■	Matig fijn zand
■	Matig grof zand
■	Veen
■	Water
■	NB

Bovengrond

▬▬▬	Klei
⋯⋯⋯	Humeus zand
▬▬▬	IJzerrijk klei
⋈⋈⋈	IJzerrijk zand
▦▦▦	Zand

Figuur 2-6 Substraatkenmerken van de waterlopen in het studiegebied de Raamvallei.

Elke waterloop/traject heeft zijn eigen karakteristieke bedding-/oeversubstraat (Tabel 2-1). Lokaal kunnen er in de praktijk afwijkingen optreden als gevolg van de kaartschaal van de bodemkaart (1:25.000). Matig fijn zand heeft een textuur (M50) van 150-210 μm en matig grof zand een textuur (M50) van 210-420 μm . IJzerrijk zand in de bovengrond wordt lokaal aangetroffen in het dal van de Hooge Raam. IJzerrijke klei in de bovengrond komt op basis van de bodemkaart in de Raamvallei niet voor. Tijdens het veldwerk is ijzerrijke klei aangetroffen in het traject van de Graafse Raam (boring GR2).

Tabel 2-1 Substraat en bovengrond per waterloop/traject.

Waterloop	Traject	Substraat	Bovengrond
Graafsche Raam		veen	Klei (ijzerrijk)
Lage raam	Benedenloop	veen	klei
Lage raam	Middenloop	matig grof zand klei matig fijn zand	klei
Biestgraaf		klei matig fijn zand (lokaal)	klei
Hooge Raam	Benedenloop	matig fijn zand	klei
Hooge Raam	Middenloop	matig fijn zand	(humeus) zand
Halsche Beek	Middenloop	matig grof zand matig fijn zand	-
Halsche Beek	Benedenloop	matig fijn zand	-
St. Anthonisloop	Benedenloop	matig grof zand matig fijn zand	klei

2.1.3 Historische context

De waterlopen in de Raamvallei komen, met uitzondering van de bovenloop van de Biestgraaf (Laarakkerse waterleiding geheten) en de St. Anthonisloop in hun huidige toestand, voor op de topografische kaart van 1850. In de 17^e eeuw wordt de Raam al beschreven als Peelriviertje en ingezet om het gebied rond Grave te inunderen ter verdediging van de stad (<http://www.estersheem.nl/water/de-raam>).

De Hooge Raam en de Halsche Beek 'ontspringen' in 1850 beide in de Graspeel. De topografie van de Graspeel duidt op gemeenschappelijke weidegronden en uit het toponiem 'gras' valt af te leiden dat het waarschijnlijk om 'grazige' gronden ging, in tegenstelling tot heide op andere delen van de Peel. Ten zuidoosten van het dorp Zeeland was een deel van de Graspeel in 1850 al ontgonnen en waterde via de Hooge Raam af. Het dichte kavelpatroon is een indicatie dat het hier waarschijnlijk om een nat gebied ging. Het geulpatroon van de Hooge Raam was voornamelijk recht, met enkele slingerende trajecten ter hoogte van de Graspeel. Het gedeelte van de Hooge Raam op de flank van de Peelhorst (steil verhang) heeft een opvallend recht geulpatroon. Lokaal komen een paar bochten voor, die niet zonder meer kunnen worden gerelateerd aan een proces van meandering. Beplanting op de oever (bos, singels of houtwallen) kan lokaal de oever stabiliseren, waardoor de tegenovergestelde oever erodeert en er toch een bochtig patroon ontstaat. De Halsche Beek draineerde de oostzijde van de Graspeel en had een vrijwel recht geulpatroon. Uit de kaart valt niet af te leiden of de Hooge Raam en Halsche Beek gestuwd werden.

De Lage Raam ontspringt in 1850 in de Wanroijse Bergen op de Peelhorst. In de ruilverkaveling wordt de Raam naar het zuiden toe doorgetrokken om het Wanroijse Broek, een kwelgebied op het Maasterras tegen de flank van de Peelhorst, te ontwateren. Het gebied ten oosten van de Lage Raam was in 1850 nog grotendeels onontgonnen en als gemeenschappelijke weidegrond in gebruik. Het gebied ten westen van de Lage Raam was al wel ontgonnen in een dichtpatroon van opstreckende kavels. Het drainagewater uit dit gebied werd afgevoerd via de Lage Raam. Ter hoogte van de Boerderij Vogelshoek stroomde de Lage Raam samen met een waterloop die, wat de benedenloop betreft, samenvalt met de huidige Biestgraaf. Deze waterloop, een samenloop van andere watergangen, draineerde het deel van het terras ten zuidwesten van de weg van Grave naar Boxmeer. Op de kaart is zichtbaar dat naast de akkers en bewoning op de hogere terrasruggen, de laaggelegen natte restgeulen langzamerhand ook ontgonnen werden.

Vanaf de confluente van de Lage Raam met de latere Biestgraaf stroomde de Raam verder onder de naam Graafsche Raam. Het gebied waar de Graafsche Raam doorheen stroomt, was tot 1942 een cruciaal onderdeel in de Beersche Overlaat en daarom waarschijnlijk ook nog niet ontgonnen. Het water dat tussen Linden en Gassel over de dijk stroomde, werd via dit 'smalle dal', ten zuiden van Grave, afgevoerd richting Den Bosch.

Figuur 2-8 AHN-fragment middenloop van de Halsche Beek. Links de huidige beekloop en rechts patronen van een voormalig verlaten afwateringspatroon.

Figuur 2-9 Naar aanleiding van een grote overstroming in het najaar van 1966 wordt de Raam in 1967 verbreed, uitgediept en wat gekanaliseerd (bron: <http://www.estersheem.nl/water/de-raam>).

2.1.4 Actueel oppervlakte watersysteem

Alle waterlopen zijn gestuurd met meerdere stuwen. Hierdoor vindt er geen vrije afstroming van water en sediment plaats, behalve wellicht lokaal in de Hooge Raam en de Halsche Beek vanwege het grote verval. De motor achter natuurlijke morfologische processen in de geul, het transport van sediment door de geul, is daardoor (grotendeels) verstoord.

Figuur 2-10 Oppervlaktewatersysteem en stuwen.

2.1.5 Landschappelijke Bodemkaart

Om de landschapsecologische context van de beekdalgronden die binnen het hydrologische beïnvloedingsgebied vanuit de beek gelegen zijn te kunnen beschrijven, is gebruikgemaakt van de indeling volgens 'De Landschapsleutel' (Kemmers et al., 2011; Delft et al., 2015). Dit is een werkwijze waarbij op basis van geomorfologie, bodem, overstromingsdynamiek en aanvullende informatie de landschapsecologische positie van een perceel of kaartvlak beoordeeld kan worden. Hiervoor is voor Nederland een hiërarchische indeling gemaakt met op het hoogste niveau 6 Fysisch-Geografische Regio's: Hogere zandgronden (Hz), Laagveengebieden (Lv), Rivierengebied (Ri), Zeekleigebied (Zk), Duin- en kustzandgebied (Du) en Heuvelland (Hl). Hierbinnen worden 21 Fysisch-Geografische Secties, 67 Fysisch-Geografische Series en 128 Fysisch-Geografische Typen onderscheiden. Voor het laagste niveau, de FG-typen, is aangegeven welke vegetaties potentieel voor kunnen komen binnen dat type. Deze 'potentiële vegetaties' zijn aangegeven als plantengemeenschap op het niveau van associaties volgens de Vegetatie van Nederland (Schaminée et al., 1995a; Schaminée et al., 1995b; Schaminée et al., 1996; Schaminée et al., 1998; Stortelder et al., 1999). Deze beoordeling is gedaan op basis van het bodemtype (o.a. moedermateriaal en bodemvorming) en de ecohydrologische positie tijdens de bodemvorming (o.a. kwel of infiltratie). Afhankelijk van de actuele abiotische condities (vochttoestand, zuurgraad, voedselrijkdom, overstromingsfrequentie etc.) kan getoetst worden of een standplaats (deel van een perceel, kaartvlak) geschikt is voor een of meer van deze potentiële vegetaties. Hiervoor worden deze condities vergeleken met de abiotische randvoorwaarden uit Waterlood (Runhaar en Hennekens, 2014).

Legenda

Beeklopen selectie

Dijken

Fysisch-Geografische series Hogere zandgronden

HzG Glaciale gebieden

HzGP Puinwaaiers en leemarme stuwwallen

HzS Stuifzandgebieden

HzSD Landduinen

HzSL Uitgestoven laagten

HzD Dekzandgebieden

HzDA Leemarme droge dekzandgebieden

HzDV Vochtige dekzandlaagten

HzB Beekdalen

HzBB Brongebieden

HzBN Natte en verdroogde beekdalen, inclusief droogdalen

HzO Oude bouwlanden

HzOZ Zwarte eerdgronden

HzOB Bruine eerdgronden

HzOL Lage eerdgronden

Fysisch-Geografische series Rivierengebied

RiL Laaglandrivieren

RiLS Stroombedding Laaglandrivier

RiLW Waarden (binnendijs)

RiT Ingesneden rivieren met terrassen

RiTS Stroombedding ingesneden rivier

RiTTP Pleistocene rivierterrassen

RiTTPg Pleistocene rivierterrassen; Geulen

RiTPr Pleistocene rivierterrassen; Ruggen en koppen

Figuur 2-11 Landschappelijke bodemkaart op het niveau van Fysisch-Geografische series.

Door gebruik te maken van geomorfologische en bodemkaarten kan de landschapsecologische indeling van de Landschapsleutel ook ruimtelijk worden weergegeven in een 'Landschappelijke Bodemkaart'. In Figuur 2-11 is voor het studiegebied een dergelijke kaart gemaakt op het niveau van FG-series. Hierbij is gebruikgemaakt van de Geomorfologische Kaart Nederland (zie Figuur 2-1), de detailbodemkaarten voor de ruilverkaveling Land van Cuyk (Kleinsman et al., 1972; Leenders en Zegers, 1974) en Graspeel (Dekkers, 1997) en voor de ontbrekende delen de Bodemkaart van Nederland, schaal

1 : 50.000 (Bodemkartering 1976). In Bijlage 1 zijn de gebruikte kaarten weergegeven. De op de Peelhorst, enkele pleistocene opduikingen in het Maasdal en de stuwwal bij Mook gelegen gronden worden tot de Hogere zandgronden gerekend, de rest bij het Rivierengebied. Voor de Raamvallei zijn op de Hogere zandgronden de FG-secties 'Dekzandgebieden' (HzD), 'Beekdalen' (HzB) en 'Oude bouwlanden' (HzO) het relevantst, binnen het rivierengebied valt de hele Raamvallei onder de FG-sectie 'Ingesneden rivieren met terrassen' (RiT).

Fysisch-Geografische Series

Als bron voor de Hooge Raam, Halsche Beek en het Peelkanaal kan de FG-serie 'Brongebieden' (HzBB) in Graspeel aangeduid worden. Dit komt overeen met de beekerdgronden (pZg..) die hier zijn ontstaan onder invloed van ijzerrijke kwel vanaf de hogere delen van de Peelhorst. Neerslagwater dat op de hogere delen (op de Peelhorst) infiltreert, wordt in de ondergrond 'verrijkt' met mineralen die oplossen uit de afzettingen waar het water doorheen stroomt. Het gaat daarbij onder andere om calcium en ijzer. Als dit water in de lagere delen (zoals de Graspeel) als kwelwater weer aan het oppervlak komt, slaan de mineralen, onder invloed van toetredend zuurstof, weer neer waarbij ijzer herkenbaar is aan de roestvlekken in de bodem. Bij een langdurige en sterke aanvoer van ijzerrijk kwelwater kunnen ook zogenaamde 'ijzerconcreties' ofwel 'ijzeroer' gevormd worden. Beekerdgronden worden gekenmerkt door een sterk roestige of ijzerrijke minerale eerdlaag (humushoudende bovengrond) en zijn daarmee een goede indicator voor kwel tijdens de bodemvorming. Of dergelijke kwel nog steeds voorkomt, hangt af van de actuele hydrologische situatie. Het voorkomen van beekerdgronden in de Graspeel is dus een sterke aanwijzing voor de aanwezigheid van kwel in de historische situatie. Vanuit dit kwelgebied vloeide uittredend kwelwater via kleine stroompjes naar de bovenlopen van deze beken. Kwel wordt nog steeds waargenomen (Figuur 2-12), maar wordt nu via diepe sloten afgevoerd.

Vanuit de brongebieden zijn de beekdalen herkenbaar (FG-serie HzBN – Natte en verdroogde beekdalen, inclusief droogdalen). Lokaal stromen de beken door FG-serie 'Vochtige dekzandlaagten' (HzDV); waarschijnlijk betreft dit gegraven trajecten. Langs de flanken van de beekdalen zijn 'Lage eerdgronden' (HzOL) onderscheiden. Dat betreft voormalige beekdalgronden die vanaf de Middeleeuwen zijn opgehoogd om ze geschikt te maken voor akkerbouw.

Figuur 2-12 *IJzerneerslag op de bodem en kwelfilm tussen de vegetatie in de bovenloop van de Hooge Raam bij de Logtschedijk.*

Het lager gelegen deel van de raamvallei dat op het Maasterras ligt, wordt volgens de oorspronkelijke indeling van de Landschapsleutel (Kemmers et al., 2011) gerekend tot de FG-serie 'Pleistocene rivierterrassen' (RiTP). Omdat deze indeling op dit niveau te weinig gedifferentieerd is om goed onderscheid te maken tussen de lagere delen waar de natuurlijke afwatering gebruik van maakt en de hogere delen, zijn binnen deze serie de geulen (RiTPg) en de ruggen en koppen (RiTPr) apart onderscheiden – voor zover dat mogelijk was – op basis van het gebruikte kaartmateriaal. De oorspronkelijke afwatering van het Maasterras zal plaatsgevonden hebben via de geulen. Een belangrijk deel van de huidige waterlopen is gegraven, waarbij ook ruggen en koppen zijn doorsneden.

Fysisch-Geografische Typen

Op het laagste niveau van de indeling van de Landschapsleutel zijn de beekdalgronden, die binnen het hydrologische beïnvloedingsgebied vanuit de beek gelegen zijn, ingedeeld bij Fysisch-Geografische typen. In de factsheets per beekloop zijn deze op kaart weergegeven in Figuur 3-1, Figuur 3-2, Figuur 3-5 en Figuur 3-6/ De voorkomende FG-typen zijn samengevat in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Fysisch-Geografische typen in de beekdalgronden van de Raamvallei, gegroepeerd per FG-serie.

Fysisch-Geografisch Type	Fysisch-Geografische serie				
	HzBB	HzBN	HzOL	RiTP	RiTPg
PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel	+++	+++		-	-
PS016 Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel	++				
PS017 Lithotrofe veengrond met matige regionale kwel	+				
PS004 Atmotrofe droge basenarme zandgronden		-			
PS005 Droge mineraalrijke zandgronden		++			
PS011 Atmotrofe vochtige zandgronden		++			-
PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater		++		-	
PS018 Lithotrofe veengrond met matige regionale kwel met zanddek		+			
PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden				+++	+++
PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (kalkarm)				++	-
PS037C Binnendijkse zavel- en lichte kleigronden (kalkarm)				-	++
PS038C Komgronden (kalkarm)				-	++
PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden					+
PS026 Zoet en zwak brak verlandingsveen					-
PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)				-	-
PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)				-	-
PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)			+++	+	-
PS110 Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel				++	++
PS111 Hoge zandgronden met een zwart bouwlanddek					-
PS112 Hoge zandgronden met een bruin bouwlanddek					-

Namen Fysisch-Geografische series	Verklaring codes
HzBB Brongebieden	+++ Dominant binnen de FG-serie
HzBN Natte en verdroogde beekdalen, inclusief droogdalen	++ Subdominant binnen de FG-serie
HzOL Lage eerdgronden	+ Komt voor binnen de FG-serie
RiTP Pleistocene rivierterrassen	- Incidenteel binnen de FG-serie
RiTPg Pleistocene rivierterrassen; Geulen	

PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel

Het Fysisch-Geografisch type PS013 'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' komt overeen met de bodemeenheid beekkeerdgronden (pZg..) en komt voor op locaties waar ijzerhoudende kwel voorkomt in zandig moedermateriaal, of voorkwam tijdens de bodemvorming. Door in het kwelwater opgeloste stoffen als calcium en bicarbonaat wordt de zuurgraad van de bodem gebufferd. Omdat het uittredende water oppervlakkig afstroomt, vindt hierbij geen veenvorming plaats. De vochtige, goed gebufferde bodem heeft een actief bodemleven, waardoor organisch materiaal snel wordt afgebroken en door regenwormen gehomogeniseerd wordt in de bovenste decimeters (Van Delft & Kemmers, 2002; Van Delft et al., 2006). Hierdoor ontstaat een mesotrofe standplaats voor de natuurlijke vegetatie.

Figuur 2-13 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel (PS013) langs de Hooge Raam binnen FG-serie HzBN (Natte en verdroogde beekdalen). Rechts het bodemprofiel in boring 4 (locatie HR4 in **Figuur 2-1**): de boorkernen zijn per 10 cm uitgelegd, van rechtsboven (0 cm -mv.) tot linksonder (120 cm -mv.).

'Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel' (PS013) is het dominante FG-type binnen de FG-series HzBB 'Brongebieden' in de Graspel en HzBN 'Natte en verdroogde beekdalen, inclusief droogdalen' in de dalen van de Hooge Raam en de Halsche Beek (zie Tabel 2-2 en Figuur 3-2). Als gevolg van diepe ontwatering komt in de meeste gronden met deze eenheid geen kwel meer voor in maaiveld en zijn de grondwaterstanden dieper dan tijdens de bodemvorming, waardoor minder aanvulling van de zuurbuffer plaatsvindt en deze gronden droger en zuurder zijn dan in de referentiesituatie.

PS016 Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel

PS017 Lithotrofe veengrond met matige regionale kwel

In kwelrijke situaties waar de aanvoer van kwelwater zeer groot is en/of het reliëf oppervlakkige afstroming beperkt, ontstaan permanent natte situaties waarin kwelwater op het maaiveld stagneert. Hierdoor wordt het bodemleven beperkt tot bacteriën die zonder zuurstof organisch materiaal kunnen afbreken (anaerobe afbraak). Hierdoor hoopt organisch materiaal zich op en vindt veenvorming plaats. Afhankelijk van de dikte van dit veenpakket worden op de bodemkaart moerige eerdgronden (vWz, zWz; <40 cm) of veengronden (aVz; > 40 cm) onderscheiden. De moerige eerdgronden rekenen wij bij PS016, de veengronden bij PS017.

In de Raamvallei komen deze FG-typen voor in de bovenloop van het Peelkanaal. Als gevolg van ontwatering zijn deze gronden vaak verdroogd en vindt geen actieve veenvorming meer plaats. Verdroging kan ook leiden tot afbraak van het veen en mineralisatie van de daarin opgeslagen nutriënten (stikstof en fosfaat).

Figuur 2-14 Voorbeeld van een Dotterbloemhooiland op een 'Lithotrofe veengrond met matige regionale kwel' (PS017) in het Reestdal.

PS011 Atmotrofe vochtige zandgronden

Hoger in de gradiënt binnen de beekdalen, waar geen kwel optreedt, overheerst infiltratie van neerslagwater de bodemvorming. Samen met humuszuren, ijzer en aluminium spoelen hier basische kationen uit, waardoor de zuurbuffer laag is en onder natuurlijke omstandigheden een zure bodem ontstaat. Activiteit van het bodemleven is hier beperkt tot mesofauna (springstaarten, mijten) of tot schimmels (Van Delft et al., 2006). Afbraak van organisch materiaal verloopt traag en er vindt stapeling van organisch materiaal plaats in een strooisellaag of in wortelmatten waaruit nutriënten slechts langzaam beschikbaar komen voor de vegetatie. Het bodemtype komt overeen met de veldpodzolgronden (Hn..) op de bodemkaart. De natuurlijke vegetatie bestaat uit arm bos of heide.

Figuur 2-15 Voorbeeld van een heidevegetatie op een 'Atmotrofe vochtige zandgrond' (PS011) in Groot Zandbrink (Gelderland).

In de Raamvallei wordt dit FG-type aangetroffen langs de flanken van de beekdalen (HzBN) van Hooge Raam en Halsche Beek.

PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater

In het overgangsgebied tussen de infiltratiezone en de kwelgebieden in een beekdal vindt vooral horizontale (laterale) grondwaterstroming plaats. Omdat het water over vrij korte afstand verplaatst wordt en niet in aanraking komt met kalkhoudende afzettingen in de ondergrond, bevat het minder ijzer en calcium dan het kwelwater bij PS013, maar het is minder zuur dan het neerslagwater bij PS011. De bodems zijn vochtig en zwak gebufferd, waardoor een vrij actief bodemleven kan voorkomen, maar minder dan bij PS013. Het overeenkomende bodemtype is de gooreerdgrond (pZn..). In de Raamvallei wordt dit FG-type hier en daar aangetroffen in het beekdal van de Hooge Raam.

Figuur 2-16 Voorbeeld van een hooiland op een 'Minerotrofe zandgrond met lateraal toestromend zacht grondwater' (PS012) in het Rode Goor bij Oud Turnhout (B).

PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)

In veel beekdalen (vooral in Noord-Brabant) zijn in de Middeleeuwen natte delen van het beekdal opgehoogd om er akkerbouw op te kunnen bedrijven. Dat was nodig vanwege de snel groeiende steden in Noord-Brabant en Vlaanderen (Stiboka 1976; Jongmans et al., 2012). Hierdoor ontstonden de zgn. lage enkeerdgronden (EZg..) die in de systematiek van de Landschapsleutel worden aangeduid als 'Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)' (PS113). In de Raamvallei wordt dit FG-type aangetroffen in de beekdalen (HzBN) van de Hooge Raam en Halsche Beek, maar ook op de 'Pleistocene rivierterrassen' (RITP) langs de Lage Raam, Biestgraaf en Laarakkerse Watergang.

Figuur 2-17 'Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)' (PS113) langs de Hooge Raam bij de Zandvoortsestraat.

PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden

Het belangrijkste FG-type in de pleistocene rivierterrassen (RiTP) zijn de 'Matig basenarme Oude rivierkleigronden' (PS040). Deze bestaan overwegend uit zavel en lichte klei. Omdat het oude kleiafzettingen zijn, zijn zij arm aan basen en hebben daardoor een geringere zuurbuffer dan jonge kleigronden. De Biestgraaf/Laarakkerse Watergang en in mindere mate de Lage Raam volgen van nature de geulen in het pleistocene rivierterras (RiTPg).

Figuur 2-18 De Biestgraaf/Laarakkerse Waterleiding stroomt grotendeels door 'Matig basenarme Oude rivierkleigronden' (PS040) in de geulen van 'Pleistocene rivierterrassen' (RiTPg).

PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (kalkarm)

PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)

PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)

Langs de zuidrand van het pleistocene rivierterras (RiTP) is het kleipakket op het onderliggende (grove) zand dunner dan meer naar het noorden of ontbreekt plaatselijk. Het betreft hier resten van een ouder terras dat door erosie deels is verdwenen (zie § 2.1). De grootste oppervlakte wordt

ingenomen door '(Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)' (PS036C). Waar dit kleidek ontbreekt, wordt – afhankelijk van de zandgrofheid – PS034C of PS035C onderscheiden. Omdat deze zone in de nabijheid van de hoger gelegen Peelhorst ligt en de ondergrond uit (deels grof) zand bestaat, komt hier relatief veel kwel voor. De Lage Raam ontwatert deze kwelzone.

In dit gebied komen ook vrij veel oude bouwlanden voor. Waar deze in een kleibovengrond ontwikkeld zijn, worden zij gerekend tot PS110 'Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel', waar de klei ontbreekt tot PS113 'Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)'.

Figuur 2-19 Afgegraven oever van de Lage Raam bij de Vissteeg met 'Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)' (PS035C). Dit FG-type is hier door afgraven van het kleidek ontstaan uit PS036C '(Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)'. Rechts het bodemprofiel in boring 5 (locatie LR3 in **Figuur 2-18**): de boorkernen zijn per 10 cm uitgelegd, van rechtsboven (0 cm –mv.) tot linksonder (120 cm –mv.).

PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden

Een deel van de oude geulen in het pleistocene rivierterras (RiTPg) is na het verleggen van de rivier verland en dichtgegroeid met veen. In latere fasen van de terrasvorming is hier weer klei overheen afgezet, waardoor deze veengronden een kleidek hebben gekregen (kVz op de bodemkaart). De Graafse Raam stroomt voor een groot deel door een dergelijke geul.

Figuur 2-20 Voorbeeld van een 'Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengrond' (PS027) in een veenweidegebied bij Muggenbeet (Ov).

2.1.6 Potentiële (semi)terrestrische vegetatie

In de Landschapsleutel (Kemmers et al., 2011) wordt per Fysisch-Geografisch type (in de versie van 2011 'Primaire Standplaats' geheten) een aantal potentiële vegetaties genoemd die op een dergelijke standplaats voor zouden komen, afhankelijk van het beheer en de actuele standplaatscondities, zoals vochttoestand (GVG, GLG, Droogtestress), zuurgraad, voedselrijkdom, overstromingsregime en saliniteit. Hierbij worden vier structuurtypen (successiefasen) onderscheiden die samenhangen met de vegetatieontwikkeling onder invloed van beheer.

Op jonge bodems die recentelijk zijn afgezet of waar de successie is teruggezet door natuurontwikkeling (plaggen, afgraven) zullen zich eerst pioniersoorten vestigen. Dat wordt aangegeven met de vegetatietypen onder de 'pionierfase'. Hierbij kan het voorkomen dat door afgraven een FG-type overgaat in een ander, zoals PS036C '(Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)', dat na afgraven van het kleidek overgaat in PS035C 'Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)' (zie Figuur 2-19). Dat heeft uiteraard ook gevolgen voor de verdere vegetatieontwikkeling op zo'n locatie.

De ontwikkeling na de pionierfase is afhankelijk van het beheer. Bij een graslandbeheer door maaien en/of intensief begrazen, zal de graslandfase een voorlopige eindfase zijn, zolang het beheer gehandhaafd blijft. Daarvoor zijn de potentiële vegetaties aangegeven bij 'graslandfase'. Ook heidevegetaties, die weliswaar geen graslandbeheer kennen, worden tot de graslandfase gerekend. Hier is immers ook altijd actief beheer noodzakelijk om struweel en bosvorming tegen te gaan.

Zonder graslandbeheer zullen de meeste vegetaties via een struweelfase overgaan in een bosfase, tenzij andere factoren als klimaat, zout, extreem hoog grondwater of overstroming de ontwikkeling van struweel of bos onmogelijk maken.

In Bijlage 4 is een overzicht opgenomen van de potentiële vegetaties die volgens de Landschapsleutel verwacht kunnen worden op de in het studiegebied onderscheiden Fysisch-Geografische typen.

Dit overzicht van potentiële vegetaties geeft een denkrichting aan voor de referentiebeelden van de ontwikkeling van de natuur langs de beken. Of deze vegetaties tot ontwikkeling komen en welke dat dan zijn op verschillende locaties, hangt onder andere af van de mate waarin de actuele abiotische condities overeenkomen met de abiotische randvoorwaarden waaraan voldaan moet worden om deze vegetaties tot ontwikkeling te laten komen. Dat is mogelijk door o.a. het grondwaterregime en de voedselrijkdom van de bodems te beoordelen (zie o.a. Van Delft et al., 2012; De Waal & Van Delft,

2014; Van Delft, 2014; Van Delft & De Waal, 2015). Hierbij worden de actuele condities vergeleken met abiotische randvoorwaarden in Waternood (Runhaar & Hennekens, 2014).

Een dergelijke analyse past niet in het huidige onderzoek, maar kan wel meer inzicht geven in de mogelijkheden en knelpunten voor de natuur langs de beken in de Raamvallei. Vaak vastgestelde knelpunten die ook in de Raamvallei zullen spelen, zijn:

- Te lage grondwaterstanden (GVG en/of GLG): door de drainerende werking van de beken of ontwatering in het algemeen. Dat kan ook tot uiting komen in de factor droogtestress die bepaald wordt door GLG in combinatie met bodemtype.
- Onjuiste overstromingsdynamiek: in benedenlopen van de beken kunnen potentiële vegetaties aangegeven worden die gebaat zijn bij een zekere mate van inundatie, zoals dotterbloemhooilanden (16AB04 - Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid), terwijl andere vegetaties als Blauwgrasland (16Aa01) weinig inundatie verdraagt.
- Te weinig kwel in maaiveld: kenmerkend voor beekdalen is het voorkomen van kwel. Door allerlei hydrologische veranderingen kan de regionale kwel zijn afgenomen, maar ook waar nog kwel voorkomt, bereikt dat niet altijd het maaiveld, omdat de kwelstroom wordt afgebogen naar diepe sloten die het gebied ontwateren.
- Te hoge voedselrijkdom: als gevolg van (voormalig) landbouwkundig gebruik kunnen in de bodem grote hoeveelheden meststoffen geaccumuleerd zijn, waardoor de voedselrijkdom te groot is voor de potentiële vegetatietypen die vaak aan minder voedselrijke standplaatsen gebonden zijn. Vooral fosfaat kan een langdurig probleem opleveren, omdat dit sterk gebonden wordt in de bodem, waardoor het niet snel zal uitspoelen of anderszins uit de bodem verdwijnen.

2.2 Beekpatronen, sedimenttransport en bankvorming in de Raamvallei

In Tabel 2-5 zijn de morfologische karakteristieken van de beeklopen samengevat. De informatie in de kolom 'patroon' is een weergave van de positie in het stabiliteitsdiagram voor geulpatronen (Figuur 2-21). In de kolommen beddingmorfologie en bankvorming staan twee zichtbare kenmerken die samenhangen met transport van beddingmateriaal in de geul. Deze resultaten zijn afgeleid uit de stabiliteitsdiagrammen voor beddingvormen en banktypen (Figuur 2-22). Voor alle waterlopen geldt dat er onder geulvullende omstandigheden in de evenwichtssituatie voldoende stromingsenergie is voor transport van beddingmateriaal ($D_{50}=218\text{ }\mu\text{m}$), zichtbaar in het voorkomen van stroomribbels (Figuur 2-23) op de beddingbodem (veld R in Figuur 2-9). De Hoge Raam-plot in deze diagram op de grens met veld D, betekent dat er ook voldoende energie is voor de vorming van lage duinen. Banken in de geul kunnen in de waterlopen in de Raamvallei alleen gevormd worden in de Hoge Raam en in de middenloop van de Halsche Beek (veld C). In de andere waterlopen wordt de bankvorming onderdrukt (veld D). In Figuur 2-24 en Figuur 2-25 wordt van beide bankvormen een voorbeeld gegeven.

Tabel 2-5 en 2-4 zijn de invoergegevens en de resultaten weergegeven van de bepaling van het geultype en de dimensies van de beek in een evenwichtssituatie (zie paragraaf methode 1.3). De uitkomsten van deze analyse moeten gezien worden als indicatief voor de morfologische ontwikkelingsrichting van de onderzochte beken in een geheel natuurlijke setting en gegeven de actuele afvoerdynamiek. Dit geldt met name ook voor berekende dimensies (breedte en diepte) van de geul. Een meer natuurlijke inrichting en beheer van het stroomgebied van de beek beekdalbreed heeft invloed op de afvoerdynamiek van de beek. Het 'flashy' karakter van de afvoer zal worden gedempt, waardoor zich ook een nieuw morfologisch evenwicht zal instellen met andere (kleinere) geuldimensies.

2.2.1 Geultype

Het dalverhang, de dominante afvoer en de mediane korrelgrootte van het beddingmateriaal zijn de factoren die het geultype in evenwicht bepalen. Het dalverhang per waterloop is afgeleid van de

maaiveld-lengteprofielen uit *Engel & Herpen* (2016, § 4). Voor de bepaling van de dominante of geulvullende afvoer zijn de debietgegevens in Tabel 8 uit dezelfde rapportage gebruikt. De geulvullende afvoer is gelijkgesteld aan een afvoer bij T1, de gemiddeld jaarlijkse piekafvoer. Deze afvoer wordt gezien als een goede benadering van de geulvullende afvoer die statistisch een herhalingstijd heeft van 1,58 jaar. Voor de mediane korrelgrootteverdeling van het beddingmateriaal (D50) is gebruikgemaakt van de analysegegevens van een beddingmonster uit Hoge Raam (door Eekhout (2014)). De D50 van dit monster is bepaald op 218 µm. De bodemkaart classificeert de bodem op de locatie van het monster als matig fijn zand (150-210). Door uitspoeling van fijn materiaal door stromend water is de textuur van het beddingsediment vaak iets grover dan die van het omliggende bodemmateriaal. De breedte van de referentiegeul(W) in de formule van het specifieke stromingsvermogen, is gedefinieerd als $W_r = 4.7\sqrt{Q}$, voor geulen met zandig beddingmateriaal.

In de Halsche Beek en de Hoge Raam wordt lokaal grof zand en grindrijkmateriaal aangetroffen. Om te verkennen wat het effect hiervan op het geultype is voor de Hoge Raam en de Halsche Beek, is het specifieke stroomvermogen ook weergegeven bij een textuur van 420 µm (bovengrens van de textuurklasse matig grof zand; 210-420 µm).

Tabel 2-3 Morfologische kengetallen van de waterlopen in de Raamvallei.

Waterloop	Traject	Dal- verhang	Bedding- verhang	Q _{bf} (T1)	ω _{pv}	D50
		(m/m)	(m/km)	(m³/sec.)	W/m²	(m)
Graafsche Raam		0,00020	0,065	11,151	1,391197	0,000218
Lage raam	Benedenloop	0,00028	0,43	4,500 ¹	1,237274	0,000218
Lage raam	Middenloop	0,00028	0,45	2,308	0,886090	0,000218
Biestgraaf		0,00032	0,35	1,143	0,712648	0,000218
Hooge Raam ²	Middenloop	0,00175	1,8	1,801	4,892114	0,000218
Hooge Raam	Middenloop	0,00175	1,8	1,604	4,616809	0,000218
Halsche Beek	Middenloop	0,00390	1,7	0,197	3,605782	0,000218
Halsche Beek	Benedenloop	0,00110	1,7	0,197	1,017015	0,000218
St. Anthonis-loop	Benedenloop	0,00035	0,3	4,905	1,614690	0,000218

¹ Mondelinge mededeling P. van Santen.

² De Hoge Raam heeft over het grootste deel van de lengte een dalverhang van 1,75 m/km. De bovenloop van de Hoge Raam (Graspeelloop) heeft een verhang van ca. 0,7 m/km en ook de benedenloop, daar waar de Hoge Raam uitmondt in de Graafsche Raam, is veel vlakker. Beide delen zijn in deze analyse buiten beschouwing gelaten. Wel is gerekend met twee verschillende afvoeren op basis van gegevens van twee debietmeters in de Hoge Raam (bovenstrooms en benedenstrooms van de middelloop).

Van de waterlopen in de Raamvallei vallen de Hoge Raam en het deel van de Halsche Beek met een dalverhang van 3,9 m/km in het stabiliteitsdiagram (Figuur 2-21) in het bereik van de meanderende geulen met banken (scrolls). Door het proces van aanwas in de binnenbocht van de geul en erosie van de buitenbocht te verplaatsen, 'meanderen' de bochten door het landschap. De Graafsche Raam, de Lage Raam, de Biestgraaf en de St. Anthonisloop vallen in het stabiliteitsdiagram binnen het bereik van de lateraal stabiele geulen, geulen met weinig stromingsenergie die in de loop van de tijd weinig morfologische veranderingen ondergaan.

Voor de Hoge Raam en de Halsche Beek is in figuur 2-21 ook weergegeven wat het effect is van grofzandig beddingmateriaal op de geulmorfologie. De stromingsenergie van de Hoge Raam is voldoende om ook in de situatie van grof zandig beddingmateriaal binnen het bereik van meanderende geulen met banken te vallen. De Halsche Beek beweegt zich naar de grens met het lateraal stabiele bereik in de figuur. Dat betekent dat naarmate het beddingmateriaal de Halsche Beek grover wordt, dit zal leiden tot een stabielere geultype.

Figuur 2-21 Voorspelling geulpatroon waterlopen Raamvallei bij een mediane korrelgrootte van het beddingsediment van 218 μm . Voor de Hooge Raam en de Lage Raam zijn de posities bepaald voor twee afvoeren, en voor de Halsche Beek voor twee dalverhanglijnen. Voor de Hooge Raam en de Halsche Beek zijn ook de posities weergegeven bij een mediane korrelgrootte van het beddingsediment van 420 μm .

2.2.2 Geulbreedte en geuldiepte in een evenwichtssituatie

In Tabel 2-4 is een inschatting gegeven van de geulbreedte en -diepte in een morfologische evenwichtssituatie, berekend op basis van de dominante afvoer (§ 1.3). De geulbreedte is gedefinieerd als de breedte van de geul bij een geulvullende afvoer, en is daarmee gelijk aan de bovenbreedte van de geul. In de berekening van de geulbreedte is rekening gehouden met de stabiliteit van het oevermateriaal. Voor de geulen in zandig materiaal is een andere waarde voor coëfficiënt a gehanteerd dan in de geulen met veen en/of klei in de oever. Voor de beken met een zandige bedding en weinig cohesieve oevers (Hooge Raam, Halsche Beek en St. Anthonisloop) is de waarde van coëfficiënt a gesteld op 5 en voor de Graafsche Raam, Lage Raam en Biestgraaf, beken met een zandbedding met veen of kleiig sediment in de oevers op 4 (§ 1.3). De geuldiepte is berekend met de formule van Brownli (§ 1.3) en geldt voor de berekende evenwichtsbreedte. De laatste twee kolommen van Tabel 2-4 geven de breedte-diepteverhouding (W/D) en de Shields-parameter (θ) weer. De Shields-parameter beschrijft de verhouding tussen de hydraulische kracht van het water en de weerstand van het sediment. Als een kritische waarde, afhankelijk van de korreldiameter van het beddingsediment, wordt overschreden, komt het beddingsediment in beweging (Makaske en Maas, 2015, pag.73).

Tabel 2-4 Geulbreedte en geuldiepte in een evenwichtssituatie.

Beekloop	Traject	Q_{bf} (T1) (m ³ /sec.)	a (°)	Breedte (W) (m)	Diepte (D) (m)	W/D (°)	θ
Graafsche Raam		11,151	4	13,4	1,34	10,0	0,7
Lage raam	Benedenloop	4,500	4	8,5	0,91	9,3	0,7
Lage raam	Middenloop	2,308	4	6,1	0,73	8,3	0,6
Biestgraaf		1,143	4	4,3	0,56	7,6	0,5
Hooge Raam	Middenloop	1,801	5	6,7	0,37	18,3	1,8
Hooge Raam	Middenloop	1,604	5	6,3	0,40	15,9	1,9
Halsche Beek	Middenloop	0,197	5	2,2	0,15	14,7	1,6
Halsche Beek	Benedenloop	0,197	5	2,2	0,20	11,1	0,6
St. Anthonisloop	Benedenloop	4,905	5	11,1	0,77	14,4	0,7

2.2.3 Beddingmorphologie en bankvorming

In Tabel 2-5 zijn de morfologische karakteristieken van de beeklopen samengevat. De informatie in de kolom 'patroon' is een weergave van de positie in het stabiliteitsdiagram voor geulpatronen (Figuur 2-21). In de kolommen beddingmorphologie en bankvorming staan twee zichtbare kenmerken die samenhangen met transport van beddingmateriaal in de geul. Deze resultaten zijn afgeleid uit de stabiliteitsdiagrammen voor beddingvormen en banktypen (Figuur 2-22). Voor alle waterlopen geldt dat er onder geulvullende omstandigheden in de evenwichtssituatie voldoende stromingsenergie is voor transport van beddingmateriaal ($D_{50}=218\text{ }\mu\text{m}$), zichtbaar in het voorkomen van stroomribbels (Figuur 2-23) op de beddingbodem (veld R in Figuur 2-9). De Hooge Raam-plot in deze diagram op de grens met veld D, betekent dat er ook voldoende energie is voor de vorming van lage duinen. Banken in de geul kunnen in de waterlopen in de Raamvallei alleen gevormd worden in de Hooge Raam en in de middenloop van de Halsche Beek (veld C). In de andere waterlopen wordt de bankvorming onderdrukt (veld D). In Figuur 2-24 en Figuur 2-25 wordt van beide bankvormen een voorbeeld gegeven.

Tabel 2-5 Morfologische karakteristieken waterlopen Raamvallei.

Beekloop	Traject	Patroon	beddingmorphologie	bankvorming
Graafsche Raam		lateraal stabiel	stroomribbels	bankvorming onderdrukt
Lage raam	Benedenloop	lateraal stabiel	stroomribbels	bankvorming onderdrukt
Lage raam	Middenloop	lateraal stabiel	stroomribbels	bankvorming onderdrukt
Biestgraaf		lateraal stabiel	stroomribbels	bankvorming onderdrukt
Hooge Raam	Middenloop	meanderend met scrolls	stroomribbels/duinen	plaatsvaste kronkelwaardbanken
Hooge Raam	Middenloop	meanderend met scrolls	stroomribbels/duinen	plaatsvaste kronkelwaardbanken
Halsche Beek	Middenloop	meanderend met scrolls	stroomribbels	plaatsvaste kronkelwaardbanken
Halsche Beek	Benedenloop	meanderend met scrolls	stroomribbels	bankvorming onderdrukt
St. Anthonis-loop	Benedenloop	lateraal stabiel	stroomribbels	bankvorming onderdrukt

Figuur 2-22 Stabiliteitsdiagram voor beddingvormen (boven) en banktypen (onder). Uit: Handboek geomorfologisch beekherstel, pag. 77-80 (Makaske en Maas, 2014).

Figuur 2-23 Stroomribbels op een vlakke zandbedding (Lunterse Beek).

Figuur 2-24 Onderdrukte bankvorming (type D) in de binnenbocht van een beek (Lunterse Beek).

Figuur 2-25 Plaatsvaste/alternerende banken (resp. type C en B) langs de Groenlose Slinge.

3 Factsheets voor de beeklopen in de Raamvallei

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de vijf beeklopen die we hebben geanalyseerd in de Raamvallei op beknopte wijze de belangrijkste informatie gegeven. Per beekloop wordt ten eerste een kaart gepresenteerd met de relevante Fysische-Geografische typen voor het betreffende beekstelsel, vervolgens wordt een tabel met een overzicht van de belangrijkste systeemkenmerken gegeven en ten slotte een tabel met onze waarnemingen in het veld. Het geheel wordt geïllustreerd met figuren en foto's. De Fysische-Geografische typen zijn beschreven in § 2.1.5.

Tabel geeft een korte omschrijving van de locaties die in het veld zijn bezocht. De locaties van de veldlocaties zijn weergegeven op de kaartjes van de Fysisch-Geografische typen per beekloop.

Tabel 3-1 Korte omschrijving veldwaarnemingen. De locaties zijn aangegeven in Figuur 3-1 t/m Figuur 3-6.

Code	Omschrijving
GR1	Ingerichte oever Graafse Raam
GR2	Boring 2
GR3	Monster o1
GR4	Monster m1
GR4b	Boring 1 bij GR4 boven talud 3m van oever
GR5	Sloot met kwel
HR1	Ingerichte bovenloop Hooge Raam
HR2	Ingerichte bovenloop Hooge Raam
HR3	Drainagesloot in brongebied Graspeel
HR4	Boring 4 Oever Hooge Raam, opgestuwd
HR5	Oude loop van de Hooge raam
HR6	Monster m2
HB1	Boring 3 douglasbos met adelaarsvaren. Klei ontbreekt aan andere kant beek
HB2	Benedenloop Halsche beek
LR1	Lage Raam bij Kwekerijweg
LR2	Lage Raam bij instroom St. Anthonisloop
LR3	Boring 5 Afgegraven zone tussen Lage Raam en Achterdijk
BG1	Boring 6 Oever Biestgraaf
BG2	Biestgraaf

3.1 Graafsche Raam

Legenda

- Veldwaarnemingen
- Fysisch Geografische Series
- H_zBN Natte en verdroogde beekdalen**
 - PS011 Atmotrofe vochtige zandgronden
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
- H_zOL Lage eerdgronden binnen de beekdalen**
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- RITP Pleistocene rivierterrassen**
 - PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
 - PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
 - PS110 Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel

- PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- RiTpg Pleistocene rivierterrassen; Geulen**
- PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
- PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden;
RiTpg, PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden
- PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
- PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)
- PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
- PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
- PS110 Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel
- PS111 Hoge zandgronden met een zwart bouwlanddek
- PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- Overig**
- Water

Figuur 3-1 Fysisch-Geografische typen langs de Graafsche Raam. Cursief zijn de FG-series aangegeven.

3.1.1 Systeemkenmerken Graafsche Raam

Kenmerk	Informatie/opmerking
Geomorfologie	Gegraven/vergraven waterloop in een opgevulde restgeul van een vlechtend riviersysteem in een pleistoceen rivierterras (Niersdalrijn & Maas). Helling van het rivierterras (oriëntatie: zzo-nnw) ca. 0,30 m/km.
Landschapsecologische positie	Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden (PS027)
Hydrologie/brongebied	Waterloop voert neerslagoverschot van het rivierterras en kwelwater vanuit de Peelhorst af. Tot 1942 inundatie door de Maas als onderdeel van de Beersche overlaat.
Bodemkundige setting	Restgeul in zandig rivierterras (Form. Kreftenheye) gevuld met veen (Form. van Nieuwkoop) en bedekt met holocene rivierklei van de Maas (Form. van Echteld)
Dalverhang	Gering, 0,20 m/km. Het dalverhang is kleiner dan de helling van het terras doordat de geul is opgevuld met veen.
Oeverstabiliteit	Hoog, door veen en klei in de oevers en de bedding (lokaal snijdt de geul in de oever fijn zand aan).
Geulvullende afvoer	11,15 m ³ /sec. (T1)
Geulpatroon	Lateraal stabiel; geen processen die samenhangen met actief meanderen.
Gem. geulbreedte in evenwicht	13,4 m
Gem. geuldiepte in evenwicht	1,3 m
Sediment en banken	Stroomribbels, bankvorming onderdrukt

3.1.2 Veldwaarnemingen

Kenmerk	Informatie/opmerking
Substraat in oever en bedding	Op de locatie van boring GR4 bestaat de bedding van de geul uit ca. 50 cm humeus zand op kleiig veen; de zuidwestoever van de Graafsche Raam snijdt ter hoogte van de instroom van de Hooge Raam (tussen GR4 en GR5) zandige terrasafzettingen aan.
Beekpatronen en dimensies	Graafsche Raam volgt het patroon van een natuurlijke restgeul in het terras; de geschatte (AHN) bovenbreedte van de is geul 33-35m, bodembreedte geul ca. 25 m; geuldiepte >1,8m.
Morfologische processen	Geen banken in de bedding of oeverzone die samenhangen met transport van sediment; over grote lengte ontwikkeling van verlandingsvegetaties (liesgras en riet) in de oeverzone met een maximumbreedte van ca. 10m.
Landschapsecologische setting (drainage/kwel)	Kwelverschijnselen in de verlandingszone

3.2 Hooge Raam

Legenda

- Veldwaarnemingen
- Fysisch Geografische Series
- H2BB Brongebieden binnen Beekdalen**
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
- H2BN Natte en verdroogde beekdalen**
 - PS011 Atmotrofe vochtige zandgronden
 - PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
- H2OL Lage eerdgronden binnen de beekdalen**
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- RiTP Pleistocene rivierterrassen**
 - PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
- RiTPg Pleistocene rivierterrassen; Geulen**
 - PS026 Zoet en zwak brak verlandingsveen
 - PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden; RiTPg, PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- Overig**
 - Water

Figuur 3-2 Fysisch-Geografische typen langs de Hooge Raam en Halsche beek. Cursief zijn de FG-series aangegeven.

3.2.1 Systeemkenmerken Hooze Raam

Kenmerk	Informatie/opmerking
Geomorfologie	Gegraven/vergraven waterloop in een zuidwest-noordoost georiënteerd Pleistoceen erosiedal op de oostflank van de Peelhorst.
Primaire landschapsecologische positie	Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel (PSO13) binnen brongebieden van de Hogere zandgronden (HzBB).
Hydrologie/brongebied	Waterloop draineert de Graspeel, een kwelgebied op een tussenterras van Peelhorst. Door tektoniek langs breuken in de ondergrond ligt de top van de Formatie van Breda (kleipakket) ter plaatse van de Hooze Raam relatief hoog in het geologisch profiel.
Bodemkundige setting	Het erosiedal is ingesneden in grofzandig en grindrijk terrasmateriaal (Form. van Beegden) en opgevuld met matig fijnzandig zand uit de Form. Boxtel en/of holocene beekafzettingen. Op de hoge ruggen aan weerszijden van het dal ligt het grove zand aan maaiveld (HR4; Figuur). Op de plekken waar de Hooze Raam in de dakflank dit grove materiaal aansnijdt, komt in de bedding grof zand en grind voor.
Dalverhang	1,75 m/km, neemt stroomafwaarts af, bij het samenstromen met de Graafsche Raam.
Oeverstabiliteit	Laag: fijn/matig fijn zand in oevers en bedding; lokaal kan humeuze bovengrond stabiliteit verhogend werken.
Geulvullende afvoer	1,801-1,604 m³/sec. (T1)
Geulpatroon	Meanderend met plaatsvastе kronkelwaardbanken (scrolls).
Gem. geulbreedte in evenwicht	6,7 m
Gem. geuldiepte in evenwicht	0,4 m
Sediment en banken	Stroomribbels en lage duinen, plaatsvastе banken in de binnenbocht.

3.2.2 Veldwaarnemingen

Kenmerk	Informatie/opmerking
Substraat in oever en bedding	Matig fijn zand in oever en bedding, lutum en ijzerhoudende houdende bovengrond verhogen lokaal de oeverstabiliteit (locatie boring HR4).
Beekpatronen en dimensies	Rechte tot licht slingerende loop met steile oevers; bovenbreedte (gemeten) 6,70 m; bodembreedte 6,70 m; geuldiepte ca. 1,25 m.
Morfologische processen	Lokaal geringe oevererosie (in rechte delen van de loop), geen bankvorming in de bedding of sedimentatie in de oeverzone waargenomen; stuwen dempen morfologische processen.
Landschapsecologische setting (drainage/kwel)	Geen kwelverschijnselen in de beek of aan maaiveld beekdal.

Figuur 3-3 Hoge rug met bouwland langs de het dal van de Hooge Raam. De bouwvoor van de akker bestaat uit grof zand en grind (zie inzet).

3.3 Halsche Beek

3.3.1 Systeemkenmerken Halsche Beek

Zie voor de kaart van de Fysisch-Geografische typen van de Biestgraaf § 3.4 Lage Raam.

Kenmerk	Informatie/opmerking
Geomorfologie	Gegraven/vergraven waterloop in een zuidwest-noordoost georiënteerd Pleistoceen erosiedal op de oostflank van de Peelhorst.
Primaire Landschapsecologische positie	Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel (PSO13) binnen natte en verdroogde beekdalen (HzBN).
Hydrologie/brongebied	Waterloop draineert de oostzijde van de Graspeel, een kwelgebied op een tussenterras van Peelhorst. Door tektoniek langs breuken in de ondergrond ligt de top van de Formatie van Breda (kleipakket) ter plaatse van de Halsche Beek relatief hoog in het geologisch profiel.
Bodemkundige setting	Het erosiedal is bovenstrooms ingesneden in grofzandig en grindrijk terrasmateriaal (Form. van Beegden). Grof zand en grind komen voor in de dalflanken en in de dalbodem. Benedenstrooms is het dal opgevuld met matig fijn zand (Form. Bostel en/of holocene beekafzettingen).
Dalverhang	In het steilste traject is het dalverhang 3,9 m/km, stroomafwaarts neemt dit af naar 1,1 m/km.
Oeverstabiliteit	In de trajecten met matig fijn zand is de oeverstabiliteit laag; de grindrijke trajecten hebben een hogere stabiliteit i.v.m. de afname van transportcapaciteit.
Geulvullende afvoer	0,197 m ³ /sec. (T1)
Geulpatroon	Meanderend met plaatsvastе kronkelwaardbanken (scrolls).
Gem. geulbreedte in evenwicht	2,2 m
Gem. geuldiepte in evenwicht	0,2 m
Sediment en banken	Stroomribbels en lage duinen, plaatsvastе banken in de binnenbocht bij een D50 van 218 µm.

3.3.2 Veldwaarnemingen

Kenmerk	Informatie/opmerking
Substraat in oever en bedding	Boven- en benedenstroomse deeltrajecten met matig fijn zand (resp. HR2, HB2); daartussen een traject met grof zand en grind in oever en bedding (HB1); in dit traject is in het aangrenzende bosperceel op 60 cm diepte een 50 cm dikke laag zware klei aangetroffen.
Beekpatronen en dimensies	Voornamelijk rechte loop met lokaal lichte neiging tot meanderen binnen de bedding; in het grofzandige traject licht slingerend patroon, samenvallend met de grens van het bos. Loop ligt niet in het laagste deel van het erosiedal. Bovenbreedte (gemeten) 3,40-4,70 m; bodembreedte 1,10-2,20 m; geuldiepte 1,50-1,60 m.
Morfologische processen	In de beek geen actieve meanderprocessen (erosie -sedimentatie) waargenomen.
Landschapsecologische setting (drainage/kwel)	Droogval in het bovenstroomse grofzandige traject; kwelverschijnselen in de drooggevalle beekbodem (Figuur).

Figuur 3-4 Drooggevallen bedding in de middenloop van de Halsche Beek. Het beddingmateriaal bestaat uit grof zand en grind (zie inzet).

3.4 Lage Raam

Legenda

- Veldwaarnemingen
- Fysisch Geografische Series
- HzBN Natte en verdroogde beekdalen**
 - PS011 Atmosferische vochtige zandgronden
- HzOL Lage eerdgronden binnen de beekdalen**
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- RiTP Pleistocene rivierterrassen**
 - PS012 Minerotrofe zandgronden met lateraal toestromend zacht grondwater
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
 - PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
 - PS110 Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel
- RiTPg Pleistocene rivierterrassen; Geulen**
 - PS026 Zoet en zwak brak verlandingsveen
 - PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden;
 - RiTPg, PS027 Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
 - PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
 - PS111 Hoge zandgronden met een zwart bouwlanddek
 - PS112 Hoge zandgronden met een bruin bouwlanddek
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- Overig**
 - Water
 - Dijk

Figuur 3-5 Fysisch-Geografische typen langs de Westelijk deel van de Lage Raam en Biestgraaf/Laarakkerse Waterleiding. Cursief zijn de FG-series aangegeven.

Legenda

- Veldwaarnemingen
- Fysisch Geografische Series
- RiTP Pleistocene rivierterrassen**
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS035C Fijnzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
 - PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
 - PS110 Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- RiTPg Pleistocene rivierterrassen; Geulen**
 - RiTPg, PS011 Atmosferische vochtige zandgronden
 - PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
 - PS034C Grofzandige rivierzandgronden (kalkarm)
 - PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm)
 - PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
 - PS110 Oud bouwland met een bovengrond van klei of zavel
 - PS112 Hoge zandgronden met een bruin bouwlanddek
 - PS113 Humeuze zandgronden met kwel (lage enkeerden)
- Overig**
 - Water
 - Dijk

Figuur 3-6 Fysisch-Geografische typen langs de Oostelijk deel van de Lage Raam en Biestgraaf/Laarakkerse Waterleiding. Cursief zijn de FG-series aangegeven.

3.4.1 Systeemkenmerken Lage Raam

Kenmerk	Informatie/opmerking
Geomorfologie	Gegraven/vergraven waterloop in pleistoceen rivierterras (Niersdalrijn & Maas). Helling van het rivierterras (oriëntatie: zzo-nnw) ca. 0,30 m/km. In tegenstelling tot de Biestgraaf ligt de Lage Raam niet in een stelsel van terrasrestgeulen, maar in de terrasvlakte. De natuurlijke laagten ontbreken in dit deel van het tegen de flank van de Peelhorst gelegen rivierterras.
Primaire landschapsecologische positie	Matig basenarme Oude rivierkleigronden (PSO40)
Hydrologie/brongebied	Waterloop ontspringt in het Wanroijse Broek en voert met name neerslagoverschot van het rivierterras en kwelwater vanuit de Peelhorst af. Tot 1942 inundeerde de Maas de benedenloop van de Lage Raam als onderdeel van de Beersche overlaat. In de benedenloop mondt het Peelkanaal uit in de Lage Raam.
Bodemkundige setting	De geul van de Lage Raam ligt deels in matig grof en deels in matig fijn rivierzand met een tot 30 cm dik kleidek. Als gevolg van maaiveldverlaging door natuurontwikkeling is het kleidek lokaal verdwenen (boring LR3). In het deel van de Lage Raam vlak voor de confluente met de Biestgraaf, is het kleipakket dikker en bestaat het gehele bodemprofiel uit klei (zie bodemkaart Bijlage 2).
Dalverhang	Gering, 0,28 m/km; vrijwel gelijk aan de helling van het terras.
Oeverstabiliteit	Laag-matig, matig grof tot matig fijn zand. Kleidek heeft een stabiliserende werking.
Geulvullende afvoer	Benedenloop: 4,5 m³/sec. (T1); middenloop: 2,308 m³/sec. (T1)
Geulpatroon	Lateraal stabiel; geen processen die samenhangen met actief meanderen.
Gem. geulbreedte in evenwicht	Benedenloop: 8,5 m; middenloop: 6,1 m
Gem. geuldiepte in evenwicht	Benedenloop: 0,91 m; middenloop: 0,73 m
Sediment en banken	Stroomribbels, bankvorming onderdrukt.

3.4.2 Veldwaarnemingen

Kenmerk	Informatie/opmerking
Substraat in oever en bedding	Op de locatie van de boring (LR3) bestaat het beddingmateriaal van de geul uit matig fijn zand.
Beekpatronen en dimensies	Lage Raam heeft een rechte loop en ligt ingegraven in terrasvlakte. Bovenbreedte geul ca.16,6 m; geuldiepte >1,2 m.
Morfologische processen	Geen banken in de bedding of oeverzone die samenhangen met transport van sediment; over grote lengte ontwikkeling van verlandingsvegetaties (liesgras en riet) in de oeverzone. Oevertalud lokaal verlaagd t.b.v. natuurontwikkeling.
Landschapsecologische setting (drainage/kwel)	Kwelverschijnselen in de verlandingszone van ingerichte oever.

3.5 Biestgraaf

3.5.1 Systeemkenmerken Biestgraaf

Zie voor de kaart van de Fysisch-Geografische typen van de Biestgraaf § 3.4 Lage Raam.

Kenmerk	Informatie/opmerking
Geomorfologie	Gegraven/vergraven waterloop in opgevulde restgeulen van een vlechtend riviersysteem in pleistoceen rivierterras (Niersdalrijn & Maas). Helling van het rivierterras (oriëntatie: zzo-nnw) ca. 0,30 m/km. Waterloop verbindt min of meer geïsoleerde restgeulen door doorgravingen van hogere terrasruggen. Morfologisch patroon benedenloop mogelijk ontstaan onder invloed van de afvoer van Maaswater via de Beersche Overlaat.
Primaire Landschapsecologische positie	Matig basenarme Oude rivierkleigronden
Hydrologie/brongebied	Waterloop voert met name neerslagoverschot van het rivierterras en kwelwater vanuit de Peelhorst af. Tot 1942 inundatie door de Maas als onderdeel van de Beersche overlaat.
Bodemkundige setting	In met holocene rivierklei van de Maas (Form. van Echteld) opgevulde restgeulen in zandig rivierterras (Form. Kreftenheye). Op locaties waar de Biestgraaf door terrasruggen is gegraven, bestaat de ondergrond uit matig fijn rivierzand (Form. Kreftenheye).
Dalverhang	Gering, 0,32 m/km
Oeverstabiliteit	Hoog, door klei in de oevers en in de bedding.
Geulvullende afvoer	11,15 m³/sec. (T1)
Geulpatroon	Lateraal stabiel; geen processen die samenhangen met actief meanderen.
Gem. geulbreedte in evenwicht	4,3 m
Gem. geuldiepte in evenwicht	0,56 m
Sediment en banken	Stroomribbels, bankvorming onderdrukt.

3.5.2 Veldwaarnemingen

Kenmerk	Informatie/opmerking
Substraat in oever en bedding	Op de locatie van de boring (BG1) bestaat het beddingmateriaal van de geul uit matig grof zand. Het bodemprofiel op de oever (BG2) bestaat uit matig fijn zand met een kleidek.
Beekpatronen en dimensies	Loop van de Biestgraaf volgt globaal het reliëf van het landschap, maar doorsnijdt ook terrasruggen. Biestgraaf ligt niet altijd in het laagste deel van de restgeul. Bovenbreedte geul 6,70 m; bodembreedte 3,30 m; geuldiepte 1,2 m.
Morfologische processen	Geen banken in de bedding of oeverzone die samenhangen met transport van sediment.
Landschapsecologische setting (drainage/kwel)	Geen zichtbare kwelverschijnselen.

4 Referentiebeeld en maatregelen voor beekherstel in de Raamvallei

In dit hoofdstuk wordt een aantal BWN-maatregelen op een rij gezet die bijdragen aan de ontwikkeling van een beekstelsysteem dat past bij de geomorfologische én landschapsecologische karakteristieken van het gebied. De volgende twee vragen aan de orde:

- Welke referentiebeelden passen bij de karakteristieken van de Raamvallei?
- Welke maatregelen kunnen genomen worden om de waterlopen in de Raamvallei in de huidige situatie te bewegen in de richting van de referentiebeelden?

4.1 Landschapsecologische referentiebeelden voor de Raamvallei

De resultaten van de landschapsecologische (§ 2.1) en de geomorfologische (§ 2.2) analyse zijn samengevat in vier referentiebeelden voor de Raamvallei:

- Bovenstroomse kwelmoerassen en bronbeken
- Snelstromende terrasbeek met een zandbedding
- Kwelmoeras hellingvoet
- Moerasbeek in verlande restgeul

In Figuur 4-1 zijn de gebieden waarvoor de referentiebeelden van toepassing zijn, weergegeven. De referentiebeelden zijn niet een-op-een gekoppeld aan de in hoofdstuk 3 beschreven beektrajecten, maar aan de landschapsecologische positie van delen van het stroomgebied van de Raam.

De referentiebeelden schetsen een beekdalbreed natuurbeeld van de Raamvallei en vormen één samenhangend systeem. Om op termijn het referentiebeeld van een goed functionerende snelstromende terrasbeek te kunnen benaderen, is het noodzakelijk dat ook het brongebied van de beek op het terras daarop is ingericht. Beekdalbreed betekent in dit kader dat we naar de waterloop in de context van het omringende landschap hebben gekeken i.c.m. de natuurlijk vegetatietypen die zich in potentie in het dal kunnen ontwikkelen. Dus beekloop in samenhang met de omgeving.

Van elk referentiebeeld geven we ter inspiratie een fotobeeld van een min of meer vergelijkbare situatie elders in Nederland met vergelijkbare condities. Daarna beschrijven we in tabelvorm, aan de hand van literatuur en de resultaten uit de landschapsecologische en geomorfologische analyse, een aantal karakteristieken van het referentiesysteem.

Bij het opstellen van deze referentieprofielen zijn de volgende bronnen gebruikt:

- Doorstroommoerassen en moerasbeken; typebeschrijvingen en ontwikkeling maatlaten voor de biologische kwaliteitselementen (Verdonschot et al., 2016);
- Ecologische streefbeelden. Ecologische verbindingzones, beekherstel, natuurvriendelijke oevers en overige wateren (Reeze et al., 2016);
- Handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015);
- Waternood (Runhaar & Hennekens 2014).

Ten slotte leggen we een verband tussen het bereik van het waterpeil in de beek in de referentiesituatie en de potenties voor grondwaterafhankelijke vegetaties in het beekdal. Daarvoor zijn eerst op basis van de landschapsecologische positie de relevante vegetatietypen geselecteerd. Vervolgens zijn de abiotische randvoorwaarden van deze potentiële vegetatietypen vergeleken met voorjaars- en najaarspeilen van bijpassende KRW-beektypen/moerasbeken.

Voorkomen referenties

- Bovenstroomse kwelmoerassen en bronbeken
- Snel stromende terrasbeken met zandbedding
- Kwelmoeras hellingvoet terrasrand
- Moerasbeek in verlande restgeul in het rivierenlandschap

Figuur 4-1 Ligging van de referenties in de Raamvallei.

De referenties voor de Raamvallei en de ligging van de gebieden waar deze referenties op van toepassing zijn, zijn grotendeels gebaseerd op de kaart Fysisch-Geografische typen (Figuur 3-1, 3-2, 3-5 en 3-6). Uit deze kaart zijn alleen die eenheden geselecteerd die landschapsecologisch gezien (nog) de kenmerken dragen van een beekstelsel. De donkergroene gebieden op de kaart zijn de bovenstroomse kwel- en brongebieden op de Peelhorst. In rood zijn de natuurlijke beekdalen van de Hooge Raam, de Halsche Beek en het Peelkanaal weergegeven; in paars de restgeulen in het rivierterras. Ten slotte is in lichtgroen het kwelmoeraszone aan de voet van de terrasrand weergegeven. Zoals de kaart laat zien, is het kwelmoeras geen aaneengesloten gebied, maar een zone waar lokaal de potenties voor deze referentie aanwezig zijn. Van de Hooge Raam, de Halsche Beek, de Graafse Raam en de Biestgraaf kan gezegd worden dat het waterlopen zijn die landschapsecologisch gezien in een natuurlijke beekdalpositie liggen. Wat betreft de Lage Raam geldt een wat andere situatie. Het oorspronkelijke kwelmoeras aan de voet van de terrasrand (broek) strekte zich voor 1850 uit tot Haps en Wanrooij/Rijkevoort. Naar alle waarschijnlijkheid zal dit kwelgebied de kenmerken hebben gehad van het door Verdonschot (et al. (2016)) beschreven 'doorstroommoeras': een moeraszone met weinig verhang dat uitwaaiert over een brede zone met een of meerder kwel-gevoede loopjes die overvloedig water afvoeren. Er is geen stagnatie van water, maar een continue stroomafwaarts gerichte waterstroming waardoor geringe veenvorming kan plaatsvinden. Dit uitgestrekte broek is geheel verdwenen en daarmee is ook de landschapsecologische positie van de Lage Raam gewijzigd. De Lage Raam is geworden tot een landbouwwatergang die door het potentiële kwelmoeras op de hellingvoet van de terrasrand loopt. Omdat vanuit het oogpunt van natuurwaarde deze kwelmoerassen prioriteit hebben, is ervoor gekozen deze als referentie te nemen voor het gebied van de Lage Raam.

4.1.1 Bovenstroomse kwelmoerassen en bronbeken

Bovenstroomse kwelmoerassen en brongebieden liggen op plaatsen waar op natuurlijke wijze over een klein of groot oppervlak grondwater uittreedt. Deze kwelgebieden zijn gekoppeld aan glooiende, heuvelachtige gebieden met steile hellingen (terrasrand) waar in de ondergrond een afwisseling is van goed en slecht doorlatende lagen. De hoeveelheid en de kwaliteit van het uitstromende water worden bepaald door grondwaterstroming en grondwaterstand in het inrij- en kwelgebied. Op basis van het type begroeiing kan onderscheid gemaakt worden tussen weidebronnen en bosbronnen.

Figuur 4-2 Weidebron in de bovenloop van een beekdal in Twente.

Tabel 4-1 Kenmerken natuurlijke referentie bovenstroomse kwelmoerassen en bronbeken.

Onderwerp	Literatuur	Analyse Raamvallei
Landschapsecologische positie van de beek	Brongebieden in bovenloop van beekdalen en op hellingen met een gering verhang	Graspeelloop (Bovenloop Hooge Raam) en Bovenloop Halsche Beek
KRW-type	Droogvallend bron (KRW-R1) en droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand (KRW-R3)	-
Fysisch-geografische typering beekstelsel	-	Primair: Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel (PSO13) binnen brongebieden van de Hogere zandgronden (HzBB) in vrij afstromende delen; Secundair: Lithotrofe moerige grond op zand met sterke kwel (PSO16) en Lithotrofe veengrond met matige regionale kwel (PSO17) in afvoerloze laagten
Verhang	< 1 m/km	0,8 m/km (R)
Morfologische patroon	Meerdere lopen (diffuus vlechtend/slingerend patroon) met afgesloten delen van lopen waar verlandingsprocessen optreden	Stelsel van bronnen en bronbeken waarbij uit meerdere bronnen het water via natuurlijke laagten in het zandlandschap naar het beekdal stroomt
Breedte (max.) meandergordel	N.v.t.	Meerdere kleine loopjes
Beddingbreedte	0-3 m (R3)	2,2 m (H)*
Beddingdiepte	0,3-1,0 m (R3)	0,2 (H)* - 0,4 m (R)*
Waterdiepte (gem.peil)	0-0,2m	-
Beddingsubstraat	Zand	Zand, vlak en in stroomribbels
Transport van sediment	Fijn zand (< 25 m ³ /j) en organisch materiaal (bladpakketten)	Zand
Inundatiefrequentie	< 1d/jr	Geen inundatie vanuit de beek, maar periodiek water aan/op maaiveld bij hoge neerslag pieken
Peilregiem	Natuurlijk droogvallend, 2-3 maanden per jaar, in de zomerperiode	

*(H)=Halsche Beek; (R)=Hooge Raam

Realisatiekansen potentiële vegetaties

De realisatiekansen voor de potentiële vegetaties voor deze referentie zijn gebaseerd op de landschapsecologische positie en de kenmerken van de KRW-typen 'droogvallend bron' (R1) en 'droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand' (KRW-R3).

Tabel 4-2 is een selectie van de potentiële vegetaties bij de FG-typen van de bovenstroomse kwelmoerassen. De groengekleurde plantengemeenschappen passen goed bij het peilverloop van de droogvallende bronnen (KRW-type R1), de blauwgekleurde gemeenschappen sluiten meer aan bij het peilverloop van droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand (KRW-type R3, zie Figuur 4-3 en Figuur 4-4).

Tabel 4-2 Selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de bovenstroomse kwelmoerassen (Brongebieden van de Hogere zandgronden).

Fase	Vegetatietype	PS013	PS016	PS017
Pionier	07AA01 Bronkruid-associatie	1	1	
	07AA02 Associatie van Paarbladig goudveil	1		
Grasland	09AA03 Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge			1
	09BA01 Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge			1
	09BA02 Associatie van Vetblad en Vlozegge		1	1
	16AA01 Blauwgrasland	1	1	1
	16AB01 Veldrus-associatie			1
	16AB04 Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid			1
	16AB06 Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge			1
	16BC01 Kamgrasweide			1
Struweel	36AA01 Associatie van Geoorde wilg	1	1	1
	36AA02 Associatie van Grauwe wilg	1	1	1
Bos	39AA01 Moerasvaren-Elzenbroek	1		1
	39AA02 Elzenzegge-Elzenbroek	1	1	1
	43AA01 Abelen-Iepenbos	1	1	
	43AA02 Essen- Iepenbos	1	1	
	43AA04 Goudveil-Essenbos	1	1	
	43AA05 Vogelkers-Essenbos	1	1	

In Figuur 4-3 en 4-4 zijn de abiotische randvoorwaarden voor GVG en GLG voor de potentiële vegetaties binnen bovenstroomse kwelmoerassen – voor de successiefasen grasland, struweel en bos – vergeleken met respectievelijk de voorjaars- en de najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor droogvallende bronnen en voor droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand, KRW-typen R1 en R3. De abiotische randvoorwaarden zijn geselecteerd uit Waternood (Runhaar & Hennekens, 2014) en de KRW-peilen uit Reeze et al. (2016).

Figuur 4-3 Abiotische randvoorwaarden voor GVG voor de potentiële vegetaties binnen bovenstroomse kwelmoerassen, voor de successiefasen grasland, struweel en bos; vergeleken met de voorjaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor droogvallende bronnen en voor droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand KRW-typen R1 en R3 (zie tekst voor verantwoording).

Figuur 4-4 Abiotische randvoorwaarden voor GLG voor de potentiële vegetaties binnen bovenstroomse kwelmoerassen, vergeleken met de najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-typen R1 en R3 (zie 4-3 voor verantwoording).

Voor delen van de bovenstroomse kwelmoerassen waar het peilverloop overeenkomt met dat van KRW-type R1 (droogvallende bron), kan op de natste, enige plekken een aantal moerasvegetaties verwacht worden van Klasse der kleine zeggen (09), die bij afwezigheid van een vegetatiebeheer (maaien, begrazen) zullen overgaan in wilgstruwelen met grauwe wilg (36AA02) of elzenbroekbos (39AA). Bronvegetaties (07AA) komen eventueel in de allernatste delen voor. In de minst natte delen kan bosontwikkeling hier leiden naar goudveil-essenbos (43AA04).

In de nabijheid van bovenloopjes die het kwelmoeras ontwateren (KRW-type R3, 'droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand'), zullen de korte vegetaties bij beweiding vooral het karakter hebben van kamgrasweide (16BC01) of drogere graslanden. Alleen in de natste delen is hier een ontwikkeling naar blauwgrasland (16AA01) of dotterbloemhooiland (16AB) mogelijk. In deze natte delen zal bij uitblijven van beheer een ontwikkeling naar struweel van geoorde wilg (36AA01) en drogere varianten van Elzenzegge-elzenbroek (39AA02) mogelijk zijn. In de drogere delen moet gedacht worden aan diverse bostypen uit het verbond van Els en Vogelkers (43Aa).

4.1.2 Snelstromende terrasbeek met zandbedding

Terrasbeken komen voor in matig tot diep ingesneden dalen met aan weerszijden steilranden, op de overgang van een rivierterras naar een lager gelegen terras of dalvlakte. Het beekdal heeft het reliëf van een actief meanderende beek, maar langs de beek ontbreken oeverwallen vanwege de beperkte ruimte. De beek heeft een ondiepe meanderende loop, die sterk varieert in breedte en diepte. De bedding bestaat uit (grof) zand. Bij een diepe insnijding in het terras wordt het patroon van meanderen onderdrukt en manifesteert de morfodynamiek zich in bankvorming in een rechte tot slingerende beekloop (Makaske en Maas, 2015). De voeding van de beek bestaat uit grondwater uit het bovengeslagen kwelmoeras en uit neerslag.

Figuur 4-5 Geldersch-Nierskanaal, referentie voor snelstromende terrasbeken met zandbedding.

Tabel 4-3 Kenmerken natuurlijke referentie snelstromende terrasbeek met een zandbedding.

Onderwerp	Literatuur	Analyse Raamvallei
Landschapsecologische positie van de beek	In beekdalen op overgang van hogere zandgronden naar riviergebied met sterk reliëf, o.a. steile terrasranden	Hooge Raam (R), Halsche Beek (H)
KRW-type	Snelstromende middenloop/-benedenloop op zand (R14)	-
Fysisch-geografische typering beeksysteem	-	Primair: PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
Verhang	> 1 m/km	1,75 m/km
Morfologische patroon	Meanderend	Meanderend met plaatsvaste kronkelwaardbanken (scrolls)
Breedte (max.) meandergordel		126 m (R), 40 m (H)
Beddingbreedte	3-8 m	6,7 m (R), 2,2 m (H)
Beddingdiepte	0,2-0,7 m	0,4 m (R), 0,2 m (H)
Beddingsubstraat	Zand of leem met grindbanken	Zand, lokaal grof tot zeer grof met grindbanken
Transport van sediment	(Grof) zand en organisch materiaal	Zand en organisch materiaal
Inundatie frequentie		Jaarlijks tot 1 x per 1,5 jaar
Peilregiem	Natuurlijk ongestuwd	Gehele jaar watervoerend

Realisatiekansen potentiële vegetaties

De realisatiekansen voor de potentiële vegetaties voor deze referentie zijn gebaseerd op de landschapsecologische positie en de kenmerken van het KRW-type snelstromende middenloop/-benedenloop op zand (R14).

Tabel 4-4 is een selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de snelstromende terrasbeek met een zandbedding. De groengekleurde plantengemeenschappen passen goed bij het peilverloop van de snelstromende middenloop/-benedenloop op zand (KRW type R14), voor de oranje gekleurde gemeenschappen zijn de grondwaterstanden langs de beek te ondiep (zie Figuur 4-6 en 4-7).

Tabel 4-4 Selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de snelstromende zandbeken van terras naar rivierenlandschap.

Fase	Vegetatietype	PS013
Grasland	16AA01	Blauwgrasland 1
	36AA01	Associatie van Geoorde wilg 1
Struweel	36AA02	Associatie van Grauwe wilg 1
	39AA01	Moerasvaren-Elzenbroek 1
Bos	39AA02	Elzenzegge-Elzenbroek 1
	43AA01	Abelen-Iepenbos 1
	43AA02	Essen- Iepenbos 1
	43AA04	Goudveil-Essenbos 1
	43AA05	Vogelkers-Essenbos 1

De abiotische randvoorwaarden voor GVG en GLG voor de potentiële vegetaties langs snelstromende terrasbeken met een zandbedding, vergeleken met respectievelijk de voorjaars- en najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor KRW-type R14, zijn weergegeven in Figuur 4-6 en 4-7.

Figuur 4-6 Abiotische randvoorwaarden voor GVG voor de potentiële vegetaties langs snelstromende zandbeken van terras naar rivierenlandschap, vergeleken met de voorjaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-type R14.

Figuur 4-7 Abiotische randvoorwaarden voor GLG voor de potentiële vegetaties langs snelstromende zandbeken van terras naar rivierenlandschap, vergeleken met de najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-type R14.

Binnen deze referentie passen de dimensies van snelstromende middenloop/-benedenloop op zand (KRW-type R14). Voor de terrestrische natuur langs de beek geldt bij de referentiepeilen dat hier bij een graslandbeheer vooral blauwgrasland verwacht (16AA01) kan worden. Bij afwezigheid van beheer is via wilgenstruwelen (36AA) een ontwikkeling richting elzenbroekbos (39AA) te verwachten en op iets drogere delen Goudveil-essenbos (43AA04). Voor de andere bostypen die bij FG-type PS013 passen, zijn de groeiplaatsen langs de beek te nat. Verder van de beek, iets hoger op de gradiënt, kunnen deze wel voorkomen.

4.1.3 Kwelmoeras hellingvoet terrasrand

Het kwelmoeras aan de hellingvoet bestaat uit plaatsen waar onophoudelijk grondwater opwelt (KRW-R2). Het terrein heeft een licht hellend, zwak reliëf. De bron heeft vaak het karakter van een bospoel die de oorsprong vormt van een beek. Vanwege het geringe verhang en de landschapsecologische setting, heeft de beek het karakter van kleine middenloop/benedenloop op zand (KRW-R5) of klei (KRW-R6). De beek heeft een recht tot slingerend verloop met steile, lage oevers. Een (broek)boslandschap is kenmerkend voor dit beektype.

Figuur 4-8 Bronnetjesbos bij Ubbergen, referentie voor een kwelmoeras aan de hellingvoet. Het water uit de bronnen wordt via een beekje afgevoerd naar 'Het Meer'.

Tabel 4-5 Kenmerken natuurlijke referentie kwelmoeras hellingvoet terrasrand.

Onderwerp	Literatuur	Analyse Raamvallei
Landschapsecologische positie van de beek	Grondwater gevoede doorstroommoerassen op rivierterras	Lage Raam/Biestgraaf
KRW-type	Permanente bron (R2), overgaand in Langzaam stromende midden- en benedenloop op zand (R5) of op klei (R6)	
Fysisch-geografische typering beekdal		PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden PS036C (Rivier)zandgronden met een kleidek (Kalkarm) PS013 Lithotrofe zandgrond gevoed door zwakke kwel
Verhang	< 1 m/km	0,28 m/km (R)
Morfologische patroon		Geen meandering, in het bereik van de rechte/ zwak slingerende waterlopen
Breedte (max.) meandergordel		N.v.t.
Beddingbreedte	3-8 m (R5) en 8-25 m (R6)	6,1-11,5 m (LR)
Beddingdiepte	0,6-1,0 m	0,7-1,1 m (LR)
Beddingsubstraat	Zand en/of klei	Fijn en matig grof zand
Transport van sediment	Fijn zand en klei	Fijn zand en klei
Inundatie freq.	>10 dagen/jaar	
Peilregiem	Natuurlijk, ongestuwd	

Realisatiekansen potentiële vegetaties

Tabel 4-6 is een selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de kwelmoerassen aan de terrasvoet. De groengekleurde plantengemeenschappen passen goed bij het peilverloop van de permanente bronnen (KRW-type R2), de blauwgekleurde gemeenschappen sluiten meer aan bij het

peilverloop van 'Langzaam stromende midden- en benedenloop op zand of op klei' (KRW-type R5/6, zie Figuur 4-9 en 4-10). De oranje gekleurde gemeenschappen horen bij drogere standplaatsen binnen dit landschap, de referentie is hiervoor te nat.

Tabel 4-6 Selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de kwelmoerassen aan de terrasvoet (toelichting zie tekst).

Fase	Vegetatietype	PS013	PS036C	PS040
Pionier	07AA01 Bronkruid-associatie	1		
	07AA02 Associatie van Paarbladig goudveil	1		
Grasland	08BC02 Associatie van Scherpe zegge		1	
	08RG08 Rompgemeenschap van Moeraszegge		1	
	09RG02 Rompgemeenschap van Zwarte zegge en Moerasstruisgras		1	
	12BA01 Associatie van Geknikte vossestaart		1	1
	16AA01 Blauwgrasland	1	1	
	16BC01 Kamgrasweide		1	1
	16RG06 Rompgemeenschap van Tweerijige zegge		1	
	16RG08 Rompgemeenschap van Grote vossestaart en Echte koekoeksbloem		1	
	16RG10 Rompgemeenschap van Grote vossestaart en Veldgerst		1	
Struweel	29AA04 Slijkgroen-associatie		1	
	33Aa03 Kruisbladwalstro-associatie			1
	33Aa04 Associatie van Look-zonder-look en Dolle kervel			1
	36AA01 Associatie van Geoorde wilg	1		
	36AA02 Associatie van Grauwe wilg	1		
	37AB01 Associatie van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn		1	
Bos	39AA01 Moerasvaren-Elzenbroek	1		
	39AA02 Elzenzegge-Elzenbroek	1	1	
	42AA02 Beuken-Zomereikenbos		1	1
	43AA01 Abelen-Iepenbos	1	1	
	43AA02 Essen- Iepenbos	1	1	1
	43AA04 Goudveil-Essenbos	1	1	
	43AA05 Vogelkers-Essenbos	1	1	
	43AB01F Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Witte klaverzuring		1	

De abiotische randvoorwaarden voor GVG en GLG voor de potentiële vegetaties van kwelmoerassen aan de terrasvoet zijn vergeleken met respectievelijk de voorjaars- en najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-typen R2 en R5/6 in Figuur 4-9 en 4-10.

Figuur 4-9 Abiotische randvoorwaarden voor GVG voor de potentiële vegetaties van kwelmoerassen aan de terrasvoet, vergeleken met de voorjaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-typen R2 en R5/6.

Figuur 4-10 Abiotische randvoorwaarden voor GLG voor de potentiële vegetaties van kwelmoerassen aan de terrasvoet, vergeleken met de najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-typen R2 en R5/6.

Het kwelmoeras aan de hellingvoet van de terrasrand omvat het kwel-gevoede deel van de zand- en kleigronden op het pleistocene rivierterras. Hier komen deels dezelfde Fysisch-Geografische eenheden voor (PS036C en PS040) als op grotere afstand van de terrasrand, maar daar is de kwelinvloed minder sterk aanwezig. In deze kwelzone treedt kwelwater vanuit de Peelhorst uit via permanente bronnen (R2) en verzamelt zich in beekjes (R5/R6) die afstromen naar lagere delen op het pleistocene rivierterras. In de omgeving van de bronnen kunnen zeggemoerasvegetaties verwacht worden (08BC02 en rompgemeenschappen), wilgenstruwelen met Grauwe wilg (36AA02) en elzenbroekbossen (39AA) of Goudveil-essenbos (43AA04).

Wat hoger op de gradiënt en langs de beken kunnen op plekken waar regelmatig inundatie vanuit de beek plaatsvindt graslanden tot ontwikkeling komen met Geknikte vossestaart (12BA01) en op minder voedselrijke plekken die zelden overstroomd, blauwgrasland (16AA01).

4.1.4 Moerasbeek in verlande restgeul in het rivierenlandschap

De referentie voor de moerasbeek (R5_m) is geënt op de beschrijving van dit systeem door Verdonschot (et al. (2016)). De moerasbeek vult een natuurlijke, dalvormige laagte of restgeul in het landschap. De moerasbeek ligt in de middenloop of benedenloop van het stroomgebied. In de breedterichting van de laagte kunnen drie zones worden onderscheiden: de beekloop, met aan weerszijden het beekmoeras, geflankeerd door een overstromingszone. De beekloop en het beekmoeras zijn permanent watervoerend, de overstromingszone valt in de zomerperiode droog. De overgang tussen de zones is diffuus. In een periode met geringe afvoer kan de beekloop volgroeien met vegetatie, om daarna bij hogere afvoeren een of meerdere nieuwe lopen te vormen. Het water in het beekmoeras bestaat uit grondwater en (eutroof) oppervlaktewater.

Figuur 4-11 Referentiebeeld voor moerasbeek: beekloop in de oude meander van de Overijsselsche Vecht om het Junner Koeland.

Tabel 4-7 Kenmerken natuurlijke referentie verlande restgeul in het rivierlandschap.

Onderwerp	Literatuur	Analyse Raamvallei
Landschapsecologische positie van de beek		Graafsch Raam/ Bistgraaf
KRW-type	Moerasbeekvariant van Langzaam stromende midden- en benedenloop op zand (R5_m zie Verdonschot et al., 2016)	Met veen opgevulde restgeul in het rivierterras
Fysisch-geografische typering beekdal		Eutrofe, basenrijke bos- en broekveengronden (PS027) PS040 Matig basenarme Oude rivierkleigronden
Verhang	< 1 m/km	0,20 m/km (R)
Morfologische patroon	Het water (periodiek) heeft voldoende erosieve kracht heeft om een duidelijke loop te vormen in de moerassige laagte	Geen meandering, in het bereik van de rechte/ zwak slingerende waterlopen
Breedte (max.) meandergordel	N.v.t.	Waterloop volgt de natuurlijk morfologie van het restgeulen in het rivierterras
Beddingbreedte	Brede ondiepe moerasloop, met beekmoeras en overstromingszone	Morfologie restgeul is bepalend voor totale breedte moeras plus overstromingszone
Beddingdiepte	Maximale diepte van de met moerasplanten begroeide zones bedraagt enkele decimeters (0,3 m)	
Beddingsubstraat	Slib, afgestorven plantenresten, (eventueel) veen	Humeus zand, slib, bagger en organisch materiaal
Transport van sediment	Gering: vegetatie zorgt ervoor dat erosie van het opgehoopte materiaal (slib, afgestorven plantenresten, eventueel veen) bij hoge afvoeren geremd wordt waardoor verlanding kan optreden	
Inundatie freq.	Wateruitwisseling tussen de beekloop, het beekmoeras en bij hoge waterstanden de overstromingszone is kenmerkend voor de moerasbeek.	
Peilregiem		Periodiek stagnant

Realisatiekansen potentiële vegetaties

Tabel 4-8 is een selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de moerasbeek in een verlande restgeul in het rivierenlandschap. De groengekleurde plantengemeenschappen passen goed bij het peilverloop van de moerasbeken (KRW-type R5_m), voor de lichtgroen gekleurde gemeenschappen zijn de grondwaterstanden suboptimaal, aan de natte kant; voor de lichtblauwe gemeenschappen aan de droge kant (zie Figuur 4-12 en 4-13). De oranje gekleurde gemeenschappen horen bij drogere standplaatsen binnen dit landschap, de referentie binnen de moerasbeek is hiervoor te nat.

Tabel 4-8 Selectie potentiële vegetaties bij de FG-typen van de moerasbeek in een verlande restgeul in het rivierenlandschap.

Fase	Vegetatietype	PS027	PS040
Pionier	08AA01 Lidsteng-associatie	1	
	08AB01 Watertorkruid-associatie		1
	08BA01 Associatie van Slangewortel en Waterscheerling	1	
	08BB04 Riet-associatie	1	1
	08BC01 Oeverzegge-associatie		1
	08BC02 Associatie van Scherpe zegge		1
	08BD02 Pluimzegge-associatie		1
Grasland	12BA01 Associatie van Geknikte vossestaart	1	1
	12BA02 Associatie van Moeraszoutgras en Fioringras	1	
	16AA01 Blauwgrasland	1	
	16AB03 Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi	1	
	16AB04 Associatie van Boterbloemen en Waterkruid	1	
	16BB01 Glanshaver-associatie		1
	16BC01 Kamgrasweide		1
Struweel	31Ca01 Honingklaver-associatie		1
	33Aa03 Kruisbladwalstro-associatie		1
	33Aa04 Associatie van Look-zonder-look en Dolle kervel		1
Bos	39AA01 Moerasvaren-Elzenbroek	1	
	39AA02A Elzenzegge-Elzenbroek; typische subass.	1	
	42AA02C Beuken-Zomereikenbos; subass. met Lelietje-van-dalen		1
	43AA02 Essen-/Iepenbos		1

De abiotische randvoorwaarden voor GVG en GLG voor de potentiële vegetaties van de moerasbeek in verlande restgeulen in het rivierenlandschap, vergeleken met respectievelijk de voorjaarspeilen en najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-type R5_m zijn weergegeven in Figuur 4-12 en 4-13.

Figuur 4-12 Abiotische randvoorwaarden voor GVG voor de potentiële vegetaties van de moerasbeek in verlande restgeul in het rivierenlandschap, vergeleken met de voorjaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-type R5_m.

Figuur 4-13 Abiotische randvoorwaarden voor GLG voor de potentiële vegetaties van de moerasbeek in verlande restgeul in het rivierenlandschap, vergeleken met de najaarspeilen (t.o.v. maaiveld) voor het referentiebeeld voor KRW-type R5_m.

Voor deze referentie wordt aangesloten bij de referentie voor moerasbeek als aanvulling op het KRW-type R5 (Verdonschot et al., 2016). Daarbij wordt langs de moerasbeek zowel een beekmoeras als een overstromingszone onderscheiden. Binnen het beekmoeras is een aantal gemeenschappen uit de riet-klasse te verwachten, afhankelijk van de waterdiepte, droogval en substraat. Iets verder van de beek, in de overstromingszone bij graslandbeheer, kunnen graslanden uit het zilverschoonverbond (12BA) voorkomen. Bij bosontwikkeling zullen hier elzenbroekbossen (39AA) tot ontwikkeling kunnen komen. Voor blauwgraslanden (16AA) en dotterbloemhooilanden (16AB) zijn de omstandigheden suboptimaal aan de natte kant, zeker voor blauwgrasland. Direct buiten de overstromingszone zijn de omstandigheden gunstiger.

4.2 Building with Nature-maatregelen in de Raamvallei

In deze paragraaf wordt een aantal BwN-maatregelen genoemd die ingezet kunnen worden om van de actuele situatie in de Raamvallei te bewegen in de richting van de geschetste referentiebeelden. Belangrijk is dat men zich realiseert dat geschetste referentiebeelden voor de Raamvallei niet onafhankelijk van elkaar, maar alleen in samenhang kunnen worden ontwikkeld. Met andere woorden: (bovenstrooms) kwelmoeras, snelstromende terrasbeek en moerasbeek in de benedenloop vormen een samenhangende referentie voor de Raamvallei. Voor het realiseren van een dergelijke referentie op systeemniveau, is een planproces nodig dat betrekking heeft en uitgaat van een visie op het gehele beekstelsel. Vanuit een visie op stroomgebiedsniveau kunnen bouwstenen worden geïdentificeerd voor beekherstel voor de verschillende beektrajecten (Wolfert et al., 2009). Per beektraject en bouwsteen kan vervolgens uit het BwN-maatregelenoverzicht een maatregelenpakket worden samengesteld. De lijst is overigens niet uitputtend en wordt idealiter in het kader van programma Lumbricus verder aangevuld en getoetst in veldexperimenten.

Maatregelen Bovenstroomse kwelmoerassen

- bodemverhoging van de bestaande watergangen die het gebied draineren tot een systeem van oppervlakkig geultjes met een diepte van 0,20-0,30 m door suppletie met gebiedseigen materiaal of door het talud te verflauwen en daarmee de bedding te verhogen;
- benedenstrooms afkoppelen van bestaande watergangen die het gebied draineren en geen onderhoud meer aan plegen;
- grondgebruik intensieve landbouw wijzigen naar extensieve gebruiksvormen; buisdrainage verwijderen.

Maatregelen Snelstromende terrasbeken met zandbedding

- piekafvoeren verlagen en basisafvoer verhogen door bufferende werking bovenstrooms kwelmoeras;
- beekloop verlengen door het stimuleren van het proces van meanderen door inbreng van doodhout, plaatselijke alternerende oeververlaging, lokale beddingsmalling met natuurlijk materiaal;
- natuurlijke beekloopverlegging (avulsie) door beverdammen toestaan (zie foto-omslag) en/of imiteren door de aanleg van houtdammen;
- beekloop verlengen door aanleg meanderbochten;
- ontstuwten (gefaseerd) in combinatie met tijdelijke inbreng van natuurlijke cascades;
- bodemophoging door zand- en/of grindsuppletie;
- bodemophoging door inbreng van doodhout;
- stimuleren van bosontwikkeling langs de beek door het (lokaal) achterwege laten van maai- en begrazingsbeheer.

Maatregelen Kwelmoeras terrasvoet

- op systeemniveau hydrologische maatregelen treffen om kwelstroom te stimuleren;
- bodemverhoging bestaande watergangen die het gebied draineren tot een systeem van oppervlakkig geultjes met een diepte van 0,20-0,30 m;
- benedenstrooms afkoppelen van bestaande watergangen die het gebied draineren en geen onderhoud meer aan plegen;
- grondgebruik intensieve landbouw wijzigen naar extensieve gebruiksvormen.

Verlande restgeulen in het rivierenlandschap

- de gehele restgeul betrekken bij de realisatie van het referentiebeeld;
- oeververlaging t.b.v. een brede moeraszone;
- bodemverhoging bestaande watergangen tot een diepte van 0,3-0,8 m;
- staken van het periodiek schonen en maaien van watergangen;
- invoeren van het adaptief stroombaanmaaien om knelpunten in de overgangsperiode te voorkomen.

Literatuur

- Bodemkartering, S. v., 1976. Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000; Toelichting bij de kaartbladen 45 Oost 's Hertogenbosch en 46 West - 46 Oost Vierlingsbeek. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Bont, Chr. de & G.J. Maas, 2005. Tussen Grave en Gennep en Arcen en Velden; Archeologische verwachtingen langs de boorden en in het winterbed van de Maas in het stuwpand Grave en het stuwpand Sambeek vanuit fysisch- en historisch-geografisch perspectief. Alterra Wageningen 2005 Alterra rapport nr. 1174
- Dekkers, J. M. J., 1997. De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Graspeel : resultaten van een bodemgeografisch onderzoek Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport SC-DLO 517.
- Delft, B. v., R. Kemmers & R. de Waal, 2002. "Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties : Het humusprofiel als graadmeter voor standplaatsontwikkeling." Landschap 19(3): 152-164.
- Delft, B. v., R. d. Waal, R. Kemmers, P. Mekking & J. Sevink, 2006. Field guide Humus Forms; Description and classification of humus forms for ecological applications. Wageningen, Alterra.
- Delft, S. P. J. v., J. Hof & P. R. Bolhuis, 2012. Natuurpotenties in Drentse Beekdalen; Resultaten van een ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek in zeven raaien in het dal van Drentse Aa en Elperstroom. Wageningen, Alterra WageningenUR. Alterra-Rapport 2315.
- Delft, S. P. J. v., 2014. Ontwikkeling Blauwgrasland door plaggen in Oostelijke Vechtplassen; Selectie op basis van ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2550.
- Delft, S. P. J. v. & R. W. d. Waal, 2015. Bodemonderzoek heischraal grasland Drouwenerzand; Ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek voor maatregelen tot behoud en verbetering van de kwaliteit van heischraal grasland Wageningen, Alterra-WageningenUR. Alterra-Rapport 2651.
- Delft, S. P. J. v., G. J. Maas & R. W. d. Waal, 2015. "De Landschapsleutel OnLine." 2015, <http://landschapsleutel.wur.nl/>. Wageningen, Alterra - WageningenUR.
- Engel, W., & F. van Herpen, 2016. Watersysteemanalyse Raam. Onderdeel hydrologie; oppervlakte en grondwatersysteembeschrijving, ecologische sleutelfactoren. Nijmegen, Royal HaskoningDHV
- Jongmans, A. G., M. W. v. d. Berg, M. P. W. Sonneveld, G. J. W. C. Peek & R. M. v. d. Berg van Saparoea, 2012. Landschappen van Nederland; Geologie, bodem en Landgebruik. Wageningen, Wageningen Academic Publishers.
- Kemmers, R. H., S. P. J. v. Delft, M. C. v. Riel, P. W. F. M. Hommel, A. J. M. Jansen, B. Klaver, R. Loeb, J. Runhaar & H. Smeenge, 2011. Landschapsleutel; Leidraad voor natuurontwikkeling. Wageningen, Alterra, onderdeel van Wageningen UR. Alterra-rapport 2140.
- Kleinsman, W. B., D. J. Groot Obbink & H. J. M. Zegers, 1972. Ruilverkaveling Land van Cuyk : de bodemgesteldheid Wageningen, Stiboka. STIBOKA-Rapport 837.
- Leenders, W. H. & H. J. M. Zegers, 1974. Uitbreiding Ruilverkaveling Land van Cuyk : de bodemgesteldheid Wageningen, Stiboka. STIBOKA-Rapport 1099.
- Makaske, B., en G.J. Maas, 2015. Handboek geomorfologisch beekherstel. Leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak. Amersfoort, Stowa, Stowa-rapportnummer 2015-02
- Reeze, Bart, Alphons van Winden, Gijs Kurstjens, 2016. Ecologische streefbeelden. Ecologische verbindingzones, beekherstel, natuurvriendelijke oevers en overige wateren Waterschap Aa en Maas, 's Hertogenbosch.
- Runhaar, H. & S. Hennekens, 2014. 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' Versie 3; Gebruikershandleiding. Wageningen, Nieuwegein, Utrecht, Alterra Wageningen UR, KWR Watercycle Research Institute, STOWA.
- Schaminée, J. H. J., A. H. F. Stortelder & E. J. Weeda, 1996. De Vegetatie van Nederland; Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Schaminée, J. H. J., A. H. F. Stortelder & V. Westhof, 1995a. De Vegetatie van Nederland; Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie - grondslagen, methoden en toepassingen. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Schaminée, J. H. J., A. H. F. Stortelder & V. Westhof, 1995b. De Vegetatie van Nederland; Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Uppsala/Leiden, Opuluspress.

-
- Schaminée, J. H. J., E. J. Weeda & V. Westhof, 1998. De Vegetatie van Nederland; Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieu's. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Stichting Voor Bodemkartering, 1976. Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000; Toelichting bij de kaartbladen 45 Oost 's Hertogenbosch en 46 West - 46 Oost Vierlingsbeek. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Stortelder, A. H. F., J. H. J. Schaminée & P. W. F. M. Hommel, 1999. De Vegetatie van Nederland; Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen. Uppsala/Leiden, Opuluspress.
- Verdonschot, R.C.M., Runhaar, J., Buijse, A.D., Bijkerk, R. & Verdonschot, P.F.M., 2016. Doorstroommoerassen en moerasbeken; typebeschrijvingen en ontwikkeling maatlatten voor de biologische kwaliteitselementen. Zoetwatersystemen. Wageningen, Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research. p.
- Waal, R. W. d. & S. P. J. v. Delft, 2014. Bodemonderzoek Liefstinghsbroek; Ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek voor maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2580.
- Wolfert, H.P., A. Corporaal, G.J. Maas, K. Maas, B. Makaske, P. Termes, 2009. Toekomst van de Vecht als een halfnatuurlijke laaglandrivier. Bouwstenen bij de grensoverschrijdende Vechtvisie 2009. Wageningen, Alterra-rapport 1897.

Bijlage 1 Fysisch- en historisch-geografische kaart van het Maasstuwpand Grave

Uit: De Bont & Maas (2005).

Bijlage 2 Bodemkaarten

Voor de Landschappelijke bodemkaart (zie §2.1.5) is gebruikgemaakt van de detailkarteringen (schaal 1 : 25.000) van de Landinrichtingsprojecten 'Land van Cuijk' (Kleinsman et al., 1972; Leenders & Zeegers, 1974) en 'Graspeel' (Dekkers, 1997). De detailkarteringen zijn aangegeven binnen de rode kaders, daarbuiten is de Bodemkaart van Nederland gebruikt (Stichting voor Bodemkartering 1976).

Met rode stippen zijn de locaties aangegeven van vijf boringen die bij de veldverkenning op 24 november 2016 zijn beschreven. De profielbeschrijvingen zijn opgenomen in Bijlage 3.

Legenda

● Boorpunten

Detailkarteringen

Bodemkaart detailkarteringen

Veengronden

- aVz Madeveengronden op zand zonder humuspodzol, beginnend ondieper dan 120 cm
- kVz Waardveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm

Moerige gronden

- zWz Moerige eerdgronden met een zanddek en een moerige tussenlaag op zand

Humuspodzolgronden

- Hn21 Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Hn30 Veldpodzolgronden; grof zand
- cHn21 Laarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- cHn23 Laarpodzolgronden; lemig fijn zand
- Hd30 Haarpodzolgronden; grof zand

Enkeergronden

- EZg21 Lage enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- bEZ23 Hoge bruine enkeerdgronden; lemig fijn zand
- bEZ30 Hoge bruine enkeerdgronden; grof zand
- zEZ21 Hoge zwarte enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- zEZ30 Hoge zwarte enkeerdgronden; grof zand

Kalkloze zandgronden

- pZg21 Beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- pZg23 Beekeerdgronden; lemig fijn zand

- pZg30 Beekeerdgronden; grof zand
- pZn21 Gooreerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- pZn23 Gooreerdgronden; lemig fijn zand
- Zn21 Vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Zn30 Vlakvaaggronden; grof zand
- Zd21 Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
- Zb30 Vorstvaaggronden; grof zand

Rivierkleigronden

- Rn62C Kalkloze poldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 2
- Rn42C Kalkloze poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 2
- Rn67C Kalkloze poldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 3, of 3 en 4
- Rn94C Kalkloze poldervaaggronden; zware zavel en lichte klei, profielverloop 4
- Rn95C Kalkloze poldervaaggronden; zware zavel en lichte klei, profielverloop 5
- Rn44C Kalkloze poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 4
- Rn15C Kalkloze poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5
- Rd10C Kalkloze ooivaaggronden; lichte zavel
- Rd90C Kalkloze ooivaaggronden; zware zavel en lichte klei

Algemene onderscheidingen

- Bebouwing
- Moeras
- Water
- Dijk
- . Opgehoogd of opgespoten
- ↓ Afgegraven

Bijlage 3 Profielbeschrijvingen

Profielbeschrijvingen bij vijf boringen die tijdens de veldverkenning op 26 november 2016 zijn gemaakt. De locaties zijn aangegeven op de bodemkaart in Bijlage 1. De resultaten zijn opgenomen in de factsheets in hoofdstuk 3.

Algemene gegevens

Boring	Bodem	Gt	GHG	GLG	OPMERKING	X	Y
1	Zn21	Vlo	75	155	Boven talud 3m van oever. geen veen gws 128	179565	416688
2	Rn62C	IIIa	20	110	es els berk bramen. gws 88	179617	416235
3	gZn30	IIIb	30	100	Douglasbos met adelaarsvaren. Klei ontbreekt aan andere kant van de beek	177749	415030
4	fpZg23	IIIa	20	110	Oever Hooze Raam, opgestuwd. gws 96	177184	415112
5	Zn21	IIa	10	70	Afgegraven zone tussen Lage Raam en Achterdijk	183028	413040
6	Rn15C	Vbo	35	> 120	Oever Biestgraaf	183022	413916

Laaggegevens

Boring	Laag	Diepte	Horizont	Humus	Veensoort	<2µm	<50µm	M50	Grind	Kalk	Rijping	Geologie	Opmerking
1	1	0-70	1AC		1	2	11	165	0	1		413	bovenin droog
1	2	70-150	1Cg		0	2	11	165	0	1		413	roestig
1	3	150-220	1Cr	0.5		2	11	165	0	1		413	donkergrijs
2	1	0-20	1Ahgc		2	12	45		0	1	5	322	
2	2	20-40	1Cgc	0.2		30	80		0	1	5	322	zeer roestig
2	3	40-70	1Cgr	5		20	70		0	1	4	322	donkergrijs
2	4	70-110	2Cg	0		2	9	165	0	1		413	
2	5	110-170	2Cr	0		2	9	165	0	1		413	
3	1	-15--12	1Lv		90 L	0			0	1		172	
3	2	-12-0	1Fa		90 L	0			0	1		172	
3	3	0-30	2Ah	4		5	20	230	5	1		333	donkergrijs
3	4	30-60	2Cg	0		3	15	250	8	1		333	wat roestig
3	5	60-120	3Cgr	2		35	80		2	1	6	333	donkergrijs taai
3	6	120-150	4Cr	0		0	0	100	30	1	6	333	
4	1	0-30	1Aapg	4		6	30	160	1	1		340	
4	2	30-55	1ACgc	1		6	30	160	1	1		340	
4	3	55-100	1Cg	0		2	9	165	0	1		340	
4	4	100-110	2Cgr	30	DK	10			0	1		112	
4	5	110-170	3Cr	1		2	9	160	0	1		413	
5	1	0-5	1Ah	3		3	12	170	0	1		331	grijs
5	2	5-70	1Ce	0		3	12	170	0	1		331	wit
5	3	70-170	1Cr	0		2	8	180	1	1		331	lichtgrijs iets grind
6	1	0-35	1Ah	2		10	45	165	0	1	5	331	
6	2	35-100	1Cg	0.1		11	45	170	0	1	5	331	
6	3	100-120	1Cgr	0		5	20	165	0	1		331	

Bijlage 4 Potentiële vegetaties

Overzicht van de potentiële vegetaties die volgens de Landschapsleutel op de in het gebied voorkomende Fysisch-Geografische typen verwacht kunnen worden, afhankelijk van de successiefase.

			HzBB			HzBN				RiTP		RiTPg		
Fase	Vegetatietype	NL naam	PS013	PS016	PS017	PS005	PS011	PS012	PS018	PS040	PS036C	PS037C	PS038C	PS027
Pionierfase	04BA02	Associatie van Stekelharig kransblad												1
	04BB01	Associatie van Gewoon kransblad												1
	04BB02	Associatie van Kleinhoofdig glanswier												1
	04BB03	Associatie van Groot boomglanswier												1
	05BA04	Watergentiaan-associatie												1
	05BC03	Associatie van Stijve waterranonkel												1
	05BC05	Associatie van Waterviolier en Kransvederkruid			1			1						1
	08AA01	Lidsteng-associatie										1		1
	08Aa02	Associatie van Blauwe waterereprijs en Waterpeper										1	1	
	08AA03	Associatie van Groot moerasscherm												1
	08AB01	Watertorkruid-associatie								1	1	1	1	
	08AB02	Associatie van Egelskop en Pijlkruid								1	1	1	1	1
	08BA01	Associatie van Slangewortel en Waterscheerling			1									1
	08BA02	Associatie van Waterscheerling en Hoge cyperzegge								1	1	1	1	1
	08BB01	Mattenbies-associatie								1	1	1	1	1
	08BB03	Associatie van Heen en Grote waterweegbree								1	1	1	1	1
	08BB04	Riet-associatie								1	1	1	1	1
	08BC	Verbond van Scherpe zegge											1	
	08BC01	Oeverzegge-associatie								1	1	1	1	
	08BC02	Associatie van Scherpe zegge								1	1	1	1	
	08BC02A	Ass. van Scherpe zegge; typische subass.								1	1	1	1	
	08BC02B	Ass. van Scherpe zegge; subass. met Wateraardbei												1
	08BC03	Blaaszegge-associatie												1
	08BD02	Pluimzegge-associatie								1	1	1	1	
	09RG_A	Rompgemeenschap van Zomprus (toegevoegd)		1	1				1					
	11AA01	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies						1	1					
	14A	Buntgras-orde					1							
	14AA01	Associatie van Buntgras en Heidespurrie					1							
	14AA02	Duin-Buntgras-associatie					1							
	28AA	Dwergbiezen-verbond		1	1				1					
	28AA01	Draadgentiaan-associatie		1	1				1					
	28AA02	Associatie van Borstelbies en Moerasmuur		1	1				1					
	28AA03	Associatie van Dwergbloem en Hauwmos		1	1				1					
Graslandfase	08BC	Verbond van Scherpe zegge			1									
	08BC02	Associatie van Scherpe zegge			1									
	08BC02A	Ass. van Scherpe zegge; typische subass.			1									
	08BC02B	Ass. van Scherpe zegge; subass. met Wateraardbei			1									
	08BC03	Blaaszegge-associatie			1									
	08BC04	Associatie van Noordse zegge			1									
	09	Klasse der kleine zeggen			1									
	09AA03	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge			1									
		Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge; typische subass.												
	09AA03A				1									

Fase	Vegetatietype	NL naam	HzBB			HzBN				RiTP		RiTPg		
			PS013	PS016	PS017	PS005	PS011	PS012	PS018	PS040	PS036C	PS037C	PS038C	PS027
	09AA03B	Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge; subass. met Ronde zegge			1									
	09BA01	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge			1									
	09BA02	Associatie van Vetblad en Vlozegge	1	1										
	11AA02	Associatie van Gewone dophei				1								
	11AA02A	Ass. van Gewone dophei; subass. met Veenmos				1								
	11AA02B	Ass. van Gewone dophei; subass. met Bosbes				1								
	11AA02C	Ass. van Gewone dophei; typische subass.				1								
	11AA02D	Ass. van Gewone dophei; subass. met korstmossen				1								
	11AA02E	Ass. van Gewone dophei; subass. met Gevlekte orchis					1	1						
	12BA01	Associatie van Geknikte vossestaart								1		1	1	
	12BA02	Associatie van Moeraszoutgras en Fioringras											1	
	16	Klasse der matig voedselrijke graslanden			1									
	16AA	Verbond van Biezeknoppen en Pijpestrootje	1						1					
	16AA01	Blauwgrasland	1	1	1				1	1			1	
	16AA01A	Blauwgrasland; subass. met Borstelgras	1	1	1				1				1	
	16AA01B	Blauwgrasland; typische subass.	1	1	1				1				1	
	16AA01C	Blauwgrasland; subass. met Melkeppe	1	1	1				1				1	
	16AA01D	Blauwgrasland; subass. met Parnassia	1	1	1				1				1	
	16AB01	Veldrus-associatie			1									
	16AB03	Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi			1								1	
	16AB04	Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid			1					1		1	1	
	16AB05	Bosbies-associatie			1									
	16AB06	Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge			1									
	16BB01	Glanshaver-associatie								1				
	16BB01a	Glanshaver-ass.; typische subass.								1				
	16BC01	Kamgrasweide			1				1	1				
	16BC01A	Kamgrasweide; typische subass.			1				1	1				
	16BC01B	Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver			1				1	1			1	
	16BC01C	Kamgrasweide; subass. met Veldgerst								1				
	16BC01D	Kamgrasweide; subass. met Ruige weegbree								1				
	16RG_A	Rompgemeenschap van Biezenknoppen (toegevoegd)							1					
	16RG05	Rompgemeenschap van Blauwe zegge en Blauwe knoop							1					
	19AA02	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras					1							
	20AA01	Associatie van Struikhei en Stekelbrem				1								
Sruweelfase	29AA04	Slijkgroen-associatie								1				
	31Ca01	Honingklaver-associatie								1		1	1	
	33Aa03	Kruisbladwalstro-associatie								1				
	33Aa04	Associatie van Look-zonder-look en Dolle kervel								1		1		
	35AA	Brummel-verbond				1								
	35AA01	Associatie van Bronskleurige bosbraam				1								
	35AA02	Associatie van Witte bosbraam				1								
	35AA03	Associatie van Sierlijke woudbraam				1								
	36AA	Verbond der wilgenbroekstruwelen	1	1	1				1					
	36AA01	Associatie van Geoörde wilg	1	1	1				1					
	36AA02	Associatie van Grauwe wilg	1	1	1				1					
	36RG02	Rompgemeenschap van Wilde gagel						1						
	37AB01	Associatie van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn								1				
	40AA02	Zompzegge-Berkenbroek												1
	40RG01	Rompgemeenschap van Gagelstruwelen						1						
	42AA01D	Berken-Eikenbos; subass. met Pijpestrootje				1								

Fase	Vegetatietype	NL naam	HzBB			HzBN				RiTP		RiTPg		
			PS013	PS016	PS017	PS005	PS011	PS012	PS018	PS040	PS036C	PS037C	PS038C	PS027
Bosfase	38Aa02	Gele lis-ooibos											1	
	39AA	Verbond der elzenbroekbossen	1	1	1				1					
	39AA01	Moerasvaren-Elzenbroek	1		1				1				1	
	39AA02	Elzenzegge-Elzenbroek	1	1	1				1					
	39AA02A	Elzenzegge-Elzenbroek; typische subass.	1	1	1				1				1	
	39AA02B	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Bittere veldkers	1	1	1				1					
	39AA02C	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zwarte bes	1	1	1				1					
	39AA02D	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Framboos	1	1	1				1					
	39AA02E	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zompzegge	1	1	1				1					
	40AA	Verbond der berkenbroekbossen							1					
	40AA01	Dophei-Berkenbroek							1					
	40AA01A	Dophei-Berkenbroek; subass. met Eenarig wollegras							1					
	40AA01B	Dophei-Berkenbroek; subass. met Struikhei							1					
	40AA01C	Dophei-Berkenbroek; arme subass.							1					
	40AA02	Zompzegge-Berkenbroek							1					
	42AA01D	Berken-Eikenbos; subass. met Pijpestrootje					1	1						
	42AA02	Beuken-Zomereikenbos				1					1			
	42AA02A	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Blauwe bosbes				1								
	42AA02B	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Adelaarsvaren				1								
		Beuken-Zomereikenbos; subass. met Lelietje-van-dalen												
	42AA02C					1				1	1			
	42AA02D	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Pijpestrootje				1								
	42AA02E	Beuken-Zomereikenbos; subass. met Gladde witbol				1								
	43AA	Verbond van Els en Vogelkers	1	1										
	43AA01	Abelen-Iepenbos	1	1										
	43AA02	Essen- Iepenbos	1	1						1				
	43AA03	Meidoorn-Berkenbos	1	1						1		1		
	43AA03A	Meidoorn-Berkenbos; typische subass.	1	1								1		
	43AA03B	Meidoorn-Berkenbos; subass. met Watermunt	1	1								1		
	43AA04	Goudveil-Essenbos	1	1										
	43AA05	Vogelkers-Essenbos	1	1							1		1	
		Eiken-Haagbeukenbos; subass. met Witte klaverzuring												
	43AB01F									1				

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 2918
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2918
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.