

KRW Gebiedspilot Hooge Raam

Systeemanalyse en bepalen van ecologisch potentieel

Definitief

Waterschap Aa en Maas

Grontmij Nederland bv
Amsterdam, 13 november 2006

Verantwoording

Titel : KRW Gebiedspilot Hooge Raam
Projectnummer : 204219
Referentienummer :
Revisie : 1
Datum : 13 november 2006

Auteur(s) : ir. T.A. Wendt, drs. M. Maessen, dr. H. van Dam,
drs. Y. Wessels
E-mail adres : Richard.jonker@grontmij.nl
Gecontroleerd door : Drs. R.R. Jonker
Paraaf gecontroleerd :
Goedgekeurd door : Dr. J. Postma
Paraaf goedgekeurd :
Contact : Grontmij|AquaSense
Kruislaan 411A
Postbus 95125
1090 HC Amsterdam
T +31 20 5922244
F +31 20 5922249
E info@aquasense.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding en doel.....	5
1.2	Studiegebied.....	5
1.3	5S-Model.....	6
1.4	Leeswijzer.....	7
2	Systeemvoorwaarden.....	9
2.1	Inleiding.....	9
2.2	Geologie en geohydrologische opbouw.....	9
2.3	Geomorfologie.....	12
2.4	Bodem.....	13
2.5	Maaiveldhoogte.....	13
2.6	Neerslag en verdamping.....	14
2.7	Landgebruik.....	16
2.8	Grondwateronttrekkingen.....	17
2.9	Klimaatverandering.....	18
2.10	Depositie stikstof en fosfor.....	19
2.11	Leemten in kennis.....	21
3	Stromingen.....	23
3.1	Inleiding.....	23
3.2	Oppervlaktewatersysteem.....	23
3.3	Afvoeren en stroomsnelheden.....	24
3.4	Permanentie van waterlopen.....	27
3.5	Grondwaterstanden.....	27
3.6	Grondwaterstroming.....	31
3.7	Kwel en infiltratie.....	31
3.8	Waterbalansen.....	32
3.8.1	Waterbalans totale studiegebied.....	32
3.8.2	Waterbalansen deelgebieden.....	33
3.8.3	Betrouwbaarheid waterbalansen.....	36
3.9	Integratie.....	38
3.10	Leemten in kennis.....	39
4	Structuren.....	41
4.1	Inleiding.....	41
4.2	Morfologie watergangen.....	41
4.3	Profielen watergangen.....	41
4.4	Oevers en taluds.....	43
4.5	Slibdikte.....	44
4.6	Beschaduwning.....	45
4.7	Onderhoud.....	45
4.8	Integratie.....	46
4.9	Leemten in kennis.....	47

5	Stoffen.....	49
5.1	Inleiding.....	49
5.2	Kwaliteit van het oppervlaktewater	49
5.3	Grondwaterkwaliteit	53
5.4	Stofstromen.....	54
5.4.1	N-totaaltransport in de Hooge Raam	55
5.4.2	PO4-totaaltransport in de Hooge Raam	57
5.4.3	Betrouwbaarheid stoffenbalansen.....	57
5.5	Integratie	58
5.6	Leemten in kennis.....	58
6	Soorten.....	61
6.1	Inleiding.....	61
6.2	Flora (macrofyten).....	62
6.3	Fytobenthos.....	64
6.4	Macrofauna.....	64
6.4.1	Soortensamenstelling.....	64
6.4.2	Beoordelingen.....	65
6.5	Vis.....	67
6.6	Amfibieën	69
6.7	Integratie	69
6.8	Leemten in kennis.....	70
7	Voorstel MEP/GEP.....	71
7.1	Inleiding (werkwijze en leeswijzer).....	71
7.2	Toetsing kwaliteitselementen aan de GET	72
7.3	Ingrepen en belastingen en de effecten op de ecologie (knelpunten)	73
7.3.1	Overzicht ingrepen en belastingen.....	73
7.3.2	Ingrepen en belastingen Hooge Raam/Halsche beek.....	74
7.3.3	Ingrepen en belastingen overige wateren.....	76
7.4	Inventarisatie maatregelen	76
7.4.1	Maatregelen Hooge Raam/Halsche Beek	76
7.4.2	Maatregelen overige wateren.....	78
7.5	Invulling MEP, GEP en overige deelmaatlatstreepjes	79
7.5.1	Inleiding (werkwijze).....	79
7.5.2	MEP/GEP Hooge Raam/Halsche Beek	79
7.5.3	MEP/GEP overige wateren.....	81
8	Literatuur	86

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

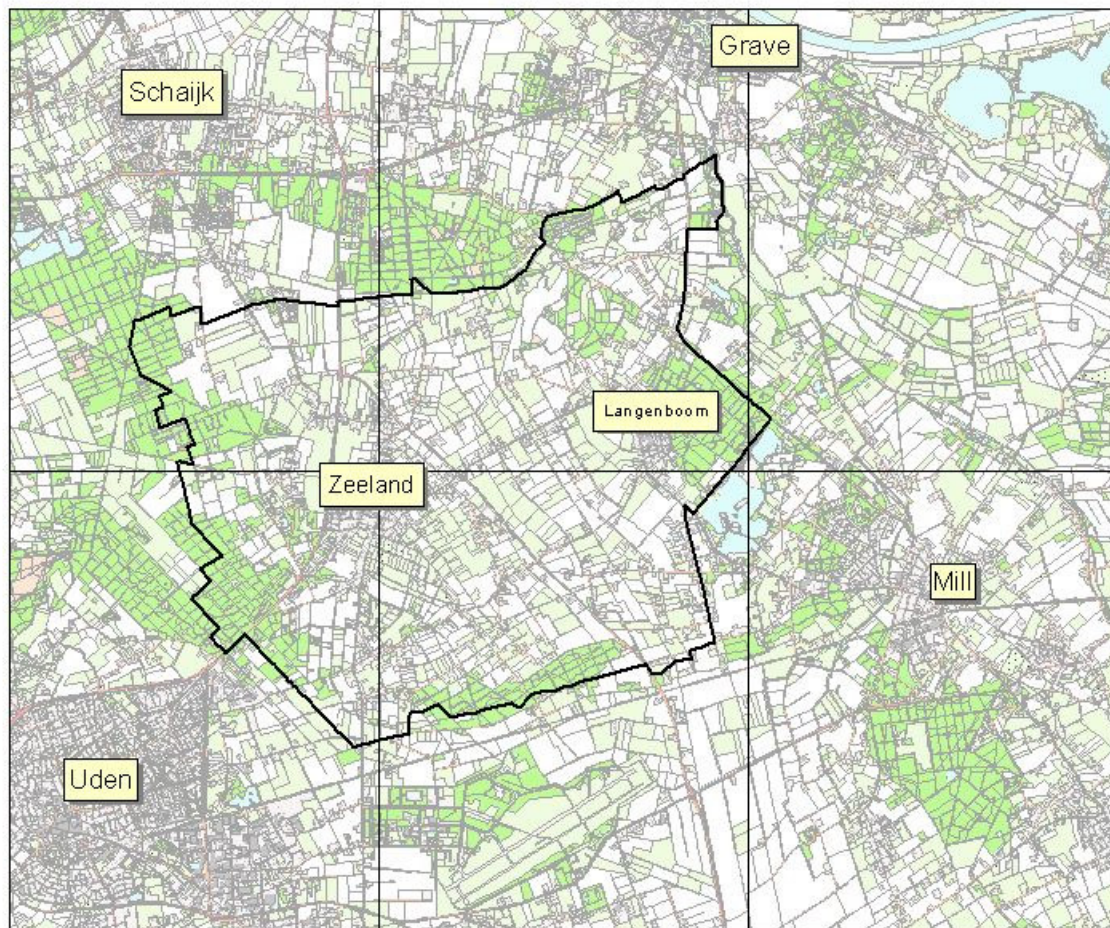
Waterschap Aa en Maas is recentelijk van start gegaan met de uitvoering van een ‘gebiedspilot’ in landelijk gebied. Binnen deze pilot worden in het gebied van de Hooge Raam maatregelen genomen waarvan verwacht wordt dat ze een positieve bijdrage leveren aan de verbetering van de ecologische toestand en de waterkwaliteit van het watersysteem. Het project is gericht op het behalen van de doelstellingen uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De uit te voeren maatregelen zullen de komende jaren uitgebreid worden gemonitord om inzicht te krijgen in de effectiviteit van de maatregelen en om een uitspraak te kunnen doen in hoeverre de maatregelen breder ingezet kunnen worden om de doelstellingen uit de Kaderrichtlijn te halen.

Het project Gebiedspilot waterkwaliteit Hooge Raam (Waterschap Aa en Maas, 2005) bestaat uit diverse uitvoeringsgerichte deelprojecten (waarbinnen maatregelen ter verbetering van het watersystemen uitgevoerd gaan worden) en het overkoepelend onderzoeksproject ‘systeemanalyse’, dat het watersysteem en de samenhang van maatregelen beschrijft. Om beter inzicht te verkrijgen in de factoren en processen die van invloed zijn op de ecologische kwaliteit van het watersysteem is het project ‘systeemanalyse’ uitgevoerd. Dit rapport bevat de systeemanalyse.

In het project ‘systeemanalyse’ is het watersysteem van de Hooge Raam beschreven, waarbij de methodiek volgens het 5S-model (Verdonschot, 1995) centraal staat. Er is gekozen voor dit 5S-model omdat dit goed aansluit bij de Kaderrichtlijn Water en omdat dit model mogelijke 2 invloedsferen beschrijft waarin maatregelen getroffen kunnen worden ter verbetering van het (water)systeem.

1.2 Studiegebied

Het studiegebied Hooge Raam is gekozen vanwege de beheersbaarheid (relatief klein stroomgebied, geen inlaat gebiedsvreemd water, beperkt aantal grondwateronttrekkingen) en de hoge ecologische doelstellingen die in het gebied worden nagestreefd (waterparel, waternatuur, Ecologische Hoofdstructuur, Ecologische Verbindingszones). Het gebied heeft een oppervlakte van circa 40 km² en is gelegen in de gemeente Landerd. Het gebied kenmerkt zich verder door de ligging op zandgronden en het agrarische karakter: voornamelijk melkveehouderij en in mindere mate akkerbouw. Daarnaast liggen er in het gebied enkele natuurgebieden en de stedelijke kernen Zeeland en Langenboom. De grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied voldoen niet aan alle normen die de KRW stelt. Probleemstoffen zijn o.a. stikstof, bestrijdingsmiddelen en zware metalen. Daarnaast zijn in het gebied in het verleden verschillende ingrijpende waterhuishoudkundige maatregelen genomen, die van negatieve invloed zijn op de ecologie van het watersysteem (zoals rechtgetrokken waterlopen, steile oevers en stuwen). In figuur 1.1 is het studiegebied weergegeven.



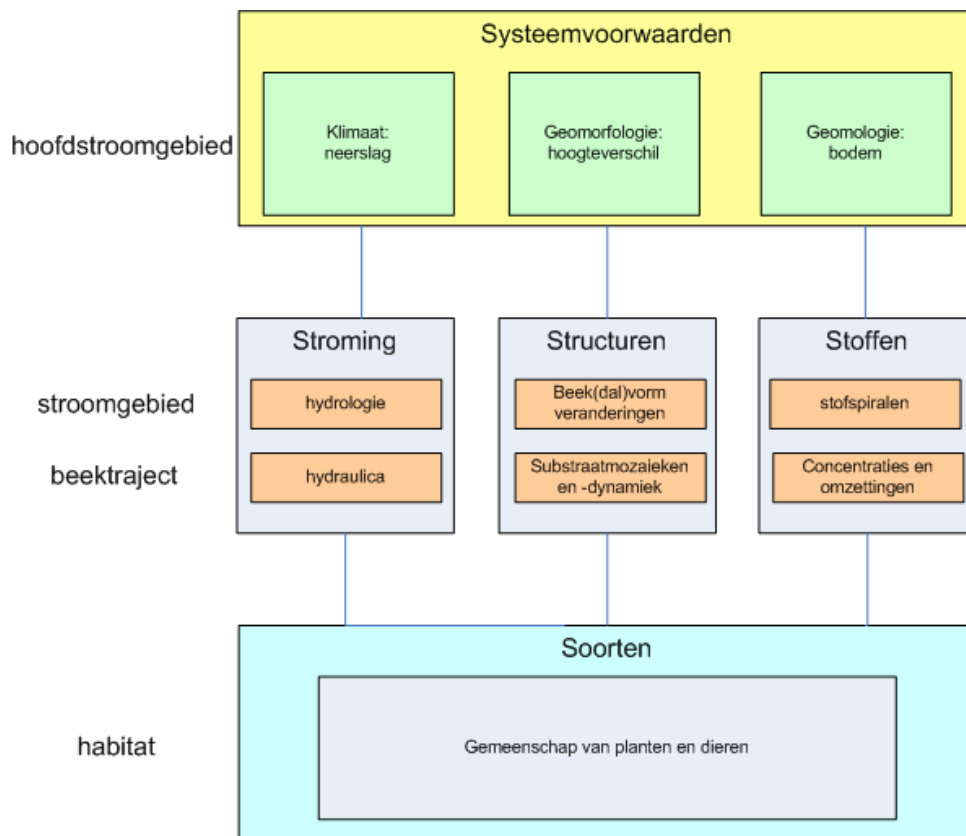
Figuur 1.1 Ligging studiegebied Hooge Raam

1.3 5S-Model

De beschrijving van de huidige situatie is gebaseerd op de 5 S systematiek. Deze systematiek dient als leidraad voor ecologisch beekherstel. De systematiek kent een hiërarchische opzet. Dat wil zeggen dat maatregelen op het hoogste niveau van invloed zijn op onderliggende niveaus. De opbouw van de (ecologische) systeembeschrijving is gebaseerd op de volgende vijf complexfactoren;

- Systeemvoorwaarden
- Stroming
- Structuren
- Stoffen
- Soorten

De factoren en processen en hun onderlinge samenhang (inclusief de terugkoppelingsmechanismen) van deze 5 “S-en” zijn weergegeven in figuur 1.2. Voor een uitgebreide beschrijving van het 5S-model wordt verwezen naar Verdonschot (1995, het STOWA rapport “Beken stromen - leidraad voor ecologisch beekherstel”) en naar Verdonschot (1998).



Figuur 1.2 Schema 5S-model

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 tot en met 6 worden achtereenvolgens de verschillende complexfactoren; de 5 S-en beschreven. Elk hoofdstuk, met uitzondering van hoofdstuk 2 systeemvoorwaarden, sluit af met de paragrafen integratie en leemten in kennis. In de eerste wordt de betreffende complexfactor geïntegreerd beschreven wordt met de voorgaande factoren. In de laatste paragraaf wordt beschreven welke informatie nog ontbreekt en welke onderwerpen nader onderzoek vereisen.

In hoofdstuk 7 wordt de MEP/GEP voor Hooze Raam beschreven. Hierin staat het doel beschreven waarbij de huidige situatie, de ingrepen, belastingen en de effecten op de ecologie het uitgangspunt vormen.

Voor de monitoring van het Hooze Raam wordt verwezen naar 'Monitoringplan KRW-Gebiedspilot Hooze Raam', 2006. Dit plan richt zich zowel op de informatiebehoefte van de systeemanalyse als het monitoren van de effecten van de uitgevoerde maatregelen.

2 **Systeemvoorwaarden**

2.1 Inleiding

De beschrijving van de systeemvoorwaarden bestaat uit een beschrijving van de geologie, bodem, hoogteverschillen, klimaat en neerslag. Op ditzelfde, temporele en procesmatige schaalniveau spelen zich ook een aantal door menselijke activiteiten beïnvloede factoren af. Hierbij moet worden gedacht aan atmosferische depositie en klimaatveranderingen. Een aantal systeemvoorwaarden is gekwantificeerd, anderen zijn alleen kwalitatief beschreven.

2.2 Geologie en geohydrologische opbouw

De beschrijving van de geologie en de geohydrologische opbouw van het gebied is gebaseerde op de Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 45 (TNO, 1974) en op gegevens uit REGIS II, afkomstig uit de TNO-database DINO-MAP. In de beschrijving van de formaties is gebruik gemaakt van de nieuwe naamgeving, volgens REGIS II.

De geologische opbouw van de omgeving van gebied Hooge Raam wordt bepaald door het zuidzuidoost – noordnoordwest verlopende breukensysteem. De belangrijkste breuk in de streek, de Peelrandbreuk, deelt het gebied op in de westelijke tektonisch laaggelegen Centrale Slenk en de oostelijk daarvan liggende tektonisch hooggelegen Peelhorst. De breukbewegingen hebben een duidelijke invloed gehad op de dikte- en diepteligging van de aardlagen. In de slenk hebben de lagen doorgaans een relatief grote dikte. Op de Peelhorst is de dikte veelal geringer en zelfs kunnen de lagen geheel door erosie zijn verdwenen of nooit zijn afgezet (TNO, 1974). De westgrens van het gebied Hooge Raam ligt circa 3 km ten oosten van de Peelrandbreuk. Het studiegebied maakt geo(hydro)logisch gezien daardoor deel uit van de Peelhorst. Naast de Peelrandbreuk is er een aantal andere kleinere breuken, waarvan er twee door het studiegebied lopen evenwijdig aan de Peelrandbreuk. In figuur 2.2 zijn deze breuken weergegeven. De meest oostelijke breuk heet de IJsselsteinbreuk. De kleinere westelijke breuk door Zeeland heeft, voor zover bekend, geen officiële naam en wordt hier aangeduid als de Zeelandbreuk. Pal ten oosten van het studiegebied loopt de Breuk van Grave.

Ter plaatse van de Peelhorst is sprake een ondiepe geohydrologische basis. De mariene afzettingen van de Formaties van Oosterhout, Breda, Rupel, Tongeren en Dongen vormen de geohydrologische basis. De dikte van deze laag bedraagt op de Peelhorst circa 30 m. De laag is overwegend opgebouwd uit fijne, kleihoudende glauconiet-zanden.

Hierboven bevinden zich de afzettingen van de Kiezeloölietformatie, de Formatie van Maassluis en de Formaties van Peize en Waalre. Deze afzettingen vormen samen het onderste deel van het eerste en enige watervoerende pakket dat op de Peelhorst wordt aangetroffen. De afzettingen bestaan doorgaans uit sterk slibhoudende fijne zanden met schelpengruis. Naar boven toe worden de afzettingen grofzandiger en neemt het slibgehalte af.

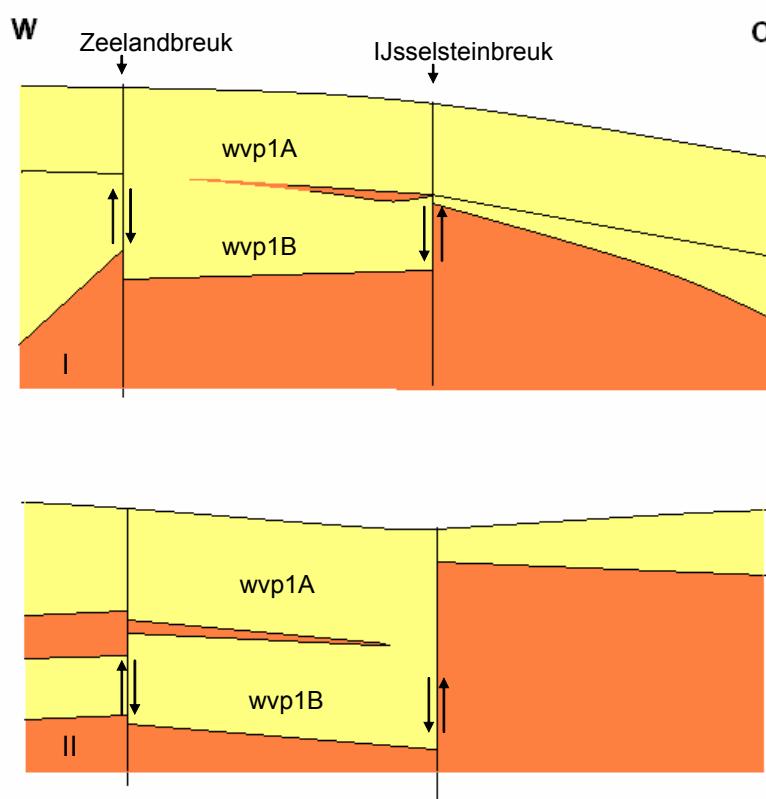
De Formatie van Peize / Waalre bevat slecht doorlatende afzettingen die in delen van het gebied een niet-aaneengesloten scheidende laag vormen tussen het bovenste en onderste deel van het ene watervoerende pakket. Het bovenste deel van het watervoerende pakket bestaat uit de goed doorlatende afzettingen van de Formaties van Peize / Waalre, Sterksel, Kreftenheye en Beegden. Een slecht doorlatende deklaag van Holocene afzettingen komt in het gebied niet voor.

Door het breukenpatroon varieert de dikte en de doorlatendheid van de verschillende lagen sterk. In tabel 2.1 is de geohydrologische schematisatie van het gebied weergegeven. In de tabel zijn tevens de waarden van de geohydrologische parameters doorlaatvermogen en hydraulische weerstand weergegeven.

Tabel 2.1 **Geohydrologische schematisatie**

Laag	Formatie	Dikte	Onderzijde	Doorlaatvermogen of hydraulische weerstand
Deklaag	-	Afwezig	-	-
WVP1A	Beegden, Kreftenheye, Sterksel, Peize / Waalre	3 - 18 m	NAP +14 tot NAP - 5,5 m	80 - 500 m ² /dag
SDL1	Peize / Waalre	0 - 9 m	NAP +11 tot NAP - 1,4 m	20 - 900 dagen
WVP1B	Peize / Waalre, Maassluis Kiezeloöliet	0 - 40 m	NAP +13 tot NAP - 31 m	0 - 400 m ² /dag
Geohydrologische basis	Oosterhout, Breda, Rupel, Tongeren, Dongen	30 m	nvt	Nvt

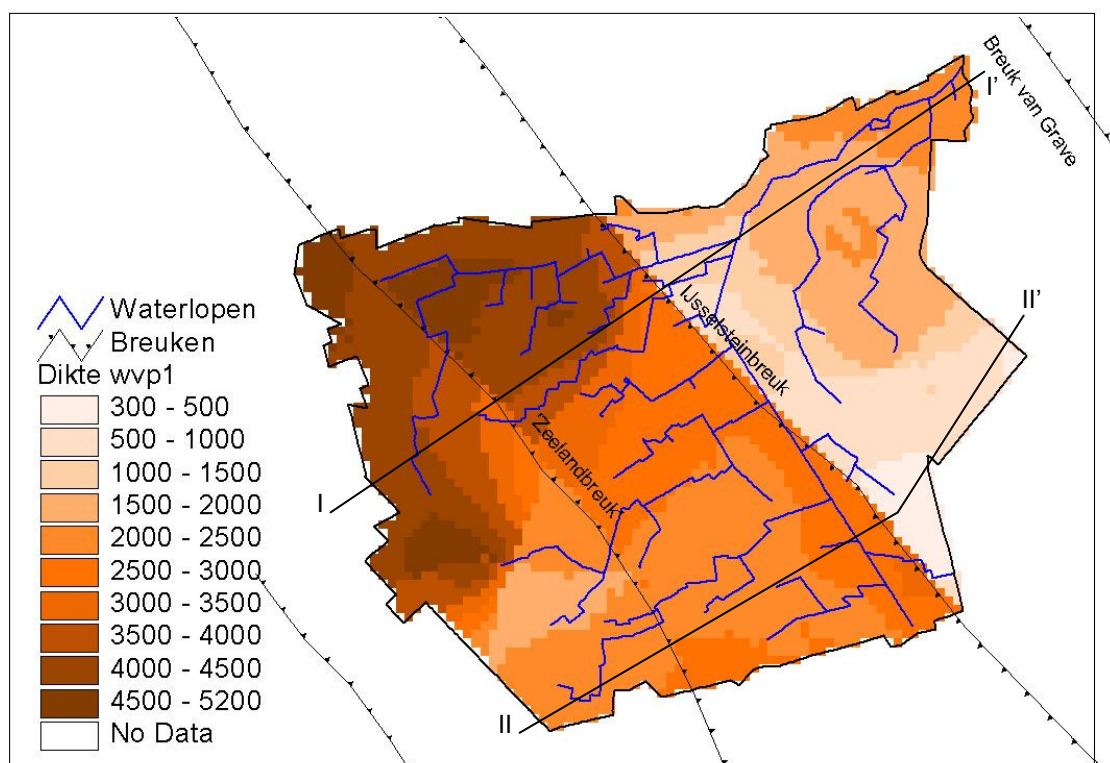
In figuur 2.1 zijn twee schematische dwarsdoorsneden in oost-west richting weergegeven. De ligging van de dwarsdoorsneden is weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.1 *Schematische oost-west dwarsdoorsnede*

In de figuur is duidelijk te zien dat de dikte van het watervoerend pakket fors afneemt ten oosten van de IJsselsteinbreuk. In profiel II komt WVP1B ten oosten van de IJsselsteinbreuk niet voor.

Hoewel er tussen WVP1A en 1B in grote delen van het gebied een scheidende laag aanwezig is, staan beide lagen duidelijk met elkaar in verbinding. In figuur 2.2 is het breukenpatroon en de dikte van het totale eerste watervoerend pakket in bovenaanzicht weergegeven.

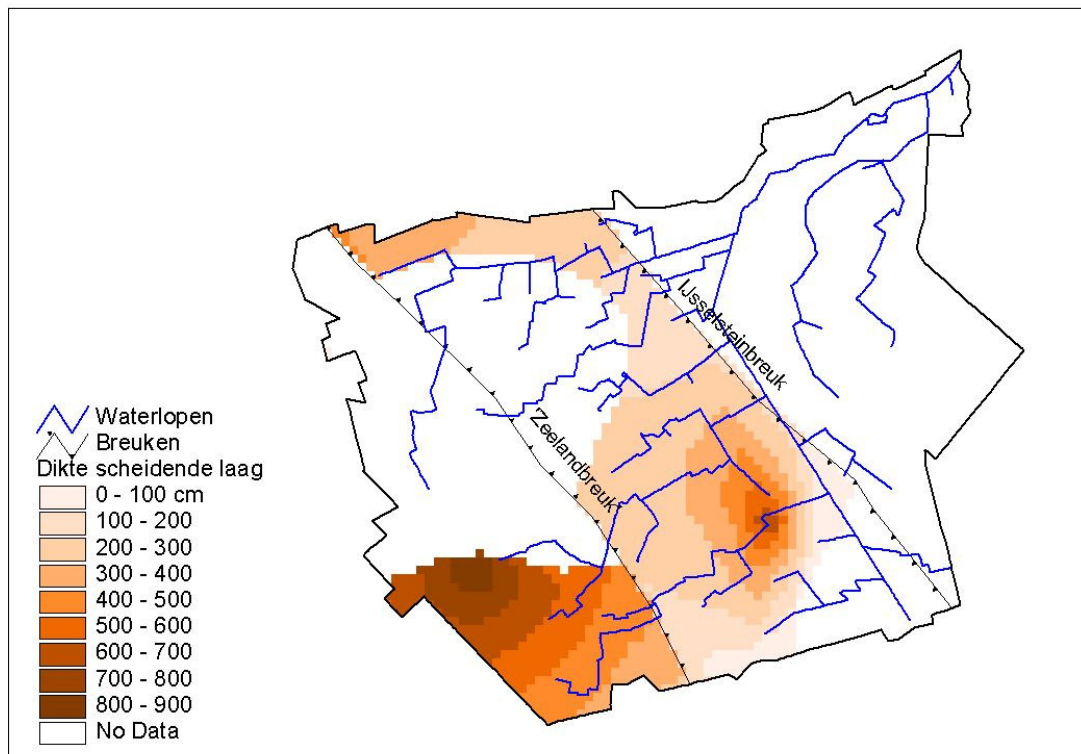


Figuur 2.2 Breukenpatroon en dikte watervoerend pakket in cm van het stroomgebied van de Hooze Raam

De dikte van het eerste watervoerende pakket (1A + 1B) is minimaal 3,4 m en maximaal 51 m. Door het breukenpatroon zijn duidelijke sprongen te zien in het verloop van de dikte. Het pakket is het dikste aan de noordwestzijde en het dunst aan de zuidoostzijde. Het totale doorlaatvermogen varieert van 100 m²/dag in het zuidoosten tot 750 m²/dag in het noordwesten. In WVP 1A varieert de doorlaatfactor tussen circa 22 en 34 m/d. Daarbij neemt de doorlaatfactor in oostelijke richting toe. De doorlaatfactor van laag WVP 1B is duidelijk lager. Hier varieert de k-waarde tussen 4 en 17 m/d.

In figuur 2.3 is de verbreiding van de scheidende laag tussen de watervoerende lagen 1A en 1B weergegeven. De dikte van de laag varieert tussen 0 en 9 m. De verbreiding wordt sterk bepaald door de tektoniek. Ten oosten van de IJsselsteinbreuk komt de laag in het geheel niet voor. Het laagverloop ten westen van de IJsselsteinbreuk is sterk discontinu. Deze figuur is gebaseerd op REGIS II, wat weer gebaseerd is op de interpolatie van boringen. De abrupte overgang ontstaat waarschijnlijk door interpolatie van een beperkt aantal boringen, waarbij in de ene boring de laag duidelijk voorkomt en in een andere boring helemaal niet. Naar verwachting zal het laagverloop in werkelijkheid minder abrupt zijn. Het is wel aannemelijk dat de laag op veel plekken niet voorkomt of mogelijk zandig ontwikkeld is.

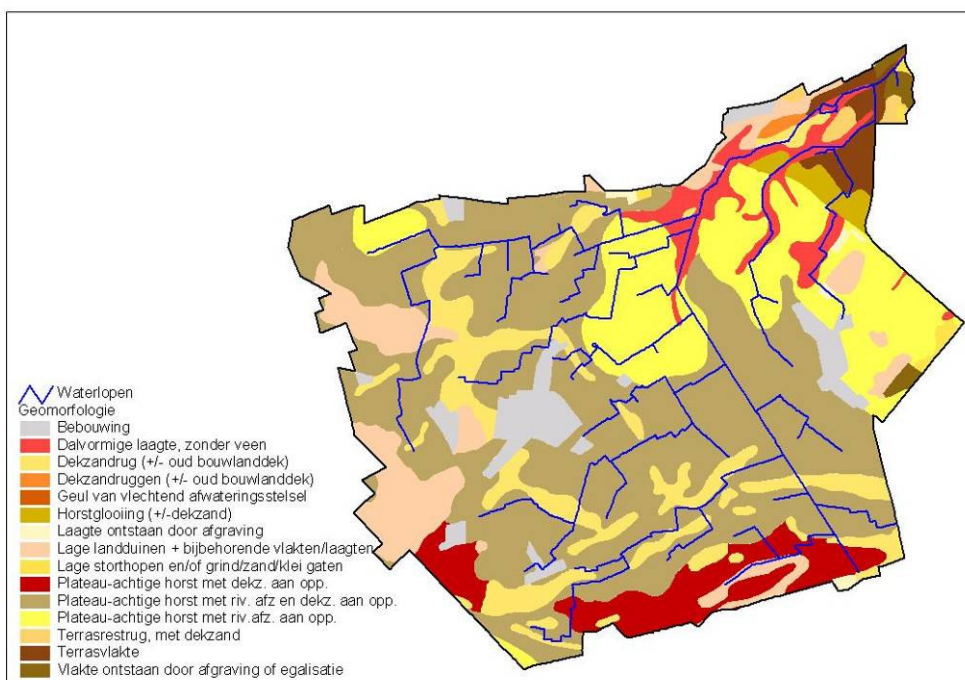
De hydraulische weerstand van de laag varieert van 0 tot 900 dagen (REGIS II). De verticale doorlaatfactor varieert van 0,007 tot 0,009 m/dag. Ook de breuken zelf kunnen door versmering van kleilagen een hydraulische weerstand vormen voor de grondwaterstroming. De grootte van deze weerstand is niet te schatten uit de beschikbare gegevens.



Figuur 2.3 Dikte en verbreiding van de eerste scheidende laag in cm

2.3 Geomorfologie

Voor de beschrijving van de geomorfologie is gebruik gemaakt van de digitale geomorfologische kaart (Stiboka, 1983). In figuur 2.4 is de geomorfologie van het gebied weergegeven.

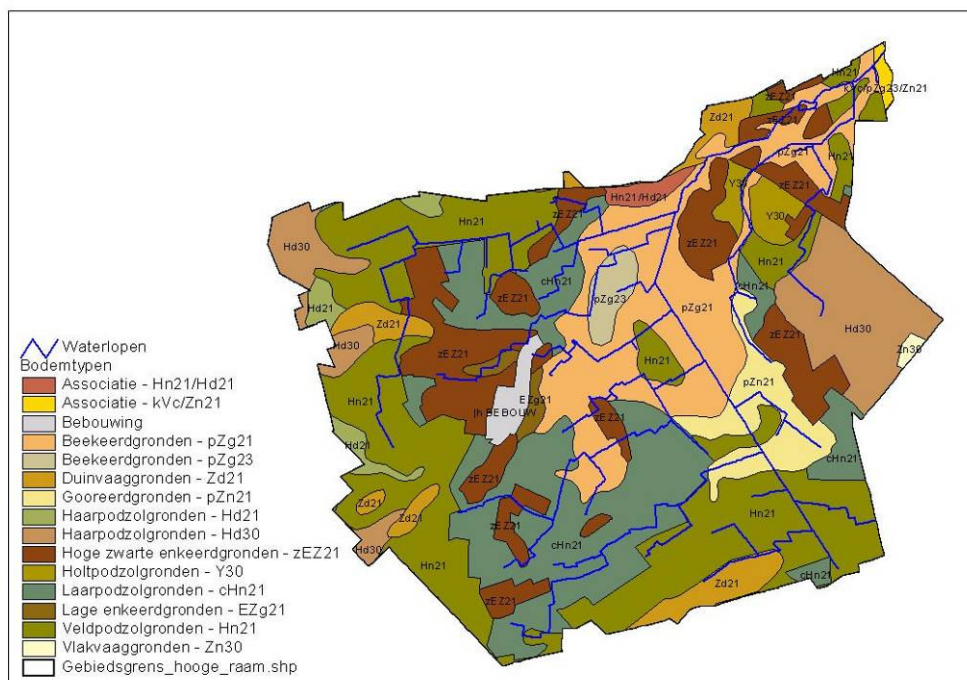


Figuur 2.4 Geomorfologische kaart van het stroomgebied van de Hooze Raam

Geomorfologisch is het gebied grotendeels te omschrijven als een plateau-achtige horst met rivierafzettingen aan het oppervlak in het noordwestelijke deel, rivier- en dekzandafzettingen in het centrale deel en dekzandafzettingen langs de zuidkant van het gebied. Helemaal aan de hoge westrand en aan de zuidzijde van het gebied komen lage landduinen voor. Iets lager in het gebied aan de west- en zuidzijde komen langgerechte dekzand- of terrasruggen voor met een oud landbouwdek voor. In het noordoosten komen veenloze beekdalbodems voor. Het uiterste noordoosten is te omschrijven als terrasvlakte. In deze noordoostpunt komen enkele hogere delen (dekzand- of terrasruggen) voor.

2.4 Bodem

Voor de beschrijving van de bodemopbouw is gebruik gemaakt van de digitale versie van de STIBOKA-bodemkaart 1:50.000 (Stiboka, 1976). In figuur 2.5 is de bodemkaart van het studiegebied weergegeven.



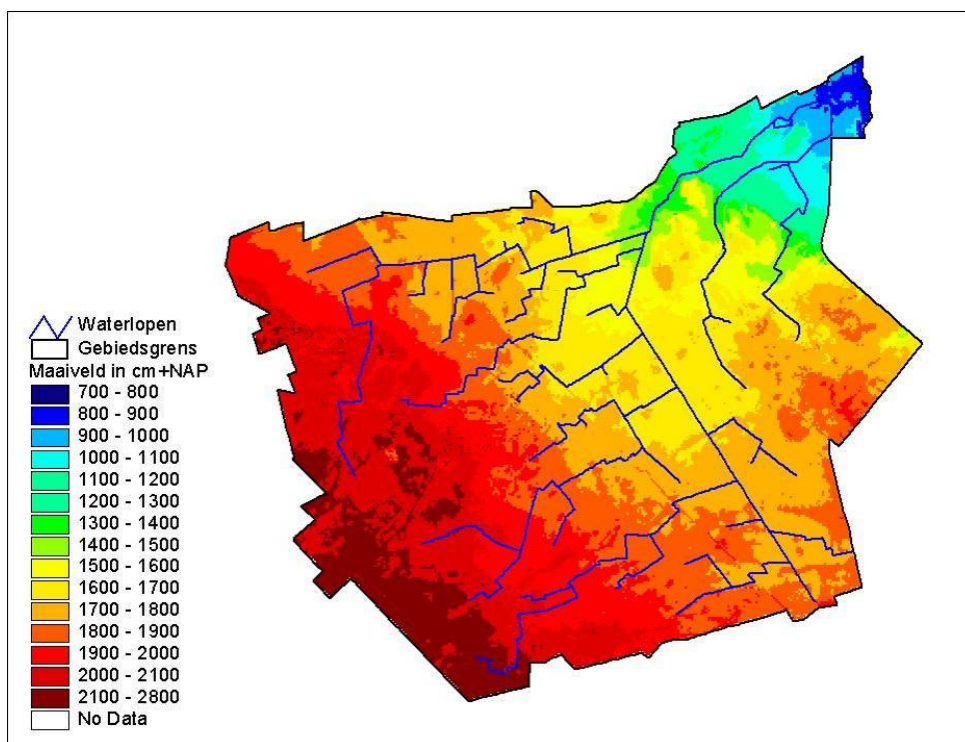
Figuur 2.5 Bodemkaart van het stroomgebied van de Hooze Raam

De bodem is in het hele studiegebied opgebouwd uit zand. De textuur varieert van fijn tot grof en de zanden zijn in vrijwel het hele gebied leemarm tot zwak lemig. Centraal in het gebied komt één eenheid beekkeerdgronden (pZg23) voor, die sterk lemig zijn. In het gebied komen vooral podzolgronden (zandgronden met een herkenbare inspoelingslaag van (ijzer-)oxyden en humus) en eerdgronden (cultuurdek, antropogene opgebrachte laag mineraalrijk humeus, veraard materiaal (oud bouwland)) voor. Holt-, haar-, laar- en veldpodzolen worden vooral aangetroffen in de hogere delen van de oost-, zuid- en westzijde van het gebied. Beek-, goor- en hoge zwarte en lage enkeerdgronden worden aangetroffen in het centrale deel van het stroomgebied en in de noordwesthoek van het gebied. Langs de (hoge) randen in het westen en zuiden van het gebied en aan de noordzijde komen op enkele plaatsen duinvaaggronden voor. In het uiterste noordwesten, waar de Hooze Raam uitmondt in de Graafsche Raam (zie paragraaf 3.2), wordt een associatie met veengrond aangetroffen.

2.5 Maaiveldhoogte

Voor de beschrijving van de maaiveldhoogte en de hoogteverschillen is gebruik gemaakt van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Het betreft een gridbestand met een gridgrootte van 25*25 m. Het AHN is verkregen door middel van altimetrie. De nauwkeurigheid van deze bestanden varieert in de regel van circa 0,15 m te hoog tot circa 0,05 m te laag.

De maaiveldhoogte in het gebied varieert tussen NAP +22,8 m in het zuidwesten van het gebied tot NAP +7,5 m in het noordoosten van het gebied. Het maaiveld loopt redelijk gelijkmatig af in noordoostelijke richting. In figuur 2.6 is het verloop van de maaiveldhoogte in het studiegebied weergegeven.

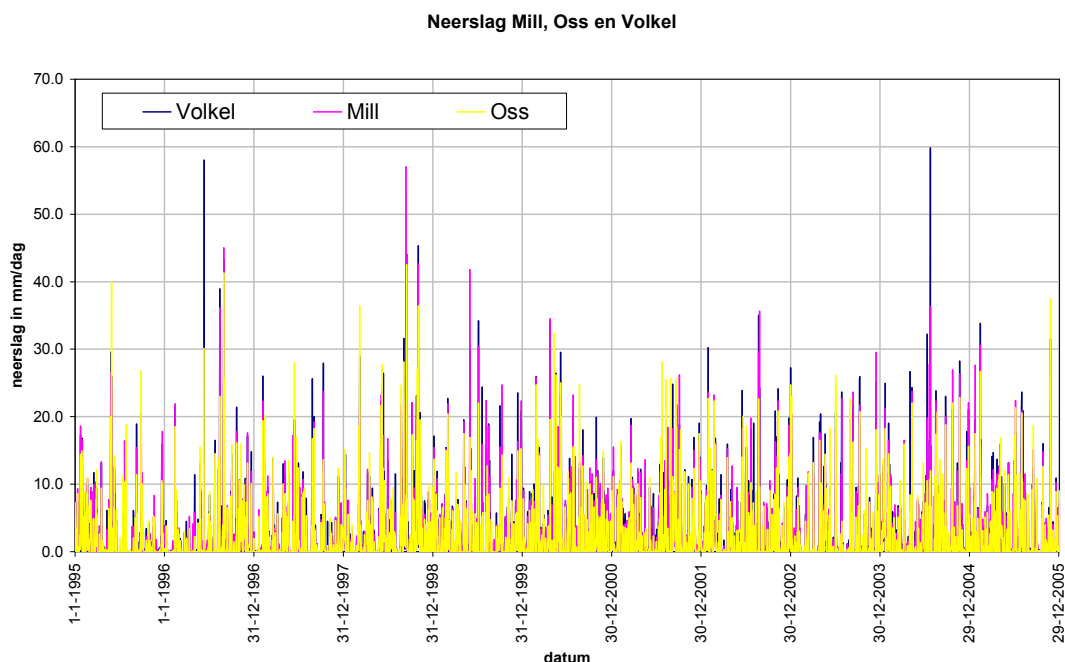


Figuur 2.6 Maaiveldhoogte in het stroomgebied van de Hoge Raam in cm+NAP

Als ook de maaiveldhoogten rondom het studiegebied wordt beschouwd, blijkt het studiegebied in een kom te liggen met hoge randen aan vooral de westzijde, maar ook aan de zuid-, oost- en noordzijde met enkel een lage doorgang in de noordoostelijke hoek van het studiegebied. Dit maaiveldverloop is ook duidelijk herkenbaar in het waterlopensysteem, aangezien alle watergangen in noordoostelijke richting afwateren.

2.6 Neerslag en verdamping

In de beschrijving van de neerslag en verdamping wordt een recente periode van 12 jaar (1996 – 2005) vergeleken met de langjarige gemiddelden over de periode 1971 – 2000. Daarnaast wordt het gebied Hoge Raam vergeleken met de rest van Nederland. Hiervoor is gebruik gemaakt van de daggegevens over de periode 1996 tot en met 2005 van de meteostations Mill, Oss en Volkel. Daarnaast is gebruik gemaakt van normalen van het KNMI (www.knmi.nl) over de periode 1971 - 2000 van dezelfde stations. In Mill en Oss wordt alleen de neerslag gemeten. In Volkel wordt de neerslag en de Makkink-referentiegewas-verdamping gemeten. Het projectgebied ligt globaal tussen deze drie meteostations. In figuur 2.7 is het verloop van de neerslag in de tijd weergegeven.



Figuur 2.7 Neerslag in mm/dag over de periode 01-01-1995 tot 31-12-2005 van de meteorostations Oss, Mill en Volkel

In tabel 2.2 zijn voor de periode 1996 t/m 2005 en de periode 1971 t/m 2000 de gemiddelde jaarsommen voor de drie stations weergegeven.

Tabel 2.2 Jaarsommen neerslag in mm/dag over de perioden 1971 - 2000 en 1996 - 2005

Meteorostation	Gemiddelde jaarsom neerslag 1996 – 2005 mm/jr	Maximale jaarsom neerslag 1996 – 2005 mm/jr	Minimale jaarsom neerslag 1996 – 2005 mm/jr	Langjarig gemiddelde jaarsom neerslag 1971 – 2000 mm/jr
Mill	827	1040	597	768
Oss	752	979	584	732
Volkel	880	1144	630	744

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in studiegebied Hooge Raam is bepaald als het gemiddelde van de stations Mill, Oss en Volkel en bedraagt 814 mm/jaar. De gemiddelde jaarlijkse neerslag over de periode 1996 – 2005 is duidelijk hoger dan de normneerslag (1970 - 2000) die gemiddeld over Mill, Oss en Volkel 748 mm/jaar bedraagt. De langjarig gemiddelde neerslag in Nederland varieert globaal tussen 675 en 925 mm/jaar. Met circa 748 mm/jaar is het gebied Hooge Raam ten opzichte van de rest van Nederland licht droger dan gemiddeld (797 mm/jaar).

De gemiddelde jaarsom van de Makkink referentiegewasverdamping in de periode 1996 tot en met 2005 op meteorostation Volkel bedraagt 584 mm/jaar. De minimale jaarsom bedraagt 520 mm/jaar en de maximale jaarsom bedraagt 652 mm/jaar. De langjarig gemiddelde verdamping in Nederland varieert globaal tussen 510 en 615 mm/jaar. Met een langjarige gemiddelde verdamping van circa 545 mm/jaar heeft het gebied Hooge Raam ten opzichte van de rest van Nederland een enigszins lagere verdamping dan gemiddeld (563 mm/jr).

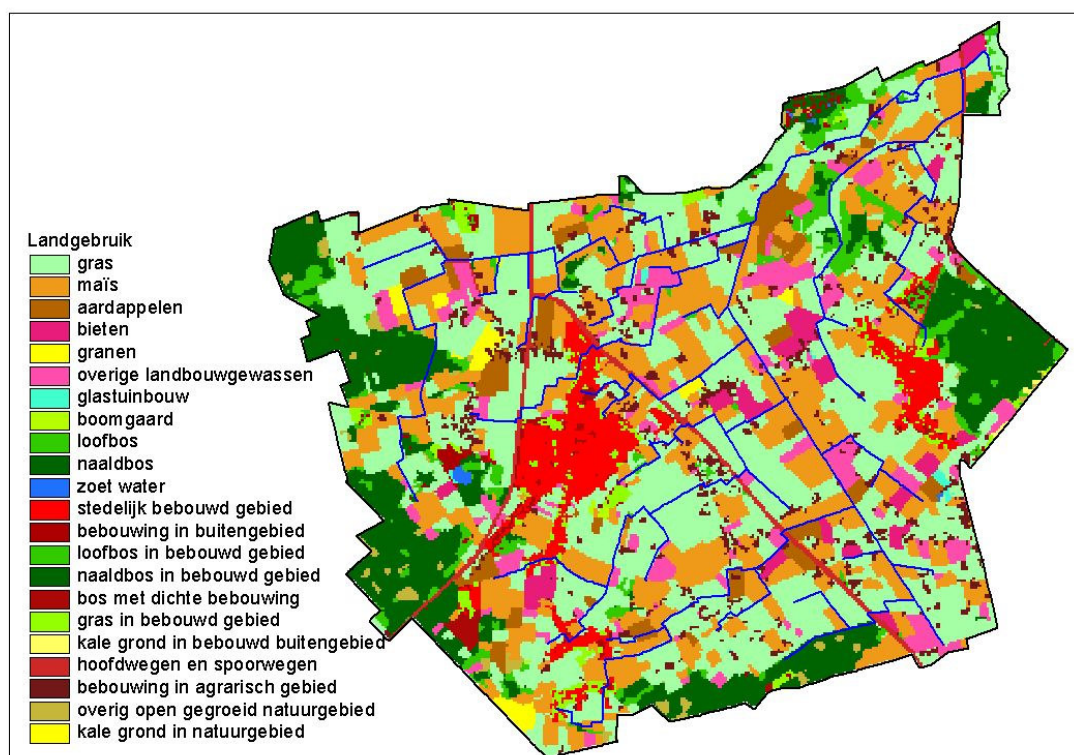
Het gemiddelde potentiële neerslagoverschot in de periode 1996 – 2005 bedraagt $845 - 584 = 261$ mm/jaar. Het langjarige gemiddelde neerslagoverschot (1970 – 2000) in het studiegebied

bedraagt circa 203 mm/jaar. Dit is iets minder dan het landelijk gemiddelde van circa 234 mm/jaar.

De gemeten neerslag verschilt sterk per meteostation. Met name in de periode 1996 – 2005 heeft meteostation Oss een duidelijk lagere neerslag dan de andere stations. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de neerslag in gebied Hooze Raam als gemiddelde van de drie stations lager, dan wanneer er geringere verschillen tussen de stations zijn.

2.7 Landgebruik

In figuur 2.8 is het landgebruik in het gebied weergegeven. Hiervoor is gebruik gemaakt van het LGN4 (Landgebruikskaart Nederland, versie 4). Het studiegebied bevat twee bebouwde kernen, namelijk de dorpen Zeeland en Langenboom. Deze bebouwde gebieden maakt 5 % van het totale gebied uit. In totaal bestaat 12% van het gebied uit bebouwing en infrastructuur. De landbouw beslaat 64% van het gebied. Het overige landgebruik bestaat uit overig grasland, naaldbos en loofbos. Open water beslaat minder dan 1% van het totale studiegebied. In tabel 2.3 zijn de percentages landgebruik weergegeven.



Figuur 2.8 Landgebruik landbouw op basis van LGN4

Tabel 2.3 Landgebruik

Nummer	Landgebruik	Oppervlak (ha)	Oppervlak (%)
1	Gras*	1547	38%
2	Akkerbouw	1373	33%
3	Loofbos	172	4%
4	Naaldbos	532	13%
5	Bebouwing en infrastructuur	478	12%
6	Totaal	4110	100%

* niet alle grasland in tabel 2.3 is landbouwgebied. Onder gras vallen ook sportvelden, recreatiegebieden en groenstroken.

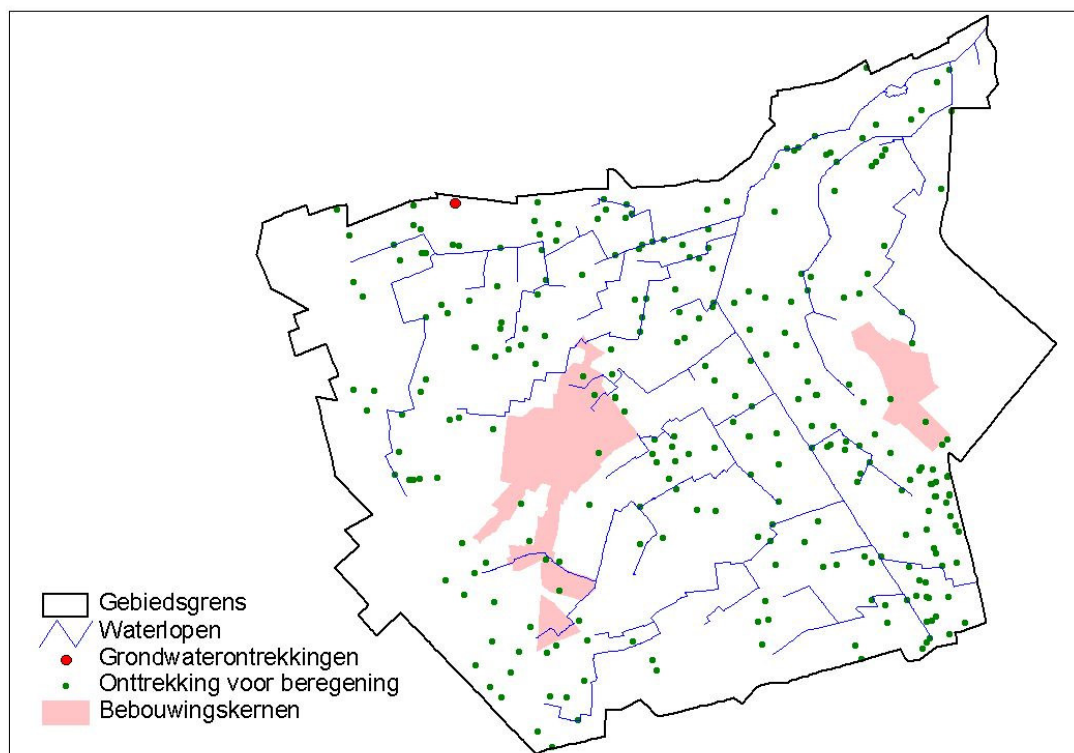
Van de 64% landbouwgebied is een nadere indeling gemaakt op basis van de gegevens uit Perireis. In tabel 2.4 is dit weergegeven.

Tabel 2.4 Indeling landbouwgebied

Type land- en tuinbouw	Oppervlak (ha)	(%)
Aardappels	76.5	2.9
Boomgaarden	0.3	0.0
Boomkwekerijen	27.8	1.0
Fruitekwekerijen	5.5	0.2
Geen gewas	4.6	0.2
Grasland	1599.0	59.7
Maïs	750.2	28.0
Overige gewassen	62.6	2.3
Suikerbieten	64.9	2.4
Tarwe	40.0	1.5
Vollegrondsgroenten	37.6	1.4
Vollegrondstuinbouw	1.4	0.1
Voorjaarsbollen	4.4	0.2
Zomerbloembollen	3.8	0.1
Eindtotaal	2679	100

2.8 Grondwateronttrekkingen

In het studiegebied bevinden zich 278 grondwateronttrekkingen voor beregening en er bevindt zich één grondwateronttrekking voor Camping De Heidebloem (Bron: onttrekkingenregister provincie Noord-Brabant). In figuur 2.9 zijn de locaties van deze onttrekkingen weergegeven.



Figuur 2.9 Grondwateronttrekkingen

De onttrekking van Camping Heidebloem bevindt zich in de Formatie van Peize en Waalre. In de schematisatie van tabel 2.1 is dit laag WVP 1B. Zowel van de onttrekking op de camping als

van de onttrekkingen voor beregening zijn de exacte dieptes van de onttrekkingsfilters en de onttrekkingsdebieten niet bekend.

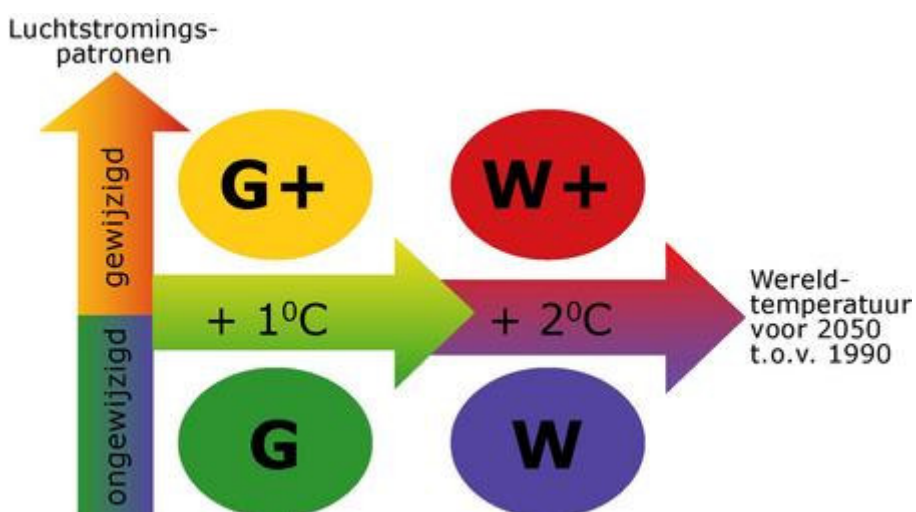
De hoeveelheid grondwater dat onttrokken wordt voor beregening is niet bekend, maar kan wel worden geschat. Het grondwaterplan van provincie Noord-Brabant (1987) gaat er op basis van de landbouwtelling van 1985 vanuit dat circa 40 tot 50 % van het areaal cultuurgrond beregend wordt. Het areaal cultuurgrond bedraagt circa 2630 ha (bron: Perireis). Dit is 64 % van het totale studiegebied (4110 ha). Indien hier 50% van beregend wordt met een gemiddelde jaarlijkse beregeningsgift van 100 mm/jaar (potentieel langjarig neerslagtekort, www.knmi.nl), bedraagt de jaarlijkse onttrekking voor beregening circa 1,3 miljoen m³. Dit zal uiteraard niet gespreid over het jaar, maar geconcentreerd in de zomer worden onttrokken. Voor het hele gebied gaat dit om een schijf water van 32 mm/jaar, oftewel 12 % van de grondwateraanvulling.

2.9 Klimaatverandering

Door temperatuurstijgingen in de komende eeuw zijn zeespiegelstijgingen en veranderingen van rivierafvoeren en veranderingen in neerslag en verdamping te verwachten. Voor gebied Hooge Raam zijn vooral de veranderingen in neerslag (intensiteit en hoeveelheden) en veranderingen in verdamping van belang.

Het KNMI heeft scenario's ontwikkeld voor de verwachte veranderingen in neerslag en verdamping bij verschillende temperatuurstijgingen en veranderingen van luchtstromingspatronen. Eind mei 2006 zijn deze nieuwe scenario's gepresenteerd. Er worden vier scenario's onderscheiden. Deze zijn in figuur 2.10 weergegeven en worden in de bijbehorende tabel 2.5 toegelicht (Bron: www.knmi.nl).

Bij elk van deze scenario's zijn voor 2050 en 2100 percentages gegeven voor de toename van de zomer- en winterneerslag en de verdamping. De toename van de neerslag is zowel voor de gemiddelde situatie als voor de pieksituaties weergegeven. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 2.6.



Figuur 2.10

Klimaatscenario '06 KNMI

Tabel 2.5 Legenda voor de KNMI'06 klimaatscenario's voor Nederland

Code	Naam	Toelichting
G	Gematigd	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen West Europa
G+	Gematigd +	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen West Europa
W+	Warm +	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Tabel 2.6 Toename neerslag en potentiële verdamping voor klimaatscenario's 2006

2050	G	G+	W	W+
• Gemiddelde neerslaghoeveelheid winter	+4%	+7%	+7%	+14%
• Gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer	+3%	-10%	+6%	-19%
• 10-daagse neerslagsom winter die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
• 10-daagse neerslagsom zomer die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+13%	+5%	+27%	+10%
• Potentiële verdamping	+3%	+8%	+7%	+15%
2100				
• Gemiddelde neerslaghoeveelheid winter	+7%	+14%	+14%	+28%
• Gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer	+6%	-19%	+12%	-38%
• 10-daagse neerslagsom winter die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+8%	+12%	+16%	+24%
• 10-daagse neerslagsom zomer die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+27%	+10%	+54%	+20%
• Potentiële verdamping	+7%	+15%	+14%	+30%

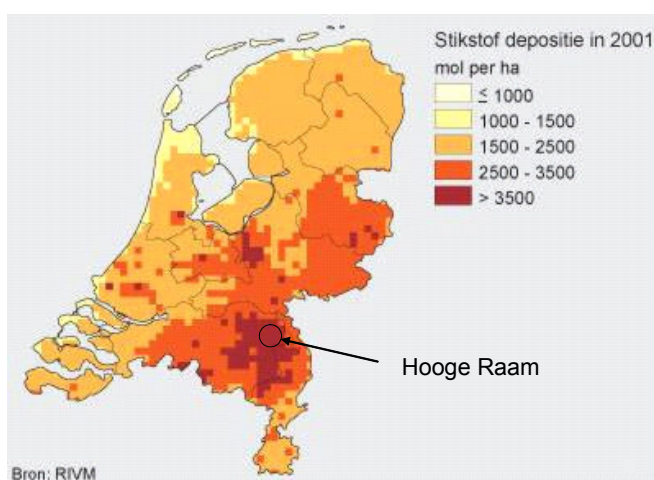
2.10 Depositie stikstof en fosfor

In tabel 2.7 zijn de bronnen voor de stikstofdepositie (nat + droog) in heel Nederland samengevat (RIVM/MNP, 2005). De landbouw levert de grootste bijdrage aan de stikstofdepositie. Meer dan de helft van de stikstofdepositie is afkomstig uit Nederlandse bronnen, en bijna de helft is afkomstig van de landbouw als ammonium.

Tabel 2.7: Bronnen en herkomst stikstofdepositie in Nederland

	Geoxideerd stikstof (NO _y) %	Gereduceerd stikstof (NH _x) %	Totaal stikstof (N) %
Totaal	30	70	100
Nederland, landbouw	0	44	44
Nederland, overig	11	6	17
Noordzee	3	0	3
Buitenland	14	16	31
Achtergrond	2	3	6

De cijfers van het RIVM/MNP zijn gebaseerd op emissieregistratie, statistische kentallen, en modelberekeningen, om zodoende een landsdekkend beeld te genereren van de depositie van verschillende stoffen. De atmosferische depositie van stikstof is weergegeven in figuur 2.11



Figuur 2.11: Stikstofdepositie in Nederland. (www.rivm.nl)

De depositie in Oost Brabant (waaronder gebied Hooze Raam) is voor 2001 berekend op 3500 mol per hectare. Dit is vergelijkbaar met getallen voor Oost Brabant gevonden door Bussink en Oenema (2003). Door de korte verblijfstijd van ammonium in de atmosfeer (circa 6 dagen) vindt depositie van stikstof dicht bij de bron plaats. Dit is de reden voor de relatief hoge stikstofdepositie in Oost Brabant, welke tot meer dan drie maal de natuurlijke achtergrondwaarde is.

Om te bepalen wat deze hoeveelheden concreet betekenen is deze totale depositie vergeleken met de gemeten natte depositie (vrachten en concentraties in regenwater). Deze concentraties in het regenwater worden vergeleken met de MTR waarden voor oppervlaktewater. Op dit moment gelden MTR waarden van 2.2 mg/l N en 0.15 mg/l P. Als verwaarloosbaar risico wordt de helft van deze concentraties aangehouden. In gevoelige oppervlaktewateren (zoals meren en vennen) kunnen nog lagere concentraties tot problemen leiden.

Om inzicht in de natte depositie te krijgen is de regenwaterkwaliteit aan de hand van het landelijk meetnet regenwatersamenstelling in kaart gebracht (RIVM 1996-2000). De metingen van station 131 (Vredepeel, circa 20 km ten zuidoosten van Hooze Raam) zijn voor deze tijdsperiode in onderstaande tabel samengevat voor zowel stikstof als fosfaat.

Tabel 2.8: Natte depositie in Vredepeel

	NH ₄ mmol/m ² (μ mol/l)	NO ₃ mmol/m ² (μ mol/l)	N-totaal mmol/m ² (μ mol/l)	PO ₄ (mmol/m ²) (μ mol/l)
1996	75.5 (119)	25.1 (39)	100.6 (158)	0.322 (0.5)
1997	74.9 (129)	21.8 (40)	96.7 (169)	0.892 (1.7)
1998	(alleen winter)	(alleen winter)	(alleen winter)	(alleen winter)
1999	74.4 (113)	26.8 (41)	101.2 (154)	0.33 (0.5)
2000	84.1 (98)	31.2 (37)	115.3 (135)	0.65 (0.8)

Gemiddeld wordt in meetpunt Vredepeel een totaal-N concentratie van circa 160 μ mol/l stikstof gevonden. Dit komt neer op 2.24 mgN/l, vrijwel gelijk aan de MTR van 2.2 mg/l N. Aangezien de bodem nog een deel van de stikstof afbreekt en een groot deel door planten kan worden opgenomen, levert de natte depositie voor oppervlaktewater waarschijnlijk geen probleem op.

De natuurlijke achtergronddepositie (nat+droog) bedraagt 1000 mol/hectare (RIVM 1996 - 2000). De natte depositie in het gebied alleen al bedraagt circa 1030 mol/hectare (gemiddeld circa 103 mmol/m²). De natte depositie is dus ongeveer gelijk aan de natuurlijke achtergronddepositie en de droge depositie is een factor 2.5 maal hoger dan de natuurlijke achtergronddepositie. Dit komt neer op circa 50 kg per hectare. Dit is goed op te nemen door de aanwezige planten.

Voor fosfaat geldt dat een gemeten concentratie in het regenwater van 0.6 μ mol/l. Dit komt neer op 0.06 mg/l. Deze concentratie zit ruim onder de MTR waarde, doch licht hoger dan voor zeer gevoelige systemen noodzakelijk is. Daarnaast is er droge depositie van fosfaat. Deze is echter ten opzichte van de neerslag en bemesting van gering belang.

2.11 Leemten in kennis

Naar aanleiding van het onderzoek naar de systeemvoorwaarden in gebied Hooge Raam blijkt dat een aantal gegevens nog onvoldoende bekend is of met onvoldoende detail. Het gaat daarbij om de volgende gegevens.

- De hydraulische weerstanden van de breuken zijn onvoldoende bekend. Er zijn geen gegevens bekend over de mate van versmering van de kleilagen.
- De verbreiding en dikte van de scheidende laag tussen watervoerend pakket 1A en 1B is beperkt bekend. Door het betrekken van meer bestaande of nieuwe boringen bij samenstelling van de dikte- en dieptekaart van de scheidende laag ontstaat naar verwachting een logischer beeld dan in figuur 2.3.
- Van het gebied is alleen een 1:50.000 bodemkaart beschikbaar. Een veel gedetailleerdere 1:10.000 bodemkaart is van dit gebied niet beschikbaar. Hierdoor is er minder detailinformatie over de ondiepe bodem beschikbaar dan mogelijk zou zijn.
- De gemiddelde neerslag in de periode 1996 – 2005 van de drie meteostations die betrokken zijn bij het bepalen van de neerslag in het studiegebied vertonen onderling verschillen van meer dan 15%. Onbekend is met welk meteostation de neerslag in het studiegebied het meest overeenkomt.
- De exacte onttrekkingsdebieten (gemiddelden en fluctuaties) en de filterdieptes van zowel de onttrekking op Camping De Heidebloem als de onttrekkingen voor beregening zijn onbekend. Met name beregening is qua omvang een relevante post voor de waterbalans. Nader onderzoek hiernaar is gewenst.

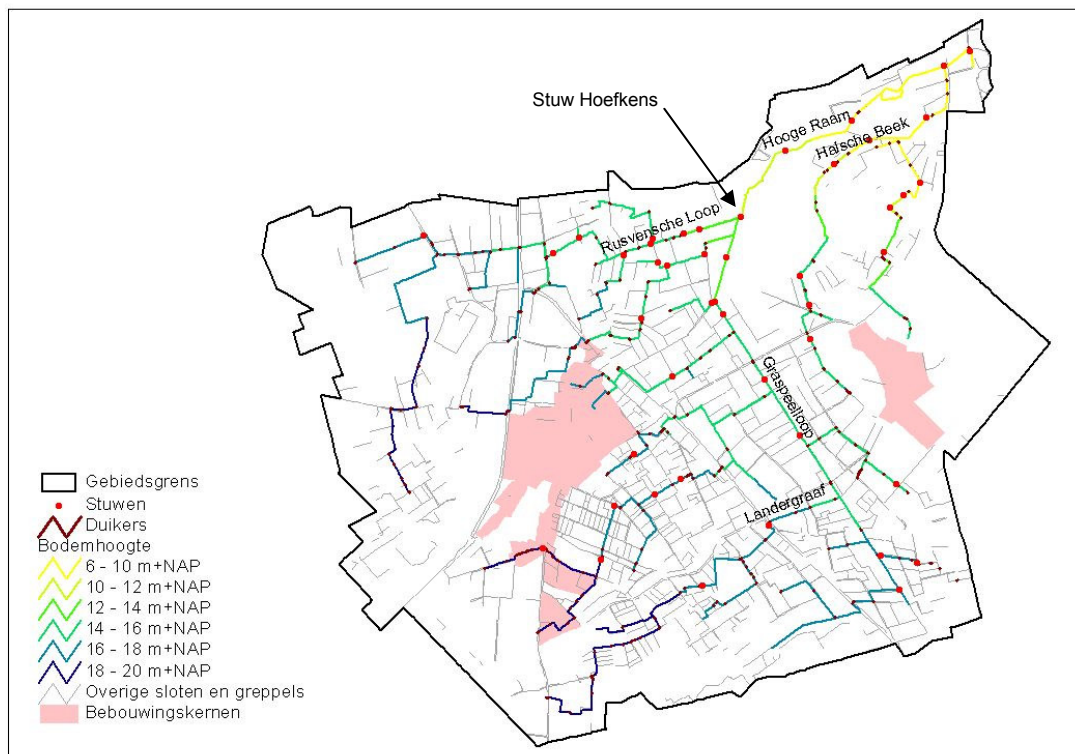
3 Stromingen

3.1 Inleiding

Bij het beschrijven van het watersysteem is onderscheid gemaakt in het grondwater en het oppervlaktewater en de relatie ertussen. De belangrijkste waterkwantiteitsprocessen zijn neerslag, verdamping door vegetatie en open water, oppervlakkige en ondiepe afstroming, infiltratie, kwel, afvoer en ondiepe en diepe grondwaterstroming. Op basis van de verzamelde gegevens wordt ingegaan op stromingsrichtingen en snelheden van het grond- en oppervlaktewater. De verzamelde gegevens zijn op kaartbeelden weergegeven. Belangrijk voor de ecologie is de herkomst van eventueel kwelwater en welke verblijftijden gelden. Bij het beschrijven van het watersysteem wordt ingegaan op de menselijke beïnvloeding.

3.2 Oppervlaktewatersysteem

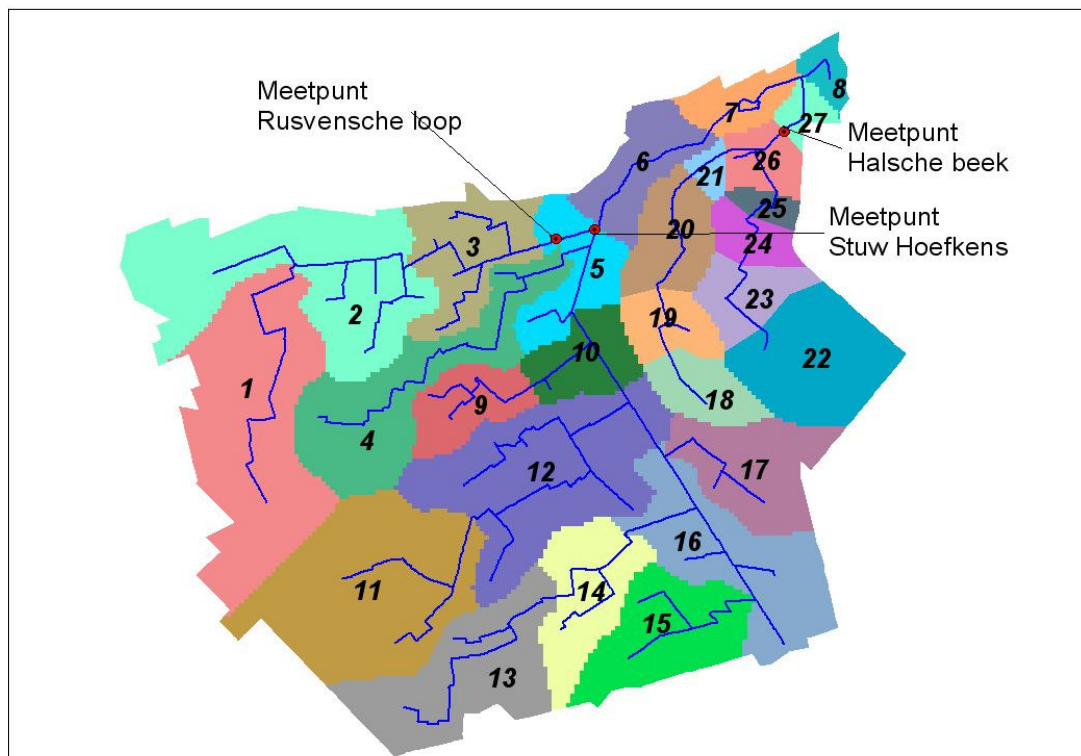
Het watersysteem in studiegebied Hooge Raam bestaat uit twee beken, de Hooge Raam en de Halsche Beek, elk met een aantal zijlopen. Het centrale deel van het studiegebied watert in oostelijke richting af op de Graspeelloop, die overgaat in de Hooge Raam en vervolgens uitmondt in de Graafsche Raam. Het noordelijk deel watert af op de Rusvensche Loop. Ook deze watert af op de Hooge Raam. Het oostelijk deel van het studiegebied watert af op de Halsche beek. Slecht één van de watergangen die op de Graspeelloop uitkomt, heeft een naam. Dit is de Landergraaf. De ligging van deze waterlopen, inclusief bodemhoogte, is weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Oppervlaktewatersysteem Hooge Raam

Naast deze leggerwatergangen is er in het gebied een groot aantal sloten en greppels, met name in het centrale deel tussen Zeeland en Langeboom. Deze sloten en greppels zijn eveneens in de figuur aangegeven. In de figuur zijn ook de kunstwerken (stuwen en duikers) weergegeven. In de legger zijn in totaal 46 stuwen en 327 duikers opgenomen in de legger. Tevens komen in het gebied 7 lozingspunten (riooloverstorten) voor. Hiervan liggen er 5 bij Zeeland en 2 bij Langeboom. Het gebied watert volledig onder vrij verval af. Gemalen komen niet voor. Het gebied Hooge Raam is een hydrologische afgesloten stroomgebied, dat wil zeggen: er is geen aanvoer van gebiedsvreemd oppervlaktewater en er is geen RWZI in het gebied waarbij effluent in en watergang wordt geloosd. Een uitzondering hierop vormen de overstorten van de dorpskern van Zeeland en Langeboom.

In GIS is op basis van de ligging van de watergangen een indeling gemaakt in 27 afwateringsgebieden. Deze zijn weergegeven in figuur 3.2. Per afwateringsgebied is een waterbalans opgesteld. Deze zijn weergegeven in paragraaf 3.8.

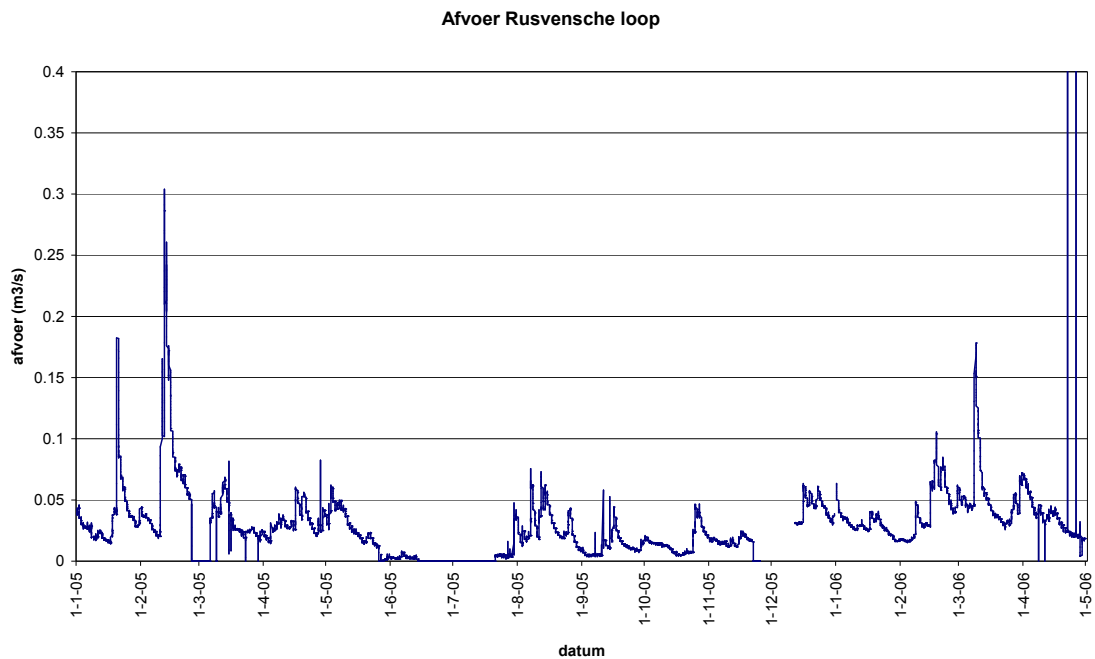


Figuur 3.2 Indeling in afwateringsgebieden en meetpunten afvoer

3.3 Afvoeren en stroomsnelheden

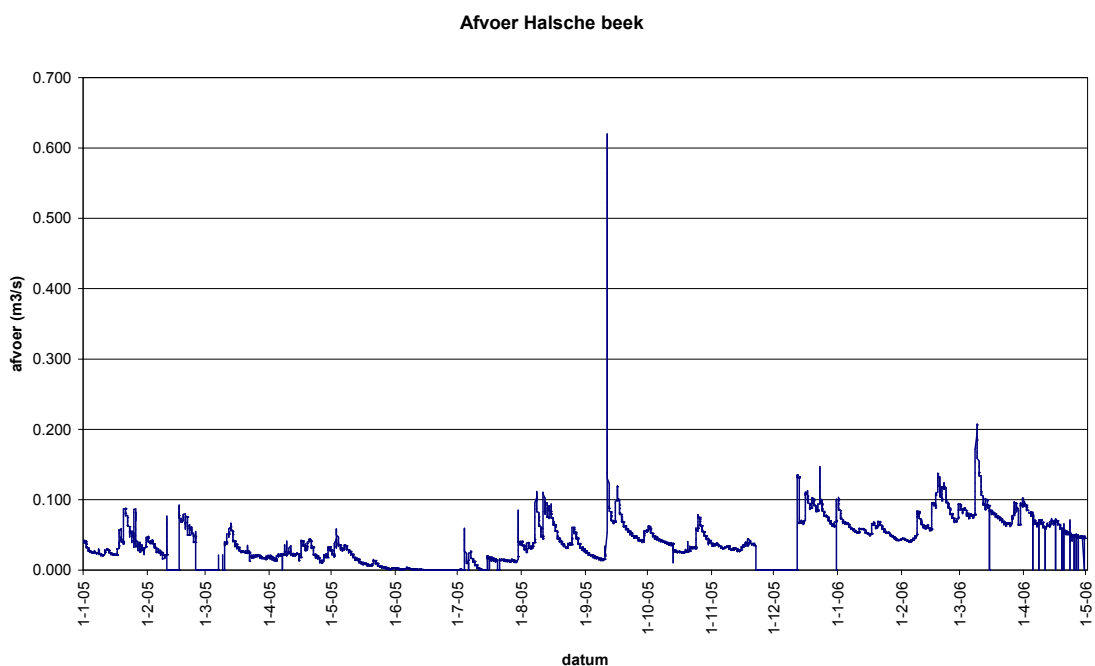
Het gemiddelde jaardebiet (2004) dat het projectgebied verlaat bedraagt circa $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$, ofwel 9,8 miljoen m^3 per jaar (Kamsma, 2005). Op drie plaatsen in het studiegebied worden oppervlaktewaterpeilen gemeten. Van deze punten zijn metingen beschikbaar van 1 januari 2005 tot 1 mei 2006 (Halsche beek en Rusvensche loop) of tot 31 augustus 2006 (Stuw Hoefkens). De locaties van deze punten zijn weergegeven in figuur 3.2. Op deze drie punten is de afvoer afgeleid uit de klepstand en het bovenstroomse waterpeil.

De eerste locatie bevindt zich in de Rusvensche loop. Hier wordt bovenstrooms een gemiddeld peil gemeten van NAP +14,3 m en benedenstrooms van NAP +13,5 m. De afvoer hiervan is weergegeven in figuur 3.3a. De afvoer varieert tussen 0 en $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. De gemiddelde afvoer bedraagt $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ oftewel 20 l/s.



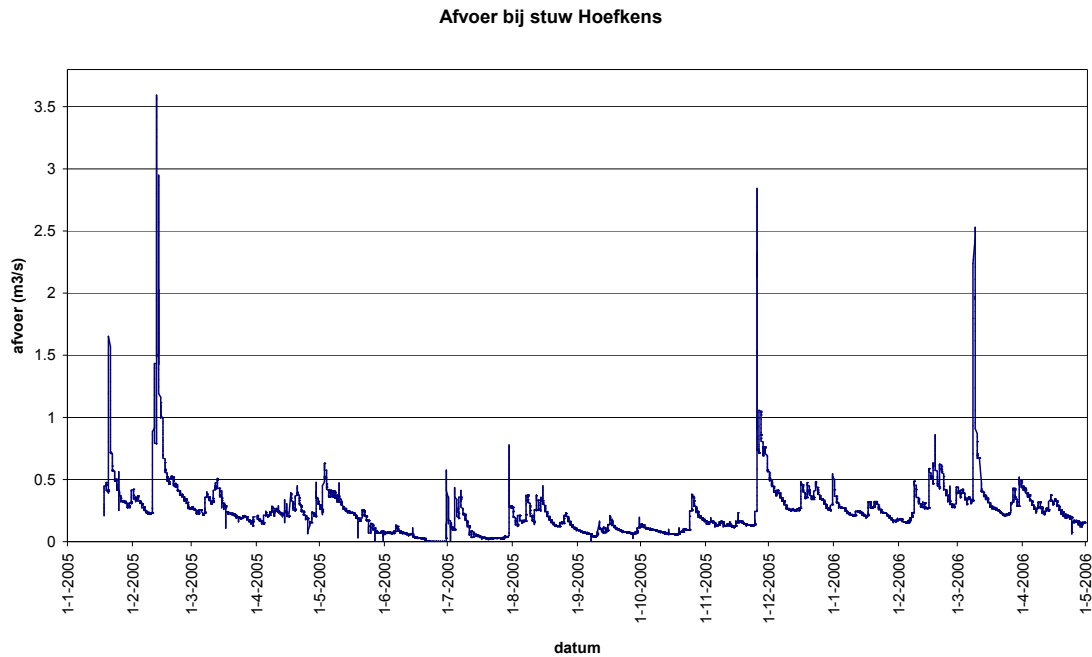
Figuur 3.3a Afvoer meetpunt Hooge Raam van januari 2005 tot en met mei 2006

De tweede locatie bevindt zich aan het eind van de Halsche beek. Hier wordt bovenstrooms een gemiddeld peil gemeten van gemiddeld NAP +9,24 m en benedenstrooms van NAP + 8,57 m. De afvoer hiervan is weergegeven in figuur 3.3b. De afvoer varieert tussen 0 en 0,6 m³/s. De gemiddelde afvoer bedraagt 0,03 m³/s oftewel 30 l/s.



Figuur 3.3b Afvoer meetpunt Halsche beek van januari 2005 tot en met mei 2006

De derde locatie, stuw Hoefkens, bevindt zich aan het eind van de Graspeelloop. Hier wordt bovenstrooms een gemiddeld peil gemeten van gemiddeld NAP +13,4 m en benedenstrooms van NAP + 12,7 m. De afvoer hiervan is weergegeven in figuur 3.3c. De afvoer varieert tussen 0 en 3,5 m³/s. De gemiddelde afvoer bedraagt 0,23 m³/s oftewel 230 l/s.



Figuur 3.3c Afvoer meetpunt Stuw Hoefkens van januari 2005 tot en met mei 2006

Meer gegevens van de gebiedsafvoer zijn niet beschikbaar. Van de Hooge Raam is van geen enkel jaar de gebiedsafvoer volledig bekend. Van de Rusvensche loop, Graspeelloop en Halsche beek alleen over 2005. Hierdoor kan geen uitspraak gedaan worden over de jaarlijkse fluctuaties van de afvoer.

De stroomsnelheid wordt gemeten op vier locaties. Deze meetpunten zijn weergegeven in figuur 5.1. Er zijn bij het waterschap gemeten stroomsnelheden beschikbaar van de periode 16/01/2004 tot 19/12/2005. De meetmethode is niet bekend. In tabel 3.1 zijn van deze punten de gemiddelde, de minimale en de maximale stroomsnelheid weergegeven.

Tabel 3.1 Gemeten stroomsnelheden in vier meetpunten in de periode

Meetpunt	Locatie	Gemiddelde stroomsnelheid (m/s)	Minimale stroomsnelheid (m/s)	Maximale stroomsnelheid (m/s)
oGRASPL900	Graspeelloop	0.14	0.02	0.30
oHALSBE570	Halsche beek	0.12	0.01	0.40
oHOOGRA440	Hooge Raam (bovenstrooms)	0.14	0.01	0.43
oHOOGRA860	Hooge Raam (benedenstrooms)	0.18	0.01	0.60

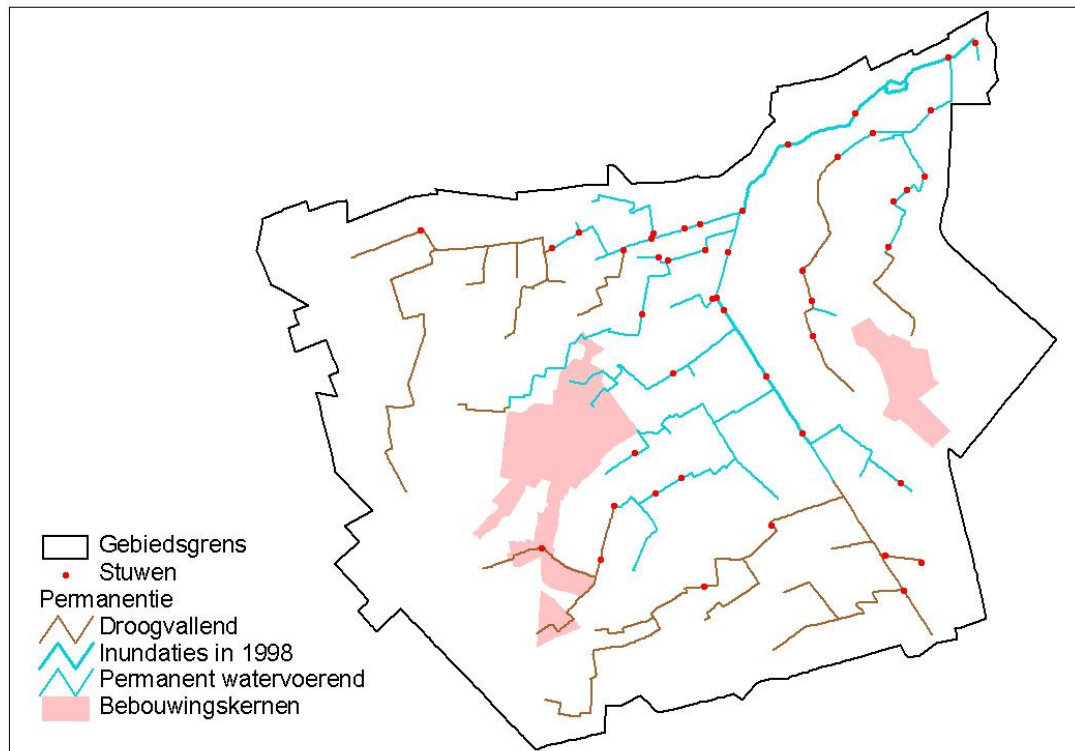
In een eerder onderzoek (Grontmij, 1993) zijn voor de Hooge Raam stroomsnelheden berekend van 0,33 tot 1,23 m/s. Tijdens het veldbezoek (medio maart 2006) is in de Hooge Raam (circa 700 m benedenstrooms van stuw Hoefkens) een stroomsnelheid bepaald van circa 0,3 m/s.

Op basis van de gemeten afvoeren en de profielen zijn voor meetpunt Rusvensche loop stroomsnelheden berekend tussen 0 tot 0,13 m/s bovenstrooms van de meetstuw en 0 tot 0,14 m/s benedenstrooms van de meetstuw.

Op basis van de gemeten afvoeren en de profielen zijn voor meetpunt Halsche beek stroomsnelheden berekend tussen 0 tot 0,22 m/s bovenstrooms van de meetstuw en 0 tot 0,19 m/s benedenstrooms van de meetstuw.

3.4 Permanentie van waterlopen

Een deel van de waterlopen in het gebied is permanent watervoerend. Een ander deel valt in de zomer droog (Kamsma, 2005). Deze gegevens zijn aangevuld op basis van de ervaringen van medewerkers van het waterschap. In figuur 3.4 is dit weergegeven.



Figuur 3.4 Permanentie van de watergangen in het studiegebied

Een groot deel van de bovenlopen van de Rusvensche loop, de Halsche beek en de Graspeelloop en de hele Landergraaf vallen droog in de zomer. Er zijn geen gegevens bekend hoelang de verschillende beken droog staan. Dit varieert uiteraard sterk per beek en per locatie in de beek. De uiterste bovenloop zal vrij permanent droog staan, terwijl de benedenlopen permanent watervoerend zijn. In de figuur is tevens aangegeven welke watergangen bij de extreme neerslag van november 1998 buiten hun oevers zijn getreden.

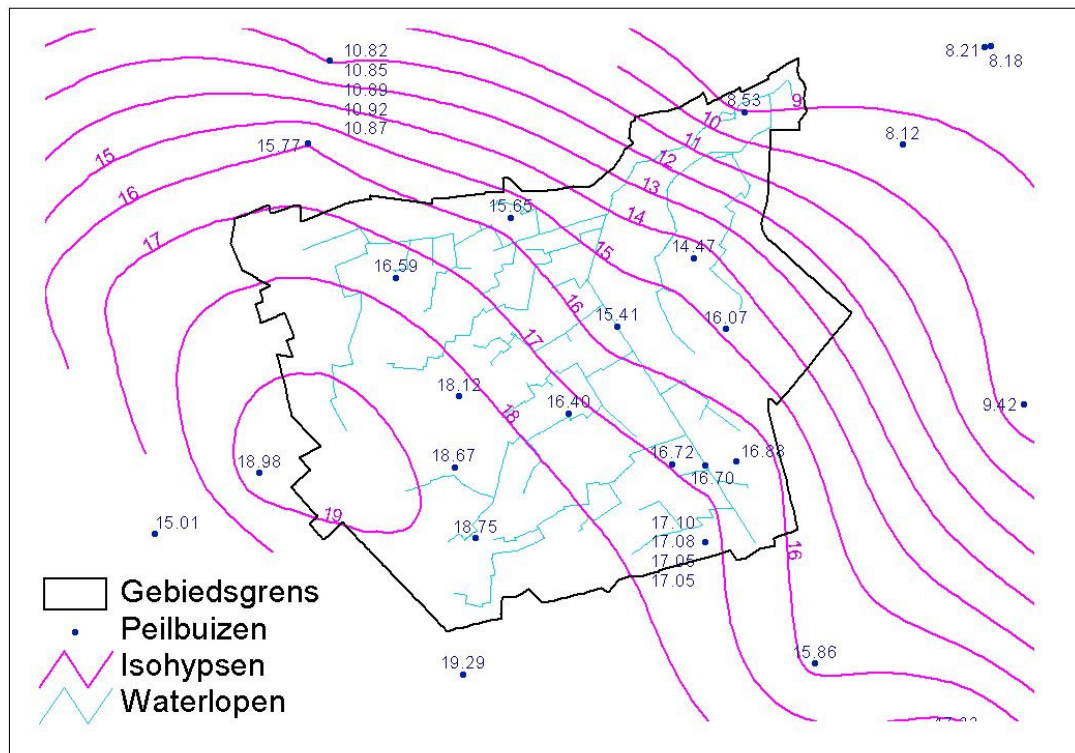
3.5 Grondwaterstanden

In het studiegebied worden in 14 peilbuizen, met in totaal 17 peilbuisfilters, de grondwaterstanden gemeten. De diepte van deze filters varieert van 3 tot 26 m-mv. Slechts twee filters in het gebied gaan dieper, namelijk tot 67 en 146 m-mv. De peilbuizen staan goed verspreid over het studiegebied.

Van deze buizen en een aantal peilbuizen rondom het studiegebied zijn uit de TNO-database DINO de gemeten grondwaterstanden opgevraagd over de periode 01/01/1996 tot 31/12/2005. In figuur 3.5 is van deze peilbuizen de gemiddelde grondwaterstand over deze periode weergegeven. Tevens zijn de isohypsen van de gemiddelde grondwaterstand weergegeven die op basis van de metingen geconstrueerd zijn.

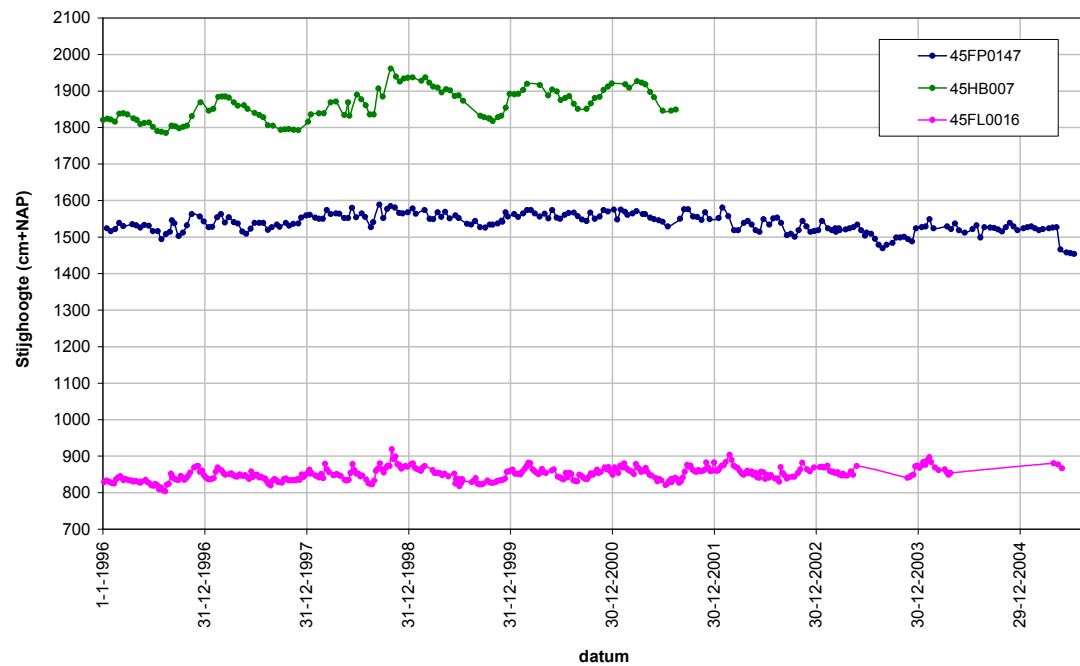
De grondwaterstand varieert in het gebied van circa NAP +19 m in het zuidwesten tot circa NAP +9 m in het noordoosten. Vooral in het noordoostelijk deel neemt de grondwaterstand in

noordoostelijke richting sterk af. Deze sterke gradiënt in de grondwaterstand hangt nauw samen met de vergelijkbare gradiënt in het maaiveldhoogteverloop en het daaraan gekoppelde drainagebasis.



Figuur 3.5 Gemeten gemiddelde grondwaterstanden en isohypsen gemiddelde grondwaterstand in m+NAP

Per peilbuis is de GHG en de GLG bepaald. Het verschil tussen GHG en GLG is de gemiddelde seizoensfluctuatie van de grondwaterstand. Deze varieert in het gebied van circa 1,2 à 1,6 m in het westen tot circa 0,4 m in het noordoosten. De seizoensfluctuatie neemt af in noordoostelijke richting. Dit wordt geïllustreerd in figuur 3.6. In figuur 3.6 is van de drie peilbuizen het verloop van de stijghoogte in de tijd weergegeven.

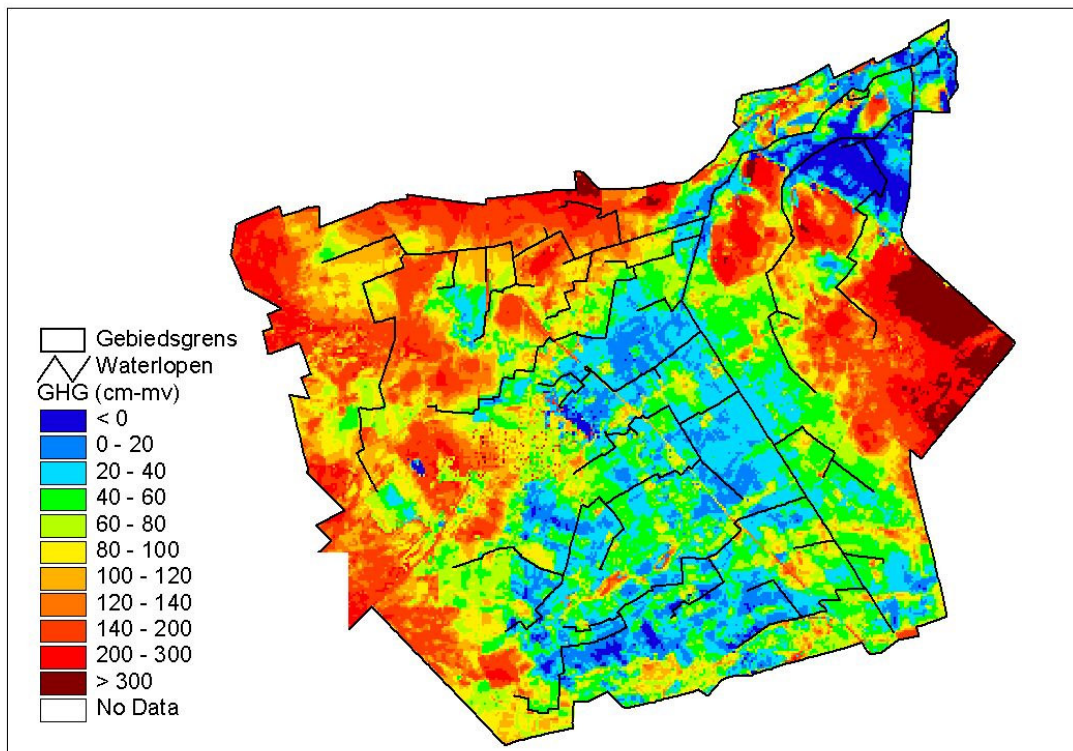


Figuur 3.6 Tijdsreeksen van de stijghoogte van drie peilbuizen over de periode 1996 – 2005

Als eerste valt het grote verschil in stijghoogte op relatief korte afstand op. Ten tweede valt op dat dynamiek van de bovenstrooms en hoog gelegen peilbuis 45HB007 groter is (circa 1,5 m) dan beide andere peilbuizen (circa 1 m). De kleinere seizoensfluctuatie in de lager gelegen peilbuizen wordt vooral veroorzaakt door de intensievere ontwatering in de lagere delen.

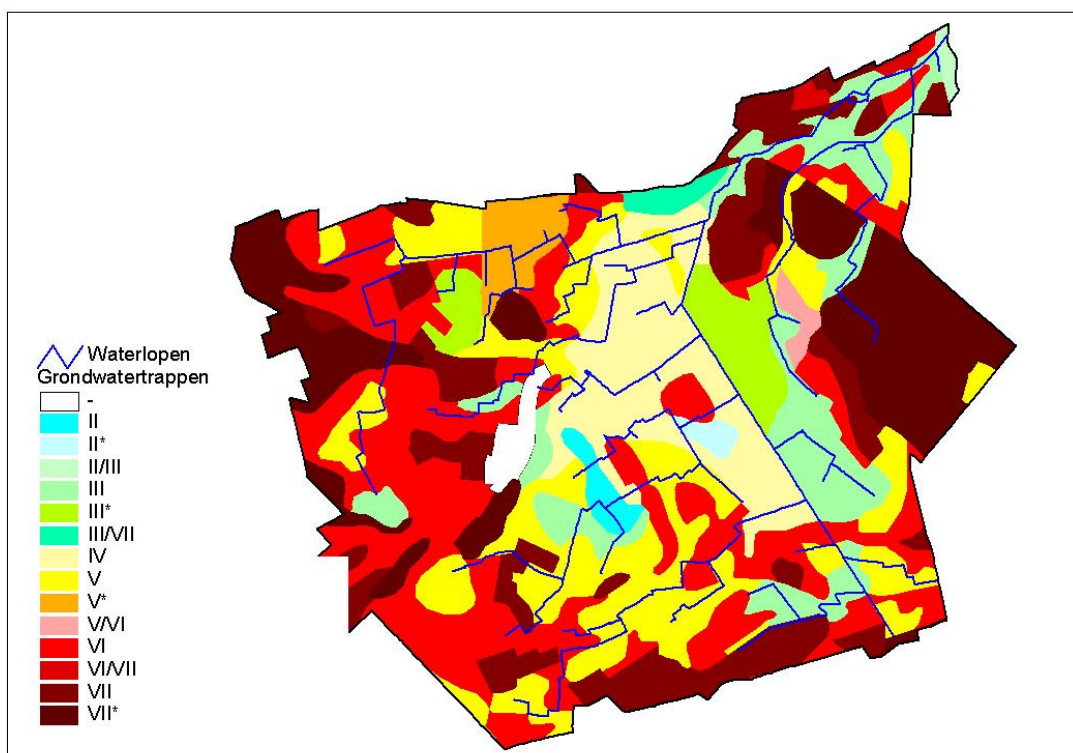
Slechts in twee peilbuizen in het gebied wordt op meerdere dieptes de grondwaterstand gemeten. Van deze peilbuizen zijn de op verschillende dieptes gemeten grondwaterstanden onder elkaar weergegeven. Hieruit blijkt dat de grondwaterstand over de diepte niet sterk varieert (5 à 10 cm). Gezien de beperkte aanwezigheid van scheidende lagen (zie figuur 2.3) is dit ook logisch.

Met het waterdoelenmodel van de provincie Noord-Brabant (TNO, 2002) is voor de hele provincie de GHG berekend. In figuur 3.7 is deze berekende GHG weergegeven voor het studiegebied. Hierop is de GHG weergegeven in cm ten opzichte van maaiveld, waardoor een overzicht wordt verkregen van de natte en droge plekken in het studiegebied.



Figuur 3.7 GHG in cm-mv op basis van het Waterdoelenmodel

Uit de figuur blijkt dat het noordelijk, westelijk en oostelijk deel van het studiegebied een diepe grondwaterstand hebben. Het centrale deel en de noordoosthoek zijn veel natter. Hier komt de grondwaterstand in de natte perioden tot aan of boven maaiveld. Aangezien het waterdoelenmodel grof van opzet is, zijn ter aanvulling de grondwatertrappen uit de bodemkaart (Stiboka, 1976) weergegeven in figuur 3.8.



Figuur 3.8 Grondwatertrappen uit Stiboka-bodemkaart

Grondwatertrap I, waarbij de GHG boven maaiveld uitkomt, komt volgens de bodemkaart niet in het gebied voor. Op hoofdlijnen komen de berekende GHG en de GT-kaart wel met elkaar overeen, maar de met het waterdoelenmodel berekende GHG is naar verwachting te hoog.

3.6 Grondwaterstroming

Uit het isohypsenpatroon blijkt dat de grondwaterstroming een oost-noordoostelijke richting heeft. Dit komt goed overeen met het verloop van de maaiveldhoogte en de daarmee samenhangende drainagebasis. Op basis van het isohypsenpatroon en de doorlaatfactor van het watervoerend pakket is de stroomsnelheid berekend, uitgaande van een gemiddelde porositeit van 0,25. In tabel 3.2 zijn de berekende waarden weergegeven.

Tabel 3.2 Berekende stroomsnelheid

Watervoerend pakket	Gebied	Verhang (m/m)	Doorlaatfactor (m/d)	Stroomsnelheid (m/d)
1A	Westelijk deel	0.00077	22	0.07
1A	Centraal deel	0.00125	25	0.12
1A	Noordoostelijk deel	0.00250	30	0.3
1B	Westelijk deel	0.00077	12	0.04
1B	Centraal deel	0.00125	15	0.08
1B	Noordoostelijk deel	0.00250	5	0.05

De stroomsnelheden van het grondwater variëren tussen circa 0,04 en 0,12 m/d. De stroomsnelheden zijn het hoogst in het ondiepe deel van het eerste watervoerend pakket (WVP 1A) in het noordoosten en het laagst in het diepe deel van het watervoerend pakket (WVP 1B) in het westen.

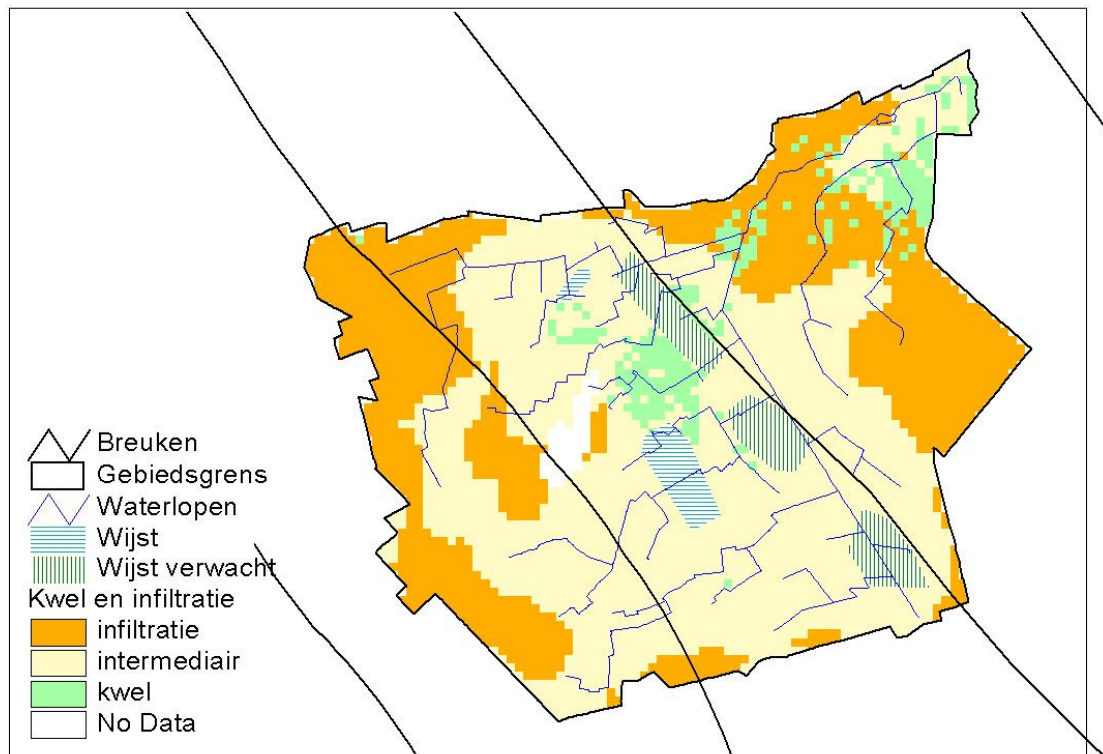
3.7 Kwel en infiltratie

Van het hele waterschap Aa en Maas is een indicatieve kwel en infiltratiekaart beschikbaar (Kamsma, 2005). In figuur 3.9 is de kwel en infiltratie voor gebied Hooge Raam weergegeven.

Infiltratie komt voor in de hoge delen aan de oost- en westkant van het studiegebied. Kwel komt voor in het centrale deel van het studiegebied en in de noordoosthoek van het studiegebied. De kwel in het gebied is ijzer-, nikkel- en sulfaatrijk (zie paragraaf 5.2). Aan de oppervlakte oxideert het ijzer.

Het grondwater stroomt in het gebied globaal in noordoostelijke richting. Bij de IJsselsteinbreuk neemt de kD-waarde van het watervoerend pakket sterk af. Hierdoor wordt het grondwater plaatselijk tegengehouden en stroomt ter plekke omhoog, waardoor natte plekken aan maaiveld ontstaan. Dit verschijnsel wordt 'wijst' genoemd en is typerend voor de zogenaamde wijstgronden. Hierbij doet zich vaak het verschijnsel voor dat hoger gelegen gronden veel natter zijn dan de direct daarnaast gelegen lagere gronden.

Op de kaart zijn tevens de breuken en de gebieden weergegeven waar wijst wordt verwacht. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen locaties afkomstig uit een GIS-bestand met wijstgebieden (wijst) en gebieden waar op basis van de breuken, kD-waarden en maaiveldhoogte wijst mag worden verwacht ("wijst verwacht"). De herkomst en betrouwbaarheid van het GIS-bestand is onbekend.



Figuur 3.9 Kwel, infiltratie en (potentiële) wijstgebieden

3.8 Waterbalansen

Door middel van waterbalansen is getracht meer inzicht te krijgen in de werking van het watersysteem. Er is zowel een balans gemaakt van het totale studiegebied als van de 27 deelgebieden uit figuur 3.2.

3.8.1 Waterbalans totale studiegebied

Eerst is een waterbalans opgesteld van het totale studiegebied van het jaar 2004. Van dit jaar zijn de neerslag, referentiegewasverdamping en de afvoer van de Hoge Raam bekend. Onder de inkomende posten van de waterbalans valt alleen de post neerslag. Er vindt geen wateraanvoer plaats. De uitgaande termen zijn verdamping, afvoer van de Hoge Raam en afvoer van stedelijk gebied naar de riolering. Beregening en grondwateronttrekkingen vormen geen onderdeel van de balans, aangezien het onttrokken grondwater ook weer ingebracht wordt in het systeem of via de riolering verdwijnt. Verdampingsverliezen door beregening zijn onderdeel van de term verdamping. De in- en uitgaande grondwaterflux zijn moeilijk afzonderlijk te bepalen zonder gedetailleerde grondwatermodellering. Deze zijn daarom samengevoegd en vormen met de bergingsverandering de sluitpost van de balans. In tabel 3.3 is deze eenvoudige balans weergegeven.

Uit deze waterbalans blijkt dat de Hoge Raam circa 28 % van de neerslag afvoert. 63% van de neerslag verdampt. Slechts 2% wordt via de riolering afgevoerd. Uit deze balans blijkt dat, uitgaande van een geringe bergingsverandering, er netto meer grondwater het gebied uitstroomt dan instroomt. Het gebied is kennelijk in totaal meer een infiltratie dan een kwelgebied.

Tabel 3.3 Waterbalans in 2004 van het totale studiegebied

Balansposten IN	mm/jaar	m ³ /jaar
Neerslag	851	34.976.100
Totaal IN	851	34.976.100
Balansposten UIT		
Verdamping	540	22.182.638
Afvoer Hooge Raam	237	9.760.000
Afvoer riolering	20	839.426
Totaal UIT	799	32.782.064
Sluitpost		
Grondwaterstroming en verandering berging	53	2.194.036

Deze balans is opgesteld uitgaande van de volgende gegevens:

- De neerslag is de gemiddelde neerslag over 2004 van de meteostations Volkel, Oss en Mill.
- De afvoer van de Hooge Raam is de totale afvoer over het jaar 2004. Van andere jaren zijn geen afvoeren van het totale stroomgebied beschikbaar.
- De afvoer van de riolering is gebaseerd op kentallen voor bebouwd gebied (Grontmij, 2001). In bebouwd gebied is gemiddeld 40% verhard. Van de neerslag die op dit verharde gebied valt, verdampt 25%, 25% infiltreert in de bodem en 50% wordt naar de riolering afgevoerd. Aangezien er geen RWZI in het gebied is, wordt deze 50% uit het gebied afgevoerd.
- De verdamping is afhankelijk van het landgebruik. In tabel 3.4 is weergegeven hoe deze verdamping bepaald is.

Tabel 3.4 Uitwerking verdamping naar landgebruik

Landgebruik	Areaal (ha)	Gemiddelde referentie- gewasverdamping (mm/jaar)	Gewasfactor (-)	Potentiële verdamping (mm/jaar)	Actuele verdamping (mm/jr)
Gras	1547	575	1.00	575	575
Akkerbouw	1373	575	0.85	489	489
Loofbos	172	575	0.95	546	546
Donker naaldbos	532	575	1.45	834	667
Bebouwing en infrastructuur	478	575	0.76	437	437
Totaal	4110				540

Voor tabel 3.4 is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

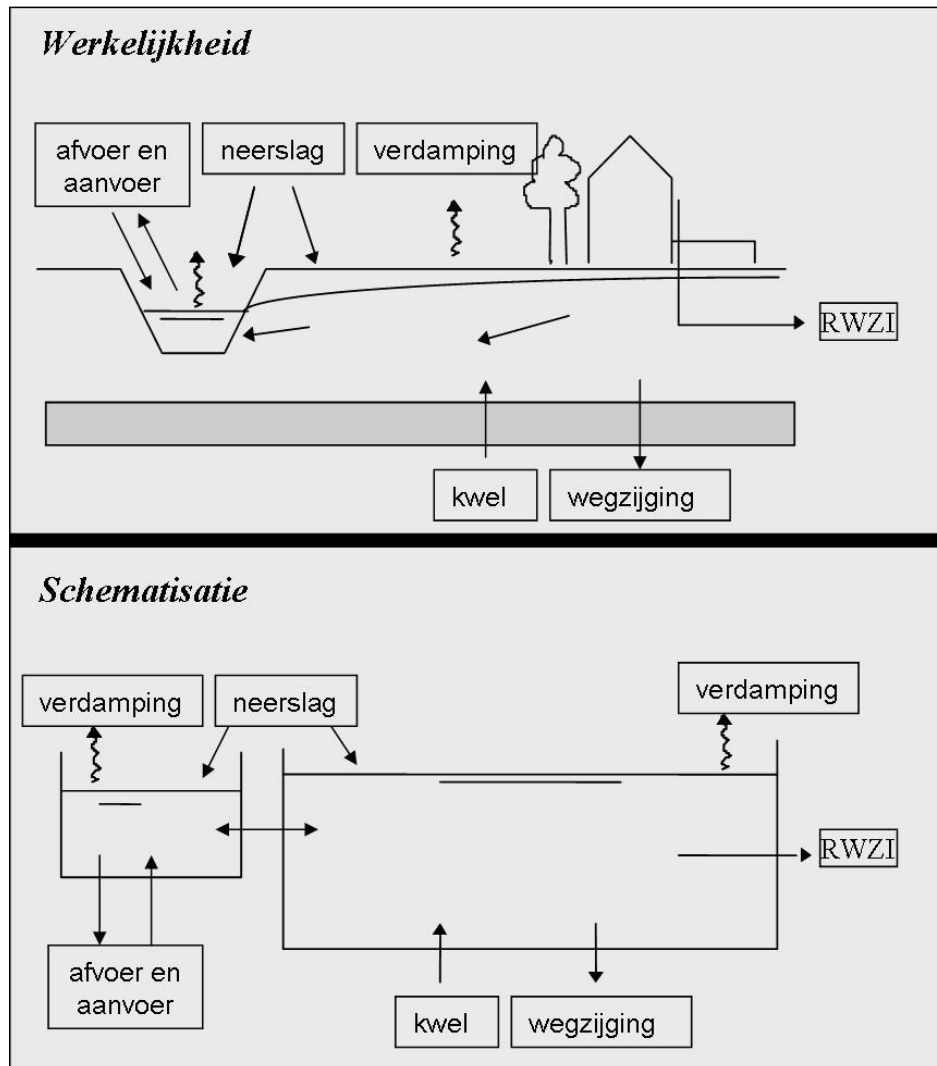
- De referentiegewasverdamping is de totale referentiegewasverdamping van 2004 van meteostation Volkel.
- De actuele verdamping van naaldbos bedraagt in zandige gebieden circa 80% van de potentiële verdamping (Meinardi, 1994).
- De actuele verdamping van gras en loofbos is gelijk aan de potentiële verdamping.
- De 'gewasfactor' voor stedelijk gebied is gebaseerd op kentallen voor bebouwd gebied (Grontmij, 2001)

3.8.2 Waterbalansen deelgebieden

Het totale gebied is opgedeeld in 27 deelgebieden. Deze zijn weergegeven in figuur 3.2. Per deelgebied is een niet-stationaire waterbalans opgesteld over de periode 01/01/1996 tot

31/12/2005. In deze balans wordt op dagbasis de aanvoer, afvoer, kwel en infiltratie, de freatische grondwaterstand, het oppervlaktewaterpeil en de flux tussen grond- en oppervlaktewater bepaald. Neerslag en actuele verdamping worden aan het model opgegeven als randvoorwaarde. De waterbalansen van de deelgebieden zijn onderling gekoppeld, zodat de afvoer van een bovenstrooms deelgebied gebruikt kan worden als aanvoer voor het benedenstrooms gelegen deelgebied.

Hiervoor is gebruik gemaakt van een door Grontmij ontwikkelde spreadsheet. Het programma is opgezet als een neerslag- afvoermodeel, waarbij de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater en diverse opties voor stedelijk waterbeheer zijn ingebouwd. In bijlage 1 is weergegeven hoe deze spreadsheet werkt, welke invoer nodig is en welke uitvoer gegenereerd wordt. In figuur 3.10 is deze gebruikte schematisatie weergegeven.



Figuur 3.10 Schematisatie waterbalansen per deelgebied

De berekende waterbalanstermen zijn in tabel 3.5 samengevat. De term neerslagoverschot is de neerslag minus de potentiële verdamping. De neerslag is voor alle gebieden hetzelfde (880 mm/jaar) omdat voor alle deelgebieden van dezelfde meteogegevens is uitgegaan (meteostation Volkel). De verdamping verschilt wel per deelgebied, omdat gerekend is met de potentiële verdamping op basis van gewasfactoren. De verdamping is daarmee afhankelijk van het landgebruik. De gebieden 1, 11 en 22 hebben de hoogste verdamping en daardoor het laagste neerslagoverschot. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van naaldbos. Gebied 9 heeft,

als gevolg van 7 % verhard gerioleerd gebied de laagste verdamping en daarmee het hoogste neerslagoverschot.

Tabel 3.5 Berekende gemiddelde balanstermen over de periode 01/01/1995 t/m 31/12/2005

Gebied		Balans (positief = in, negatief = uit)					Aan- en afvoer oppervlaktewater	
No	Oppervlak	neerslag-overschot	netto kwelflux	afvoer naar rwzi	gebieds-afvoer	verandering berging	aanvoer	afvoer
	ha	mm/jaar	mm/jaar	mm/jaar	mm/jaar	mm/jaar	m ³ /s	m ³ /s
1	405.6	223	-220	0	-2	1	0.000	0.000
2	386.4	280	-149	0	-130	1	0.000	0.016
3	155.2	332	-80	-2	-250	1	0.016	0.029
4	259.5	330	-97	-14	-219	1	0.000	0.018
5	109.1	344	487	0	-830	1	0.194	0.223
6	111.6	297	284	0	-580	1	0.223	0.243
7	64.3	320	532	0	-851	1	0.243	0.260
8	29.4	326	2236	0	-2561	1	0.311	0.335
9	92.2	356	-22	-31	-301	1	0.000	0.009
10	93.3	332	670	0	-1002	1	0.118	0.147
11	382.7	226	-218	-7	0	0	0.000	0.000
12	368.0	334	400	-8	-725	1	0.024	0.109
13	239.5	305	-300	-4	0	0	0.000	0.000
14	146.3	326	-165	0	-161	1	0.000	0.007
15	172.8	234	-147	0	-86	1	0.000	0.005
16	240.5	344	-197	0	-146	1	0.013	0.024
17	158.6	339	-316	-4	-19	0	0.000	0.001
18	74.5	323	-313	-9	-1	0	0.000	0.000
19	69.0	323	-144	-7	-171	1	0.000	0.004
20	103.6	321	-422	0	101	1	0.004	0.000
21	19.0	332	1911	0	-2243	1	0.000	0.014
22	197.2	217	-167	-12	-38	1	0.000	0.002
23	75.4	324	-242	-10	-72	1	0.002	0.004
24	48.5	293	-286	-2	-4	1	0.004	0.004
25	23.3	333	154	-1	-485	1	0.004	0.008
26	56.6	332	375	-1	-705	1	0.022	0.034
27	27.0	334	1615	-7	-1941	1	0.034	0.051

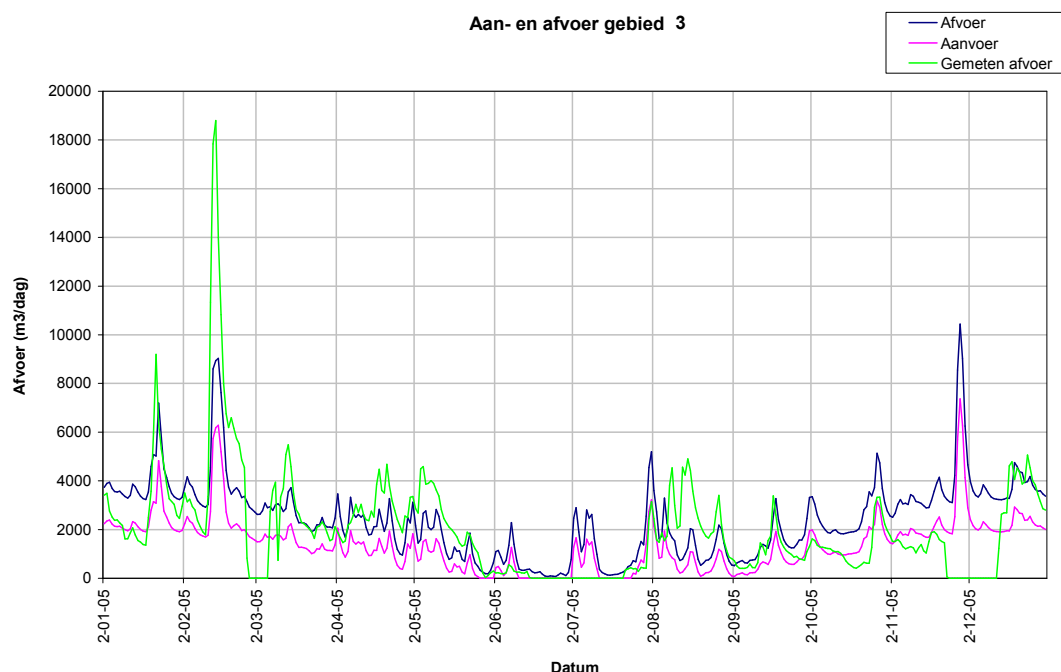
De tweede kolom in de waterbalans is de netto kwelflux. Dit is de sommatie van alle dagwaarden voor kwel en wegzijging. De kwel en wegzijging wordt bepaald door het verschil in gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket en de gemiddelde freatische grondwaterstand en de verticale hydraulische weerstand daartussen. Door de geringe dikte en geringe hydraulische weerstand van de deklaag zijn er in de meeste gebieden geen grote verschillen tussen de diepe en ondiepe grondwaterstanden. Alleen bij grote verschillen tussen de drainagebasis en de diepe grondwaterstand is sprake van een grotere kwel- of wegzijgingsflux. Dit is het geval bij deelgebied 8, 10, 21 en 27. In deze gebieden is de drainagebasis, die bepaald is als de gemiddelde bodemhoogte van de watergangen, veel lager dan de gemiddelde stijghoogte, die bepaald is op basis van de isohypsen in figuur 3.5. Dit resulteert in deze gevallen in een kwelflux met een onwaarschijnlijk hoge waarde (meer dan 1,5 mm/dag). Het is waarschijnlijk dat in deze gebieden de stijghoogte in het watervoerend pakket minder verschilt van de drainagebasis dan volgt uit het isohypsenpatroon van figuur 3.5. Deze te grote kwelflux veroorzaakt ook een grotere gebiedsafvoer dan waarschijnlijk is.

In kolom drie van de waterbalans is de afvoer naar de RWZI weergegeven. De gebiedsafvoer is weergegeven in kolom vier van de waterbalans. De waarde in deze kolom is de sommatie van alle dagwaarden van de flux tussen grond- en oppervlaktewater. In de laatste twee kolommen van de tabel is de aan- en afvoer van het oppervlaktewatersysteem weergegeven in m^3/s . In de meest bovenstrooms gelegen deelgebieden zoals 1, 4, 11, 13, 15, 18 en 22 is er geen sprake van aanvoer van oppervlaktewater uit een bovenstrooms gelegen gebied. Verder stroomafwaarts wordt deze term steeds groter. De afvoer van oppervlaktewater wordt stroomafwaarts uiteraard ook steeds groter. De afvoer van deelgebied 7 is de afvoer van het totale stroomgebied van de Hooze Raam. De gemiddelde langjarige afvoer bedraagt hier $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$. De afvoer van deelgebied 27 is de afvoer van het totale stroomgebied van de Halsche beek. De gemiddelde langjarige afvoer bedraagt hier $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$. De totale berekende afvoer uit het studiegebied (gebied 8) komt op $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$. De totale bergingsverandering is weergegeven in kolom 5 van de waterbalans. Deze is vrijwel nihil.

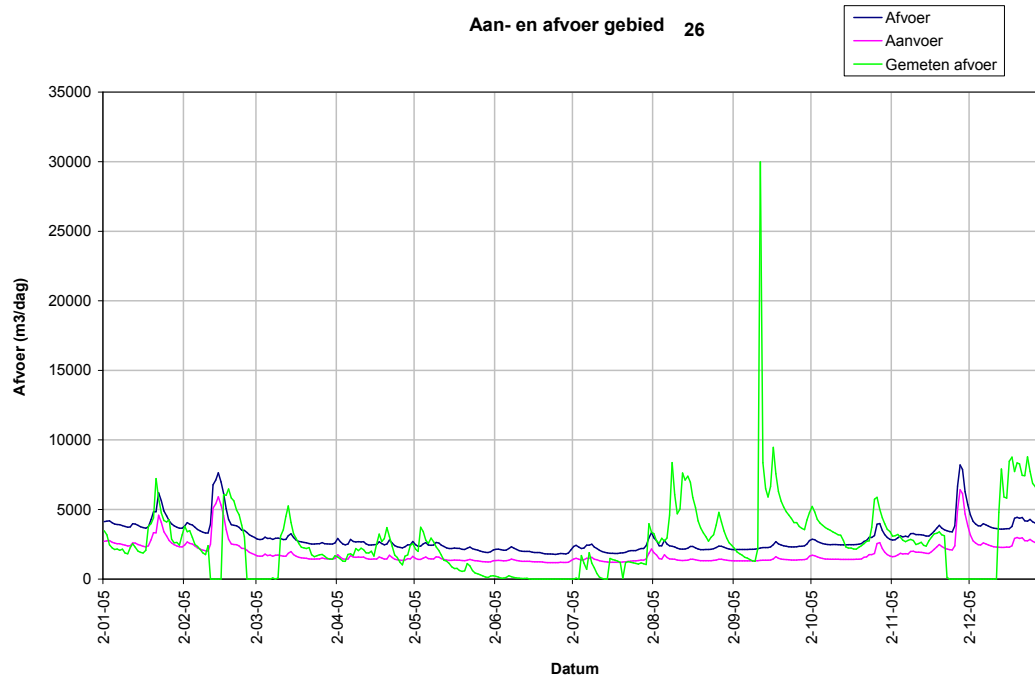
3.8.3 Betrouwbaarheid waterbalansen

Het studiegebied is sterk hellend. Een opdeling in 27 deelgebieden met een horizontaal waterpeil is een sterke versimpeling van de werkelijkheid, waardoor met name de interactie tussen grond- en oppervlaktewater snel over- of onderschat wordt. Voor een zo goed mogelijk resultaat zijn daarom de streefpeilen gebaseerd op de gemiddelde bodemdiepte en niet op de stuwpeilen. Ook is de drainageweerstand gecalibreerd zodat de berekende afvoer zo goed mogelijk overeenkomt met de gemeten afvoeren.

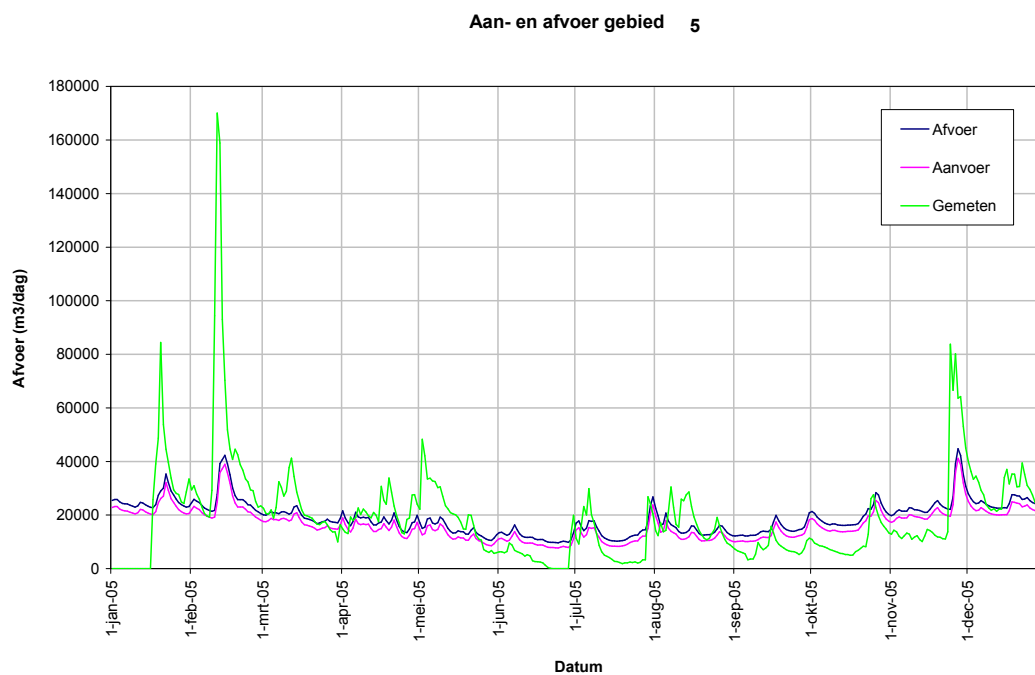
Van 2004 is bekend dat de gemiddelde afvoer van het totale studiegebied circa $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ bedroeg (Kamsma, 2005). Met de waterbalansen is voor 2004 een gemiddelde afvoer berekend van $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$, oftewel een fout van 10%. In figuur 3.11, 3.12 en 3.13 is voor de meetpunten de berekende afvoer uitgezet tegen de gemeten afvoer.



Figuur 3.11 Berekende en gemeten afvoer in deelgebied 3 / meetpunt Rusvensche loop



Figuur 3.12 Berekende en gemeten afvoer in deelgebied 26 / meetpunt Halsche beek



Figuur 3.13 Berekende en gemeten afvoer in deelgebied 5 / meetpunt Stuw Hoefkens

Uit de figuren blijkt dat de gemeten en berekende afvoeren in dezelfde orde van grootte liggen, waarbij in deelgebied 3 (meetpunt Rusvensche loop) de resultaten beter zijn dan bij deelgebied 26 en 5 (meetpunt Halsche beek en stuw Hoefkens).

Met name de berekening van de extreme pieken en de droogval verschilt. Bij alle meetpunten is de gemeten afvoerpiek veel groter dan de berekende piek. De oorzaak is het laten zakken van de klep van de stuw bij een stijging van de bovenstroomse waterstand bij veel neerslag. Hierdoor

wordt in één keer een grote hoeveelheid water afgevoerd. Deze daling van de klepstand is niet opgenomen in het model. De grote gemeten piek in de afvoer van de Halsche beek correspondeert niet met extreme neerslag (zie figuur 2.7). De aanleiding voor het laten zakken van de stuwklep is in dit geval niet goed te verklaren.

De gemeten afvoeren bij Stuw Hoefkens variëren tussen 0 en 170.000 m³/dag en bedraagt gemiddeld circa 19.900 m³/dag (0,23 m³/s). De berekende afvoeren van deelgebied 5 variëren tussen 10.000 en 45.000 m³/dag en bedraagt gemiddeld 19.000 m³/dag (0,22 m³/s). Het gemiddelde komt goed overeen, maar in de berekening is het minimum te hoog en het maximum te laag. Het waterbalansmodel berekent dus een meer geleidelijk afvoerproces dan er in werkelijkheid is.

Uit de vergelijkingen wordt geconcludeerd dat de waterbalansen gemiddeld een goede indruk geven van de fluxen in het studiegebied, maar in de extreme perioden tekort schieten. Voor een meer betrouwbaar beeld is echter een gedetailleerde modellering met een geïntegreerd grond- en oppervlaktewatermodel nodig. Tevens is het van belang om automatische stuwen die sturen op de bovenstroomse waterstand op te nemen in de modellering.

3.9 Integratie

Door de systeemvoorwaarden (hoofdstuk 2) en de stromingen in het gebied te combineren ontstaat een systeemanalyse van de waterkwantiteitsaspecten. In deze paragraaf wordt dit beschreven.

Gebied Hooze Raam is een afzonderlijk stroomgebied in oost Noord-Brabant, zonder oppervlaktewateraanvoer van buiten het gebied. Door het verloop van het maaiveld is het gebied te omschrijven als een kom met een uitstroomopening aan de noordoostzijde. De hoge delen komen voor aan de noord-, west-, zuid- en zuidoostkant. Het midden en het noordoosten zijn relatief laag. De geologische opbouw van dit zandgebied op de Peelhorst wordt sterk beïnvloed door noordwest-zuidoost lopende breuken. Met name de IJsselsteinbreuk is van sterke invloed op de laagopbouw en daardoor op de grondwaterstroming. Deze breuk heeft een stuwende werking op het grondwater. Het gebied kent slechts één goed doorlatend watervoerend pakket. Hierin zijn een bovenste en een onderste helft te onderscheiden. In een deel van het gebied zijn deze gescheiden door een kleilaag. Door de breuken is het laagverloop van de watervoerende en scheidende lagen niet continu. Dit geldt vooral voor watervoerend pakket 1B die ten oosten van de IJsselsteinbreuk niet doorloopt.

Door het regionale maaiveldverloop, dat in noordoostelijke richting afloopt, de daarmee hangende drainagebasis en de bodemopbouw is de grondwaterstroming noordoostelijk gericht. Door het lokale verloop van de maaiveldhoogte is het centrale deel van het gebied van oorsprong het natste deel. De beken in het gebied wateren dan ook naar het centrale deel af. Dit gebied heet de Graspeel, wat wijst op een van oorsprong natte plek. Nu ligt hier de Graspeelloop die al verzamelwatergang fungeert en afwatert via de Hooze Raam door de lage doorgang in het noordoosten van het gebied naar de Graafsche Raam. In het natte centrale en noordoostelijke deel worden ondiep rivierafzettingen gevonden, terwijl in de hogere zuidoost-zuid, west- en noordkant aan de oppervlakte dekzandafzettingen en lage landduinen voorkomen. Ook in de ondiepe bodemopbouw is dit patroon te herkennen. Centraal en in het noordoosten liggen de beekbedgronden en daarom heen op de hogere delen verschillende typen podzolgronden.

De geologische breuken versterken dat het centrale deel het natst is. Door het niet doorlopen van watervoerend pakket 1B ten oosten van de IJsselsteinbreuk en door de hydraulische weerstand van deze breuk wordt het in noordoostelijke richting stromende grondwater aan de bovenstroomse zijde van de breuk omhoog gedwongen, met een versterking van de kwel in het centrale deel tot gevolg. Hoewel het breukensysteem niet zichtbaar doorloopt in watervoerend

pakket 1A kan deze kwel aan de bovenstroomse zijde van de breuk worden omschreven als wijst.

Voor Nederlandse begrippen varieert het maaiveld sterk met circa 14 m hoogteverschil over een afstand van circa 9 km. Dit leidt tot relatief hoge stroomsnelheden in de watergangen. Dit veroorzaakt tevens dat een groot deel van de stroomopwaarts gelegen watergangen gedurende een deel van het jaar droog staat. Dit is deels verbeterd door het aanbrengen van een groot aantal stuwen in het gebied. Deze droogval in de hogere delen hangt nauw samen met de sterke fluctuatie van de grondwaterstand in deze hogere delen waar vooral ondergrondse afvoer plaatsvindt. In de lagere delen treedt vooral kwel op. In deze gebieden is de seizoensfluctuatie van het grondwater beperkter. Hierdoor zijn de meeste watergangen daar permanent watervoerend. Op basis van de scenario's voor klimaatverandering zijn in de toekomst met name hogere piekbuien te verwachten. In de scenario's nemen de pieken toe met 4 tot 27% in 2050 en 8 tot 54 % in 2100. Dit zal leiden tot een toename van de fluctuaties in peilen en afvoeren.

Van het neerslagoverschot in 2004 van 311 mm kwelt circa 76 % via diepe of ondiepe kwel op in de beken en wordt vervolgens afgevoerd via de Hooge Raam en de Halsche beek. Circa 6 % verdwijnt via de riolering naar de RWZI buiten het gebied. De overige 18% stroomt af via het grondwater. Per saldo stroomt er dus meer grondwater het gebied uit, dan erin komt. Dezelfde conclusie is ook af te leiden uit het isohypsenpatroon in figuur 3.5.

3.10 Leemten in kennis

Naar aanleiding van het onderzoek naar de stromingen in gebied Hooge Raam blijkt dat een aantal gegevens nog onvoldoende bekend is of met onvoldoende detail. Het gaat daarbij om de volgende gegevens:

- Het oppervlaktewatersysteem is beschreven aan de hand van de legger. De gegevens van deze legger zijn volgens het waterschap niet up-to-date. Van een aantal stuwen ontbreken de stuwhoogten.
- Van slechts twee punten in het gebied zijn klepstanden en gemeten waterpeilen beschikbaar waaruit de afvoer is af te leiden. Van de stuw aan het eind van het stroomgebied zijn geen afvoeren beschikbaar, zodat geen totaalbeeld verkregen kan worden van het verloop in de tijd van de afvoer van het studiegebied.
- Door het gebrek aan gemeten afvoeren en door het niet actueel zijn van de legger, kan ook maar op een beperkt aantal locaties, met een beperkte nauwkeurigheid de stroomsnelheden in het oppervlaktewater worden bepaald.
- Het isohypsenpatroon is afgeleid uit gemeten grondwaterstanden. Met name ter plekke van de watergangen en met name in het noordoostelijk deel van het studiegebied zijn de afgeleide isohypsen naar verwachting te hoog. Hierdoor worden met het waterbalansmodel te hoge kwelfluxen en gebiedsafvoeren berekend.
- Het gebruikte waterbalansmodel is een model dat uitgaat van een horizontaal waterpeil per deelgebied en een weerstand biedende deklaag, waardoor er onderscheid te maken is tussen diepe stijghoogten en ondiepe grondwaterstanden. In het gebied zijn beide aannamen beperkt of niet van toepassing. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de berekende kwelfluxen beperkt.
- De systeemanalyse heeft weinig inzicht opgeleverd in de verticale component en de traagheid van de grondwaterstroming. Doordat geen stroombanen bepaald zijn, is de herkomst van de kwel moeilijk te bepalen.
- Het verdient aanbeveling voor nader onderzoek een geïntegreerd grond- en oppervlaktewatermodel op te zetten om meer inzicht te krijgen in het isohypsenpatroon dicht bij de watergangen, de verticale component van de grondwaterstroming en de herkomst van de kwel. Hiervoor is het nodig de gegevens van bodemopbouw, maaiveld, landgebruik en watersysteem te beschouwen voor een gebied dat groter is dan het studiegebied. De reden hiervoor is dat een grondwatermodel groter moet zijn dan het studiegebied om de

randvoorwaarden van het model niet van invloed te laten zijn op de rekenresultaten in het studiegebied.

4 Structuren

4.1 Inleiding

De systeemvoorwaarden zijn bepalend voor de tracés en de vorm van de waterlopen. De hoogteverschillen zijn op hun beurt weer bepalend voor de morfologie en voorkomende substraatmozaïeken van de bedding van de verschillende waterlopen. De vorm van de beek leidt tot een differentiatie in structuren van waterloopbodems en oevers. Een (groot) deel van de waterlopen is aangelegd of door menselijk handelen beïnvloed. In dit hoofdstuk worden de structuren beschreven. Achtereenvolgens wordt aandacht besteed aan de morfologie van de watergangen, de profielen van de watergangen en de slibdikte en kwaliteit van het slib.

4.2 Morfologie watergangen

Uit de morfologische kaart van het studiegebied (figuur 2.4) is af te leiden dat de Hooge Raam in het verre verleden een meer noordelijk tracé heeft gevolgd. Langs delen van de Hooge Raam zijn beekafzettingen aanwezig die op deze meer noordelijke loop duiden. Ook de Halsche beek is door de eeuwen heen van tracé veranderd (Grontmij, 1993).

In de historische atlas van Nederland 1838 – 1857 (Wolters-Noordhoff Atlasproducties, 1990) zijn de Hooge Raam en de Halsche Beek goed te zien. De loop van de Halsche beek en de Hooge Raam tot aan stuw Hoefkens komen sterk overeen met de huidige ligging. De Graspeelloop was nog niet aangelegd. In plaats daarvan meanderen verschillende beekjes over de onontgonnen Graspeel naar de Hooge Raam. Ook de Rusvensche Loop is op de kaart niet te herkennen. Het gebied ten zuiden van Zeeland is al duidelijk verkaveld. Hier zal dan ook een afwateringssysteem zijn aangelegd, maar de Landergraaf is niet herkenbaar op de kaart.

De beeksystemen van de Hooge Raam en de Halsche beek worden gekenmerkt door een relatief groot verval. In de Hooge Raam maakt plaatselijk grofzandig en grindig materiaal deel uit van de beekbodem. Dit geldt ook voor de Graspeelloop. De Halsche beek heeft een zandige beekbodem. Dit grote verval in combinatie met een grofzandige bodem en daardoor een snelle grondwaterstroming en een hoge grondwaterdynamiek, leidt tot grote fluctuaties in waterpeil, afvoer en stroomsnelheid. Deze hoge stroomsnelheden hebben zowel in de historische als in de huidige situatie erosie veroorzaakt.

In de historische situatie, voorafgaand aan de ontginning was het waterbergend vermogen van het studiegebied veel groter, waardoor de afvoer geleidelijker verliep. Dit betrof dan uiteraard de berging in de bodem. Door de aanleg van grote aantallen sloten en greppels is de afvoer versneld, met incidentele piekafvoeren en droogval in de overige delen van het jaar tot gevolg. Voor de beheersing van het waterpeil is daarom een groot aantal stuwen geplaatst.

4.3 Profielen watergangen

De beschrijving van de profielen is gebaseerd op de leggergegevens. Deze zijn in 1965 voor het laatst ingemeten. Het is daarom waarschijnlijk dat de gegevens voor de huidige situatie weinig nauwkeurig zijn.

De bovenstroomse gebieden (bovenstrooms van stuw Hoefkens, zie figuur 3.1) die afwateren via de Rusvensche loop en de Graspeelloop worden gekenmerkt door een sterke ontwatering met rechte kunstmatig watergangen, met steile oevers en een groot verval. Dit verval bedraagt circa 6 à 7 m over 6 à 7 km. De breedte van de leggerwatergangen in dit gebied varieert tussen

0,1 en 1,5 m. De bodemdiepte van de leggerwatergangen varieert van circa 0,8 tot 1,8 m-mv. De breedte van de Rusvensche loop varieert van 0,7 m bovenstrooms tot circa 1,6 m bij stuw Hoefkens. Naast de leggerwatergangen is er nog een groot aantal sloten en greppels aanwezig.



Figuur 4.1 Graspeelloop

In figuur 4.1 is Graspeelloop weergegeven. De breedte van de Graspeelloop varieert van circa 0,5 m bovenstrooms tot circa 2,5 m bij stuw Hoefkens. De bodemhoogte van de Graspeelloop varieert tussen 1,3 en 2,1 m-mv. Alleen het meest bovenstroomse deel (voor instroming van de Landergraaf) is met 0,7 – 1,0 m-mv ondieper.

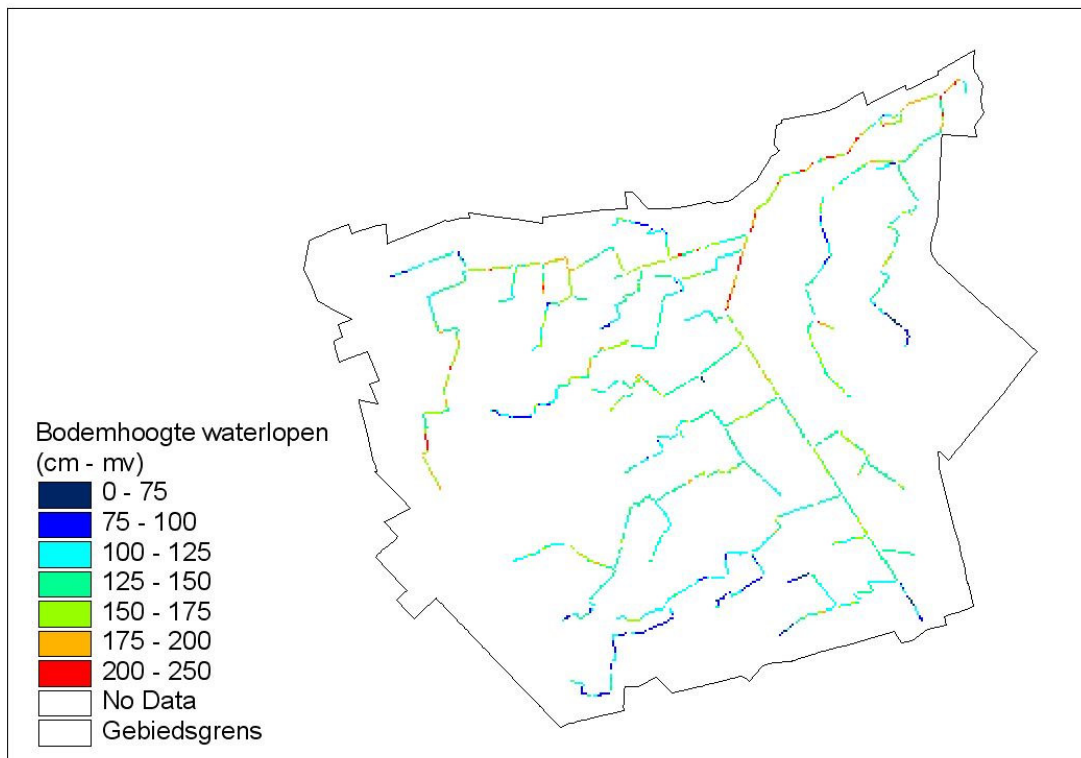
De Hoge Raam van stuw Hoefkens tot aan de Graafsche Raam kent zowel in de historische situatie (Wolters-Noordhoff Atlasproducties, 1990) als in de huidige situatie een meanderend karakter. Dit stuk is circa 3,3 km lang. Het verval bedraagt hier circa 4,5 m over 3,3 km. Het deel ten oosten van de Hogeweg wordt gekenmerkt een breed begroeid doorstroomprofiel. In figuur 4.2 is dit weergegeven.



Figuur 4.2 Hoge Raam ten oosten van de Hogeweg.

De bodembreedte varieert van 3,5 m bij stuw Hoefkens tot 5 m bij de Graafsche Raam. Daartussen komen ook stukken voor met een breedte van 2,4 m. Bij hoge afvoeren werken deze

versmallingen stuwend. De bodemhoogte varieert tussen 1,0 en 2,4 m-mv. Hieruit blijkt dat er zowel lage ondiepe delen, als diepe, sterk insnijdende delen zijn. In figuur 4.3 is de diepte van de watergangen ten opzichte van maaiveld weergegeven. Deze figuur is gemaakt door de bodemhoogtes uit de legger te vergelijken met de maaiveldhoogtekaart uit figuur 2.6.



Figuur 4.3 Bodemhoogte watergangen in cm-mv

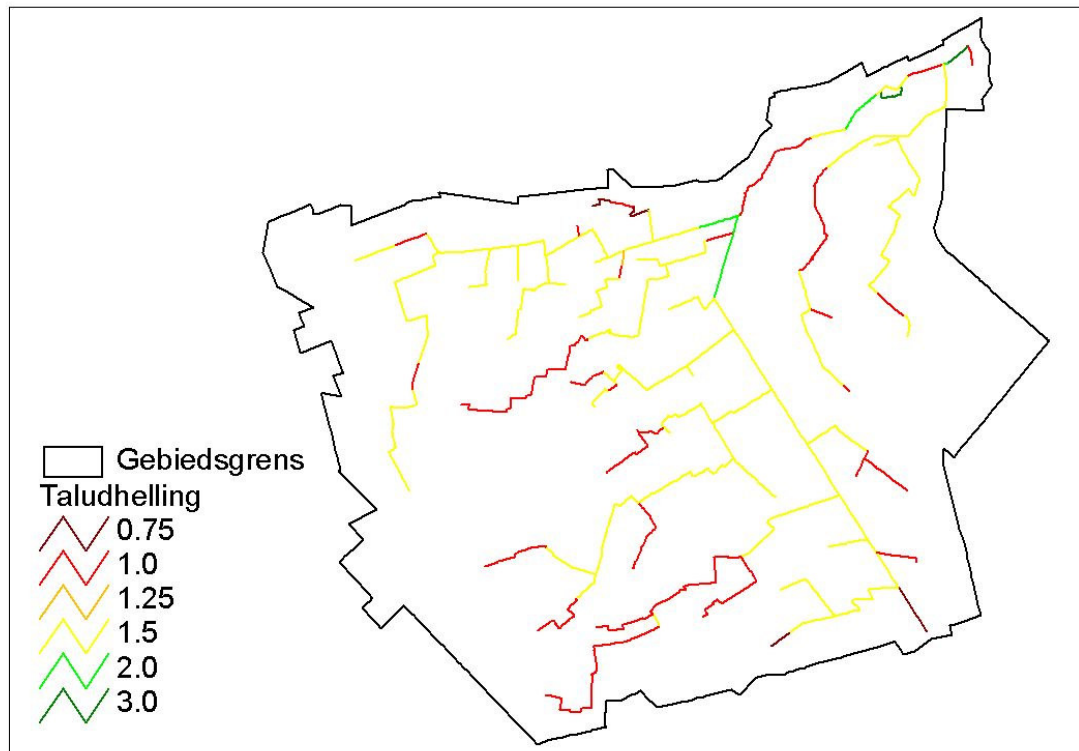
Het verval in de Halsche beek is nog groter dan in de Hooze Raam en bedraagt circa 8 m over een afstand van 4,8 km. Eind jaren tachtig is de bovenloop van de Halsche beek losgekoppeld en aangesloten op de Graspeelloop. Het betreft globaal deelgebied 17 uit figuur 3.2. De breedte van de Halsche beek varieert van 0,6 m bovenstrooms tot 0,8 m waar de zijbeek instroomt. Op sommige plekken bedraagt de bodembreedte 1,0 m. De zijtak aan de oostzijde van de Halsche beek heeft een breedte van 0,7 tot 0,9 m. Benedenstrooms van het instroompunt van deze zijtak bedraagt de breedte van de Halsche beek 1,2 tot 1,4 m. De bodemhoogte van de Halsche beek varieert tussen 0,6 en 1,7 m-mv. De bodemhoogte ten opzichte van maaiveld varieert sterk over het tracé.

4.4 Oevers en taluds

Van de watergangen in de legger zijn de taluds bekend. In figuur 4.4 zijn de taluds weergegeven. De Graspeelloop en de Rusvensche loop en een groot aantal watergangen dat daarop uitkomt hebben een taludhelling van 1: 1,5. In de bovenstroomse delen komen stukken voor met steilere taludhellingen van 1: 0,75 en 1: 1.

De Hooze Raam kent een aantal stukken met een veel flauwer talud. Dit is ook goed te zien in figuur 4.2. Het gaat hier om een talud van 1:2 of 1:3. In de jaren 30 en 40 zijn enkele sterk meanderende delen van de Hooze Raam aangepast. Het betreft het stuk tussen stuw PHS en de Hogeweg. Dit deel wordt gekenmerkt door steile taluds van 1:1.

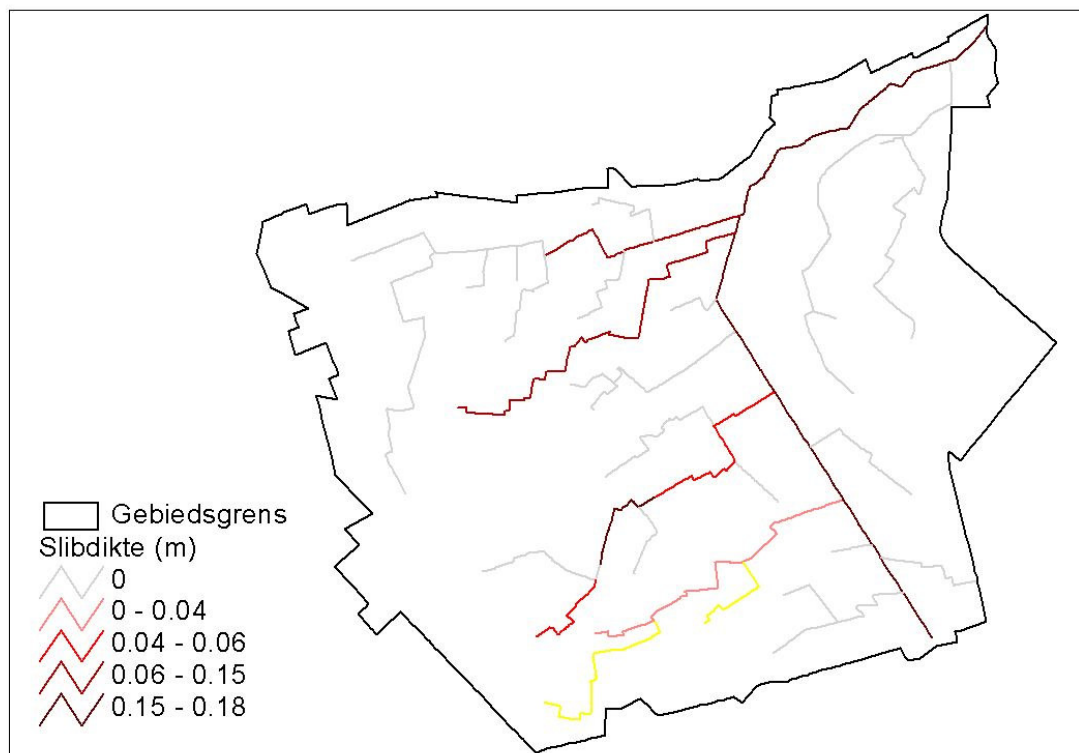
Bij geen van de bezochte waterlopen tijdens het veldbezoek (medio maart 2006) is beschoeiing aangetroffen. Alleen ter plaatse van kunstwerken is op een aantal plaatsen over een korte afstand beschoeiing aangelegd. Wel is er bij de Hooze Raam sprake van versterkte oevers door gestort puin of ander materiaal. Dit materiaal is gestort om erosie van de oevers tegen te gaan.



Figuur 4.4 Taluds watergangen legger

4.5 Slibdikte

Bij het waterschap zijn van een aantal watergangen gegevens beschikbaar van de slibdikte in de watergangen. Het betreft gegevens van februari 2004. Deze zijn weergegeven in figuur 4.4.

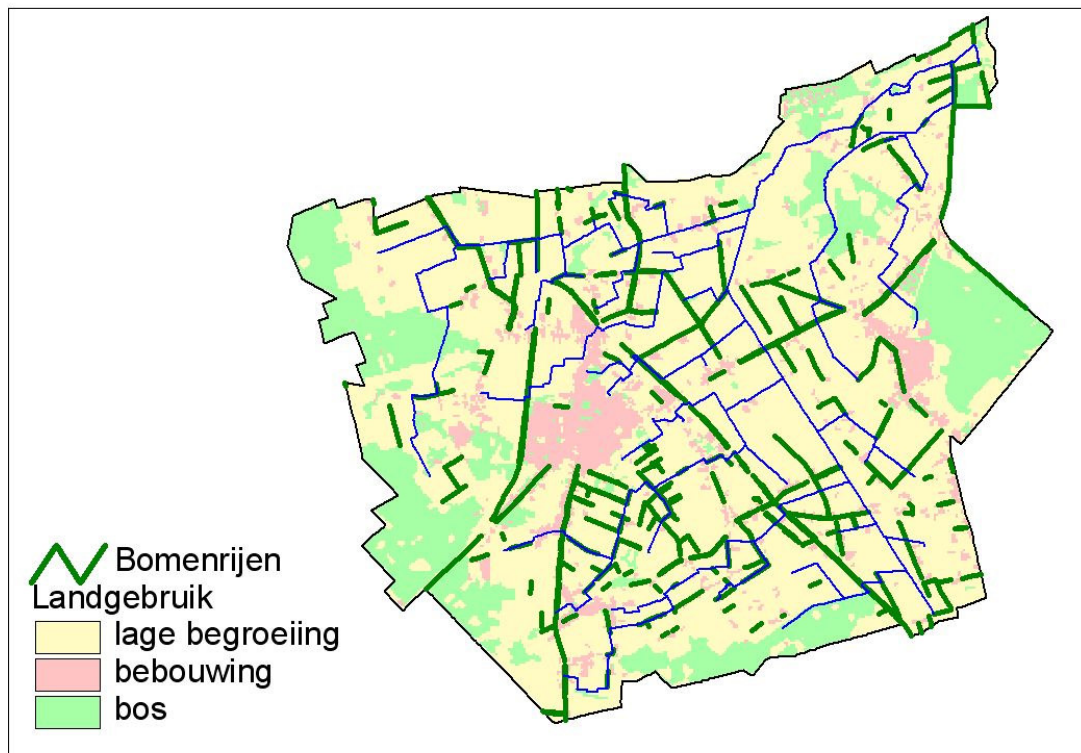


Figuur 4.4 Slibdikte in watergangen legger

Voor de meeste watergangen is een slibdikte van 0 m opgegeven. Vermoedelijk zijn van deze watergangen geen gegevens bekend. De Landergraaf heeft twee zijlopen waarvan de slibdikte niet bekend is. Wel is bekend dat het om klasse II slib gaat. Deze watergangen zijn in de figuur geel weergegeven. Er zijn verder geen gegevens bekend van de samenstelling van het slib.

4.6 Beschaduwing

Voor de ecologie en de waterkwaliteit is ook de beschaduwing van de watergangen als structuurkenmerk van belang in verband met lichtinval en bladinval. Beschaduwing van de watergangen treedt vooral op door bos, bebouwing en bomenrijen langs de watergangen. Dit is weergegeven in figuur 4.5



Figuur 4.5 Beschaduwing watergangen

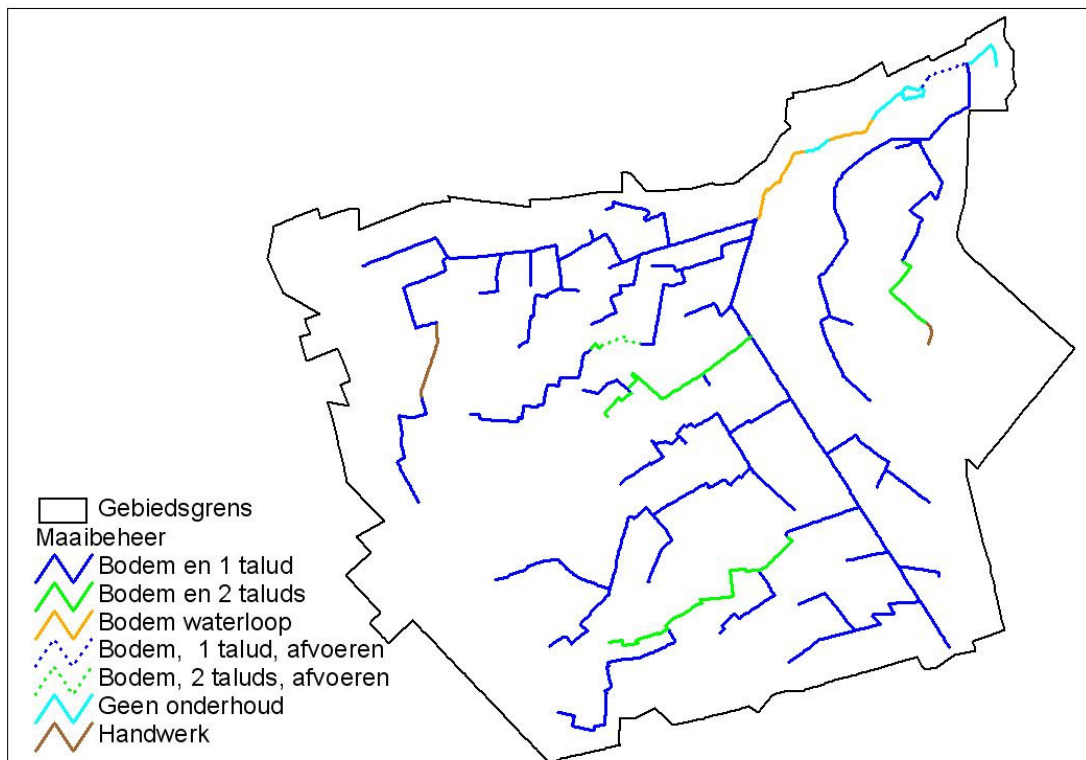
In het centrale deel van het gebied liggen veel watergangen in weide- akkerbouwgebieden. Hier is dus sprake van weinig beschaduwing. In figuur 4.1 en 4.2 is duidelijk te zien dat bomenrijen hier wel beschaduwing van de watergangen veroorzaken. Aan de west-, oost- en zuidkant van het gebied is meer bos aanwezig. Er zijn echter maar weinig watergangen die over een langere afstand door het bos lopen. Een deel van de Halsche beek loopt wel door het bos.

4.7 Onderhoud

De meeste watergangen in het gebied worden jaarlijks gemaaid. In figuur 4.6 is het soort maaibeheer per watergang aangegeven. De gegevens van het maaibeheer zijn afkomstig van kaart AM-W-30-06 van het waterschap. De kaart dateert van 27 februari 2006.

Van de meeste watergangen wordt jaarlijks de bodem en één talud gemaaid. Het gaat hier om de Rusvensche Loop, de Graspeelloop en de watergangen die op de Graspeelloop afwateren. Ook het grootste deel van de Halsche beek kent een jaarlijks maaibeheer van de bodem en één talud. In het even jaar wordt het maaisel rechts van de watergang gelegd en in het oneven jaar links. Het maaisel blijft vaak op de kant van de watergang liggen, ondanks dat de terreineigenaren verplicht zijn het maaisel af te voeren. Het gevolg hiervan is verruiging van de oeverstrook en verrijking met organisch materiaal. Van een beperkt aantal delen van de genoemde watergangen

worden beide taluds gemaaid. In een enkel geval wordt dit ook afgevoerd. Het gaat daarbij om een stukje net ten noorden van Zeeland en van de Hooge Raam zelf net bovenstrooms van waar de Halsche beek instroomt. Van de Hooge Raam wordt van een deel alleen de bodem gemaaid en een ander deel wordt niet onderhouden.



Figuur 4.6 Maaibeheer

4.8 Integratie

Uit de beschrijving van de structuren komt een beeld naar voren van een sterk ontwaterd gebied, met een voornamelijk op de landbouw georiënteerd ontwateringstelsel. Uit historische gegevens en uit de systeemanalyse van het onderdeel stromingen komt het gebied naar voren als een van oorsprong nat gebied. In de loop van de tijd is het gebied ontwikkeld tot een landbouwgebied. Om de voor landbouw gewenste grondwaterstanden te krijgen is een intensief ontwaterings- en afwateringssysteem gegraven met relatief diepe, smalle watergangen met steile taluds. Ook het onderhoud c.q. het maaibeheer is vooral gericht op het schoonhouden van de sloten om de stromingsweerstand niet te hoog te laten worden en zo de afwatering niet te laten stagneren.

Het grote bodemverval, in combinatie met de grote grondwaterfluctuaties door het seizoen heen, leidde tot grote fluctuaties in peilen en afvoeren, met een ongewenste erosie tot gevolg. Door het plaatsen van circa 50 stuwen in het gebied is dit deels gereguleerd. Door de stuwen verschilt de waterdiepte en stroomsnelheid sterk van locatie tot locatie. Dat niet in alle gevallen de erosie gestopt wordt door stuwen blijkt uit figuur 4.7. Op basis van de scenario's voor klimaatverandering zijn in de toekomst met name hogere piekbuien te verwachten. Dit zal leiden tot een toename van de fluctuaties in peilen en afvoeren en daarmee tot een toename van de erosie.



Figuur 4.7 Acherloopsheid bij deze stuw in de Halsche beek heeft geleid tot erosie van de zandige bodem aan weerszijden van de stuw.

4.9 Leemten in kennis

Naar aanleiding van het onderzoek naar de structuren in gebied Hooge Raam blijkt dat een aantal gegevens nog onvoldoende bekend is of met onvoldoende detail. Het gaat daarbij om de volgende gegevens:

- Het tracé van de Hooge Raam in het verleden is slechts ten dele bekend.
- Wanneer de gegraven watergangen gegraven zijn, is in het kader van dit onderzoek niet duidelijk geworden.
- Doordat de gegevens van de legger voor het laatst in 1965 zijn ingemeten, is de betrouwbaarheid van deze gegevens over bodembreedtes, taluds en bodemdieptes beperkt.
- Er zijn weinig gegevens beschikbaar van de samenstelling van de waterbodems. De betrouwbaarheid van de gegevens van de slibdiktes zijn beperkt. Er zijn vrijwel geen gegevens beschikbaar van de samenstelling van het slib in de watergangen.

•

5 Stoffen

5.1 Inleiding

De in het systeem voorkomende stoffen zijn kaderstellend voor de ecologie. Deze stoffen worden ingedeeld in de groepen macro-ionen, zuurstof, organisch materiaal en voedingsstoffen. Hierbij zal onderscheid gemaakt worden in stoffen die in het grondwater worden aangetroffen en in het oppervlaktewater.

In een natuurlijk stroomsysteem is vaak sprake van een toename van opgeloste stoffen in het afstromende water (gaande van de hoogste punten van het stroomsysteem) naar de waterloop. Deze toename vormt een gradiënt van voedselarm naar (matig) voedselrijk. Deze toename wordt ook vaak aangetroffen in de waterloop zelf.

Voorkomende stoffen en de concentraties daarvan zijn in kaartbeelden vastgelegd. Ook zijn tijdreeksen weergegeven. Op basis van deze gegevens zijn de relevante processen beschreven en waar mogelijk verklaard.

De normen zoals die zijn gesteld in de Kaderrichtlijn Water hebben naast bovenstaande stoffen, betrekking op de zogenaamde prioritaire stoffen. Nog niet voor alle stof(groepen) zijn normen in de KRW vastgelegd. Ook de stoffen die relevant zijn ter toetsing aan de Kaderrichtlijn Water zijn, voor zover beschikbaar, verzameld en weergegeven

5.2 Kwaliteit van het oppervlaktewater

In het studiegebied liggen 9 locaties waarin gedurende langere tijd watermonsters worden genomen. In figuur 5.1 zijn deze monsterlocaties weergegeven. In de tabellen 5.1 en 5.2 zijn de zomer- en wintergemiddelden over de periode 2000-2005 weergegeven van de meest belangrijkste chemische parameters.

Voor een de eutrofiëringparameters stikstof en fosfaat is de ruimtelijke verdeling van de zomergemiddelde waterkwaliteit over de periode 2000-2005 in de figuren 5.2 - 5.5 weergegeven. Behalve het meetpunt in de plas de Heische Tip ten westen van Zeeland betreft het vrij permanent watervoerende watergangen. De plas de Heische Tip vertoont ten aanzien van de waterkwaliteit een afwijkend beeld in vergelijking met de andere watergangen, zowel wat betreft chemie als watertype (zwemplas). De zwemplas is vrij zuur (pH rond 4,5 en nagenoeg ongebufferd) en is vrij voedselarm.

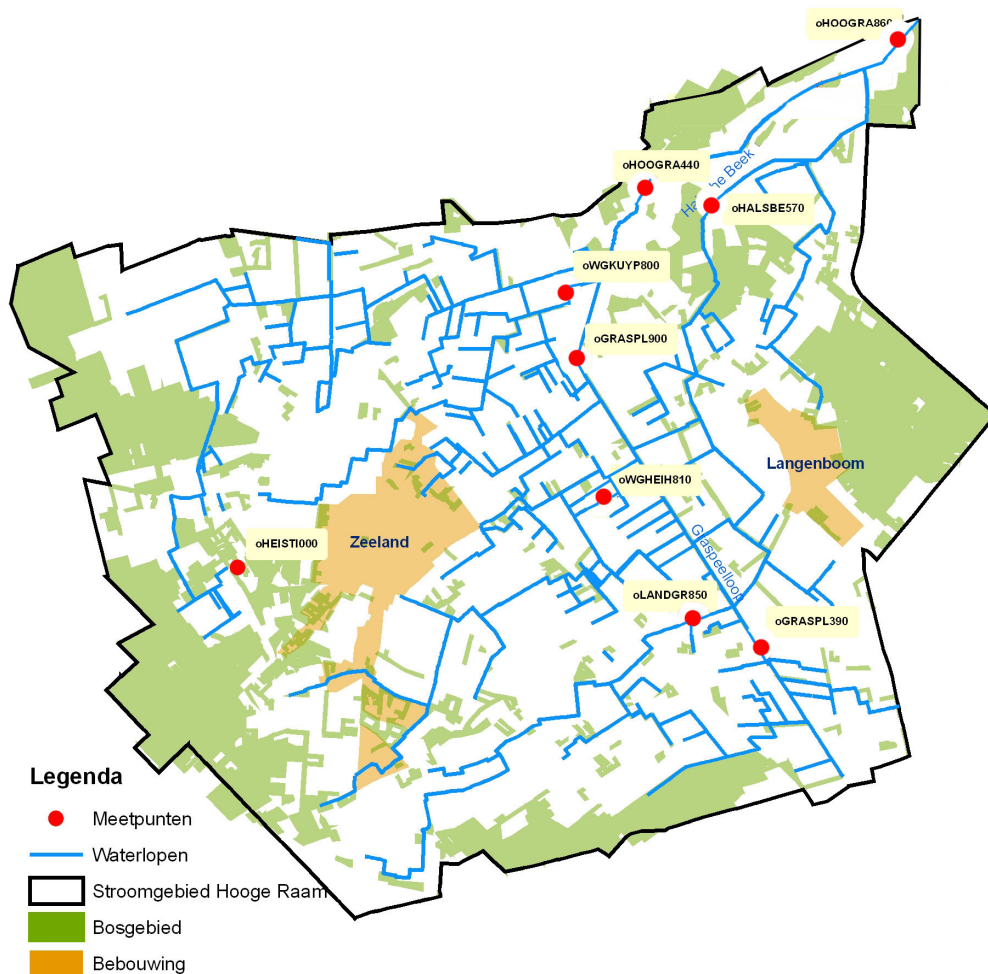
Voor de overige watergangen is het algemene beeld dat ze een relatief laag gemiddeld totaal fosfaatgehalte hebben (zie figuur 5.2). Alleen het bovenstroomse punt in de Graspeelloop overschrijdt voor het zomergemiddelde de MTR norm met 0,27 mg P/l. Alle overige monsterlocaties hebben een zomergemiddelde concentratie totaal fosfaat van onder 0,11 mg P/l. De lage concentraties fosfaat in het water worden hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de het ijzer in het grondwater. De meeste watergangen zijn roodbruin van het opkwellende ijzer. Het ijzer slaat met het fosfaat neer op de bodem. De korte verblijftijd (stromend water) in combinatie met deze lage fosfaatgehalten dragen bij tot de lage chlorofyl-a concentraties. Er zijn dus geen algenbloeien.

Tabel 5.1. Zomer- en wintergemiddelden voor eutrofiëringparameters voor de verschillende meetpunten

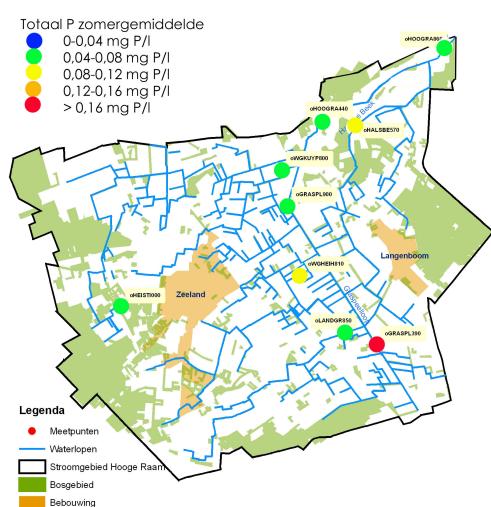
meetpuntcode	seizoen	NO3NO2 mg N/l	NH4 mg N/l	Kj-N mg N/l	N-totaal mg N/l	chl-a ug/l	o-PO4 mg P/l	TPO4 mg P/l	O2 %
oGRASPL390	zomer	2,65	0,66	2,74	5,39			0,27	4,9
oGRASPL390	winter	7,30	0,34	2,27	9,57			0,13	8,3
oGRASPL900	zomer	2,14	0,39	1,69	3,83	8,00	0,01	0,05	6,5
oGRASPL900	winter	4,44	0,57	1,78	6,22		0,02	0,08	8,1
oHALSBE570	zomer	2,02	0,33	1,71	3,73	19,50	0,03	0,09	7,4
oHALSBE570	winter	4,18	0,32	1,66	5,84		0,04	0,08	9,0
oHEISTI000	zomer	0,35	0,21	1,06	1,41	25,00	0,01	0,04	9,6
oHEISTI000	winter	0,40	0,33	0,80	1,20	9,67	0,01	0,05	11,8
oHOOGRA440	zomer	3,63	0,23	1,68	5,31	6,33	0,01	0,07	8,5
oHOOGRA440	winter	4,91	0,61	1,70	6,62		0,02	0,07	9,9
oHOOGRA760	winter	4,80		1,80	6,60	4,00	0,01	0,12	7,3
oHOOGRA860	zomer	3,91	0,13	1,42	5,33	5,25	0,03	0,06	7,6
oHOOGRA860	winter	5,25	0,88	2,31	7,57		0,06	0,11	9,8
oLANDGR850	zomer	3,37	0,62	2,23	5,60			0,06	6,6
oLANDGR850	winter	5,77	0,81	2,34	8,11			0,09	8,3
oWGHEIH810	zomer	1,64	0,20	1,40	3,04			0,11	6,4
oWGHEIH810	winter	3,62	0,44	1,70	5,32			0,10	8,5
oWGKUYP800	zomer	2,23	0,14	1,35	3,58			0,06	7,9
oWGKUYP800	winter	3,83	0,54	1,80	5,63			0,09	8,2
MTR norm		-	-	-	2,2	100	-	0,15	5

Tabel 5.1. Zomer- en wintergemiddelden voor overige belangrijke parameters voor de verschillende meetpunten

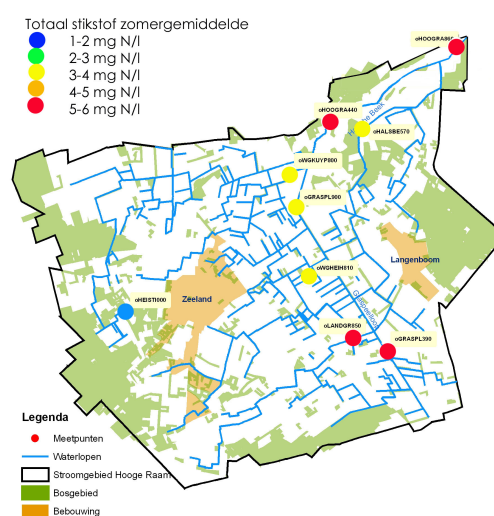
meetpuntcode	seizoen	thermotolerante		Cd ug/l	Cu ug/l	Ni mg/l	Zn mg/l
		SO4 mg/l	colibacterie MPN/l				
oGRASPL390	zomer	90,00					
oGRASPL390	winter	89,20					
oGRASPL900	zomer	115,71	2714	0,10	2,41	13,20	15,80
oGRASPL900	winter	116,00	3000	0,12	3,58	15,54	25,66
oHALSBE570	zomer	107,18	1100	0,50	3,89	10,48	31,17
oHALSBE570	winter	117,17	3000	0,27	2,87	10,26	20,49
oHEISTI000	zomer	57,80	428				
oHEISTI000	winter	84,00					
oHOOGRA440	zomer	113,11	2428	0,13	2,47	16,80	20,56
oHOOGRA440	winter	112,86	3633	0,14	3,50	19,18	27,42
oHOOGRA760	winter						
oHOOGRA860	zomer	96,51	3192	0,21	5,97	14,11	17,43
oHOOGRA860	winter	104,48	1900	0,23	10,06	19,77	32,71
oLANDGR850	zomer	192,86					
oLANDGR850	winter	181,00					
oWGHEIH810	zomer	122,86					
oWGHEIH810	winter	125,00					
oWGKUYP800	zomer	132,86					
oWGKUYP800	winter	118,80					
MTR-norm		100	20000	2	3,8	6,3	40



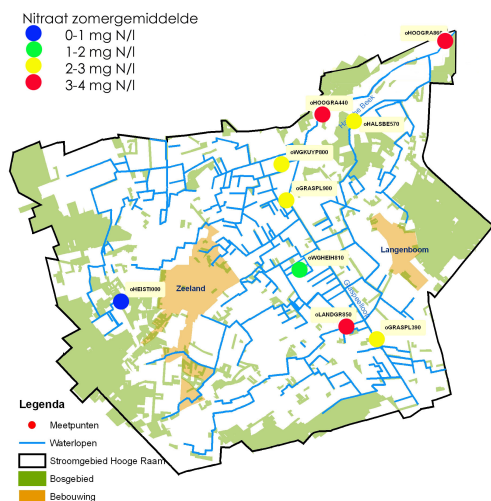
Figuur 5.1 Monsterlocaties waterkwaliteit.



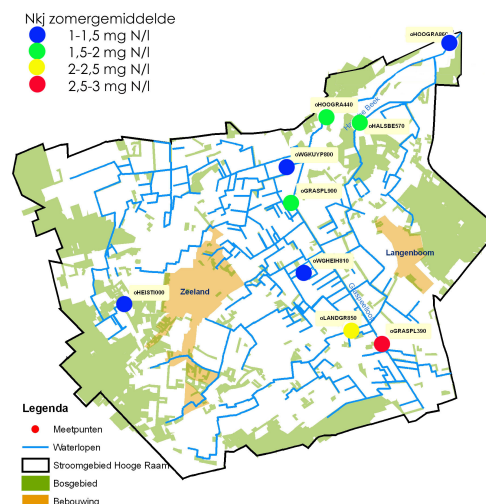
Figuur 5.2 Concentratie totaal fosfaat



Figuur 5.3 Concentratie totaal stikstof



Figuur 5.4 Concentratie nitraat



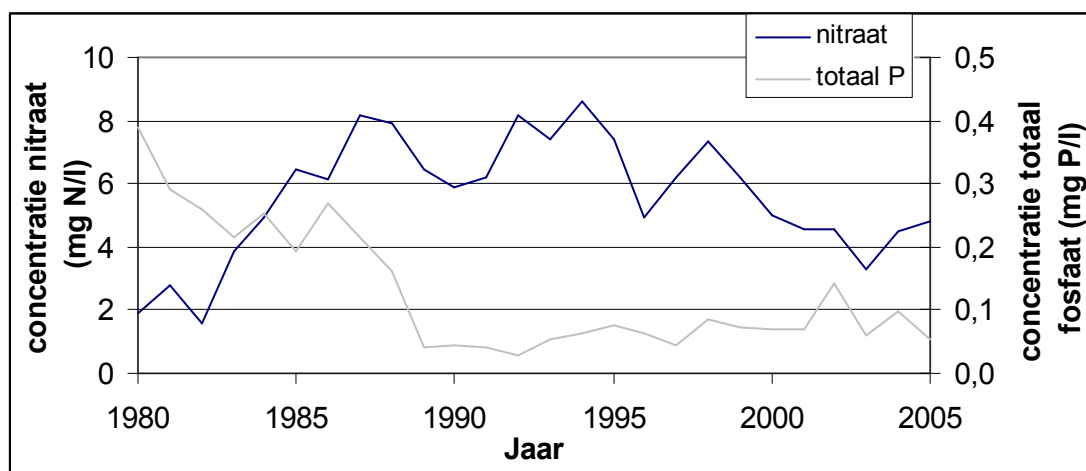
Figuur 5.5 Concentratie Kjeldahl stikstof

De figuren 5.3 tot 5.5 geven concentraties voor de verschillende stikstofvormen weer. Zoals in dit landbouwgebied te verwachten is, ligt de gemiddelde stikstofconcentratie erg hoog (3-6 mg N/l) en komt stikstof voornamelijk voor in de vorm van nitraat. Opvallend is dat de gemiddelde organisch stikstofconcentraties ook vrij hoog zijn. Zelfs in de Heische Tip ligt de organisch stikstof concentratie rond 1 mg N/l.

De chloride- en sulfaatconcentraties geven een redelijke correlatie met het nitraatgehalte en mogen daarom in dit gebied als landbouw indicerende parameters worden gezien.

Buiten de hoge ijzerconcentraties zijn uit de chemische analyses weinig kwelindicerende parameters aan te wijzen. Sulfaat valt in dit kader af omdat dit in dit gebied blijkbaar landbouw gerelateerd is. De enige overblijvende parameter is het bicarbonaatgehalte. In de bovenstroomse plas de Heische Tip is het water vrij zuur. In de Hoge Raam (oHOOGRA440) is in het verleden enkele malen het bicarbonaatgehalte gemeten. De buffercapaciteit ligt zowel in de zomer als in de winter tussen 1,5 en 2 meq/l. Dit duidt erop dat in dit gebied kalkrijke kwel (waarschijnlijk ouder grondwater) voorkomt. Dit wordt bevestigd door het kwelpatroon zoals beschreven in paragraaf 3.7.

Voor het meest benedenstroomse punt (oHOOGRA860 in figuur 5.1) in de Hoge Raam zijn gedurende langere tijd waterkwaliteitsmonsters genomen. In figuur 5.6 is een lange termijn verloop van de totaal stikstofconcentratie en de totaal fosfaat concentratie weergegeven.



Figuur 5.6. Lange termijn verloop concentratie Totaal-P en Totaal-N in benedenloop Hoge Raam

In dit lange termijn verloop is duidelijk de opkomst van de intensieve landbouw te zien (jaren 1980-1990) met recentelijk weer een geleidelijke teruggang. Zeer opvallend zijn de hoge fosfaat concentraties in de jaren '80. Deze hoge concentraties fosfaat gaan gepaard met sterk verhoogde concentraties thermotolerante Coli's in die periode. Dit kan mogelijk duiden op historische lozingen van een RWZI of directe lozingen van mest op het oppervlaktewater.

Voor wat betreft de verontreinigingen met zware metalen liggen de concentraties nikkel (op de locaties waar nikkel is gemeten) ruim boven de huidige MTR en de KRW normen. Als hoogste waarde is 49 µg Ni/l gemeten. De mediaan ligt op 10 µg Ni/l. De MTR norm voor nikkel is 6,3 µg N/l. De toekomstige KRW-norm wordt nog scherper. De hoge nikkelconcentraties worden veroorzaakt door de oxidatie van nikkelhoudend pyriet door nitraat in het grondwater. Dit nikkel komt dan samen met het ijzer via het grondwater in het oppervlaktewater. Conform het emissieregistratiesysteem van het RIZA, dat een schatting geeft voor alle bekende bronnen (behalve de pyrietoxidatie), zou het oppervlaktewater jaarlijks met ongeveer 20 kg nikkel worden belast. Uit de meetgegevens blijkt dat de Hooge Raam jaarlijks ongeveer 180 kg nikkel afvoert.

Een eerste analyse van de overige organische microverontreinigingen geeft aan dat de detectiegrens zelden worden overschreden. Enkele bestrijdingsmiddelen zoals glyfosfaat, MCPA, MCPPA, methabenzthiazuron overschrijden vaker de detectielimiet.

5.3 Grondwaterkwaliteit

In het studiegebied zijn recentelijk (sinds 1990) op twee locaties grondwateranalyses uitgevoerd. Op een locatie (tussen Zeeland en Langenboom) is op meerdere diepten (4-25 m-mv) regelmatig bemonsterd. De tweede locatie betreft een eenmalige diepe bemonstering ten zuiden van Zeeland en is minder relevant. Tabel 5.1 geeft het verloop van enkele relevante chemische parameters in de diepte weer. Het betreft een gemiddelde van 7 of 8 bemonsteringen in de periode 1992-2001.

Tabel 5.1 *Gemiddelde chemische samenstelling grondwater op drie verschillende diepten in peilbuis B45F0206*

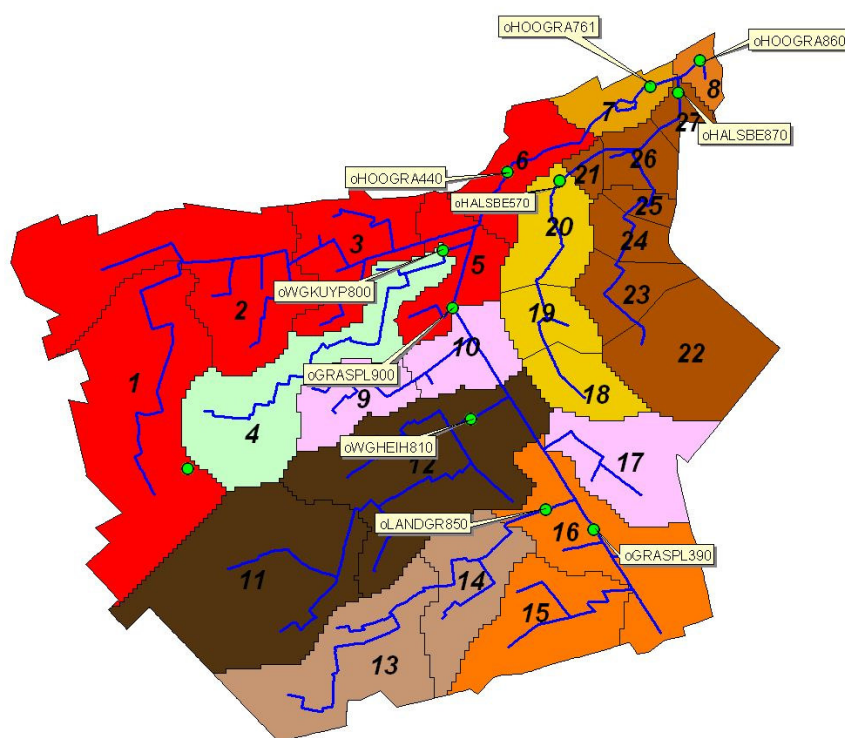
diepte	3 m-mv	8 m-mv	23 m-mv
Ca (mg/l)	109	104	76
HCO ₃ (mg/l)	179	233	294
Na (mg/l)	25	12	14
Cl ⁻ (mg/l)	41	23	7
DOC (mg/l)	18,3	4,0	3,1
NH ₄ (mg N/l)	0,66	0,65	0,67
NO ₃ (mg N/l)	0,11	<0,11	<0,11
T-PO ₄ (mg P/l)	0,15	0,24	0,36
K (mg/l)	22	4	3
SO ₄ (mg/l)	179	104	2
Fe (mg/l)	12	8	2

De verhoogde concentraties chloride, kalium en sulfaat geven aan dat er een beïnvloeding vanuit de landbouw bestaat die op deze locatie tot zeker 8 m-mv reikt. Deze beïnvloeding uit zich niet in verhoogde fosfaatconcentraties en stikstofconcentraties in het grondwater. Het nitraat wordt blijkbaar al snel gedenitrificeerd. Dit worden veroorzaakt door het verhoogde DOC in de bodem of door pyriet-oxidatie. De hoge ijzer- en sulfaatconcentraties zijn hiervoor een indicatie. De bindingscapaciteit voor fosfaat is dusdanig hoog dat het fosfaat snel wordt vastgelegd. Deze eigenschappen zorgen ervoor dat het diepere grondwater zeer lage

concentraties fosfaat en stikstof bevatten. Dit betekent dat op locaties waar dieper grondwater in de watergangen komt, dit niet bijdraagt aan de belasting met nutriënten. Verhoogde nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn dus nagenoeg geheel toe te schrijven aan ondiepe uitspoeling van nutriënten uit landbouwgronden.

5.4 Stofstromen

Op basis van de gegevens van de gemeten waterkwaliteit en de waterbalansen (zie paragraaf 3.8) zijn de stofstromen in gebied Hooze Raam geanalyseerd en in beeld gebracht. Van elk meetpunt is het bovenstroomse gebied bepaald. Aan de hand van deze meetpunten met het bijbehorende gebied is getracht om nutriëntenbronnen inzichtelijk te maken. In figuur 5.7 zijn de meetpunten en de bijbehorende gebieden weergegeven.



Figuur 5.7 Overzicht meetpunten en toedeling gebieden aan meetpunten

Voor de vereenvoudiging van de stoffenanalyse is uitgegaan van maandgemiddelden voor zowel de waterkwantiteit en waterkwaliteit. Dit is gedaan omdat de waterkwaliteitsgegevens soms onvolledig zijn en er alleen een jaarverloop is te construeren door het maandgemiddelde over een meerjarige periode te berekenen. Hiervoor zijn de maandgemiddelde concentraties voor N-totaal en P-totaal berekend voor de meetperiode 1996 tot en met 2005.

Voor de massabalans is als basis de waterbalans zoals beschreven in hoofdstuk 3 gebruikt. Hierbij is aangenomen dat vanuit de diepe kwel geen stikstof of fosfaat wordt aangevoerd. Voor de oppervlakkige afstroming is een waarde aangenomen. Die waarde is zodanig gekozen dat de concentraties in het oppervlaktewater zoveel mogelijk worden benaderd. Tijdens deze berekeningen bleek dat de aannames in de waterbalans niet helemaal overeen kwamen met de gemeten concentraties. Volgens de massabalans moet er in maanden met een neerslagtekort toch enige uitspoeling plaatsvinden naar het oppervlaktewater. In de waterbalans wordt deze kleine post weggemiddeld, maar in de stofbalans blijkt dit niet correct te zijn. In de stofbalans is daarom aangenomen dat in maanden met een neerslagtekort 2,5% van de neerslag toch tot

afstroming komt. Dit getal is gekozen omdat het de beste voorspelling geeft van de meetwaarden. Uiteindelijk is gebleken dat de stikstofconcentratie in het uitspoelende regenwater tussen 8 en 6 mg/l ligt. In het voorjaar is dit getal wat hoger, in de nazomer wat lager. In bijlage 2 zijn de aannames van de stoffenbalans verder onderbouwd.

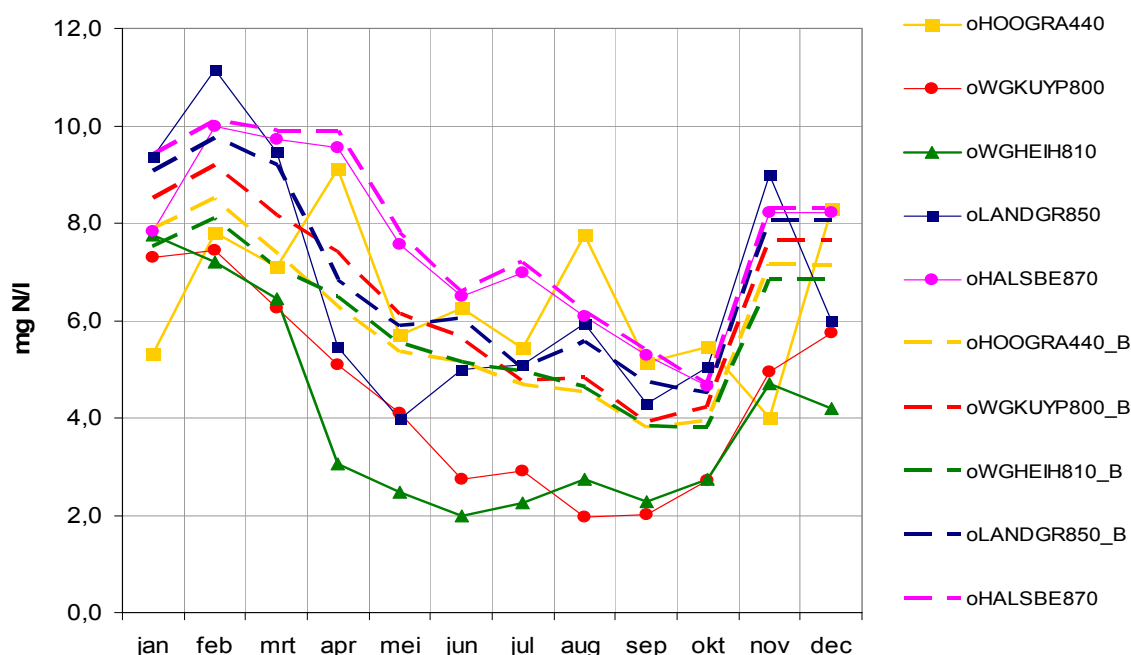
Het verloop van de maandgemiddelde concentratie wordt weergegeven in figuren 5.8 en 5.9.

5.4.1 N-totaaltransport in de Hooge Raam

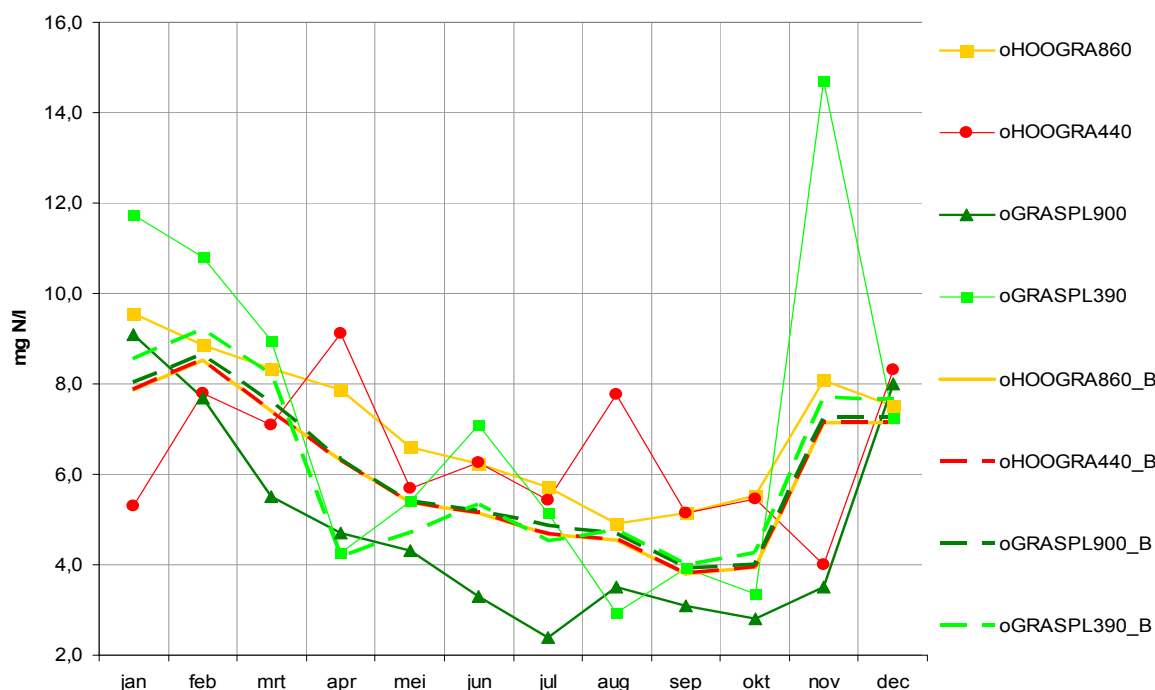
In figuur 5.8 en 5.9 is het verloop van de maandgemiddelde concentratie N-totaal weergegeven in mg/l. De doorgetrokken lijnen betreffen de berekende waarden. De lijnen met symbolen betreffen de gemeten waarden.

Bij deze simulaties is het niet helemaal mogelijk om op alle locaties de berekende concentraties te laten samenvallen met de gemeten waarden. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat de emissies vanuit het oppervlakkig afspoelende grondwater sterk per locatie verschillen. In deze berekening is gecalibreerd op het totaalverschil voor alle locaties tegelijk. Daarnaast vindt er enige opname en/of bezinking en nalevering uit de bodem plaats in de waterlopen zelf. Gezien de korte verblijftijd van het water zullen deze posten netto gering zijn.

Opvallend is dat de resultaten van deze simulatie leiden tot een structurele onderschatting van de concentraties in de hoofdwaterlopen. Dit suggereert dat de kweltoevoer in de benedenstroomse gebieden mogelijk toch vervuild is met landbouw beïnvloed grondwater. Daarnaast is de jaarlijkse dynamiek in de “haarvaten” lastig te simuleren. In de zomerperiode is de verblijftijd van het water langer waardoor stikstof opnemende processen in het oppervlaktewater blijkaar toch een prominente rol krijgen.

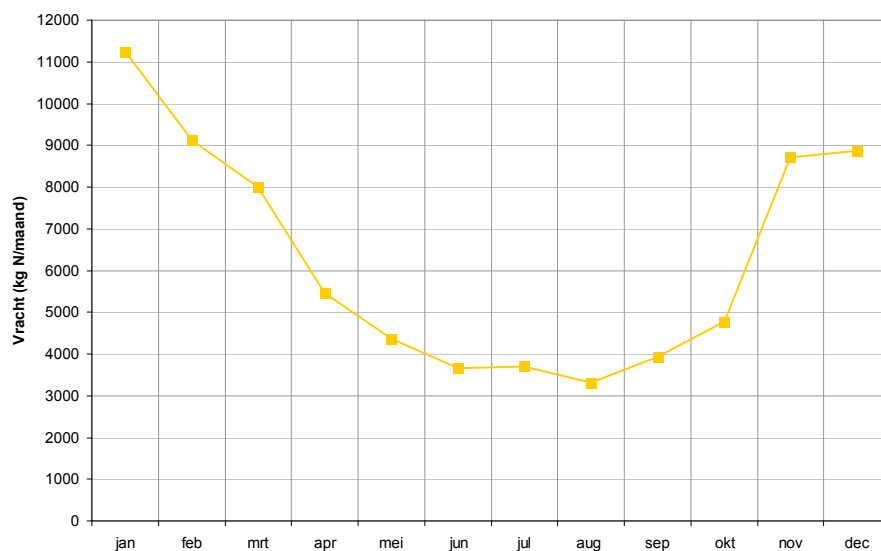


Figuur 5.8 Verloop maandgemiddelde concentratie N-totaal in mg/l (berekend en gemeten) op een vijftal locaties. De gemeten en berekende concentraties hebben gelijke kleur. De gemeten waarde zijn voorzien van puntsymbolen. De berekende waarde hebben gestippelde lijnen.



Figuur 5.9 Verloop maandgemiddelde concentratie N-totaal in mg/l (berekend en gemeten) op een vijftal locaties. De gemeten en berekende concentraties hebben gelijke kleur. De gemeten waarde zijn voorzien van puntsymbolen. De berekende waarde hebben gestippelde lijnen

Omdat de debieten in de zomerperiode veel lager zijn dan in de winterperiode, en de concentraties in de winterperiode ook nog veel hoger zijn wordt er in de winterperiode veel meer stikstof afgevoerd dan in de zomerperiode. In figuur 5.10 is die verloop weergegeven.



Figuur 5.10 Maandgemiddelde vracht voor N-totaal in de Hooze Raam

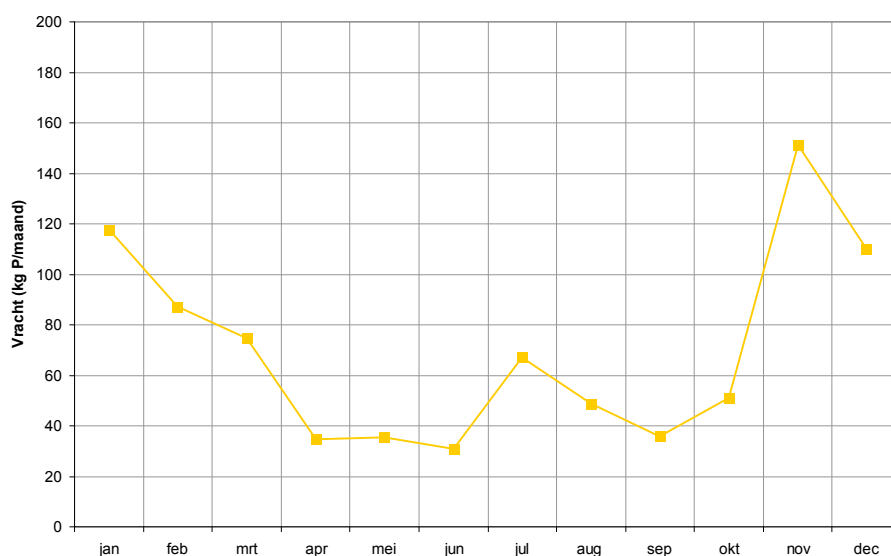
Ter vergelijking is de totale berekende vracht uit het studiegebied vergeleken met de vrachten zoals die berekend zijn uit de emissieregistratiesysteem (ERC) van het RIZA (jaar 2003). Uit het ERC blijkt dat volgens deze systematiek er jaarlijks 52.000 kg totaal stikstof op het oppervlaktewater wordt geloosd, waarvan 93 wordt veroorzaakt door uitspoeling vanuit de (landbouw)bodem. Dit ligt in dezelfde grootte orde als de gemeten vracht van 69.000 kg N/jaar uit de Hooze Raam. Blijkbaar worden er in het ERC enkele bronnen onderschat (stedelijke

lozingen) of niet meegenomen (o.a. bladval). De atmosferische depositie is in dit systeem verwerkt in de uitspoeling vanuit de bodems, en aangezien het percentage open water erg klein is (<1%) is de depositie op open water gering (minder dan 600 kg/jaar) ten opzichte van de andere bronnen.

Conclusie is wel dat door de korte verblijftijd in het beekstelsysteem de opname en denitrificatie van stikstof op de totale massabalans gering is. Stikstof gedraagt zich als een conservatieve stof.

5.4.2 PO₄-totaaltransport in de Hooge Raam

Voor fosfaattransport is het niet zinvol een dergelijke belastingsberekening uit te voeren. Uit de meetgegevens blijkt al dat de stikstofwaarden niet correleren met de fosfaatconcentraties. Dit geeft aan dat de gemeten fosfaatconcentraties niet of nauwelijks worden beïnvloed door de landbouwuitspoeling. Blijkbaar is de grond hier nog niet fosfaatverzadigd en is de adsorptie van fosfaat in de bodem groot. In dergelijke gevallen wordt de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater door andere factoren bepaald, zoals nalevering vanuit de bodem (achterstallig baggeronderhoud) lokale input van extern fosfaat door bladval of lozing. Dit is ook te zien aan de grote variatie in gemeten concentraties in de verschillende waterlopen in het studiegebied. Omdat de concentraties door het jaar gezien globaal gelijk blijven, varieert de vracht over het jaar mee met het debiet (zie figuur 5.11).



Figuur 5.11

Maandgemiddelde vracht voor P-totaal in de Hooge Raam

Uit de gemeten waarden blijkt dat er jaarlijks ongeveer 800 kg P via de Hooge Raam wordt afgevoerd. Uit de berekeningen via het emissieregistratiesysteem blijkt er de theoretische belasting bijna 7000 kg moet bedragen, waarvan 97% afkomstig is van de landbouw. Het grote verschil tussen deze twee getallen geeft al aan dat de fosfaatvastlegging in dit watersysteem zeer groot is. Bijna 90% van de fosfaatemissie wordt vastgelegd en is niet meer in het oppervlaktewater terug te vinden. Waar dit fosfaat wordt vastgelegd is niet duidelijk. Het kan in de bodem worden gebonden voordat het in de waterfase terechtkomt of het kan in de waterbodem worden vastgelegd waar het een potentiële fosfaatbron voor de toekomst is of wordt.

5.4.3 Betrouwbaarheid stoffenbalansen

De stoffenbalansen zijn gebaseerd op de waterbalansen. Uit de beoordeling van de betrouwbaarheid van de waterbalansen (paragraaf 3.8.2) blijkt dat de waterbalansen de afvoerdebieten gemiddeld goed simuleren, maar dat ze in de extreme situaties (piekafvoeren en droge perioden) te kort schieten. Dit werkt dan ook door in de stoffenbalansen.

Door het tijdelijk verlagen van de klepstanden van de stuwen treedt een kortdurende grote afvoerpiek op. Hierdoor nemen tijdelijk de stroomsnelheden sterk toe, met als gevolg dat er tijdelijk meer slib in suspensie zal komen. Hierdoor zullen er tijdens deze afvoerpieken tijdelijk veel nutriënten (Nkj en particulier-P) en nikkel tot afstroming komen. Ongeveer 50% van de totale fosfaatvracht uit de Hooge Raam bestaat uit particulier fosfaat. Voor totaal-N is dat 25%. De gevolgen van afstromingspieken zijn daardoor vooral van belang voor fosfaat. Dergelijke pieken van afstromend fosfaat zijn echter niet in de kwaliteitsmetingen terug te vinden aangezien de meetfrequentie te laag is. Op de totale balans kunnen de pieken een grote invloed hebben. Van beken in het beheersgebied van waterschap Veluwe is bijvoorbeeld gemeten dat in één extreme piekafvoer 90% van de vuilemissie kan plaatsvinden. In het geval van de Hooge Raam zullen de pieken door de basis kwelafvoer niet zo extreem van aard zijn, maar kunnen niet zomaar verwaarloosd worden.

Door de piekafvoeren is er dus een grotere afvoer van nutriënten, vooral van fosfaat, en nikkel te verwachten dan berekend wordt met de balansen. Het uiteindelijke effect hiervan op de ecologie is gering, aangezien het om korte perioden gaat. Voor het ontvangende water is het wel van belang, aangezien de totale vracht hierdoor wel degelijk kan toenemen.

In de zomer wordt er regelmatig geen of weinig afvoer gemeten, terwijl er in de waterbalansen wel afvoer berekend wordt. Deze perioden variëren van enkele dagen tot soms langer dan een week. Als er geen afvoer is, reduceert de stroomsnelheid tot nul waardoor er minder nutriënten worden afgevoerd dan berekend. Ook kan er door de lage stroomsnelheid meer zwevend stof neerslaan. Hierdoor is in droge perioden de afvoer van nutriënten mogelijk lager dan berekend. Als deze droge periode echter te lang duurt (meerdere dagen) en het water volledig stil komt te staan treedt er juist nalevering van nutriënten uit de sliblaag op, waardoor de stikstof- en fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater juist toenemen. Doordat het debiet nul of zeer gering is heeft dit geen invloed op de totale afvoer, maar omdat lokaal de nutriëntenconcentraties sterk kunnen stijgen is de ecologische impact groot. Daarnaast daalt de zuurstofconcentratie bij lage waterstand in de zomer (en daarmee hogere temperatuur) waardoor het de fauna sterk nadelig wordt beïnvloed. Per saldo is het effect van de droge perioden moeilijk te bepalen. Veel hangt af van de lokale situatie en de heftigheid van de droge periode.

5.5 Integratie

De voornaamste knelpunten voor de waterchemie van het studiegebied liggen voornamelijk in de hoge concentraties stikstof en zware metalen. De hoge concentraties stikstof in het oppervlaktewater worden voornamelijk veroorzaakt door de oppervlakkige uitspoeling van stikstof vanuit de landbouw. Waarschijnlijk is ook het diepere grondwater in het noordoostelijke gebied verrijkt met uitgespoeld stikstof. De fosfaatconcentratie is vrij laag. Dit heeft te maken met de uitspoeling van ijzer vanuit het grondwater. Hierdoor wordt een groot deel van het fosfaat gebonden, zowel in het oppervlaktewater als in het grondwater. De actuele lokale fosfaatconcentratie wordt bepaald door lokale factoren zoals externe input zoals bladval en lokale lozingen of interne nalevering vanuit de waterbodem.

De hogere ijzerconcentraties worden waarschijnlijk veroorzaakt door de oxidatie van pyriet in de ondergrond. Aangezien het pyriet in dit gebied ook nikkel bevat is ook de concentratie nikkel in het oppervlaktewater hoog. De chemische grondwatergegevens bevestigen dat er inderdaad in de ondergrond veel nitraat verdwijnt door pyrietoxidatie.

5.6 Leemten in kennis

Naar aanleiding van het onderzoek naar de stoffen in gebied Hooge Raam blijkt dat een aantal gegevens nog onvoldoende bekend is of met onvoldoende detail. Het gaat daarbij om de volgende gegevens:

- Gedrag van fosfaat rond de waterbodem. Wordt het fosfaat dat via de landbouw in het milieu in de ondergrond of in de waterbodem vastgelegd. Indien het in de waterbodem wordt vastgelegd, wordt het vastgelegde een potentiële tijdbom voor de toekomst.

- De emissieregistratiegegevens van het RIZA zijn nog niet helemaal betrouwbaar en gebaseerd op landelijke kentallen. Ze geven voor belangrijke parameters in een zandgebied zoals de Hooge Raam een goede indicatie. Meer lokaal onderzoek in de relatie mestgift, uitspoeling en grondwaterstand is gewenst.
- Effecten van piekafvoeren op de vuilvracht van de Hooge Raam. Als gevolg van de meetfrequentie in het bestaande monitoringprogramma worden piekafvoeren voor de waterkwaliteit structureel gemist. Nader onderzoek naar piekafvoeren is gewenst hoor bij piekafvoeren extra waterkwaliteit te minitoren.
- Gevolgen droge perioden op waterkwaliteit in de bovenlopen. Op dit moment is er weinig bekend over de ecologische consequenties van droge perioden.

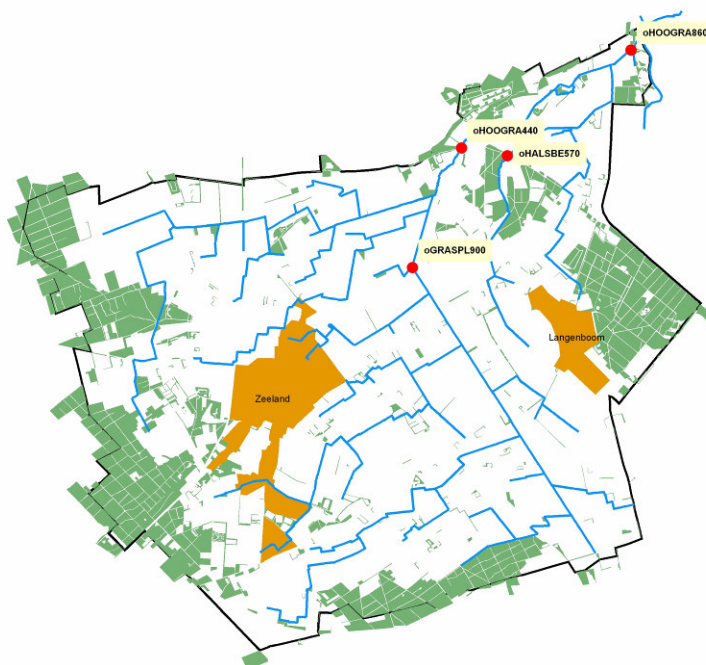
6 Soorten

6.1 Inleiding

Het gebied van de Hooze Raam ligt op de overgang van de Peelhorst naar het dal van de Maas. Binnen het gebied zijn er dan nog overgangen die samenhangen met het beekstelsel van de Hooze Raam en de Halsche Beek. Er zijn gradiëntrijke situaties door de aanwezigheid van voedselarme, hooggelegen zandruggen, die als generatoren fungeren van ondiepe grondwaterstromen en zorgen voor de aanvoer van diep grondwater. De kwelaanvoer draagt bij tot het gebiedseigen karakter van het beekstelsel. In de huidige situatie draagt deze aanvoer tevens bij aan een verdunning van het met voedingsstoffen verrijkte oppervlaktewater vanuit de landbouwgebieden of door de overstorten in het stroomgebied.

In delen van de benedenstroomse trajecten is de structuur en de morfologie van de beek nog vrij gaaf. Naast het grote verval en de betrekkelijk goede zuurstofhuishouding is de samenhang tussen beekdal en hogere gronden nog steeds aanwezig. Dat zijn op zich goede uitgangspunten voor een gezonde, gebiedseigen, levensgemeenschap. Daarvoor is echter ook voeding met een goede kwaliteit en een gedifferentieerd milieu, met een zo natuurlijk mogelijke oeverbescherming voor nodig (Van Dijk & Buskens 1993).

In het volgende zal per biologisch kwaliteitselement worden nagegaan in hoeverre deze afwijkt van de situatie die hier mag worden verwacht. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van het routinematige hydrobiologische meetnet van het waterschap (Figuur 6.1) en andere onderzoeksgegevens.



Figuur 6.1. Belangrijkste meetpunten voor routinematige hydrobiologische bemonstering van het waterschap (oHOOGRA440 = Hooze Raam bij Zandvoortseweg, oHOOGRA860 = Hooze Raam bij uitmonding Esscharen, oHALSBE670 = Halsche Beek bij Zandvoortseweg, oGRASPL900 = Graspeelloop bij Kuipersweg)

6.2 Flora (macrofyten)

(Grond-)waterafhankelijke soorten zijn vrijwel uitsluitend aangetroffen in en langs watergangen. Hieronder bevinden zich zeldzame soorten als middelste en drijvende waterweegbree: de veldrus komt in een groot deel van het gebied voor. In watervoerende delen van de beken komen soorten voor als smalle waterpest, kleine egelskop en sterrekroos. De aanliggende gronden hebben geen botanische betekenis (Van Dijk & Buskens 1993).

De Hooge Raam zelf kent een weinig soortenrijke vegetatie op de oever en in het water. In het water is liesgras het meest algemeen. Dat duidt op zeer voedselrijke omstandigheden. Daarnaast komen in het water o.a. smalle waterpest en stomphoekig sterrekroos voor. Op de beschaduwde oever komen soorten van voedselrijke ruigten voor, zoals koninginnekruid en ruw beemdgras.

Op andere plaatsen langs de Hooge Raam komen soorten als zevenblad en glanshaver (Frans raaigras) het meest voor (Albers 1999, Albers e.a. 2003, Kamsma 2005). In de Hooge Raam varieert de bedekkingsgraad van waterplanten van 70% (voornamelijk liesgras) tot minder dan 5% aan de monding. De oevers op enkele monsterpunten zijn begroeid met bomen, struiken en ruigtkruiden en op andere plaatsen met riet, zegges en liesgras (Spikmans e.a. 2004).

In de zomer van 2005 is een vegetatie-opname gemaakt voor berekening van de score op de deelmaatlat van de KRW (Tabel 6.1). Op grond hiervan is de kwaliteit voor macrofyten en fyto bentos ontoereikend¹. Omdat het fyto bentos voorlopig niet meedoet is dit tevens de eindscore voor macrofyten en fyto bentos².

Tabel 6.1. Vegetatie-opname Hooge Raam bij Escharen (23-8-2005). De abundantie (hoeveelheid) is opgenomen volgens de schaal van Tansley (1 = weinig, ... , 9 = massaal).

Soort	Abundantie	Soort	Abundantie
<i>Waterplanten</i>		<i>Oeverplanten</i>	
Gele plomp	1	Watermunt	1
<i>Oeverplanten</i>		Veenwortel	1
Gewone engelwortel	2	Rietgras	2
Haagwinde	4	Bitterzoet	1
Lidrus	1	Kleine egelskop	1
Gespleten hennepnetel	1	Grote egelskop s.l.	2
Liesgras	9	Gewone smeewortel	3
Kikkerbeet	2	Blauwe waterereprijs	1
Echte koekoeksbloem	1		

In het water van het open gedeelte van de nevengeul is stomphoekig sterrenkroos het meest algemeen; op de oever staan hier algemene soorten als witbol, kruipende boterbloem en witte klaver. In het deel van de nevengeul in bos staan weinig waterplanten, met name mannagras en op de oever grote brandnetel en gewone braam. Door deze voedselrijke situatie is het water en de oever weinig interessant voor libellen en vlinders (Kamsma 2005).

In de Halsche Beek komen soorten voor van matig tot zeer voedselrijke milieus (Tabel 6.2). In de Rusvensche Loop komt een minder algemene soort van matig voedselrijke wateren als drijvende waterweegbree nog voor, naast drijvend fonteinkruid (Kamsma 2005). De bedekkingsgraad van waterplanten in de Halsche Beek varieert van minder dan 5% op die plekken waar de oeverzone is begroeid met riet, zegges en liesgras (Spikmans e.a. 2004)

¹ Er zijn geen kroos en flab gevonden en er is hier ook geen bos langs de oever. De score op de subdeelmaatlat groeivormen van type R14 is daarom $(1+1+0)/3 = 2/3$. Er zijn geen scorende waterplanten gevonden en de score voor de subsubdeelmaatlat soortensamenstelling waterplanten is daarom 0 (Van der Molen e.a. 2004). In de nieuwste versie van de maatlaten voor natuurlijke wateren zijn de oeverplanten vervallen (Van der Molen & Pot 2006). Daarom is de score voor de deelmaatlat macrofytensamenstelling gelijk aan $(2/3 + 0)/2 = 1/3 = 0,33$. Dat is ontoereikend.

² Monitoring van fyto bentos wordt wel aanbevolen om met de resultaten hiervan een goed werkend beoordelings-systeem te maken.

Tabel 6.2. Meest algemene plantensoorten in het gebied (Kamsma 2005).

Hooge Raam	Halsche Beek	Graspeelloop, Rusvensche Loop, Landergraaf
Soorten van zeer voedselrijk water (liesgras, smalle waterpest, sterrekroos) en stilstaand water (gele plomp). Weinig soorten van minder voedselrijk water	Soorten van zeer voedselrijke tot wat minder voedselrijke omgeving (mannagras, sterrekroos, grote en kleine egelskop, veldrus)	Soorten van zeer voedselrijk tot matig voedselrijk water (zwanebloem, moerashertshooi, drijvende waterweegbree, veldrus, duizendknoopfonteinkruid, waterpest, kleine egelskop, sterrekroos, riet)

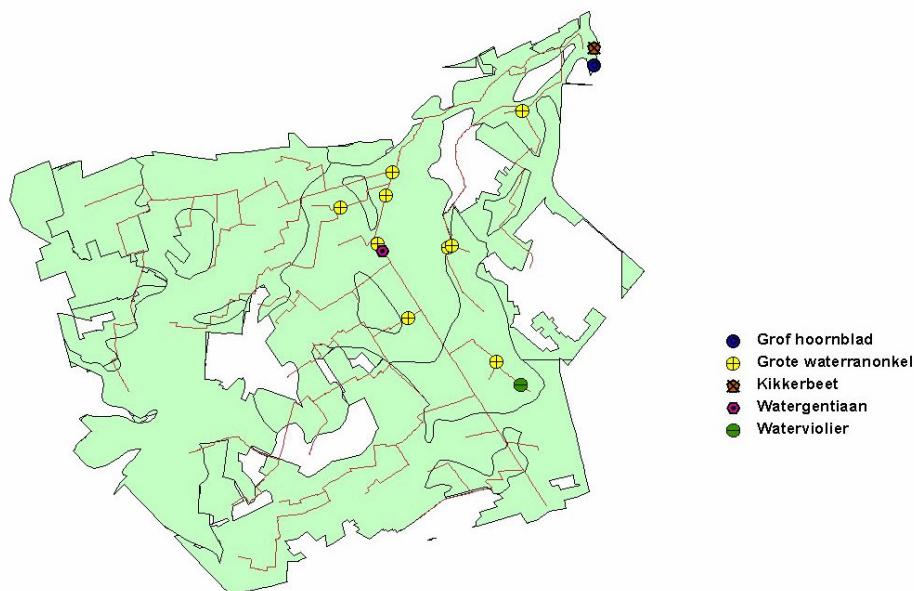
In de perioden 1988 en 1998-1999 is het gebied bezocht tijdens de florakartering van de Provincie Noord-Brabant. Deze kartering betreft zogenaamde aandachtssoorten. Dat zijn meestal soorten die vanwege hun zeldzaamheid of indicatieve waarde van belang zijn: algemene soorten als riet, liesgras, mannagras en moeilijk te onderscheiden soorten als sterrekroos horen hier niet toe. De gevonden aandachtssoorten zijn vermeld in Tabel 6.3. De meeste soorten zijn kenmerkend voor voedselrijke milieus. De soorten van het oorspronkelijk (matig) voedselarme water- en moeraslandschap komen nog slechts sporadisch voor. De verschillen tussen de twee rondes kunnen niet zonder meer als achter- of vooruitgang worden geïnterpreteerd³.

Tabel 6.3. Aantal locaties uit de kilometerhokken van het studiegebied van de aandachtssoorten in verschillende perioden volgens ongepubliceerde gegevens van de Provincie Noord-Brabant. De soorten zijn ingedeeld in ecologische groepen volgens een enigszins aangepaste indeling van Van der Meijden e.a. (1991).

Ecologische groep Naam	Aantal opnamen		
	Totaal	1988	1998-'99
<i>Voedselrijke wateren</i>			
Grote waterranonkel	44	38	6
Gekroesd fonteinkruid	22	22	0
Kikkerbeet	7	7	0
Grof hoornblad	2	2	0
Waterviolier	2	2	0
Groot blaasjeskruid	1	1	0
Watergentiaan	1	0	1
<i>Voedselrijke oevers en moerassen</i>			
Holpijp	76	46	30
Slanke waterweegbree	58	27	31
Blaaszegge	4	3	1
Hoge cyperzegge	3	2	1
<i>Natte bemeste graslanden</i>			
Veldrus	90	45	45
Gewone dotterbloem	5	5	0
<i>Pionier- en storingsituaties</i>			
Waterviel	36	19	17
Rode waterereprijs	1	0	1
<i>Matig voedselarme oevers en moerassen</i>			
Melkeppe	4	0	4
Snavelzegge	2	0	2
<i>Voedselarme wateren en oevers</i>			
Drijvende waterweegbree	5	5	0
Naaldwaterbies	5	0	5
Veelstengelige waterbies	1	1	0
<i>Natte heiden</i>			
Wilde gage	2	0	2

In figuur 6.2 is de verspreiding van de planten uit voedselrijke wateren aangegeven. De waterplanten zijn duidelijk beperkt tot de locaties die (vrijwel) nooit droogvallen (Figuur 2.4).

³ Het gebied ten N. van Zeeland (rond de Rusvensche Loop), waar in 1988 gekroesd fonteinkruid, grote waterranonkel en drijvende waterweegbree zijn gevonden, is in 1998 pas eind september gekarteerd. Omdat de waterlopen toen waarschijnlijk ook al (voor de tweede keer?) geschoond waren zijn deze soorten daar toen niet teruggevonden. Uit andere bron is bekend dat die soort daar nog steeds staat. Ten ZO. van Zeeland is in juni 1999 gekarteerd, alleen is het meest soortenrijke gebied uit 1988 (met o.a. dotterbloem en blaaszegge) toen niet opgenomen. Verder is er in de nieuwe kartering een aantal soorten toegevoegd aan de aandachtssoortenlijst, zoals melkeppe, wilde gage en rode waterereprijs.



Figuur 6.2. Verspreiding van soorten uit voedselrijke wateren in de periode 1988-1999 volgens waarnemingen van de Provincie Noord-Brabant. Niet-gekarteerd gebied is wit aangegeven. Opmerkelijk is het ontbreken van de waterviolier, een aandachtssoort die vaak als kwelindicator wordt gezien. In bijlage 3 zijn de verspreidingskaartjes van de overige soorten uit Tabel 6.3 opgenomen. De soorten van voedselrijke oevers en moerassen, zoals holpijp en de slanke waterweegbree komen voor in de wat kleinere wateren dan de waterplanten van de vorige groep en zijn ook aangetroffen in droogvallende watergangen, zoals de Landergraaf. De veldrus is een soort van nat, vaak bemest, grasland, maar komt ook in en langs vooral kleinere en droogvallende sloten in het gebied veel voor. De gewone waternavel is een typerende soort van contact- en storingssituaties in oorspronkelijk voedselarme mileus en staat op enkele plaatsen (vermoedelijk langs greppels). Van de soorten uit voedselarme wateren en moerassen tenslotte is er slechts een handvol vindplaatsen.

6.3 Fytobenthos

Het fytobenthos bestaat uit de algen die op de bodem en ander substraat, zoals waterplanten groeien. De meeste van deze microscopische algen behoren tot de groep van de diatomeeën of kiezelwieren. Hiervoor zijn ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water maatlaten opgesteld. De resultaten van de beschikbare analyses van het waterschap zijn vermeld in bijlage 4. Van de Halsche Beek zijn alleen monsters uit 1988 aanwezig en van de Hoge Raam bij de uitmonding ook uit 2005. Het aantal soorten per monster is in de voorjaarsmonsters met 22-27 hoger dan in de najaarsmonsters (9-15). Vooral in de najaarsmonsters kunnen algemene soorten als *Cocconeis placentula* en *Achnanthes minutissimum* zich massaal ontwikkelen. De meeste aangetroffen soorten zijn kenmerkend voor neutrale tot alkalische, voedselrijke wateren, maar met name in het monsters van de Hoge Raam uit 2005 verradt zich het oorspronkelijk voedselarme en zure karakter van het gebied zich door de aanwezigheid van soorten als *Nitzschia paleaeformis* en *Eunotia paludosa*. De laatste soort geeft tevens aan dat de wateren in het gebied tijdelijk geheel of ten dele droogvallen.

Het percentage negatieve indicatoren is rond 20% in de voorjaarsmonsters en rond 2% in de nazomermonsters, wat volgens de maatlat voor natuurlijke wateren R14 duidt op een goede, respectievelijk zeer goede kwaliteit. Deze maatlaten zijn door gebrek aan gegevens vooralsnog onvoldoende gecalculeerd.

6.4 Macrofauna

6.4.1 Soortensamenstelling

Tot de macrofauna behoren de ongewervelde zoetwaterdieren die nog goed met het blote oog zichtbaar zijn. In beken kunnen karakteristieke en stroomminnende dieren voorkomen,

waaronder vlokreeften, kriebelmuggen, vedermuggen, kevers en larven van steenvliegen, eendagsvliegen en libellen (Van Dijk & Buskens 1993).

Door of in opdracht van het waterschap zijn op een plek in de Graspeelloop, op twee plekken in de Halsche Beek en drie plekken in de Hooge Raam tussen 1980 en 2004 watermonsters genomen voor macrofaunaonderzoek, met het standaardmacrofaunanet. Voor 1996 werden deze slechts uitgezocht en gedetermineerd op gemakkelijk te herkennen soorten of groepen van soorten; daarna zijn de monsters veel diepgaander bestudeerd, zodat de resultaten uit de verschillende perioden niet geheel vergelijkbaar zijn.

In enkele monsters werden zeer weinig (minder dan 20) dieren geteld. Deze monsters zijn buiten beschouwing gelaten. In de resterende 77 monsters werden in totaal 64562 dieren geteld, die behoren tot 347 soorten(groepen). Bijlage 5 geeft een samenvatting van de resultaten. In de eerste tabel zijn de gemiddelde procentuele hoeveelheden van de meest voorkomende soorten(groepen) per monster per periode weergegeven⁴, in de tweede tabel is weergegeven in welk percentage van de monsters van de betreffende locatie uit de betreffende periode de meest voorkomende soorten(groepen) aanwezig zijn. Soorten die specifiek gebonden zijn aan stromende wateren zijn hierin met een * gemerkt.

Voor alle monsters samen is het opmerkelijk dat de specifiek aan stromende wateren gebonden soorten maar weinig voorkomen, het betreft slechts twee groepen van vedermuggen (*Macropelopia* en *Conchapelopia*). De overige in het gebied algemene soorten zijn ook in de rest van de Nederlandse (vaak stilstaande) wateren algemeen. De meest voorkomende soortengroep zijn de muggenlarven van het geslacht *Chironomus*, die vaak in het slib leven en lage zuurstofgehalten kunnen verdragen. Deze waren vooral algemeen (meer dan 25% van de hoeveelheid dieren) in de monsters van de Graspeelloop, en de uitmondingen van de Halsche Beek en Hooge Raam vóór 1996. In de periode daarna kwamen deze op de genoemde locaties slechts met een hoeveelheid van enkele procenten voor. Daarentegen is de hoeveelheid van de gewone vlokreeft de laatste jaren sterk toegenomen en komt in alle recente monsters voor. Deze soort verdraagt geen lage zuurstofconcentraties en leeft tussen planten en dood grover organisch materiaal (detritus). De vooruitgang van deze soort betekent een duidelijke verbetering van de waterkwaliteit.

In bijlage 6 is de procentuele frequentie van de stroomminnende soorten per locatie en per periode vermeld. In dit opzicht zijn vooral de trajecten met een nog enigszins natuurlijke, slingerende beekloop en beschaduwde trajecten van belang, zoals de Halsche Beek bij de Zandvoortseweg en de Hooge Raam bij dezelfde weg, waar tussen de 14 en 19 stroomminnende soorten werden gevonden. Beschaduwing van de Hooge Raam heeft in beginsel een gunstige invloed op de macrofauna: de temperatuurf fluctuaties worden afgevlakt en verminderde lichtval geeft minder algengroei. Bladval geeft een verrijking van het assortiment voedingsstoffen, waardoor o.a. detrituseters kunnen voorkomen (Van Dijk & Buskens 1993).

Opmerkelijk is de geringe frequentie van de elders algemene steenvlieg *Nemoura cinerea* en de larven van de weidebeekjuffer (*Calopteryx splendens*). Volgens GTD (1993) was *N. cinerea* juist algemeen in de Halsche Beek. Volwassen exemplaren van de weidebeekjuffer en andere libellensoorten van stromend water zijn maar weinig gevonden (Faasen & Albers 2002). In een monster van de Halsche Beek uit april 1987 werd de rivierkreeft (*Astacus astacus*) aangetroffen. Dit is een uiterst zeldzame soort van (snelstromende) beken, gevoelig voor vervuiling en kreeftenpest. De soort stelt hoge eisen aan haar omgeving: het water moet schoon, helder en zuurstofrijk zijn. Zelfs geringe mate van vervuiling wordt niet verdragen. Bovendien moet er genoeg gelegenheid zijn om schuilplaatsen te maken. Door de sterke watervervuiling en de normalisering van de beken, waardoor de schuilgelegenheid van de kreeften verdween is de soort sterk achteruit gegaan. Het is heel goed mogelijk dat de soort is verward met een van de verwante exotische soorten, die minder gevoelig zijn voor verontreiniging en normalisatie.

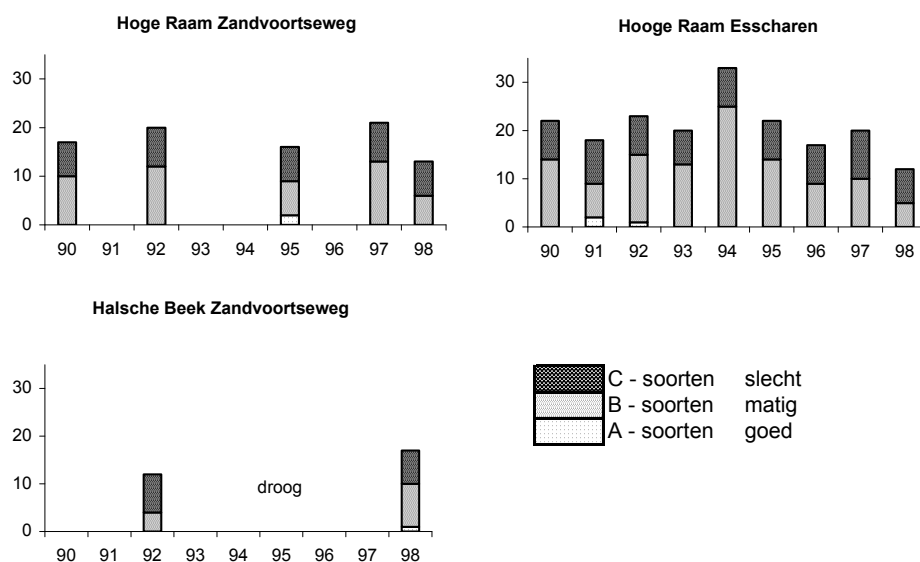
6.4.2 Beoordelingen

⁴ Omdat de getelde aantallen per monster zeer sterk uiteenlopen is het totaal van alle individuen in elk monster op 100% gesteld, waarna het relatieve aandeel van elke soort(engroep) hierin is berekend.

De monsters van voor 1999 zijn door het waterschap beoordeeld volgens de GTD-methode. Dit is een door de Oostbrabantse waterschappen destijds zelf ontwikkelde methode, waarbij werd volstaan met een globale determinatie van (groepen van) soorten, die zijn ingedeeld in klassen van slechte, matige en goede waterkwaliteit. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 6.3.

De Hooze Raam bij de uitmonding (Esscharen) is van 1990-1998 jaarlijks een of meerdere malen bemonsterd, bij de Zandvoortseweg is dit minder vaak het geval. Ook de Halsche Beek bij deze weg is niet vaak bemonsterd, soms (zoals in 1995) was dit niet mogelijk omdat de beek hier droog stond. Uit de grafieken is duidelijk dat de kwaliteit op alle locaties matig tot slecht is: soorten van goede waterkwaliteit zijn maar weinig aanwezig.

Vanaf 1999 zijn STOWA-beoordelingen uitgevoerd. De resultaten zijn samengevat in Figuur D. Deze beoordelingen leveren niet een kwaliteitsgetal per monster op, maar de monsters worden beoordeeld naar de aspecten voedselstrategie, substraat, trofie (voedselrijkdom), saprobie (verontreiniging door afbreekbaar organisch materiaal) en stroming. Het blijkt dat er op een locatie soms grote verschillen in de beoordelingen zijn: in de Hooze Raam bij Esscharen varieert de voedselstrategie tussen het laagste en het hoogste niveau, maar in de meeste gevallen zijn de verschillen niet groter dan een klasse. Met name op de beschaduwde trajecten is de voedselstrategie vaak goed: stroming is hier van het middelste tot het bijna hoogste niveau. Substraat en saprobie zijn meestal van het middelste niveau. Opvallend zijn de overwegend positieve beoordelingen voor trofie, ondanks de hoge mestdruk in het gebied.



Figuur 6.3. Samenvatting van de GTD-beoordelingen van de macrofauna 1990-1998.

Locatie	Periode	M/B	STOWA-beoordeling				
			Voedselstrat.	Substraat	Trofie	Saprobie	Stroming
Graspeelloop	mei-02	M	5	2	5	2	2
Hooge Raam	mei-99	M	5	3	5	3	4
Zandvoortseweg	sep-99	M	5	3	4	3	3
	jun-00	M	5	3	4	4	4
	aug-00	M	5	4	4	4	5
	voorj.-01	M					
	sep-01	M	5	3	4	4	3
Hooge Raam	mei-02	M	3	2	4	3	2
Esscharen	mei-03	M	3	3	3	3	3
	aug-03	M	5	3	4	3	3
	mei-04	M	2	3	3	3	3
	aug-04	M	2	3	3	3	3
Halsche Beek	mei-99	B	3	3	4	4	3
Zandvoortseweg	sep-99	B					
	jun-00	M	5	3	5	3	5
	aug-00	M	5	3	4	3	4
	mei-01	B	5	3	4	4	4
	sep-01	B					
	mei-03	B	3	3	3	3	4
	naj.-03	B					
	mei-04	B	2	3	3	3	3
	sep-04	B	3	2	4		

Figuur 6.4. Samenvatting van de STOWA-beoordelingen 1999-2004. B = beoordeeld als bovenloop, M = beoordeeld als middenloop. Schaal: 1 = beneden laagste niveau, 2 = laagste niveau, 3 = middelste niveau, 4 = bijna hoogste niveau, 5 = hoogste niveau

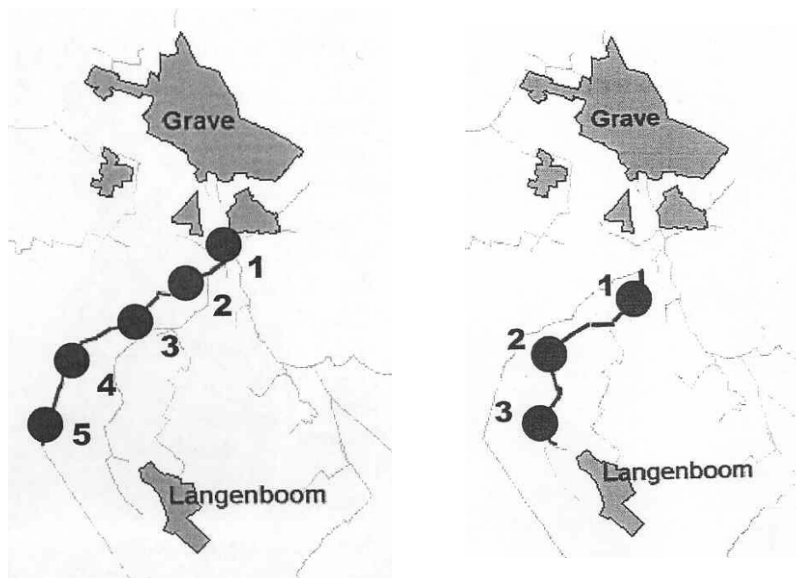
Met behulp van het programma QBwat (Pot 2006) zijn voor de monsters van de Halsche Beek en de Hooge Raam de scores berekend op de macrofaunamaatlat van het watertype R14, voor alle monsters waarin voldoende individuen (meer dan twintig) zijn aangetroffen. Voor de Graspeelloop (type M02) is geen maatlat voor natuurlijke wateren beschikbaar. De resultaten per monster zijn vermeld in bijlage 7. Daarbij zijn ook de voor de beoordeling relevante soorten (positieve en negatieve indicatoren, kenmerkende soorten) vermeld. De resultaten zijn samengevat in Tabel 6.4. Duidelijk blijkt dat de kwaliteit van de macrofauna in de verschillende perioden voornamelijk ontoereikend is. Er komen in de periode 1980-1989 zowel in de uitmondingen van de Halsche Beek als in de Hooge Raam soms monsters voor met de kwalificatie 'slecht'. Dat is na 1998 niet meer het geval. Het is goed mogelijk dat dit het gevolg is van het (nagenoeg) ontbreken van positieve indicatoren en kenmerkende taxa in de oudere monsters. Destijds werd minder tot op soortniveau gedetermineerd dan tegenwoordig het geval is.

Tabel 6.4. Gemiddelde waarden van de beoordelingen van de macrofauna volgens de maatlat voor het type R14. EKR = maatlatscore, n = aantal monsters.

Locatie	Periode	n	EKR	Klasse	Omschrijving
Halsche Beek, Zandvoortseweg	86-89	10	0.37	2	ontoereikend
Halsche Beek, Zandvoortseweg	99-04	9	0.37	2	ontoereikend
Halsche Beek, Uitmonding	80-89	15	0.25	2	ontoereikend
Hooge Raam, Zandvoortseweg	99-02	6	0.38	2	ontoereikend
Hooge Raam, Bus	96-98	2	0.42	3	matig
Hooge Raam, Esscharen	80-89	16	0.27	2	ontoereikend
Hooge Raam, Esscharen	99-04	5	0.33	2	ontoereikend

6.5 Vis

Door Limes Divergens / Natuurbalans en Ravon is in september 2003 op een aantal locaties (Figuur 6.5) een visstandsonderzoek verricht (Spikmans e.a. 2004). De belangrijkste resultaten zijn vermeld in Tabel 6.5.



Figuur 6.5. Locaties van het visstandsonderzoek door Spikmans e.a. (2004) in de Hooft Raam (links) en de Halsche Beek (rechts).

Tabel 6.5. Aantallen vissen gevangen op de verschillende locaties door Spikmans e.a. (2004).

ecologie soortnaam	Halsche Beek			Hooft Raam						Alle monsters
	1	2	Totaal	1	2	3	4	5	Totaal	
<i>soorten van stromend water</i>										
alver				1					1	1
bermpje				1					1	1
riviergrondel				1					1	1
<i>soorten uit stromende en stilstaande wateren</i>										
baars				47		3	1		51	51
blankvoorn				4					4	4
karper							1		1	1
paling				5		1			6	6
driedoornige stekelbaars	1	140	141	1		44		64	109	250
tiendoornige stekelbaars	16	50	66			1			1	67
<i>soorten van stilstaand water</i>										
kleine modderkruiper				1					1	1
rietvoorn				1		1			2	2
snoek				39	1	6	8		54	54
zeelt				25		1			26	26
Totaal aantal individuen	17	190	207	126	1	57	10	64	258	465
Totaal aantal soorten	2	2	2	11	1	7	3	1	13	13

Uit de tabel blijkt dat het aantal soorten en individuen uit stromende wateren gering is: ze zijn alleen gevangen nabij de uitmonding van de Hooft Raam. De overige soorten komen in veel verschillende soorten wateren voor of zijn meer karakteristiek voor stilstaande wateren, maar de aantallen hiervan zijn over het algemeen zeer laag.

Spikmans e.a. (2004) hebben op grond van de gegevens uit Tabel 6.5 en gegevens over de lengteverdeling en de gezondheidstoestand de Index voor Biotische Integriteit (IBI) berekend, dat is een getal dat het percentage overeenkomst aangeeft tussen de gevonden visstand en de ideale visstand op de betreffende locatie. Voor de Hooft Raam is de IBI 57% en voor de Halsche Beek 53%. De visstand in het gebied is daardoor matig ontwikkeld. Uitsluitend op traject 1 van de Hooft Raam (nabij de uitmonding in de Graafse Raam) zijn van baars en zeelt meerdere leeftijdsklassen aanwezig, de leeftijdsopbouw is zeer onevenwichtig. De kwaliteit berekend volgens de maatlaten voor natuurlijke wateren voor de Kaderrichtlijn Water is 0,06 (slecht) voor de Halsche Beek en 0,25 (matig) voor de Hooft Raam.

De visstand van de Hooft Raam is erg afhankelijk van die in de Graafse Raam, die fungeert als een schakel naar de Maas en dient als overwinteringsgebied. Enkel de benedenloop van de Hooft Raam is vrij van migratiebarrières. De trajecten boven de eerste stuw (gezien vanuit de

Graafsche Raam) kunnen niet worden gekoloniseerd vanuit de benedenloop en hebben daarom een geringe en onevenwichtig opgebouwde visstand. In de bovenloop van de Graafsche Raam zijn plaatselijk geschikte milieus voor stroomminnende vissen, zoals slibvrije bodems, maar deze kunnen niet door de vissen worden bereikt. In de Halsche Beek is er nauwelijks sprake van een visstand. De stuwen zijn onneembare hindernissen voor stroomopwaartse migratie vanuit de Graafsche Raam en de Hooze Raam. Ook de periodieke uitdroging van grote delen van de beek is een knelpunt voor de visstand

6.6 Amfibieën

De van het Ravon afkomstige gegevens zijn vermeld in bijlage 8. Van de 39 kilometerhokken die geheel of gedeeltelijk in het studiegebied liggen zijn er slechts van 10 inventarisaties bekend uit de periode 1994-2005. Slechts twee van deze hokken zijn goed geïnventariseerd en deze liggen dan ook nog eens aan de rand van het studiegebied. De twee bijzondere soorten die in de bijlage zijn vermeld (heikikker en rugstreeppad) zijn daardoor juist buiten de grenzen van het Hooze-Raamgebied gevonden. In het gebied komen gewone soorten als gewone pad, groene kikker, bruine kikker en kleine watersalamander vrij algemeen voor. Er mogen in het gebied geen maatregelen worden genomen die afbreuk doen aan de gunstige staat van instandhouding van deze soorten.

Vermeldenswaard is nog de alpenwatersalamander, die op enkele plaatsen aan de westzijde van het gebied voorkomt. Deze komt voor in het zuiden en oosten van Nederland, onder andere in beekdalen, maar ook in hoger gelegen gebieden en soort vertoont een voorkeur voor (zandige) leemgrond en bos in de directe omgeving van een voortplantingswater. Aan de voortplantingsbiotoop worden weinig eisen gesteld. Zelfs sterk beschaduwde bospoelen voldoen. Ook kan de soort in relatief zure vennen voorkomen.

Voor het verkrijgen van een volledig verspreidingsbeeld van de hier voorkomende soorten, dient het plangebied aanvullend onderzocht te worden. Onderzoek naar amfibieën, dient met name gericht te worden op het voorkomen van beschermde soorten als de alpenwatersalamander, de rugstreeppad en de heikikker. Aanbevolen wordt om bij aanvullend onderzoek de omliggende kilometerhokken van het huidige verspreidingsgebied van deze soorten te onderzoeken. Naast het voorkomen van amfibieën, dient ook rekening gehouden te worden met het voorkomen van de levendbarende hagedis.

6.7 Integratie

Zoals in de eerdere hoofdstukken is beschreven is het gebied sterk veranderd ten opzichte van de natuurlijke situatie. In dit hoofdstuk blijkt dat dit zijn weerslag heeft gehad op de ecologie. De inrichting en het beheer ten behoeve van de landbouw (kanalisatie, normalisatie, sterke ontwatering, intensief maaibeheer) heeft zowel directe als indirecte effecten op de ecologie. Een belangrijk direct effect is de geringe habitatvariatie: door de steile oevers is er nauwelijks een geleidelijke land-waterovergang, beekmeanders waarin substraat en stroming sterk variëren zijn rechtgetrokken en door het intensieve maaibeheer worden ondergedoken waterplanten regelmatig weggemaaid. Een ander direct effect is afkomstig van de stuwen, die zorgen voor migratiebarrières voor vis. Het indirecte effect van de inrichting wordt veroorzaakt door de onnatuurlijke afvoercharacteristiek; er is een lage basisafvoer met over het algemeen een relatief lage stroomsnelheid en grotere periodes van droogval, terwijl de fluctuaties groter zijn. Beide effecten leiden samen tot een verarming van de macrofaunagemeenschap, zoals blijkt uit de ontoereikende score voor de Kaderrichtlijn Water. Kenmerkende stroomminnende soorten ontbreken veelal of zijn erg zeldzaam. Dit geldt ook voor libellen (bijv. weidebeekjuffer) en vissen (bijv. biermpje en riviergrondel).

Voor de aanleg van de Graspeelloop heeft grote gevolgen gehad. Alle kwel concentreert zich in deze waterloop, waardoor het centrale natte deel van het gebied geheel verdwenen is. De Halsche beek valt hierdoor langer droog, en behalve in en langs de watergangen zelf zijn nagenoeg geen kwelindicerende plantensoorten (meer) aangetroffen.

Van oorsprong had het gebied een (matig) voedselarm karakter, maar als gevolg van oppervlakkige uitspoeling uit de landbouw is er nu sprake van hoge concentraties stikstof. Als

gevolg hiervan zijn de soorten van (matig) voedselarme omstandigheden vervangen door een ruigere, eentonige vegetatie met liesgras. Ook dit draagt bij aan de geringe habitatvariatie voor bijvoorbeeld macrofauna en vis.

6.8 Leemten in kennis

Naar aanleiding van het onderzoek naar de soorten in gebied Hooge Raam blijkt dat een aantal gegevens nog onvoldoende bekend is of met onvoldoende detail. Voorgesteld wordt het aantal locaties voor analyse van de biologische parameters uit te breiden zoals beschreven in het Monitoringplan Hooge Raam (2006) en ook de daarin beschreven frequenties te hanteren.

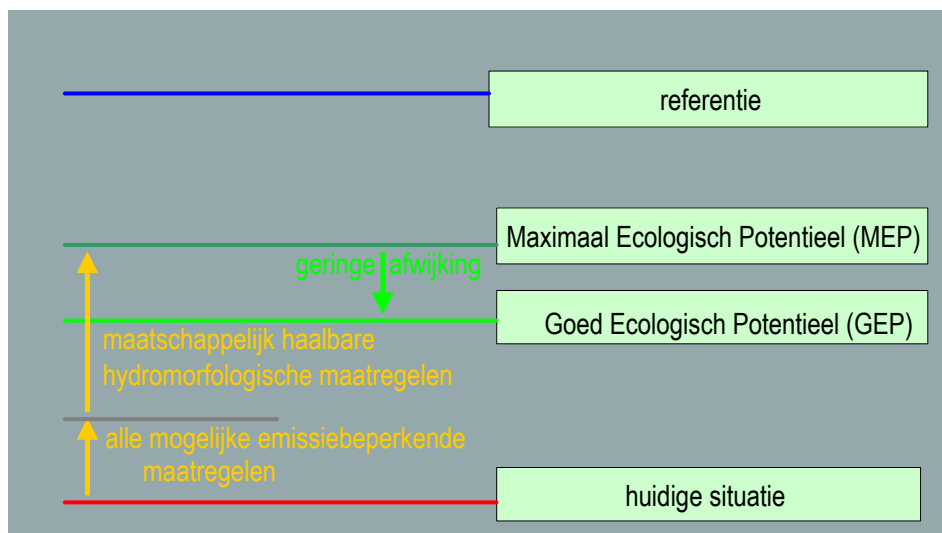
7 Voorstel MEP/GEP

7.1 Inleiding (werkwijze en leeswijzer)

Voor het opstellen van doelen voor sterk veranderde en kunstmatige waterlichamen (MEP's en GEP's) is een Handreiking MEP/GEP opgesteld. In deze studie wordt in grote lijnen deze Handreiking MEP/GEP gevolgd (eindversie, november 2005). In de Handreiking zijn twee methoden beschreven, die beiden hetzelfde resultaat leveren. Voor deze studie is gekozen voor de Pra(a)gmatische aanpak, omdat hiermee verschillende processtappen worden samengenomen. Bij deze methode worden de doelen bepaald door de effecten van een set overeengekomen maatregelen in te schatten, waarbij de huidige situatie het uitgangspunt vormt.

Hieronder staan de stappen in het Pra(a)gmatische proces weergegeven, zie ook figuur 7.1. Achter elke stap is opgenomen in welke paragraaf deze stap wordt uitgevoerd.

- Uitgangspunt bij deze aanpak vormt de huidige situatie. Om gevoel voor de afstand tot de Goede Ecologische Toestand (GET) te krijgen kan de huidige situatie worden getoetst aan de maatlatten voor natuurlijke wateren (*paragraaf 7.2*).
- Inventariseer gebruiksfuncties en 'drukken' op het waterlichaam (fysieke ingrepen, beheer en emissies) en de effecten hiervan (*paragraaf 7.3*).
- Inventariseer alle inrichtings-, beheer- en emissie maatregelen, waarmee de GET van het oorspronkelijke of meest gelijkende natuurlijke type wordt bereikt of zoveel mogelijk benaderd. Selecteer alleen de inrichtings- en beheer maatregelen die geen significante, ongunstige neveneffecten op gebruiksfuncties en het milieu in brede zin hebben (*paragraaf 7.4*).
- Schat het effect in van emissie maatregelen en de geselecteerde inrichtings- en beheer maatregelen voor de ecologische toestand van 2015. Toets of de GET van het oorspronkelijke natuurlijke type hiermee haalbaar is. Is de GET niet haalbaar, dan is het waterlichaam 'sterk veranderd'. Wijs in de overige gevallen aan als 'natuurlijk waterlichaam' en neem GET als norm (*paragraaf 7.5*).
- Leid het MEP af door de effecten van de emissie maatregelen en de geselecteerde inrichtings- en beheer maatregelen op te tellen bij huidige toestand (*gele pijlen in fig. 1*) (*paragraaf 7.5*).
- Leid de norm GEP af door maatregelen die maar licht bijdragen aan een betere toestand niet mee te nemen (*groene pijl in fig. 1*). Geadviseerd wordt om voor deze stap een andere benadering te kiezen (*paragraaf 7.5*).



Figuur 7.1 Stappen om te komen tot het MEP en GEP volgens de Pra(a)gmatische aanpak. De referentiesituatie geeft een ontwikkelingsrichting.

Belangrijk om te weten is dat in dit stadium van het proces (tot MEP en GEP) de haalbaarheid van hydromorfologische maatregelen wel maatschappelijk mogen worden afgewogen, maar van emissiebeperkende maatregelen niet. Alle mogelijke emissiebeperkende maatregelen moeten worden meegenomen bij het opstellen van MEP en GEP (bijv. verdergaande mestmaatregelen dan landelijk beleid, afgraven verrijkte grond), ofwel er moet worden uitgegaan van een ‘natuurlijke waterkwaliteit’. Verder moet onderscheid gemaakt worden tussen sterk veranderde en kunstmatige wateren (zie ook figuur met stappenplan in bijlage 9).

Bij sterk veranderde wateren moet worden nagegaan welke hydromorfologische ingrepen in het verleden hebben plaatsgevonden, die ervoor zorgen dat de Goede Ecologische Toestand van het betreffende watertype niet gehaald kan worden. Van elke hydromorfologische ingreep moet onderbouwd worden waarom deze niet teruggedraaid kan worden, door van herstelmaatregelen na te gaan of deze sociaal-economisch haalbaar zijn. Als deze herstelmaatregelen niet haalbaar zijn, is de status van het waterlichaam per definitie sterk veranderd. Dan kan vervolgens de hoogte van MEP en GEP worden bepaald op basis van mitigerende maatregelen, die wel haalbaar zijn (bijv. aanleg natuurvriendelijke oevers in plaats van verwijderen dijk).

Bij kunstmatige wateren is dit niet van toepassing, aangezien deze wateren juist bestaan dankzij hydromorfologische ingrepen. Van terugdraaien is geen sprake. Wel moet worden vastgesteld dat het nuttige doel dat het waterlichaam dient, niet op een andere manier kan worden bereikt (bijv. door verplaatsen van functies). Wanneer dit is vastgesteld, dan kan het waterlichaam definitief als kunstmatig worden aangewezen, en kan worden overgegaan tot het afleiden van MEP en GEP door de effecten van ‘verbeterende’ maatregelen in te schatten. Daarbij wordt ook voor kunstmatige wateren de term ‘mitigerende’ maatregelen gebruikt.

7.2 Toetsing kwaliteitselementen aan de GET

Als onderdeel van de systeemanalyse Hooge Raam wordt voor de wateren Hooge Raam/Halsche Beek en de overige wateren (Graspeelloop, Rusvensche loop, Landergraaf e.d.) ecologische doelen opgesteld zoals dat voor de Kaderrichtlijn Water zou gebeuren. Het watertype dat is toegekend aan de Hooge Raam en Halsche Beek is ‘snelstromende midden-/benedenloop op zand’ (R14). In de karakteriseringrapportage zijn deze beken als sterk veranderd aangewezen. Deze watergangen, waaronder de Graspeelloop, Rusvensche loop en Landergraaf zijn kunstmatig, en passen het best bij het watertype ‘zwak gebufferde sloten’ (M2).

In de systeemanalyse is getracht deze wateren te toetsen aan de maatlatten voor natuurlijke wateren. De resultaten worden samengevat in tabel 7.1. Wanneer al voldaan zou worden aan de Goede Ecologische Toestand (GET) van het bijbehorende watertype, zou het afleiden van een MEP en GEP niet nodig zijn. Dan zou gewoon het GET overgenomen kunnen worden als doel. Dit kan per kwaliteitselement worden besloten. Uit de analyse blijkt dat niet wordt voldaan aan de GET.

Tabel 7.1 Toetsing van de ecologie aan de maatlatten voor natuurlijke wateren

Waterlopen	KRW-type	Type naam	Score Macrofyten	Score Macrofauna	Score Vis
Hooge Raam	R14	Snelstromende midden-/benedenloop op zand	Ontoereikend	Ontoereikend	Matig
Halsche beek	R14	Snelstromende midden-/benedenloop op zand	?	Ontoereikend	Slecht
o.a. Graspeelloop, Rusvensche loop, Landergraaf	M2	Zwak gebufferde sloten (kunstmatig)	Geen toetsing mogelijk vanwege ontbreken van maatlatten voor natuurlijke wateren (want per definitie kunstmatig)		

De toetsing aan de maatlat voor natuurlijke wateren geeft aan dat de Hooge Raam en de Halsche beek voor alle relevante kwaliteitselementen matig tot slecht scoren. Volgens het 'one out-all out' principe zou het eindoordeel voor het waterlichaam 'ontoereikend' of 'slecht' zijn, afhankelijk van de wijze van aggregeren van de toetsresultaten. Voor de overige watergangen is geen toetsing mogelijk, vanwege het ontbreken van maatlatten voor het betreffende watertype.

7.3 Ingrepen en belastingen en de effecten op de ecologie (knelpunten)

7.3.1 Overzicht ingrepen en belastingen

Om te komen tot een MEP en GEP is het van belang om inzicht te hebben in het functioneren van het systeem. Zo mag bijvoorbeeld het effect van onomkeerbare hydromorfologische ingrepen worden verdisconteerd in het MEP. Dan moet uiteraard wel bekend zijn wat het effect was van die ingrepen, en in hoeverre dit gemitigeerd of hersteld kan worden met maatregelen. Daarnaast moeten andere maatregelen geïnventariseerd worden, die gericht zijn op het terugdringen van belasting, of op het aanpassen van het beheer of de inrichting. Ook hiervoor is het van belang om eerst te weten welke belastingen en beheersingrepen er bestaan, die een ongewenst effect hebben op de ecologie, en welk effect. In de systeemanalyse zijn daarvoor al belangrijke stappen gezet, die hieronder op een rijtje worden gezet.

In tabel 7.2 wordt een overzicht gegeven van alle relevante hydromorfologische ingrepen, belastingen en beheersingrepen, die een negatief effect op de ecologie hebben. Voor de hydromorfologische ingrepen is daarvoor gebruik gemaakt van een bestaande lijst ingrepen met een mogelijk effect op de ecologie (Oranjewoud, 2004). Tijdens een workshop met verschillende medewerkers van het waterschap is getoetst of de genoemde ingrepen en belastingen daadwerkelijk een knelpunt vormen voor de ecologie. In onderstaande paragrafen worden de ecologische effecten in de twee verschillende typen wateren in het gebied nader toegelicht.

Tabel 7.2 Ingrepen en belastingen met negatief effect op ecologie: X =ingreep of belasting is aanwezig, - ingreep of belasting is niet aanwezig; Effecten: 0 = geen effect op de betreffende soortgroep, - = negatief effect op de betreffende soortgroep

Type ingreep / belasting	Omschrijving	Hooge Raam	Halsche Beek	Overige wateren	Effect	Macro-fyten	Macro-fauna	Vis
Hydromorfologische ingrepen	46 stuwen in het hoofdwatersysteem	x	x	x	Barrièrewerking	0	0	-
	Kanalisisatie (steile oevers)	x	x	x	Verlies natuurlijke land-waterovergang	-	-	-
	Normalisatie (rechtgetrokken)	deels	deels	nvt	Verlies meandering → minder substraatvariatie	-	-	-
	Oeververdediging	-	-	-	Versterking verlies natuurlijke land-waterovergang	nvt	nvt	nvt
	Aantasting natuurlijke houtopstanden	x	deels	nvt	Verlies habitatvariatie en beschaduwning	-	-	-
	Peilbeheer (d.m.v. stuwen)	x	x	x	Afname natuurlijke dynamiek, verlies inundatiezones	-	-	-
	Versnelde afvoer voor intensieve ontwatering (overdimensionering: teveel en te diepe watergangen)	x	x	x	Verlaging grondw. stand, hogere piekafvoeren en lagere basisafvoer → lagere stroomsnelheid → droogval en grotere kans eutrofiering	-	-	-
Belastingen	Vermindering afvoer door grondw.onttrekk.	x	x	x	-12 % grondwateraanvulling, versterkt verlaagde basisafvoer	-	-	-
	Uit- en afspoeling nutriënten	x	x	x	P gebonden door ijzer, wel veel N → eutrofiering	-	0	0
	Uit- en afspoeling bestrijdingsmiddelen	-	-	-	(mogelijk glyfosfaat, MCPA, MCPPA, methabenzthiazuron)	nvt	nvt	nvt
	5 overstorten bij Zeeland en 2 bij Langenboom	-	-	x	Alleen in overig water lokaal effect: zuurstofdip en verrijking (max. enkele 100-en meters)	0	-	-
	(Verontreinigd) slib Zijlopen Landergraaf klasse 2, overig onbekend	ca. 15 cm	on-bekend	0-15cm	Als het slib organisch is kan het met name bij hoge temperaturen tot lage zuurstofgehalten leiden	0	-*	0
Beheers-ingrepen	Maaibeheer, jaarlijks maaien bodem en één talud, maaisel op kant	deels	x	x	Verwijdering vegetatie → minder habitat mafa en vis, verrijking oevers	-	-	-

**Als uitgangspunt kan gesteld worden dat het middelste niveau van de Stowa klasse (III) niet toereikend is. Bij dit niveau zou er sprake zijn van een matige beïnvloeding, terwijl in een Goede Ecologische Toestand (GET) hooguit een geringe beïnvloeding mag zijn. Daarom is bij slib toch een negatief effect aangemerkt, aangezien de macrofauna een III scoorde voor saprobie in de STOWA beoordeling. In de Graspeelloop was de score zelfs een II.*

7.3.2 Ingrepen en belastingen Hooge Raam/Halsche beek

Hydromorfologische ingrepen

De Hooge Raam en de Halsche beek waren vroeger beiden natuurlijke beken. De belangrijkste hydromorfologische ingrepen, die hierin hebben plaatsgevonden zijn kanalisatie (steile oevers), normalisatie (rechtgetrokken meanders), het onnatuurlijke afvoeroverloop, peilbeheer en stuwen. Het intensieve maaibeheer wordt ook bij de hydromorfologische ingrepen betrokken, omdat het als onderdeel van de ingreep kanalisatie wordt beschouwd (want deze zijn beide gericht op handhaven van een bepaald doorstroomprofiel). Daarnaast hebben ook het verlies aan houtopstanden langs de beek en grondwateronttrekkingen een negatief effect op de ecologie.

Door het verlies van meanders en door de steile oevers (in de Hooge Raam deels alweer hersteld) is er nauwelijks meer variatie in stroomsnelheid in het dwars- en lengteprofiel van de beken. Ook worden pieken in de neerslag sneller afgevoerd. Hierdoor ontstaat een relatief langzaam stromende beek (lage basisafvoer), echter met grote extremen in de afvoer. Dit wordt versterkt door de sterke ontwatering van het bovenstroomse gebied (gegraven waterlopen, intensieve drainage en grondwateronttrekkingen). Een behoorlijk deel van de Halsche Beek valt hierdoor in de zomer zelfs droog.

Als gevolg van de eenvormigheid van inrichting en stroomsnelheid, waarbij de gemiddelde stroomsnelheid relatief laag is, neemt ook de habitatvariatie sterk af. Er is nauwelijks een geleidelijke land-waterovergang, en er is ook geen afwisseling tussen plekken met langzaam- en snelstromend water. De lage basisafvoer zorgt voor meer sedimentatie, wat een homogene bodem met een laagje slib oplevert. Het verlies aan houtopstanden langs de beek draagt hier ook aan bij (geen takken of wortels in de beek). Daarnaast zorgt het voor een sterkere opwarming van het water. Dit alles zorgt dat karakteristieke stroomminnende soorten slechts in geringe aantallen vertegenwoordigd zijn.

Het negatieve effect van de stuwen is een verminderde bereikbaarheid voor vis, een niet natuurlijk afvoerpatroon, verminderd sedimenttransport e.d. Het maaibeheer zorgt voor een direct negatief effect op de watervegetatie die in een keer wordt weggemaaid. Voor dieren betekent dit naast de directe verstoring ook minder voedsel, schuilgelegenheid, ei-afzetplaatsen etc. Sommige planten kunnen zich na een maaibeurt weer snel ontwikkelen, maar niet allemaal, waardoor alleen de tolerante soorten overblijven.

Een bijkomend effect van de kanalisatie is het verlies aan bufferzones, waardoor minder retentie van nutriënten optreedt. Hierdoor kunnen concentraties voedingsstoffen wel tot het dubbele van de referentie oplopen (Smit, 2002).

belastingen

Door het agrarische landgebruik van het gebied is er sprake van verhoogde uit- en afspoeling van nutriënten. Ook de atmosferische (stikstof)depositie is nog steeds verhoogd ten opzichte van natuurlijke achtergrondbelasting. Samen met het verlies aan retentie leidt dit tot een overschrijding van de huidige MTR-norm voor stikstof, niet voor fosfor. Op dit moment worden door de KRW-werkgroep 'Nutriënten' referentiewaarden opgesteld voor o.a. 'riviertjes'. Voor stikstof worden die waarschijnlijk iets minder streng dan de MTR (2-4 mg/l), en voor fosfor iets strenger (0,06-0,12 mg/l) (med. dhr. P. Boers). Wanneer aan deze getallen wordt getoetst is stikstof in de Hooge Raam nog steeds te hoog; in de Halsche beek vallen de concentraties binnen deze bandbreedte. Voor fosfor vallen de concentraties ook binnen deze bandbreedte.

Stromende wateren zijn in principe niet erg eutrofiëringgevoelig, maar zeker in combinatie met de lagere stroomsnelheden treden er wel negatieve effecten van de hoge stikstofgehalten op. Dit geldt met name voor de macrofyten, die wortelen in de verrijkte waterbodem en oever. De soorten van kwelsituaties en mesotrofe omstandigheden zijn vervangen door een ruigere, eentonige vegetatie met liesgras. Dit heeft weer nadelige effecten op macrofauna en vis.

Over bestrijdingsmiddelen is niet heel veel bekend. De gemeten concentraties zijn niet erg hoog, en voorlopig wordt ervan uitgegaan dat dit geen negatieve effecten heeft op de ecologie. Wel wordt aanbevolen dit verder te onderzoeken (zie deelrapport Monitoringsplan).

Voor wat betreft de verontreinigingen met zware metalen liggen alleen de concentraties nikkel (op de locaties waar nikkel is gemeten) ruim boven de huidige MTR en de KRW normen. In de systeemanalyse is beschreven dat dit kan worden beschouwd als achtergrondbelasting. Daarom wordt deze belasting niet als 'knelpunt' gezien.

In de beken zijn geen effecten te verwachten van de overstorten, die gelegen zijn in de overige watergangen.

7.3.3 Ingrepen en belastingen overige wateren

Hydromorfologie

Deze overwegend gegraven watergangen zijn recht en hebben steile oevers. Evenals de beken kennen ook zij een onnatuurlijk afvoerverloop door de intensieve drainage (mede als gevolg van het bestaan van de wateren zelf). Een groot deel van de wateren valt in de zomer droog, waarvoor vooral macrofauna en vis gevoelig is. De stuwen in het gebied kunnen dit niet geheel tegengaan, en zorgen er ook voor dat organismen niet naar watergangen kunnen uitwijken, die wel watervoerend zijn. Door de eenvormige inrichting (afwezigheid van een geleidelijke en gevarieerde land-waterovergang) zijn er weinig verschillende habitats aanwezig, waardoor ook de flora- en fauna weinig gevarieerd is. Ook de droogval in grote delen van de wateren draagt hieraan bij. De stuwen en het maaibeheer hebben dezelfde negatieve effecten als in de beken.

Belasting

Evenals bij de beken geldt dat er sprake is van hoge nutriëntengehalten als gevolg van uit- en afspoeling, atmosferische depositie en het ontbreken van retentiezones, waardoor een relatief soortenarme, ruige vegetatie voorkomt. Dit betekent ook dat er weinig interessante habitats voor macrofauna en vis aanwezig zijn.

De twee overstorten in het gebied zorgen voor organische belasting, waardoor zuurstofvragende processen optreden. In de systeemanalyse is beschreven dat dit waarschijnlijk alleen lokaal een probleem is (over een afstand van enkele honderden meters). Vis en sommige macrofaunasoorten zijn hier gevoelig voor.

7.4 Inventarisatie maatregelen

Tijdens een workshop op 5 september 2006 is met diverse medewerkers van het waterschap een voorstel gedaan voor een set van maatregelen, die passend zijn om te komen tot een Maximaal Ecologisch Potentieel. Deze worden hieronder per watertype besproken.

7.4.1 Maatregelen Hooge Raam/Halsche Beek

Hydromorfologische maatregelen

Tijdens de workshop op 5 september 2006 zijn per hydromorfologische ingreep herstel- en mitigerende maatregelen besproken. Wanneer de herstelmaatregelen onomkeerbaar werden geacht, werd de ingreep als onomkeerbaar bestempeld. Vervolgens werden mitigerende maatregelen besproken. De mogelijke maatregelen zijn samengevat in tabel 7.3.

De genoemde herstel- en mitigerende maatregelen in de rechterkolom van tabel 7.3 vormt het pakket hydromorfologische maatregelen, dat geen significante, ongunstige neveneffecten op gebruiksfuncties heeft. Dit pakket wordt samen met alle mogelijke emissiebeperkende maatregelen gebruikt voor de afleiding van het MEP in paragraaf 7.5.

Tabel 7.3 Mogelijke herstel- en/of mitigerende maatregelen per hydromorfologische ingreep in het waterlichaam Hooge Raam/Halsche Beek

INGREEP	ONOM-KEERBAAR	MAATREGELEN (herstel- en/of mitigerend)
Kanalisatie	Nee	Aanleg natuuroevers
Normalisatie	Nee	Beekherstel (verondiepen/versmallen)
Onnatuurlijke afvoer	Ja	Een groot deel van de oorzaak ligt bovenstrooms. Het is niet mogelijk om herstelmaatregelen uit te voeren (100%), want dit betekent dat veel gegraven watergangen gedempt zouden moeten worden. Vanwege de agrarische functie is dit niet mogelijk. Wel zijn mitigerende maatregelen mogelijk direct langs de beken (beekherstel) en ook bovenstrooms (watergangen verbreden + verondiepen, gecombineerd met een intensiever drainage t.b.v. de agrarische functie).
Peilbeheer	Nee	Verwijderen stuwen
Veel stuwen	Nee	Verwijderen stuwen
Verlies houtopstanden	Nee	Laten groeien
Grondwater-onttrekkingen	Ja	Een groot deel van de oorzaak ligt bovenstrooms. Het is niet mogelijk om herstelmaatregelen uit te voeren (100%), zonder de agrarische functie schade toe te brengen.
Beheer	Nee	Natuurvriendelijk beheer

Emissiebeperkende maatregelen

De emissiebeperkende maatregelen voor de Hooge Raam en Halsche Beek zijn tijdens de workshop op 5 september 2006 niet uitgebreid besproken. Dit was ook minder belangrijk aangezien in het stadium tot MEP/GEP hier geen bestuurlijke uitspraak over hoeft te worden gedaan. In dit stadium worden alle mogelijke maatregelen om te komen tot een 'natuurlijke' waterkwaliteit meegenomen. In tabel 7.4 is getracht de meest geschikte set maatregelen hiervoor aan te geven, op basis van de kennis uit de systeemanalyse, en de vooraf vastgestelde relevante belastingen (knelpunten).

Tabel 7.4 Emissiebeperkende maatregelen per 'belasting' in het waterlichaam Hooge Raam/Halsche Beek

BELASTING	MAATREGELEN
Uit- en afspoeling landbouwgronden	Op basis van de stofbalans wordt gesteld dat de grootste belasting wordt bijgedragen door het oppervlakkig uitspoelend regenwater van de percelen in de beken. Maatregelen om deze uitspoeling tegen te gaan zijn: - evenwichtsbemesting (=mestbeleid 2006, autonome ontwikkeling) - aanleg bufferzones
(verontreinigd) Slib	De huidige sliblaag is niet erg dik. Verwacht wordt dat door het uitvoeren van de hydromorfologische maatregelen (beekherstel), de baggerlaag vanzelf weggespoeld zal worden door de hogere gemiddelde stroomsnelheid. Aanvullende maatregelen worden vooralsnog niet nodig geacht.

Van de maatregelen om de uit- en afspoeling van landbouwgronden tegen te gaan wordt veel verwacht voor Hooze Raam en Halsche Beek. Dit komt vooral omdat alleen stikstof een probleem is. Fosfor wordt op dit moment nog in de bodem vastgelegd, omdat er veel ijzer aanwezig is. Als dit niet zo was, waren waarschijnlijk nog aanvullende maatregelen nodig geweest om de nalevering van fosfor tegen te gaan. Evenwel wordt wel aangeraden om dit proces te blijven volgen, aangezien de evenwichtsbemesting niet van vandaag op morgen ingevoerd zal zijn.

7.4.2 Maatregelen overige wateren

Hydromorfologische maatregelen

In de workshop zijn ook voor de overige wateren mitigerende maatregelen besproken per hydromorfologische ingreep. Vooruitlopend op bestuurlijke keuzen is ingeschat dat dit gebied weliswaar een agrarische functie heeft, maar dat er op beperkte schaal wel geïnvesteerd kan worden in natuurvriendelijkere inrichting. Dit komt mede voort uit het feit dat delen van de watergangen een functie hebben als ecologische verbingszone. Daarnaast zullen in dit bovenstroomse gebied maatregelen moeten worden genomen om tegemoet te komen aan de wens tot een natuurlijker afvoerpatroon in de beken. Over de omvang van deze maatregelen in relatie tot met name de hydrologische effecten zal nog nadere studie moeten worden verricht. Voor het afleiden van MEP/GEP worden hiervoor vooralsnog aannamen gedaan.

Tabel 7.5 Mogelijke herstel- en/of mitigerende maatregelen per hydromorfologische ingreep in de 'overige wateren'

INGREEP	MAATREGELEN (mitigerend)
Kanaliserie	Aanleg natuurvriendelijke oevers langs ecologische verbingszones (o.a. Rusvensche loop) en in combinatie met de volgende maatregel
Onnatuurlijke afvoer	Verbreiding en verondieping watergangen (in combinatie met natuurvriendelijke inrichting), daar waar dit het meest bijdraagt aan het tegengaan van de onnatuurlijke afvoer in het totale stroomgebied: Graspeelloop en zijtakken
Veel stuwen	Het verwijderen van stuwen is niet mogelijk zonder schade aan de agrarische functie, aangezien dan grote delen van watergangen droog zouden vallen. Het zou wel mogelijk zijn om vispassages aan te leggen, maar dit wordt op grote schaal niet heel zinvol geacht, omdat de doelstellingen voor stilstaande wateren van het M2 type geen stromingsminnende vissoorten als doel heeft. Wel moet er per stuwvak voldoende leefgebied aanwezig zijn om de gehele levenscyclus binnen dat stuwvak te kunnen voltooien.
Peilbeheer	Vanwege het handhaven van de stuwen wordt automatisch ook het huidige peilbeheer gehandhaafd
Grondwater-onttrekkingen	Zoveel mogelijk terugdringen grondwateronttrekkingen
Beheer	Natuurvriendelijk beheer

Emissiebeperkende maatregelen

De emissiebeperkende maatregelen voor het overig water zijn deels gelijk aan die voor de beken, aangezien ook hier de uit- en afspoeling van landbouwgronden het grootste knelpunt is. Daarnaast zijn er extra maatregelen nodig ten aanzien van het slib en de aanwezige overstorten (tabel 7.4).

Tabel 7.6 Emissiebeperkende maatregelen per 'belasting' in de 'overige wateren'

BELASTING	MAATREGELEN
-----------	-------------

Uit- en afspoeling landbouwgronden	Voor het overig water geldt hetzelfde als voor de beken. Daarom worden ook hier de volgende maatregelen genoemd: - evenwichtsbemesting (=mestbeleid 2006, autonome ontwikkeling) - aanleg bufferzones
(verontreinigd) Slib	Aangezien in het overig water de stuwen worden gehandhaafd Baggeren
Overstorten	Het effect van de twee overstorten is slechts lokaal, maar voor de afleiding van MEP/GEP moet worden uitgegaan van alle emissiebeperkende maatregelen, dus daarom wordt ook de volgende maatregel genoemd: - saneren overstorten

7.5 Invulling MEP, GEP en overige deelmaatlatstreepjes

7.5.1 Inleiding (werkwijze)

De hoogte van het doel wordt bepaald door het effect in te schatten van de set gekozen maatregelen. Dit wordt voor ieder relevant kwaliteitselement afzonderlijk uitgevoerd. Voor stromende wateren, zoals het waterlichaam Hooge Raam en Halsche Beek, betreft dit macrofauna, macrofyten en vis. Voor de stilstaande wateren (de overige wateren) betreft dit fytoplankton, macrofauna, macrofyten en vis.

Voor de te gebruiken indicatoren per kwaliteitselement (bijvoorbeeld abundantie waterplanten) wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de bestaande maatlaten voor natuurlijke wateren (versie april 2006). Hiermee kunnen desgewenst de doelen ook als score op de maatlat voor natuurlijke wateren worden uitgedrukt. Voor kunstmatige wateren is dit niet eenvoudig omdat er geen referenties en maatlaten zijn beschreven voor de kunstmatige watertypen. Daarom wordt daar aangesloten bij het meest gelijkende natuurlijke watertype, waarbij aanpassingen of vereenvoudigingen worden gedaan op de punten waar de typen duidelijk van elkaar verschillen (paragraaf 7.5.3).

Voor het bepalen van de afstand tussen MEP en GEP en de overige klassengrenzen ofwel 'maatlatstreepjes' wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de gehanteerde werkwijze in de Default MEP/GEPs (Pot et al, 2005). Hierin wordt voor de afstand tussen MEP en GEP vaak gekozen voor een analogie aan de afstand tussen referentie en GET, die ook een vertaling geeft van een 'geringe afstand' (=voor abundantie macrofyten kan dit in de orde grootte liggen van een halvering van het bedekkingspercentage). Voor deze stap wordt nadrukkelijk niet gekozen voor de werkwijze zoals beschreven in de handreiking, namelijk het niet meenemen van maatregelen met een gering effect. Dit heeft te maken met de grote mate van onzekerheid die nog bestaat in de maatregel-effect relaties (zeker wanneer rekening wordt gehouden met de vele terugkoppelingsmechanismen). De onbetrouwbaarheid van de voorspelde effecten van de maatregelen is waarschijnlijk groter dan het verschil tussen MEP en GEP, daarom kan beter niet deze illusie van betrouwbaarheid gewekt worden. Daarnaast is het ook voorstelbaar dat het effect van de maatregelen met gering effect zo gering is, dat het GEP gelijk is aan het MEP. Daarom kan beter gekozen worden voor een kwantitatieve maat (bijv. 10% of 20%), of het per kwaliteitselement geven van een vertaling van een geringe afwijking naar de biologische maatlat, op basis van expert-judgement per kwaliteitselement, zoals in de Default MEP/GEP-studie.

7.5.2 MEP/GEP Hooge Raam/Halsche Beek

In de paragraaf 7.4.1 zijn de volgende maatregelen beschreven voor Hooge Raam/Halsche Beek voor het afleiden van het MEP en GEP:

- Beekherstel (herprofiëren en oevers natuurvriendelijk aanleggen)
- Bovenstroomse maatregelen (verondiepen/verbreden en ondieper draineren agr.gebied)

- Verwijderen stuwen
- Natuurvriendelijk beheer (stopzetten van maaibeheer en houtopslag langs de beken niet kappen)
- Evenwichtsbemesting (=mestbeleid 2006, autonome ontwikkeling)
- Aanleg bufferzones langs agrarische percelen

Aangezien de emissiebeperkende maatregelen maximaal worden uitgevoerd, wordt aangenomen dat met betrekking tot de belastingen een min of meer ‘ongestoorde’ toestand ontstaat. Op basis van het afwentelingsprincipe moet in dit stadium ook worden aangenomen dat in het bovenstroomse gebied een ‘ongestoorde’ waterkwaliteit zal ontstaan.

Voor de hydromorfologie ligt dit anders. Langs de beken zelf worden alle mogelijke hydromorfologische herstelmaatregelen uitgevoerd, maar bovenstrooms is dit niet mogelijk zonder significante schade toe te brengen aan de agrarische functie van het gebied. Het uitvoeren van beekherstel langs de beken is natuurlijk van zeer groot belang voor het creëren van een goede hydromorfologische uitgangssituatie. Door het verondiepen en het ‘vrij laten’ van de beek zal positief worden bijgedragen aan een natuurlijk afvoerpatroon en zullen al direct meer gevarieerde habitats ontstaan (bijvoorbeeld geleidelijkere land-waterovergangen). Op dit moment is echter nog niet goed (semi-)kwantitatief onderzocht wat de effecten van de maatregelen (in de beken én bovenstrooms) op de hydrologie zullen zijn, terwijl de mate van herstel van het natuurlijke afvoerpatroon wel bepalend is voor volledig beekherstel (in hoeverre worden de afvoerpieken verlaagd? wat wordt de gemiddelde stroomsnelheid? is dit voldoende om te zorgen voor spontane hermeandering en kleinschalige habitatvariatie?). Op dit moment worden daarom slechts aannamen gedaan. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de Hooge Raam en de Halsche Beek:

Voor de Hooge Raam wordt aangenomen dat door de maatregelen naast het directe morfologische herstel en de emissiereductie ook het hydrologische herstel zo groot zal zijn, dat de Goede Ecologische Toestand gehaald kan worden. Daarbij moet gerealiseerd worden dat de Goede Ecologische Toestand niet hetzelfde is als de Referentiesituatie (in de maatlaten is dit 40%!). De afstand hiertussen is de vertaling van een ‘geringe menselijke beïnvloeding’. Met deze aanname wordt dus gesteld dat het afvoerpatroon dat zal ontstaan, slechts een geringe afwijking is van de referentiesituatie.

Voor de Halsche Beek wordt verwacht dat het niet mogelijk is om het afvoerpatroon te herstellen tot slechts een geringe afwijking van het oorspronkelijke afvoerpatroon. Door de aanwezigheid van de Graspeelloop (ook in een verondiepte situatie) wordt daarvoor te veel water weggevangen, waardoor naar verwachting de beek zal blijven droogvallen.

Omdat aangenomen wordt dat in de Hooge Raam de Goede Ecologische Toestand kan worden bereikt, en in de Halsche Beek niet, brengt het opstellen van een algemeen geldend ecologisch doel voor dit waterlichaam nadere keuzes met zich mee. Een mogelijkheid is om het waterlichaam te splitsen, dan is voor Hooge Raam GET de norm en moet voor Halsche Beek een MEP/GEP afgeleid worden. Dit is transparant, maar levert extra werk op en maakt het geheel niet eenvoudiger. Een andere mogelijkheid is om niet te splitsen, maar het doel te laten afhangen van het dominante water binnen het waterlichaam. Dat is in dit geval de Hooge Raam. Omwille van de beperking van de werklust wordt dit tweede voorstel hier aangehouden. Hieruit volgt dat de GET de norm is voor het waterlichaam.

Tabel 7.7 Maatlat voor het natuurlijke watertype R14 (Bron: Van der Molen en Pot, 2006).

Klasse	Slecht	Ontoereikend	Matig	GET	ZGET
Ecologische KwaliteitsRatio (EKR)	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0
Macrofyten					
Abundantie submerse, drijvende & emerse	0-1	1-2 óf 70-100	2-5 óf 50-70	5-10 óf 30-50	10-30

vegetatie (%)					
Abundantie draadwier / flab (%)	50-100	10-50	5-10	1-5	0-1
Abundantie kroos (%)	50-100	10-50	5-10	1-5	0-1
Abundantie oevervegetatie (%)	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
Soortensamenstelling waterplanten (relatieve score in %)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Macrofauna					
Abundantie en soortensamenstelling	De EKR scores zijn te berekenen met een formule, op basis van abundantie van negatief dominante indicatoren en kenmerkende en positief dominante indicatoren. Lijsten met indicatoren zijn weergegeven in Van der Molen en Pot (2006).				
Vis					
Aantal soorten kenmerkend rheofiel	0-2	2-4	4-5	5-6	6-7
Aantal soorten kenmerkend eurytoop	0-1	1-...	...-2*-...	...-3	3-4
Aantal soorten kenm. migratie reg./zee	0-...	...-1*-...	...-...	...-2*-...	...-3
Aantal soorten kenm. habitat gevoelig	0				
Abundantie rheofiel (aantals%)	0-30	30-60	60-70	70-90	90-95
Abundantie eurytoop	50-90	40-50	30-40	10-30	5-10
Abundantie migratie reg./zee	0-5	5-10	10-15	15-55	55-90
Abundantie habitat gevoelig	0-40	40-70	70-85	85-95	95-100

* n = het midden van de betreffende klasse. De rest van de grenswaarden (...) kan lineair worden afgeleid.

7.5.3 MEP/GEP overige wateren

Voor de overige wateren werd vastgesteld dat de volgende maatregelen moeten worden beschouwd voor het afleiden van het MEP en GEP:

- Aanleg natuurvriendelijke oevers langs ecologische verbindingzones
- Verbreding en verondieping watergangen (in combinatie met natuurvriendelijke inrichting), daar waar dit het meest bijdraagt aan het tegengaan van de onnatuurlijke afvoer in het totale stroomgebied
- Zoveel mogelijk terugdringen grondwateronttrekkingen
- Natuurvriendelijk beheer
- Evenwichtsbemesting (=mestbeleid 2006, autonome ontwikkeling)
- Aanleg bufferzones
- Baggeren
- Saneren overstorten

Ook voor de overige watergangen geldt dat ervan wordt uitgegaan dat de emissiebeperkende maatregelen maximaal worden uitgevoerd. Daarom wordt aangenomen dat met betrekking tot de belastingen een min of meer 'ongestoorde' toestand ontstaat.

Voor de hydromorfologische ingrepen is dit zeker niet het geval. Aangezien de wateren kunstmatig zijn, bestaat er ook geen 'ongestoorde' of 'natuurlijke' toestand. Dit betekent ook dat er geen referenties en maatlaten beschreven zijn voor het betreffende watertype: Zwak gebufferde sloten (M2). Vanuit landelijke werkgroepen wordt aanbevolen om in deze gevallen de maatlat voor het meest gelijkende natuurlijke watertype te hanteren. Het meest gelijkend op het watertype 'zwak gebufferde sloten' (M2) is waarschijnlijk het watertype 'kleine ondiepe zwak gebufferde plassen (ofwel vennen)' (M12). Deze plassen zijn ook voor het grootste deel regen- en grondwatergevoed, en kunnen droogvallen. Per kwaliteitselement wordt eerst nagegaan of de deelmaatlaten van dit watertype (M12) inderdaad geschikt geacht worden. Vervolgens wordt op basis van expert-judgement de waarde op de maatlat, behorende bij MEP en GEP ingeschat.

Welke indicatoren (deelmaatlaten) worden wel overgenomen, en welke niet?

Fytoplankton

In de maatlat fytoplankton voor watertype M12 is geen maat voor abundantie (bijv. chlorofyl-a) opgenomen, omdat dit geen goede indicator is voor de ‘druk’ verzuring, en omdat in vennen met een goede kwaliteit soms hoge gehalten chlorofyl-a voorkomen. Voor de overige wateren in het studiegebied is de ‘druk’ verzuring niet genoemd, maar bestaat wel het risico van eutrofiering als gevolg van de hoge gehalten nutriënten (stikstof). Daarom wordt aangeraden om toch een indicator voor eutrofiering op te nemen, en hierin dus af te wijken van de maatlat voor M12.

Met betrekking tot de soortensamenstelling stelt de maatlat voor M12 dat in het zomerhalfjaar geen bloeien van bepaalde soorten optreden. Er zijn geen gegevens beschikbaar over soortensamenstelling van het fytoplankton in de Hooze Raam. Als gevolg hiervan zijn er ook geen concrete aanwijzingen om af te leiden of de soortensamenstelling wel of niet goed beoordeeld zou kunnen worden met de maatlat voor watertype M12. De benodigde meetinspanning om deze beoordeling uit te voeren lijkt echter niet passend bij dit type kunstmatige wateren. Daarom wordt voorgesteld om deze maatlat soortensamenstelling niet over te nemen.

Macrofyten

Een snelle scan van de macrofytensoorten leert dat er in het gebied nog enkele soorten voorkomen, die kenmerkend zijn voor het watertype M12: naaldwaterbies, drijvende waterweegbree en grote waterranonkel. De laatste twee zijn ook echt typische zachtwatersoorten, zoals te verwachten in vennen. Dit biedt enige onderbouwing voor het gebruik van de deelmaatlat soortensamenstelling van watertype M12. De abundantiedeelmaatlaten van M12 omvatten naast submerse vegetatie ook kroos en draadwier/flab, om de druk ‘eutrofiering’ te kunnen toetsen. Omdat dit ook een bestaande druk is in het Hooze Raam systeem worden deze maatlaten als zinvol beschouwd. Al met al wordt voorgesteld om vooralsnog de macrofytendeelmaatlaten van M12 te hanteren.

Macrofauna

Voor de macrofauna zijn geen gegevens beschikbaar voor de overige wateren. Maar verwacht wordt dat deze maatlat niet goed aansluit. Daarvoor zijn ten minste twee redenen te noemen: waarschijnlijk is de bedekking van submerse vegetatie in sloten hoger dan in vennen, waardoor de structuur anders is. Daarnaast is de landschappelijke omgeving van sloten zo anders dan van vennen, dat dit waarschijnlijk wel invloed heeft op de soortensamenstelling. Veel haften en libellensoorten zullen hierdoor mogelijk niet voorkomen. Eerdere vergelijkingen van aangetroffen soorten in sloten in het Langbroekerweteringgebied in Utrecht met de maatlat van gebufferde plassen (watertype M11) toonden ook aan dat deze maatlat niet aansloot. Veel positieve soorten, die in het veld gevonden waren, werden niet relevant geacht, en veel positieve indicatoren of kenmerkende soorten uit de maatlat voor M11, worden niet in het Langbroekerweteringgebied verwacht. Daarom wordt voorgesteld om aan te sluiten bij de methode die is ontwikkeld voor kanalen in de Default MEP/GEP studie (Pot et al., 2005). Hierbij is het idee van macrofaunamaatlaten op basis van relatieve abundanties verlaten en is gekozen voor een simpelere, meer robuuste parameter, namelijk het aantal positief dominante en kenmerkende soorten. Dit zou ook voor sloten een bruikbare methode kunnen zijn.

Vis

Ook voor vis wordt verwacht dat de maatlat voor M12 niet goed aansluit, aangezien vennen zeer geïsoleerd zijn, en daardoor zeer gevoelig voor extreme omstandigheden als droogval en dichtvriezen. In het gehele Hooze Raam gebied vormen de stuwen een beperking voor de migratie, maar aangezien ook in de huidige situatie in de Hooze Raam en Halsche Beek vis voorkomt, wordt verwacht dat dit ook voor de overige wateren geldt. Daarom wordt voorgesteld om niet de vrij ‘pessimistische’ maatlat voor M12 te gebruiken (waar de aanwezigheid van vis alleen al als zeer positief wordt gezien), maar een alternatief. Voorgesteld wordt om aan te

sluiten bij de maatlat van M11, waarin getoetst wordt op o.a. aantal soorten, aandeel plantminnende vis etc. Van deze maatlat moet dan wel de deelmaatlat ‘aandeel baars en blankvoorn van alle eurytopen’ weggelaten worden, omdat in sloten meer snoeken worden verwacht.

Wat is de hoogte van het ecologische doel op de deelmaatlaten?

Fytoplankton

Voor de abundantie van het fytoplankton wordt teruggegrepen op het achtergronddocument Fytoplankton (Van den Berg et al., 2004). Hierin zijn voor alle watertypen (inclusief de zwak gebufferde wateren) de te verwachten referentiewaarden en de ondergrens van het GET voor chlorofyl-a gemodelleerd. In dit document wordt zoals ook boven opgemerkt gesteld dat deze waarden mogelijk te laag zijn voor vennen, maar in de huidige situatie voldoen de overige wateren, voor zover gemeten, al aan de GET. Daarom wordt voorgesteld om deze waarden voorlopig toch over te nemen.

Aangezien uitgegaan wordt van een min of meer ‘ongestoorde’ waterkwaliteit, kan de referentie als MEP worden aangehouden en de GET als GEP. Als ondergrens is de oude MTR-waarde overgenomen, en de tussenliggende klassen zijn lineair verdeeld.

Tabel 7.8 Maatlat fytoplankton

Fytoplankton	Slecht	Ontoereikend	Matig	GEP	(MEP ≈ referentie)
Chlorofyl-a (µg/l)	> 100	100-58,9	58,9-17,8	< 17,8	3,6*

*hiervoor is het klassemidden van de klasse Zeer Goed gekozen.

Macrofyten

Voor de deelmaatlat submerse vegetatie geldt dat in sloten waarschijnlijk makkelijker een hogere bedekking wordt gehaald dan in vennen (M12). De referentie van 30% van watertype M12 is erg laag, in sloten zal dit eerder 90% zijn, afhankelijk van het successiestadium.

Als gevolg van de maatregelen zal de onnatuurlijke afvoerdynamiek verbeteren, hoogstwaarschijnlijk zijn er minder hoge afvoerpieken te verwachten, en is de basisafvoer hoger. Voor de vegetatie wordt verwacht dat deze afvoerdynamiek niet belemmerend zal werken. Daarom wordt de MEP gelijk gesteld aan de zojuist bedachte referentie. Vervolgens worden relatief dezelfde afstanden aangehouden voor de GEP en onderliggende klassen. Voor de overige maatlaten wordt de MEP gelijk gesteld aan de referentie en de GEP aan de GET van het watertype M12.

Tabel 7.9 Maatlat macrofyten

Macrofyten	Slecht	Ontoereikend	Matig	GEP	(MEP ≈ referentie)
Abundantie submerse vegetatie (%)	< 5	5-15	15-30	> 30	90
Abundantie flab (%)	> 50	30-50	10-30	< 10	1
Abundantie kroos (%)	> 20	10-20	2-10	< 2	0,5
Soortensamenstelling waterplanten (relatieve score in %)	< 5	5-10	10-20	20-40	40-100

Macrofauna

De ervaring met macrofaunamonitoring in sloten (en andere watersystemen) leert dat locaties met 15-20 bijzondere soorten het maximaal haalbare zijn. Op dit moment geldt in de richtlijnen voor toestand- en trendmonitoring ook dat alle locaties afzonderlijk moeten worden beoordeeld. Daarom wordt het MEP gesteld op 20 soorten. Voor de ondergrens van het GEP en onderliggende klassengrenzen kan de score steeds gehalveerd worden. In de default MEP/GEP-studie wordt bij deze methode uitgegaan van de lijst met positief dominante en kenmerkende soorten voor alle watertypen. Dit kan eventueel nog worden ingeperkt tot een lijst van te

verwachten soorten macrofauna uit de totale lijst van positief dominante en kenmerkende soorten macrofauna voor alle watertypen.

Tabel 7.10 Maatlat macrofauna

Macrofauna	Slecht	Ontoereikend	Matig	GEP	(MEP $\approx$ referentie)
Aantal kenmerkende en positief dominante soorten	< 2	2-5	5-10	> 10	> 20

Vis

Er zijn geen gegevens over de huidige situatie met betrekking tot vis, waardoor het ook niet mogelijk is om het effect van de maatregelen t.o.v. de huidige situatie in te schatten. Daarom worden ook hier aannamen gedaan voor de te verwachten situatie. In de maatlat voor M11 is beschreven dat de ondergrens van de GET globaal samenvalt met het verdwijnen van paai- en opgroeihabitat voor plantminnende vis, door peilbeheersing en aantasting van de oevers. Dit komt ook goed overeen met de druk, die blijft bestaan in dit systeem, na uitvoering van alle maatregelen. Er zullen natuurvriendelijke oevers worden ingericht en diverse watergangen worden verbreed, maar aangenomen wordt dat dit niet voldoende zal zijn om te voldoen aan de GET. Daarom wordt ervoor gekozen om als norm (GEP) een stapje lager te kiezen dan de GET op de maatlat voor M11. De uitwerking hiervan is opgenomen in tabel 7.10. De oorspronkelijke klasse ‘ontoereikend’ wordt in tweeën gesplitst om verschil tussen ‘slecht’ en ‘ontoereikend’ te kunnen aangeven.

Tabel 7.10 Maatlat vis

Vis	Slecht	Ontoereikend	Matig	GEP	(MEP $\approx$ referentie)
Aantal soorten	0-3	3-6	6-8	8-10	> 10
Aandeel brasem	75-100	50-75	25-50	8-25	< 8
Aandeel plantminnende vis	0-4	4-8	8-20	20-40	> 40
Aandeel zuurstoftolerante vis	0	0-1	1-3	3-10	> 10

8 Literatuur

- Albers, K. (1999): Monitoring van oevers en natuurontwikkelingsprojecten: project functiegericht monitoring 1999. Ecologica, Maarheeze.
- Albers, K., T. Faasen & I. Raemakers (2004): Monitoring van oevers en natuurontwikkelingsprojecten 2003. Ecologica, Maarheeze.
- Van Beek, C.L., Clevering, O.A., Kater, L.J.M., van Reuler, H, 2003, Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen, Alterra Rapport 714.
- Bussink, D.W., Oenema, O., Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review, Nutrient Cycling in Agro-ecosystems, 51(1), pp. 19-33.
- Dijk, P.F.M. van & R.F.M. Buskens (1993): Hooge Raam / Halsche Beek: optimalisering ecologische functie. Rapport Ordernr. 16918.10/pd/DR. Grontmij, afd. Ruimtelijke Planning, afd. Bodem en Water, Eindhoven.
- Faasen, T. & K. Albers (2003): Monitoring van oevers en natuurontwikkelingsprojecten 2002. Ecologica, Maarheeze.
- Grontmij (1993) Hooge Raam / Halsche Beek, Optimalisering ecologische situatie, Eindrapport
- Grontmij (2001) Effecten van afkoppelen, beleidsverkenning naar effecten en grenzen van het sturen met hemelwater in bestaand stedelijk gebied.
- Grontmij (2006) Monitoringplan KRW-Gebiedspilot Hooge Raam'.
- GTD (1993): De Halsche Beek: een hydrobiologische inventarisatie (1988). GTD rapport R 93-AWK-135/Hbk. Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, Afdeling Waterkwaliteit, Boxtel.
- Kamsma, P. (2005): Gebiedspilot Hooge Raam: parapluplan. Rapport 9P9452. Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.
- Meijden, R. van der, L. van Duuren, E.J. Weeda & C.L. Plate (1991): Standaardlijst van de Nederlandse flora, 1990. Gorteria 17: 75-127.
- Molen, D.T. van der (red.) (2004 a): Referenties en concept-maatlatten voor rivieren voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA-rapport 2004/43. Utrecht.
- Molen, D.T. van de & R. Pot (2006): Referenties en concept-maatlatten voor rivieren voor de Kaderrichtlijn Water (update april 2006). STOWA-rapport 2004/43a, Utrecht.
- Pot, R. (2006): QBwat: ecologische beoordeling van waterkwaliteit conform de Europese Kaderrichtlijn Water, versie 2.00. Roelf Pot, Oosterhesselen.
- Prudon, B. (2006): GO 2006-017 Levering reptielen-, amfibieën- en vissengegevens. Stichting Ravon, Nijmegen.
- RIVM, 1996-2000, Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling, Rapport.
- RIVM/MNP, 2005, Depositie stikstof in Nederland, www.rivm.nl
- Royal Haskoning (2005) Gebiedspilot Hooge Raam, Uitvoeringsplan, Eindrapport 9P9452, 5.
- Spikmans, F., A. van Rijsewijk & G. Hoogerwerf (2004): Vissen in het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas. Inzicht in de actuele vispopulatie. Rapport 2004-3. Stichting RAVON & Natuurbalans / Limes Divergens, Nijmegen.
- STIBOKA (1976) Bodemkaart van Nederland 1:50.000, Kaartblad 45 Oost 's-Hertogenbosch, Blad 46 West – 46 Oost Vierlingsbeek.

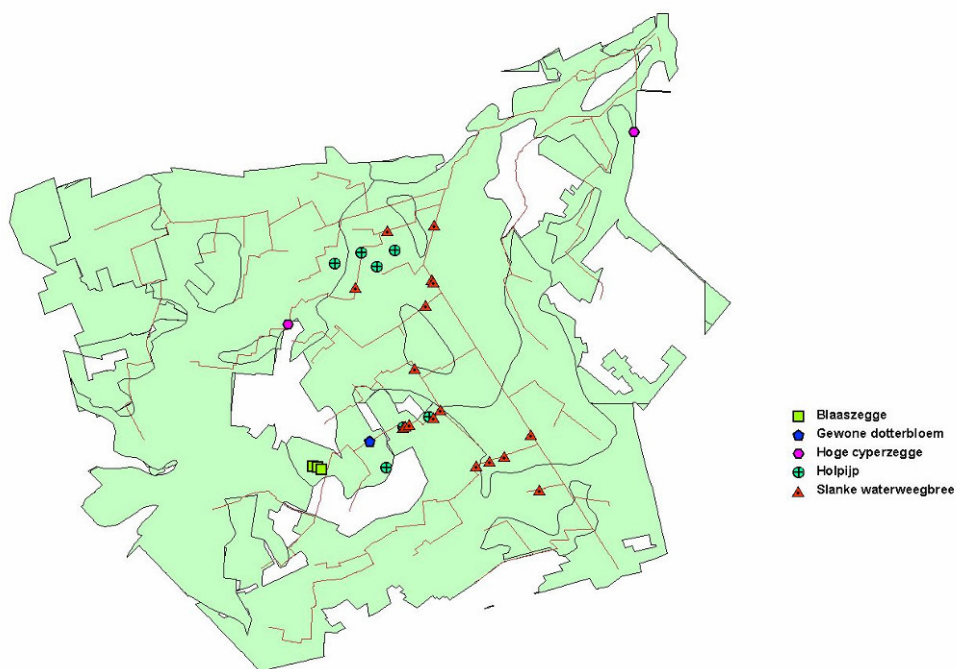
- STIBOKA (1983) Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000, Kaartblad 45, 's-Hertogenbosch.
- TNO (1974) Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 45.
- TNO (2002) Waterdoelen Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime, Ontwikkeling modelinstrumentarium en verkennende berekeningen van knelpunten, maatregelen en globale oplossingsrichtingen, NITG 01-209-B.
- Verdonschot, P.F.M. (1995) Beken stromen, leidraad voor ecologisch beekherstel, Zoetermeer, maart 1995.
- Verdonschot, P.F.M. e.a. (1998) The 5-S model, an integrated approach for stream rehabilitation. In H.O. Hansen and B.L. Madsen, River Restoration 1996, Session lectures proceedings. Int. conf. arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. International Environmental Research Institute, Denmark.
- Waterschap Aa en Maas (2005) Gebiedspilot waterkwaliteit Hooge Raam, projectenboek, fase 1, versie 2.0, 30 september 2005.
- Wolters-Noordhoff Atlasproducties (1990) Grote Historische Atlas van Nederland 1:50.000, 4 Zuid-Nederland 1838 – 1857.

Bijlage 1 Kaarten

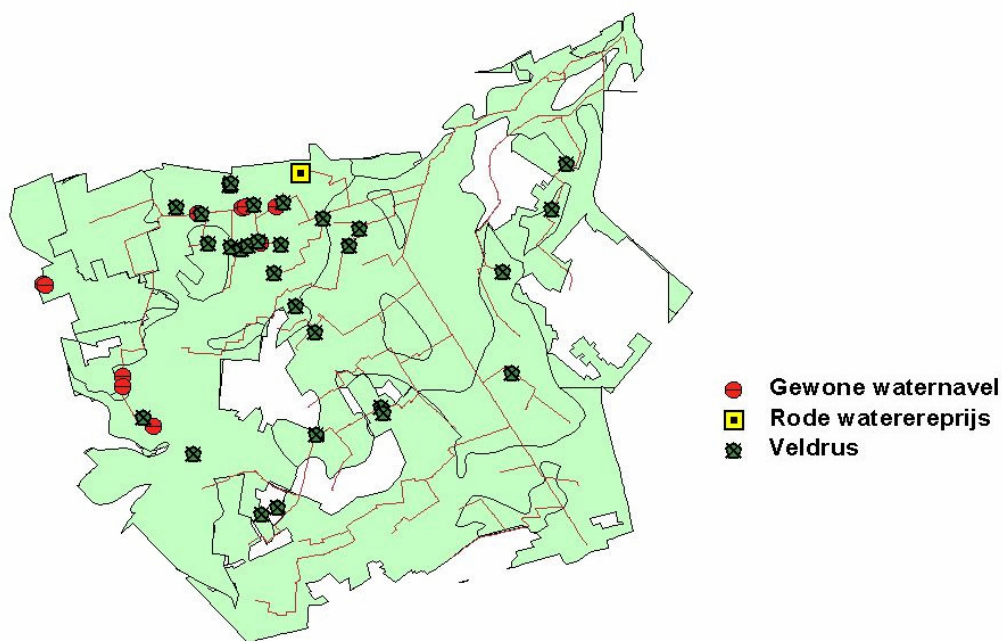
Bijlage 2 Beschrijving water- en stoffenbalans

Bijlage 3 Verspreidingskaartjes macrofyten

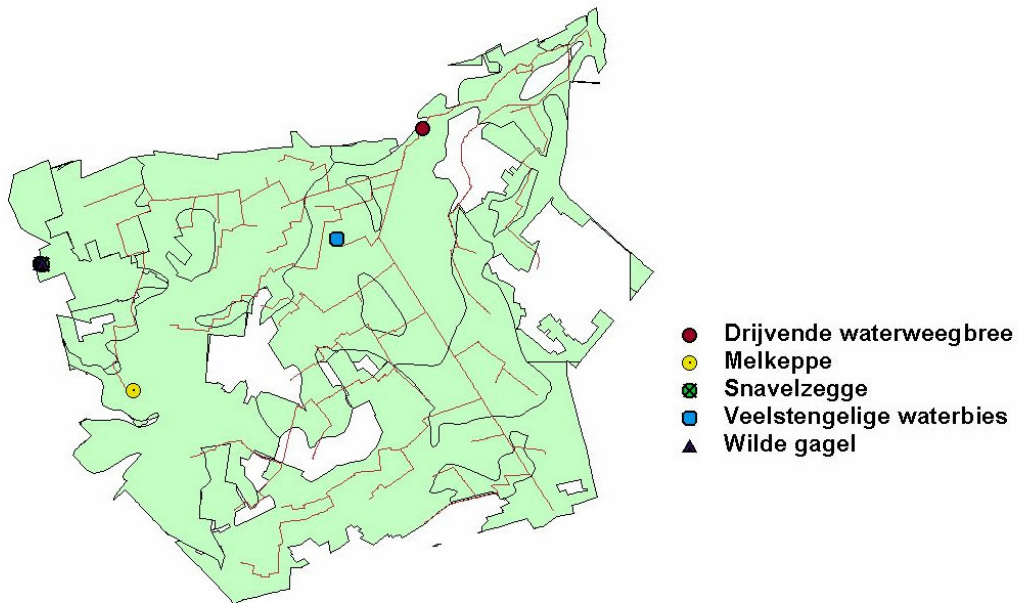
Verspreiding van soorten in de periode 1988-1999 volgens waarnemingen van de Provincie Noord-Brabant. Niet-gekarteed gebied is wit aangegeven.



Soorten van voedselrijke oevers, moerassen en graslanden



Soorten van pionier- en storingssituaties en veldrus



Soorten van (matig) voedselarme wateren en moerassen

(de locaties van wilde gagel en snavelzegge, geheel links, overlappen elkaar)

Bijlage 4 Fytobenthos

De fytobenthosmonsters zijn genomen van diverse waterplanten en per monster is het getelde aantal exemplaren aangegeven. Dit totaal is voor elk monster op 100% gesteld en het percentage per soort is daaruit berekend.

Locatie Datum	Halsche Beek, Z.v.weg		Hooge Raam, Essch.	
	18-05-88	30-09-88	30-09-88	2-05-05
geteld aantal exemplaren	325	244	249	199
aantal soorten	22	15	9	27
<i>Negatieve indicatoren</i>				
Planorthis frequentissimum				1.0
Cyclotella meneghiniana				0.5
Eunotia paludosa CF				1.5
Fragilaria ulna	0.9	0.4	0.4	7.0
Gomphonema parvulum	3.7	0.8		4.0
Navicula minima	4.6	0.8		
Navicula molestiformis	0.6			
Sellaphora seminulum	3.7			
Navicula veneta	0.6		0.8	
Nitzschia palea	4.9		0.8	4.5
Nitzschia paleaeformis				0.5
Tabellaria quadrisepata				2.0
<i>Overige soorten</i>				
Achnanthis minutissimum	41.8	86.1	15.3	33.7
Achnanthis jackie				3.5
Planorthis lanceolatum	1.2	1.2		
Planorthis rostratum				0.5
Amphipleura pellucida				1.0
Cocconeis pelta		0.4		
Cocconeis placentula			79.1	
Cymbopleura naviculiformis				2.5
Encyonema silesiacum				1.0
Diatoma tenuis	0.6		0.8	1.5
Diatoma vulgare		0.8		
Eunotia bilunaris		0.4		
Fragilaria	22.5	5.7		
Fragilaria capucina	7.4			1.5
Fragilaria capucina var. rumpens				3.5
Fragilaria famelica	2.2			
Fragilaria leptostauron				0.5
Frustulia vulgare				2.5
Gomphonema exilissimum				8.5
Melosira varians		0.4		
Navicula capitata	0.3	0.4		
Navicula cryptocephala	1.5	1.2	0.8	5.5
Navicula difficillima	0.9			
Navicula gregaria	0.3			
Navicula integra		0.4		
Navicula pseudoventralis	0.3			
Navicula radiosa			1.2	3.0
Navicula rhynchocephala				2.5
Nitzschia	0.3		0.8	
Nitzschia archibaldii	0.3			3.5
Nitzschia dissipata	0.3			
Nitzschia intermedia				2.0
Nitzschia paleacea				0.5
Nitzschia recta				1.5
Stauroneis thermicola		0.4		
Stephanodiscus rotula		0.4		
Synedra	0.9			
Percentage negatieve indicatoren	19.1	2.0	2.0	21.1
Kwaliteit	goed	zeer goed	zeer goed	goed

Bijlage 5 Algemene soorten macrofauna

Gemiddelde procentuele hoeveelheid per locatie/periode van alle soorten(groepen), die samen 80% van de hoeveelheid van de dieren in alle monsters uitmaken (- = niet aangetroffen, 0 = hoeveelheid < 0,5%).

Hoofdgroep	Soort(groep)	Aantal monsters	Waterloop		Graspeellop		Halsche Beek		Hooge Raam			Alle waterlopen				
			Omschrijving	Kuiperswg	Zandv. weg	Uitm. HR	Zandv.wg	Bus	Esscharen							
										Locatiennr	900	570	870	440	650	860
										X-coord.	176.617	177.83	179.17	177.244	178.16	179.415
Y-coord.	413.668	415.10	416.10	415.203	415.70	416.158										
Periode	<96	>96	<96	>96	<96	>96	<96	>96	<96	>96	80-04					
Aantal getelde dieren per monster			13	1	10	9	15	6	2	16	5	54	23	77		
			341	856	225	2635	704	2072	1289	298	594	407	1850	838		
Wormen																
Oligochaeta	Borstelwormen		5	4	5	6	8	2	2	3	6	5	5	5		
Bloedzuigers																
Helobdella stagnalis	Twee-ogige clepsine		3	0	1	0	0	0	0	2	-	1	0	1		
Erpobdella	Achtogige clepsine		5	-	1	0	0	-	0	2	0	2	0	1		
Kreeftachtigen																
Gammarus tigrinus	Tijgervlokreeft		-	-	9	-	-	-	-	-	-	2	-	1		
Gammarus pulex	Gewone vlokreeft		0	1	9	24	-	41	56	1	19	2	29	10		
Proasellus meridianus	Waterpissebed		0	-	-	-	1	3	-	2	1	1	1	1		
Proasellus coxalis	Waterpissebed		-	-	1	-	-	-	-	5	2	1	0	1		
Asellus aquaticus	Waterpissebed		1	76	4	2	6	3	0	6	18	4	9	6		
Larven van vedermuggen																
Glyptotendipes	Vedermug		2	-	2	-	1	-	0	1	-	1	0	1		
*Macropelopia	Vedermug		4	-	-	1	0	0	0	1	-	1	0	1		
Orthocladinae	Vedermug		0	-	5	-	0	-	-	2	-	2	-	1		
Micropectra	Vedermug		-	0	2	8	-	1	1	-	1	0	4	1		
Tanytarsini	Vedermug		4	-	-	-	4	-	-	1	-	2	-	2		
Procladius	Vedermug		2	-	1	1	0	0	1	3	3	2	1	2		
Psectrotanypus varius	Vedermug		8	-	-	1	7	-	-	3	0	5	1	4		
Chironomus	Vedermug		35	3	1	3	45	-	0	27	4	29	2	21		
Larven van steekmuggen																
Culicidae	Steekmug		8	-	-	0	1	0	-	-	-	2	0	1		
Larven van eendagsvliegen																
Caenis horaria	Eendagsvlieg		-	-	-	21	-	16	0	-	0	-	13	4		
Cloeon	Eendagsvlieg		5	-	2	-	12	-	-	28	-	13	-	9		
Waterwantsen																
Corixidae	Duikerwantsen		2	-	1	-	1	-	-	4	0	2	0	2		
Weekdieren																
Dreissena polymorpha	Driehoeksmossel		-	-	12	-	-	-	-	-	-	2	-	2		
Gastropoda	Slakken		7	-	6	-	7	-	-	0	-	5	-	4		

*stroomminnende soort

Gemiddelde procentuele frequentie per locatie/periode van alle soorten(groepen), die samen in ten minste 20% van alle monsters voorkomen (- = niet aangetroffen).

Hoofdgroep Soort(groep)	Aantal monsters Aantal getelde dieren per monster	Waterloop		Graspeellop		Halsche Beek		Hooge Raam				Alle waterlopen		
		Omschrijving		Kuiperswg		Zandv. weg		Uitm. HR	Zandv.wg	Bus	Esscharen			
		Locatiennr		900		570		870	440	650	860			
		X-coord.		176.617		177.83		179.17	177.244	178.16	179.415			
Y-coord.		413.668		415.10		416.10	415.203	415.70	416.158					
Periode		<96	>96	<96	>96	<96	>96	>96	<96	>96	<96	>96	80-04	
		13	1	10	9	15	6	2	16	5	54	23	77	
		341	856	225	2635	704	2072	1289	298	594	407	1850	838	
Wormen														
Oligochaeta	Borstelwormen	46	100	80	89	33	50	100	25	60	43	74	52	
Bloedzuigers														
Glossiphonia complanata	Zesogige clepsine	46	100	10	78	13	17	-	-	40	17	48	26	
Helobdella stagnalis	Twee-ogige clepsine	62	100	20	11	27	17	50	44	-	39	17	32	
Erpobdella	Achtogige clepsine	77	-	10	22	20	-	50	50	20	41	17	34	
Kreeftachtigen														
Gammarus pulex	Gewone vlokreeft	8	100	50	100	-	100	100	6	100	13	100	39	
Proasellus meridianus	Waterpissebed	23	-	-	-	27	83	-	31	40	22	30	25	
Asellus aquaticus	Waterpissebed	38	100	20	89	27	100	50	31	100	30	91	48	
Spinachtigen														
Hydrachnidae	Watermijtten	-	100	-	78	-	100	-	-	80	-	78	23	
Larven van vedermuggen														
Phaenopsectra	Vedermug	-	100	-	56	-	100	50	-	60	-	70	21	
*Conchapelopia	Vedermug	23	-	10	33	7	67	50	25	-	17	35	22	
Glyptotendipes	Vedermug	15	-	30	-	33	-	50	44	-	31	4	23	
Micropectra	Vedermug	-	100	20	67	-	67	50	-	100	4	74	25	
*Macropelopia	Vedermug	38	-	-	78	20	17	50	38	-	26	39	30	
Psectrotanypus varius	Vedermug	62	-	-	22	60	-	-	50	20	46	13	36	
Procladius	Vedermug	38	-	30	44	13	33	100	38	80	30	52	36	
Chironomus	Vedermug	85	100	30	89	73	-	50	81	60	70	57	66	
Larven van eendagsvliegen														
Cloeon	Eendagsvlieg	38	-	50	-	47	-	-	56	-	48	-	34	
Libellenlarven														
Ischnura elegans	Lantaarnje	15	-	70	-	20	-	-	25	60	30	13	25	
Waterwantsen														
Corixidae	Duikerwantsen	38	-	40	-	40	-	-	50	20	43	4	31	

*stroomminnende soort

Bijlage 6 Macrofauna (stroomminnende soorten)

Gemiddelde procentuele frequentie per locatie/periode van stroomminnende soorten

	Waterloop	Graspeellp		Halsche Beek		Hooge Raam						
	Omschrijving	Kuiperswg		Zandv. weg		Uitm. HR	Zandv.wg	Bus	Esscharen			
	Locatienr	900		570		870	440	650	860		Alle waterlopen	
	X-coord.	176.617		177.83		179.17	177.244	178.16	179.415			
	Y-coord.	413.668		415.10		416.10	415.203	415.70	416.158			
Hoofdgroep	Periode	<96	>96	<96	>96	<96	>96	>96	<96	>96	<96	>96
Soort(groep)	Aantal monsters	13	1	10	9	15	6	2	16	5	54	23
	Aantal stroominnende soorten	3	0	14	19	3	16	11	4	4	17	29
Wormen												
	Stylodrilus heringianus	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
Bloedzuigers												
	Dina lineata	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
Watermijten												
	Wettina podagrica	-	-	-	-	-	17	50	-	-	-	9
	Lebertia insignis	-	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-
Kreeftachtigen												
	Gammarus roeseli	-	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-
	Astacus astacus	-	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-
Larven van vedermuggen												
	Macropelopia	38	-	-	78	20	17	50	38	-	26	39
	Conchapelopia	23	-	10	33	7	67	50	25	-	17	35
	Prodiamesa olivacea	-	-	20	56	-	-	50	-	-	4	26
	Eukiefferiella discoloripes agg	-	-	-	22	-	17	100	-	-	-	22
	Rheocricotopus fuscipes	-	-	-	33	-	17	50	-	-	-	22
	Rheotanytarsus	-	-	-	-	-	17	100	-	20	-	17
	Conchapelopia melanops	-	-	20	11	-	-	-	-	-	4	4
	Macropelopia nebulosa	-	-	20	-	-	-	-	-	-	4	-
	Natarsia	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-	9
	Thienemanniella flaviforceps agg	-	-	-	-	-	17	50	-	-	-	9
	Macropelopia adaucta	-	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-
	Odontomesa fulva	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	4
	Rheocricotopus	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
	Rheocricotopus chalybeatus	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
Overige tweevleugelige insecten												
	Dicranota	-	-	-	11	-	17	50	-	-	-	13
	Simulium	-	-	-	-	-	17	-	6	-	2	4
	Dicranota bimaculata	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
	Simuliidae	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
	Simulium ornatum	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
Kevers												
	Agabus didymus	-	-	-	33	-	17	50	-	-	-	22
	Hydroporus discretus	-	-	-	44	-	17	-	-	-	-	22
	Agabus chalconatus	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-	9
	Deronectes	-	-	-	-	7	-	-	6	-	4	-
	Agabus guttatus	-	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-
	Helophorus arvernensis	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	4
Waterwantsen												
	Microvelia pygmaea	-	-	20	-	-	-	-	-	-	4	-
	Microvelia reticulata	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	4
	Velia caprai	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	4
Larven van libellen												
	Calopteryx splendens	-	-	10	-	-	17	-	-	20	2	9
	Calopteryx	-	-	-	-	-	17	-	-	20	-	9
Steenvliegen												
	Nemoura cinerea	8	-	20	44	-	-	-	-	-	6	17
Kokerjuffers												
	Hydropsyche angustipennis	-	-	-	-	-	33	100	-	-	-	17
	Neureclipsis bimaculata	-	-	20	-	-	-	-	-	-	4	-
	Hydropsyche instabilis	-	-	10	-	-	-	-	-	-	2	-

Bijlage 7 Macrofauna (gegevens WUR)

De gegevens zijn door medewerkers van Wageningen Universiteit verzameld met een standaardmacrofaunanet (monsterlengte 5m) op locatie G816001 (top. krt. coörd. 177,??; 415,??) in 1995. Waarschijnlijk is dat de Hooge Raam bij de Zandvoortseweg.

<i>Hoofdgroep</i> Soort(groep)	Hoeveel- heid (%)	<i>Hoofdgroep</i> Soort(groep)	Hoeveel- heid (%)
<i>Wormen</i>		<i>Kevers</i>	
Stylaria lacustris	22.2	Anacaena bipustulata	1.1
Ptychopora	1.0	Colymbetidae	1.0
<i>Bloedzuigers</i>		Dryops luridus	0.2
Erpobdella octoculata	0.1	Gyrinus substriatus	0.2
<i>Watermijten</i>		Hydroporus nigrita	2.0
Lebertia	0.1	Hydroporus palustris	0.4
<i>Larven van vedermuggen</i>		Hydroporus planus	0.1
Chironomus plumosus gr	15.0	Hydrobius fuscipes	0.4
Conchapelopia	8.0	Ilybius fuliginosus	0.3
Endochironomus dispar	1.6	<i>Waterwantsen</i>	
Glyptotendipes	0.4	Corixidae	0.3
Macropelopia	11.3	Gerris gibbifer	0.2
Micropsectra	12.0	Hydrometra stagnorum	1.3
Paratendipes albimanus gr	2.7	Microvelia pygmaea	1.1
Procladius	1.0	Nepa cinerea	0.4
Prodiamesa olivacea	6.0	Notonecta glauca	0.1
<i>Overige tweevleugelige insecten</i>		<i>Eendagsvliegen</i>	
Dictya	0.1	Cloeon dipterum	0.1
Dicranota	0.6	<i>Steenvliegen</i>	
Telmatoscopus	0.1	Nemoura cinerea	0.1
Tipulidae	1.2	<i>Slakken</i>	
<i>Kevers</i>		Anisus leucostomus	0.8
Agabus bipustulatus	0.1	Lymnaea stagnalis	0.1
Agabus guttatus	0.8	Planorbis planorbis	3.8
Agabus nebulosus	0.7	Radix peregra	0.4
Agabus sturmii	0.1	Stagnicola palustris	0.1

Bijlage 8 Amfibieën (gegevens Ravon)

Onderstaande tabel is een samenvatting van de door Ravon verstrekte gegevens van alle kilometerhokken die geheel of ten dele in het studiegebied vallen (Prudon 2006). De gegevens zijn verzameld door vrijwilligers of professionals.

Bij de kilometerhokken is het jaar (jj) en de kwaliteit van de inventarisatie vermeld (g = goed, r = redelijk, m = matig, s = slecht).

De gegevens met betrekking tot de status worden onder de tabel toegelicht.

Nederlandse naam jaar inventarisatie kwaliteit inventarisatie	Status					Kilometerhok										aantal hokken	wetenschappelijke naam
	FF- wet	HR	RL	Bern	Doel- soort	172 411 05 g	172 412 05 g	173 411 02 s	174 412 94 s	176 414 93 s	176 415 01 s	177 414 97 s	177 415 97 s	178 415 02 r	178 416 99 m		
gewone pad	1			3		x	x	x	x					x	x	6	<i>Bufo bufo</i>
rugstreeppad	3	-4		2	lt-	x										1	<i>Bufo calamita</i>
heikikker	3	-4	3	2	ltz	x										1	<i>Rana arvalis</i>
groene kikker onbepaald	1					x	x							x	x	4	<i>Rana esculenta synklepton</i>
bastaardkikker	1			3			x									1	<i>Rana klepton esculenta</i>
bruine kikker	1			3		x	x	x		x		x	x	x	x	8	<i>Rana temporaria</i>
alpenwatersalamander	2			3	i-z	x	x	x		x				x		5	<i>Triturus alpestris</i>
kleine watersalamander	1			3		x	x	x						x		4	<i>Triturus vulgaris</i>
Aantal soorten per hok						7	6	4	1	1	1	1	1	5	3	8	

FFWET: Flora en Faunawet

- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 1 voor artikel 8 t/m 12 van de Ffwet. Aan deze vrijstelling zijn geen aanvullende eisen gesteld. Voor deze activiteiten hoeft geen ontheffing aangevraagd te worden. Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor deze soorten een ontheffing nodig. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan het criterium 'doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort' (zgn. lichte toets).
- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen, geldt een vrijstelling voor deze soorten voor artikel 8 t/m 12 van de Ffwet, mits activiteiten worden uitgevoerd op basis van een door de minister van LNV goedgekeurde gedragscode. Hetzelfde geldt voor alle vogelsoorten. Een gedragscode moet door een sector of ondernemer zelf opgesteld worden en ingediend voor goedkeuring. Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor deze soorten een ontheffing nodig. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan het criterium 'doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort'.
- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik, geldt een vrijstelling voor deze soorten voor artikel 8 t/m 12 van de Ffwet, mits activiteiten worden uitgevoerd op basis van een door de minister van LNV goedgekeurde gedragscode. Deze vrijstelling is enigszins beperkt; voor activiteiten die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik geldt geen vrijstelling voor artikel 10 van de Ffwet. Ook niet op basis van een gedragscode. Een gedragscode moet door een sector of ondernemer zelf opgesteld worden en ingediend voor goedkeuring. Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als ruimtelijke ontwikkeling, geldt voor deze soorten geen vrijstelling. Ook niet op basis van een gedragscode. Hiervoor is een ontheffing nodig. Voor activiteiten in het kader van bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik en voor activiteiten in het kader van ruimtelijke ontwikkeling is het niet mogelijk voor artikel 10 voor deze soorten een ontheffing te krijgen. Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor deze soorten een ontheffing nodig.
Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan drie criteria:
 - er is sprake van een in of bij de wet genoemd belang,
 - er is geen alternatief,
 - doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort. Deze drie criteria vormen de zgn. uitgebreide toets. De drie criteria staan naast elkaar en niet na elkaar (aan alle drie moet voldaan zijn).

RL: Rode Lijst

TNB: Thans niet bedreigd
GE: Gevoelig
KW: Kwetsbaar

Bijlage 8 (Vervolg 1)

BE: Bedreigd
EB: Ernstig bedreigd

HR: Habitatrichtlijn

2 = bijlage II- dier- en plantensoorten van communautair belang waarvan de aanwijzing en bescherming van leefgebieden vereist is.

4 = bijlage IV- dier- en plantensoorten van communautair belang die strenge bescherming behoeven

5 = bijlage V- dier- en plantensoorten van communautair belang waarvan de exploitatie en het onttrekken aan de natuur onderworpen kunnen zijn aan beheersmaatregelen.

Bern: Conventie van Bern

2 = bijlage II- Strikt beschermde diersoorten

3 = bijlage III- Beschermde diersoorten

Doelsoort in ITZ-benadering

i-criterium: internationaal gezien heeft Nederland een relatief grote betekenis voor het behoud van de soort

t-criterium: de soort vertoont in Nederland een dalende trend

z-criterium: de soort is in Nederland zeldzaam

Doelsoorten moeten aan minimaal twee van de drie criteria voldoen, of in sterke mate aan één criterium. In welke mate een Doelsoort aan de criteria voldoet, komt tot uiting in het gebruik van een hoofdletter (sterke mate) of een kleine letter (mindere mate).

**Bijlage 9 Figuur stappenplan afleiden doelen
voor sterk veranderde en kunstmatige
wateren**

Bijlage 9 (Vervolg 1)

