Verkenning kansen Groene Golf

Potenties voor vismigratie en soortdiversiteit door inzet van stuwen.

Arthur de Bruin & Jan Kranenbarg

RAVON

Verkenning kansen Groene Golf

Potenties voor vismigratie en soortdiversiteit door inzet van stuwen

Arthur de Bruin & Jan Kranenbarg

RAVON

Colofon

Status uitgave:	Eindrapport
Rapportnummer:	2016.085
Datum uitgave:	12-01-2017
Titel:	Verkenning kansen Groene Golf
Subtitel:	Potenties voor vismigratie en soortdiversiteit door inzet van stuwen.
Wijze van citeren:	De Bruin A. & Kranenbarg J. 2017, Verkenning kansen Groene Golf. Potenties voor vismigratie en soortdiversiteit door inzet van stuwen, Stichting RAVON in opdracht van Waterschap Aa en Maas
Samenstellers:	Arthur de Bruin, Jan Kranenbarg, Hydrologische analyse Guido van Wijk (ARCADIS)
Aantal pagina's incl. bijlagen:	41
Foto's kaft:	blikonderwater.nl
Projectnummer:	2016.085
Projectleider:	Arthur de Bruin
Naam en adres opdrachtgever(s):	Bart Brugmans Waterschap Aa en Maas, 5201 GA 's-Hertogenbosch

© 2017 Stichting RAVON, Nijmegen

Inhoud

Inleiding 2
2 Werkzaamheden 3
2.1 Hydrologische analyse 3
2.2 Verkenning potenties Groene Golf voor soortdiversiteit visgemeenschap 3
3 Studiegebied 5
3.1 Snelle Loop 5
3.2 Eeuwselse Loop 6
4 Resultaten verkenning Groene Golf 7
4.1 Resultaten Snelle Loop 7
4.1.1 Aanwezigheid vissoorten Snelle Loop 7
4.1.2 Stroomsnelheden bij stuwen versus zwemcapaciteit vissoorten 10
4.1.3 Potentiële toename soortendiversiteit in de Snelle Loop 13

4.2 Resultaten verkenning Groene Golf voor de Eeuwselse Loop 15
4.2.1 Aanwezigheid vissoorten Eeuwselse Loop 15
4.2.2 Stroomsnelheden bij stuwen versus zwemcapaciteit vissoorten 18
4.2.3 Potentiële toename soortendiversiteit Eeuwselse Loop 21

5 Conclusies 23
5.2 Snelle Loop 23
5.2 Eeuwselse Loop 24

6 Discussie 25

7 Aanbevelingen 27

8 Literatuur 29
Bijlage 1 Hydrologie snelle Loop 30
Bijlage 1 Hydrologie Eeuwselse Loop 41

Inleiding

Enige tijd geleden is bij Waterschap Aa en Maas een idee ontstaan om sterk gestuwde beken beter vispasseerbaar te maken door de stuwen in een waterloop om beurten strijken zodat een "golfbeweging" gerealiseerd wordt. Deze golfbeweging kan geautomatiseerd worden als de stuwen automatisch aangedreven zijn.

Tijdens een eerste proef is een stuw gestreken in de Raam en na 2 uur weer op normale hoogte ingesteld. Hierbij bleek dat er een stevige stroming ontstaat gedurende 10 minuten. Bovenstrooms zakt het water ca. 12 cm, benedenstrooms stijgt het peil met ca. 12 cm (stuw had 25 cm peilverschil). Doordat er geen peilverschil meer is zou het in theorie voor vissen mogelijk moeten zijn om de stuw in bovenstroomse richting te passeren. Na een bepaalde periode kan de volgende stuw gestreken worden. Dit systeem kan geheel automatisch per uur / dagelijks / wekelijks / maandelijks herhaald worden. De voordelen van dit systeem zijn:

- Goedkope uitvoering, de gehele automatisering is reeds aanwezig;
- Bedrijfszeker en onderhoudsarm;
- Er is geen versmalling van de doorstroom breedte, belangrijk bij piekafvoer;
- Drijfvuil dat aan de golfbrekers blijft hangen drijft stroomafwaarts;
- Kan in potentie vismigratie faciliteren.

Omdat het een nieuw innovatief idee is heeft Waterschap Aa en Maas RAVON gevraagd om de potentie van de Groene Golf voor vismigratie te verkennen voor het beektraject de Snelle Loop en de Eeuwselse Loop. Hiervoor is het verloop van de stroomsnelheden en waterhoogtes bovenop de verschillende stuwen modelmatig door het waterschap bepaald. RAVON heeft vervolgens op basis van de ecologische karakteristieken en de actuele verspreiding van doelsoorten ingeschat in hoeverre toepassing van de Groene Golf kan leiden tot het faciliteren van vismigratie, en de vestiging van populaties van soorten die nog niet aanwezig zijn. Arcadis (Guido van Wijk) heeft binnen deze opdracht de hydrologische analyses uitgevoerd.

2 Werkzaamheden

Voor het traject de Snelle Loop en Eeuwselse Loop is gevraagd om een nadere verkenning van de potentiële effecten van het toepassen van een Groene Golf.

2.1 Hydrologische analyse

Binnen het project “Groene Golf” wordt onderzoek gedaan naar het vispasseerbaar maken van sterk gestuwde beken. De stuwen in een waterloop worden vispasseerbaar gemaakt middels het om beurten strijken van de stuwen, zodat een "golfbeweging" gerealiseerd wordt. Deze golfbeweging kan een positief effect teweeg brengen op de vismigratie. De golfbeweging kan geautomatiseerd worden als de stuwen automatisch aangedreven zijn.

Binnen de hydrologische analyse zijn de volgend deelvragen geformuleerd.

- Welke stroomsnelheden treden er op bij het strijken van de verschillende stuwen?
- Hoe lang kunnen de stuwen gestreken worden?
- In welke periodes kunnen de stuwen gestreken worden?
- Ontstaan er problemen met afkalving van oevers?

Om inzicht te krijgen in de optredende stroomsnelheden bij het concept van de Groene Golf zijn SOBEK-modelsimulaties gedaan om de hydraulische beweging inzichtelijk te krijgen. Bijlage 1 geeft een overzicht van de gehanteerde uitgangspunten en randvoorwaarden van het model en de resultaten van de modelsimulaties voor de Snelle Loop. In Bijlage 2 worden de resultaten van de modelsituaties voor de Eeuwselse Loop weergegeven.

Op basis van de ruwe gegevens heeft RAVON aanvullend berekend welke stroomsnelheden en waterdieptes er op de stuwklep optreden. Deze berekening geeft inzicht in de mogelijkheden voor vissen om de gestreken stuwen te passeren.

2.2 Verkenning potenties Groene Golf voor soortdiversiteit visgemeenschap

Met het aanleggen van vismigratievoorzieningen kan de soortdiversiteit van de visgemeenschap verbeterd worden. Het effect van vismigratievoorzieningen op soortdiversiteit van de visgemeenschap is afhankelijk van verschillende factoren:

- De habitatgeschiktheid van boven- en benedenstroomse trajecten in het systeem.
- De mogelijkheid om geschikt habitat te kunnen bereiken (vismigratie).
- De aanwezigheid van bronpopulaties van vissoorten binnen het stroomgebied.

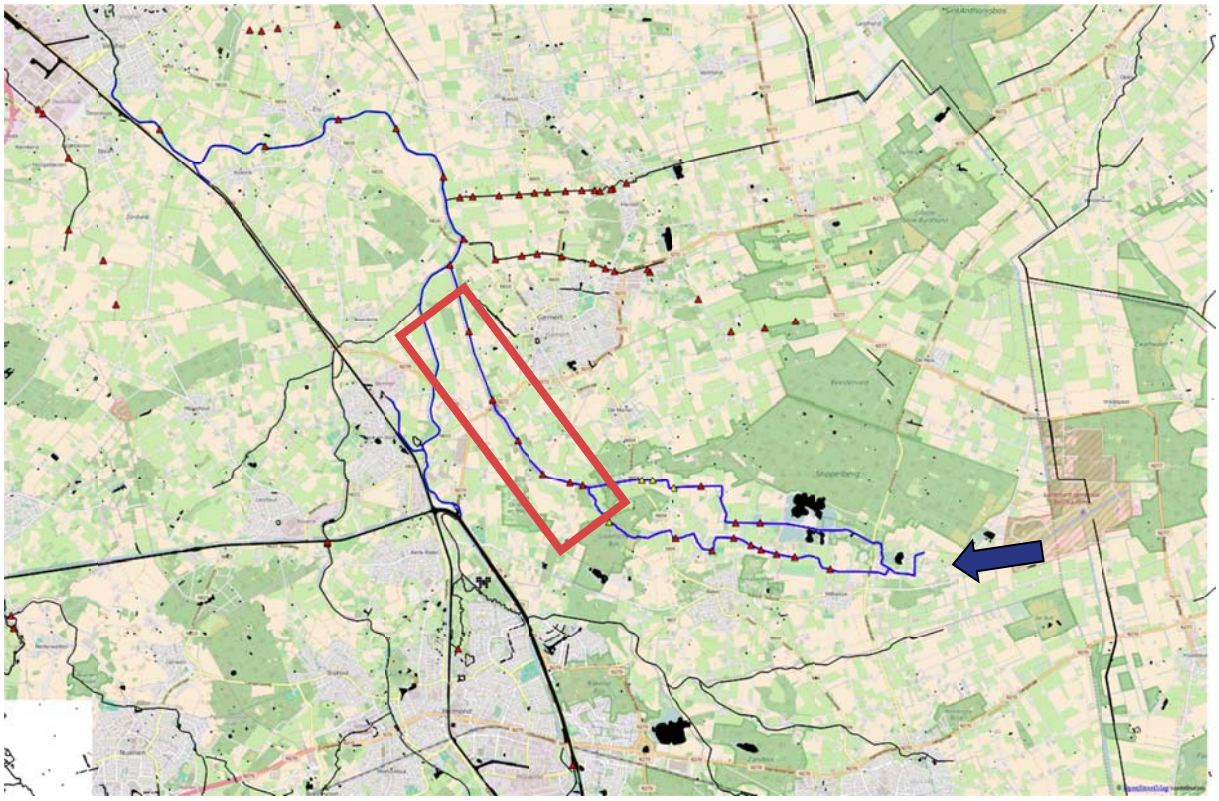
Om de potentie van de Groene Golf voor de soortdiversiteit van de visgemeenschap te verkennen is er gekeken naar:

1. Aanwezigheid vissoorten in de Snelle Loop en in het aangrenzende stroomgebied op basis van informatie uit de KRW-rapportage en de bij RAVON beschikbare verspreidingsgegevens. Hiervoor zijn de bestaande verspreidingsgegevens verwerkt in een tabel, typische soorten uit KRW R4 en R5 zijn aangegeven, doelsoorten uit beleid zijn aangegeven. Op basis van de verspreidingsggegevens is voor de doelsoorten uit beleid inzichtelijk gemaakt wat de huidige verspreiding is, zowel in de Snelle Loop als daarbuiten. Dit om een inschatting te maken of de doelsoorten kunnen profiteren van de vismigratie voorzieningen is de Snelle Loop.
2. Mogelijkheid voor vissen om de stuwen in de Snelle Loop te passeren bij toepassing van de Groene Golf. Hierbij is de zwemcapaciteit van vissoorten vergeleken met stroomsnelheden die optreden achter en boven de verschillende stuwen. Voor de zwemcapaciteit van vissen is gebruik gemaakt van de waarden die in de literatuurbekend zijn. De stroomsnelheden in de tijd zijn berekend met behulp van SOBEK berekend door een hydroloog (Arcadis, Guido van Wijk) (zie bijlage 1 & 2).

Op basis hiervan is vervolgens bepaald in hoeverre de soortdiversiteit in de Snelle Loop in potentie toe kan nemen bij toepassing van de Groene Golf.

3 Studiegebied

3.1 Snelle Loop

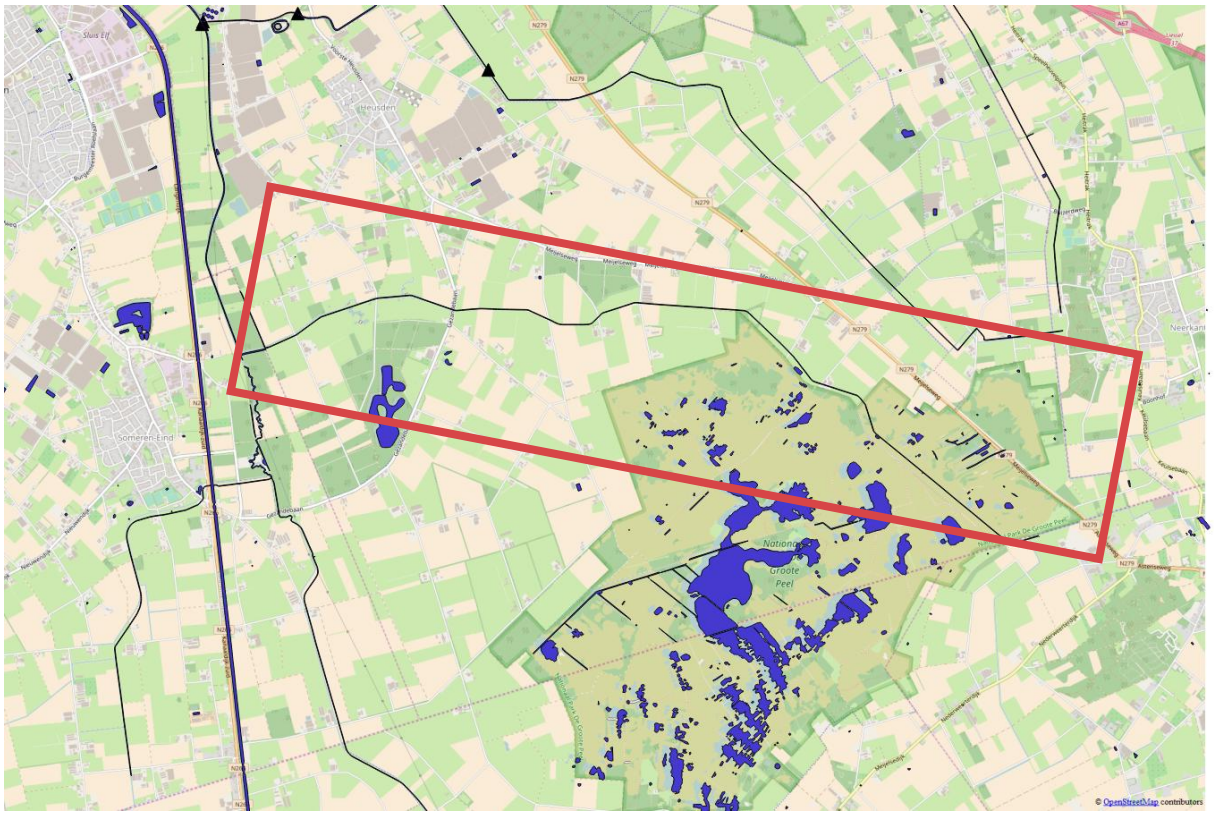


Figuur 1 ligging van de Snelle loop en verstuwd deel-traject dat binnen deze studie onderzocht is (rode arcering) inlaatwater vanuit Defensiekanaal (blauwe pijl).

Het systeem van de Snelle Loop is een bovenloop van de Aa (figuur 1). Dit systeem mondt uiteindelijk uit in de Maas. Een groot deel van de vismigratiebarrières benedenstrooms van de Snelle Loop zijn passerbaar gemaakt of staan hiervoor in de planning. Het systeem wordt in de bovenloop gevoed met inlaatwater vanuit het Defensiekanaal. In de Snelle Loop zijn meerdere stuwen aanwezig die stroomopwaartse vismigratie onmogelijk maken. De stuwen 05_253E*, 15_253BIE* en 10_253CA* zijn reeds vismigreerbaar gemaakt door een bypass maar vanwege het verkennende karakter van deze studie toch als volledige barrière meegenomen in deze studie.

Vooral in de stroomopwaarts gelegen trajecten heeft de beek na herinrichting en inbreng van dood hout een natuurlijk karakter. De beek wordt conform KRW typologie geclassificeerd als R4 langzaam stromende bovenloop op zand.

3.2 Eeuwselse Loop



Figuur 2 ligging van de Eeuwselse Loop en verstuwd deel-traject dat binnen deze studie onderzocht is (rode arcering).

De Eeuwselse loop is een bovenloop van de Aa die van oudsher vanuit de Grote Peel worden gevoed. Vanuit de veengebieden ontstonden deze bovenlopen en voerden het overtollige water uit de veengebieden af. De waterloop is sterk genormaliseerd maar volgt zijn oorspronkelijke beekdal. Het waterlichaam wordt getypeerd als langzaam stromende bovenloop op zand (R4-landbouw). De Eeuwselse loop, is nog niet vrij optrekbaar. In het waterlichaam zijn stuwen aanwezig die de interne migratie beperken.

4 Resultaten verkenning Groene Golf

4.1 Resultaten Snelle Loop

4.1.1 Aanwezigheid vissoorten Snelle Loop

Binnen het systeem van de Snelle loop zijn visgegevens verzameld uit de NDFF, Piscaria en de KRW rapportage van 2013 (*Soes et al, 2013)*. Op basis van KRW onderzoek (*Soes et al, 2013)* wordt aangegeven dat de biomassa wordt gedomineerd door eurytope vissoorten (69%). Hierbij is snoek (52%) de voornaamste soort. In het waterlichaam wordt 23% bepaald door limnofiele soorten met zeelt (22%) als dominante soort. Het aandeel rheofiele soorten is 8% met daarin de riviergrondel (7%) als meest voorkomende soort.

Op basis van NDFF gegevens zijn aanvullend op de KRW gegevens nog waarnemingen van karper, brasem, paling en marmergrondel bekend. In het verleden (periode 1975-1976) zijn waarnemingen van de beekprik uit de Snelle loop bekend, aangenomen wordt dat de beekprik is uitgestorven in het systeem. De marmergrondel is een exotische grondelsoort die sinds 2003 in Nederland voorkomt en zich in de bovenloop van de Snelle loop heeft kunnen vestigen vanuit inlaatwater uit het Defensiekanaal.

Vanuit het visbeleid (2012) van Waterschap Aa en Maas worden de volgende doelsoorten benoemd voor beken: bermpje, kopvoorn, rivierdonderpad, riviergrondel, serpeling, beekprik, rivierprik, en winde.

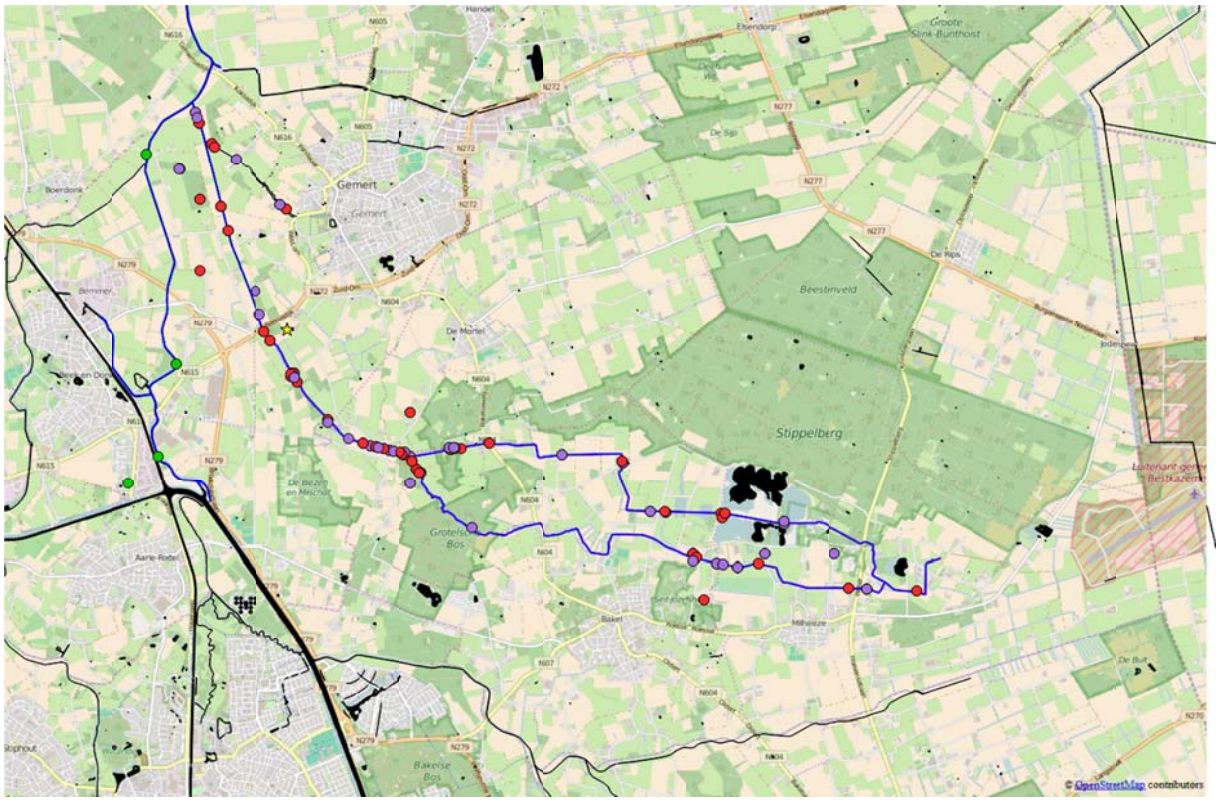
Figuur 3 geeft een totaal overzicht van de soorten die bekend zijn uit de Snelle Loop en uit het aangrenzende stroomgebied. In totaal zijn 21 verschillende vissoorten bekend uit de Snelle Loop zie figuur 4 “P. Snelle Loop”. Van de 21 bekende vissoorten hebben 6 vissoorten geen populatie in de Snelle loop, het gaat dan vooral om exemplaren die via aanvoerwater (zoals winde) incidenteel aangetroffen worden. Van de 8 doelsoorten (visbeleid, 2012) komen het bermpje en de riviergrondel al voor in het systeem (zie figuur 4). Winde en rivierdonderpad hebben populaties in de Aa waardoor vismigratie voorzieningen theoretisch kunnen leiden tot het koloniseren van de Snelle loop (zie figuur 3 en 5). Serpeling en kopvoorn komen voor in de bovenlopen van de Dommel maar zijn afwezig in het stroomgebied van de Aa. Voor deze soorten zullen de vismigratie maatregelen niet op korte termijn resulteren in het koloniseren van de Snelle Loop. Van rivierprik zijn sporadisch waarnemingen bekend uit de Dommel (figuur 5). In de jaren 60 kwam hier een populatie voor, in de Aa zijn geen waarnemingen van de soort bekend.

Het systeem van de Snelle Loop is conform KRW geclassificeerd als type R4. Het type R4 is van nature relatief soortenarm de typische soorten voor R4 komen allemaal al voor in de Snelle loop met uitzondering van de uitgestorven beekprik. Op basis van de aanwezige visgemeenschap is ook veel overlap te zien met type R5 waarbij het aandeel van lymnofiele vissoorten ook hoog is. Voor R5 ontbreken de soorten rivierdonderpad en serpeling.

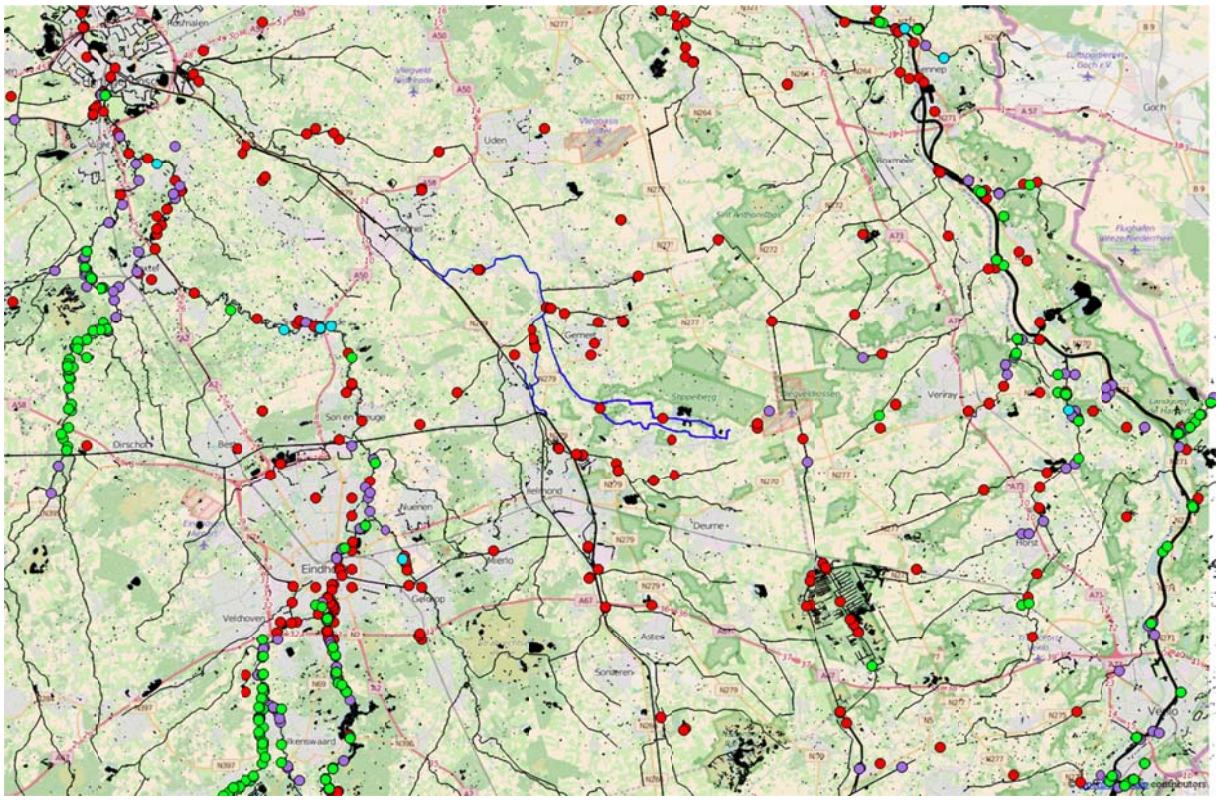
De exotische zwartbekgrondel komt al wel in het systeem van de Aa voor maar nog niet in de Snelle loop. De exotische grondelsoorten (waaronder ook marmergrondel) vormen sterke concurrenten voor de doelsoort rivierdonderpad en mogelijk ook voor riviergrondel, bermpje en kleine modderkruiper.

Figuur 3 Presentie vissoorten in het stroomgebied van de Aa "P. stroomgebied", Snelle loop " P. Snelle Loop" , karakteristiek voor KRW type R4/ R5 en doelsoorten vanuit beleid, in oranje soorten met slechts incidentele waarnemingen.

Vissoort	P. stroomgebied	**P. Snelle loop**	Typisch r4	Typisch r5	**Doelsoort vanuit beleid**
alver					
baars					
bermpje					
bittervoorn					
blankvoorn					
driedoornige stekelbaars					
kleine modderkruiper					
kolblei					
kroeskarper					
riviergrondel					
ruisvoorn					
snoek					
tiendoornige stekelbaars					
vetje					
winde					
zeelt					
karper					
brasem					
paling					
marmergrondel					
beekprik					
rivierdonderpad					
serpeling					
kopvoorn					
rivierprik					
zwartbekgrondel					



Figuur 4: verspreiding van doelsoorten beekprik (gele ster) rivierdonderpad (groene stip), bermpje (rode stip) en riviergrondel (paarse stip) in en nabij de Snelle loop (periode >2000).



Figuur 5: verspreiding van doelsoorten winde (rode stip) serpeling (groene stip), kopvoorn (paarse stip) en rivierprik (licht blauwe stip) in stroomgebied Aa en omgeving (periode > 2000).

4.1.2 Stroomsnelheden bij stuwen versus zwemcapaciteit vissoorten

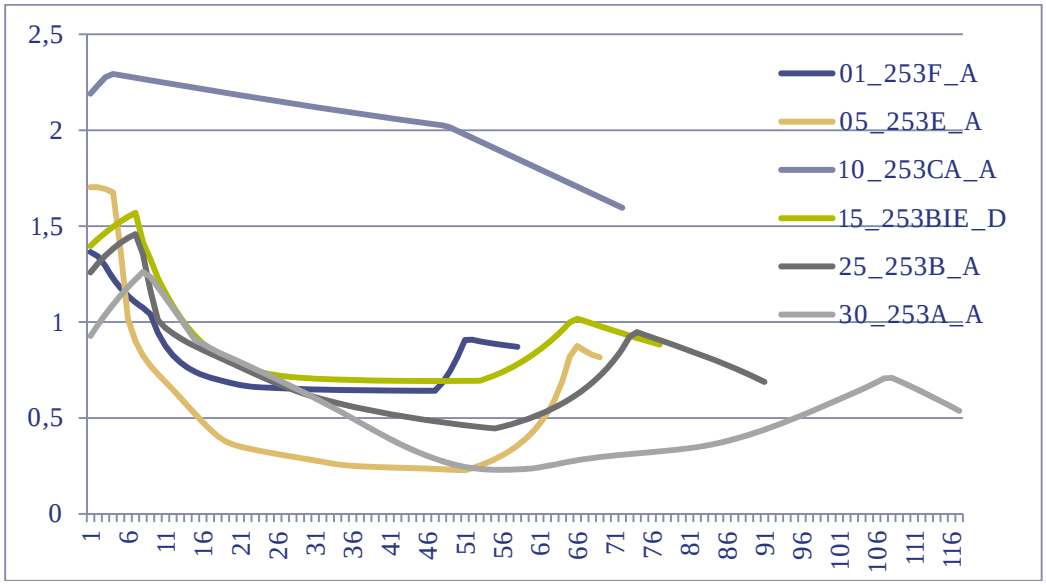
Vissoorten tolereren een specifieke range van stroomsnelheid, afhankelijk van de sprintsnelheid kunnen ze tijdelijk hogere stroomsnelheden overbruggen. Om stroomopwaarts over een stuw te kunnen zwemmen, mag de stroomsnelheid voor een vis niet te hoog zijn. Bij het berekenen van de paseerbaarheid wordt als maximale stroomsnelheid uitgegaan van de sprintsnelheid die vissen over een afstand van minimaal 1 meter kunnen handhaven. Een veel gebruikte norm bij aanleg van vismigratievoorzieningen is 1 m/s om voor alle vissoorten migratie mogelijk te maken.

Niet alleen de maximale zwemsnelheid van vissen is van belang maar ook het zwemgedrag. Er is een belangrijk onderscheid tussen bodemgebonden (benthische) en pelagische vissoorten. Bodemgebonden soorten (zoals bermpje) bewegen zich voort over de bodem; pelagische soorten (zoals blankvoorn en alver) zwemmen in de waterkolom. Dit betekent dat voor bodemgebonden soorten de vispassage goed moet aansluiten op de bodem van de waterloop voor pelagische soorten is dat minder belangrijk.

Op het moment dat de benedenwaterstand boven de klepstand uit komt is voor vissen de mogelijkheid om van het benedenstroomse pand naar het bovenstroomse pand te zwemmen. De stroomsnelheid die optreedt bij toepassing van de Groene Golf in de figuren 4-10 (bijlage 1) zijn berekend in beektrajecten achter de stuw. Daarnaast is het van belang om inzicht te krijgen in de stroomsnelheid op de stuw.

Beektraject direct achter de stuw
De stroomsnelheid in de beek neemt toe door toepassing van de Groene Golf (Bijlage 1 figuren 4-10). De normale stroomsnelheid ligt op maximaal ongeveer 0.2 m/s. De berekende stroomsnelheid achter de stuwen neemt bij de meeste trajecten tijdelijk toe tot maximaal 0.50 m/s (in veel gevallen lager). Voor alle aanwezige vissoorten wordt verwacht dat deze stroomsnelheden goed te overbruggen zijn voor de betreffende tijdsduur. Daarnaast wordt verwacht dat in de beek plekken aanwezig zullen waar de stroomsnelheid lager zal liggen. Vissen kunnen zicht hier ophouden zonder uitgeput te raken. Hiervoor zijn geen verdere analyses uitgevoerd voor de stroomsnelheid in de beek.

Stroomsnelheden op de stuwklep
Exact op de klep van de stuw is de stroomsnelheid veel hoger dan in het beektraject. Of vismigratie mogelijk is, is o.a. afhankelijk van de tijdsduur dat de klepstand onder de benedenwaterstand staat en de stroomsnelheid die daarbij optreedt. De tijdsduur dat de klep onder de benedenwaterstand staat en de stroomsnelheden die daarbij optreden zijn berekend op basis van het SOBEK model (zie figuur 6).



Figuur 6: Y-as stroomsnelheden op de stuwklep in m/s. X-as tijdsduur in minuten weergegeven per stuw, selectie van de data waarbij beneden waterstand hoger is dan stuwklep.

Bij de meeste stuwen ontstaat onder het berekenende scenario een situatie waarbij de klep lager komt te staan dan de benedenwaterstand en de stroomsnelheid op de klep daarbij afneemt tot minder dan een 1 m/s. Een uitzondering vormt klep 10_253CA_A hierbij zakt de klep weliswaar onder de benedenwaterstand maar blijft een verval ontstaan tussen de boven en benedenwaterstand (zie Bijlage 1, figuur 8). Dat komt omdat deze stuw een stuk smaller is dan de andere stuwen (zie Bijlage 1 tabel 1). Onder invloed van het verval is de stroomsnelheid op de klep gedurende de 72 minuten dat de klep onder benedenwaterstand zakt altijd hoger dan 1.5 meter per seconde en gedurende 49 minuten zelfs hoger dan 2 m/s (zie figuur 6).

De stuwen 05_253E*, 15_253BIE* en 10_253CA* zijn al vismigreerbaar gemaakt door een bypass maar vanwege de pilot karakter van deze studie toch als volledige barrière meegenomen in deze studie.

In figuur 7 zijn voor de aanwezige, te verwachten en gewenste doelsoorten sprintsnelheden uit de literatuur weergegeven. Voor drie aannames zijn berekeningen gemaakt wat de tijdsduur is dat de stuw passeerbaar is voor de betreffende vissoort.

Aanname 1 Hierbij is de veel gebruikte norm van 1 m/s als maximale stroomsnelheid in vispassages aangehouden, gemeten op de drempel of in de doorzwem opening. De meeste in Nederland voorkomende vissen bezitten voldoende sprintsnelheid om dan de drempels of doorzwem openingen te passeren *(*Coenen et al., 2013*)*.

Aanname 2 gaat uit van de zwemcapaciteit van vissen op basis van het onderzoek *Winter E., 2007*, het gaat daarbij om periodes van 15-20 seconden dat de snelheid volgehouden kan worden (deels ook berekend voor vissen met kleine afmetingen). Om de stuwklep te passeren is naar verwachting slechts een korte sprint van enkele seconden voldoende om de klep te passeren.

Aanname 3 gaat uit van de maximale sprintsnelheden van vissen uit het handboek vismigratie 2005 (Kroes et al., 2005). Voor verschillende vissoorten worden hierin op basis van literatuurreferenties sprintsnelheden aangegeven voor het kortstondig (enkele seconden) trotseren van hoge stroomsnelheden.

					Aanname 1						Aanname 2						Aanname 3					
Vissoort	Positie waterkolom	spintsnelheid Aanname 2*	Sprintsnelheid Aanname 3**	Sprongh oogte ***	01_253F_/	****05_253E_	****10_253CA_	****15_253BIE_	25_253B_/	30_253A_/	01_253F_/	****05_253E_	****10_253CA_	****15_253BIE_	25_253B_/	30_253A_/	01_253F_/	****05_253E_	****10_253CA_	****15_253BIE_	25_253B_/	30_253A_/
alver	pelagisch	0,7 *			49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
baars	pelagisch/demersaal	0,7 *	1,45	0,08	49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	58	65	0	77	91	117
bermpje	benthisch	0,5 *	1,5	0,1	49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60	58	65	0	77	91	117
bittervoorn	pelagisch/demersaal	0,7 *			49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
blankvoorn	pelagisch/demersaal	0,7 *	2,1-4,5		49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	58	65	72	77	91	117
driedoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal	0,5 *	1,5		49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60	58	65	0	77	91	117
kleine modderkruiper	benthisch	0,5 *			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						
kolblei	demersaal	0,7 *			49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
kroeskarper	demersaal	0,7 *		0,03	49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
riviergrondel	benthisch	0,7 *	0,6-2,0	0,19	49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	58	69	23	77	91	117
ruisvoorn	pelagisch	0,7 *		0,03	49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
snoek	pelagisch/demersaal	0,4 *	3-6,9	0,66	49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60	58	65	72	77	91	117
tiendoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal	0,5 *			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						
vetje	pelagisch	0,7 *			49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
winde	pelagisch	0,7 *		0,72	49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
zeelt	pelagisch/demersaal	0,7 *		0,03	49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89						
karper	pelagisch/demersaal	0,7 *	0,5, 1,7		49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	58	76	6	77	91	117
brasem	pelagisch/demersaal	0,7 *	0,9-1,0		49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	49	63	0	64	81	104
paling	benthisch	0,5 *	1		49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60	49	63	0	64	81	104
marmergrondel	benthisch	0,5 +			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						
beekprik	benthisch	0,5 +			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						
rivierdonderpad	benthisch	0,5 *			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						
serpeling	pelagisch/demersaal	0,7 *	2,4		49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	58	65	72	77	91	117
kopvoorn	pelachisch	0,7 *	0,5-3,8		49	63	0	64	81	104	31	54	0	20	45	89	58	65	72	77	91	117
rivierprik	benthisch	0,5 *			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						
zwartbekgrondel	benthisch	0,5+			49	63	0	64	81	104	0	46	0	0	15	60						

*Figuur 7 Berekende tijdsduur in minuten per stuw dat de benedenwaterstand boven de klepstand uitkomt en dat in die periode de stroomsnelheid op de klep zo laag is dat de sprintsnelheid per vis voldoende is om de stuw te passeren. Berekend voor drie verschillende aannames met betrekking tot de sprintsnelheden van vissoorten. Aanname 1 gaat uit van de minimum eis van 1 meter per seconde sprintsnelheid voor alle vissen (Coenen et al., 2013)). Aanname 2 gaat uit van de sprintsnelheden zoals aangegeven door Winter. E. 2007 (variërend van 0.5 tot 0.7 m/s). Aanname 3 gaat uit van de sprintsnelheden zoals aangegeven door Handboek vismigratie (Kroes et al. 2005) waarbij waarden veelal hoger liggen. ****stuwen zijn in werkelijkheid al vismigreerbaar gemaakt*

4.1.3 Potentiële toename soortendiversiteit in de Snelle Loop

Figuur 8 geeft inzicht in de nu aanwezige visgemeenschap in de Snelle Loop en de potentie voor verschillende scenario's/aannames m.b.t. veranderingen in de visgemeenschap.

In de kolom **> vismigratie** is zichtbaar welke vissoorten kunnen profiteren bij volledig functionerende vismigratie voorzieningen in de Snelle loop. Doelsoorten als winde en rivierdonderpad kunnen in dit scenario toenemen. Ook eurytope soorten die nu incidenteel aangetroffen worden kunnen toenemen. Doelsoorten kopvoorn, serpeling en rivierprik zijn op korte termijn niet te verwachten omdat ze niet in het stroomgebied voorkomen, op lange termijn is dit wel mogelijk indien habitat in zowel de Snelle loop als tussen de populaties liggend leefgebied geschikt wordt voor deze soorten.

In de kolom **theoretische aanname 1** is de situatie in visstand weergegeven uitgaan van het criteria dat vispassages een stroomsnelheid van < 1 meter moeten hebben om voor alle soorten overbrugbaar te zijn (aanname 1). Uit de berekeningen wordt duidelijk dat de Groene Golf niet aan dit criteria voldoet. Dit komt vooral door de hoge stroomsnelheden (>1.5 m/s) die bij de smalle stuw 10_253CA_A ontstaan *(zie ook figuur 6)*. Toepassing van de Groene Golf is hiermee geen volledige functionerende vervanging van regulieren vismigratie voorzieningen.

In kolom **theoretische aanname 2** (waardes uit rapportage Winter, E. 2007) is een ongewijzigde visstand voor de Snelle loop berekend. Stuw 10_253CA_A vormt bij deze aanname een barrière voor alle vissoorten. Ook de stuwen 01_253F_A en 15_253BIE_D geven voor verschillende vissoorten problemen om te passeren door te hoge stroomsnelheden (zie ook figuur 6).

In de kolom **theoretische aanname 3** (*Handboek vismigratie, Kroes et al. 2005*) is de situatie zichtbaar waarbij uitgegaan is van maximale sprintsnelheden van vissen (niet bekend voor alle vissen) die veelal hoger liggen dan de norm van 1 meter per seconde en de waardes van aanname 2. Uitgaande van deze waardes is het voor blankvoorn, snoek, karper, kopvoorn en serpeling theoretisch mogelijk om alle stuwen te passeren. Van winde was geen sprintsnelheid bekend in het handboek vismigratie maar wordt aangenomen dat deze vergelijkbaar is met die van serpeling en de passages kan passeren.

De aanname 1 t/m 3 zijn zowel voor de theoretische berekening weergegeven als voor de situatie in de praktijk (verschillende stuwen zijn in werkelijkheid al vismigreerbaar gemaakt). De uitkomstens zijn voor veel vissen gunstiger door het wegvallen van stuwen waar hoge stroomsnelheden optreden. Zie figuur 8 kolommen, praktijk > Aanname 1, Praktijk Aanname 2. Praktijk> Aanname 3.

Vissoort	Positie waterkolom	P. stroomgebied	**P. Snelle loop**	> vismigratie	Theoretisch Aanname 1	Theoretisch Aanname 2	Theoretisch Aanname 3		Praktijk Aanname 1	Praktijk Aanname 2	Praktijk Aanname 3	Typisch r4	Typisch r5	**Doelsoort vanuit beleid**	migratieperiode	paaitemperatuur**
alver	pelagisch			+	-	-			+	+					4-6	
baars	pelagisch/demersaal			=	-	-	-		+	+	+				3-4	8-14
bermpje	benthisch			=	-	-	-		+	-	+				3-4	14-18
bittervoorn	pelagisch/demersaal			=	-	-			+	+					4-6	
blankvoorn	pelagisch/demersaal			=	-	-	+		+	+	+				4-5	12-15
driedoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal			=	-	-	-		+	-	+				3-4	
kleine modderkruiper	benthisch			=	-	-			+	-					4-5	
kolblei	demersaal			=	-	-			+	+					5-6	14-16
kroeskarper	demersaal			=	-	-			+	+					4-5	14-20
riviergrondel	benthisch			=	-	-	+		+	+	+				4-5	12-17
ruisvoorn	pelagisch			=	-	-			+	+					4-6	
snoek	pelagisch/demersaal			=	-	-	+		+	-	+				2-3	6-14
tiendoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal			=	-	-			+	-					3-4	10-12
vetje	pelagisch			=	-	-			+	+					4-6	18-22
winde	pelagisch			+	-	-	+		+	+	+				2-4	>10
zeelt	pelagisch/demersaal			=	-	-			+	+					5-6	18-20
karper	pelagisch/demersaal			+	-	-	+		+	+	+				5-6	
brasem	pelagisch/demersaal			+	-	-	-		+	+	+				4-6	14-16
paling	benthisch			+	-	-	-		+	-	+				4-5	
marmergrondel	benthisch			=	-	-			+	-					3-6	
beekprik	benthisch			=	-	-			+	-					9-4	11-14
rivierdonderpad	benthisch			+	-	-			+	-					3-4	8-11
serpeling	pelagisch/demersaal			+	-	-	+		+	+	+				2-3	8
kopvoorn	pelachisch			+	-	-	+		+	+	+				4-6	9-10
rivierprik	benthisch			+	-	-			+	-					4-5	10-14
zwartbekgrondel	benthisch			+	-	-			+	-					3-6	

Figuur 8: Aanwezige en potentieel aanwezige soorten in de Snelle Loop "P.Snelle loop", stroomgebied van de Aa "P.Stroomgebied". Berekende verandering in soortdiversiteit vispopulatie Snelle Loop voor verschillende aannames. Aanname 1 t/m 3 zijn zowel voor de theoretische berekening weergegeven als voor de situatie in de praktijk (verschillende stuwen zijn in werkelijkheid al vismigreerbaar gemaakt)

Groen is aanwezig, oranje is incidenteel voorkomend geen populatie, rood is afwezig, in hokken zonder kleur waren geen waardes bekend. "+"betekend dat de soort de Snelle loop kan bereiken en alle stuwen kan passeren middels het Groene Golf concept "-" betekend dat de soort de Snelle loop niet kan bereiken en niet alle stuwen kan passeren middels Groene golf concept.

4.2 Resultaten verkenning Groene Golf voor de Eeuwselse Loop

4.2.1 Aanwezigheid vissoorten Eeuwselse Loop

Binnen het systeem van de Eeuwselse Loop zijn visgegevens verzameld uit de NDFF, Piscaria en de KRW rapportage van 2013 (*Soes et al., 2013)*. Op basis van KRW onderzoek wordt aangegeven dat de biomassa wordt gedomineerd door eurytope vissoorten (42%). Hierbij is giebel (21%) de voornaamste soort. In het waterlichaam wordt 31% bepaald door limnofiele soorten met zeelt (18%) en ruisvoorn als voornaamste soorten. De rheofiele soorten bepalen met de riviergrondel (9%) een klein deel van de visfauna. De exotische vissoorten zijn met 19% relatief talrijk.

Op basis van NDFF gegevens zijn aanvullend op de KRW gegevens nog enkele waarnemingen van vetje en bittervoorn bekend.

Vanuit het visbeleid (2012) van Waterschap Aa en Maas worden de volgende doelsoorten benoemd voor beken: bermpje, kopvoorn, rivierdonderpad, riviergrondel, serpeling, beekprik, rivierprik, en winde.

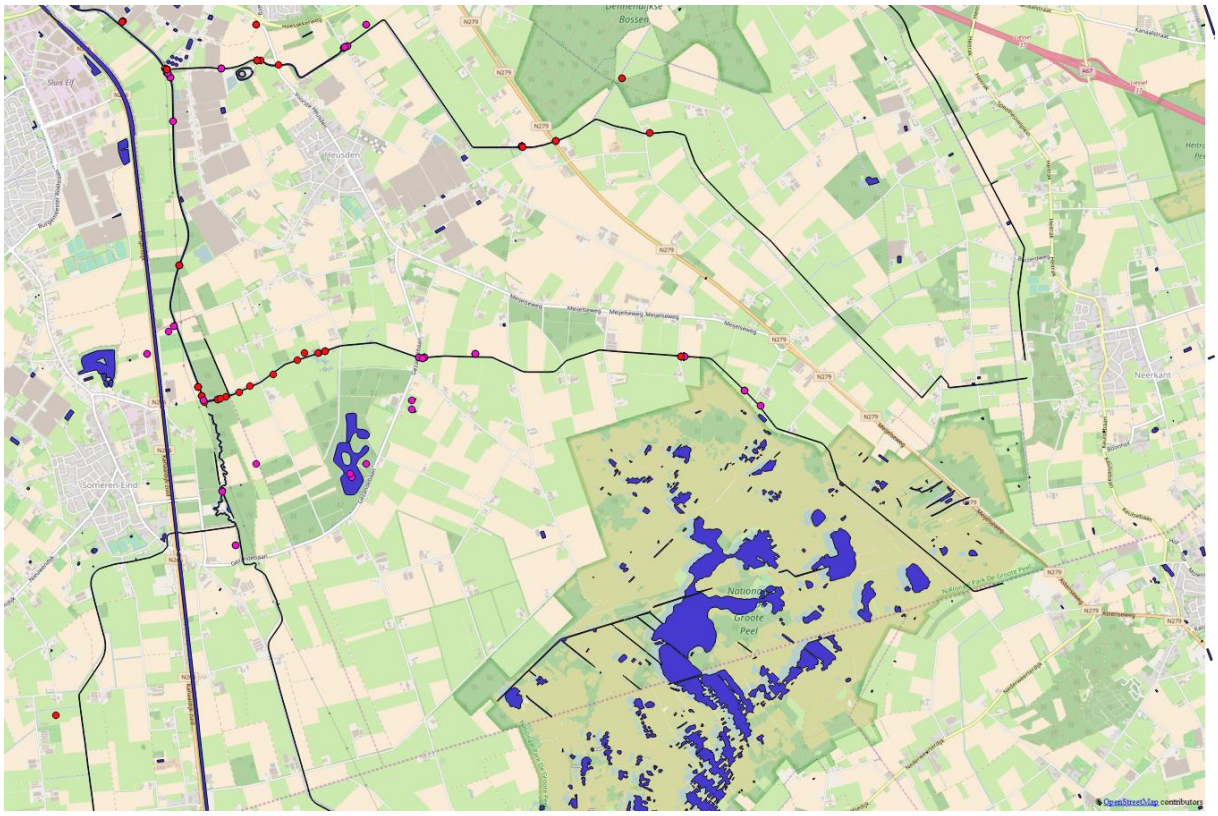
Figuur 9 geeft een totaal overzicht van de soorten die bekend zijn uit de Eeuwselse Loop en uit het aangrenzende stroomgebied van de Aa. In totaal zijn 16 verschillende vissoorten bekend uit de Eeuwselse loop zie figuur 9 “P. Eeuwselse Loop”. Van de 16 bekende vissoorten hebben 3 vissoorten naar verwachting geen populatie in de Eeuwselse Loop het gaat dan om exemplaren bittervoorn, vetje en kleine modderkruiper die in KRW bemonsteringen niet aangetroffen werden maar uitsluitend incidenteel. Van de 8 doelsoorten (visbeleid, 2012) komt het bermpje en de riviergrondel al voor in het systeem (zie figuren 9 en 10). Van het bermpje werden slechts enkele individuen aangetroffen tijdens de KRW bemonstering. Winde en rivierdonderpad hebben populaties in de Aa waardoor vismigratie voorzieningen theoretisch kunnen leiden tot het koloniseren van Eeuwselse Loop (zie figuur 9 en 11). Serpeling en kopvoorn komen voor in de bovenlopen van de Dommel maar zijn afwezig in het stroomgebied van de Aa. Voor deze soorten zullen de vismigratie maatregelen niet op korte termijn resulteren in het koloniseren van de Eeuwselse Loop. Van rivierprik zijn sporadisch waarnemingen bekend uit de Dommel (figuur 11). In de jaren 60 kwam hier een populatie voor, in de Aa zijn geen waarnemingen van de soort bekend.

Het systeem van de Eeuwselse Loop is conform KRW geclassificeerd als type R4. Het type R4 is van nature relatief soortenarm de typische soorten voor R4 komen allemaal al voor in de Eeuwselse Loop met uitzondering van de beekprik. Op basis van de aanwezige visgemeenschap is ook veel overlap te zien met type R5 waarbij het aandeel van lymnofiele vissoorten ook hoog is. Voor R5 ontbreken de soorten rivierdonderpad en serpeling.

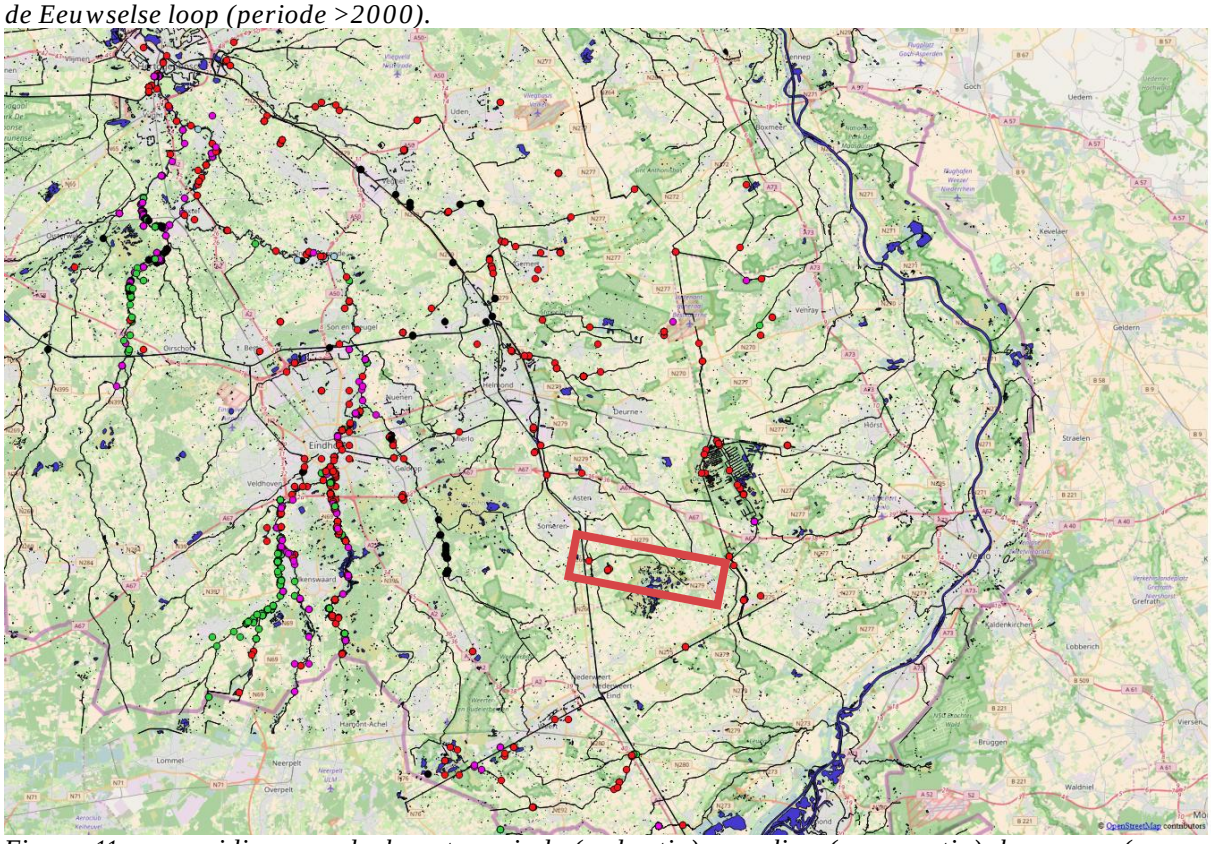
De exotische zwartbekgrondel en marmergrondel komen al wel in het systeem van de Aa voor maar nog niet in de Eeuwselse Loop. De exotische grondelsoorten vormen sterke concurrenten voor de doelsoort rivierdonderpad en mogelijk ook andere bodem gebonden vissoorten zoals bermpje, riviergrondel en kleine modderkruiper.

Figuur 9 Vissoorten die aanwezig zijn in stroomgebied van de Aa "P. stroomgebied", Eeuwselse Loop" P. Eeuwselse Loop", karakteristiek voor KRW type R4/ R5 en doelsoorten vanuit beleid.

Vissoort	Positie waterkolom	P. stroomgebied	**P. Eeuwselse Loop**	> vismigratie	Typisch r4	Typisch r5	**Doelsoort vanuit beleid**
alver	pelagisch			+			
Amerikaanse Hondsvis	bentisch			=			
baars	pelagisch/demersaal			+			
bermpje	benthisch			=			
bittervoorn	pelagisch/demersaal			+			
blankvoorn	pelagisch/demersaal			=			
driedoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal			=			
giebel	demersaal			=			
kleine modderkruiper	benthisch			+			
kolblei	demersaal			+			
kroeskarper	demersaal			=			
riviergrondel	benthisch			=			
ruisvoorn	pelagisch			=			
snoek	pelagisch/demersaal			=			
tiendoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal			=			
vetje	pelagisch			+			
winde	pelagisch			+			
zeelt	pelagisch/demersaal			=			
karper	pelagisch/demersaal			=			
brasem	pelagisch/demersaal			=			
paling	benthisch			+			
marmergrondel	benthisch			+			
beekprik	benthisch			=			
rivierdonderpad	benthisch			+			
serpeling	pelagisch/demersaal			+			
kopvoorn	pelachisch			+			
rivierprik	benthisch			+			
zwartbekgrondel	benthisch			+			



Figuur 10 verspreiding van doelsoorten bermpje (rode stip) en riviergrondel (paarse stip) in en nabij de Eeuwselse loop (periode >2000).



Figuur 11 verspreiding van doelsoorten winde (rode stip) serpeling (groene stip), kopvoorn (paarse stip), rivierprik (licht blauwe stip), rivierdonderpad (zwarte stip) in stroomgebied Aa en omgeving. (periode >2000)

4.2.2 Stroomsnelheden bij stuwen versus zwemcapaciteit vissoorten

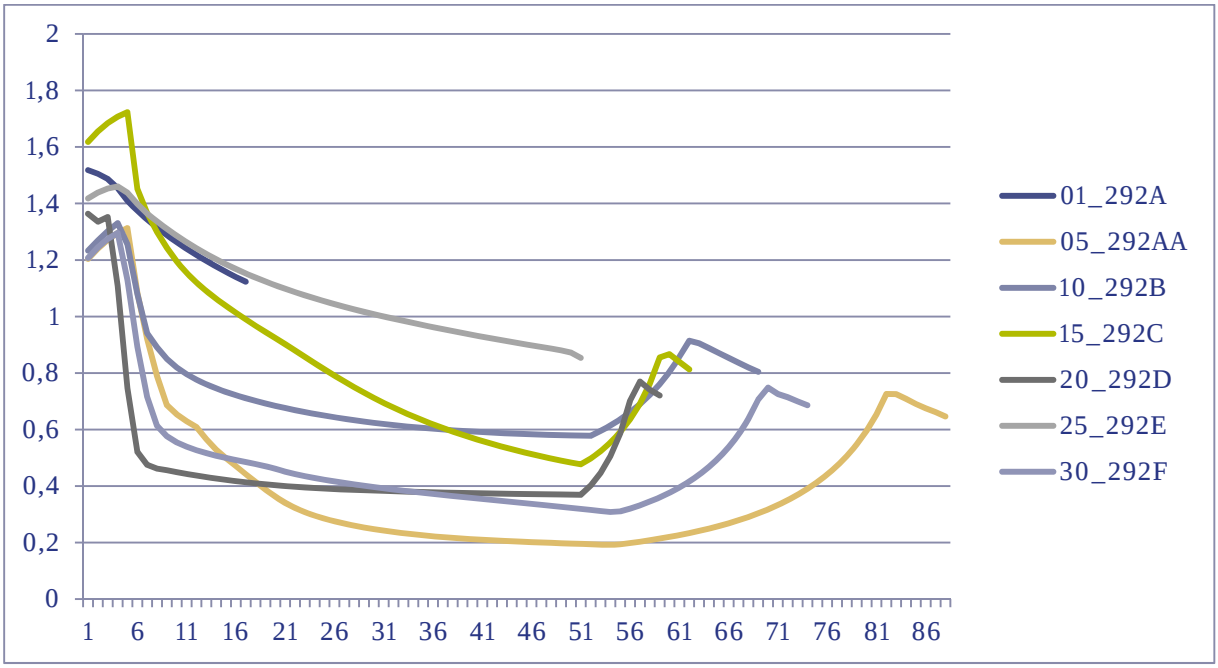
Vissen kunnen maar tegen een bepaalde stroomsnelheid in zwemmen. Om stroomopwaarts over een stuw te kunnen zwemmen, mag de stroomsnelheid voor een vis niet te hoog zijn. Bij het berekenen van de paseerbaarheid wordt als maximale stroomsnelheid uitgegaan van de sprintsnelheid die vissen over een afstand van minimaal 1 meter kunnen handhaven. Een veel gebruikte norm is 1 m/s om voor alle vissoorten migratie mogelijk te maken.

Niet alleen de maximale zwemsnelheid van vissen is van belang maar ook het zwemgedrag. Een belangrijk onderscheid is dat tussen bodem gebonden (benthische) vissoorten enerzijds en pelagische soorten anderzijds. Bodem gebonden soorten (zoals bermpje) bewegen zich voort over de bodem; pelagische soorten (zoals blankvoorn en alver) zwemmen in de waterkolom. Dit betekent dat voor bodem gebonden soorten de vispassage goed moet aansluiten op de bodem van de waterloop voor pelagische soorten is dat minder belangrijk.

Op het moment dat de beneden waterstand boven de klepstand uit komt is voor vissen de mogelijkheid om van het benedenstrooms pand naar het bovenstroomse pand te zwemmen. De stroomsnelheid die optreedt bij toepassing van de Groene Golf in de figuren 4-11 (bijlage 2) zijn berekend in beektrajecten achter de stuw. Daarnaast is het van belang om inzicht te krijgen in de stroomsnelheid op de stuw.

Beektraject direct achter de stuw
De stroomsnelheid in de beek neemt toe door toepassing van de Groene Golf (Bijlage 2 figuren 4-11). De normale stroomsnelheid ligt op maximaal ongeveer 0.2 m/s. De berekende stroomsnelheid achter de stuwen neemt bij de meeste trajecten tijdelijk toe tot maximaal 0.70 m/s (in veel gevallen lager). Voor alle aanwezige vissoorten wordt verwacht dat deze stroomsnelheden goed te overbruggen zijn voor de betreffende tijdsduur. Daarnaast wordt verwacht dat in de beek plekken aanwezig zullen zijn waar de stroomsnelheid lager zal liggen. Vissen kunnen zicht hier ophouden zonder uitgeput te raken. Hiervoor zijn geen verdere analyses uitgevoerd voor de stroomsnelheid in de beek.

Stroomsnelheden op de stuwklep
Exact op de klep van de stuw is de stroomsnelheid veel hoger dan in het beektraject. Of vismigratie mogelijk is, is o.a. afhankelijk van de tijdsduur dat de klepstand onder de beneden waterstand staat en de stroomsnelheid die daarbij optreedt. De tijdsduur dat de klep onder de beneden waterstand staat en de stroomsnelheden die daarbij optreden zijn berekend op basis van het SOBEK model (zie figuur 12).



Figuur 12 Y-as stroomsnelheden in m/s. X-as tijdsduur in minuten weergegeven per stuw, selectie van de data waarbij beneden waterstand hoger is dan stuwklep.

Bij alle stuwen ontstaat onder het berekenende scenario een situatie waarbij de klep lager komt te staan dan de beneden waterstand en de stroomsnelheid op de klep daarbij afneemt tot minder dan een 1 m/s. Een uitzondering vormt klep 01_292A hierbij zakt de klep weliswaar een korte tijd (17 minuten) onder de beneden waterstand maar blijft de stroomsnelheid op de klep hoog (minimaal 1.12 m/s). Ook bij de stuw 25_292E is te zien dat de duur dat de klep beneden de beneden waterstand komt beperkt is (52 minuten) en de stroomsnelheid relatief hoog blijft (>0.8 m/s) in vergelijking tot de andere stuwen.

In figuur 13 zijn voor de aanwezige, te verwachten en gewenste doelsoorten sprintsnelheden uit de literatuur weergegeven. Voor drie aannames zijn berekeningen gemaakt wat de tijdsduur is dat de stuw passeerbaar is voor de betreffende vissoort.

Aanname 1 Hierbij is de veel gebruikte norm van 1 m/s als maximale stroomsnelheid in vispassages aangehouden, gemeten op de drempel of in de doorzwem opening. De meeste in Nederland voorkomende vissen bezitten voldoende sprintsnelheid om dan de drempels of doorzwem openingen te passeren (Coenen et al., 2013).

Aanname 2 gaat uit van de zwemcapaciteit van vissen op basis van het onderzoek *Winter E., 2007*, het gaat daarbij om periodes van 15-20 seconden dat de snelheid volgehouden kan worden (deels ook berekend voor vissen met kleine afmetingen). Om de stuwklep te passeren is naar verwachting slechts een korte sprint van enkele seconden voldoende om de klep te passeren.

Aanname 3 gaat uit van de maximale sprintsnelheden van vissen uit het handboek vismigratie 2005 (Kroes et al., 2005). Voor verschillende vissoorten worden hierin op basis van literatuurreferenties sprintsnelheden aangegeven voor het kortstondig (enkele seconden) trotseren van hoge stroomsnelheden.

					Aanname 1							Aanname 2							Aanname 3						
Vissoort	Positie waterkolom	sprintsnelheid Aanname 2*	Sprintsnelheid Aanname 3**	Sprongh oogte ***	01_292A	05_292AA	10_292B	15_292C	20_292D	25_292E	30_292F	01_292A	05_292AA	10_292B	15_292C	20_292D	25_292E	30_292F	01_292A	05_292AA	10_292B	15_292C	20_292D	25_292E	30_292F
alver	pelagisch	0,7 *			0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
Amerikaanse Hondsvis	bentisch				0	82	63	46	55	21	69	0					0								
baars	pelagisch/demersaal	0,7 *	1,45	0,08	0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	13	81	69	56	59	46	74
bermpje	benthisch	0,5 *	1,5	0,1	0	82	63	46	55	21	69	0					0		15	88	69	57	59	51	74
bittervoorn	pelagisch/demersaal	0,7 *			0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
blankvoorn	pelagisch/demersaal	0,7 *	2,1-4,5		0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	17	88	69	62	59	51	74
driedoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal	0,5 *	1,5		0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51	15	88	69	57	59	51	74
giebel	demersaal				0	82	63	46	55	21	69	0					0								
kleine modderkruiper	benthisch	0,5 *			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							
kolblei	demersaal	0,7 *			0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
kroeskarper	demersaal	0,7 *		0,03	0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
riviergrondel	benthisch	0,7 *	0,6-2,0	0,19	0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	17	88	69	62	59	51	74
ruisvoorn	pelagisch	0,7 *		0,03	0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
snoek	pelagisch/demersaal	0,4 *	3-6,9	0,66	0	82	63	46	55	21	69	0	56	0	0	30	0		17	88	69	62	59	51	74
tiendoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal	0,5 *			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							
vetje	pelagisch	0,7 *			0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
winde	pelagisch	0,7 *		0,72	0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	17	88	69	62	59	51	74
zeelt	pelagisch/demersaal	0,7 *		0,03	0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
karper	pelagisch/demersaal	0,7 *	0,5, 1,7		0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61							
brasem	pelagisch/demersaal	0,7 *	0,9-1,0		0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	0	82	63	46	55	21	69
paling	benthisch	0,5 *	1		0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51	0	82	63	46	55	21	69
marmergrondel	benthisch	0,5 +			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							
beekprik	benthisch	0,5 +			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							
rivierdonderpad	benthisch	0,5 *			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							
serpeling	pelagisch/demersaal	0,7 *	2,4		0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	17	88	69	62	59	51	74
kopvoorn	pelachisch	0,7 *	0,5-3,8		0	82	63	46	55	21	69	0	78	39	27	50	0	61	17	88	69	62	59	51	74
rivierprik	benthisch	0,5 *			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							
zwartbekgrondel	benthisch	0,5+			0	82	63	46	55	21	69	0	63	0	5	47	0	51							

Figuur 13 Berekende tijdsduur in minuten per stuw dat de beneden waterstand boven de klepstand uitkomt en dat in die periode de stroomsnelheid op de klep zo laag is dat de sprintsnelheid per vis voldoende is om de stuw te passeren. Berekend voor drie verschillende aannames met betrekking tot de sprintsnelheden van vissoorten. Aanname 1 gaat uit van de minimum eis van 1 meter per seconde sprintsnelheid voor alle vissen (Coenen et al., 2013)). Aanname 2 gaat uit van de sprintsnelheden zoals aangegeven door Winter. E. 2007 (variërend van 0.5 tot 0.7 m/s). Aanname 3 gaat uit van de sprintsnelheden zoals aangegeven door Handboek vismigratie (Kroes et al. 2005) waarbij waarden veelal hoger liggen.

4.2.3 Potentiële toename soortendiversiteit Eeuwselse Loop

Figuur 14 geeft inzicht in de nu aanwezige visgemeenschap in de Eeuwselse Loop en de potentie voor verschillende scenario's/aannames m.b.t. veranderingen in de visgemeenschap.

In de kolom **> vismigratie** is zichtbaar welke vissoorten kunnen profiteren bij volledig functionerende vismigratie voorzieningen in de Snelle loop. Doelsoorten als winde en rivierdonderpad kunnen in dit scenario toenemen. Ook eurytope soorten die nu incidenteel aangetroffen worden kunnen toenemen. Doelsoorten kopvoorn, serpeling en rivierprik zijn op korte termijn niet te verwachten omdat ze niet in het stroomgebied voorkomen, op lange termijn is dit wel mogelijk indien habitat in zowel de Eeuwselse loop als tussen de populaties liggend leefgebied geschikt wordt voor deze soorten (momenteel is de habitat ongeschikt voor veel doelsoorten).

In de kolom **theoretische aanname 1** is de situatie in visstand weergegeven uitgaan van het criteria dat vispassages een stroomsnelheid van < 1 meter moeten hebben om voor alle soorten overbrugbaar te zijn (aanname 1). Uit de berekeningen wordt duidelijk dat de Groene Golf niet aan dit criteria voldoet. Dit komt vooral door de hoge stroomsnelheden (>1.2 m/s) die bij de stuw 01_292A ontstaan *(zie ook figuur 12)*. Toepassing van de Groene Golf is hierdoor geen volledige functionerende vervanging van regulieren vismigratie voorzieningen. Alle overige stuwen voldoen wel aan de criteria.

In kolom **theoretische aanname 2** (waardes uit rapportage Winter, E. 2007) is een ongewijzigde visstand voor de Snelle loop berekend. Stuwen 01_292A en 25_292E vormen bij deze aanname een barrière voor alle vissoorten. Ook de stuwen en 10_292B en 15_292C geven voor verschillende vissoorten problemen om te passeren door te hoge stroomsnelheden (zie ook figuur 13).

In de kolom **theoretische aanname 3** (*Handboek vismigratie, Kroes et al. 2005*) is de situatie zichtbaar waarbij uitgegaan is van maximale sprintsnelheden van vissen (niet bekend voor alle vissen) die veelal hoger liggen dan de norm van 1 meter per seconde en de waardes van aanname 2. Uitgaande van deze waardes is het voor baars, bermpje, blankvoorn, driedoornige stekelbaars, riviergrondel, snoek, winde, serpeling en kopvoorn theoretisch mogelijk om alle stuwen te passeren. Van winde was geen sprintsnelheid bekend in het handboek vismigratie maar wordt aangenomen dat deze minstens zo goed is als een serpeling en de passages kan passeren. In figuur 14 is zichtbaar dat ook in dit scenario de stuw 01_292A maar voor een heel korte periode passeerbaar is. Brasem en karper kunnen bij deze aanname deze stuw niet passeren.

Vissoort	Positie waterkolom	P. stroomgebied	**P. Eeuwselse Loop**	> vismigratie	Aanname 1	Aanname 2	Aanname 3	Typisch r4	Typisch r5	**Doelsoort vanuit beleid**	migratieperiode	paaitemperatuur**	spintsnelheid Aanname 2*	Sprintsnelheid Aanname 3**	Sprongh oogte ***
alver	pelagisch			+	-	-					4-6		0,7 *		
Amerikaanse Hondsvis	bentisch			=	-	-									
baars	pelagisch/demersaal			+	-	-	+				3-4	8-14	0,7 *	1,45	0,08
bermpje	benthisch			=	-	-	+				3-4	14-18	0,5 *	1,5	0,1
bittervoorn	pelagisch/demersaal			+	-	-					4-6		0,7 *		
blankvoorn	pelagisch/demersaal			=	-	-	=				4-5	12-15	0,7 *	2,1-4,5	
driedoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal			=	-	-	=				3-4		0,5 *	1,5	
giebel	demersaal			=	-	-									
kleine modderkruiper	benthisch			+	-	-					4-5		0,5 *		
kolblei	demersaal			+	-	-					5-6	14-16	0,7 *		
kroeskarper	demersaal			=	-	-					4-5	14-20	0,7 *		0,03
riviergrondel	benthisch			=	-	-	=				4-5	12-17	0,7 *	0,6-2,0	0,19
ruisvoorn	pelagisch			=	-	-					4-6		0,7 *		0,03
snoek	pelagisch/demersaal			=	-	-	=				2-3	6-14	0,4 *	3-6,9	0,66
tiendoornige stekelbaars	pelagisch/demersaal			=	-	-					3-4	10-12	0,5 *		
vetje	pelagisch			+	-	-					4-6	18-22	0,7 *		
winde	pelagisch			+	-	-	+				2-4	>10	0,7 *		0,72
zeelt	pelagisch/demersaal			=	-	-					5-6	18-20	0,7 *		0,03
karper	pelagisch/demersaal			=	-	-					5-6		0,7 *	0,5, 1,7	
brasem	pelagisch/demersaal			=	-	-	-				4-6	14-16	0,7 *	0,9-1,0	
paling	benthisch			+	-	-	-				4-5		0,5 *	1	
marmergrondel	benthisch			+	-	-					3-6		0,5 +		
beekprik	benthisch			=	-	-					9-4	11-14	0,5 +		
rivierdonderpad	benthisch			+	-	-					3-4	8-11	0,5 *		
serpeling	pelagisch/demersaal			+	-	-	+				2-3	8	0,7 *	2,4	
kopvoorn	pelachisch			+	-	-	+				4-6	9-10	0,7 *	0,5-3,8	
rivierprik	benthisch			+	-	-					4-5	10-14	0,5 *		
zwartbekgrondel	benthisch			+	-	-					3-6		0,5+		

Figuur 14: Aanwezige en potentieel aanwezige soorten in de Eeuwselse Loop "P.Eeuwselse Loop", stroomgebied van de Aa "P.Stroomgebied". Berekende verandering in soortdiversiteit vispopulatie Eeuwselse Loop voor verschillende aannames.
Groen is aanwezig, oranje is incidenteel voorkomend geen populatie, rood is afwezig, in hokken zonder kleur waren geen waardes bekend. "+"betekend dat de soort de Eeuwselse Loop kan bereiken en alle stuwen kan passeren middels het Groene golf concept "-" betekend dat de soort de Eeuwselse Loop niet kan bereiken en niet alle stuwen kan passeren middels Groene golf concept.

5 Conclusies

5.2 Snelle Loop

De onderstaande conclusies zijn gebaseerd op theoretische aannames. Daarbij is geen rekening gehouden met de vismigratie voorzieningen die al gerealiseerd zijn bij enkele stuwen.

- De stroomsnelheid die op de stuwklep optreedt bij het Groene Golf concept is bij veel stuwen passeerbaar voor alle vissoorten. Hierbij is uitgegaan van de gehanteerde norm van een maximaal toelaatbare stroomsnelheid op de drempel van <1m/s (theoretische aanname 1). Alleen stuw 10_253CA_A blijft een barrière, omdat hier de stroomsnelheid te hoog ligt als gevolg van een smalle stuwklep.

- Een aantal van de stuwkleppen kunnen nu niet ver genoeg zakken. De constructies van stuwen 253F, 253E, 253BIE en 253C zouden aangepast moeten worden om ze geschikt te maken voor de Groene Golf.

- Het Groene Golf concept kan op korte termijn theoretisch een verandering van de vissamenstelling bewerkstelligen. Uitgaande van de theoretische aanname 3 zou vooral de doelsoort winde kunnen profiteren. Afhankelijk van de habitatkwaliteit, kan bij de theoretische aanname 3 het aandeel eurytope soorten zoals karper, blankvoorn door migratie toenemen wat negatief kan uitwerken op de KRW score van een KRW R-4 type water.

- De doelsoorten rivierprik, beekprik, serpeling en kopvoorn ontbreken in het systeem van de Aa. Serpeling en kopvoorn kunnen theoretisch door toepassing van de Groene Golf de Snelle Loop optrekken (Theoretische aanname 3). Door het ontbreken van bronpopulaties is dat op korte termijn echter niet te verwachten. De beekprik kan uitsluitend door herintroductie in combinatie met habitatherstel terugkomen in de Snelle loop, ook de rivierprik kan op lange termijn de Snelle loop bereiken.

Wanneer rekening wordt gehouden met de praktijksituatie waarbij reeds een deel van de stuwen voorzien is van een vismigratievoorzieningen, zijn de volgende conclusies van toepassing.

- De stuwen 05_253E*, 15_253BIE* en 10_253CA* zijn al vismigreerbaar gemaakt. Bij hantering van het Groene Golf concept in de praktijk (bij aanname 1) is voor alle vissoorten mogelijk om op basis van de optredende stroomsnelheid vrij stroomopwaarts te migreren in de Snelle loop.
- De stuwklep van stuw 253F kan nu niet ver genoeg zakken. De constructies van stuw253F zou aangepast moeten worden om deze geschikt te maken voor het Groene Golf concept.

5.2 Eeuwselse Loop

- De stroomsnelheid die op de stuwklep optreedt bij het Groene Golf concept is bij veel stuwen passeerbaar voor alle vissoorten. Hierbij is uitgegaan van de gehanteerde norm van een maximaal toelaatbare stroomsnelheid op de drempel van <1m/s (theoretische aanname 1). Alleen stuw 01_292A blijft een barrière, omdat hier de stroomsnelheid te hoog is.

- Het Groene Golf concept kan op korte termijn theoretisch een verandering van de vissamenstelling bewerkstelligen. Uitgaande van de theoretische aanname 3 zouden vooral baars, winde, serpeling en kopvoorn kunnen profiteren.

- Een aantal van de stuwkleppen kunnen nu niet ver genoeg zakken om de in het SOBEK model berekende diepte te kunnen bereiken. De constructies van stuwen 292A, 292C, 292D, 292E en 292F, zouden aangepast moeten worden om ze geschikt te maken voor de Groene Golf.

- De doelsoorten rivierprik, beekprik, serpeling en kopvoorn ontbreken in het systeem van de Aa. Winde, serpeling en kopvoorn kunnen theoretisch door toepassing van de Groene Golf de Eeuwselse Loop optrekken (Theoretische aanname 3). Door het ontbreken van bronpopulaties is dat op korte termijn echter niet te verwachten. De beekprik kan uitsluitend door herintroductie en habitatherstel terugkomen in het systeem, ook de rivierprik kan op lange termijn de Eeuwselse loop bereiken.

6 Discussie

1. Het concept van de Groene Golf blijkt op basis van deze studie in sommige situaties een geschikte methode om vismigratie te kunnen realiseren in de bestaande situatie. De stroomsnelheden die optreden bij het berekende scenario zijn veelal vergelijkbaar aan de norm die voor reguliere vismigratievoorzieningen gesteld worden. Een belangrijk onderscheid tussen reguliere vismigratievoorzieningen zoals een vistrap en het toepassen van de Groene Golf is dat vistrappen altijd passeerbaar zijn en het Groene Golf principe steeds per stuw slechts over een korte periode. In eerdere onderzoeken (Kranenbarg et al., 2011) in inzichtelijk gemaakt dat ook temporele vismigratie door vissen gebruikt wordt. Het risico van het Groene Golf principe / temporele vismigratie is dat er een mismatch kan ontstaan tussen het tijdstip dat de vissen gemotiveerd zijn om te migreren en de daadwerkelijke mogelijkheid om te kunnen migreren. Afhankelijk van de waterbeschikbaarheid in het gebied kan dit risico worden ingeperkt door het concept met een grotere interval toe te passen (bijvoorbeeld iedere avond) en wanneer het toepassen afgestemd wordt op de motivatie van vissen om te migreren (bijvoorbeeld op watertemperatuur en paaiperiode).

2. Het tijdsverschil tussen het laten zakken van op één volgende stuwen is 2 uur. Het totale verloop van de Groene Golf duurt met 7 stuwen dus 14 uur. Veel vissen migreren in de nacht, de Groene Golf kan daarom het beste nachts toegepast worden. Idealiter zou dit iedere nacht plaats moeten vinden in de paaiperiode om de vissen niet op te houden. Er is weinig bekend over de keuzes die vissen maken als ze tegen een lokstroom aanzwemmen die niet direct passeerbaar is. Onduidelijk is hoe lang een vis wacht voordat hij het opgeeft en terugzwemt. Belangrijk hierbij is wat het habitat is voor de lokstroom, in bijvoorbeeld een ondiep beektraject zullen grote vissen sneller wegtrekken dan in een dieper deel. Ook is er een groot verschil tussen vissoorten die over grote afstanden migreren om geschikt paaihabitat te bereiken (winde) of soorten die uitsluitend tussen twee beektrajecten migreren (riviergrondel). Windes zullen niet massaal een nieuw beeksysteem opzwemmen, kolonisatie gaat meestal langzaam en kan vele jaren duren. Continuering van vismigratie voorzieningen is dan van groot belang om een populatie te behouden en op te bouwen.

3. Om de vismigratie te kunnen laten plaatsvinden is het noodzaakelijk dat de klep laag genoeg kan bewegen om de vis over de klep te kunnen laten migreren. De minimale klepstand van een stuw is vaak begrensd door zijn eigen constructie of in relatie tot de daar aanwezige bodemhoogte. In bijlage 1 / tabel 2 en bijlage 2/ table 2 geeft aan dat voor sommige stuwen een klepstand wordt berekend die lager is dan de minimale klepstand van de huidige stuw. Middels een extra berekening is bepaald of de minimale klepstand toch afdoende zou zijn, maar dit bleek niet het geval. Met andere woorden. De constructies van diverse stuwen zouden aangepast moeten worden om ze geschikt te maken voor de Groene Golf. In het geval van dit traject van de Snelle Loop gaat het om één stuw die nog niet geschikt is: stuw 253F. In het traject van de Eeuwselse Loop gaat het om 5 stuwen die nog niet geschikt zijn (92A, 292C, 292D, 292E en 292F).

4. Naast stroomsnelheid op de klep is ook de doorzwemdiepte op de klep van belang. Hoe groter de vis is hoe dieper de doorzwemopening moet zijn. In deze studie is steeds

uitgegaan van een klepstand die onder het benedenwaterpeil komt (doorzwem hoogte 0 cm en hoger). Voor grote vissen kan dit mogelijk te gering zijn, het aantal minuten dat de vissen kunnen passeren kan mogelijk minder zijn dan in figuur11 is berekend. Voor alle stuwen geldt dat de waterdiepte op de klep tijdens toepassing van de Groene Golf minimaal 10 cm is en veelal meer dan 20 cm. Een conservatievere aanname m.b.t. de hoogte boven de klep zal de paseerbaarheid niet veranderen wel (in beperkte mate) de tijdsduur van paseerbaarheid.

5. Binnen deze studie is geen rekening gehouden met de springcapaciteit van de aanwezige vissoorten. De springcapaciteit van bijvoorbeeld winde is > 0.7 m en maakt dat veel van de stuwen mogelijk goed passeerbaar zullen worden voor deze soort door toepassing van de Groene Golf. De spronghoogte is van veel factoren afhankelijk, o a waterdiepte onder stuw, stroomsnelheid etc. Verdere uitwerking kan hier meer inzicht in geven

6. Een deel van de vissen die stroomopwaarts trekken om te paaien zullen later in het jaar vaak weer stroomafwaarts migreren. Hierbij volgen ze over het algemeen de hoofdstroom en een deel van de vissen zal zich daarbij over de stuw laten vallen. De ene vissoort laat zich echter makkelijker over de stuw vallen dan de andere soort. Er is weinig bekend over de stroomafwaartse migratie over stuwen en eventuele verschillende gedragingen van vissoorten. Voor een soort als winde wordt verwacht dat de Snelle loop vooral geschikt is om te paaien en dat na de paai de volwassen dieren weer terug willen migreren.

7. De huidige berekeningen in het SOBEK model zijn gedaan op basis van zomerafvoer. Een deel van de vismigratieperiode valt mogelijk in de periode met winterafvoer. Dit kan effect hebben op de uitkomsten van de studie, bijvoorbeeld doordat de stuwen en waterpeilen in de winter lager staan. In de huidige situatie wordt i.p.v. een vast winter en zomerpeil nu een streefpeil gehanteerd, niet duidelijk is wat dat voor effect heeft op de berekende situatie.

8. Bodemgebonden soorten (zoals bermpje, riviergrondel, rivierdonderpad, zie ook figuur 7 & figuur 13) bewegen zich voort over de bodem; pelagische soorten (zoals winde en alver) zwemmen in de waterkolom. Verschillende andere soorten bevinden zich in alle delen van de waterlaag (demersaal). De lokstroom van het Groene Golf zal zich aan de bovenzijde van de waterlaag bevinden. Pelagische en demersaale vissoorten zullen dit kunnen passeren als de stroomsnelheid het toelaat. Voor bodemgebonden soorten moet een vispassage goed aansluiten op de bodem van de waterloop. Het scenario van de Groene Golf is voor bodemgebonden vissoorten naar verwachting moeilijker passeerbaar. Uit bijlage 1 tabel 2 blijkt dat de bodemhoogte in alle gevallen behoorlijk lager ligt dan de minimale klepstand (ca 50 tot 100 cm). Zeker als de stuwklep schuin omhoog tegen de stoom in staan wordt verwacht de bodemgebonden soorten de klep moeilijk kunnen passeren.

9. In de huidige visstand maken stromingsminnende vissoorten een relatief klein aandeel uit van de vissamenstelling. De kenmerkende soorten voor R-4 komen allemaal voor

met uitzondering van beekprik hier geen leefgebied heeft. Een verbetering in de visstand conform R-4 typologie en een betere KRW score is vooral te bereiken door verbetering van de aanwezige habitat en veel minder door vismigratie.

10. Daling grondwaterstanden. Als de cyclus van de Groene Golf elke 24 uur herhaald zou worden zullen gemiddelde waterstanden dalen ten opzichte van het huidige waterbeheer . Hieruit blijkt dat er trajecten bij zijn waarbij de waterstanden maximaal ca. 8 cm dalen ten opzichte van huidig waterbeheer. Deze daling zal op ongeveer dezelfde manier doorwerken in de grondwaterstanden in de directe omgeving van de beek. Een mogelijke manier om de gemiddelde grondwaterstandsdaling tegen te gaan is om de stuw gedurende een bepaalde periode (uren) hoger te zetten dan het normale streefpeil. Dit is een compensatie vooraf voor de periode (uren) waarop de stuw omlaag wordt gezet ten behoeve van de vismigratie. Dit is verder niet modelmatig onderzocht.(zie verder bijlage 2)

7 Aanbevelingen

1 In deze studie is de habitatgeschiktheid van de beektrajecten voor diverse levensfuncties van de doelsoorten niet meegenomen. Ongeschikt habitat kan net zo goed een barrière vormen als een migratiebarrière. Habitatbeoordeling kan meer inzicht geven in de potentie van de Snelle Loop en Eeuwselse Loop voor doelsoorten/vissoorten. Bijvoorbeeld soorten als kopvoorn een beekprik prefereren voor de paai voldoende plekken met hoge stroomsnelheid en grindrijk substraat. Toepassen van de Groene Golf zal het negatieve effect van de verstuwing (minder stroming) van beektrajecten niet opheffen, mogelijk kunnen de soorten door toepassing van het concept wel de geschiktere bovenlopen bereiken. Een beoordeling van de habitatkwaliteit kan aanvullend inzicht geven welke soorten daadwerkelijk in de Snelle loop en Eeuwselse Loop hun leefgebied kunnen uitbreiden en wat de limitaties zijn.

2 De turbulentie van het water (‘energiedemping’ per m3) is nu nog niet berekend. Bij het zwemmen door een vispassage ervaren vissen die turbulentie als tegenkracht. De turbulentie mag niet te hoog zijn omdat vissen de passage anders niet kunnen passeren. Verdere berekeningen waarbij turbulentie meegenomen wordt zijn wenselijk om inzicht te krijgen in de haalbaarheid van de Groene Golf.

3 Veel vissen migreren in de nacht, de Groene Golf kan daarom het beste nachts toegepast worden. Nadere uitwerking op basis van bestaande gegevens (zenderonderzoek RAVON/ literatuur) kan in een vervolgstudie in meer detail een geschikt tijdstip aangeven voor het nachts toepassen van de Groene Golf.

4 Om de stuwklep te passeren is naar verwachting slechts een korte sprint van enkele seconden voldoende voor de soorten om de klep te passeren. Maatregelen die de stroomsnelheid voor en achter de klep kunnen verminderen makken het eenvoudiger om de klep te passeren dan wanneer hier geen structuur / stromingsluwte aanwezig zijn. Bij verder uitwerking kan hier rekening mee gehouden worden.

5 Toepassing van de Groene Golf kan afgestemd worden op de paaimigratie van de doelsoorten. Voor vissoorten is dit afhankelijk van de watertemperatuur. In figuur 14 zijn de migratieperiodes en paaitemperatuur weergegeven globaal loopt de paai migratieperiode voor vissen van februari tot mei. De Groene Golf kan ook uitsluitend afgestemd worden op te verwachten (doel)soorten die de stroomsnelheden kunnen passeren. Op korte termijn gaat het dan vooral om winde waarbij de paaimigratie valt in de periode februari- april, meer specifiek bij een toename van de watertemperatuur tot boven de 12 graden.

6 Voor bodemgebonden vissoorten kan het bodemprofiel voor de stuwen aangepast worden zodat de stuwklep in minimale stand (bij toepassing van het Groene Golf concept) aansluit op de (verhoogde) bodem.

8 Literatuur

Visstand- en visserijbeheer waterschap Aa en Maas. 2012 Naar een goede visstand bij Aa en Maas Uitvoeringsprogramma, vismigratieplan en overzicht van maatregelen

Coenen, J., M. Antheunisse, J. Beekman & M. Beers (2013).Handreiking Vispassages in Noord-Brabant. Waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas & waterschap Brabantse Delta.

Kranenbarg J., Kemper J., Bruin A. de & Lenders R., 2011. Migratie door een temporele nevengeul en habitatgebruik van vissen in de Itterbeek. RAVON, Nijmegen.

Kroes MJ & Monden S (red) (2005) Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Brussel/Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.

Winter E. (2007) A fisheye view on fishways. PhD Thesis, Wageningen University,

Soes D.M., P.B. Broeckx, J.L. Spier, B. van den Boogaard, J.H. Bergsma, 2013 KRW visstandbemonstering Waterschap Aa en Maas 2012.

Bijlage 1 Hydrologie snelle Loop

Binnen het project “Groene Golf” wordt onderzoek gedaan naar het vispasseerbaar maken van sterk gestuwde beken. De stuwen in een waterloop worden vispasseerbaar gemaakt middels het op beurten strijken van de stuwen, zodat een "golfbeweging" gerealiseerd wordt. Deze golfbeweging kan een positief effect teweeg brengen op de vismigratie. De golfbeweging kan geautomatiseerd worden als de stuwen automatisch aangedreven zijn.

Om onderzoeks- en kennisorganisatie RAVON te ondersteunen, zijn Sobek-modelsimulaties gedaan om de hydraulische beweging inzichtelijk te krijgen. Op basis van de getallen uit de berekeningen kan de haalbaarheid worden onderzocht, waarbij gekeken wordt naar ecologische aspecten en waarbij relatie wordt gelegd met aanwezige vis en de sprintsnelheden. Deze zoomt in op de Snelle Loop en geeft de uitgangspunten en randvoorwaarden van het model en behandeld de resultaten van de modelsimulaties.

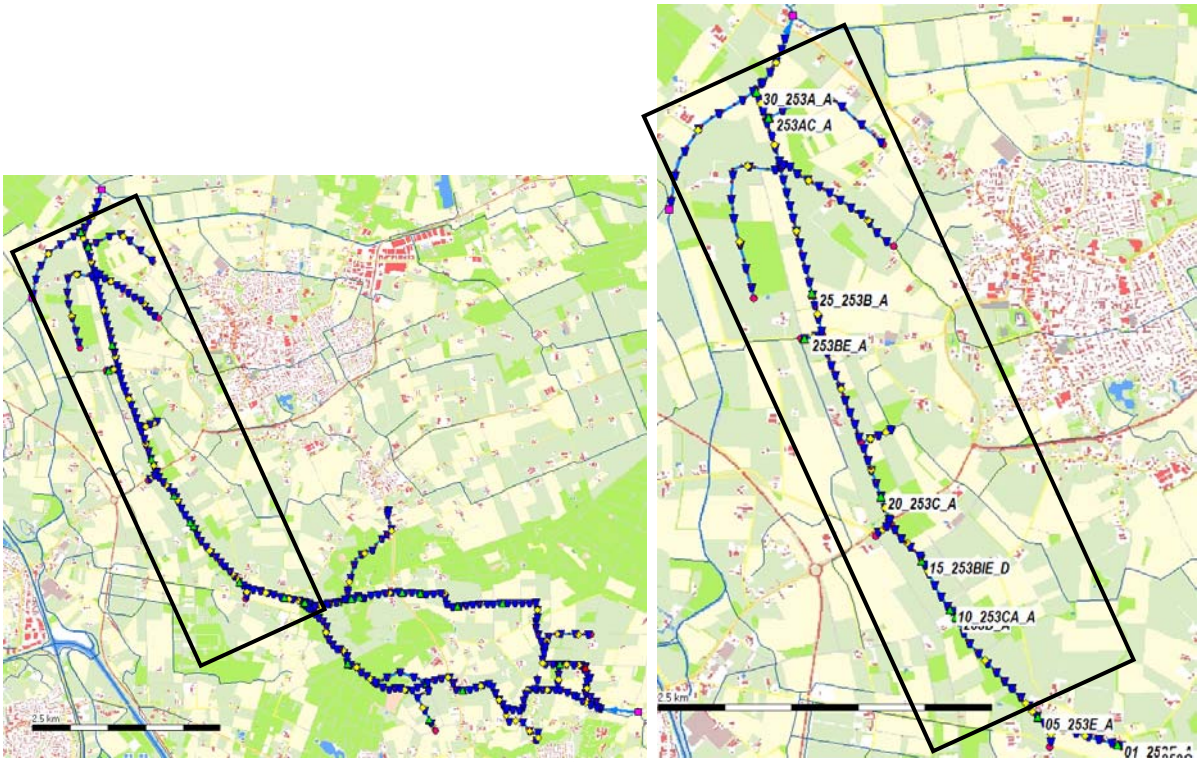
Sobek Oppervlaktewatermodel
Om de modelsimulaties te kunnen maken is een model klaargemaakt van de Snelle Loop. Als basis is het gebiedsdekkende Sobekmodel beschikbaar gesteld dat in het kader van project “Lumbricus”, momenteel in ontwikkeling is. Van dit model is de Snelle Loop gebruikt. De uitsnede is dusdanig gemaakt dat er geen nadelige modelrandeffecten ontstaan. Op de randen is het debiet uit het gebiedsdekkende model overgezet. Ook zijn zomerafvoeren op de laterale knopen gezet (5% van Maatgevende Afvoer). Dit is een stationaire afvoer gebaseerd op de afvoerfactoren in combinatie met het oppervlak van de afwateringseenheden (hydrovakken). Bovenstrooms wordt in de zomer water ingelaten dat via de Noordervaart – Peelkanaal wordt aangevoerd. Hiermee is rekening gehouden door in het model een stationair debiet toe te voegen van 0.3 m^3/s.

Voor de berekeningen zijn verder de volgende overige uitgangspunten gehanteerd:
- Weerstand kanaal Bos & Bijkerk 25 (ca. 25% begroeiing);
- Weerstand duikers 75 m1/3/s (beton);
- Intree- en uittreeverlies duikers 0,9;
- Rekentijdstap 10 seconden, Modeluitvoer 1 minuut.

Met het model zijn berekeningen gemaakt waarmee de Groene Golf gesimuleerd is. Daarbij zijn een 7-tal stuwen gebruikt die zich op dit traject bevinden. De stuwen zijn gerangschikt van bovenstrooms naar benedenstrooms door dit in het ID op te nemen.

Stuw ID	Stuwbreedte	Verval in zomer-situaties**
01_253F	3.96 m	65 cm
05_253E*	4.30 m	90 cm
15_253BIE*	3.00 m	75 cm
10_253CA*	1.00 m	36 cm
20_253C	5.97 m	63 cm
25_253B	5.40 m	44 cm
30_253A	5.88 m	12 cm

* stuwen zijn reeds vispasseerbaar, maar dat is ten behoeve van de pilot genegeerd. ** resultaat uit berekening
Tabel 1: gegevens betrokken stuwen in het traject

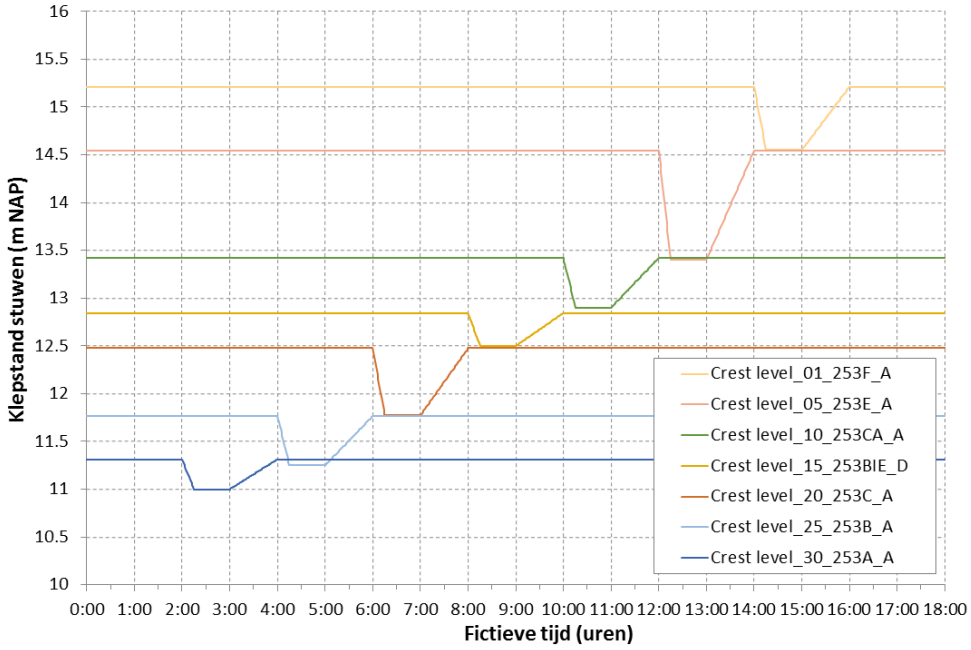


Figuur 1: Traject van de Snelle Loop waarop de Groene Golf wordt toegepast in deze memo en berekeningen

Simuleren Groene Golf

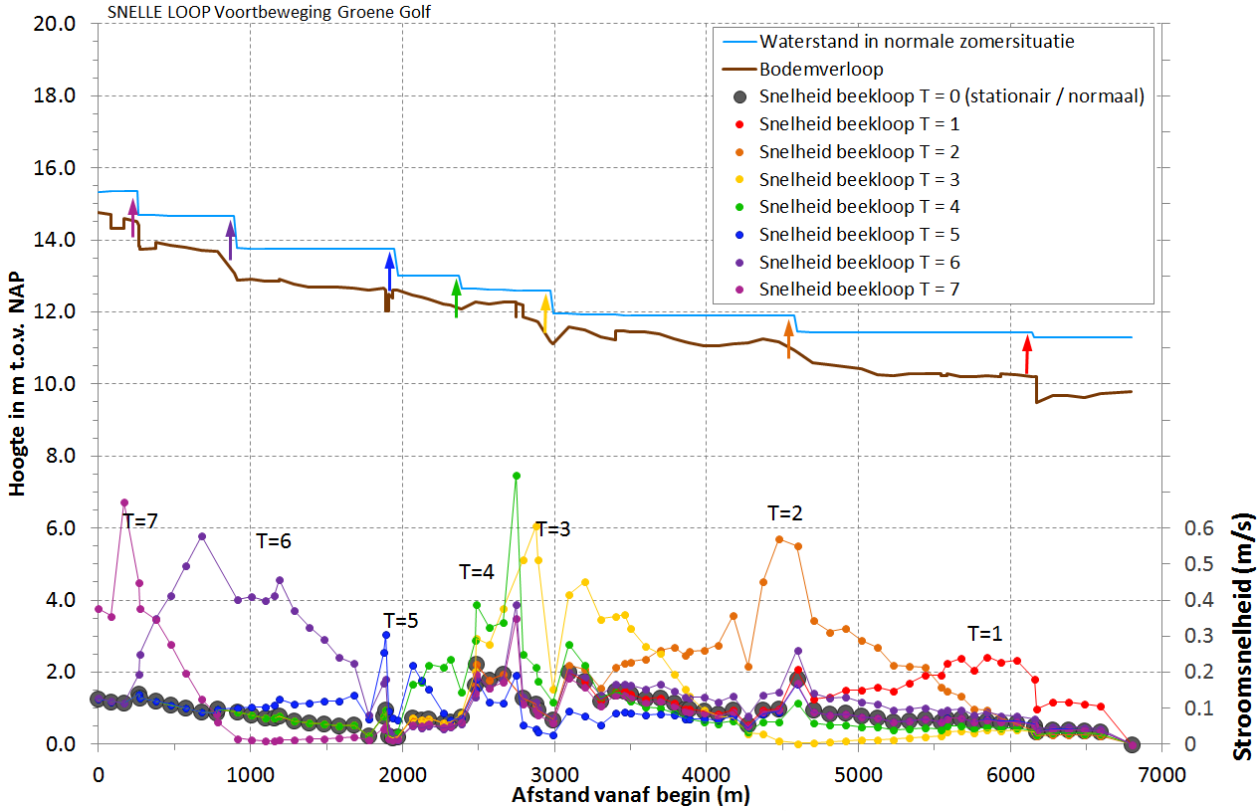
De Groene Golf is met het model nagebootst door de kleppen van de stuwen in volgorde van benedenstrooms naar bovenstrooms te laten zakken en weer te laten stijgen. Daarbij is als uitgangspunt gekozen dat er een doorzwemdiepte van ca. 30 cm ontstaat. De benedenstroomse waterstand stijgt dus tot ca. 30 cm boven de klep op het moment dat deze naar beneden zakt. Het uitgangspunt in de berekening is dat dit binnen 15 minuten dient te ontstaan. De klepsnelheid ligt daarbij rond de 4 tot 8 cm in een uur. Deze verschilt en is op maat in het model gezet aangezien de ene stuw meer verval heeft dan de andere stuw.

Hieronder is ter illustratie de klepstand van elke stuw tegen de tijd uitgezet.



Figuur 2: Klepstanden in de tijd uitgezet (Groene Golf van benedenstrooms naar bovenstrooms)

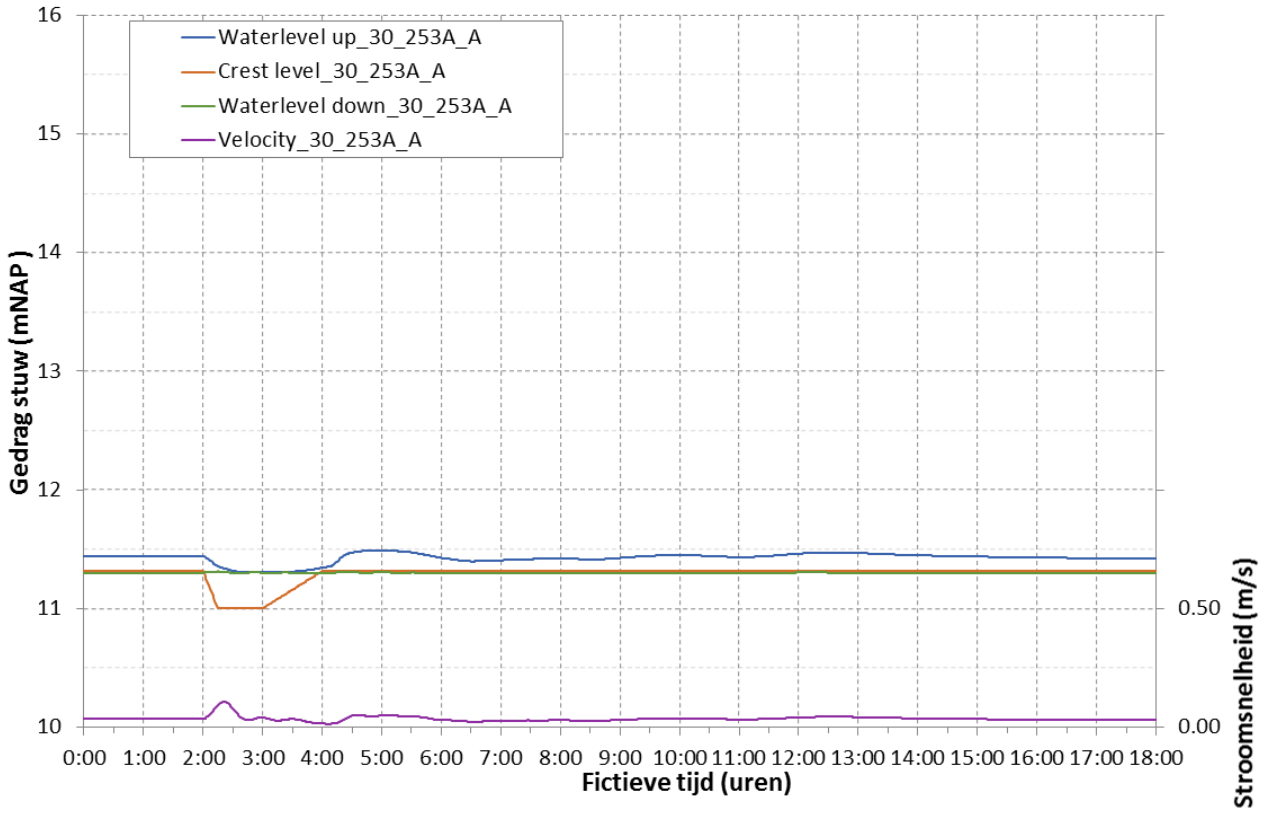
Door dit beurtelings van beneden- naar bovenstrooms te laten gebeuren ontstaat de beoogde golfbeweging die zich manifesteert in een tijdelijk hogere stroomsnelheid rondom de stuw die op dat moment in beweging is. Het tijdsverschil tussen het laten zakken van op een volgende stuwen is 2 uur. Het totale verloop van de Groene Golf duurt met 7 stuwen dus 14 uren. In onderstaande figuur zijn op de rechter-as de stroomsnelheden weergegeven. De donkere dots geven de stroomsnelheid in stationaire toestand. De gekleurde dots geven de stroomsnelheid op het moment van het laten zakken van een stuw. Elke kleur geldt voor een stuw die op een bepaald moment (T) zakt en een hogere stroomsnelheid in de beek veroorzaakt. Ter oriëntatie is het bodemverloop en het waterstandsverloop weergegeven met daarin de stuwen aangegeven met een gekleurd pijltje die hoort bij de kleur waarmee zijn stroomsnelheid is aangegeven.



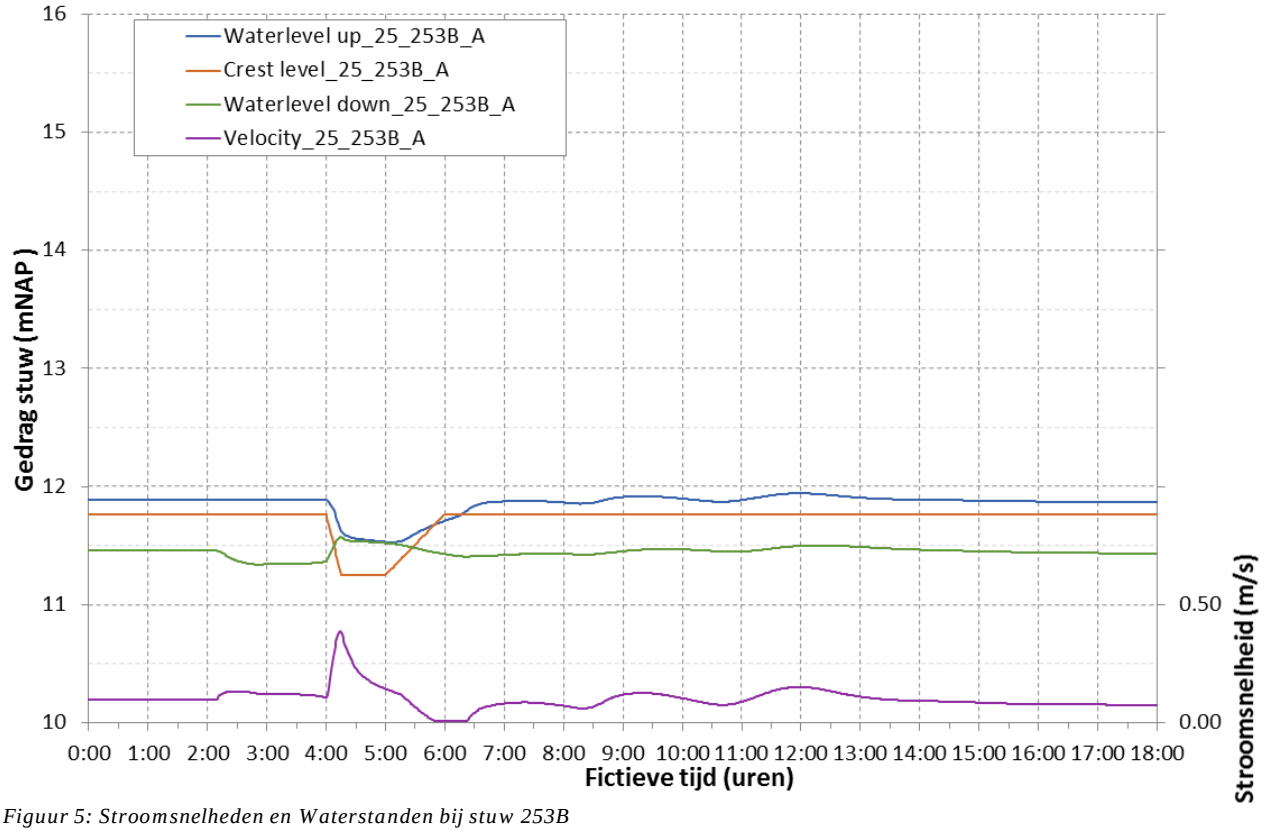
Figuur 3: Stroomsnelheid in de beek op 7 momenten (T) gedurende de Groene Golf van benedenstrooms naar bovenstroom)

Er is goed te zien dat de stroomsnelheid over het gehele traject wel een keer hoger wordt dan de stroomsnelheid in normale toestand en dat die golfbeweging zich van benedenstrooms naar bovenstrooms door het systeem verplaatst (T=1 naar T=7)

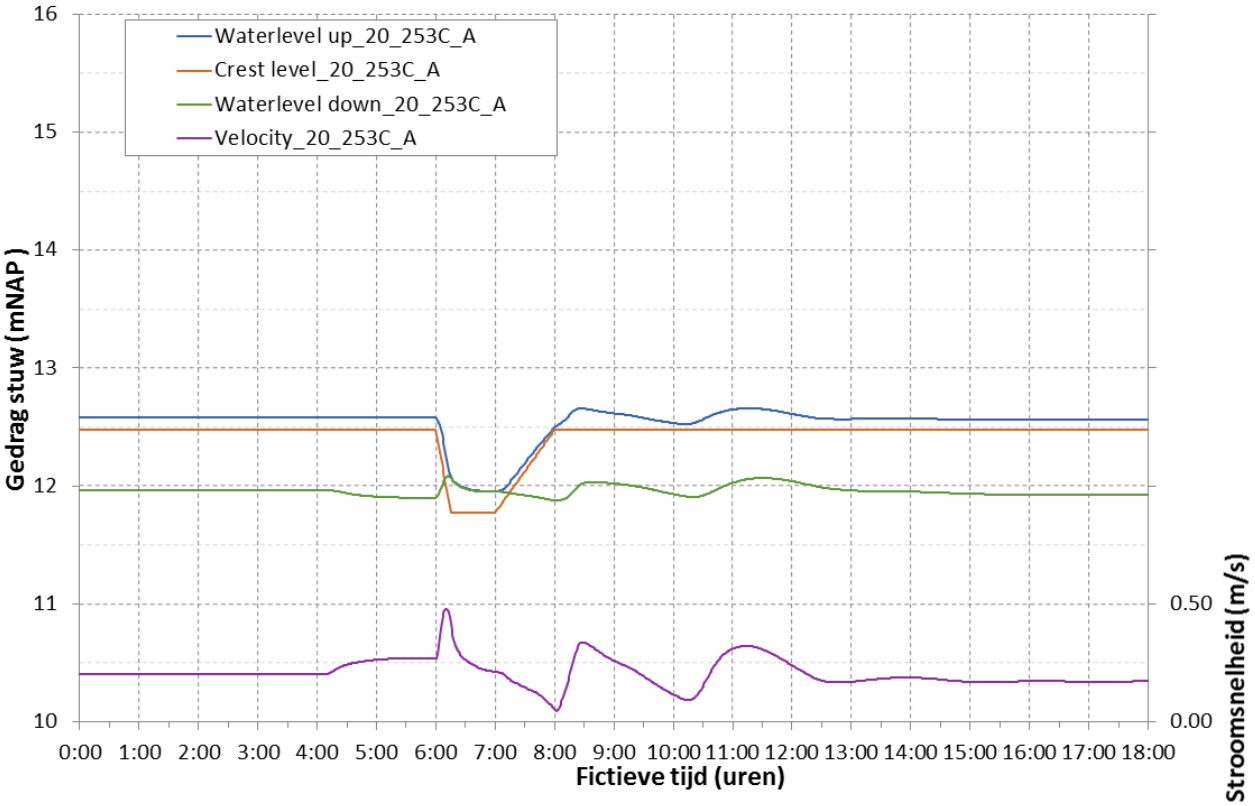
Onderstaande figuren geven per stuw aan wat er precies gebeurt.
Toelichting bij de grafieken: Op de linker-as zijn de hoogten in m.t.o.v. NAP weergegeven. Op de rechter-as zijn de stroomsnelheden geplot. Dit zijn stroomsnelheden in de beek vlak na de stuw. Op het moment dat de benedenwaterstand boven de klepstand uit komt is er voor de vis tijd om van het benedenstroomse pand naar het bovenstroomse pand te zwemmen. Binnen die periode is de stroomsnelheid wat hoger in de beek. Die periode is vaak 1 tot 1,5 uur (zie grafieken).
In figuur 4 is te zien dat het verval over de stuw vrij beperkt is. Daardoor neemt de stroomsnelheid maar beperkt toe op het moment dat de stuw zakt.
In figuur 6 is bijvoorbeeld te zien dat de stroomsnelheid al aan het toenemen is. Dit komt door het zakken van de stuw 'van figuur 5'. De schommelingen na het zakken van de stuw in figuur 6 komen door het zakken van de stuwen van figuur 7 en verder (later in de tijd).
Verder is te zien dat over stuw253CA een groter verval blijft bestaan dan bij de overige stuwen. Dat komt omdat deze stuw een stuk smaller is dan de andere stuwen (zie tabel 1). Overigens is deze stuw in werkelijkheid al vispasseerbaar gemaakt. Omwille van de studie is deze stuw meegenomen als zijnde 'niet vispasseerbaar' en doet de stuw mee net als alle andere stuwen.



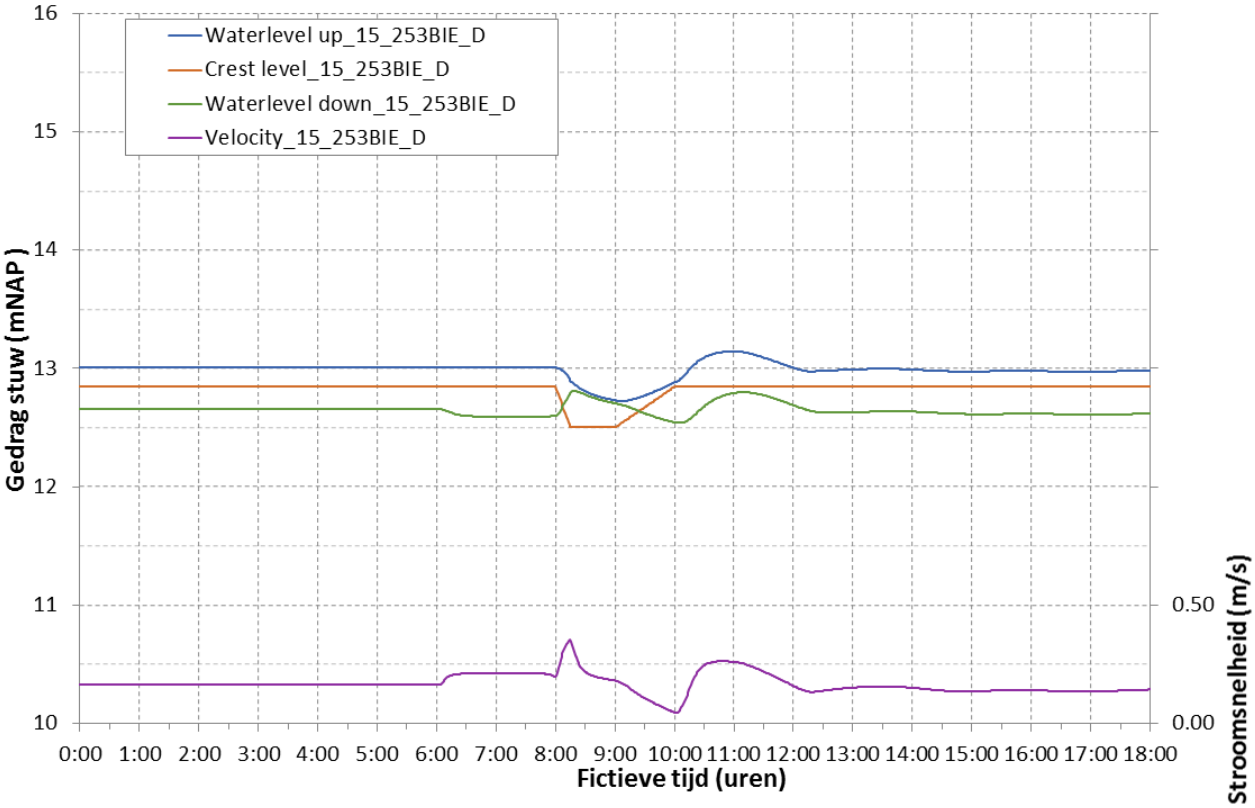
Figuur 4: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253A



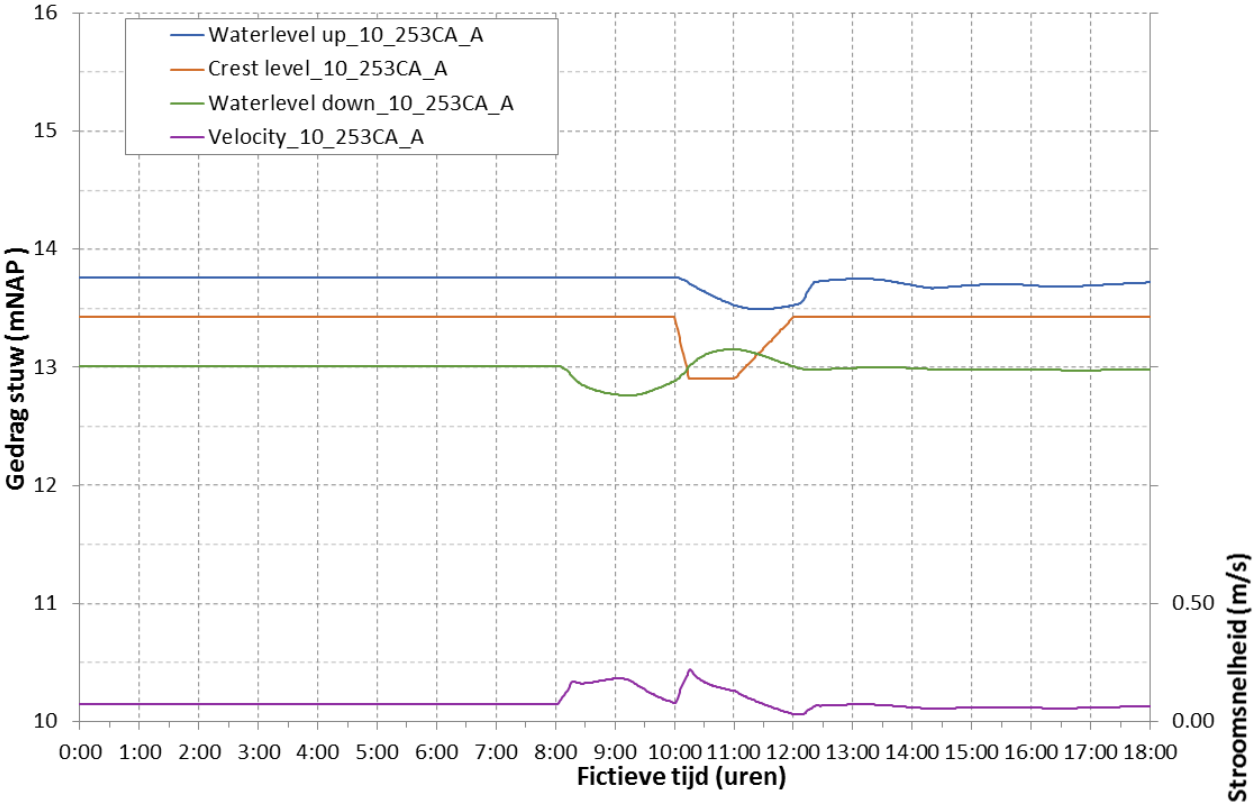
Figuur 5: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253B



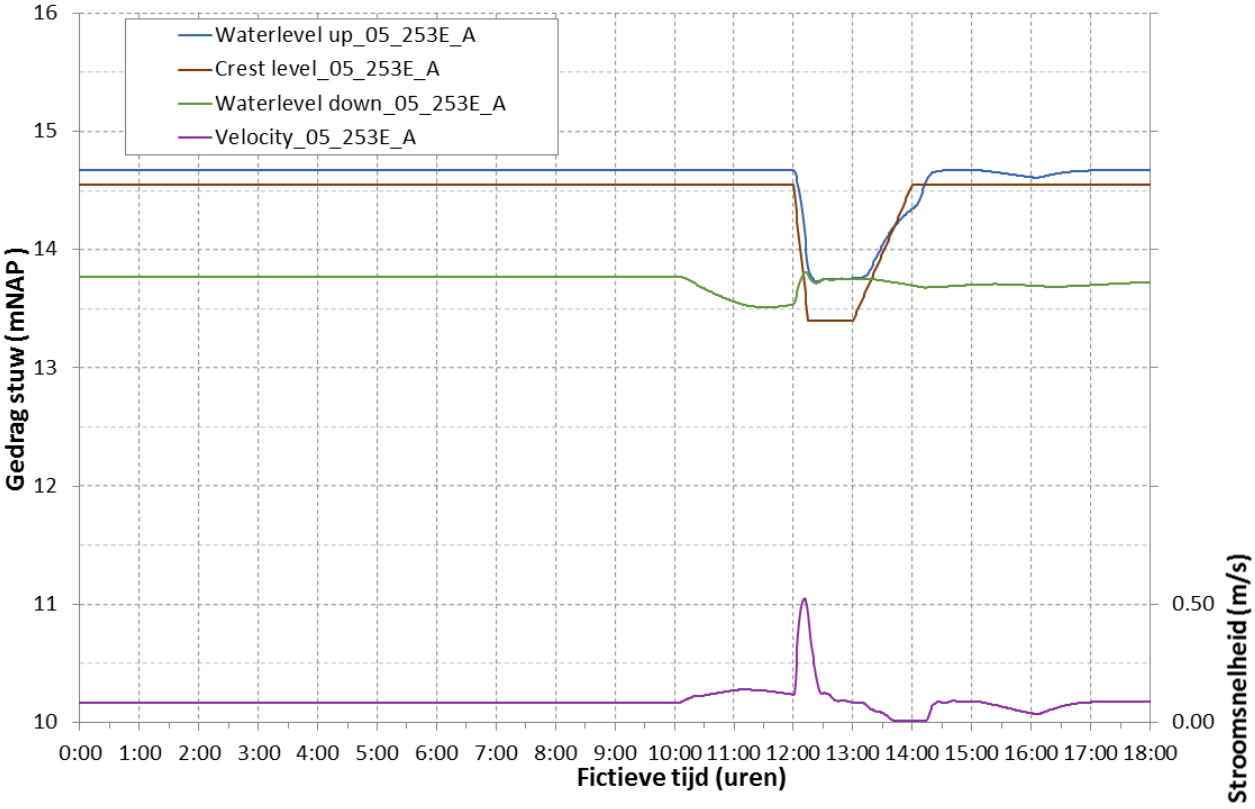
Figuur 6: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253C



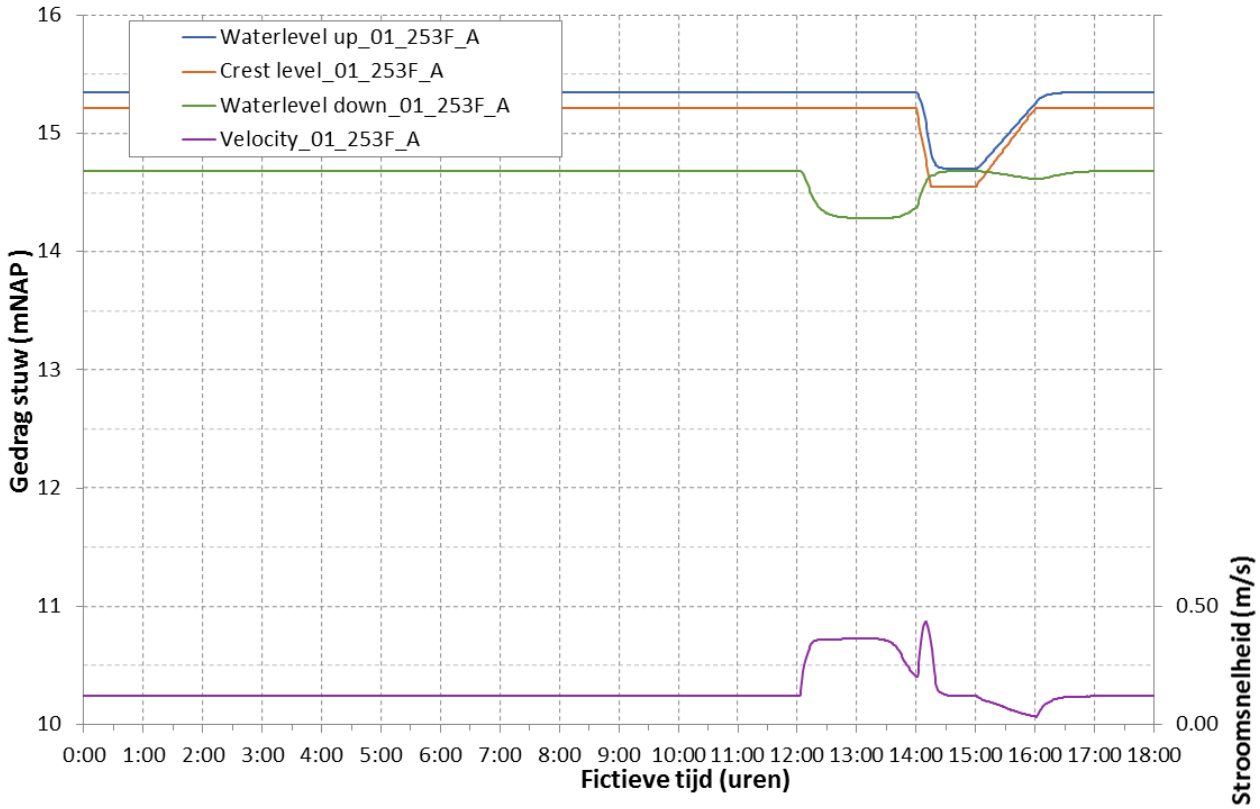
Figuur 7: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253BIE



Figuur 8: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253CA



Figuur 9: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253E



Figuur 10: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 253F

Note: de stroomsnelheden op de rechter-as zijn stroomsnelheden in de beek vlak na de stuw. Exact op de klep van de stuw is de stroomsnelheid veel hoger (ca. factor 2)

De benedenwaterstanden komen in alle gevallen hoger dan de klep, de klep verdwijnt steeds zo'n 20 a 25 cm onder water.

Stuwen en klepstanden

Om de vismigratie te kunnen laten plaatsvinden is het van noodzaak dat de klep laag genoeg kan bewegen om de vis over de klep te kunnen laten migreren. De minimale klepstand van een stuw is vaak begrensd door zijn eigen constructie of in relatie tot de daar aanwezige bodemhoogte. De berekeningen geven aan welke klepstand benodigd is. Achteraf is bekeken in welke gevallen de berekende klepstanden lager uitpakken dan de minimale klepstand van de huidige stuw in het veld. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de minimale klepstand, de berekende klepstand en de bodemhoogte direct benedenstrooms van de stuw.

Stuw ID	Minimale klepstand (m NAP)	Berekende klepstand (m NAP)	Bodemhoogte (m NAP)
01_253F	14.73	14.55	13.23 (iets verderop 13.81)
05_253E*	13.60	13.40	12.30
10_253CA	12.87	12.90	12.26
15_253BIE*	12.84	12.50	12.17
20_253C*	12.00	11.78	11.13
25_253B	11.23	11.25	10.70
30_253A	10.76	11.00	9.88

* stuwen zijn reeds vispasseerbaar, maar dat is ten behoeve van de pilot genegeerd. ** resultaat uit berekening

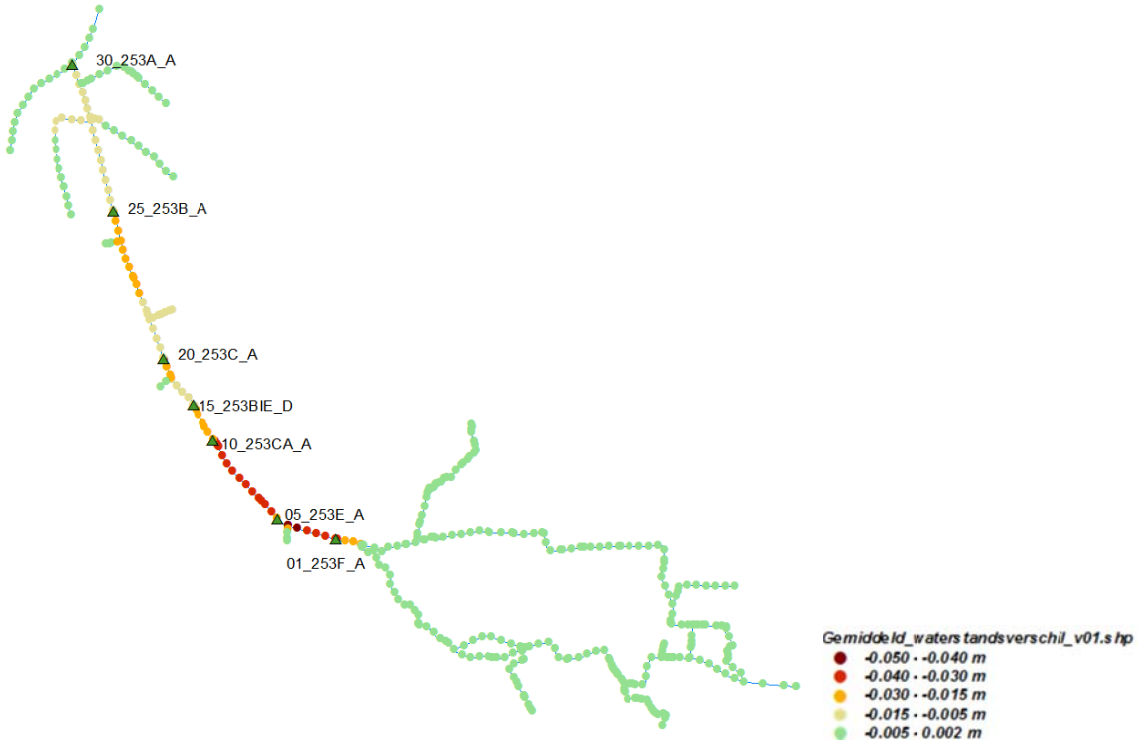
Tabel 2: gegevens betrokken stuwen in het traject

De tabel geeft aan dat voor sommige stuwen een klepstand wordt berekend die lager is dan de minimale klepstand van de huidige stuw. Middels een extra berekening is bepaald of de minimale klepstand toch afdoende zou zijn, maar dit bleek niet het geval. Met andere woorden. De constructies van stuwen 253F, 253E, 253BIE en 253C zouden aangepast moeten worden om ze geschikt te maken voor de Groene Golf. Overigens zijn, zoals eerder aangegeven, drie van de stuwen reeds vispasseerbaar. In het geval van dit traject van de Snelle Loop gaat het dus om één stuw die nog niet geschikt is: stuw 253F.
Verder blijkt uit de tabel dat de bodemhoogte in alle gevallen behoorlijk lager ligt dan de minimale klepstand (ca 50 tot 100 cm).

Waterverlies / daling grondwaterstanden
Door de stuw omlaag te zetten wordt water tijdelijk sneller afgevoerd dan normaal. Dat creeert de stroom die voor vissen aantrekkelijk is. Het gevolg is dat er waterverlies optreedt. De periode dat de stuw omlaag staat is kort, waarna de stuw direct weer helemaal terug in zijn oorspronkelijke stand wordt gezet. Het gebied vult zich weer tot aan het streefpeil. Het vullen kan versneld gebeuren doordat de direct bovenstrooms gelegen stuw, die dan aan de beurt is in de cyclus, omlaag wordt gezet. Het gebied vult zich deels met water uit het direct bovenstroomse deel. Niet alle vakken tussen twee stuwen zijn gelijk aan elkaar, waardoor de ene 'volle emmer' niet altijd past in de andere 'lege emmer'. De snelheid waarmee een vak tussen twee stuwen zich vult hangt bij verschillende panden ook af van de de bovenstroomse aanvoer in een gebied. Voor waterlopen met (voldoende) aanvoer kan een gebied zich snel weer vullen.

Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid water is berekend dat op een bepaald moment in de cyclus 2000 m^3 meer water is afgevoerd dan in het geval er niets gedaan wordt. Dit trok zich in die berekening weer recht omdat er ook momenten zijn waarop de stuw niets afvoert en water tegenhoudt. Bij deze berekening was er 0.2 m^3/s aanvoer vanuit het Peelkanaal, waarmee dit tekort binnen 3 uur weer rechtgetrokken kan worden.

Daling grondwaterstanden
Als de cyclus van de Groene Golf elke 24 uur herhaald zou worden zullen gemiddelde waterstanden dalen ten opzichte van het huidige waterbeheer. In onderstaande figuur is weergegeven hoeveel de waterstand gemiddeld daalt.



Figuur 11: Gemiddelde waterstandsdaling tgv Groene Golf – cyclus elke dag herhaald

Hieruit blijkt dat er trajecten bij zijn waarbij de waterstanden maximaal gemiddeld 4 cm dalen ten opzichte van huidig waterbeheer. Over het gehele traject bekeken ligt de waterstandsdaling gemiddeld op ca 2 cm. Deze daling zal op ongeveer dezelfde manier doorwerken in de grondwaterstanden in de direct omgeving van de beek. Verder van de beek zal de daling afnemen.

Bodemerosie

Op slechts enkele plaatsen komen stroomsnelheden voor van ca. 0.5 m/s (zie figuur 3). Dit is maar kortstondig, zeg een half uur (zie bijvoorbeeld figuur 5). Het Cultuurtechnisch Vademecum geeft aan dat bij die snelheden erosie kan plaatsvinden bij onsamenhangend grof zand. De grondtransport zal naar verwachting meevallen aangezien er vaak begroeiing aanwezig is en de grond samenhangend is. Toch is het raadzaam om bij elke stuw te beschouwen of er benedenstrooms bescherming aanwezig is. Vaak zijn de stuwen ontworpen met een betonnen contructie die de eerste krachten op kunnen vangen die ontstaan door werverlingen en stroomsnelheid. Is dat niet aanwezig dan is het raadzaam om bij de stuwen te werken met een bodembescherming van stortsteen. Een ander fenomeen is oeverafkalving. Dit kan voorkomen door het plotseling zakken van de waterspiegel. Overigens wordt niet verwacht dat dit optreedt bij gezonde begroeide oevers. In het veld kan beschouwd worden of dit voor extra oeverafkalving zorgt. Bij overafkalving is het plaatsen van houten schotten een voorbeeldmaatregel om de stroomsnelheid bij de oevers vandaan te houden .

Bijlage 1 Hydrologie Eeuwselse Loop

Inleiding
Binnen het project “Groene Golf” wordt onderzoek gedaan naar het vispasseerbaar maken van sterk gestuwde beken. De stuwen in een waterloop worden vispasseerbaar gemaakt middels het om beurten strijken van de stuwen. Hierdoor wordt een "golfbeweging" gerealiseerd die een positief effect teweeg kan brengen op de vismigratie. De golfbeweging kan geautomatiseerd worden als de stuwen automatisch aangedreven zijn.

Om onderzoeks- en kennisorganisatie RAVON te ondersteunen, heeft Arcadis Sobek-modelsimulaties uitgevoerd om de hydraulische beweging inzichtelijk te krijgen. Op basis van de getallen uit de berekeningen kan de haalbaarheid worden onderzocht, waarbij gekeken wordt naar ecologische aspecten en waarbij relatie wordt gelegd met aanwezige vis en hun sprintsnelheden. Deze memo zoomt in op de Eeuwselse Loop en geeft de uitgangspunten en randvoorwaarden van het model en behandeld de resultaten van de modelsimulaties. De Eeuwselse loop is een bovenloop van het Aa-systeem.

Sobek Oppervlaktewatermodel
Voor deze studie is een uitsnede gemaakt van de Eeuwselse Loop uit een gebiedsdekkend Sobekmodel dat beschikbaar is gesteld. Hierbij is rekening gehouden dat de uitsnede geen nadelige modelrandeffecten tot gevolg heeft. Voor de wateraanvoer op de modelranden is het debiet uit het gebiedsdekkende model gebruikt en daarnaast zijn ook de laterale knopen van dat model gebruikt. De randvoorwaarden zijn aangepast voor de zomersituatie, 5% van de maatgevende afvoer (stationair), gebaseerd op de afvoerfactoren en de afwateringseenheden (hydrovakken). De initiële klepstanden van de stuwen zijn bepaald op basis van de stationaire zomerberekening (5% maatgevende afvoer) van het gebiedsdekkende model. De gesimuleerde streefpeilen zijn gecontroleerd op basis van gegevens aangeleverd door Aa en Maas. Bovenstrooms wordt (in de zomer) water ingelaten vanuit waterschap Peel en Maasvallei en een RWZI geeft constant water aan de Eeuwselse Loop. Benedenstrooms ter hoogte van stuw 292D wordt water aangevoerd via een zijwatergang van de Voordeldonkse Broekloop. Hiermee is rekening gehouden in het model door een stationair debiet toe te voegen van respectievelijk 0,03 en 0,05 m^3/s.

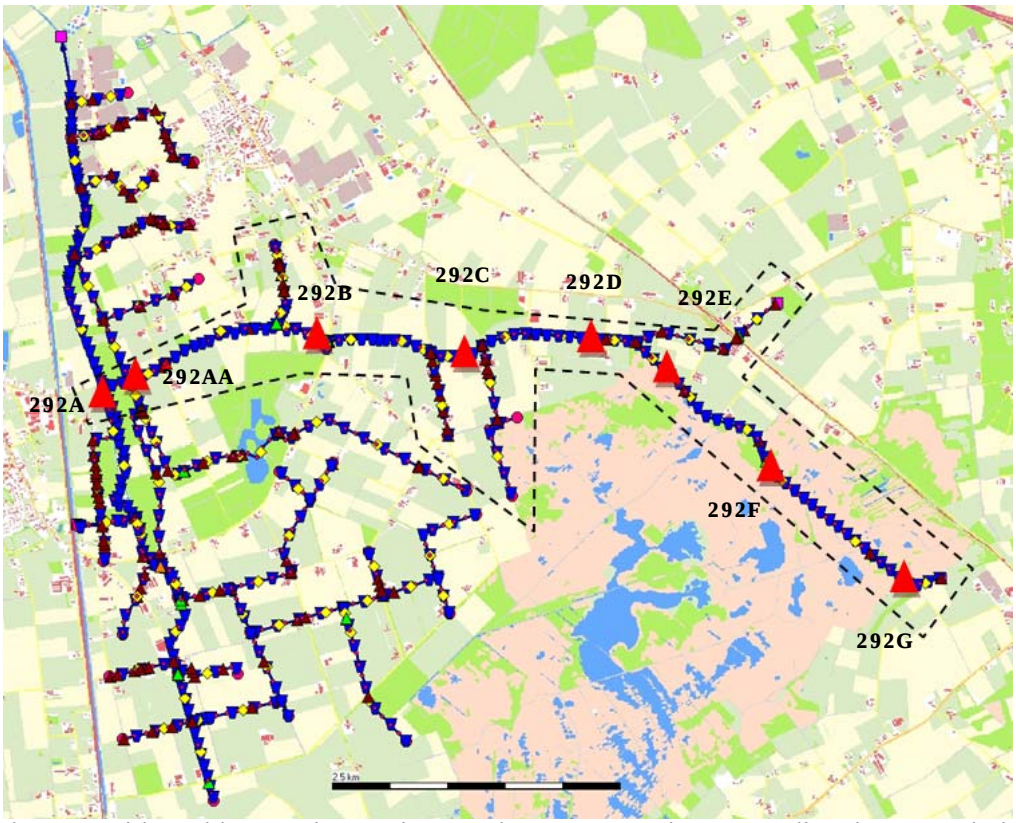
Voor de berekeningen zijn verder de volgende overige uitgangspunten gehanteerd:
- Weerstand Strickler (ks) 33 m1/3/s;
- Weerstand duikers Strickler (ks) 75 m1/3/s (beton);
- Intree- en uittreeverlies duikers 0,9;
- Rekentijdstap 10 seconden, Modeluitvoer 1 minuut.

Met het model zijn berekeningen gemaakt waarmee de Groene Golf gesimuleerd is. Daarbij zijn een 8-tal stuwen gebruikt die zich op dit traject bevinden. De stuwen zijn gerangschikt van benedenstrooms naar bovenstrooms, dit is ook opgenomen in de naamgeving van de stuw (stuw ID).

Stuw ID	Stuwbreedte [m]	Verval in zomer-situaties [cm]*
01_292A	3,70	100
05_292AA	2,50	28
15_292B	2,36	43
10_292C	2,35	76
20_292D	2,35	79
25_292E	2,35	101
30_292F	2,33	39
35_292G	2,50	18

* resultaat uit berekening

Tabel 1: gegevens betrokken stuwen in het traject

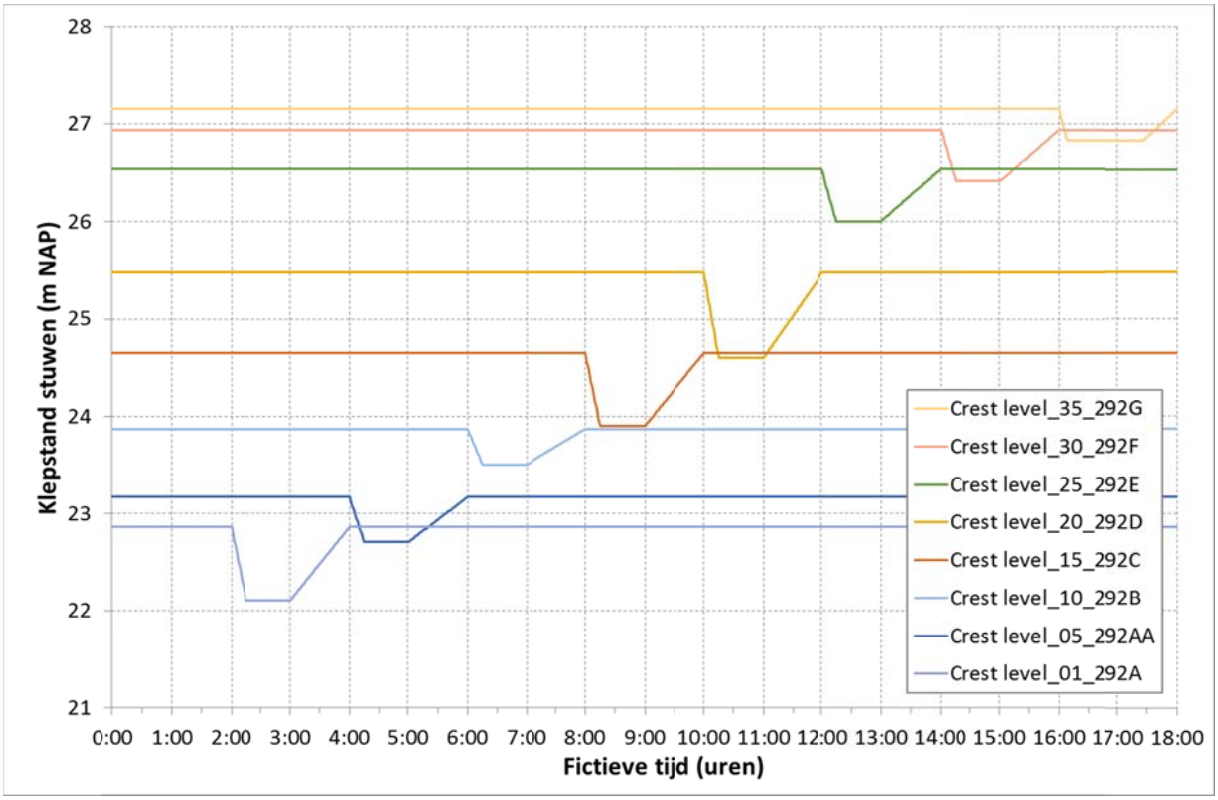


Figuur 1: Model overzicht. Het traject van de Eeuwselse Loop waarop de Groene Golf wordt toegepast in deze memo en berekeningen is omlijnt

Simuleren Groene Golf

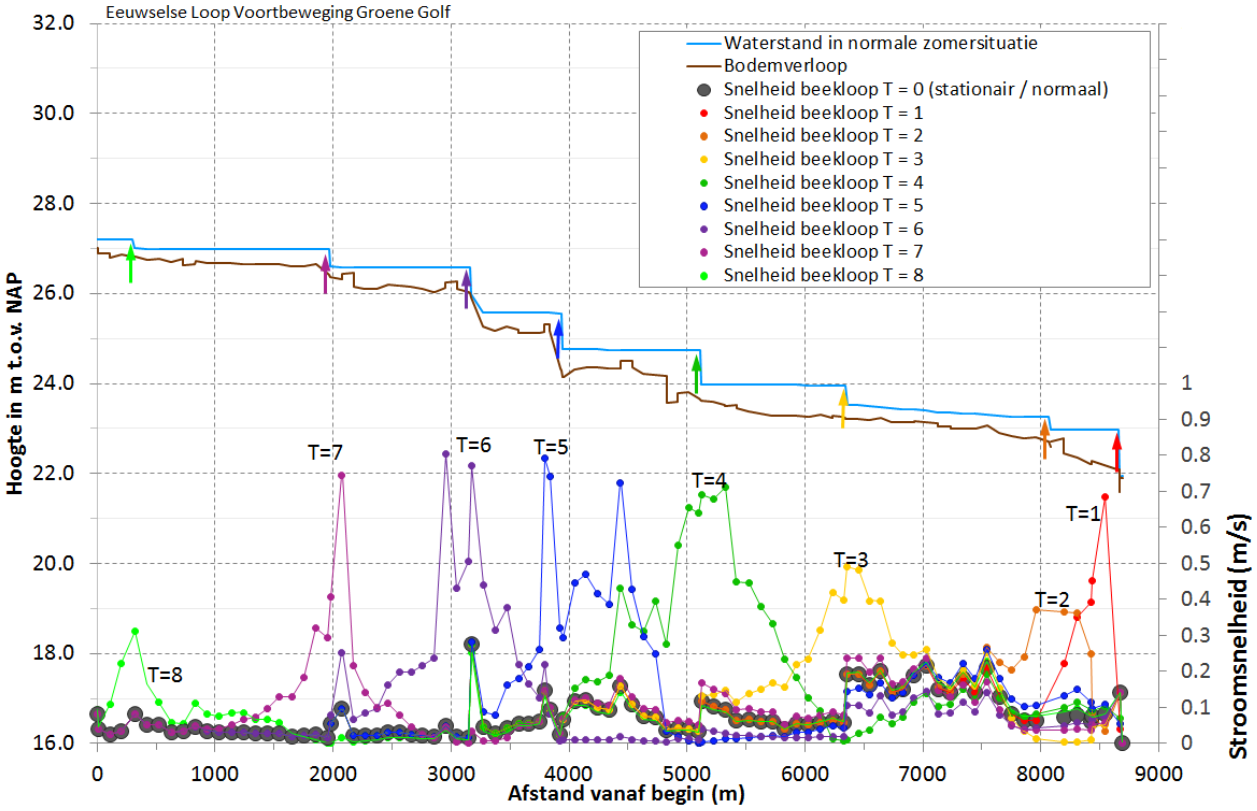
De Groene Golf is met het model nagebootst door de kleppen van de stuwen in volgorde van benedenstrooms naar bovenstrooms te laten zakken en weer te laten stijgen. Daarbij is als uitgangspunt gekozen dat er een doorzwemdiepte van ca. 30 cm ontstaat. De benedenstroomse waterstand stijgt dus tot ca. 30 cm boven de klep op het moment dat deze naar beneden zakt. Het uitgangspunt in de berekening is dat dit binnen 15 minuten dient te ontstaan. De klepsnelheid verschilt dus, aangezien de ene stuw meer verval heeft dan de andere stuw (4 tot 6 cm per minuut).

Hieronder is ter illustratie de klepstand van elke stuw tegen de tijd uitgezet.



Figuur 2: Klepstanden in de tijd uitgezet (Groene Golf van benedenstrooms naar bovenstrooms)

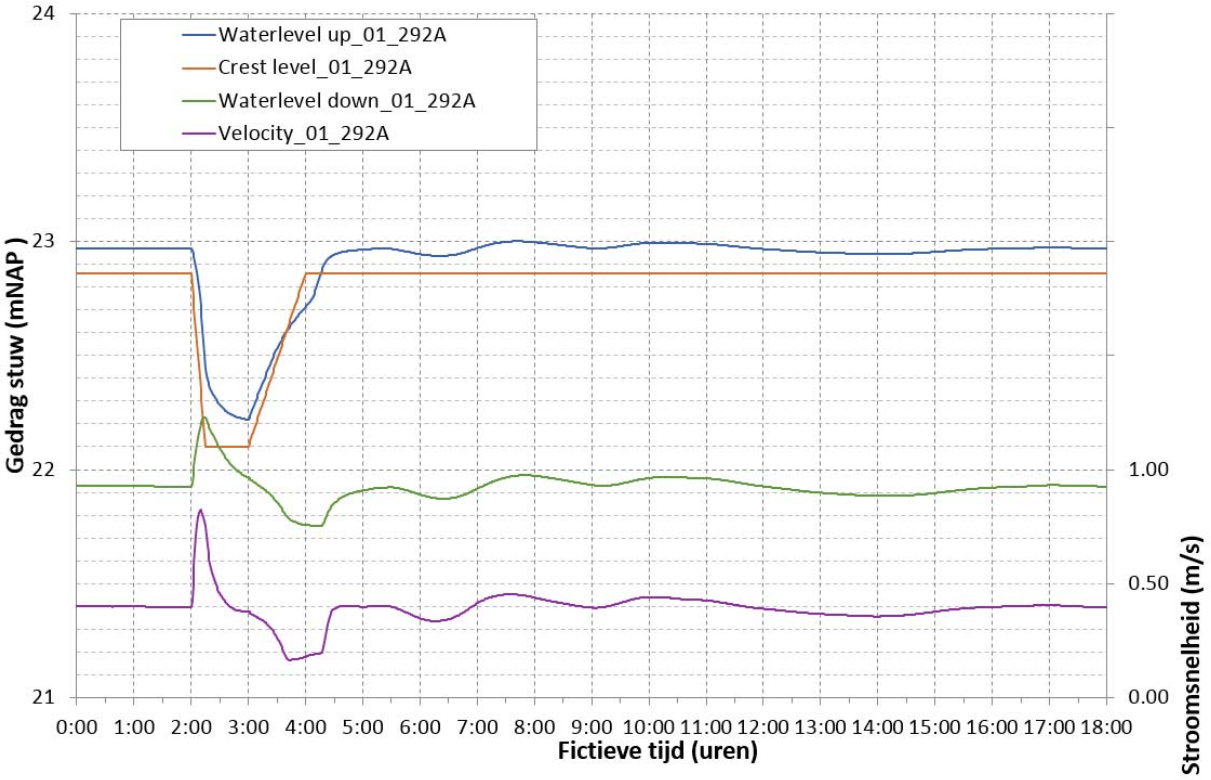
Door dit beurtelings van beneden- naar bovenstrooms te laten gebeuren ontstaat de beoogde golfbeweging die zich manifesteert in een tijdelijk hogere stroomsnelheid rondom de stuw die op dat moment in beweging is. Het tijdsverschil tussen het laten zakken van op een volgende stuwen is 2 uur. Het totale verloop van de Groene Golf duurt met 8 stuwen dus 16 uren. In onderstaande figuur zijn op de rechter-as de stroomsnelheden weergegeven. De donkere dots geven de stroomsnelheid in stationaire toestand. De gekleurde dots geven de stroomsnelheid op het moment van het laten zakken van een stuw. Elke kleur geldt voor een stuw die op een bepaald moment (T) zakt en een hogere stroomsnelheid in de beek veroorzaakt. Ter oriëntatie is het bodemverloop en het waterstandsverloop weergegeven met daarin de stuwen aangegeven met een gekleurd pijltje die hoort bij de kleur waarmee de stroomsnelheid is aangegeven.



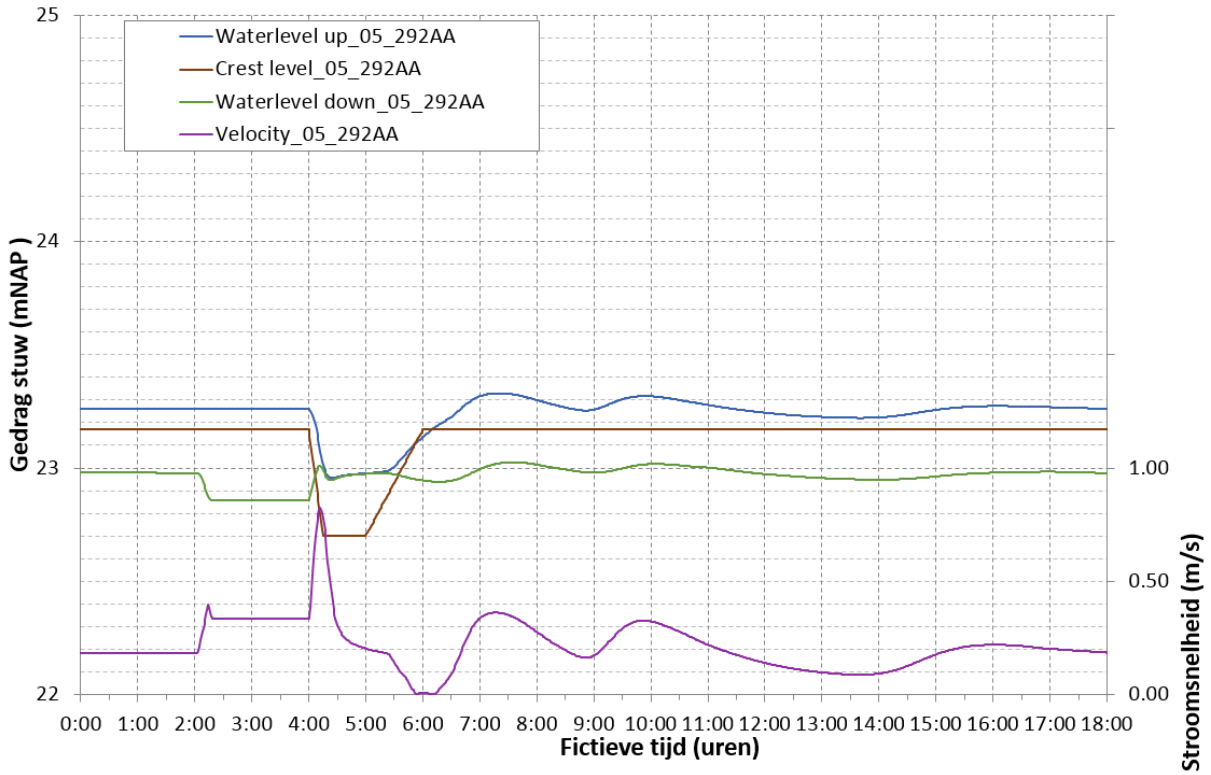
Figuur 3: Stroomsnelheid in de beek op 8 momenten (T) gedurende de Groene Golf van benedenstrooms naar bovenstroom)

Er is goed te zien dat de stroomsnelheid over het gehele traject wel een keer hoger wordt dan de stroomsnelheid in normale toestand en dat die golfbeweging zich van benedenstrooms naar bovenstrooms door het systeem verplaatst (T=1 naar T=8). We zien hiervan het minst terug in de wat langere stuwpanden (X=1000 of X=7300). Daar blijven de stroomsnelheden vrijwel ongewijzigd, omdat de stuw te ver weg staat om invloed uit te oefenen. Overigens is bij X =7300 de gemiddelde stroomsnelheid in de huidige situatie al wat hoger (0.2 m/s).

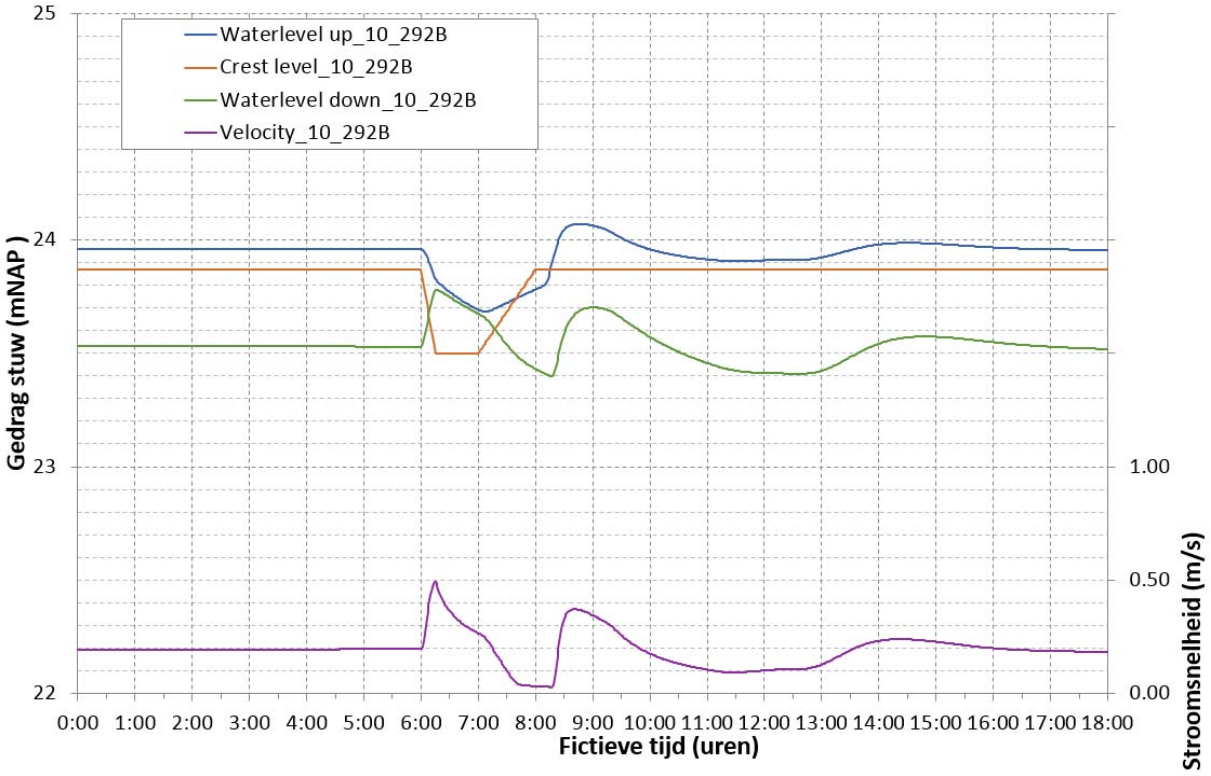
Onderstaande figuren geven per stuw aan wat er precies gebeurt.
Toelichting bij de grafieken: Op de linker-as zijn de hoogten in m.t.o.v. NAP weergegeven. Op de rechter-as zijn de stroomsnelheden geplot. Dit zijn stroomsnelheden in de beek vlak na de stuw. Op het moment dat de benedenwaterstand boven de klepstand uit komt is er voor de vis tijd om van het benedenstroomse pand naar het bovenstroomse pand te zwemmen. Binnen die periode is de stroomsnelheid wat hoger in de beek. Die periode is vaak 1 tot 1,5 uur (zie grafieken). In figuur 4 en figuur 9 is te zien dat er slechts een beperkte doorzwemdiepte gehaald wordt (ca 12 tot 15 cm). In figuur 5 is te zien dat de stroomsnelheid al aan het toenemen is. Dit komt door het zakken van de stuw 292A. De schommelingen in stroomsnelheid later in tijd, figuren 5, 6 en 8, worden veroorzaakt door het zakken van de stuwen bovenstrooms. De laatste bovenstroomse stuw, 292G, is geen automatische stuw. In de studie is deze stuw meegenomen als een automatische stuw en doet mee net als alle andere stuwen.



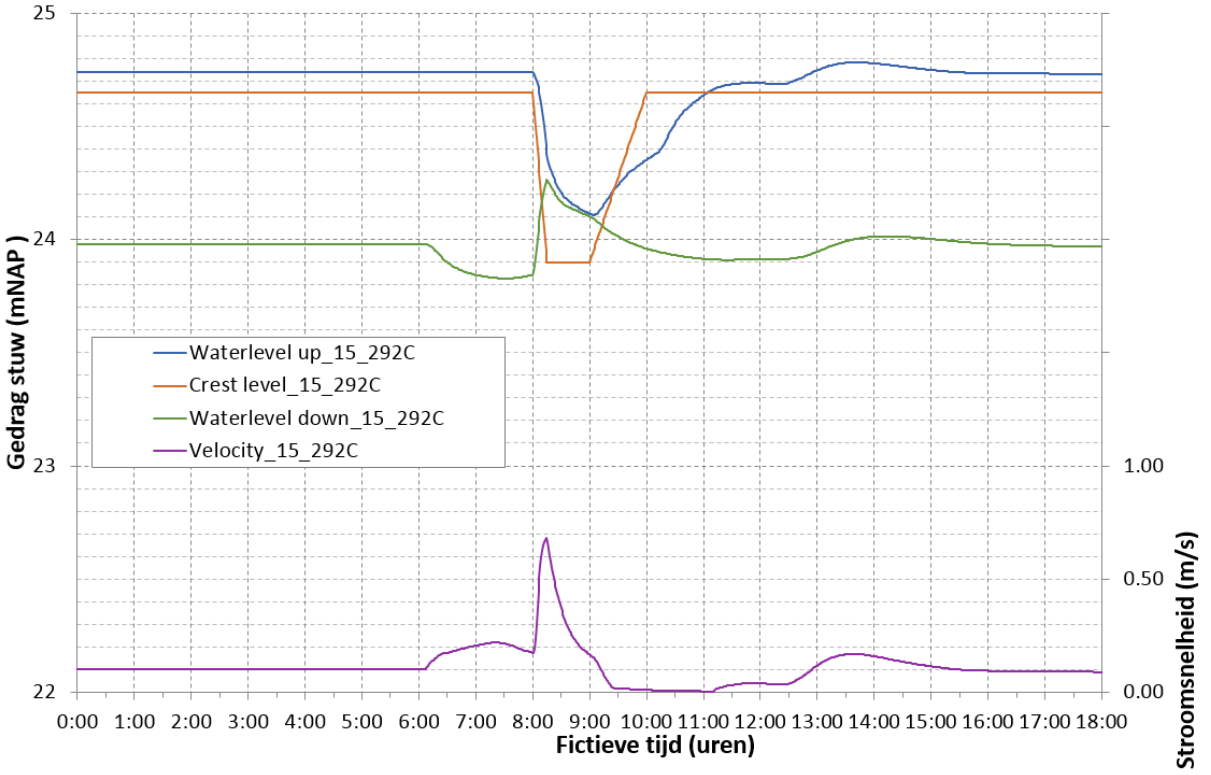
Figuur 4: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292A



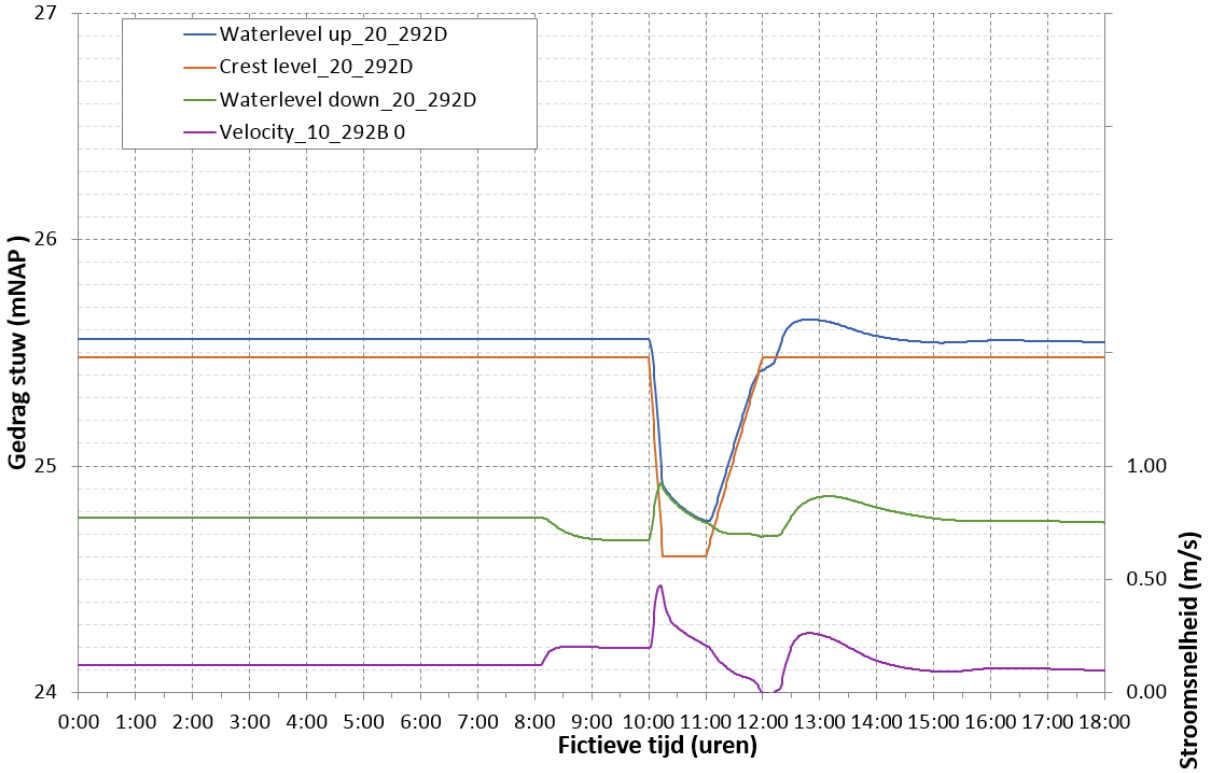
Figuur 5: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292AA



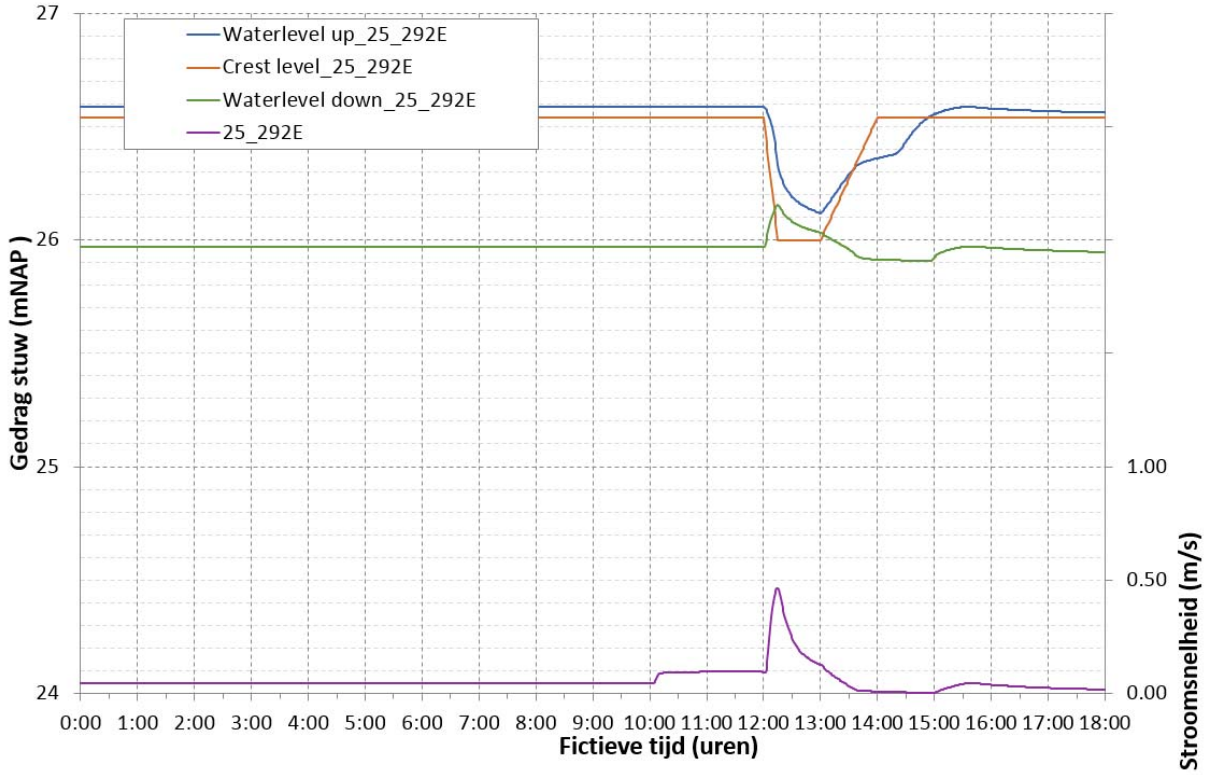
Figuur 6: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292B



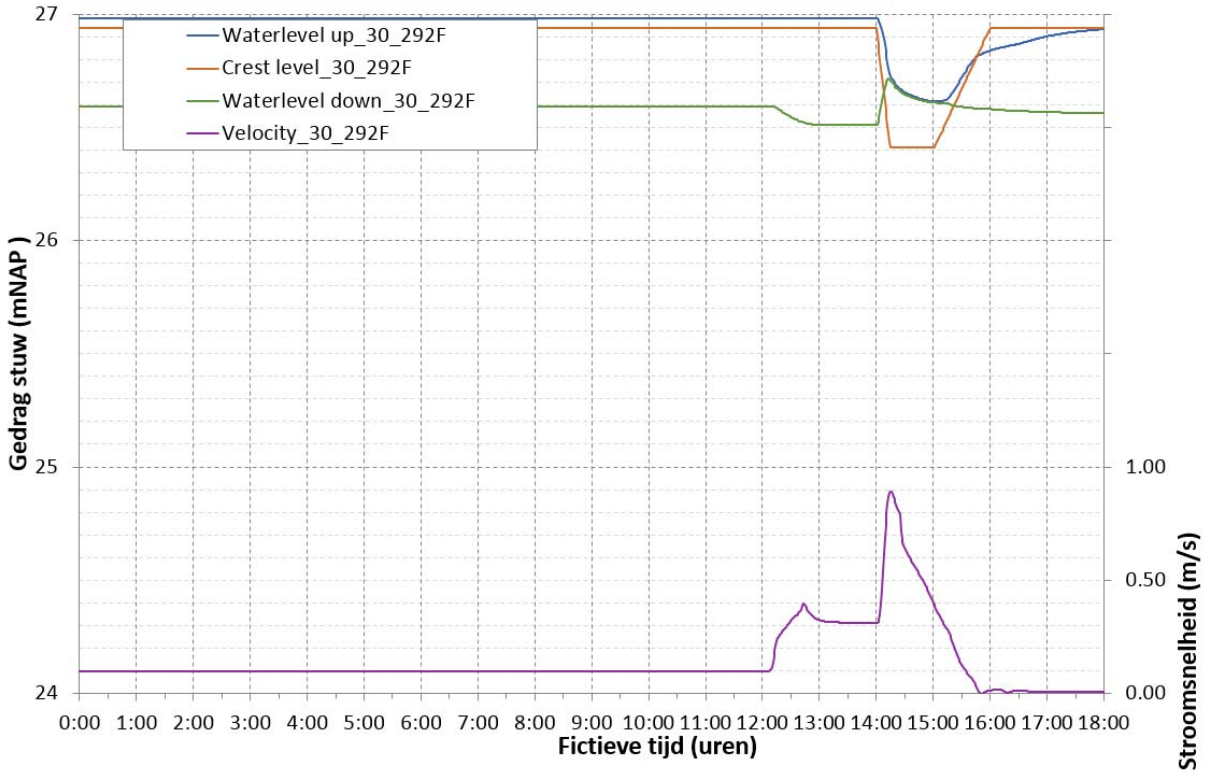
Figuur 7: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292C



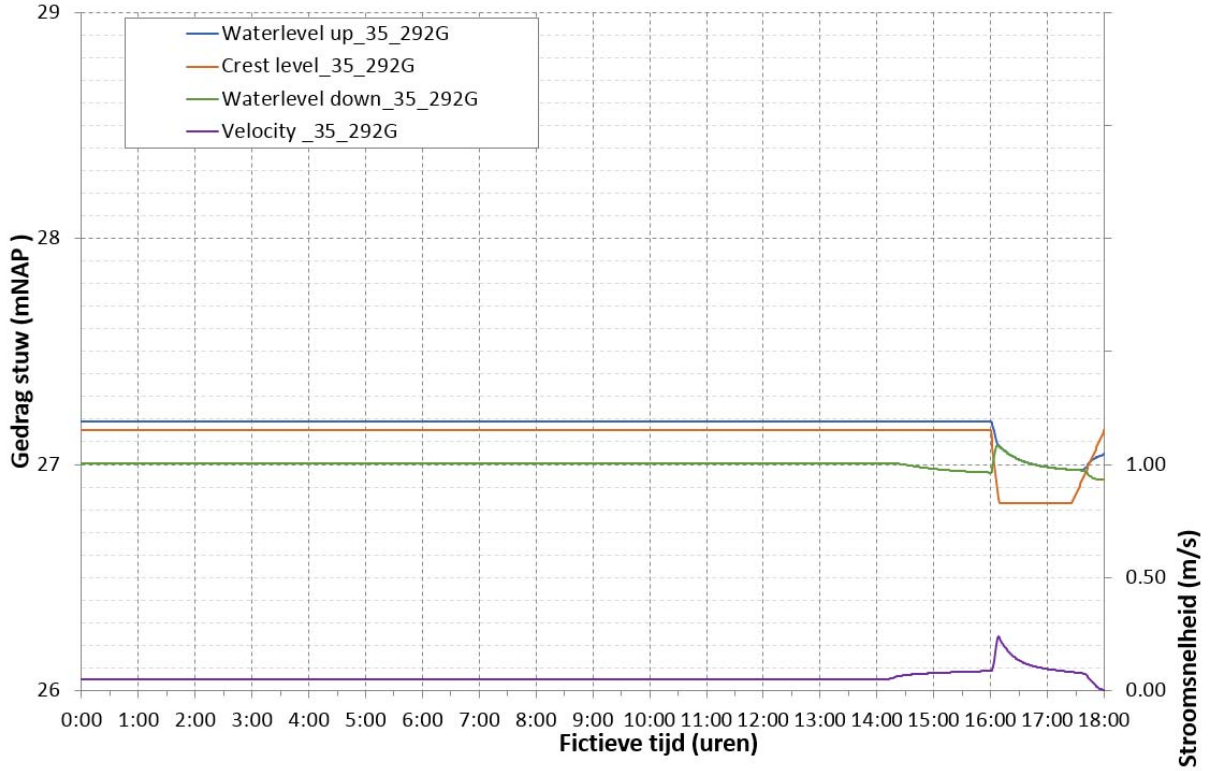
Figuur 8: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292D



Figuur 9: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292E



Figuur 10: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292F



Figuur 11: Stroomsnelheden en Waterstanden bij stuw 292G

Note: de stroomsnelheden op de rechter-as zijn stroomsnelheden in de beek vlak na de stuw. Exact op de klep van de stuw is de stroomsnelheid veel hoger (ca. factor 2)

De benedenwaterstanden komen in alle gevallen hoger dan de klep, de klep verdwijnt steeds zo'n 15 tot 30 cm onder water. Voor stuw 292A is de doorzwemdiepte overigens zeer beperkt en kort van duur (15 minuten).

Stuwen en klepstanden

Om de vismigratie te kunnen laten plaatsvinden is het van noodzaak dat de klep laag genoeg kan bewegen om de vis over de klep te kunnen laten migreren. De minimale klepstand van een stuw is vaak begrensd door zijn eigen constructie. De berekeningen geven aan welke klepstand benodigd is. Achteraf is bekeken in welke gevallen de berekende klepstanden lager uitpakken dan de minimale klepstand (drempel) van de huidige stuw in het veld. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de minimale klepstand en de berekende klepstand.

Stuw ID	Minimale klepstand (m NAP)	Berekende klepstand (m NAP)
01_292A	22,33	22,10
05_292AA	22,62	22,70
15_292B	23,26	23,50
10_292C	24,10	23,90
20_292D	25,23	24,60
25_292E	26,25	26,00
30_292F	26,91	26,40
35_292G	26,94	26,58

Tabel 2: gegevens betrokken stuwen in het traject

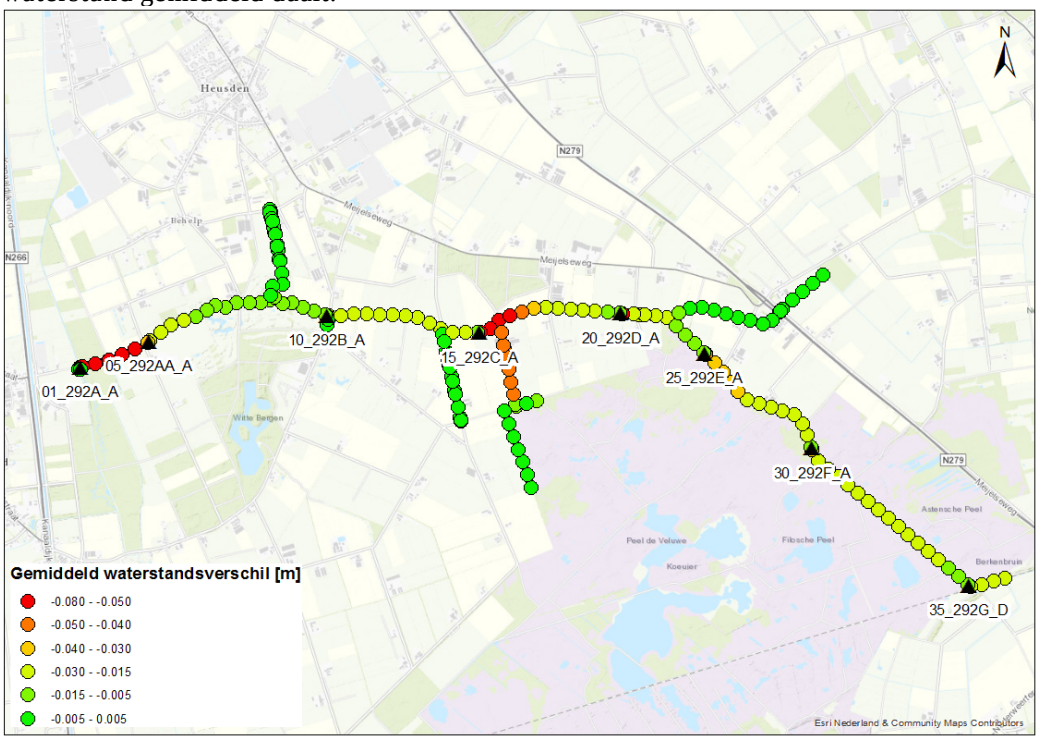
De tabel geeft aan dat voor de meeste stuwen een klepstand wordt berekend die lager is dan de minimale klepstand van de huidige stuw. Met andere woorden: de constructies van stuwen 292A, 292C, 292D, 292E en 292F, zouden aangepast moeten worden om ze geschikt te maken voor de Groene Golf. Stuw 292G is volgens de huidige gegevens van het waterschap een verdronken overlaat en is eigenlijk reeds passeerbaar voor vissen.

Waterverlies / daling grondwaterstanden

Door de stuw omlaag te zetten wordt water tijdelijk sneller afgevoerd dan normaal wat een lokstroom voor vissen creeert. Het gevolg is echter wel dat er waterverlies optreedt. De periode dat de stuw omlaag staat is kort, waarna de stuw direct weer helemaal terug in zijn oorspronkelijke stand wordt gezet. Het gebied vult zich weer tot aan het streefpeil. Het vullen kan versneld gebeuren door de direct bovenstrooms gelegen stuw, die dan aan de beurt is in de cyclus. Het gebied vult zich deels met water uit het direct bovenstroomse deel. Niet alle vakken tussen twee stuwen zijn gelijk aan elkaar, waardoor de ene 'volle emmer' niet altijd voldoende is voor de andere 'lege emmer'. De snelheid waarmee een vak tussen twee stuwen zich vult hangt bij verschillende panden ook af van de de bovenstroomse aanvoer in een gebied. Voor waterlopen met (voldoende) aanvoer kan een gebied zich snel weer vullen.

Om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid water wat extra wordt afgelaten is een berekening gemaakt. Daaruit blijkt dat op een bepaald moment in de cyclus 1600 m^3 meer water wordt afgevoerd dan wanneer de "Groene Golf" niet wordt toegepast. Bij deze berekening was er 0.08 m^3/s aanvoer vanuit waterschap Peel en Maasvallei, een RWZI en een zijwatergang van de Voordeldonkse Broekloop, waarmee dit tekort binnen 6 uur weer rechtgetrokken kan worden. Dit trok zich in die berekening weer recht omdat er ook momenten zijn waarop de stuw niets afvoert en water tegenhoudt.

Daling grondwaterstanden
Als de cyclus van de Groene Golf elke 24 uur herhaald zou worden zullen gemiddelde waterstanden dalen ten opzichte van het huidige waterbeheer. In onderstaande figuur is weergegeven hoeveel de waterstand gemiddeld daalt.



Figuur 11: Gemiddelde waterstandsdaling tgv Groene Golf – cyclus elke dag herhaald

Hieruit blijkt dat er trajecten bij zijn waarbij de waterstanden maximaal ca. 8 cm dalen ten opzichte van huidig waterbeheer. Deze daling zal op ongeveer dezelfde manier doorwerken in de grondwaterstanden in de directe omgeving van de beek.

Een mogelijke manier om de gemiddelde grondwaterstandsdaling tegen te gaan is om de stuw gedurende een bepaalde periode (uren) hoger te zetten dan het normale streefpeil. Dit is een compensatie vooraf voor de periode (uren) waarop de stuw omlaag wordt gezet ten behoeve van de vismigratie. Dit is verder niet modelmatig onderzocht.

In figuur 11 wordt wordt uitgegaan van een constante aanvoer van 0,08 m^3/s, in de zomer kan dit teruglopen tot 0,04 m^3/s. Dit betekent dat de grondwaterstand nog verder zou kunnen uitzakken dan bovenstaande berekening laat zien.

Bodemerosie
Op slechts enkele plaatsen komen stroomsnelheden voor van ca. 0.8 m/s (zie figuur 3). Dit is maar kortstondig, circa een half uur (zie bijvoorbeeld figuur 5). Het Cultuurtechnisch Vademecum geeft aan dat bij die snelheden erosie kan plaatsvinden bij onsamenhangend grof zand. De grondtransport zal naar verwachting meevallen aangezien er vaak begroeiing aanwezig is en de grond samenhangend is. Toch is het raadzaam om bij elke stuw te beschouwen of er benedenstrooms bescherming aanwezig is. Vaak zijn de stuwen ontworpen met een betonnen contructie die de eerste krachten op kunnen vangen die ontstaan door werverlingen en stroomsnelheid. Is dat niet aanwezig dan is het raadzaam om bij de stuwen te werken met een bodembescherming van stortsteen.
Een ander fenomeen is oeverafkalving. Dit kan voorkomen door het plotseling zakken van de waterspiegel. Overigens wordt niet verwacht dat dit optreedt bij gezonde begroeide oevers. In het veld

kan beschouwd worden of het toepassen van de ‘Groene Golf’ voor extra oeverafkalving zorgt. Bij overafkalving is het plaatsen van houten schotten een

RAVON
Reptielen Amfibieën Vissen Onderzoek Nederland

Natuurplaza
Toernooiveld 1 - 6525 ED Nijmegen
Postbus 1413 - 6501 BK Nijmegen

T: 024 - 7 410 600 (alg.)
www.ravon.nl