

Weirs on remote control



Auteurs: Albert Siebring
Jan den Besten

June 2012





This project has been subsidised by Europe through the Interreg IVB programme for the North Sea Region



Inhoudsopgave

Weirs on remote control	1
1 Introduction	1
2 Financial and organizational aspects	2
3 Selection study.....	3
3.1 Efficient water distribution	4
3.2 Water conservation and water retention	7
4 Conclusions	14

1 Introduction

The Aquarius project area in The Netherlands in Drenthe is “The Veenkoloniën”. The Veenkoloniën is a former high bog more area. The last 3 centuries the bog has been drained by an intensive pattern of canals. The bog has been excavated and transported by ship to the main cities to be used as fuel. At the moment the area is a relative flat agricultural area with sandy soils and a lot of canals. Normally in these types of flat agricultural areas in the Netherlands the percentage of surface water is 1 to 1,5 % of the total area. In the Veenkoloniën the percentage of surface water is 2 to 3 %.

Due to the sandy soils the area is sensitive for drought. In order to decrease the drought damage, water from lake IJsselmeer is pumped to the area. A small part of this water is directly used for sprinkling. Most of the water is infiltrated into the soil and is used to keep groundwater levels as high as possible during the summer. In this way and by capillary rice water is brought to the roots of the crops. In order to reach this dozens of big weirs are operated by the Regional Water Authority Hunze en Aa's. Each weir regulates the surface water level in an area of 200-500 hectares. A lot of these weirs are not on remote control but are operated by hand or have only local control.

Due to climate change we expect that water demand increases and water supply will decrease. So we have to find ways to minimize our water use and to increase water use efficiency of our water distribution system .

In order to minimize the amount of water that has to be pumped up from the lake IJsselmeer we want to conserve water during the early spring by raising our weirs. But, as we also want to avoid crop damage due to too much water, we have to be able to lower those weirs very quickly in case of heavy rains showers. For this reason we need weirs on remote control. In that way we can operate them quickly and then we can take the risk of higher water levels.

In our water recharge canals we do not want to lose water at the lower end of a series of recharge canals. In order to reach this goal we need weirs on remote control to be able to operate them in an efficient way. In that way we lose as little water as possible water during the summer.

Due to climate change we also expect more heavy rainfall in the winter. That is why we want to raise weirs in extreme wet periods to create water retention. In this way we can avoid flooding in downstream areas. Also for this purpose weirs on remote control are helpful because raising our more than 1000 weirs by hand takes a lot of time.

So for water conservation and efficient water distribution and for water retention weirs on remote control have advantages. For this reason we included in the interregproject Aquarius a proposal for a pilot to bring some weirs on remote control and test the results in the daily water management.

2 Financial and organizational aspects

Through Interregproject Aquarius funds became available for putting 5 weirs on remote control. The total investment costs for putting 5 weirs on remote control were € 81.000,- euro (exclusive VAT). So the costs are around 16.000 euro/weir.

A selection study was executed to select the most effective weirs to be put on remote control. The conclusion was that with weirs a lot of water retention can be realized. This is caused by the high percentage of surface water in the Veenkoloniën and the relative deep water levels in the canals. So the people involved in water management did not want to wait for the results of a pilot and made a proposal for putting all effective big weirs in the Veenkoloniën on remote control. This proposal triggered an internal discussion on water retention by weirs and about the most cost-effective way to realize this. The result is that yearly costs for operation and maintenance have to be studied before a decision can be taken. Also a comparison between water retention by hand or by remote control has to be made.

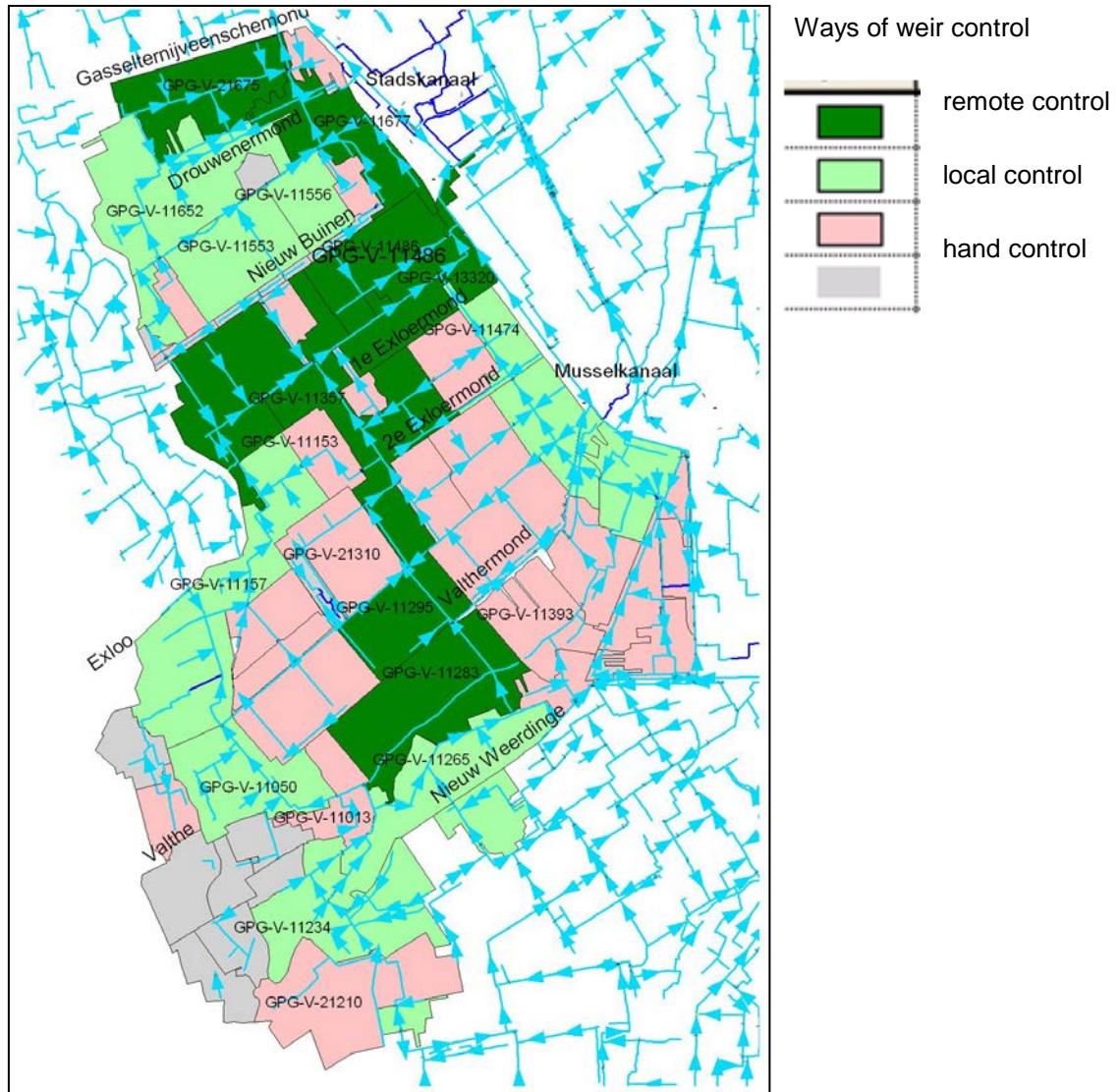
In January 2012 we happened to have a wet period in combination with high water levels on the sea. This reduced our discharge capacity to the sea and for the first time in 14 years we had to inundate storage areas along our main canals. In this period all weirs that we had on remote control were raised to create water retention upstream of those weirs. As most of our weirs are not on remote control we could not profit optimally from the potential retention capacity upstream of our weirs. This created support to start a study on the most practical and cost effective way to use weirs for water retention. Partly as outreach of the discussion on water retention by weirs triggered by the Aquarius pilot this study is now going on and will be finished this year.

However the selection study and the discussion mentioned above took a lot of time and caused delay for the material investments of the Aquarius pilot. For this reason only in the last year of Aquarius the weirs could be put on remote control. In the coming years the Regional Water Authority Hunze en Aa's will use those weirs and evaluate the experience. If positive this will be an extra reason for putting weirs on remote control.

3 Selection study

The pilot area of the Aquarius-project in Drenthe is the area "de Monden" in de Veenkoloniën". Within this area a study has been done on what weirs are the most effective from point of view of water conservation and effective water distribution in summer periods and water retention during wet winter periods. The present situation of weir control is presented in figure 1

Figure 1 Ways of weir control in the Aquarius pilot area in 2010.



3.1 Efficient water distribution

In the daily water management the field operator tries to regulate the water inlet weir of a series of water recharge canals in a way that no water is lost over the most downstream weir of the series. This can be only done in an efficient way when the operator can react quickly. For this he needs weirs on remote control.

In figure 2 the water recharge series behind inlet weir Lokkersluis is presented. This weir and the end weir called "eerste Exloermond" have been put on remote control by the Aquarius as a pilot.

Figuur 2 Water supply canal series "Lokkersluis-weir" to "Weir eerste Exloermond".

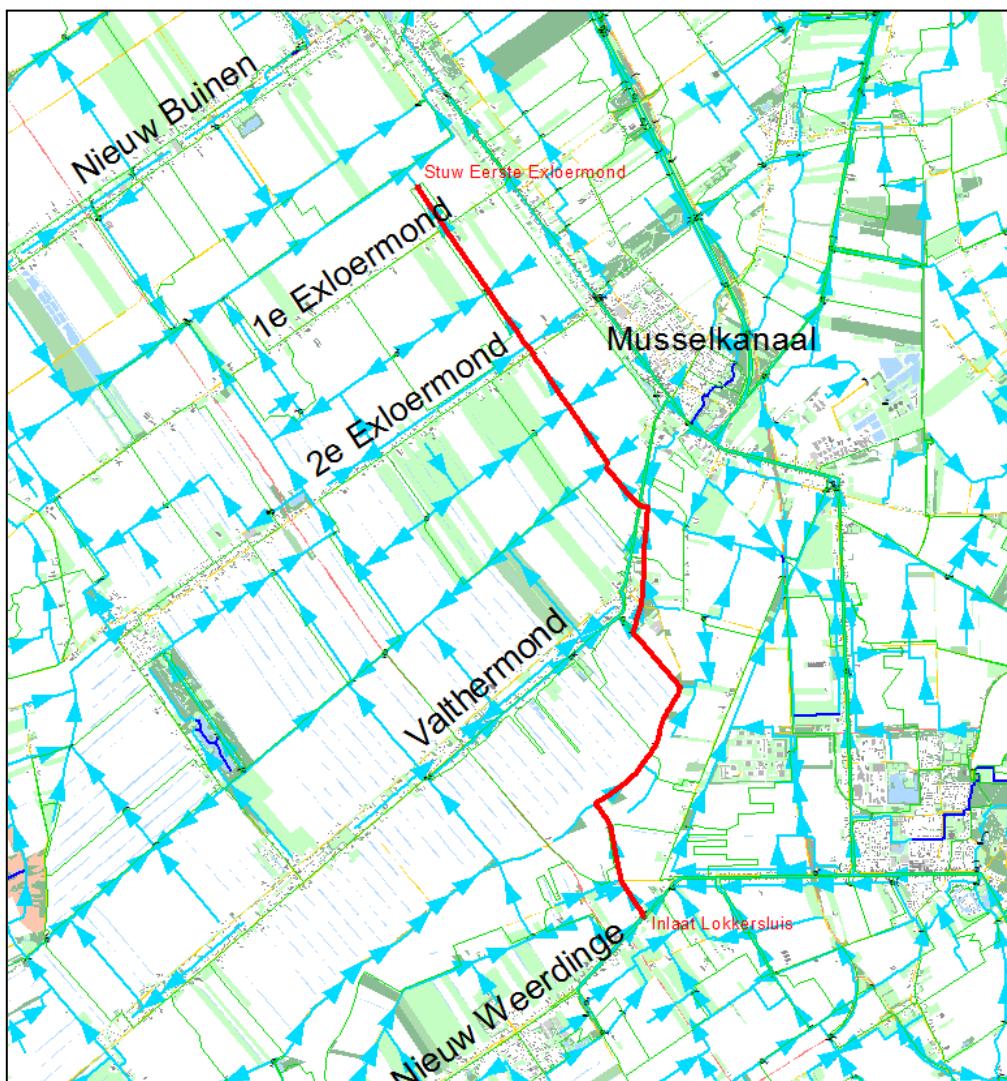


Figure 3 inlet weir Lokkersluis with control Box The control has been upgraded from local control to remote control.



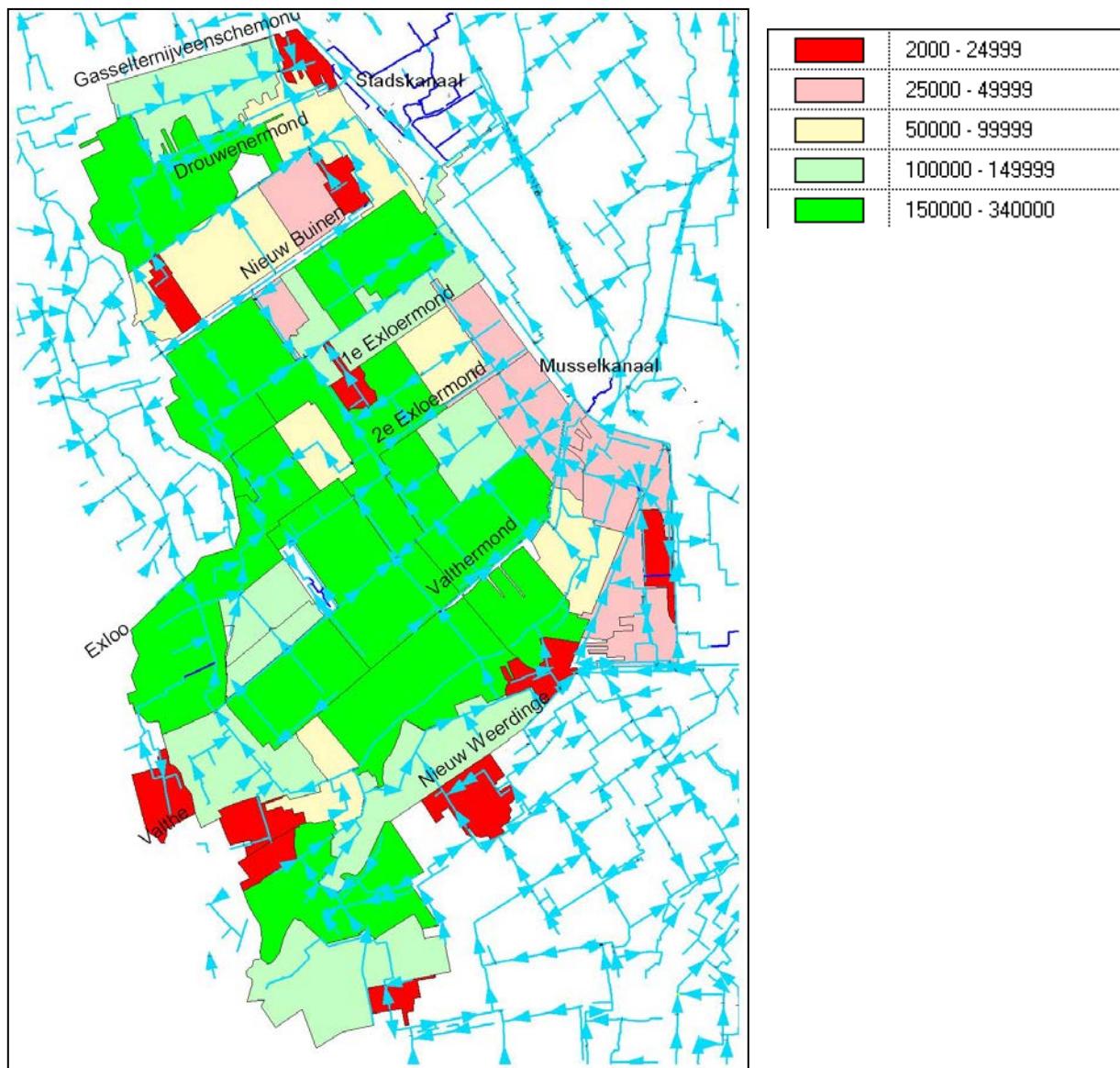
Figure 4 End weir 1 Exloermond with control box. The control has been upgraded from local control to remote control.



3.2 Water conservation and water retention

To evaluate the most effective weirs for water conservation and retention the storage capacity of each weir has been calculated. In figure 3 the most promising areas are presented in green

Figure 5 Capacity for water conservation and retention in m³/weir.



For the evaluation of water conservation and water retention also a hydraulic model (with the hydraulic software package SOBEK) has been made of the canal system in this area. The model has been used to select the most effective weirs for water conservation and retention. The details of this study are included in Appendix 1 (in Dutch).

In extreme wet situations in het area De Monden it is possible to keep in one day 1,2 million m³ upstream of 16 weirs by raising the weirs just to the lowest surface level; or 75.000 m³/weir.

If the weirs are only raised to 0,5 m below the lowest surface level 0,6 million m³ can be kept above the weirs; or 37.500 m³/weir. Investment costs to put a weir on remote control are around 16.000 euro so the investment costs of water retention by weirs in the Veenkoloniën are between 0,2 and 0,4 euro/m³. Investment costs of water storage in our big storage areas more downstream along our main canals are around 1 euro/m³. So the investment costs of water retention by weirs are very low compared to that. But yearly operational and maintenance costs are expected to be much higher than for the storage areas.

As a result 3 weirs that regulate the water level in the green areas in figure 4 are selected to be put on remote control for water conservation and water retention. The weirs are called: weir Vledders near Nieuw Weerdinge, weir N-374 near Nieuw Buinen and weir Noorderdiep near Drouwenermond.

The control of these weirs has been upgraded from local control on locally measured water levels to remote control by telemetry. In this way the weirs can be operated from the central office and by the operated on a random place.

Figure 6 The areas with weirs that have been put on remote control for water conservation and water retention in the Aquarius pilot.

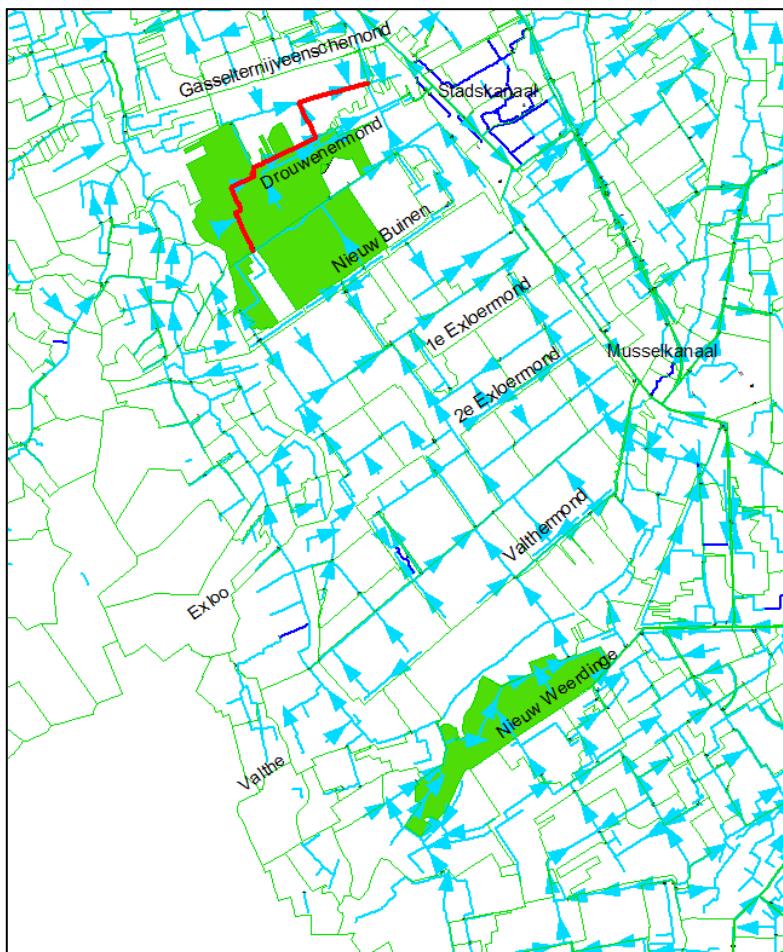


Figure 7 situation near weir Vledders and control box. The control has been upgraded from local control to remote control.



Figure 8 Weir near Nieuw Buinen with control box. The control has been upgraded from local control to remote control.



Figure 9 Weir Noorderdiep near Drouwenermond with control box. The control has been upgraded from local control to remote control.



4 Conclusions

The main conclusions of this study are:

- In the Veenkoloniën water retention by weirs is from point of view of investment costs very cost-effective. Further investigation is needed on the yearly costs for operation and management of weirs on remote control.
- A comparison is needed between water retention by weirs operated by remote control and by hand control. This study has already started and will be finished in September / October 2012.
- The project duration of this interregprojects of three years was too short to do all the preparation studies for location selection and the internal discussions for weirs to be put on remote control, implement the upgrade from local control to remote control and also and test them for some years. The coming years Regional Water Authority Hunze en Aa's will evaluate the experience with the weirs that have been put on remote control in the Aquarius pilot an will draw conclusions if this should be implemented on a larges scale.

Appendix 1

Vasthouden van water, deelgebied De Monden

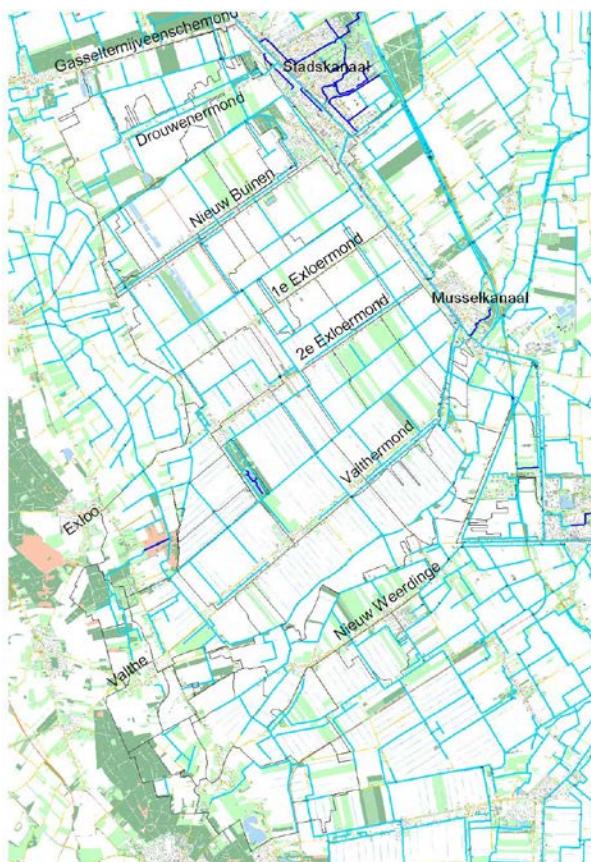
6-1-2011 Albert Siebring

Inleiding	16
Berekende berging in open water t.o.v. winterpeil	17
Oppervlaktewatermodel.....	18
Huidige bediening.....	18
Gebied Stuw Gasselternijveenschemond	19
Gebied Stuw Vleddermond.....	19
Verandering bediening	20
Samenvatting.....	21
Vervolg.....	22
Bijlage 1: Berekende berging in open water gesorteerd op peilgebiednummer	23
Bijlage 2: Berekende berging in open water gesorteerd op berging bij WP+1.20	24
Bijlage 3: Sobek model.....	25
Bijlage 4: Modelresultaten, afvoergebied stuw Gasselternijveenschemond	26
Peilgebied GPG-V-11652, Noorderdiep Drouwenermond	26
Peilgebied GPG-V-21675, Pleuger gemaal.....	27
Peilgebied GPG-V-11553, Stuw N-374 S5 midden.....	28
Peilgebied GPG-V-11556, Stuw N-374 Stadskanaalzijde.....	29
Peilgebied GPG-V-11677, stuw Gasselternijveenschemond	30
Bijlage 5: Modelresultaten, afvoergebied Vleddermond.....	31
Peilgebied GPG-V-11013, Valtherdijk-West.....	31
Peilgebied GPG-V-11050, Windmolenstuw	32
Peilgebied GPG-V-11153, Noorderboerplaatsen.....	33
Peilgebied GPG-V-11157, Naber 1 ^e Exloermond	34
Peilgebied GPG-V-13320, Vleddermond	35
Peilgebied GPG-V-11486, Gemaal Nieuw Buinen.....	36
Peilgebied GPG-V-21210, Woldweg	37
Peilgebied GPG-V-11234, Noordveen	38
Peilgebied GPG-V-11265, Vledders.....	39
Peilgebied GPG-V-11283, Doorsnee Valthermond.....	40
Peilgebied GPG-V-11295, Valtherdreef	41
Peilgebied GPG-V-21310, 2 ^e Exloermond West.....	42
Peilgebied GPG-V-11357, Poelman/Mondenweg Noord	43
Peilgebied GPG-V-11393, Valtherdijk	44
Peilgebied GPG-V-11474, 1 ^e Exloermond	45

- **Inleiding**

Om ook in de toekomst wateroverlast op de boezem in extreem natte perioden onder controle te houden moet het in de Veenkoloniën voor eind 2015 mogelijk zijn om 1 miljoen m³ water vast te houden. Op langere termijn, voor 2050, moet het mogelijk zijn om 3,8 miljoen m³ vast te houden.

Voor het gebied De Monden is onderzocht hoeveel berging t.o.v. winterpeil beschikbaar is, wat bij veel afvoer de opstuwing is in de watergangen en hoeveel water kan worden vastgehouden door stuweieren te verhogen.

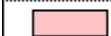
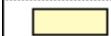
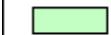


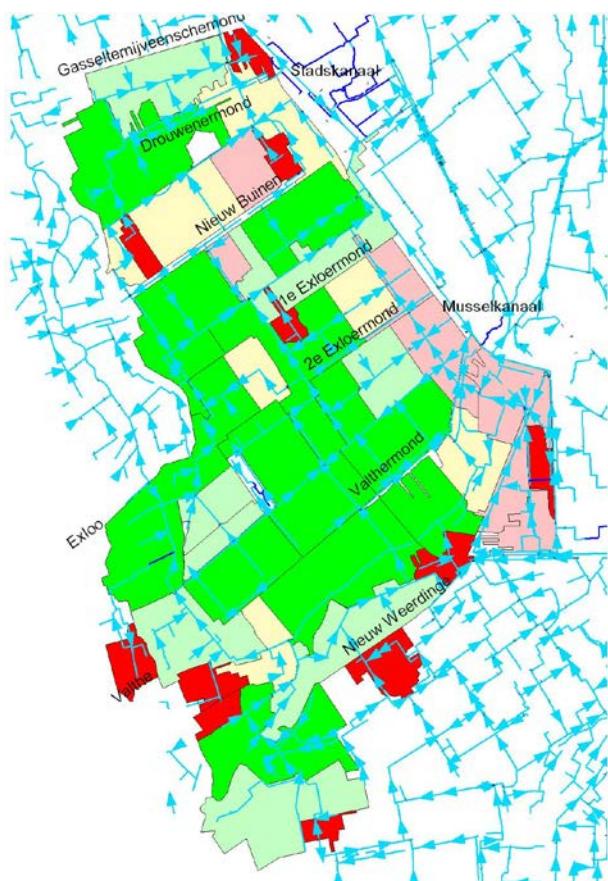
- Berekende berging in open water t.o.v. winterpeil**

De bovenbreedte van alle (schouw)sloten is verzameld en via een aantal geavanceerde GIS bewerkingen is in stappen van 20 cm de beschikbare berging in het open water t.o.v. winterpeil berekend.

Samengevat is er vanaf het winterpeil tot WP+1.20 m (zie bijlage 1 en 2):

- in 20 peilgebieden een berging van ongeveer 100.000 tot 335.000 m³, gemiddeld 188.000 m³
- in 6 peilgebieden een berging van ongeveer 50.000 tot 100.000 m³
- in 7 peilgebieden een berging van ongeveer 25.000 tot 50.000 m³
- in 11 peilgebieden een berging van ongeveer 2.000 tot 25.000 m³.

	2000 - 24999
	25000 - 49999
	50000 - 99999
	100000 - 149999
	150000 - 340000



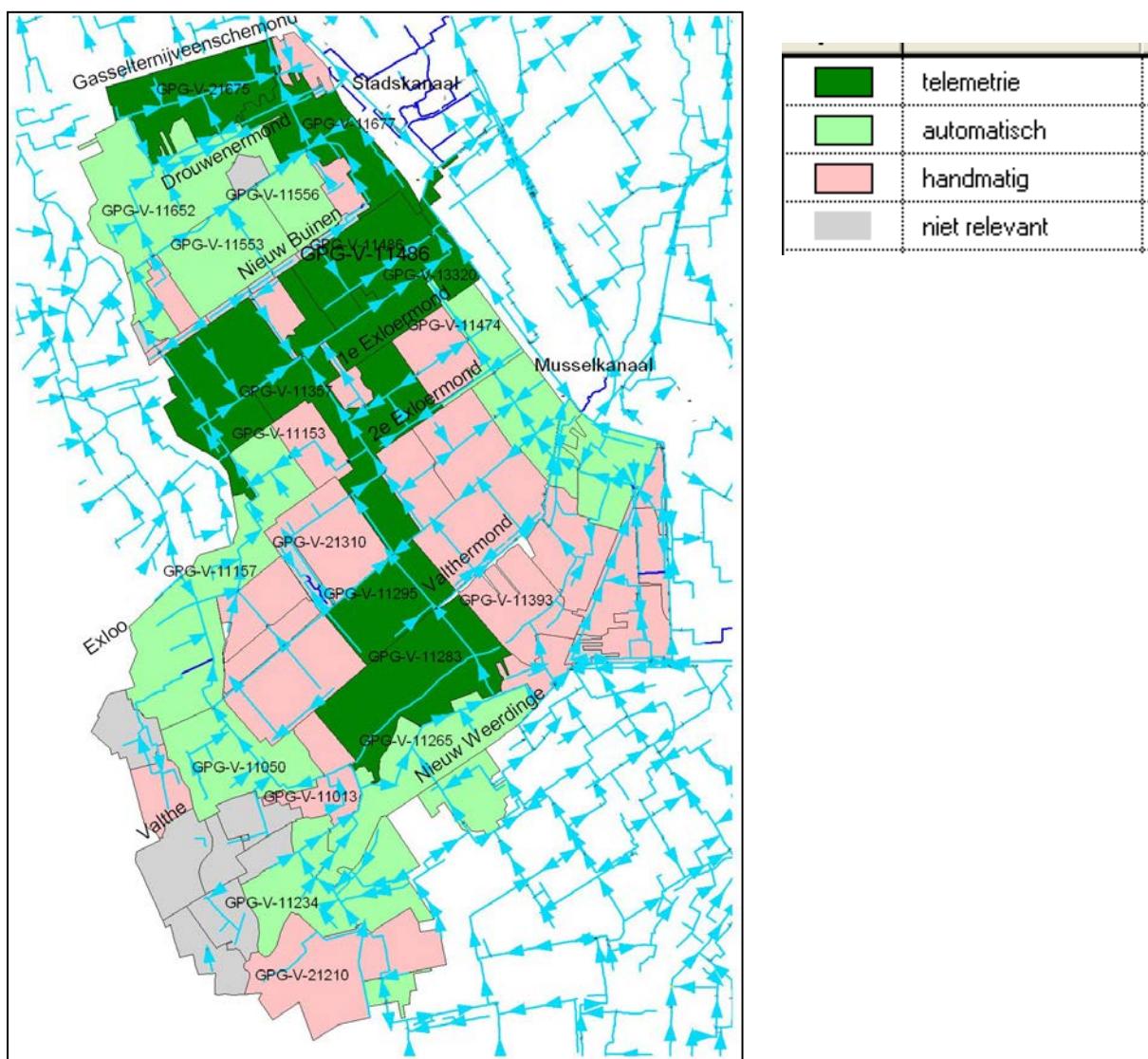
• Oppervlaktewatermodel

Bij veel afvoer is er sprake van opstuwing in de watergangen en bij een afvoerpiek is hierdoor minder dan de berekende berging t.o.v. het winterstreefpeil beschikbaar.

In bepaalde peilgebieden is relatief veel berging beschikbaar maar kan het vanwege een relatief gering debiet enkele dagen duren voordat deze berging is gevuld. Omdat het in dit project gaat om het afvlakken van de afvoerpieken is naast de totale berging het aantal m³ dat in 24 uur kan worden geborgen van belang.

Om met bovenstaande rekening te houden is van het betreffende gebied een (Sobek) oppervlaktewatermodel gebouwd (bijlage 3), en m.b.v. het model is geanalyseerd welke stuwen in principe geschikt zijn om water mee vast te houden en hoeveel m³ kan worden vastgehouden.

• Huidige bediening



- Gebied Stuw Gasselternijveenschemond**

In bijlage 4 staan de berekeningresultaten.

Samengevat zijn de conclusies:

Gebied Stuw Gasselternijveenschemond					
Naam	Peilgebied	Huidige bediening	Actie	Sturen op gemeten waterstanden bij	Maximale verhoging
Stuw Gasselternijveenschemond	PGP-V-11677	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	PGP-V-11556, benedenstroombaanpas	1.00
Stuw N-374 S5 midden	PGP-V-11553	automatisch	op telemetrie brengen	meetlocatie bovenstroombaanpas	1.00
Noorderdiep Drouwenermond	PGP-V-11652	automatisch	op telemetrie brengen	meetlocatie bovenstroombaanpas	0.85
Pleuger gemaal	PGP-V-21675	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	PGP-V-11652, benedenstroombaanpas	0.95

Wanneer in extreme omstandigheden in bovenstaande 4 peilgebieden de peilen maximaal worden verhoogd, waarbij de waterstanden nog net beneden maaiveld blijven, kan in 1 dag ongeveer 279.000 m³ worden vastgehouden.

- Gebied Stuw Vleddermond**

In bijlage 5 staan de berekeningresultaten.

Samengevat zijn de conclusies:

Gebied Stuw Vleddermond					
Naam	Peilgebied	Huidige bediening	Actie	Sturen op gemeten waterstanden bij	Maximale verhoging
Windmolenstuw	PGP-V-11050	automatisch	op telemetrie brengen	nieuw bij PGP-V-11013	0.65
Naber 1e Exloermond	PGP-V-11157	automatisch	op telemetrie brengen	Stuw Nijhof, benedenstroombaanpas	0.80
<i>Stuw Nijhof, is deel van peilgebied</i>	<i>PGP-V-11157</i>	<i>telemetrie</i>	<i>in extreme situaties peil verhogen</i>	<i>PGP-V-11050, benedenstroombaanpas</i>	
Stuw Vleddermond	PGP-V-13320	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	PGP-V-11181, benedenstroombaanpas	0.80
Gemaal Nieuw Buinen	PGP-V-11486	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	meetlocatie bovenstroombaanpas	0.65
Woldweg	PGP-V-21210	handmatig	op telemetrie brengen	PGP-V-21186, benedenstroombaanpas	1.00
Noordveen	PGP-V-11234	automatisch	op telemetrie brengen	PGP-V-21210, benedenstroombaanpas	0.90
Vledders	PGP-V-11265	automatisch	op telemetrie brengen	PGP-V-11234, benedenstroombaanpas	0.65
Doorschnee Valthermond	PGP-V-11283	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	PGP-V-11265, benedenstroombaanpas	0.50
Valtherdreef	PGP-V-11295	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	PGP-V-11283, benedenstroombaanpas	0.90
Poelman/Mondenweg Noord	PGP-V-11357	telemetrie	in extreme situaties peil verhogen	PGP-V-11295, benedenstroombaanpas	0.80
Stuw 1e Exloermond	PGP-V-11474	automatisch	op telemetrie brengen	PGP-V-11461, benedenstroombaanpas	1.00
Inlaat Lokkersluis	KIN-V-11372		op telemetrie brengen		

Wanneer in extreme omstandigheden in bovenstaande 12 peilgebieden de peilen maximaal worden verhoogd, waarbij de waterstanden nog net beneden maaiveld blijven, kan in 1 dag ongeveer 938.000 m³ worden vastgehouden.

Voor het peilbeheer in de zomer is het gewenst dat inlaat Lokkersluis op telemetrie wordt gebracht.

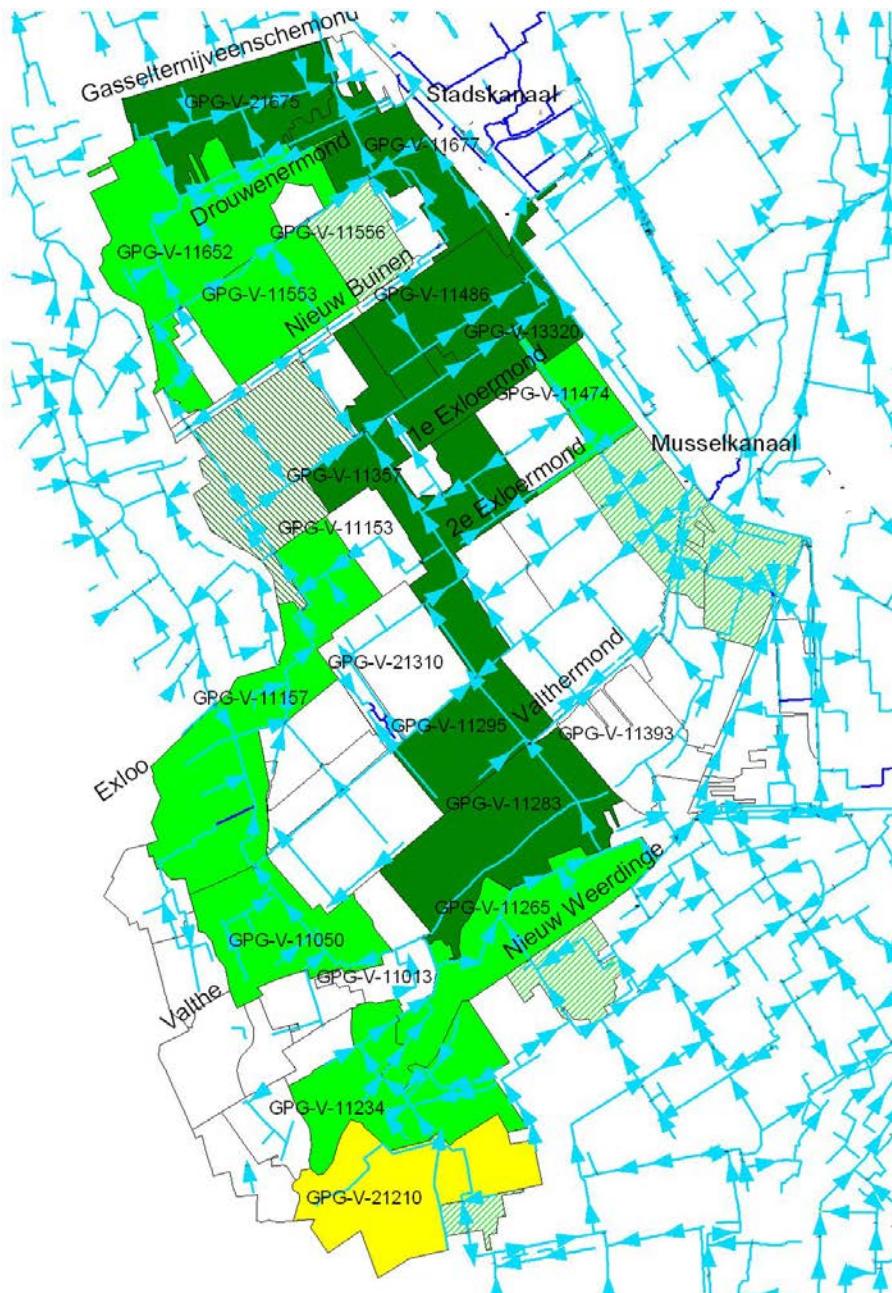
- **Verandering bediening**

Donker groen = al telemetrie, peil in extreme omstandigheden verhogen
 (Donker groen gestreept = al telemetrie maar peil niet verhogen)

Groen = van automatisch naar telemetrie

(Groen gestreept = al automatisch maar niet op telemetrie brengen)

Geel = van handmatig naar telemetrie



- **Samenvatting**

Om ook in de toekomst wateroverlast op de boezem in extreem natte perioden onder controle te houden moet het in de Veenkoloniën voor eind 2015 mogelijk zijn om 1 miljoen m³ water vast te houden.

In extreme omstandigheden kan in het gebied De Monden door bij 16 kunstwerken de peilen maximaal te verhogen, waarbij de waterstanden nog net beneden maaiveld blijven, in 1 dag ongeveer 1.217.000 m³ worden vastgehouden.

Om de wateroverlast in het gebied zoveel mogelijk te beperken wordt geprobeerd de waterstanden niet hoger dan 50 cm beneden maaiveld te laten stijgen. In het gebied De Monden kan dan ongeveer 600.000 m³ worden geborgen.

Van de betreffende 16 kunstwerken kunnen al 8 via telemetrie worden bediend, 7 zijn lokaal geautomatiseerd en 1 wordt handmatig bediend. De lokaal geautomatiseerde en handmatig bediende stuwen zullen op telemetrie moeten worden gebracht om in extreem natte perioden op het juiste moment de peilen te kunnen verhogen en verlagen.

De kunstwerken worden op telemetrie gebracht om in extreme omstandigheden water te kunnen vasthouden. Een belangrijk bijkomend voordeel is dat tegelijkertijd in normale omstandigheden sneller op veranderende weersomstandigheden kan worden gereageerd.

- **Vervolg**

Voorbereiding

- De voor het deelgebied De Monden uitgevoerde berekeningen en analyse ook uitvoeren voor de overige deelgebieden in de Veenkoloniën.
- Vastleggen waar en hoeveel de peilen in extreme omstandigheden worden verhoogd, en deze maatregel opnemen in het calamiteitenplan.

Bij een waterstand van 1.05 m+NAP op de Eemskanaal-Dollardboezem wordt o.a. besloten over het verhogen van de waterstanden op de bovenstrooms gelegen hoofdkanalen. In het calamiteitenplan zal kunnen worden opgenomen dat bij deze waterstand ook wordt besloten over het verhogen van de waterstanden in de Veenkoloniën tot 50 cm beneden maaiveld.

Bij een waterstand van 1.26 m+NAP op de Eemskanaal-Dollardboezem wordt o.a. besloten over de inzet van reguliere bergingspolders en het verhogen van polderwaterstanden tot maximaal het laagste maaiveld. In het calamiteitenplan zal kunnen worden opgenomen dat bij deze waterstand ook wordt besloten over het verhogen van de waterstanden in de Veenkoloniën tot net beneden maaiveld.

Uitvoering

- Kan het in extreme omstandigheden gewenste hogere peil technisch worden gerealiseerd (kan de klep voldoende hoog worden opgetrokken) ?
- Inventariseren benodigde werkzaamheden en kosten voor het op telemetrie brengen van de betreffende kunstwerken.
- In extreme omstandigheden zijn de (gemeten) waterstanden bovenstrooms in het peilgebied van belang.
Nagaan of de bij de eerstvolgende stuwtoren gemeten benedenstroomse waterstanden kunnen worden gebruikt (meetbereik).
In een aantal peilgebieden is een nieuwe meetlocatie gewenst.
- In normale omstandigheden wordt gestuurd op de gemeten waterstanden bij de stuwtoren.
Nagaan of het met de besturingsssoftware mogelijk is om in extreme omstandigheden te kiezen voor sturing op de gemeten waterstanden bovenstrooms in het peilgebied.

- Bijlage 1.1: Berekende berging in open water gesorteerd op peilgebiednummer**

peilgebied	wp	wp+0.20	wp+0.4	wp+0.6	wp+0.8	wp+1.0	wp+1.2
PGP-V-11013	0	11337	26363	42442	59781	78290	98023
PGP-V-11022	88	914	914	2163	4008	6380	9238
PGP-V-11033	16	1088	2286	4019	6045	8507	11411
PGP-V-11050	0	12315	29799	53199	79190	107471	138428
PGP-V-11077	2	41	121	303	704	1327	2201
PGP-V-11126	0	13691	41061	78709	122033	167928	216583
PGP-V-11129	18919	38859	59691	81442	104116	127721	128440
PGP-V-11132	0	0	24808	52000	80618	110648	142085
PGP-V-11153	13598	28460	44272	61004	78687	97313	97963
PGP-V-11157	10960	24814	43598	66410	93846	127825	151365
PGP-V-11179	414	4424	10312	16565	23186	30171	36773
PGP-V-11181	9917	26268	61644	113867	172953	236998	291994
PGP-V-11234	165	25368	53843	85154	120195	157967	198106
PGP-V-11256	0	2460	5190	9253	13780	18799	24327
PGP-V-11265	807	14637	34009	55757	80781	108549	138130
PGP-V-11283	39413	81501	129301	184946	245563	315533	336615
PGP-V-11295	17102	39281	65536	95440	127264	161128	172928
PGP-V-11342	24255	51743	89679	135812	185860	239332	262021
PGP-V-11357	15360	37289	67436	103293	142467	184920	208716
PGP-V-11368	0	382	1280	2621	4560	7034	9802
PGP-V-11382	0	1674	3660	6083	9137	12757	17025
PGP-V-11393	22317	46299	73303	103086	135880	171179	197607
PGP-V-11436	1127	3342	6858	11947	18674	27233	33951
PGP-V-11456	8302	18258	33982	51897	71289	92207	102716
PGP-V-11461	210	529	3094	7776	16784	29256	43592
PGP-V-11468	501	3007	11916	22816	35085	48442	62094
PGP-V-11474	0	555	5149	13677	23872	34892	47020
PGP-V-11486	2051	13131	33053	59644	93989	132317	169237
PGP-V-11553	3	1649	7741	18273	33759	55563	82587
PGP-V-11556	333	1726	4559	9521	17307	27715	39269
PGP-V-11564	232	563	1370	2897	5206	8119	10962
PGP-V-11623	111	290	516	902	2484	5036	8429
PGP-V-11652	6122	18169	51621	99821	159265	228250	294302
PGP-V-11677	1913	5254	13214	27815	46151	66452	85799
PGP-V-13320	0	12282	28535	48162	71003	96614	125571
PGP-V-21186	1	2976	6138	9506	13240	17295	21677
PGP-V-21210	24	18505	38649	60481	84157	109452	136333
PGP-V-21310	25249	56501	93327	135315	179296	225313	239988
PGP-V-21420	6884	14432	22978	32561	43595	56440	60997
PGP-V-21617	0	876	2300	4832	8774	13369	18550
PGP-V-21675	887	5787	16478	32831	56132	84581	114971
PGP-W-13160	0	2215	5303	9275	14203	20050	26942
PGP-W-13165	0	191	749	1543	2677	4184	6119
PGP-W-13175	0	1179	3149	5908	10811	18327	27391

- Bijlage 1.2: Berekende berging in open water gesorteerd op
berging bij WP+1.20**

peilgebied	wp	wp+0.20	wp+0.4	wp+0.6	wp+0.8	wp+1.0	wp+1.2
PGP-V-11283	39413	81501	129301	184946	245563	315533	336615
PGP-V-11652	6122	18169	51621	99821	159265	228250	294302
PGP-V-11181	9917	26268	61644	113867	172953	236998	291994
PGP-V-11342	24255	51743	89679	135812	185860	239332	262021
PGP-V-21310	25249	56501	93327	135315	179296	225313	239988
PGP-V-11126	0	13691	41061	78709	122033	167928	216583
PGP-V-11357	15360	37289	67436	103293	142467	184920	208716
PGP-V-11234	165	25368	53843	85154	120195	157967	198106
PGP-V-11393	22317	46299	73303	103086	135880	171179	197607
PGP-V-11295	17102	39281	65536	95440	127264	161128	172928
PGP-V-11486	2051	13131	33053	59644	93989	132317	169237
PGP-V-11157	10960	24814	43598	66410	93846	127825	151365
PGP-V-11132	0	0	24808	52000	80618	110648	142085
PGP-V-11050	0	12315	29799	53199	79190	107471	138428
PGP-V-11265	807	14637	34009	55757	80781	108549	138130
PGP-V-21210	24	18505	38649	60481	84157	109452	136333
PGP-V-11129	18919	38859	59691	81442	104116	127721	128440
PGP-V-13320	0	12282	28535	48162	71003	96614	125571
PGP-V-21675	887	5787	16478	32831	56132	84581	114971
PGP-V-11456	8302	18258	33982	51897	71289	92207	102716
PGP-V-11013	0	11337	26363	42442	59781	78290	98023
PGP-V-11153	13598	28460	44272	61004	78687	97313	97963
PGP-V-11677	1913	5254	13214	27815	46151	66452	85799
PGP-V-11553	3	1649	7741	18273	33759	55563	82587
PGP-V-11468	501	3007	11916	22816	35085	48442	62094
PGP-V-21420	6884	14432	22978	32561	43595	56440	60997
PGP-V-11474	0	555	5149	13677	23872	34892	47020
PGP-V-11461	210	529	3094	7776	16784	29256	43592
PGP-V-11556	333	1726	4559	9521	17307	27715	39269
PGP-V-11179	414	4424	10312	16565	23186	30171	36773
PGP-V-11436	1127	3342	6858	11947	18674	27233	33951
PGP-W-13175	0	1179	3149	5908	10811	18327	27391
PGP-W-13160	0	2215	5303	9275	14203	20050	26942
PGP-V-11256	0	2460	5190	9253	13780	18799	24327
PGP-V-21186	1	2976	6138	9506	13240	17295	21677
PGP-V-21617	0	876	2300	4832	8774	13369	18550
PGP-V-11382	0	1674	3660	6083	9137	12757	17025
PGP-V-11033	16	1088	2286	4019	6045	8507	11411
PGP-V-11564	232	563	1370	2897	5206	8119	10962
PGP-V-11368	0	382	1280	2621	4560	7034	9802
PGP-V-11022	88	914	914	2163	4008	6380	9238
PGP-V-11623	111	290	516	902	2484	5036	8429
PGP-W-13165	0	191	749	1543	2677	4184	6119
PGP-V-11077	2	41	121	303	704	1327	2201

- **Bijlage 1.3: Sobek model**

Uitgegaan is van de in 1998 gemeten afvoeren bij Stuw Vleddermond. Deze zijn omgerekend naar een afvoergolf per ha.

De via een aantal GIS bewerkingen berekende open water berging van de (schouw)sloten is per peilgebied in 1 “connection node with storage” ingevoerd. Met de open water berging in de waterschapswatergangen wordt via de ingevoerde profielen (“cross sections”) rekening gehouden.

Om alleen het effect van het optrekken van stuwen inzichtelijk te maken is in de basisberekening ervan uitgegaan dat alle stuwen zijn geautomatiseerd.

In het model zijn de duikers niet gemodelleerd, oftewel de opstuwing wordt onderschat.

Het model is eerst met een stationaire afvoer Q (afvoer met een frequentie van 1x per jaar) doorgerekend. Per peilgebied is, o.b.v. de berekende opstuwing bij een Q afvoer en rekening houdende met het aantal duikers en uitgaande van een drooglegging van 1.20 m bij winterpeil, een inschatting gemaakt van of en hoeveel de stuw theoretisch kan worden verhoogd. Hierna zijn rekening houdende met de via GIS berekende berging en de onderlinge (peil)relatie tussen peilgebieden een aantal stuwen geselecteerd die in principe geschikt zijn om water mee te bergen.

In variant 1 zijn van de geselecteerde stuwen net voor de afvoerpiek op 28-10-1998 de stuweiken verhoogd. Gemiddeld zijn de peilen 0.85 m verhoogd.

In bepaalde peilgebieden is relatief veel berging beschikbaar maar duurt het vanwege een relatief gering debiet lang voordat de berging is gevuld. Omdat het in dit project gaat om het afvlakken van de afvoerpieken is naast de totale berging het aantal m³ dat in 24 uur wordt geborgen bepaald.

Op bepaalde locaties wordt door een stuw te verhogen ook het peil in het bovenstroms peilgebied verhoogd en wordt hierdoor een deel van de berging in het bovenstroms peilgebied gebruikt.

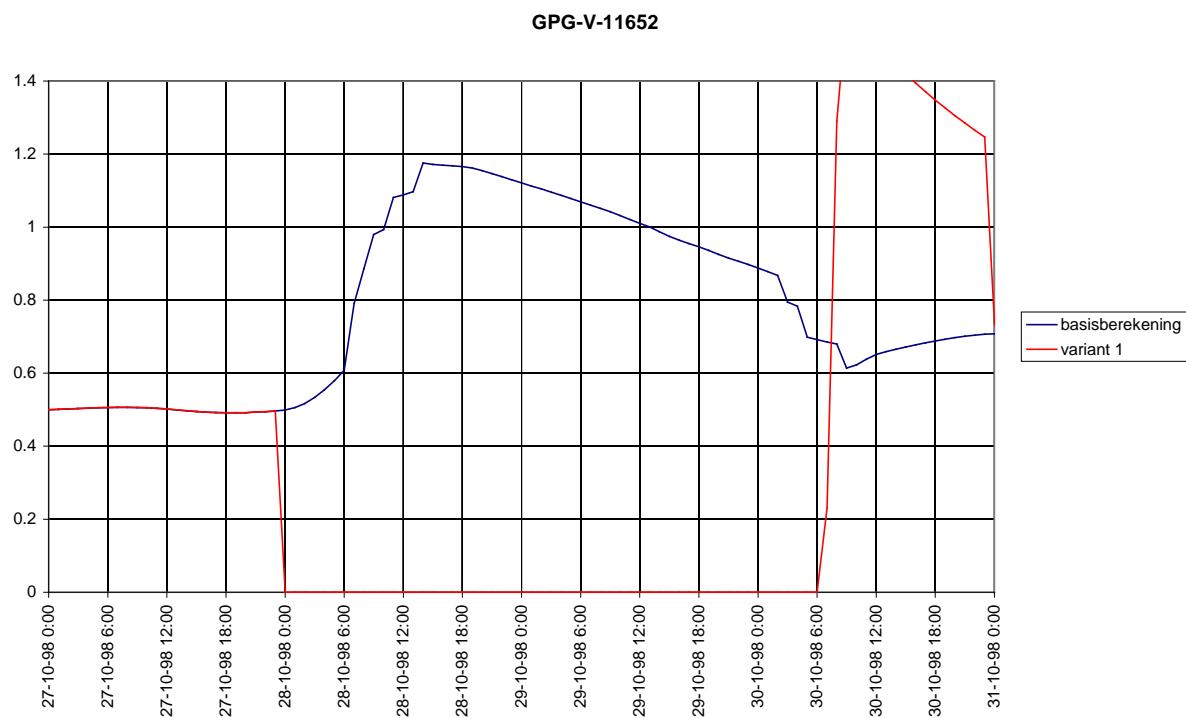
In het model zijn de stuweiken verhoogd waarna de waterstanden oplopen tot het nieuwe streefpeil. Als het nieuwe streefpeil is bereikt wordt het water weer afgevoerd. In het model gebeurt dit door de manier waarop e.e.a. is geschematiseerd redelijk abrupt waardoor het model vanaf dit moment een korte periode instabiel is. Dit is echter niet relevant voor de uitgevoerde berekeningen waarbij het gaat om het bepalen van de te bergen hoeveelheid water.

- **Bijlage 1.4: Modelresultaten, afvoergebied stuw Gasselternijveenschemond**

- **Peilgebied GPG-V-11652, Noorderdiep Drouwenermond**

792 ha, WP 3.40, bediening automatisch.

Variant 1: peil 0.85 m verhoogd



Het duurt 56 uur voordat de berging is gevuld.

In 56 uur wordt 190.000 m³, en in 24 uur 80.000 m³ geborgen.

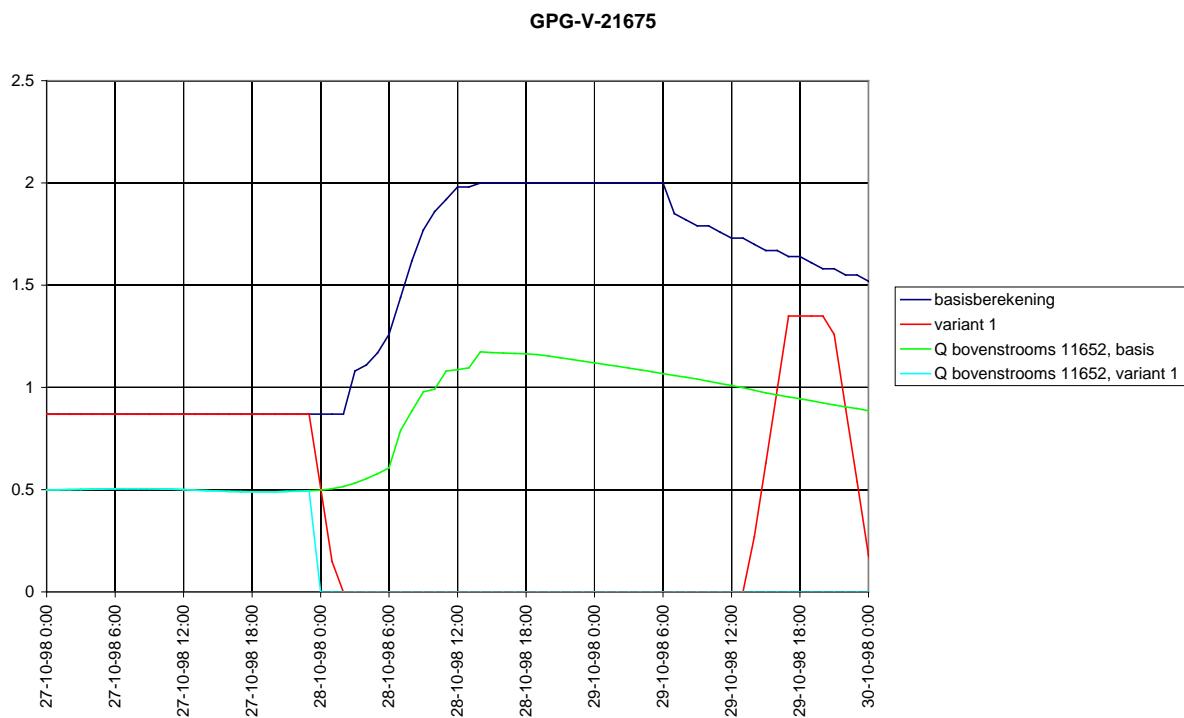
Relatief veel berging.

Conclusie: op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-21675, Pleuger gemaal**

512 ha, WP 2.90, bediening telemetrie.

Variant 1: peil 0.95 m verhoogd



Het duurt 38 uur voordat de berging is gevuld.

In 38 uur wordt 106.000 m³, en in 24 uur 65.000 m³ geborgen.

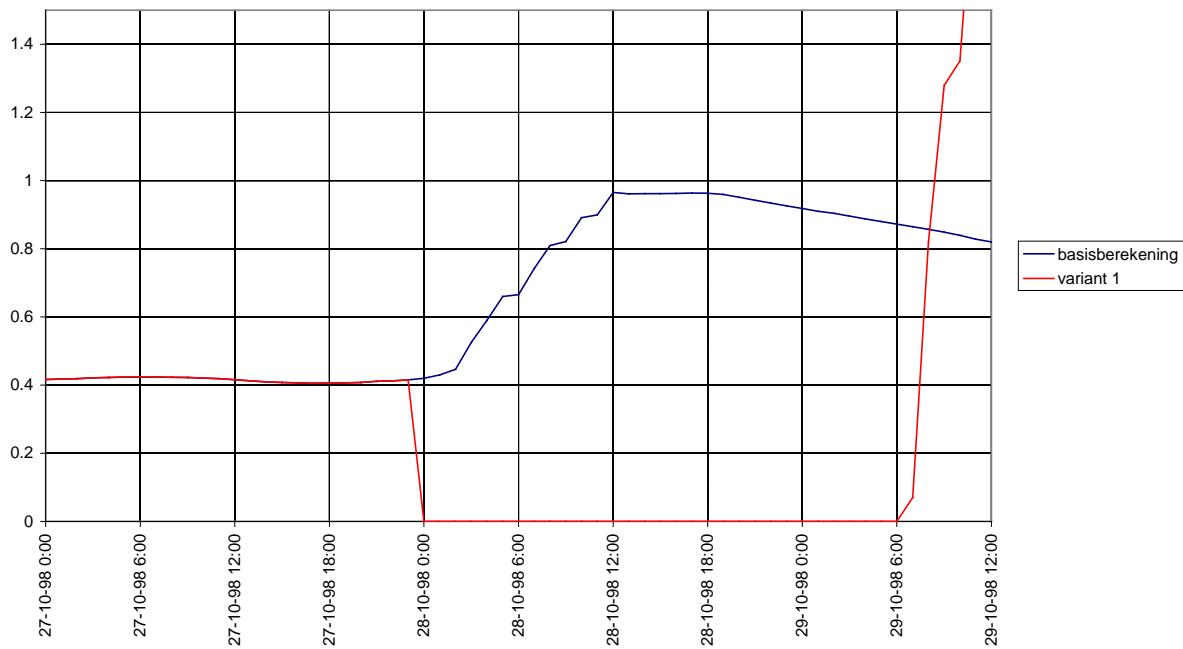
Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

- Peilgebied GPG-V-11553, Stuw N-374 S5 midden**

553 ha, WP 4.20, bediening automatisch.

Variant 1: peil 1.00 m verhoogd

GPG-V-11553



Het duurt 31 uur voordat de berging is gevuld.

In 31 uur wordt 92.000 m³, en in 24 uur 70.000 m³ geborgen.

Relatief veel berging.

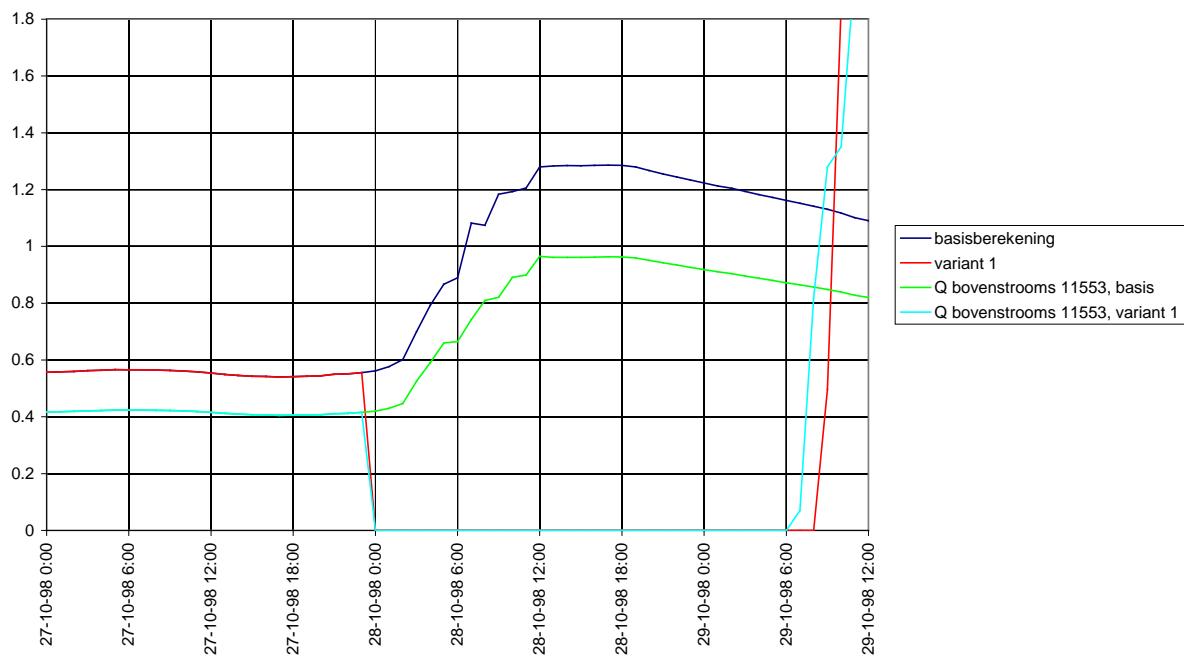
Conclusie: op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-11556, Stuw N-374 Stadskanaalzijde**

221 ha, WP 4.00, bediening automatisch.

Variant 1: peil 1.10 m verhoogd

PGP-V-11556



Het duurt 32 uur voordat de berging is gevuld.

In 32 uur wordt 32.000 m³, en in 24 uur 24.000 m³ geborgen.

Relatief weinig berging.

Vanwege het geringe peilverschil tussen 11556 (WP 4.00) en 11553 (WP 4.20) is wanneer alleen naar het inzetten van de berging wordt gekeken een optie om 11556 ipv 11553 op te meten te brengen om de berging in beide peilgebieden te gebruiken.

In de zomer wordt water aangevoerd naar peilgebied GPG-V-11652. Dit kan worden gestuurd via het peil bij peilgebied GPG-V-11553.

Rekening houdende met de wateraanvoer en omdat de berging in 11553 groter is dan in 11556 is het gewenst om 11553 op te meten te brengen.

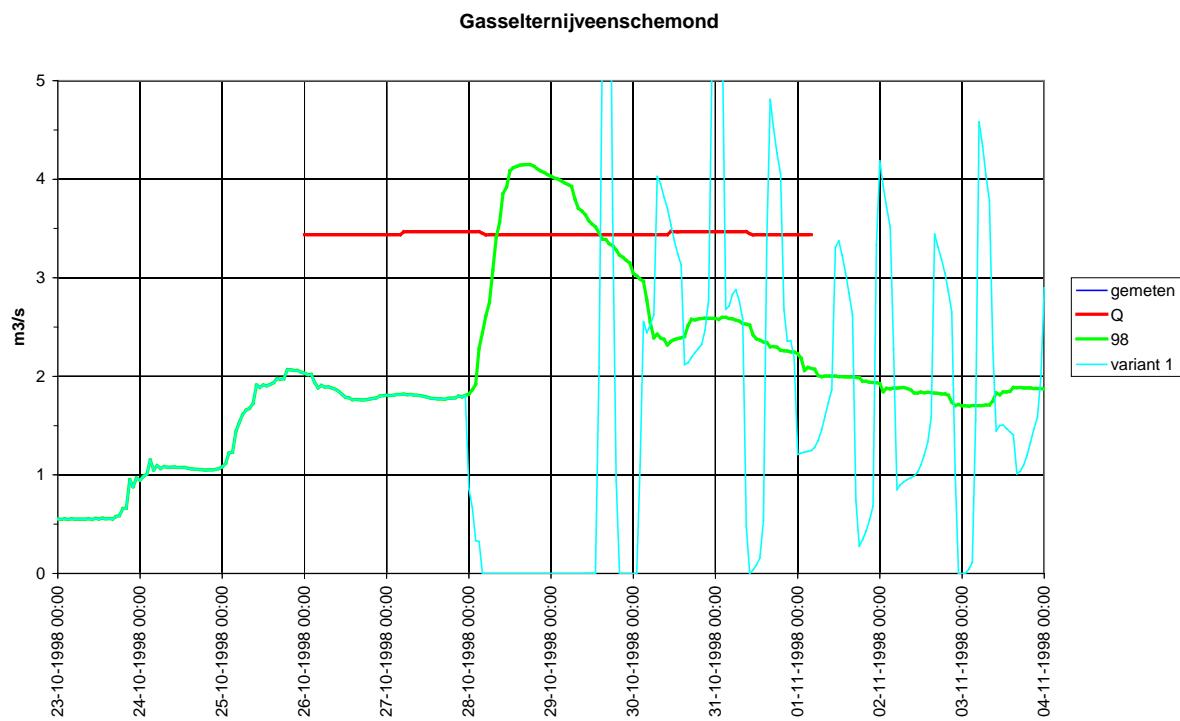
Conclusie: 11556 niet op te meten te brengen.

- Peilgebied GPG-V-11677, stuw Gasselternijveenschemond**

470 ha, WP 3.40, bediening telemetrie.

In natte perioden verdinkt deze stuw en uitgegaan is van een benedenstroomse waterstand van 3.60.

Variant 1: peil 1.00 m verhoogd



In bovenstaande figuur staat het totale effect van vasthouden in de verschillende peilgebieden.
Er wordt in totaal 484.000 m³ geborgen.

Door Gasselternijveenschemond te verhogen wordt 64.000 m³ geborgen.

Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

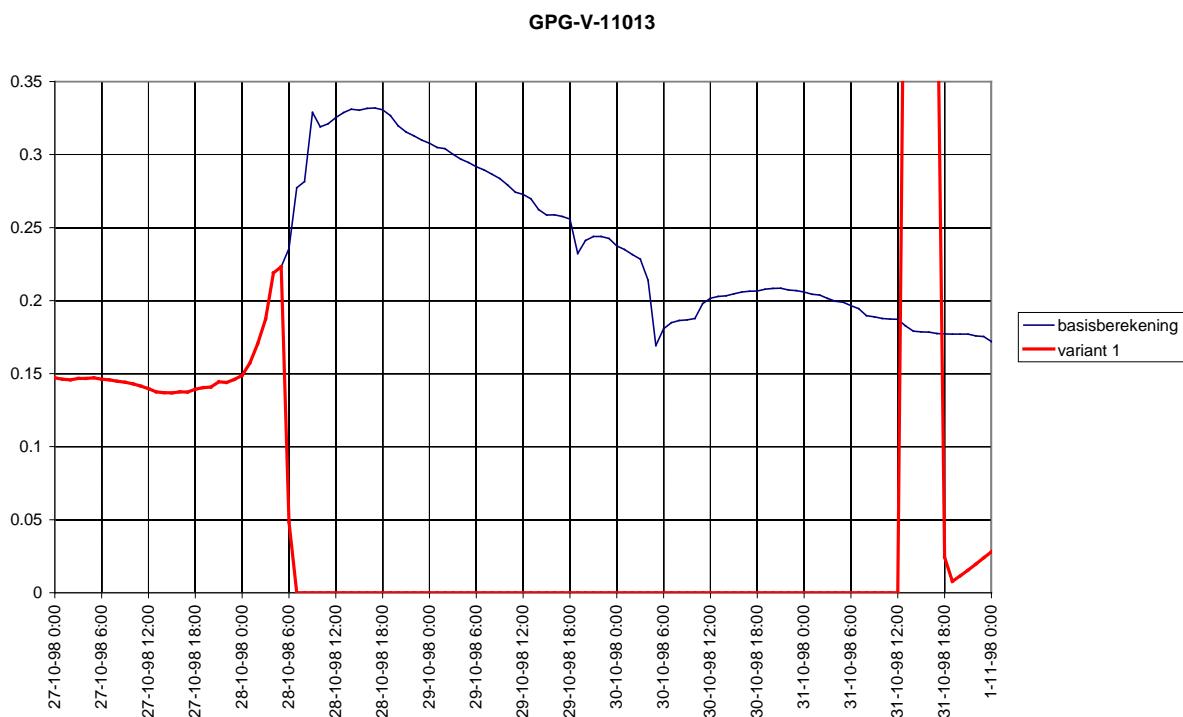
- **Bijlage 1.5: Modelresultaten, afvoergebied Vleddermond**

- **Peilgebied GPG-V-11013, Valtherdijk-West**

226 ha, WP 8.40, bediening handmatig.

Bovenstrooms peilgebied.

Variant 1: peil 1.00 m verhoogd



Het duurt 78 uur voordat de berging is gevuld.

In 48 uur wordt ongeveer 48.000 m³, en in 24 uur 27.000 m³ geborgen.

Relatief weinig berging in 24 en 48 uur.

Handmatige stuw, zal derhalve eventueel moeten worden geautomatiseerd en op telemetrie worden gebracht.

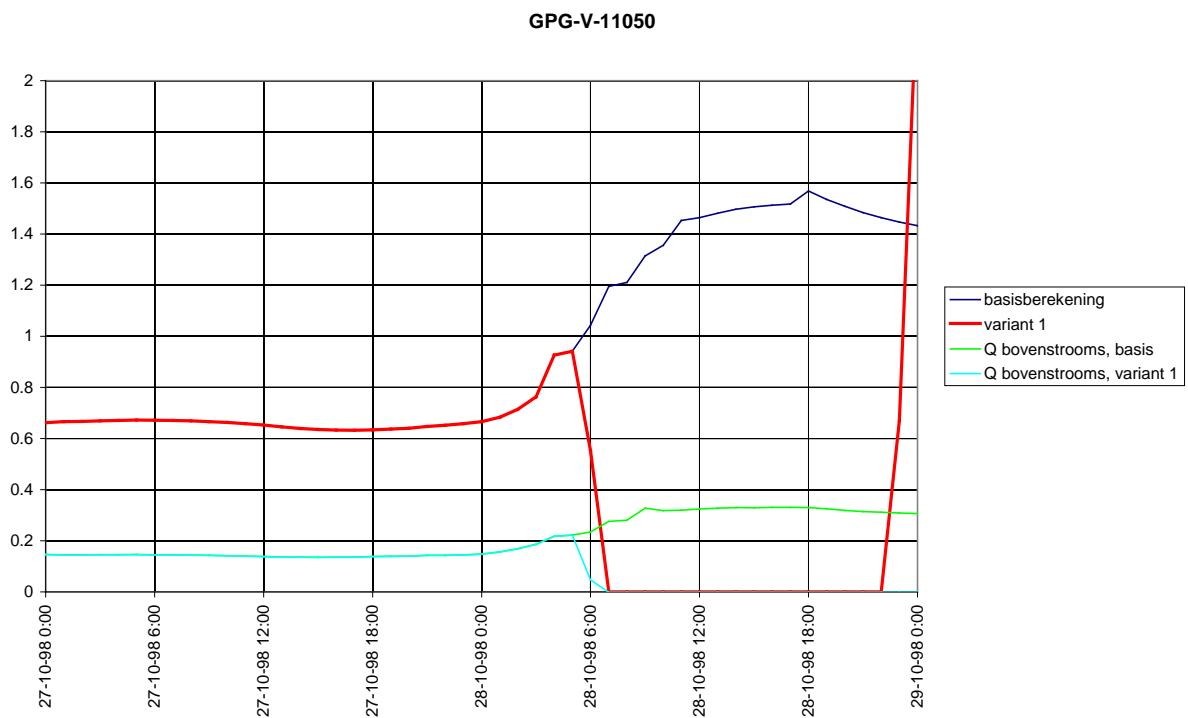
De berging wordt niet gebruikt via het verhogen van de benedenstroomse stuw (zie 11050 Windmolenstuw).

Conclusie: niet rendabel om op telemetrie te brengen.

- Peilgebied GPG-V-11050, Windmolenstuw**

497 ha, WP 7.70, bediening automatisch.

Variant 1: peil 0.65 m verhoogd



Het duurt 17 uur voordat de berging is gevuld.

Er wordt 69.000 m³ geborgen.

Conclusie: op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-11153, Noorderboerplaatsen**

178 ha, WP 7.50, bediening handmatig.

Bovenstrooms peilgebied.

Variant 1: peil 0.95 m verhoogd



Het duurt 143 uur voordat de berging is gevuld.

In 48 uur wordt ongeveer 40.000 m³, en in 24 uur 20.000 m³ geborgen.

Relatief weinig berging in 24 en 48 uur.

Handmatige stuw, zal derhalve eventueel moeten worden geautomatiseerd en op telemetrie worden gebracht.

De berging zal voor een klein deel worden gebruikt via het verhogen van de benedenstroomse stuw 11157.

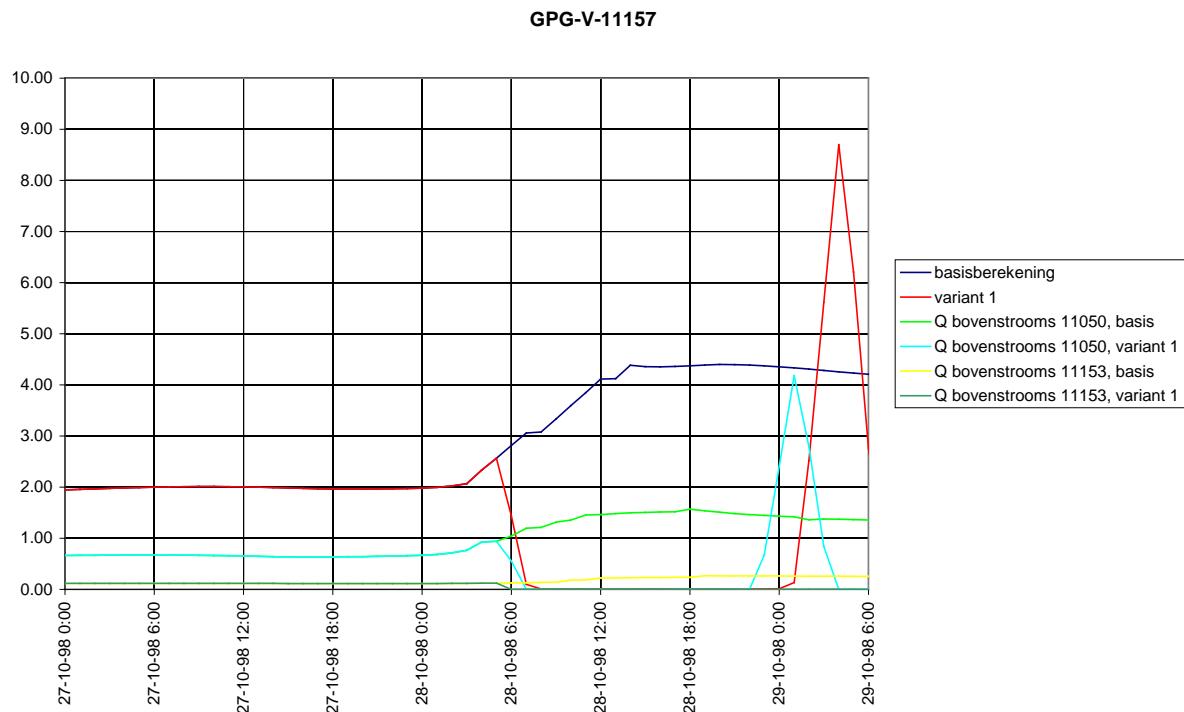
Conclusie: niet rendabel om op telemetrie te brengen.

- Peilgebied GPG-V-11157, Naber 1^e Exloermond**

Een deel van het peilgebied is nu de nieuwe stuwdijk Nijhof.

961 ha, WP 6.90, bediening automatisch.

Variant 1: peil 0.80 m verhoogd



Het duurt 18 uur voordat de berging is gevuld.

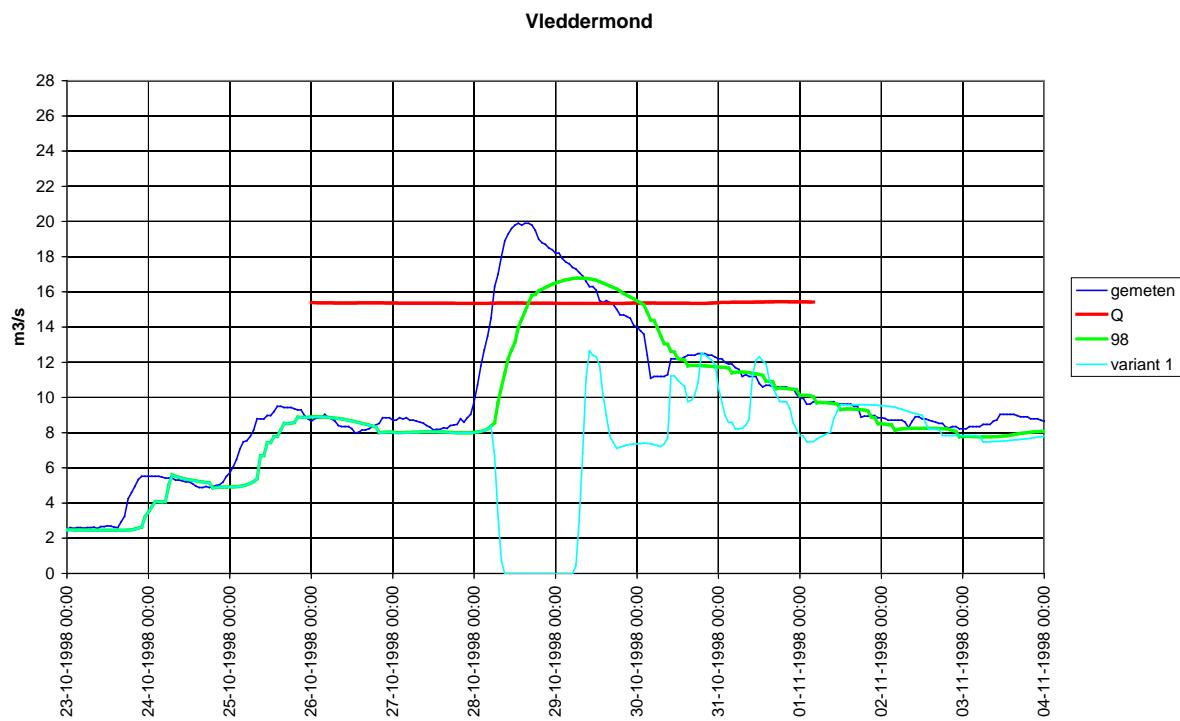
Er wordt 136.000 m³ geborgen.

Conclusie: op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-13320, Vleddermond**

521 ha, WP 5.70, bediening telemetrie.

Variant 1: peil 0.80 m verhoogd



In bovenstaande figuur staat het totale effect van vasthouden in de verschillende peilgebieden.
Er wordt in totaal 1.250.000 m³ geborgen.

Door Vleddermond 0.80 m te verhogen wordt er 150.000 m³ geborgen.

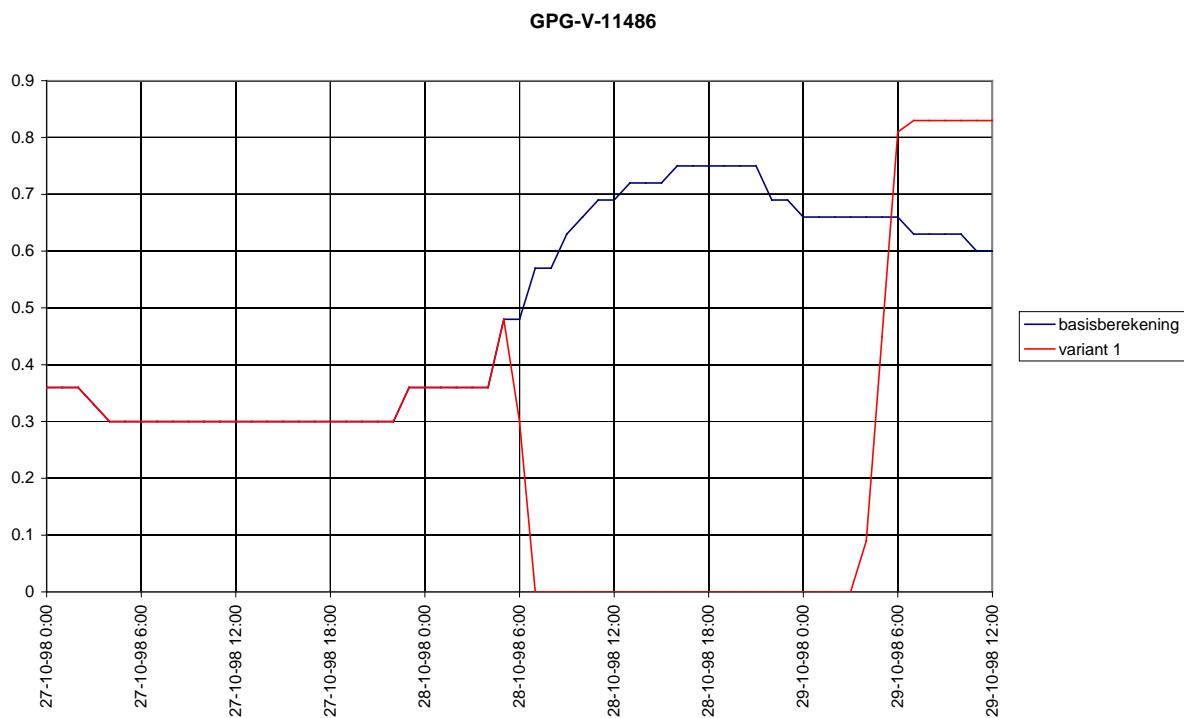
Dreefleiding, GPG-V-11181, wordt verhoogd via Vleddermond.

Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

- Peilgebied GPG-V-11486, Gemaal Nieuw Buinen**

496 ha, WP 4.90, bediening telemetrie.

Variant 1: peil 0.65 m verhoogd



Het duurt 22 uur voordat de berging is gevuld.

Er wordt 55.000 m³ geborgen.

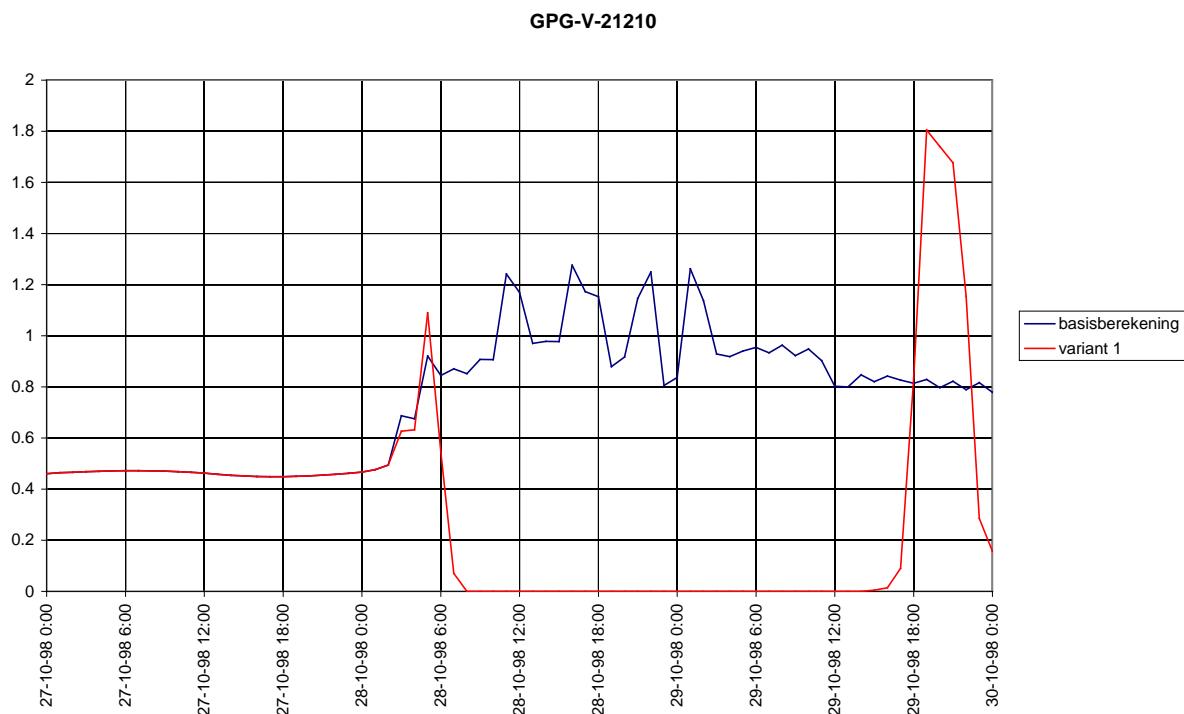
Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

- Peilgebied GPG-V-21210, Woldweg**

665 ha, WP 10.20, bediening handmatig.

Bovenstrooms peilgebied.

Variant 1: peil 1.00 m verhoogd



Het duurt 34 uur voordat de berging is gevuld.

In 34 uur wordt 120.000 m³, en in 24 uur 88.000 m³ geborgen.

Relatief veel berging.

Handmatige stuwtoren, zal derhalve moeten worden geautomatiseerd en op telemetrie worden gebracht.

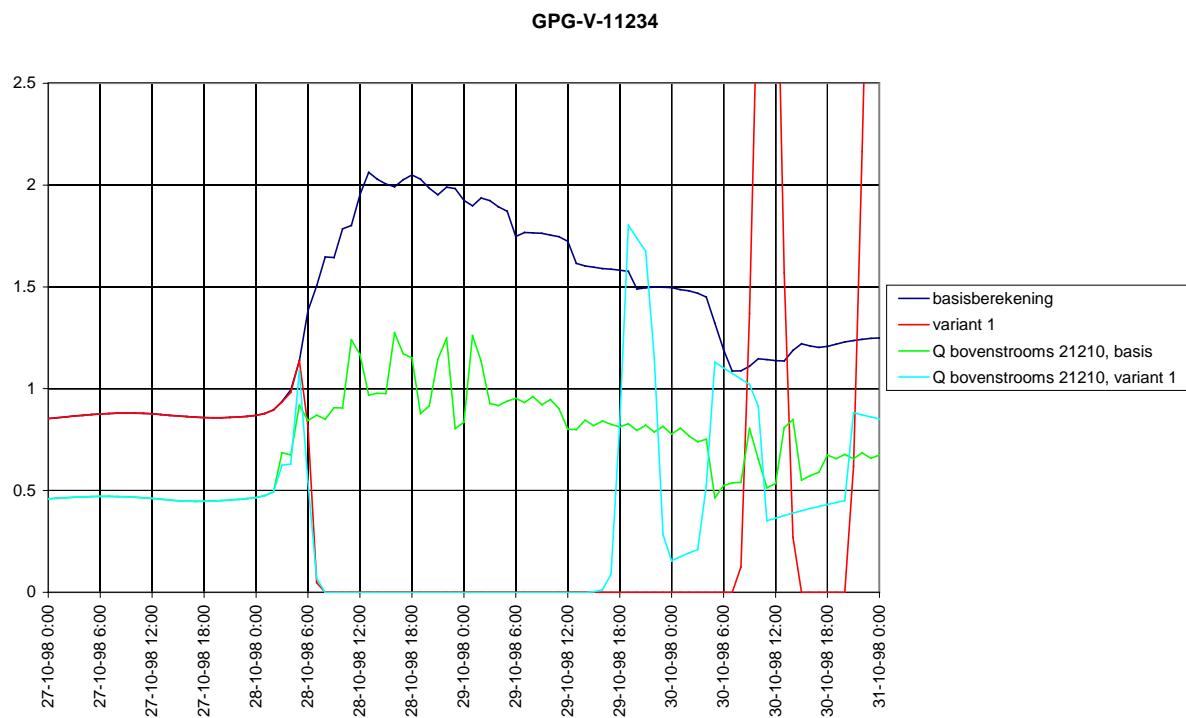
De berging zal voor een klein deel kunnen worden gebruikt via het verhogen van de benedenstroomse stuwtoren 11234.

Conclusie: automatiseren en op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-11234, Noordveen**

651 ha, WP 9.50, bediening automatisch.

Variant 1: peil 0.90 m verhoogd



Het duurt 35 uur voordat de berging is gevuld.

In 35 uur wordt 108.000 m³, en in 24 uur 76.000 m³ geborgen.

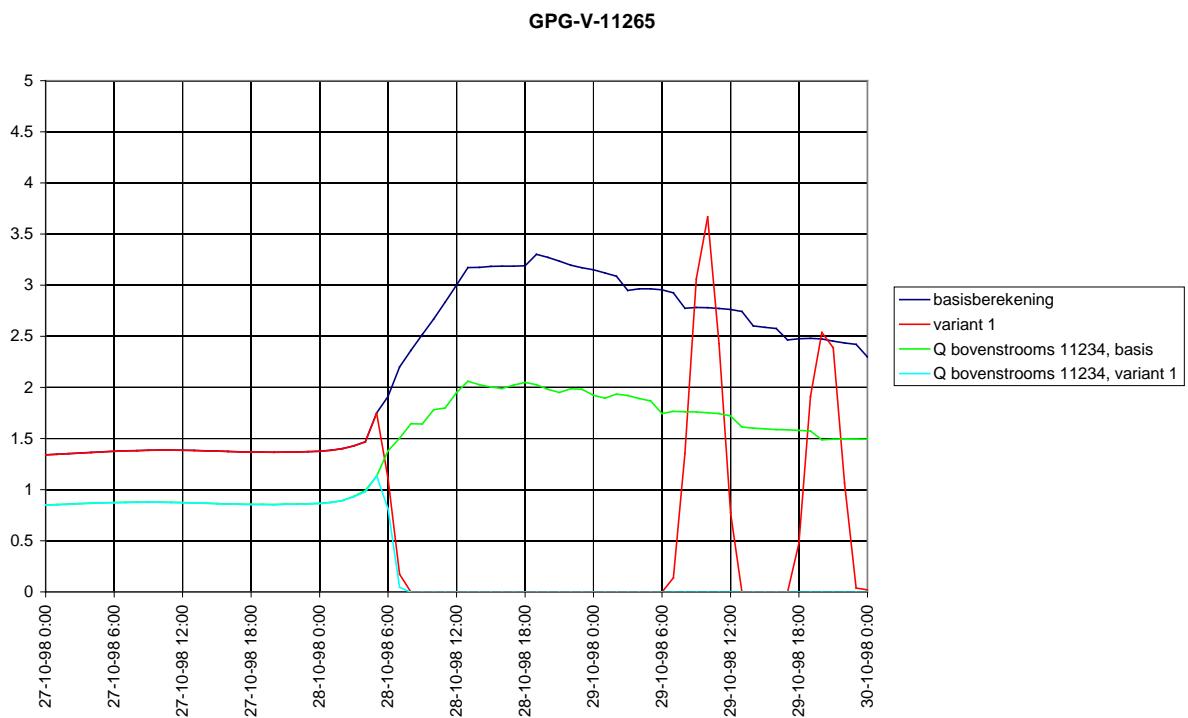
Relatief veel berging.

Conclusie: op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-11265, Vledders**

604 ha, WP 9.00, bediening automatisch.

Variant 1: peil 0.65 m verhoogd



Het duurt 50 uur voordat de berging is gevuld.

In 50 uur wordt 183.000 m³, en in 24 uur 95.000 m³ geborgen.

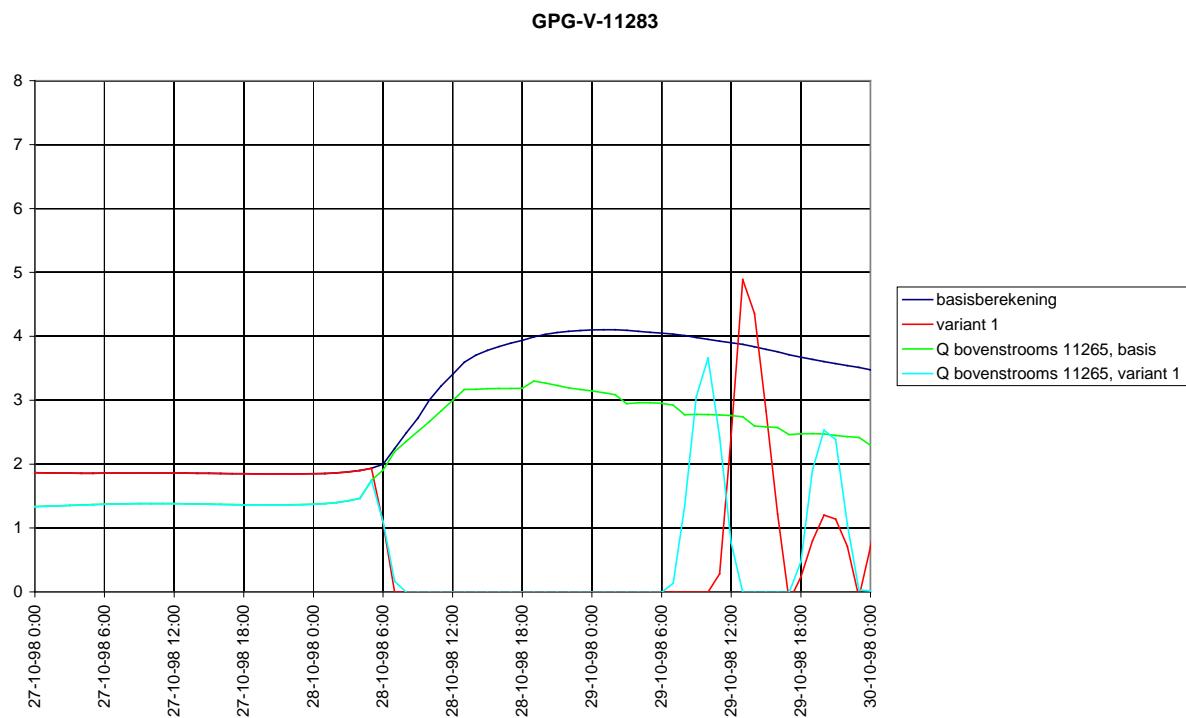
Relatief veel berging.

Conclusie: op telemetrie brengen.

- Peilgebied GPG-V-11283, Doorsnee Valthermoond**

758 ha, WP 8.10, bediening telemetrie.

Variant 1: peil 0.50 m verhoogd



Het duurt 25 uur voordat de berging is gevuld.

In 25 uur wordt 64.000 m³ geborgen.

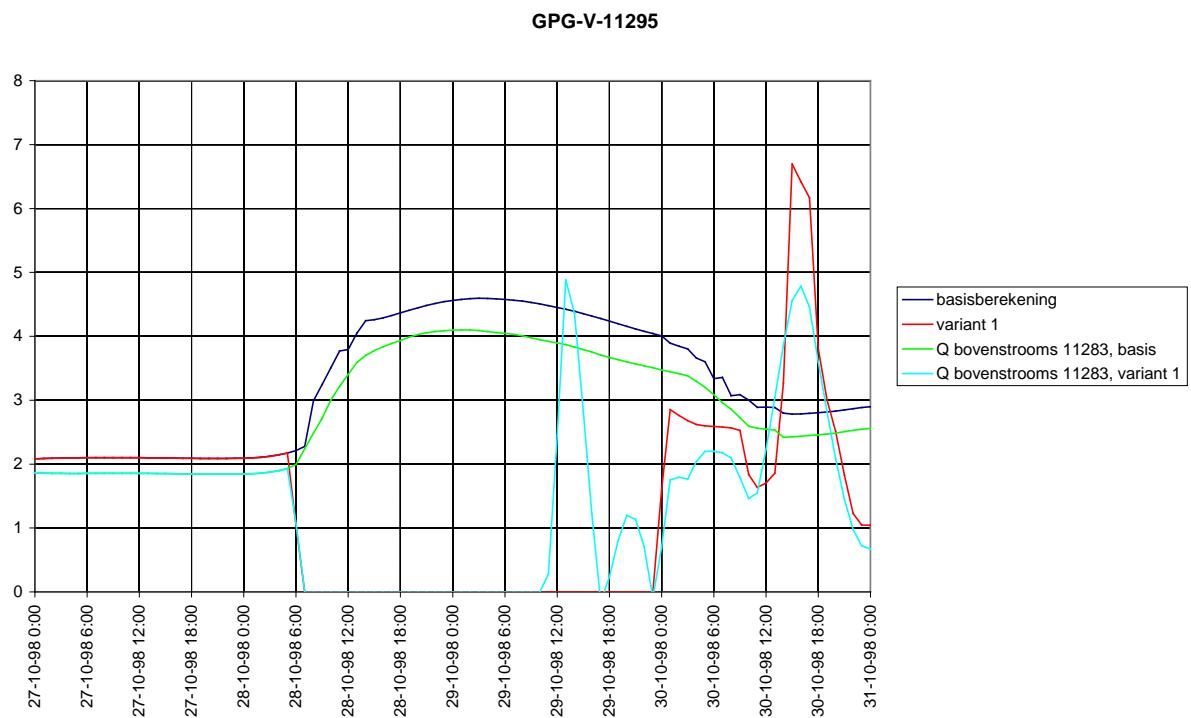
Relatief veel berging.

Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

- Peilgebied GPG-V-11295, Valtherdreef**

383 ha, WP 7.80, bediening telemetrie.

Variant 1: peil 0.90 m verhoogd



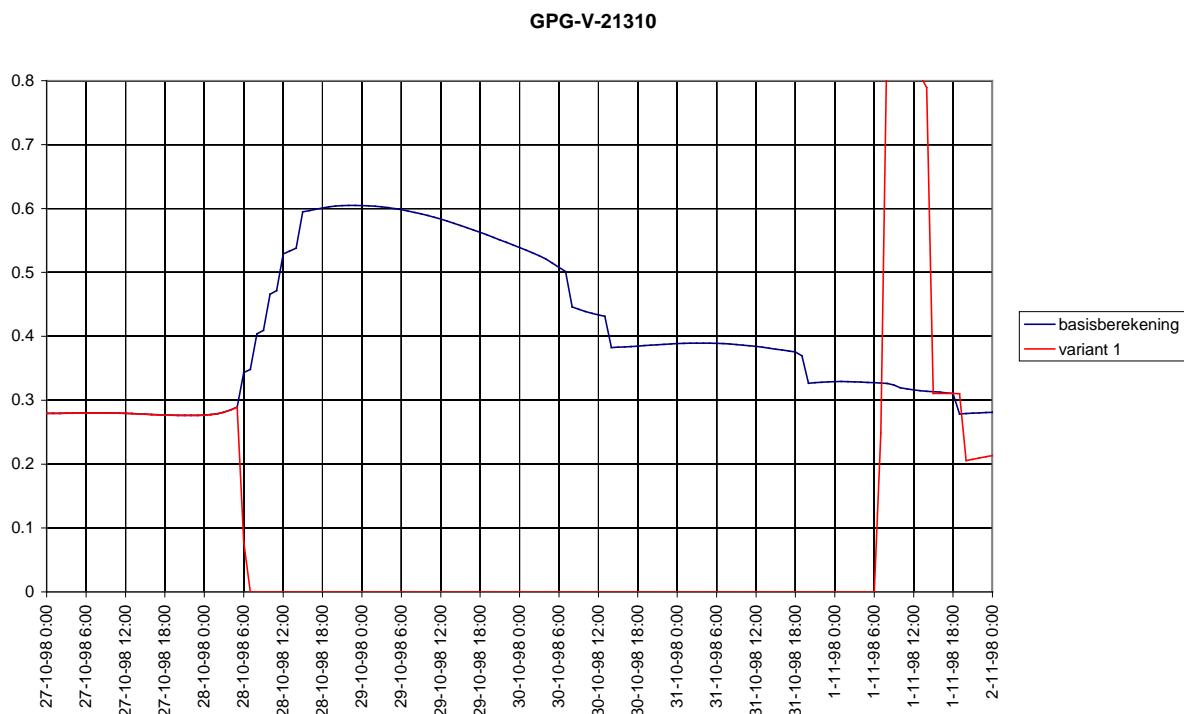
In 28 uur wordt 47.000 m³ geborgen.

Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

- Peilgebied GPG-V-21310, 2^e Exloermond West**

370 ha, WP 7.50, bediening handmatig.

Variant 1: peil 0.80 m verhoogd



Het duurt 96 uur voordat de berging is gevuld.

In 48 uur wordt 96.000 m³, en in 24 uur 48.000 m³ geborgen.

Relatief veel berging.

Handmatige stuw, zal derhalve moeten worden geautomatiseerd en op telemetrie worden gebracht.

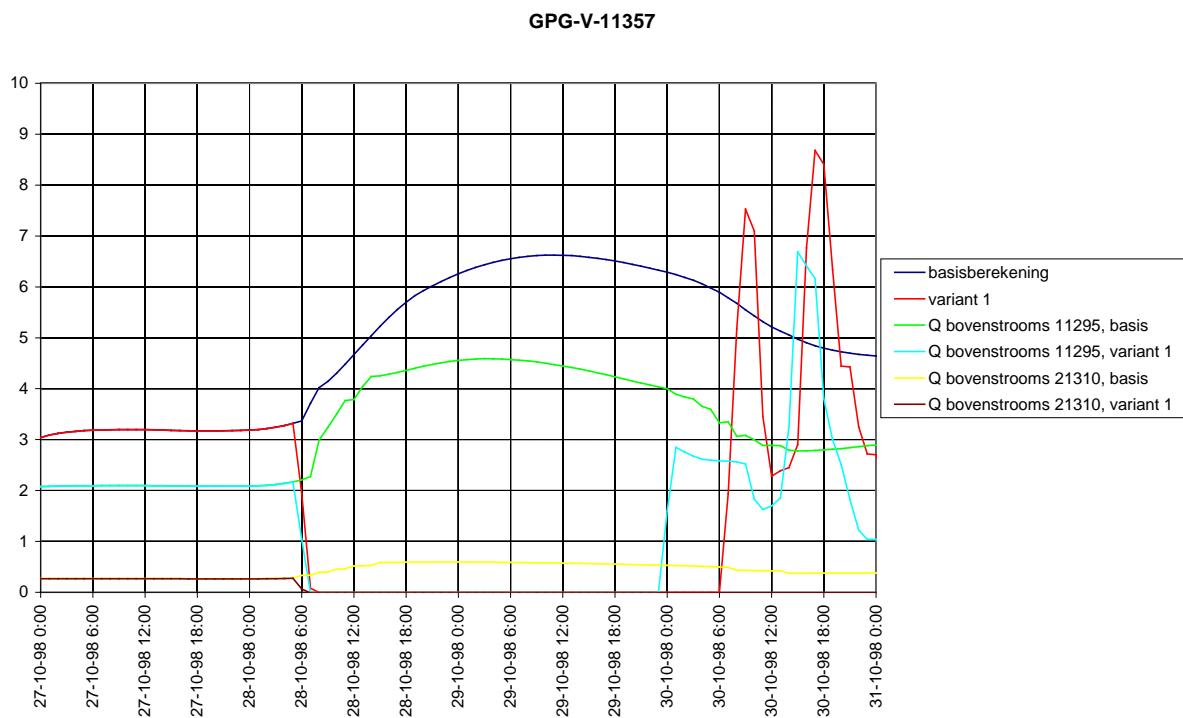
De berging zal voor een klein deel kunnen worden gebruikt via het verhogen van de benedenstroomse stuw 11234.

Conclusie: niet op telemetrie brengen, maar is een twijfelgeval.

- Peilgebied GPG-V-11357, Poelman/Mondenweg Noord**

644 ha, WP 7.00, bediening telemetrie.

Variant 1: peil 0.80 m verhoogd



Het duurt 48 uur voordat de berging is gevuld.

In 24 uur wordt 69.000 m³ geborgen.

Conclusie: in extreme situaties peil verhogen om de beschikbare berging te gebruiken.

- Peilgebied GPG-V-11393, Valtherdijk**

356 ha, WP 7.90, bediening handmatig.

Variant 1: peil 1.00 m verhoogd



Het duurt 82 uur voordat de berging is gevuld.

In 48 uur wordt 107.000 m³, en in 24 uur 56.000 m³ geborgen.

Relatief veel berging.

Handmatige stuwt, zal derhalve moeten worden geautomatiseerd en op telemetrie worden gebracht.

Conclusie: niet op telemetrie brengen, maar is een twijfelgeval.

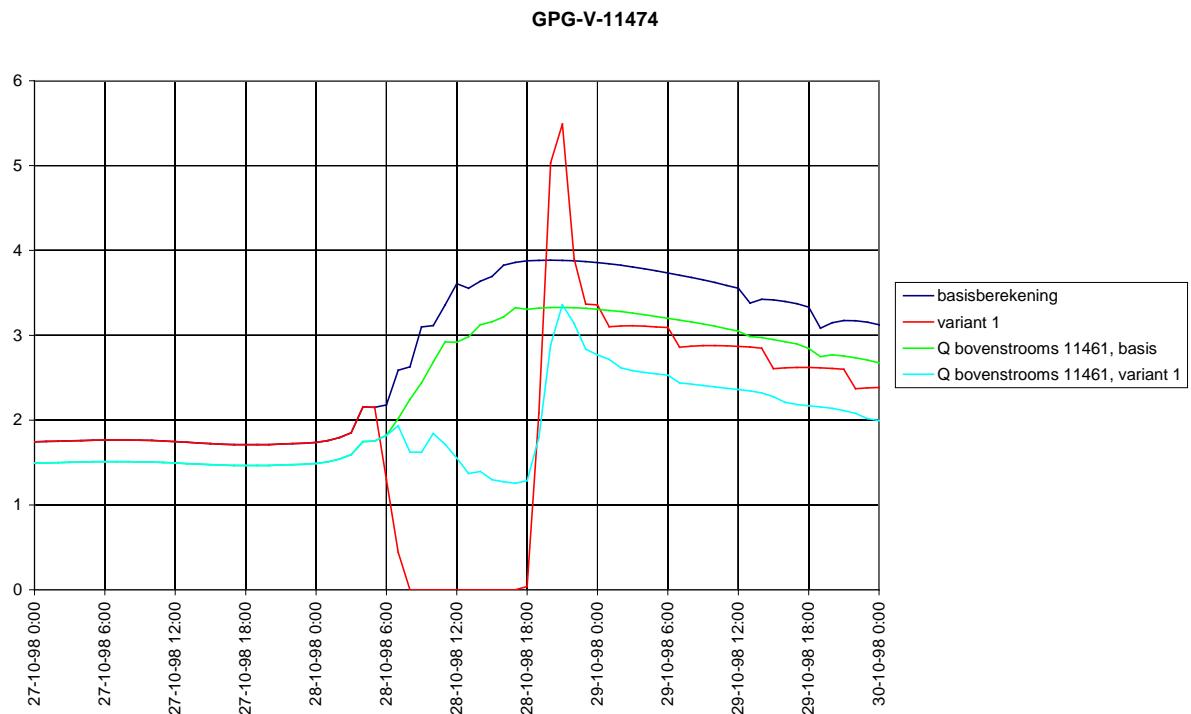
Voor het peilbeheer in de zomer is het gewenst dat inlaat Lokkersluis op telemetrie wordt gebracht.

- Peilgebied GPG-V-11474, 1^e Exloermond**

195 ha, WP 6.20, bediening automatisch.

Door deze stuwt te verhogen wordt ook het peil in een aantal bovenstroomse peilgebieden verhoogd.

Variant 1: peil 1.00 m verhoogd



Al in 12 uur is de berging gevuld.

In 12 uur wordt 89.000 m³ geborgen.

Conclusie: op telemetrie brengen.