

Hydrologisch modelinstrument t.b.v. herinrichting Oude Willem

Modelbeschrijving en uitwerking varianten

DLG Groningen

5 juni 2012
Eindrapport
9V3891

provinsje fryslân
provincie fryslân 



Europees Landbouwfonds voor
Plattelandontwikkeling (ELPFO)
Europa investeert in zijn platteland

ROYAL HASKONING
Enhancing Society



WATERHOUWEN NEDERLAND B.V.
WATER

Chabotstraat 17
Postbus 8004
3707 XZ Groningen
t 01 50 521 42 14 Telefoon
t 01 50 526 14 53 Fax
w info@waterhousen.nl E-mail
w www.waterhousen.com Website
Amsterdam 020 2525 1111 Fax

Documenttype Hydrologisch model instrumenteel in
vernamming Oude Willem
Maxiënschap, ng en verandering van
aan

Status Eindrapport

Datum 5 jun 2012

Projectnummer 04389

Opdrachtgever CLG Groningen

Adrescode 04385 16000130MF MUSEON

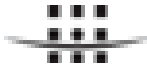
Autor(s) Mark J. Emslag

Collega's (eels) Caroleer Steenweg

Vrijgegeven door Hans Veldwoud

Datum/paraaf

08/06/2012



INHOUDSOPGAVE

		Blz.
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Opdracht	1
1.3	Afbakening	1
1.4	Leeswijzer	2
2	HET GRONDWATERMODEL	3
2.1	Modelgebied en perioden	3
2.2	Uitgevoerde model-aanpassingen	4
2.2.1	Verbreiding en weerstand van scheidende lagen	4
2.2.2	Oppervlaktewatersysteem	6
2.3	Verificatieresultaat	9
3	HET HYDRAULISCH MODEL VAN SLENK IN OUDE WILLEM, TILGRUP EN BOVENLOOP VLEDDER AA	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Opzet model en invoergegevens	19
3.2.1	Waterloop en profielen	19
3.2.2	Afwateringsgebieden	22
3.2.3	Stagnatie gebieden in de Vledder Aa	25
3.2.4	Schematisatie Vledder Aa	26
3.2.5	Ruwheid	27
3.2.6	De Moordstuw	27
3.2.7	Infiltratie capaciteit	27
3.3	Calibratie van het SOBEK model voor de huidige situatie	28
3.3.1	Calibratie periode, gebied en beschikbare informatie	28
3.3.2	Resultaat calibratie	29
3.4	Conclusies over analyse van totale hydrologische systeem	34
4	BASISSCENARIOS	37
4.1	Algemeen	37
4.2	Basisscenario 1: Huidige situatie	37
4.3	Basisscenario 2: Oppervlaktewater Oude Willem eruit en winning Terwisscha op nonactief	37
5	VARIANTEN 1A EN 2B	39
5.1	Beschrijving van varianten en uitgangspunten	39
5.2	Resultaten	41
5.2.1	GXG	41
5.2.2	GHG verandering en gevolgen voor bebouwing, wegen en landbouw	41
5.2.3	Hoogwaterlijn in relatie tot belangrijke bebouwing, wegen en landbouw bij T=100 bui	42
5.2.4	Watervoerendheid Tilgrup en Vledder Aa	47



BIJLAGEN

1. Verificatie MIPWA (tijdstijghoogtelijnen)
2. Gebruikte profielen voor het oppervlaktewater model
3. Resultaat kaarten van het basis model (GxG)
4. Resultaat kaarten van variant 1A en 2B (GxG en verschil berekening)
5. Tabel met drempel- en weghoogtes en berekende waterstanden
6. Tabel met berging en waterstanden



1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Op dit moment is de projectgroep GO Oude Willem bezig met de ontwikkeling van het ruimtelijke ontwerp voor Oude Willem waarbij de effecten van het ontwerp door een planMER in beeld worden gebracht:

- Als eerste stap van de planMER is de notitie Reikwijdte en Detailniveau voor de gebiedsontwikkeling van Oude Willem opgesteld. Na de periode van inspraak en de adviezen van betrokken partijen en commissie-MER is deze notitie in juli 2010 door GS van Drenthe en Fryslân vastgesteld.
- In oktober 2010 is Royal Haskoning de opdracht gegeven voor de uitvoering van de planMER. In samenhang coördineert DLG de ontwikkeling van het ruimtelijk ontwerp.
- In januari 2011 zijn door Royal Haskoning een drietal werksessies met deskundigen gehouden om doelen voor hydrologie, ecologie en recreatie verder aan te scherpen.
- Vervolgens zijn eind januari en begin maart 2011 twee schetssessies voor de ontwikkeling van het ruimtelijk ontwerp gehouden. In deze schetssessies zijn verschillende inrichtingsmodellen ontwikkeld. De effecten van deze modellen zijn door Royal Haskoning beoordeeld. DLG heeft een kostenraming van de inrichtingsmodellen gemaakt.

1.2 Opdracht

Voorafgaand aan de opdracht voor aan Royal Haskoning voor de uitvoering van de planMER is door DLG aan Royal Haskoning opdracht verleend om een hydrologisch modelinstrumentarium voor de Oude Willem geschikt te maken. Tijdens de uitvoering van deze opdracht is geconstateerd dat het invloedsgebied zich diende uit te strekken tot verder dan het gebied Oude Willem. Zowel in de richting van de bovenloop van de Vledder Aa en het achterland tot aan de Moordstuw als naar het in noordoostelijke richting gelegen landbouwgebied is het studiegebied uitgebreid (zie figuur 1). Hiervoor is uiteindelijk een aangepaste offerte opgesteld en opdracht verleend. Met het modelinstrument zijn basisscenario's uitgerekend alsmede enkele varianten als resultaat van de schetssessies. Aanvullend is getracht verbetering aan te brengen in het modelinstrument door de maximale infiltratiesnelheid in de bodem te verlagen zodat mogelijke piekafvoeren beter berekend kunnen worden.

1.3 Afbakening

In deze studie is het grondwatermodel MIPWA voor het gebied bovenstrooms van de Moordstuw in de Vledder Aa geverifieerd. Deze verificatie betekent dat er geen volledige calibratie is uitgevoerd, maar slechts aanpassingen zijn doorgevoerd. Het gebied bestaat uit het achterland van de bovenloop van de Vledder Aa en van de Tilgrup en een deel van de Kolonie Vaart. Het gebied ligt op de grens van provincie Fryslân en provincie Drenthe. Het gebied bevat zowel het beheergebied van Wetterskip Fryslân als van Waterschap Reest en Wieden.

Naast het grondwatermodel is in deze studie een hydraulisch model met het programma SOBEK opgesteld. Voor de huidige situatie is dit gedaan voor de Vledder Aa vanaf de



Moordstuw tot de bovenloop van de Vledder Aa en voor de Tilgrup vanaf de Vledder Aa tot aan de zuidelijke Bosweg. De huidige situatie in de Oude Willem is niet in het hydraulische model opgenomen. Wel is de toekomstige situatie in de Oude Willem met het hydraulische model berekend.

Het grondwatermodel is gebruikt om de toekomstige grondwaterstanden te bepalen en om de afvoer debieten per deelgebied te bepalen. Met het hydraulisch model zijn de oppervlaktewaterstanden in bovenloop Vledder Aa, Tilgrup en Oude Willem bepaald.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van het grondwatermodel. In hoofdstuk 3 wordt het hydraulische model besproken. Hoofdstuk 4 gaat over de basisscenario's waarmee de invloed van de drinkwaterwinning Terwisscha en de invloed van de waterlopen en greppels in de Oude Willem wordt bepaald. In hoofdstuk 5 staat de hydrologische uitwerking van de twee belangrijkste varianten zoals deze in de schetssessie bij de planmer zijn opgesteld. De conclusie en aanbevelingen staan in hoofdstuk 6.

2 HET GRONDWATERMODEL

2.1 Modelgebied en perioden

Het grondwatermodel dat is gemaakt op basis van MIPWA heeft zijn begrenzing ruim rond het plangebied Oude Willem (zie figuur 1). Het studiegebied Oude Willem en Vledder Aa tot aan de Moordstuw is het gebied waarvoor aanpassingen zijn gedaan aan het MIPWA. Tevens is in figuur 1 de begrenzing van het onderzoeksgebied MER Oude Willem aangegeven.



Figuur 1. Begrenzing studiegebied grondwatermodel

Met het MIPWAmodel is de tijdreeks doorgerekend van de periode 1997 t/m 2009. In deze periode komt een extreem hoge afvoerpiek voor in 1998 en een zeer droge periode zomer 2003. Daarnaast bevat deze periode een paar redelijk normale jaren. De reeks bevat ook de periode vanaf de aanpassing van de Moordstuw (2003) tot 2009. Hiermee is het Sobek model gevalideerd.



2.2 Uitgevoerde model-aanpassingen

Van het grondwatermodel MIPWA is bij aanvang van deze studie geconstateerd dat de detailontwatering en lokale grondwaterstanden aangepast dienen te worden. Hiertoe is een verificatie uitgevoerd van het model met gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. Dit heeft geresulteerd in de benodigde aanpassing van een aantal parameters. De aanpassingen worden in deze paragraaf beschreven.

2.2.1 Verbreiding en weerstand van scheidende lagen

Het originele MIPWA modelgebied is voor de keileemverbreiding opgesplitst in twee delen. In het zuidoostelijke deel van het projectgebied is de keileem verwerkt in de 1^{ste} scheidende laag en in het noordwestelijke deel van het projectgebied zit de keileem in de 2^{de} scheidende laag verwerkt. Deze splitsing is ongewijzigd in het aangepaste model. In onderstaande staan de aanpassingen van de weerstand en het voorkomen van keileem voor het noordwestelijke en het zuidoostelijke resp. beschreven in scheidende laag 1 en scheidende laag 2.

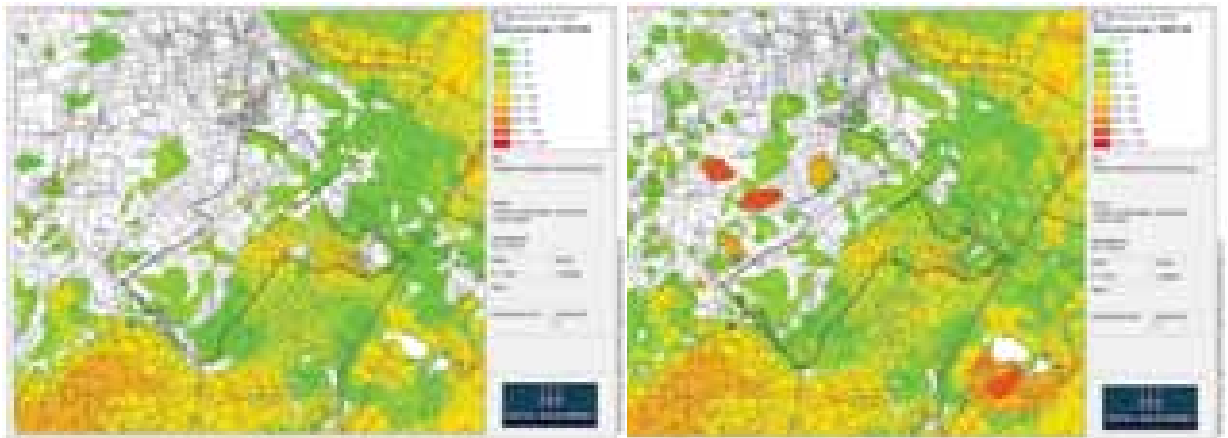
Scheidende laag 1 (gecombineerde weerstand keileem en veen)

De nieuwe weerstand is tot stand gekomen door originele weerstand aan te vullen met:

- Geïnterpreteerde keileem en veendiktes uit boringen (Dino-loket).
- Weerstand gliedenlaag o.b.v. gemeten grondwaterstanden en expert judgement (voornamelijk t.p.v. venetjes).
- Verwijderen weerstand zandwinplas Achterste Plas en Blauwe Meer.

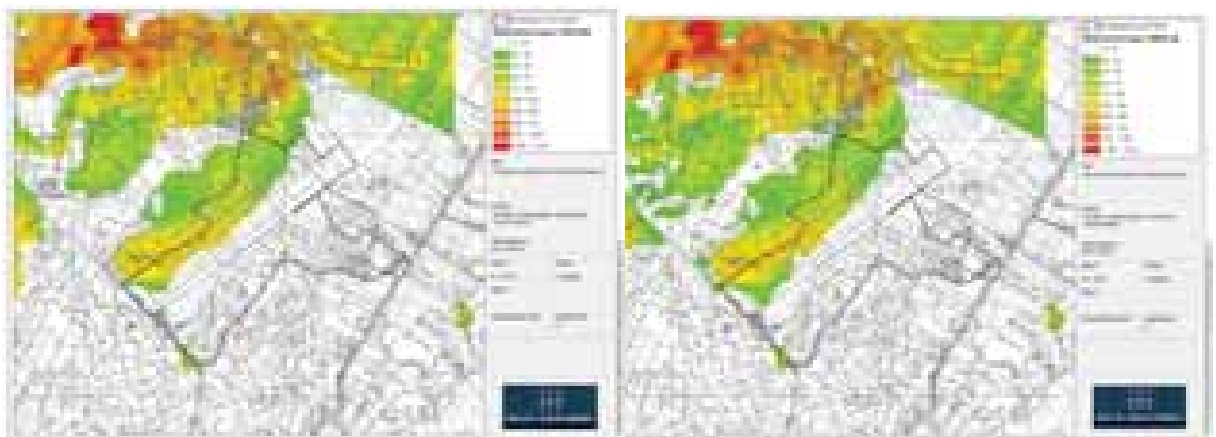
Op basis van deze verificatie is besloten de nieuwe weerstand van de 1^{ste} scheidende laag gebieddekkend met een factor 5 te vermenigvuldigen.

De aanpassing van de c-waarde is gedaan door beoordeling van de afwijkingen tussen gemeten en berekende waarden. Ten behoeve van dit onderzoek is vooraf besloten dat geen volledige calibratie van het model wordt uitgevoerd maar dat de aanpassingen slechts beperkt blijven tot enkele parameters op basis van een verificatie. Deze parameters zijn de c-waarde van de keileem en Potklei, de drainageweerstanden en het topsysteem. Met deze parameters kan met enkele runs de meest passende waarde worden vastgesteld. Voor de c-waarde gaf de beschreven verhoging het beste resultaat. Tevens is een vergelijk gemaakt met eerdere detailmodellen die zijn opgesteld. Hierin was sprake van vergelijkbare weerstanden. Voor de drainage weerstanden is moeilijk te achterhalen wat de basis is waarop deze in Mipwa zijn bepaald. Mogelijk dat hier ook nog een aanknopingspunt bestaat waarop de verandering kan worden gebaseerd. Nu moeten we het hier met de constatering doen dat het resultaat beter aansluit bij de metingen.



Figuur 2. Originele (links) en verbeterde (rechts) Mipwa weerstand 1^{ste} scheidende laag

Scheidende laag 2 (keileem)

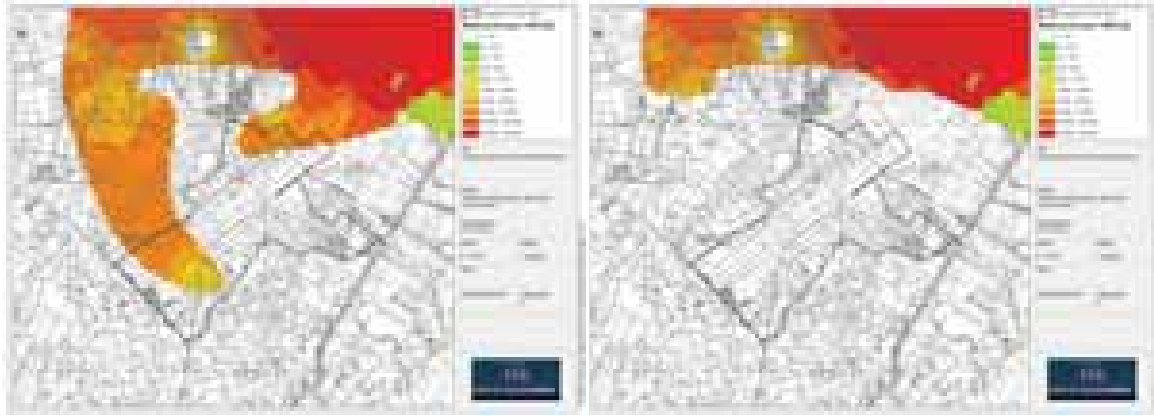


Figuur 3. Originele (links) en verbeterde (rechts) Mipwa weerstand 2^e scheidende laag

De nieuwe weerstand is tot stand gekomen door originele weerstand aan te vullen met geïnterviewde keileemdiktes uit boringen (Dino-loket).

Op basis van de ijking is besloten de nieuwe weerstand van de 2^{de} scheidende laag gebieddekkend met een factor 5 te vermenigvuldigen.

Scheidende laag 3 (potklei)



Figuur 4. Originele (links) en verbeterde (rechts) Mipwa weerstand 3^e scheidende laag

De nieuwe verbreiding is tot stand gekomen door originele verbreiding te vergelijken met:

- Diepe boringen (Dino-loket).
- Potkleiverbreiding uit bestaand Triwaco model.

2.2.2 Oppervlaktewatersysteem

Het oppervlaktewatersysteem is in het studiegebied op de volgende punten aangepast:

- Aanpassen van de huidige loop van de Tilgrup vanaf gebiedsgrens Oude Willem tot aan Vledder Aa.
- Inventariseren en verwerken van de sloot- en greppelbodemhoogtes en peilen met gebruik maken van de Anh2 (0,5m) analyse (beheersgebied Wetterskip) en veldinventarisatie Oude Willem.
- Veldbezoek gebied aan weerszijden Veldhuizenweg.
- Verbeteren drainageweerstand zandwinplas Achterste Plas en Blauwe Meer.
- Verwijderen mogelijkheid tot (oppervlakkige) afvoer Aekingerveld en overige flanken Oude Willem.

Aanpassen van de huidige loop van de Tilgrup vanaf gebiedsgrens Oude Willem tot aan Vledder Aa

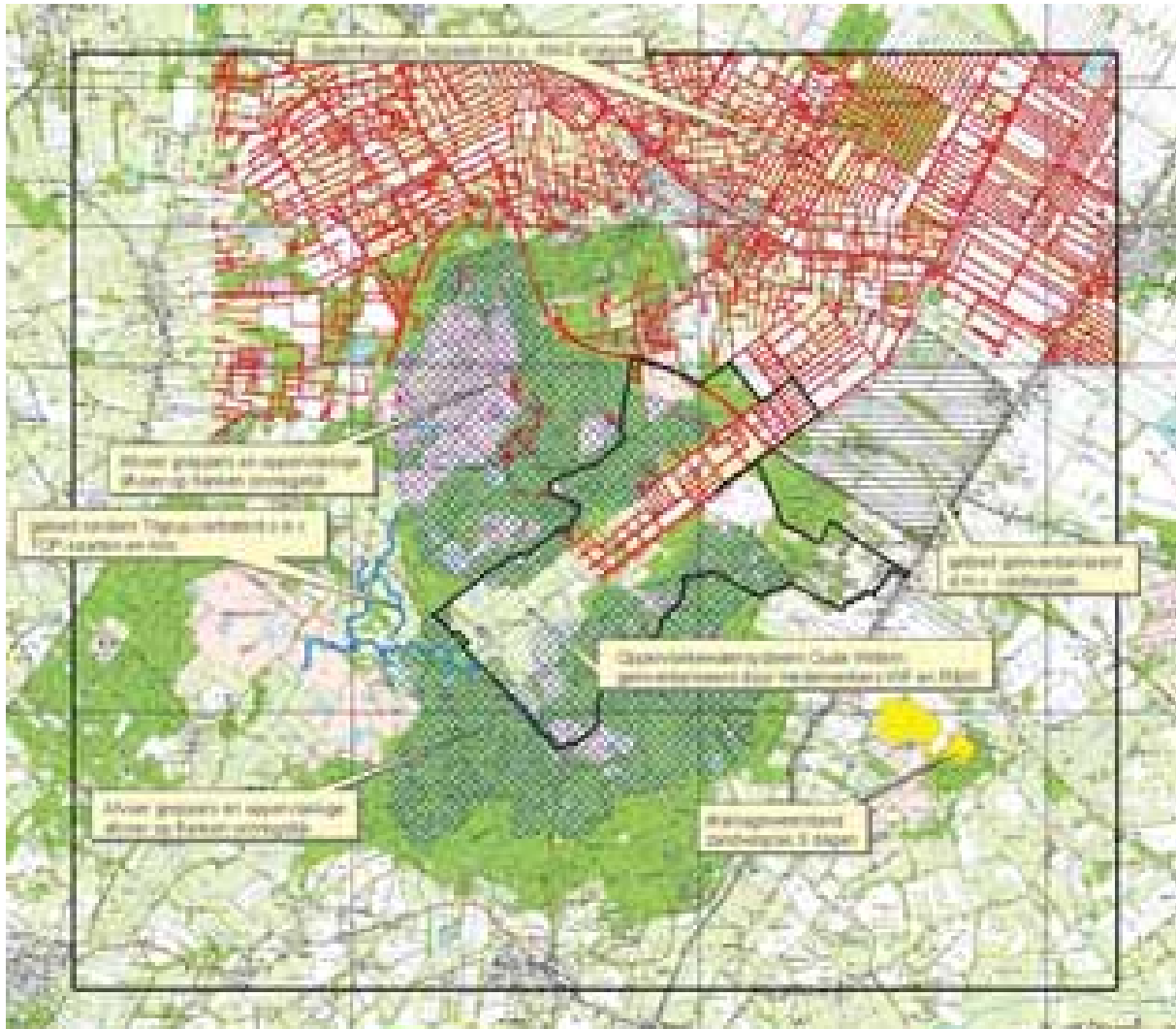


Figuur 5. Ligging Tilgrup vanaf gebiedsgrens Oude Willem tot aan Vledder Aa

In figuur 5 is met de blauwe lijn de huidige ligging van de Tilgrup vanaf de gebiedsgrens Oude Willem tot aan de Vledder Aa weergegeven. Daarnaast is met rood de ligging van de originele MIPWA waterlopen weergegeven. Aan de ligging van deze cellen is te zien dat het huidige oppervlaktewatersysteem niet overeenkomt met hetgeen in MIPWA is opgenomen. Met de zwarte arcering staan de gebieden weergegeven waar ten behoeve van het model van de Oude Willem in MIPWA waterlopen zijn verwijderd. De huidige ligging van de Tilgrup is toegevoegd aan het oppervlaktewatersysteem van MIPWA. De peilen en bodemhoogtes zijn op basis van de peilenkaart en hoogtekaart geïnventariseerd.

Inventarisatie greppel- en slootbodemhoogtes en peilen d.m.v. Ahn2 analyse

Wetterskip Fryslân heeft de beschikking over het nieuwste hoogtebestand (2008) met een celgrootte van 0,5m x 0,5m. Op basis van dit bestand kan heel gedetailleerd de bodemhoogte bepaald worden voor droogvallende sloten. Ook kan een goede inschatting worden gemaakt van het peil (op het moment dat het hoogtebestand gevlogen is) in de sloten waar oppervlaktewater wordt aangetroffen. Royal Haskoning heeft een tool ontwikkeld die deze gegevens bepaald. In de onderstaande figuur 6 wordt met de rode lijnen aangegeven voor welke waterlopen de ahn2 analyse is ingezet.



Figuur 6. Overzichtskartaat wijzigingen aan oppervlaktewatersysteem binnen modelgebied

Veldbezoek gebied aan weerszijden Veldhuizenweg

Door Royal Haskoning medewerkster Carolien Steinweg is een veldbezoek gebracht aan het gebied aan weerszijden van de Veldhuizenweg. Zij heeft een inschatting gemaakt van de diepte van de watergangen en dit vastgelegd op papier en beeld. Haar bevindingen kwamen goed overeen met de dieptes van de sloten in het originele MIPWA model voor dat gebied.



Verbeteren drainageweerstand zandwinplas

Achterste Plas en Blauwe Meer

De zandwinplassen Achterste Plas en het Blauwe Meer liggen in principe als neutrale eenheden in het grondwatersysteem. Het peil in de plas fluctueert in werkelijkheid dus mee met de grondwaterstand. In het model is deze situatie niet aanwezig maar is de keileem weerstand ter plaatse van de plassen nog aanwezig. Deze is sterk verkleind (tot ca. 5 dagen). Hierdoor zorgt het vaste peil dat in

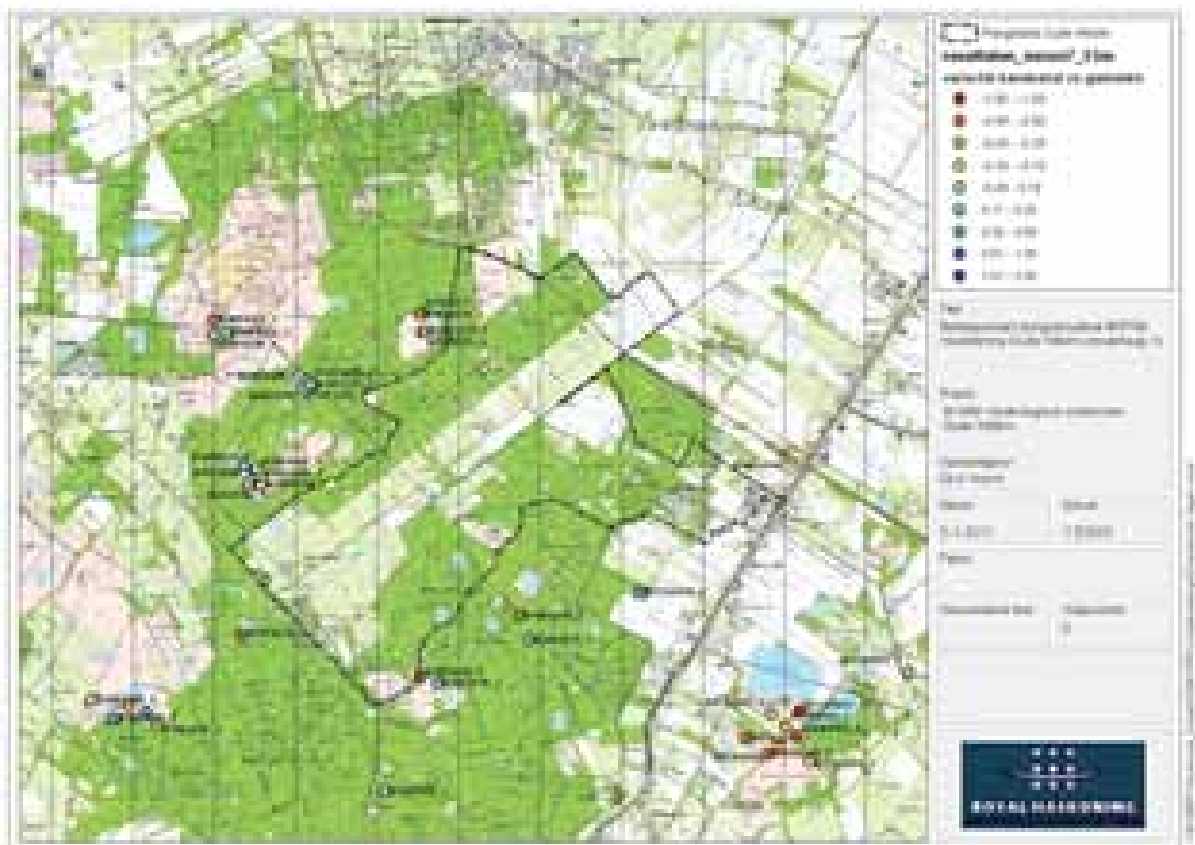
het model voor de plassen wordt opgelegd voor betere randvoorwaarden voor het model van de Oude Willem. Er ontstaan nu infiltrerende plassen in het model. Dit is in feite niet juist. De reden hiervoor is niet verder onderzocht. Voor deze studie kan worden volstaan met verbetering van de randvoorwaarden. Calibratie van het MIPWA model is nodig om hier beter situatie te verkrijgen.

Mogelijkheid tot (oppervlakkige) afvoer flanken Oude Willem

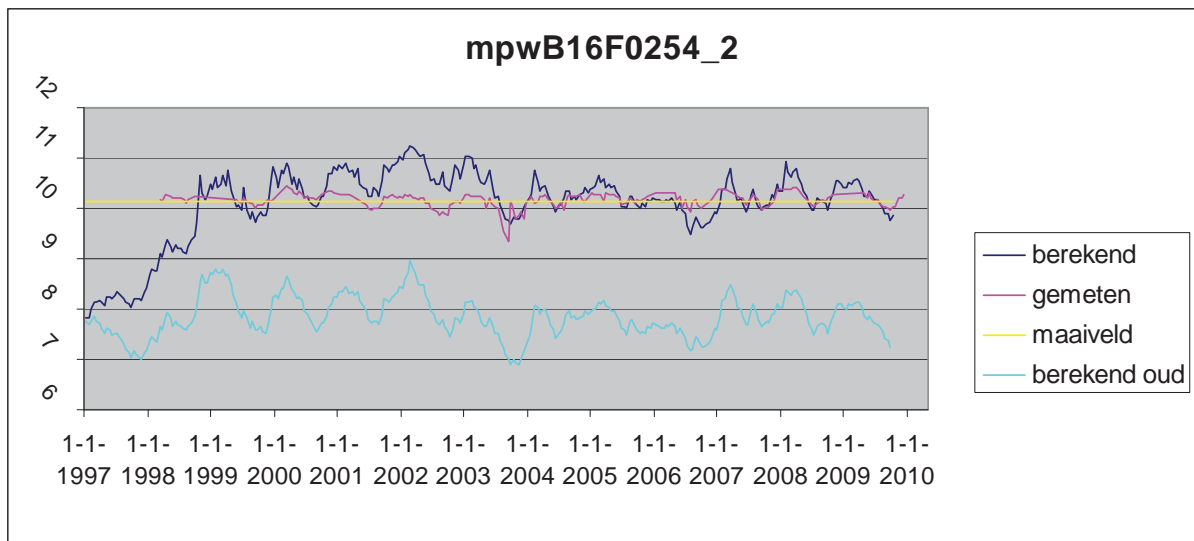
Op basis van overleg met Wouter de Vlieger van Staatsbosbeheer is besloten om ter plaatse van het Aekingerveld in het model geen afvoer middels greppels meer mogelijk te laten zijn. Op basis van deze informatie is in het model tevens de mogelijkheid tot afvoer onmogelijk gemaakt voor de overige flanken van de Oude Willem. Deze aannames zijn tevens ondersteund met GIS analyses van de AHN waarbij de mogelijke afvoer over maaiveld op de flanken is beschouwd.

2.3 Verificatieresultaat

De veranderingen van de weerstanden van de bovenste drie scheidende lagen en het verbeteren van het oppervlaktewatersysteem hebben geleid tot de volgende ijkingresultaten.

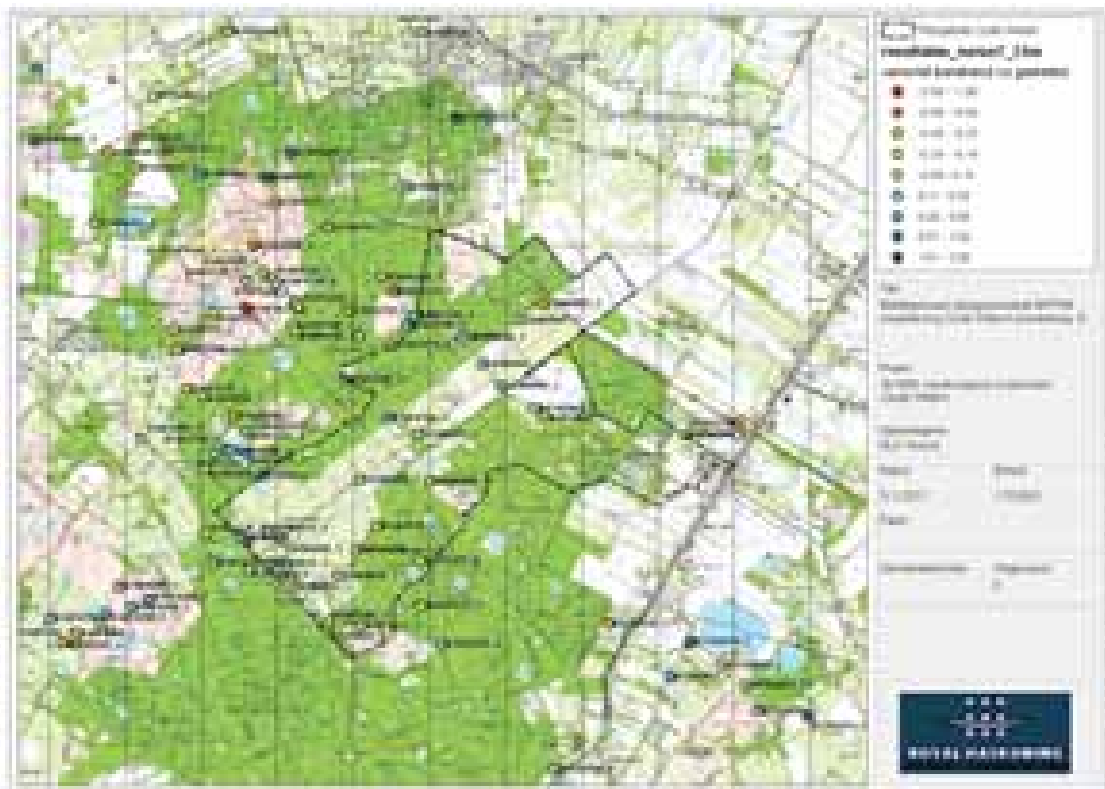


Figuur 7. Bolletjeskaart ijkingresultaat modellaag 1 (berekende standen t.o.v. gemeten standen)

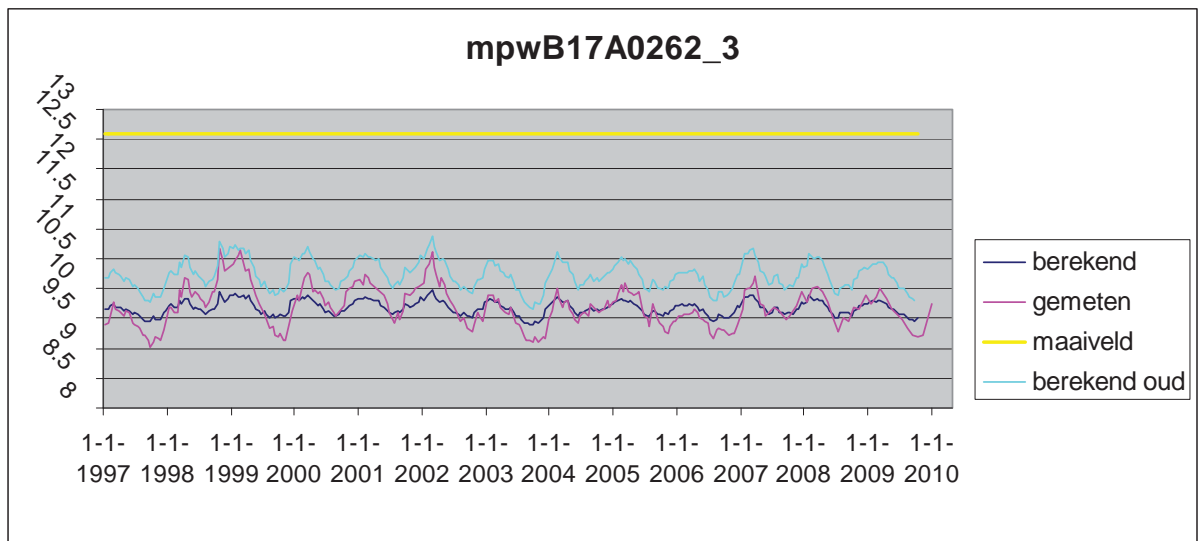


Figuur 8. Tijdstijhoogtegrafiek peilbuis B16F0254 filter 2

Bovenstaande tijdstijhoogtegrafiek (peilbuis B16F0254 filter 2) is een goed voorbeeld van het effect van het toevoegen van de weerstand van een gliedenlaag (t.p.v. de Grenspoel). De paarse lijn toont de gemeten stijghoogte, de lichtblauwe lijn het oude berekeningsresultaat en de donkerblauwe lijn het nieuwe berekeningsresultaat. De gele lijn geeft de gemeten maaiveldwaarde weer.

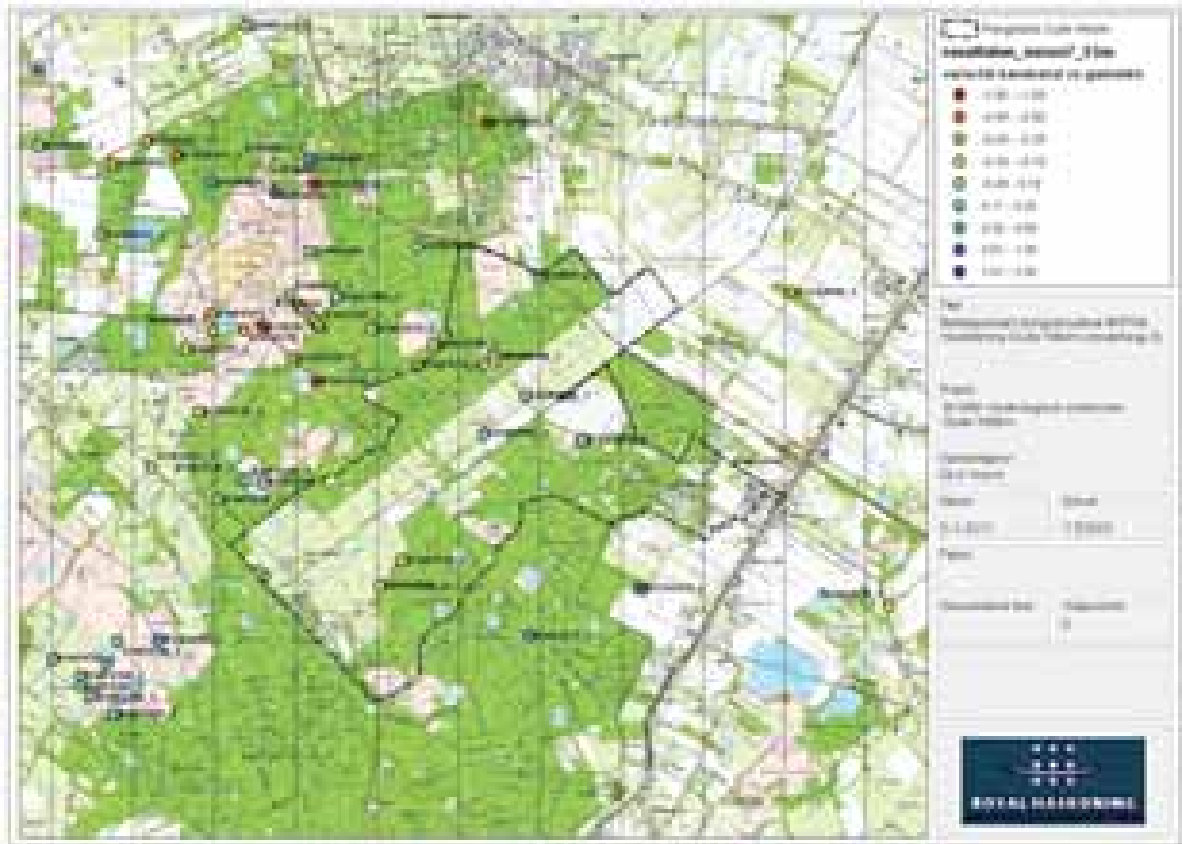


Figuur 9. Bolletjeskaart ijkingresultaat modellaag 2 (berekende standen t.o.v. gemeten standen)

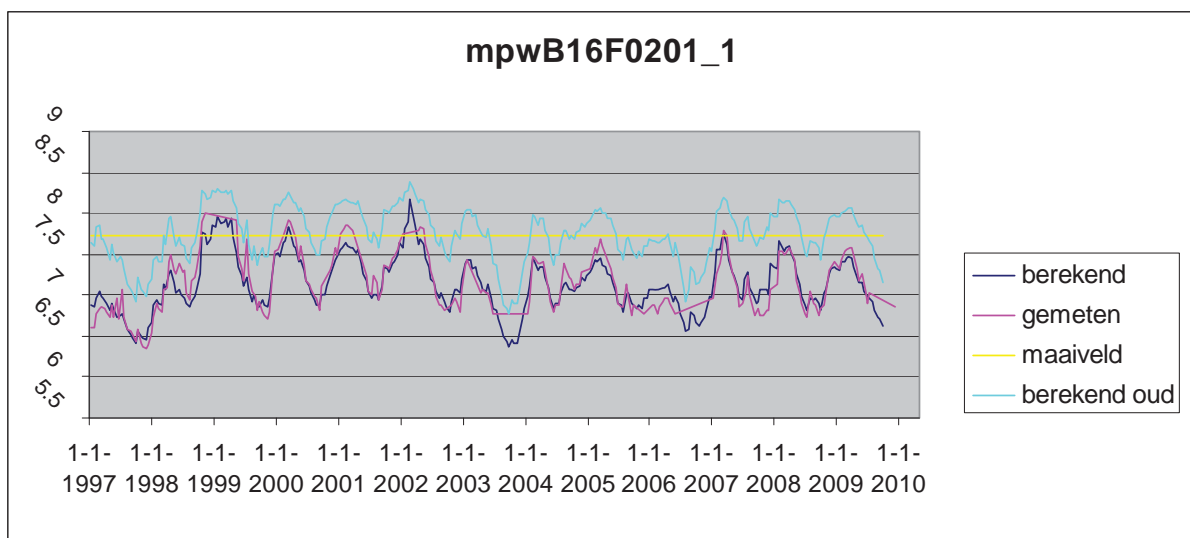


Figuur 10. Tijdstijghoogtegrafiek peilbuis B17A0262 filter 3

Bovenstaande tijdstijghoogtegrafiek (peilbuis B17A0262 filter 3) is een goed voorbeeld van het effect van het verwijderen van de keileemweerstand en het verkleinen van de drainageweerstand t.p.v. de zandwinplassen Achterste Plas en Blauwe Meer. De paarse lijn toont de gemeten stijghoogte, de lichtblauwe lijn het oude berekeningsresultaat en de donkerblauwe lijn het nieuwe berekeningsresultaat. De gele lijn geeft de gemeten maaiveldwaarde weer.



Figuur 11. Bolletjeskaart ijkingresultaat modellaag 3 (berekende standen t.o.v. gemeten standen)

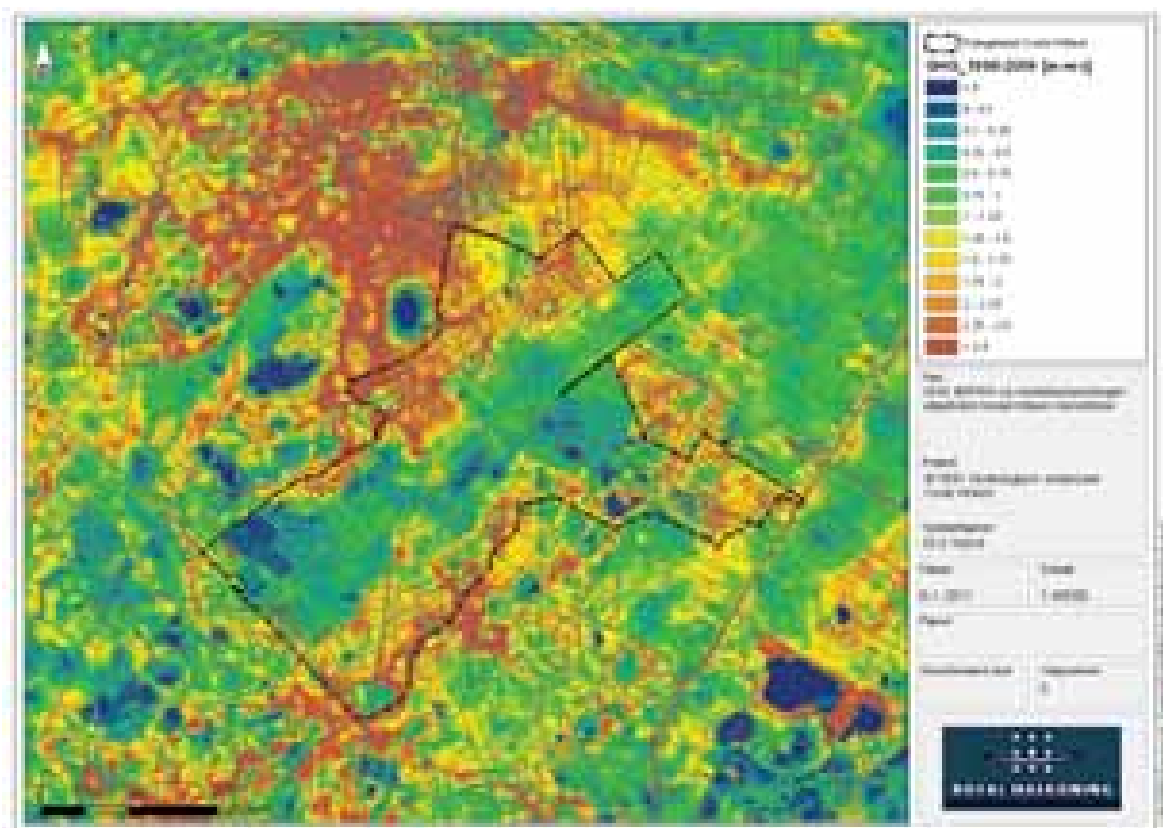


Figuur 12. Tijdstijghoogtegrafiek peilbuis B16F0201 filter 1, modellaag 3

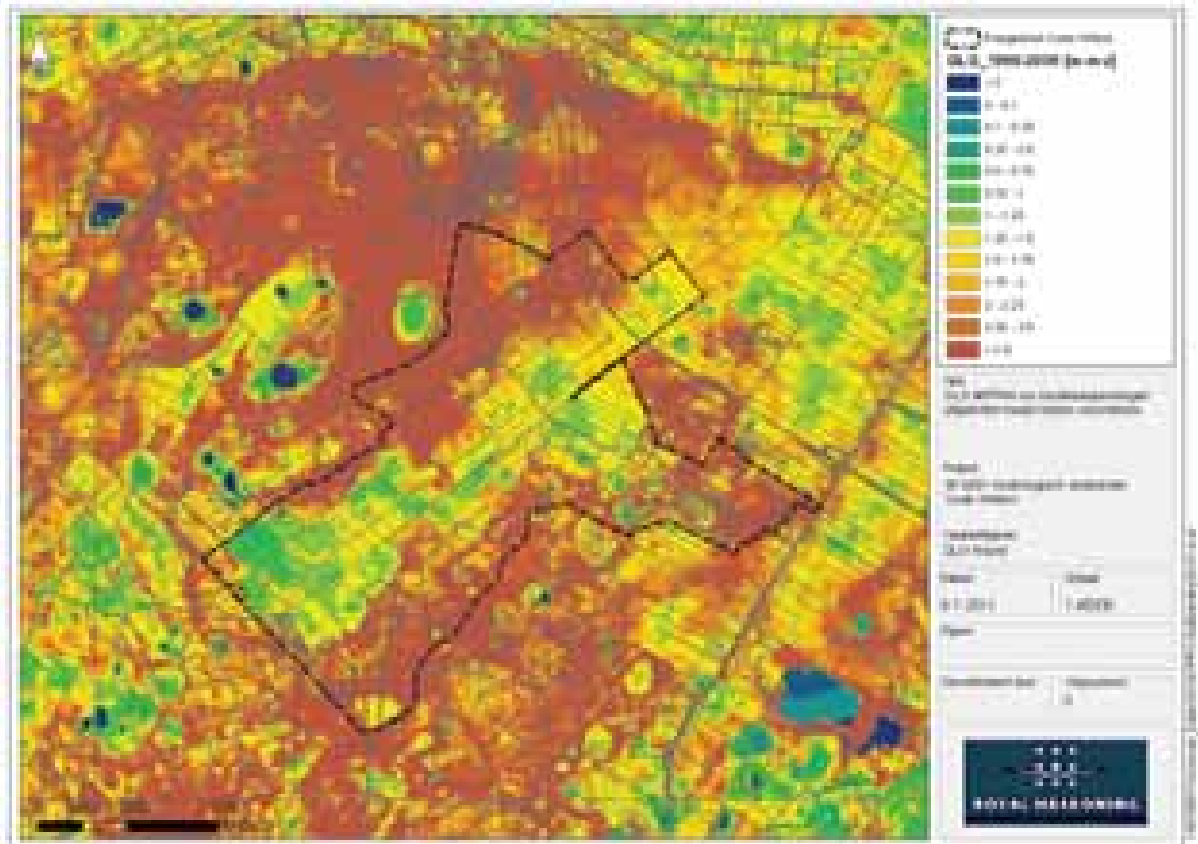
Bovenstaande tijd-stijghoogtegrafiek (peilbuis B16F0201 filter 1) is een goed voorbeeld van het effect van het verwijderen van de potkleiweerstand ter plaatse van Aekingerbroek. De parse lijn toont de gemeten stijghoogte, de lichtblauwe lijn het oude

berekeningsresultaat en de donkerblauwe lijn het nieuwe berekeningsresultaat. De gele lijn geeft de gemeten maaiveldwaarde weer.

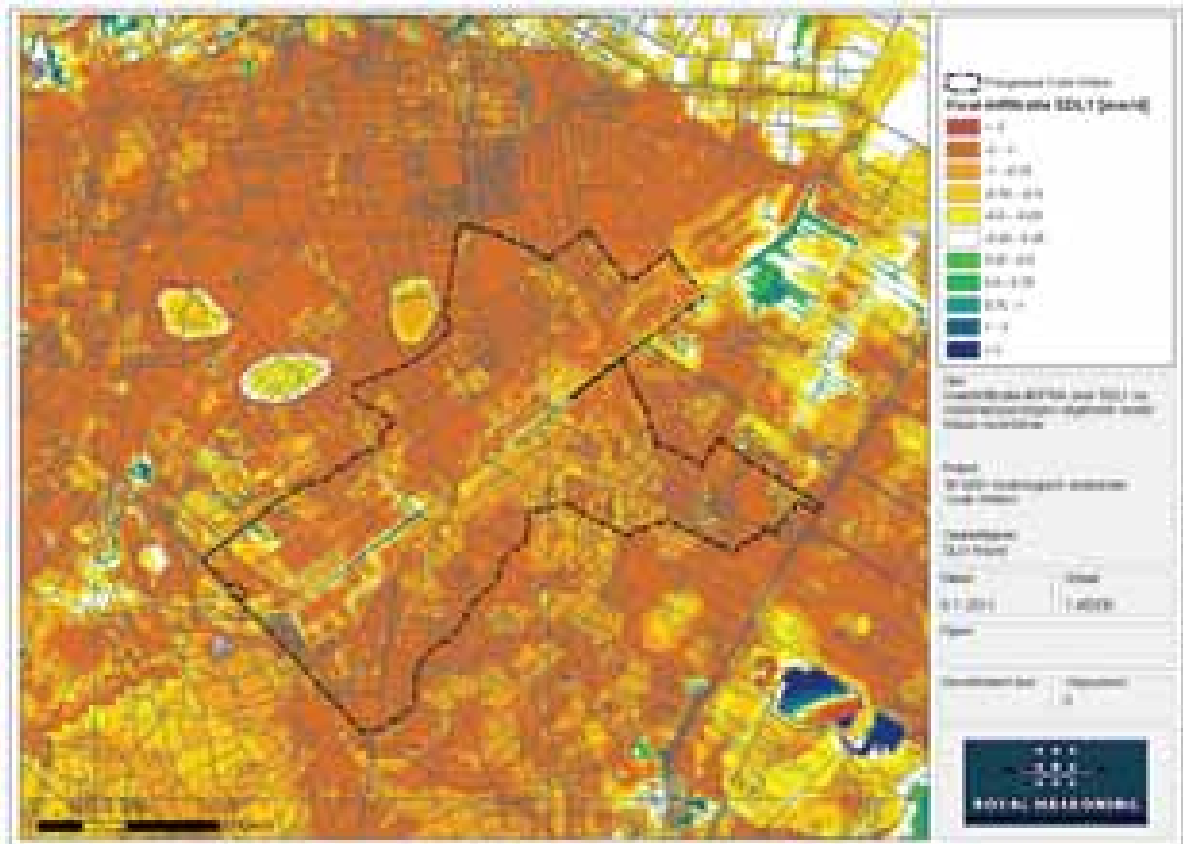
De volgende drie figuren 13, 14 en 15 tonen de GHG, GVG en GLG zoals door het model berekent in de huidige situatie. In de figuren is te zien dat in GHG situatie de grondwaterstand in een groot deel van de Oude Willem op ca. 0.25-0.75 m beneden maaiveld zich bevindt. Meer naar de flanken van het gebied neemt de grondwaterstanddiepte toe tot waarden van 2m en dieper. De gemiddeld laagste grondwaterstand is in de Oude Willem tussen 0.75m en 1.5m beneden maaiveld. Ook in de gemiddeld laagste standen is op de flanken een grondwaterstand dieper dan 2m aanwezig.



Figuur 13. GHG na modelaanpassingen

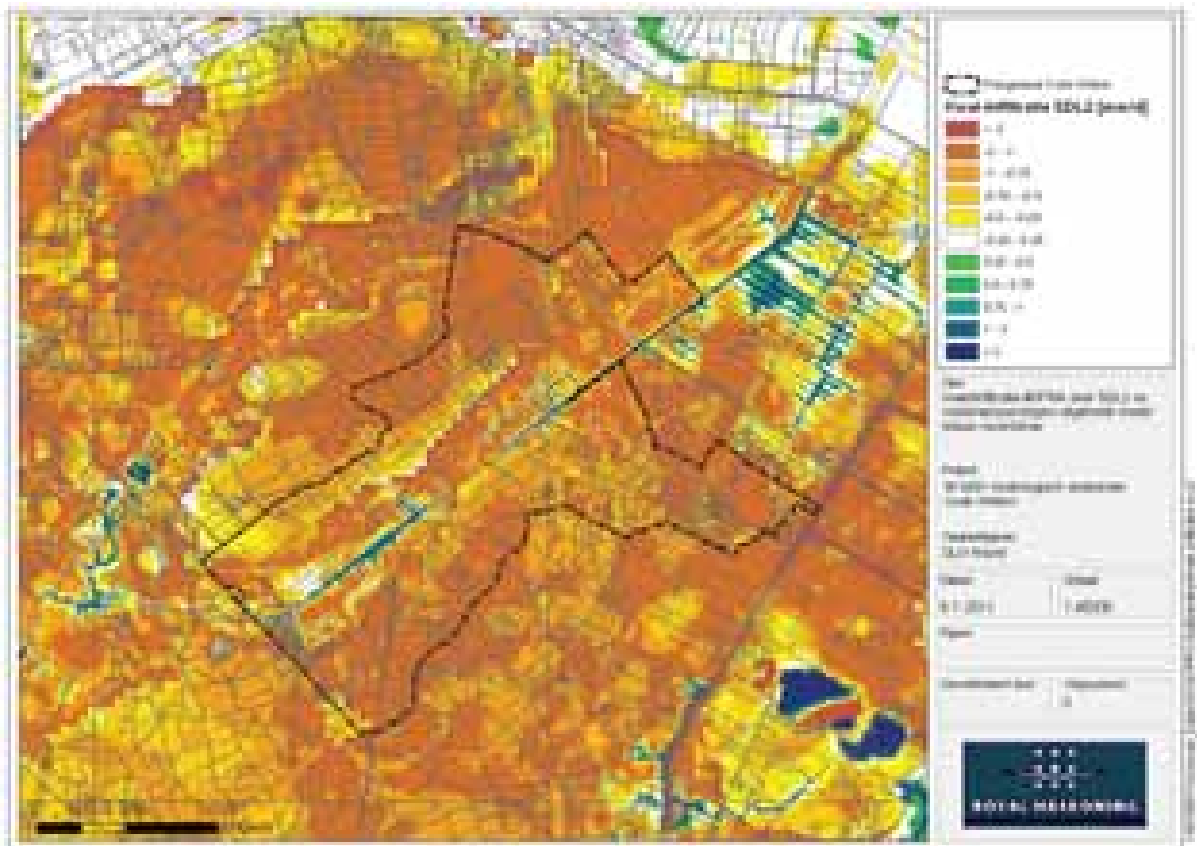


Figuur 15. GLG na modelaanpassingen



Figuur 16. Kwel/infiltratie flux over de 1^{ste} scheidende laag na modelaanpassingen

Figuur 16 en 17 toont de kwel/infiltratie situatie over resp. de 1^e en 2^e scheidende laag. Te zien is dat het gebied overwegend infiltratiegebied is. Slechts bij een aantal sloten en bij de Tilgrup in de Oude Willem vindt kwel plaats. Ten noordoosten van het gebied is een landbouwgebied aanwezig waar kwel optreedt. Ook is de bovenloop van de Vledder Aa te zien als beek gevoed door kwelwater.



Figuur 17. Kwel/infiltratie flux over de 2^{de} scheidende laag na modelaanpassingen

Een totaal overzicht van alle gebruikte peilbuizen en het daar met het modelberekende standen staat weergegeven in bijlage 1.





3 HET HYDRAULISCH MODEL VAN SLEK IN OUDE WILLEM, TILGRUP EN BOVENLOOP VLEDDER AA

3.1 Inleiding

Een oppervlaktewatermodel met SOBEK is gemaakt voor de bovenloop van de Vledder Aa, de Tilgrup tot aan de zuidelijke Bosweg bij de Oude Willem en voor de toekomstige situatie Oude Willem. Voor de huidige situatie in de Oude Willem (het huidige sloten en greppelpatroon) is geen hydraulisch model gemaakt.

Om een SOBEK model te maken voor de Oude Willem/Tilgrup/Vledder Aa zijn voor het gehele model gebied een drietal invoer gegevens nodig. Dit zijn:

- de ligging van de watergang;
- het profiel van de watergang en,
- afwateringsgebieden.

De eerste twee gegevens komen voor het Tilgrup/ Vledder Aa gedeelte uit de bestektekeningen. De afwateringsgebieden en voor de Oude Willem ook de ligging en profiel van de watergang zijn afgeleid uit de gebiedskenmerken.

Het oppervlaktewatermodel bestaat uit twee componenten. De eerste component is opgebouwd op basis van of door gebruik te maken van de bestektekeningen van Oranjewoud uit 2004 (Herstel waterhuishouding brongebied Vledder Aa) van de Tilgrup en de Vledder Aa. Dit deel is inmiddels aangelegd overeenkomstig de bestektekeningen. De tweede component betreft het gebied van de Oude Willem. In dit gebied wordt waarschijnlijk geen beek aangelegd, maar zal afwatering plaatsvinden via de lage delen van het maaiveld (een soort slenk). Voor deze component is een profiel ontleend aan de aanwezige maaiveldhoogteverdeling. Voor beide componenten is niet goed bekend waar de neerslag uit het gebied op de slenk of waterloop afwatert, maar zijn hiervoor aannames gedaan.

Voor een vrij afwaterend gebied, zoals in de Oude Willem zal ontstaan wanneer het huidige slotenpatroon wordt verwijderd of afgedicht, is de maaiveldhoogte cruciaal voor het afwateringpatroon dat zal ontstaan. Door middel van een GIS analyse in het AHN bestand zijn de benodigde gegevens bepaald. In par. 3.2.1 staat de gebruikte methode beschreven.

3.2 Opzet model en invoergegevens

3.2.1 Waterloop en profielen

Waterloop

Het oppervlaktewatermodel van de Oude Willem bestaat uit twee componenten. Het eerste component bestaat uit de waterlopen van de Tilgrup en de Vledder Aa die in 2003-2004 zijn aangelegd. De ligging van deze waterlopen is overgenomen van de topografische kaart. De profielen in deze waterlopen zijn overgenomen van de bestektekeningen (Oranjewoud, 2004).

Het tweede type waterloop is de waterloop in de Oude Willem. Deze waterloop is gebaseerd op een analyse van de hoogte kaart. Met deze analyse is bepaald hoe het water zou stromen als afwatering via natuurlijke laagtes plaats zou vinden. De profielen in dit deel van de waterloop zijn afgeleid uit de 25x25 meter hoogte kaart en hebben een breedte van meer dan 200 meter.

In de figuur 18 is in oranje de ligging van het oppervlaktewatersysteem weergegeven en in blauw de locaties van de profielen. De donker blauwe profielen zijn de profielen uit het bestek en in licht blauw de profielen die gebaseerd zijn op de hoogte kaart.



Figuur 18. Ligging van het oppervlaktewater en de profielen



Figuur 19. Begrenzing brongebied Oude Willem m.b.t. afwatering richting Moordstuw

Een model is gemaakt voor de toekomstige situatie waarbij het gebied van de hele Oude Willem afwaterd via de Tilgrup richting de Moordstuw. De huidige situatie in de Oude Willem met Tilgrup en waterlopen is niet gemodelleerd. Om toch een berekening van de huidige situatie te kunnen maken is het model van toekomstige situatie gebruikt waarbij alleen de afvoer van het zuidelijke deel van de Oude Willem is meegenomen (zie figuur 19 met begrenzing van het gebied aan de noordzijde). De begrenzing van dit gebied is gelegd bij de kruising van de Oude Willemseweg met de Houtvester Jansenlaan.

Profielen

Slenk Oude Willem

De profielen zoals gehanteerd voor de Slenk in de Oude Willem staan weergegeven in bijlage 2, grafieken_profielen (OW1 t/m OW 20). In de nieuwe slenk wordt gebruik gemaakt van een Km van 10. Dit is gelijk aan de waarde van het winterbed van de Tilgrup en de Vledder Aa. De slenk in de Oude Willem wordt niet gegraven, maar zal afwateren via het maaiveld. De ter plaatse voorkomende gradiënt naar het laaggelegen deel in het maaiveld wordt gebruikt als profiel voor de slenk.

Tilgrup

De profielen zoals gehanteerd voor de Tilgrup vanaf de zuidelijke Bosweg tot aan de Vledder Aa staan weergegeven in bijlage 2 grafieken_profielen (T1 t/m T 23).

Bovenloop Vledder Aa

De profielen zoals gehanteerd voor de bovenloop van de Vledder Aa staan weergegeven in bijlage 2 grafieken_profielen (V1 t/m V 10). Voor de Vledder Aa vanaf het punt dat de Tilgrup bij de Vledder Aa komt zijn de profielen VT1 t/m VT 12.

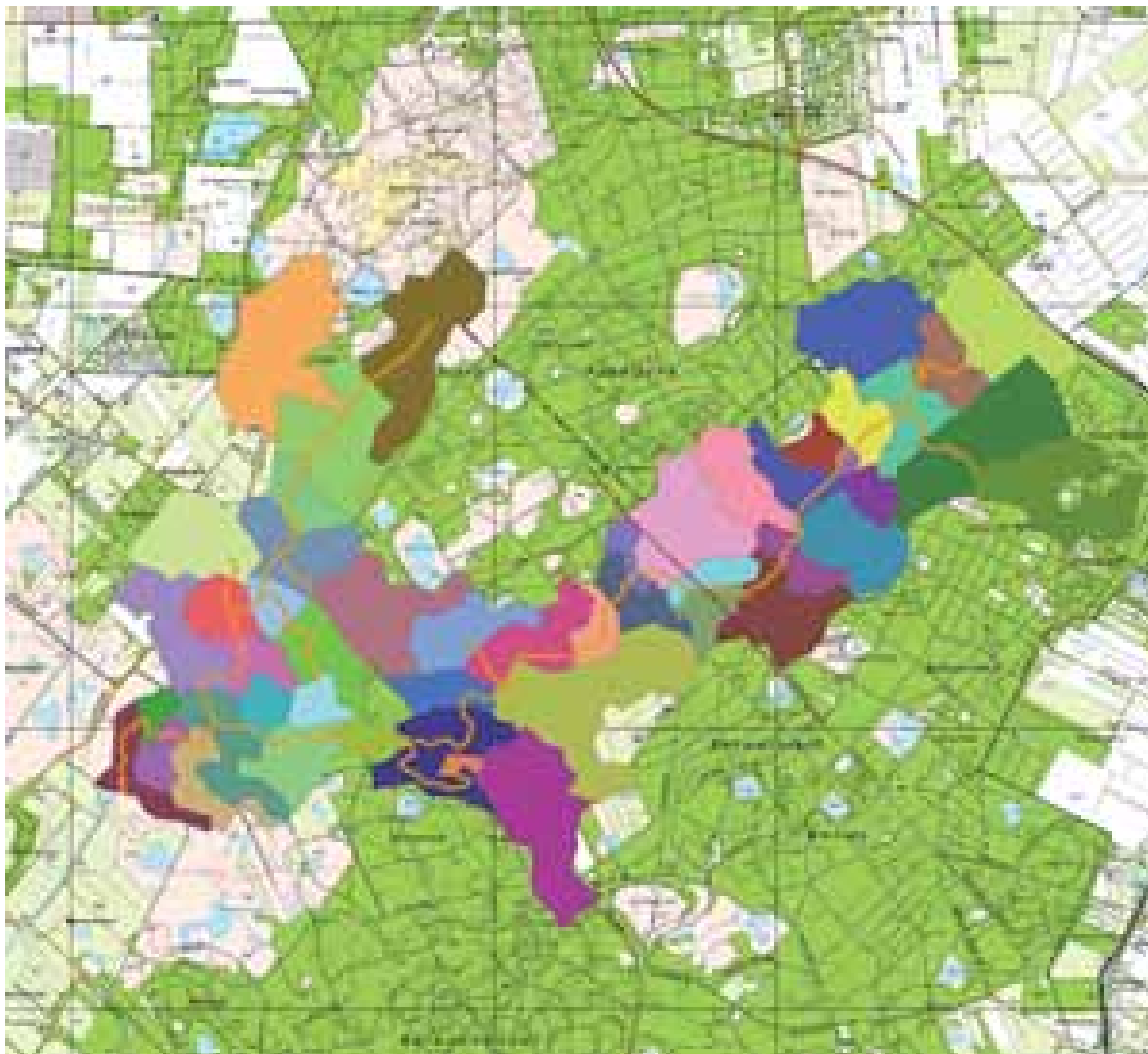


Figuur 20. Ligging profielen met bijbehorende code

3.2.2 Afwateringsgebieden

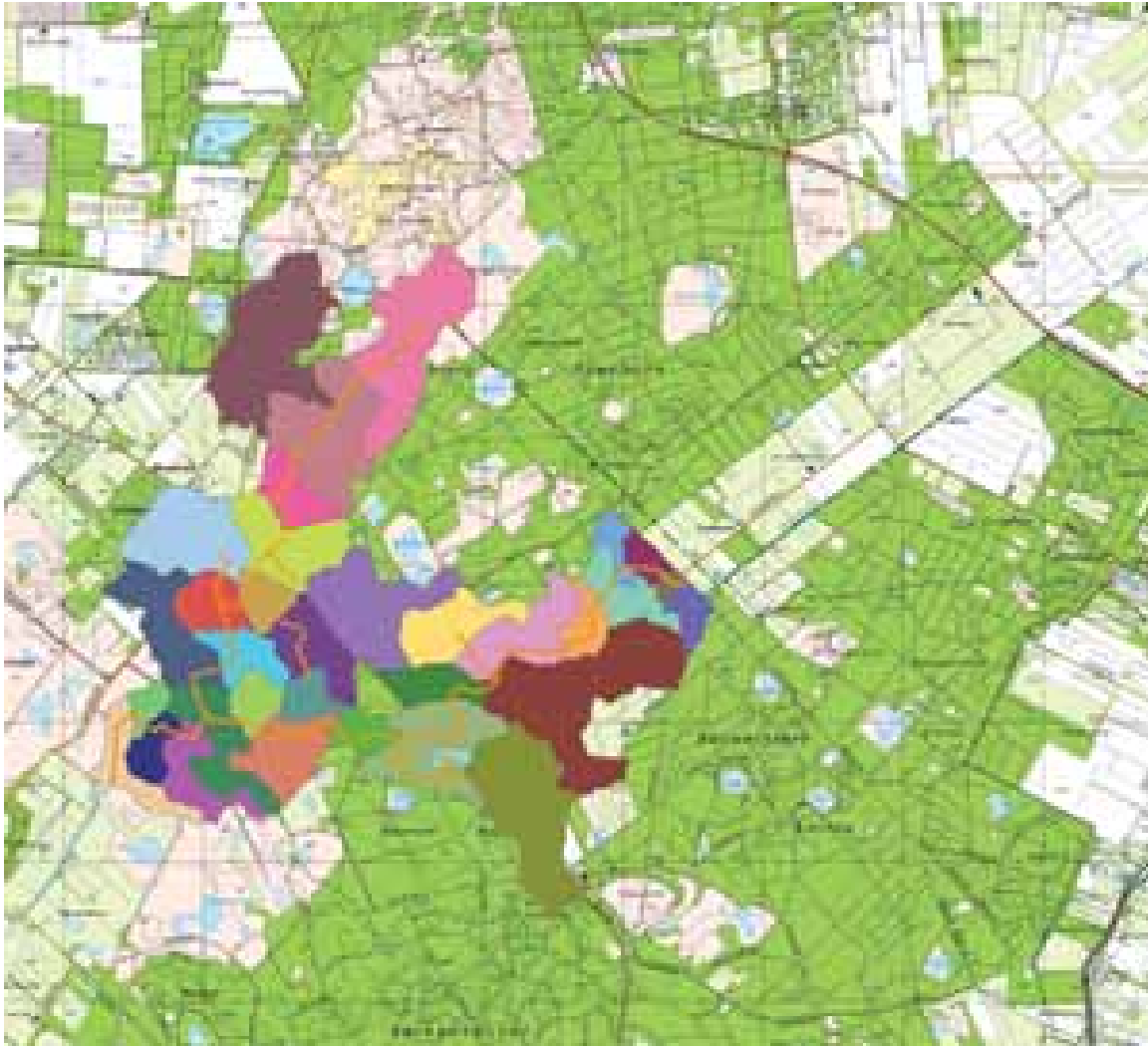
De gebieden die afwateren op het oppervlakte watersysteem zijn bepaald door middel van een analyse van de hoogtekkaart. Voor de toekomstige situatie levert dat de gebieden op zoals weergegeven in figuur 21.

Met het grondwatermodel wordt van deze gebieden een waterbalans opgesteld per tijdseenheid van één dag. De fluxen die vanuit MIPWA naar het SOBEK model gaan zijn de totalen van de drainage flux, de flux naar de waterlopen en de oppervlakkige afvoer. Deze fluxen worden per tijdstap per afwateringsgebied gesommeerd en als input voor het SOBEK model gebruikt. De afvoer uit elk gebied wordt in het contactpunt met Vledder Aa, Tilgrup of slenk aangebracht.



Figuur 21. Afwateringsgebieden van de Vledder Aa, Tilgrup en Oude Willem voor de toekomstige situatie

Voor de huidige situatie watert alleen het zuidelijke gedeelte van de Oude Willem af via de Moordstuw. De gebieden ten noorden van de Houtvester Jansenlaan (roodbruine lijn in figuur 21) leveren in de huidige situatie geen bijdrage aan de afvoer uit de Oude Willem. De afwateringsgebieden in de huidige situatie staan in figuur 22.



Figuur 22. Afwateringsgebieden van de Vledder Aa, Tilgrup en Oude Willem voor de huidige situatie

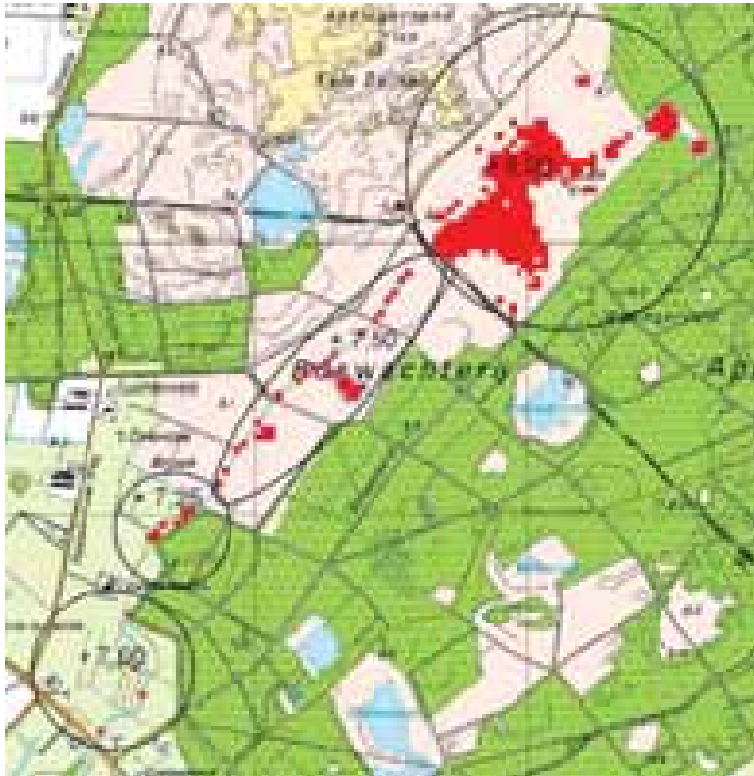
Het oppervlak in de bovenloop van de Vledder Aa (brongebied) dat bijdraagt aan de afvoer bij de Moordstuw is vergroot. Dit is gedaan omdat de projectgroep het eerder gebruikte oppervlak in de bovenloop van de Vledder Aa te klein vond. In figuur 23 is te zien met welk gebied het afwaterend oppervlak in de bovenloop van de Vledder Aa is uitgebreid.



Figuur 23. **Uitbreiding brongebied in de bovenloop van de Vledder Aa**

3.2.3 Stagnatie gebieden in de Vledder Aa

In de bovenloop van de Vledder Aa zijn gebieden aangewezen waar pas oppervlakkige afvoer kan plaats vinden, wanneer de waterstand tot boven een bepaalde drempelwaarde is gestegen. In figuur 24 is te zien om welke gebieden het gaat en wat de drempelwaarde in dat gebied is. Deze gebieden zijn ook in het model ingevoerd, zodat de invloed van de natuurlijke drempels op de afvoer van de bovenloop van de Vledder Aa wordt gesimuleerd. De drempels zorgen ervoor dat water dat aan maaiveld staat pas tot stroming komt wanneer het (grond)waterniveau hoger is dan deze drempels.



Figuur 24. De stagnatie gebieden in de Vledder Aa en de bijbehorende drempelwaarden

3.2.4 Schematisatie Vledder Aa

In het oppervlaktewatermodel zijn in het stroomgebied van de Vledder Aa aanpassingen gedaan aan de profielen en de vloeiwijde is toegevoegd. Ten opzichte van de profielen van de bestektekeningen van de aanleg van de meanderende Vledder Aa zijn aanpassingen gedaan. Het bleek dat deze niet altijd overeen komen met de werkelijkheid. Op een aantal locaties in de Vledder Aa zijn in het veld de profielen ingemeten (zie figuur 25). Deze profielen zijn toegevoegd aan het SOBEK model.

In het stroomgebied van de Vledder Aa bevindt zich ook een vloeiwijde. Bij hoge waterstanden kan water dit gebied in stromen. Het water kan via twee duikers het gebied in stromen en het water verlaat dit gebied weer via een combinatie van een onderdoorkaats en een stuw. Deze duikers en de stuw zijn opgenomen in het oppervlaktewatermodel. Het gebied is opgedeeld in een noordelijk en een zuidelijk gedeelte (zie figuur 25). De berging aan maaiveld die mogelijk is in de gebieden is gemodelleerd door een profiel op te nemen dat de hoogte aan maaiveld en het bijbehorende oppervlak binnen die gebieden representeert.



Figuur 25. Profielmetingen in de Vledder Aa en de ligging van de vloeiveide

3.2.5 Ruwheid

De huidige loop van de Vledder Aa en de Tilgrup is sterk begroeid. Verwacht wordt dat de loop in de Oude Willem ook sterk begroeid gaat zijn. Daarom wordt er met een hoge ruwheid gerekend, namelijk van een Manning's van 0.05. Dit komt overeen met een Km waarde van 20. Deze waarden gelden voor het standaardgeultje, het zgn. zomerbed. Bij hogere standen doet het winterbed mee, de weerstand over dit begroeide deel is nog veel hoger. In het model wordt hier Km waarde van 10 aangehouden. In de Tilgrup en Vledder Aa wordt bij hogere standen deze waarden aangehouden. In situatie met kleinere waterdiepten worden waarden voor het zomerbed aangehouden, deze zijn minder ruw.

3.2.6 De Moordstuw

De Moordstuw markeert het eind van het oppervlaktewatermodel. Deze stuw is een V-stuw waarvan het laagste punt een hoogte van 6.15 m NAP ligt. De hoek tussen beide zijden van de v-stuw is 120 graden.

3.2.7 Infiltratie capaciteit

Een belangrijke parameter in MIPWA voor het genereren van oppervlakkige afvoer, is de hoeveelheid neerslag die per tijdseenheid kan infiltreren. Standaard kan in MIPWA alle per tijdseenheid gevallen neerslag infiltreren. In werkelijkheid kan niet alle neerslag infiltreren, want elke bodem heeft een maximale infiltratie capaciteit. Wanneer de hoeveelheid neerslag groter is dan de maximale infiltratie capaciteit zal die neerslag niet

infiltreren, maar zal als oppervlakkige afvoer worden afgevoerd. Het invoerbestand van de neerslag in MIPWA wordt gecorrigeerd voor de maximale infiltratie capaciteit. In het kader staat de manier waarop dit is gedaan.

$$N \leq I_{max} \Rightarrow I = N$$
$$N > I_{max} \Rightarrow I = I_{max} \text{ én } A_{oppervlak} = N - I_{max}$$

N = neerslag
 I = infiltratie
 I_{max} = maximale infiltratie
 $A_{oppervlak}$ = oppervlakkige afvoer

Het invoeren van een maximale infiltratie capaciteit heeft twee redenen. Ten eerste zullen piek afvoeren waarschijnlijk beter gemodelleerd worden. In het huidige model worden de pieken in afvoer te laag gemodelleerd. Bij periodes met veel neerslag kan met het beperken van de maximale infiltratiecapaciteit de infiltratie naar het grondwater worden verminderd. De neerslag die niet infiltreert, komt direct in het oppervlakte watersysteem en hierdoor zullen de pieken worden verhoogd. De tweede reden is dat naar verwachting de afvoer in periodes met weinig neerslag de afvoer lager zal zijn. Dit wordt verwacht aangezien door de beperking van de infiltratie het grondwatersysteem minder wordt aangevuld. Hierdoor zal in droge periodes minder nalevering vanuit het grondwater naar het oppervlakte water zijn.

3.3 Calibratie van het SOBEK model voor de huidige situatie

3.3.1 Calibratie periode, gebied en beschikbare informatie

Metingen Moordstuw en gemaal Bosweg Diever-Wateren

Sinds 2004 worden waterstanden gemeten bij de Moordstuw. Vanaf eind 2008 is door de verwerking van de metingen geen betrouwbare informatie beschikbaar. De gemeten waterstanden bij de stuw zijn door het waterschap omgerekend naar debieten. Het model kan niet direct geijkt worden op deze debieten. Dit komt doordat van het gemaal bij de Bosweg (Bosweg Diever-Wateren) alleen debieten te bepalen zijn op basis van pompcurves (relatie frequentie – debiet). De pompcurves ontbreken echter. Hierdoor is het niet mogelijk de debieten vast te stellen en kunnen deze slechts globaal worden ingeschat.

Deze metingen leveren hiermee geen duidelijke aanvulling op. Het beeld is ook hier langer uitputtingsverloop (zie verder bij resultaat). De piek is niet betrouwbaar.

Met het gemaal worden de waterstanden in het landbouw gebied gehandhaafd.

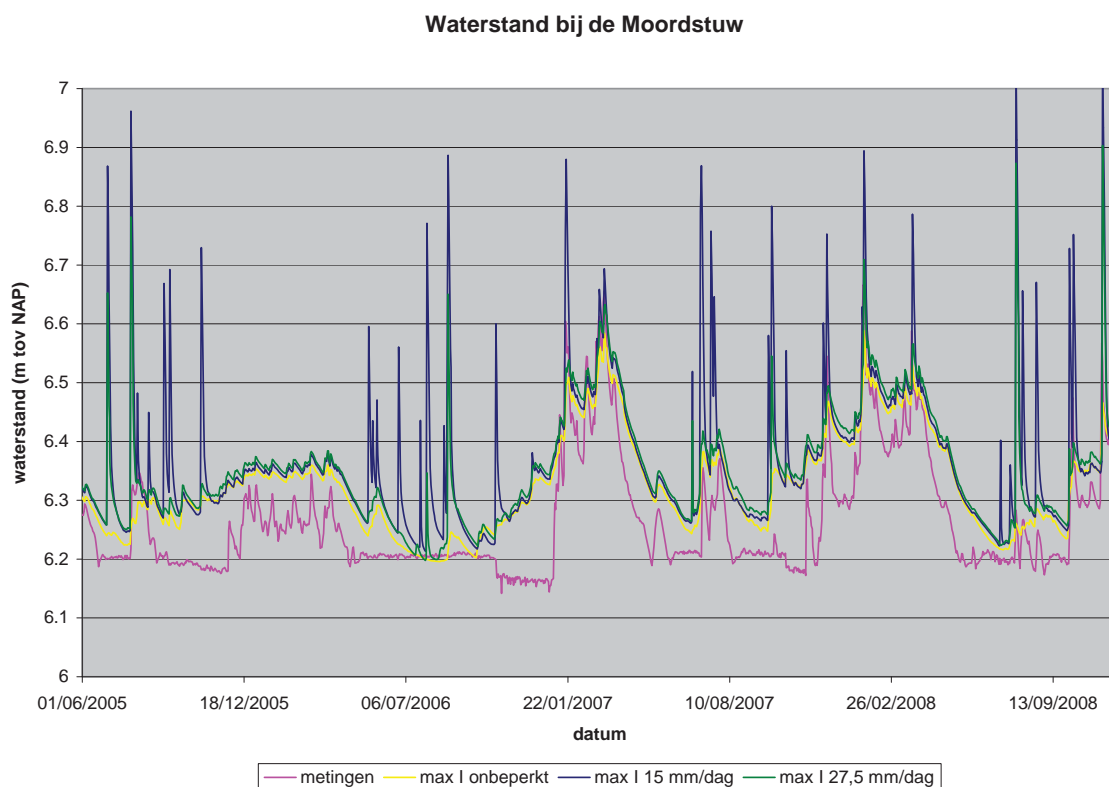
De opzet van het hydraulisch model bevat niet de modellering van het huidige functioneren van het oppervlaktewater in de Oude Willem. De huidige loop van de Tilgrup in de Oude Willem en de erop afwaterende sloten en greppels maken geen onderdeel uit van het model. Het zuidelijke deel van de Tilgrup in de Oude Willem is om deze reden ten behoeve van de verificatie gemodelleerd alsof deze vrij afwatert in de Tilgrup bij de Bosweg.

Door de verschillen in de werkelijke situatie en het model is een echte ijking in de Oude Willem onmogelijk. Wel kunnen de gemeten en de berekende waterstanden en debieten worden vergeleken voor een situatie die zo goed mogelijk hoort bij de gemeten standen en afgeleide debieten bij Moordstuw. Zo kan er bepaald worden of er voldoende vertrouwen in het model is om de toekomstige situatie mee te modelleren.

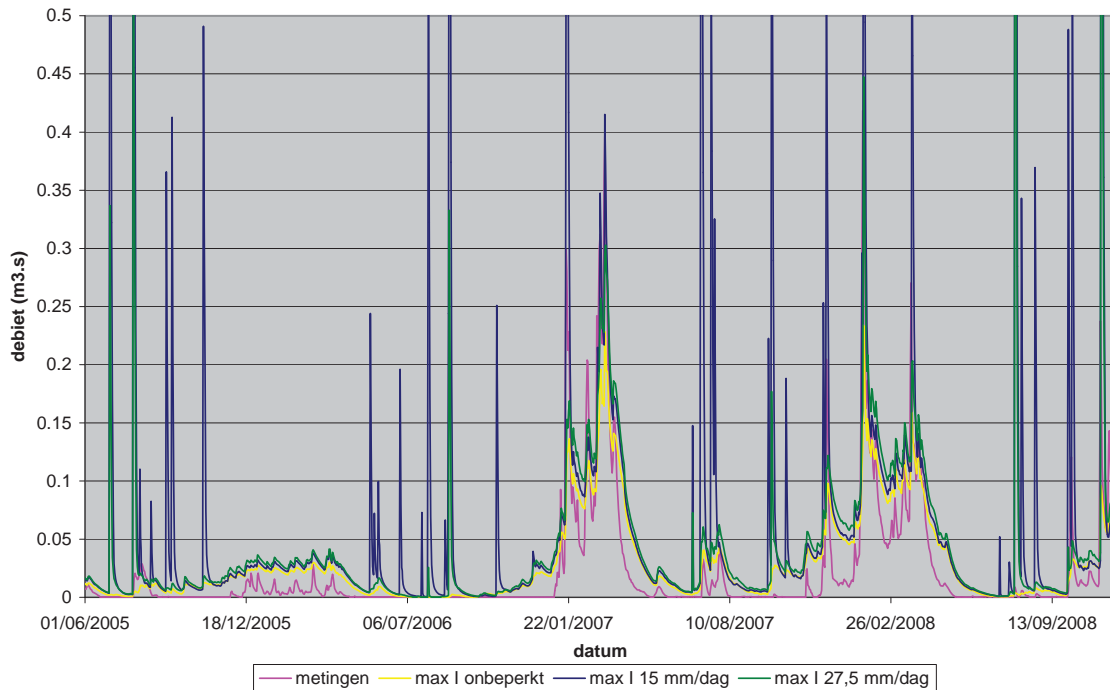
3.3.2 Resultaat calibratie

Het model is doorgerekend voor de periode 1997-2009. Voor de input uit MIPWA is gewerkt met het scenario voor de huidige situatie (winning aan, ontwatering aanwezig). Deze berekende resultaten zijn vergeleken met de metingen bij de Moordstuw in periode augustus 2004 (start metingen) tot en met november 2009. Na deze datum worden de waterstanden niet juist gemeten.

In figuren 26 en 27 staan berekende en de gemeten waterstanden en de berekenden en gemeten debieten bij de Moordstuw. De resultaten van twee verschillende maximale infiltratiesnelheden, 15 en 27,5 mm/dag, staan weergegeven. De resultaten tonen over het algemeen een goede beschrijving van de lange afvoerpieken. De korte afvoer pieken die worden berekend komen in werkelijkheid niet voor. Mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat het opvullen van het beekstelsysteem in het model niet wordt gesimuleerd terwijl in werkelijkheid in droge situatie water verdwijnt door verdamping en infiltratie naar het grondwater. Dat deel moet eerst worden opgevuld voordat afvoer gaat optreden.



Figuur 26. Waterstand bij de Moordstuw periode augustus 2004 tot december 2009

Debiet bij Moordstuw


Figuur 27. Afvoer bij de Moordstuw periode augustus 2004 tot december 2009

De lage afvoeren worden te hoog berekend. Ook het terugzakken na een piek verloopt in het model minder snel dan in werkelijkheid. Dit gedrag kan mogelijk door de volgende factoren worden verklaard:

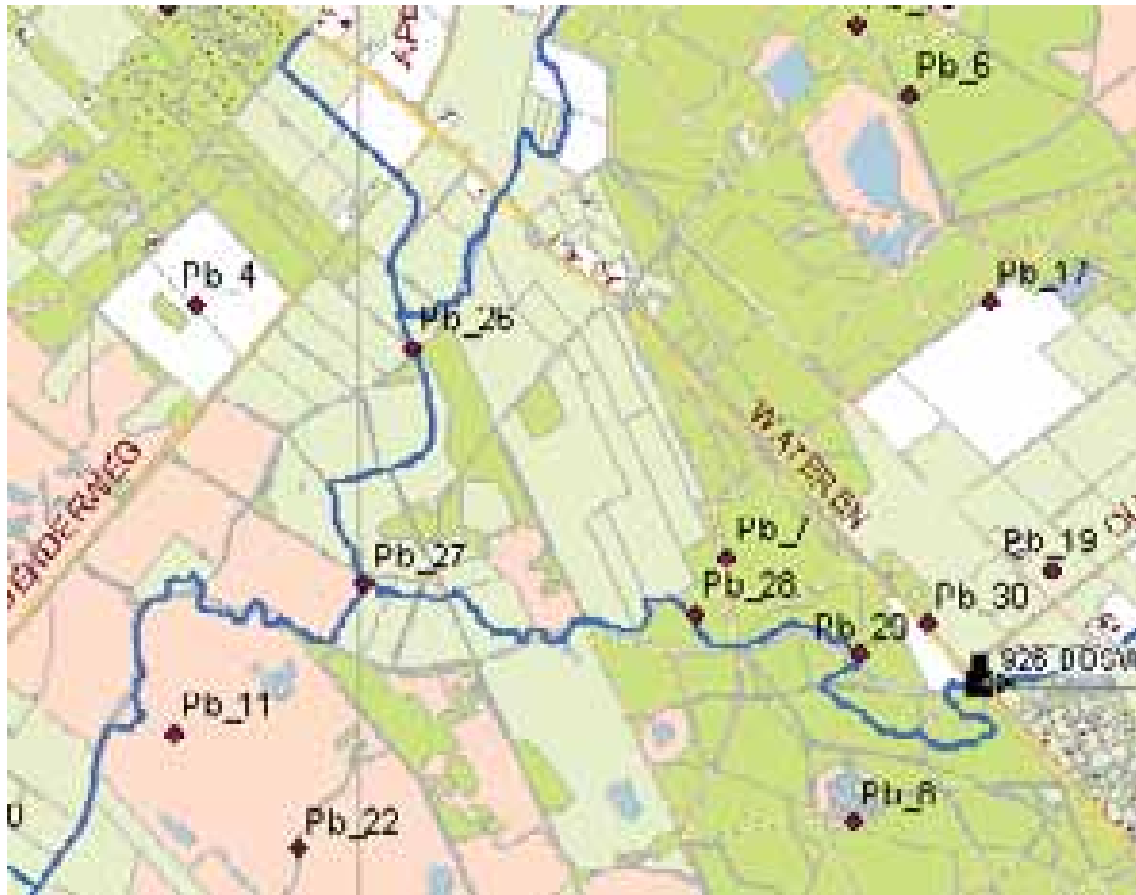
- De hoeveelheid water die per tijdseenheid tot afstromen komt, zoals berekend met MIPWA, wijkt af waardoor de oppervlakkige afvoer in pieken te laag is.
- De te hoog berekende afvoer in periode met lage afvoer worden veroorzaakt doordat met het model MIPWA een trager uitputtingsverloop wordt berekend waardoor in de droge perioden een afvoer blijft bestaan.
- De te hoge afvoer in periodes met lage afvoer kunnen ook verklaard worden doordat het gemaal bij de Bosweg Diever-Wateren geen water naar de Tilgrup pompt. Dit gemaal zou zo ingesteld kunnen zijn om in droge periodes meer water vast te houden voor de landbouw. Het gemaal stuurt echter op een vast peil.
- De afvoer op de flanken, zoals Aekingerveld, is in de afgelopen jaren gewijzigd. Greppels zijn niet meer afvoerend gemaakt waar zij dit in het verleden wel waren. Dit maakt de afvoer trager en de pieken lager.
- Het diepe grondwatersysteem blijft ook in drogere situaties teveel water naar het gebied aanvoeren dat tot afvoer komt. Het doorlaatvermogen in het model van de diepe ondergrond kent een betrekkelijk hoge waarde.

Het variëren van de Km waarde heeft geen grote invloed op de resultaten. Bij een extreem lage Km waarde en dus hoge weerstand (Km 5) zijn de pieken wat lager dan bij

extreem hoge Km waarden (Km 100). Het is duidelijk dat het model niet heel gevoelig is voor het variëren van de Km. Dit komt waarschijnlijk door de lage waterstanden in de vlakke profielen van het model. Hierdoor heeft de hydraulische straal een grotere invloed dan de weerstand.

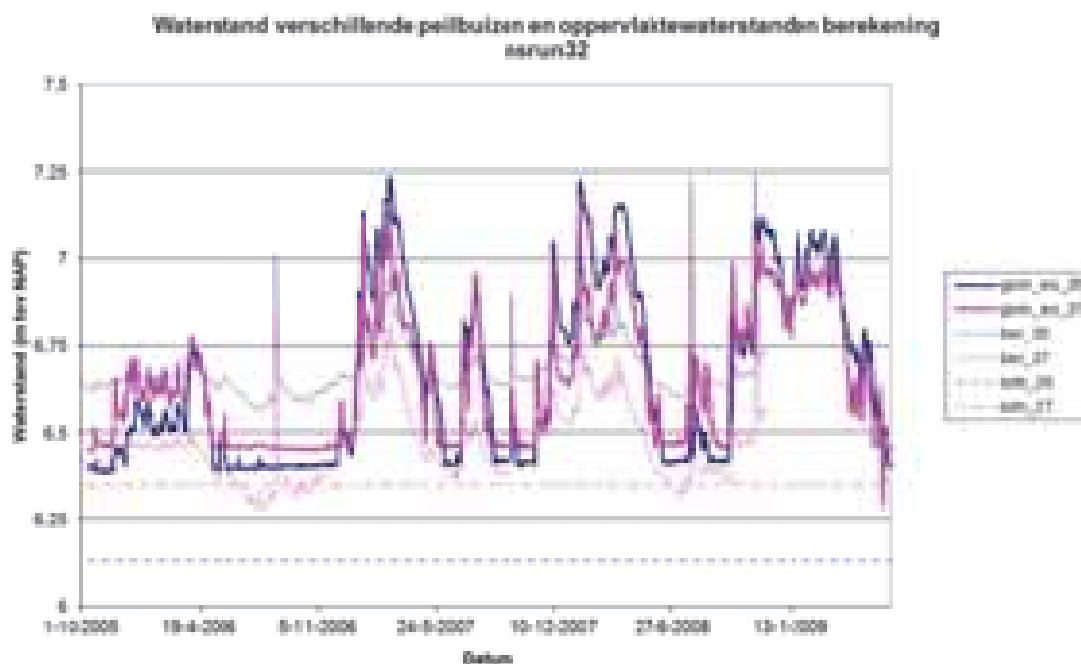
Een veel snellere afvoer uit de Oude Willem heeft ook bijna geen effect op de hoogte van de pieken.

F



Figuur 28. Locatie meetpunten in Tilgrup en Vledder Aa

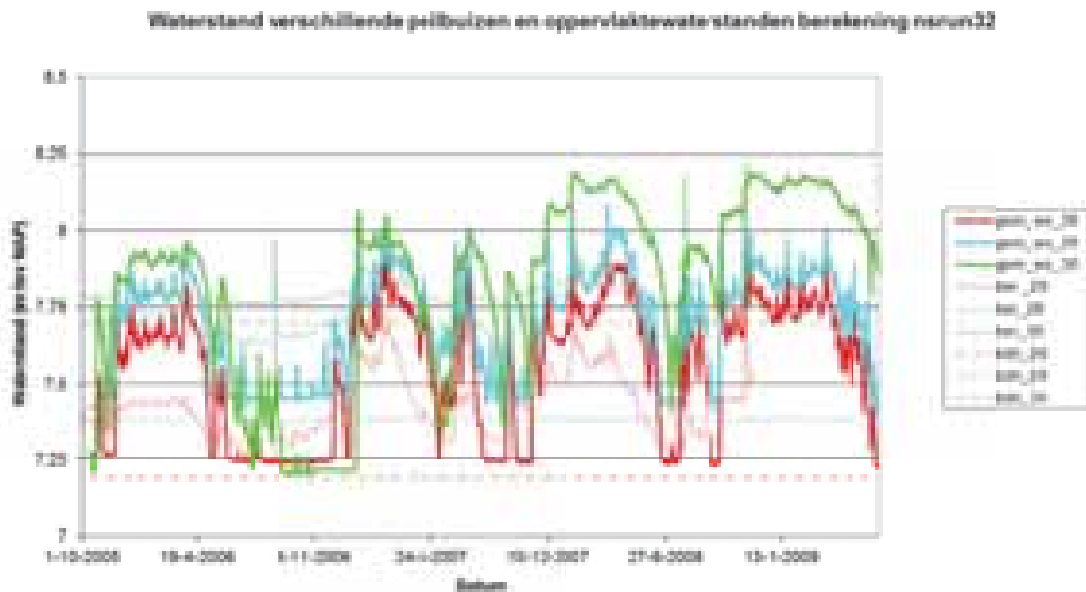
In figuur 28 staan de locaties vermeld van meetpunten waar in de Tilgrup en Vledder Aa het oppervlaktewaterniveau wordt geregistreerd. In figuur 29 en 30 staan de gemeten en berekende waterstanden tegen elkaar uitgezet.



Figuur 29. Waterstanden bij meetpunt ws_26 en ws_27 in Vledder Aa

Meetpunt ws_26 bevindt zich in de bovenloop van de Vledder Aa. De meting vertoont een basis niveau waaronder het peil niet lijkt te kunnen zakken. Dit kan komen door de plaatsing van het meetpunt. De bodemhoogte is hier ca. 25cm lager. De berekende waterstand vertoont minder dynamiek: de piek is te laag berekend en de lage standen zijn te hoog.

Meetpunt ws_27 bevindt zich op het kruispunt van Vledder Aa en Tilgrup. Ook hier is er een verschil tussen de aangenomen bodemhoogte en de door de meting als ondergrens waar te nemen hoogte. De dynamiek van meting en berekening komen redelijk goed overeen. De berekende waarde liggen over het algemeen ca. 15 cm lager.



Figuur 30. Waterstanden bij meetpunten ws_28, ws_29 en ws_30

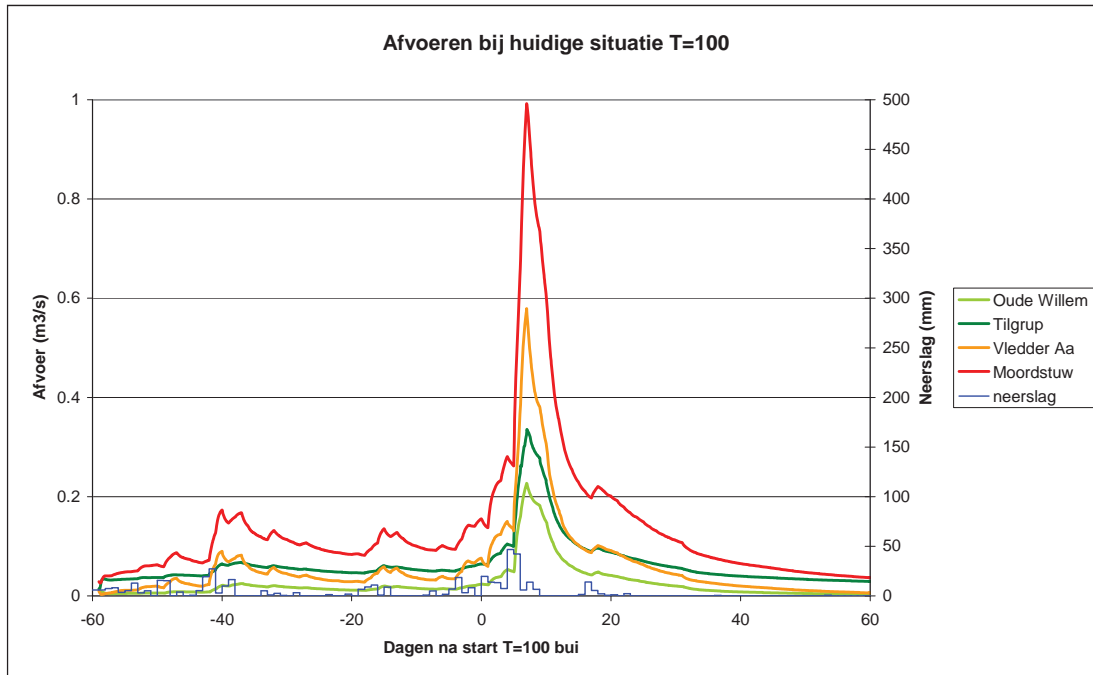
Meetpunt ws_28 bevindt zich in de Tilgrup. Ook hier is er een verschil tussen de aangenomen bodemhoogte en de door de meting als ondergrens waar te nemen hoogte. De dynamiek van meting is groter dan in de berekening. De berekende waarde liggen in de pieken ca. 5-10 cm lager, in de lage waarden ca. 5 cm te hoog.

Meetpunt ws_29 bevindt zich in de Tilgrup. Ook hier is er een verschil tussen de aangenomen bodemhoogte en de door de meting als ondergrens waar te nemen hoogte. De dynamiek van meting is veel groter dan in de berekening. De berekende waarde liggen in de pieken ca. 5-10 cm te laag, in de lage waarden ca. 25 cm te hoog.

Meetpunt ws_30 bevindt zich in de aan de zuidelijke bosweg. De bodemhoogte in het model is beduidend hoger dan de waarnemingen laten zien. De vraag is wat de metingen hier voorstellen. De dynamiek van meting is veel groter dan in de berekening.

Op basis van de resultaten van de vergelijking van de modelberekeningen met de gemeten standen kan worden geconcludeerd dat de profielen zoals door deze bekend zijn van de Vledder Aa en de Tilgrup, niet eenzelfde onderkant laten zien als welke de metingen tonen. De gemeten waarden tonen over het algemeen een grotere dynamiek, waarbij de pieken 5-10cm hoger lijken te zijn. Verbetering van het model door verandering van Km waarden heeft pas zin wanneer meer zekerheid kan worden verkregen over de profielen van de beken. Ook is hierbij de reden van de afwijkende ondergrens van de metingen ten opzichte van de beekbodems van belang. Over het algemeen kan worden gesteld dat de resultaten berekening van de piekwaterstanden met een betrouwbaarheidsmarge van ca. 10cm kan worden gebruikt.

De afvoerpiek bij Moordstuw is berekend voor een T=100 bui vanuit een GHG niveau voor het grondwater in huidige situatie. In figuur 31 staan de verschillende bijdragen weergegeven van de Oude Willem, Tilgrup en bovenloop Vledder Aa. De invloed van de afvoer van de Vledder Aa is duidelijk groter dan de invloed vanuit de Tilgrup.



Figuur 31. Afvoer uit de Oude Willem, Tilgrup Vledder Aa en totaal bij de Moordstuw

Belangrijke punten aanpak:

- GIS analyse voor de modellering voor de vorm en ligging van de watergang en,
- MIPWA fluxen van oppervlakkige afvoer en drainage naar watergangen en drainagemiddelen als invoer voor Sobek.

3.4 Conclusies over analyse van totale hydrologische systeem

Het model instrument SOBEK is geverifieerd aan de hand van informatie over de situatie bij de Moordstuw. Hiervan zijn meetgegevens over de waterstand voor de stuw. Met deze gemeten waterstanden worden de afvoerhoeveelheden berekend. Nadat de uitbreiding en aanpassing van de modellen SOBEK en MIPWA hebben plaatsgevonden is een situatie beschouwd waarvoor het hydraulische model kan worden geverifieerd. Dit blijkt een lastige opgave omdat de verschillende inputwaarden vanuit het grondwatermodel niet kunnen worden getoetst aan gemeten afvoer. Bijvoorbeeld de afvoer uit de Oude Willem worden niet bemeten. Ook de afvoer uit de bovenloop van de Vledder Aa is niet bekend. Slechts de afvoer over de Moordstuw is gemeten.

Wanneer de afvoer over en de waterstanden bij de Moordstuw worden vergeleken met de berekende hoeveelheden en standen, dan kan worden geconstateerd dat de momenten waarop de pieken en dalen in de afvoer berekend worden goed overeenkomen met de gemeten momenten. De waterstanden in afvoerpieken is over het algemeen ca. 5 cm te laag berekend. De totale hoeveelheid die over de Moordstuw (berekend met de waterstanden) komt voor een periode van ca. 4 jaar goed overeen met wat met het hydrologisch modelinstrumentarium wordt berekend (periode 5/8/2004



tot eind 2008: gemeten 4,36 Mm³, berekend 4,35 Mm³). De afvoer in relatief droge perioden is over het algemeen hoger berekend dan in de waterstanden gemeten.

De afvoer over de Moordstuw wordt in hoge mate bepaald door de input zoals deze is berekend met het grondwatermodel MIPWA. Door met dit model binnen de normen de weerstanden voor drainage in sloten en greppels te variëren is de afvoer in de pieksituaties gecalibreerd. De afvoer bij uitputtingsverloop en lage afvoeren is door het model over het algemeen hoger berekend. De parameter waarmee dit binnen de normen kan worden gevarieerd is niet gevonden. In de periode waarover dit modelonderzoek heeft plaatsgevonden is een studie naar de effecten van de waterwinning van Terwisscha gereed gekomen (KWR 2011). In dit onderzoek wordt voor de diepe ondergrond een doorlaatvermogen vastgesteld welke significant lager is dan het doorlaatvermogen dat in MIPWA wordt aangehouden. Door de te hoge doorlaatvermogen in het MIPWA kan mogelijk worden verklaard dat het uitputtingsverloop niet voldoende snel optreedt en ook kunnen de pieken beter worden bepaald bij lagere doorlaatvermogens. Immers, het water kan niet via het grondwater wegstromen.





4 BASISSCENARIOS

4.1 Algemeen

Ter vergroting van het inzicht in de hydrologische situatie in en om de Oude Willem zijn twee basisscenario's berekend. De resultaten zijn in kaarten gepresenteerd en gebruikt om verdere varianten te ontwikkelen.

4.2 Basisscenario 1: Huidige situatie

De huidige situatie is de situatie zoals waarvoor ook de calibratie van het model instrumentarium is uitgevoerd. Deze situatie staat beschreven in hoofdstuk 3.

4.3 Basisscenario 2: Oppervlaktewater Oude Willem eruit en winning Terwisscha op nonactief

Het basisscenario 2 is een scenario waarbij de winning Terwisscha uitstaat en ter plaatse van de Oude Willem de waterlopen zijn gedempt. Van de gedempte waterlopen is het maaiveld op een vergelijkbare hoogte aangebracht als in de directe omgeving van de waterloop. Hierdoor is ook de aanvoer van water niet meer mogelijk.

Uit berekeningen is gebleken dat de ondergrond zich in natte omstandigheden geheel zal vullen met grondwater. Op plaatsen in het gebied zal water boven maaiveld kunnen voorkomen, dat via aaneengesloten lage delen in het terrein tot afstroming zal komen in de richting van de zuidelijke Bosweg en de Tilgrup ten zuiden hiervan. In de Oude Willem ontstaat in deze situatie een slenk die in natte omstandigheden water zal afvoeren. Dit is water dat niet meer kan infiltreren of van de flanken via het grondwater afstroomt naar de Oude Willem en zal uittreden en afstromen.

Door het stopzetten van de winning Terwisscha gaat de grondwaterstand in grote delen van het onderzoeksgebied omhoog (zie bijlage 3). Vooral op de westelijke flank van de Oude Willem zijn de veranderingen het grootst. Combinatie van de winning uit en oppervlaktewater in de Oude Willem eruit levert een gebied op dat water in natte situaties via de slenk gaat afvoeren en dat in gemiddelde en droge situaties vooral een infiltratiegebied is voor het neerslagoverschot.

In natte situaties kunnen de grondwaterstanden en ook de hoeveelheid water boven maaiveld voor dusdanig natte situaties zorgen dat ter plaatse van de bebouwing in de lage delen van de Oude Willem wateroverlast kan optreden. In de uitwerking van dit scenario is hier slechts globaal naar gekeken. In de later uitgewerkte varianten wordt hier verder op ingegaan.



5 VARIANTEN 1A EN 2B

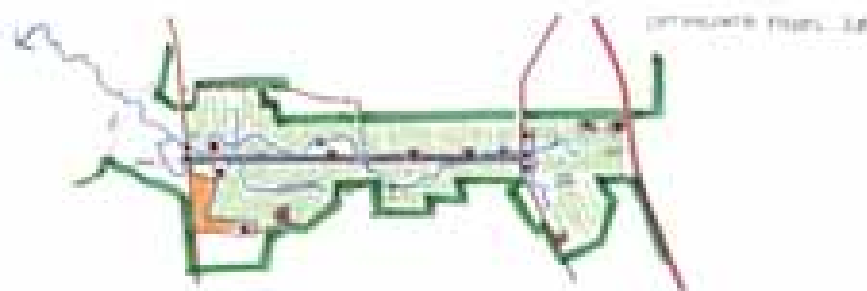
5.1 Beschrijving van varianten en uitgangspunten

Hydrologische uitgangspunten

Hydrologische uitgangspunten voor de varianten 1A en 2B (andere varianten zijn niet hydrologisch doorgerekend en zijn daarom niet in uitgangspunten uitgewerkt).



Figuur 32. Schematische weergave variant 1A optimalisatie



Figuur 33. Schematische weergave variant 2B optimalisatie

Variant 1A

- Omvorming bos van naald naar loof.
- Winning Terwisscha uit.
- Oppervlaktewater zoals nu aanwezig niet meer aanwezig.
- Geen rekening houden met Oude Willemse weg en bebouwing in de Oude Willem.
- Wel rekening houden met het recreatieterrein langs de zuidelijke Bosweg en de daar bestaande bebouwing alsmede het drooghouden/berijdbaar van deze weg. Hiervoor is eventueel een bemaling nodig.
- Natuurlijke afwatering volgt de laagtes in het huidige maaiveld. De hierin voorkomende drempels worden benut om hierop zgn. knijpconstructies aan te leggen. Hiervan zal een aan de zuidelijke bosweg en 3 midden in het gebied worden geplaatst.
- De knijpconstructies kunnen de afvoer naar de Tilgrup regelen. Voor de knijpconstructies zal bij grote neerslag waterberging/tijdelijk vasthouden plaatsvinden.
- (Nog) geen afgraven.
- Gebied blijft open. Daarmee wordt voor het gebied Oude Willem een gewasfactor aangehouden dat overeenkomt met natuurlijk grasland.



Variant 2B

- Omvorming bos van naald naar loof.
- Winning Terwisscha uit.
- Langs de Oude Willemse weg wordt een voldoende diepe en brede bermsloot aangelegd/behouden waarmee de ontwatering ten behoeve van de bestaande bebouwing en de Oude Willemse weg wordt gewaarborgd.
- De bermsloot zal worden bemalen op een dusdanig peil dat de ontwatering zoals hiervoor genoemd te allen tijde kan worden gerealiseerd.
- Rekening wordt gehouden met het recreatieterrein langs de zuidelijke Bosweg en de daar bestaande bebouwing alsmede het drooghouden/berijdbaar van deze weg. Hiervoor is eventueel een bemaling nodig.
- Om de weg, de sloot en de bebouwing wordt een dijk(je) aangelegd zodat in het buitengebied water kan worden geborgen. Water dat in dat buitengebied tot afstromen komt zal de laagten in het terrein volgen zoals dit nu reeds aanwezig is.
- Aan de zuidelijke bosweg wordt gezorgd voor een knijpconstructie waarmee de afvoer kan worden geknepen en water op het maaiveld kan worden geborgen.
- Gebied blijft open. Daarmee wordt voor het gebied Oude Willem een gewasfactor aangehouden dat overeenkomt met natuurlijk grasland.

Aanvullende informatie

- Knijpconstructies versus ophogen? De in het terrein aanwezige drempels worden benut/behouden. Op deze drempels worden de knijpconstructies gemaakt. De knijpconstructies bestaan uit een ophoging van de drempels met daarin een uitlaat mogelijkheid. Deze wordt technisch vormgegeven met een breedte en een bodemhoogte van een spleet waardoor water kan overstorten naar het volgende compartiment of zoals bij de zuidelijke bosweg, het gebied uit. Als breedte van de spleet is 30cm en 10cm aangehouden. Daarnaast hebben we de gevolgen voor de piekafvoer benedenstrooms in beeld gebracht wanneer de knijpspleet helemaal dicht is. Eenmaal aangelegd zijn de knijpconstructies niet meer te regelen. Mogelijk kan de bodem van de knijpconstructie worden opgehoogd door balkjes of iets dergelijks.
- De sloten en greppels worden actief verwijderd.
- De bermsloot wordt in variant 2B in hoogwatersituatie bemalen. Dit water wordt voor de knijpconstructie bij de zuidelijke Bosweg gepompt.
- Wij gaan in variant 2B er vanuit dat de gebieden aan beide zijden van de weg met elkaar verbonden worden middels een duiker. Deze duiker gaat onder de weg door en heeft geen contact met de bermsloot.
- De drooglegging voor de Zuidelijke Bosweg wordt uitgewerkt door langs de weg een bermsloot aan te leggen met direct aan de Oude Willem zijde een verhoging van het maaiveld die deel uitmaakt van de knijpconstructie. Het recreatieterrein wordt indien nodig omdijkt met aan de binnenzijde hiervan een greppel die kan worden bemalen.
- Het peil voor de watergang langs de Oude Willemse weg in variant 2B wordt zodanig verondersteld dat enerzijds de bermsloot kan afwateren naar een bemaling bij de zuidelijke Bosweg, en anderzijds dat de Oude Willemse weg en de bebouwing erlangs voldoende drooglegging en ontwatering krijgen. Dit betekent een drooglegging van ca. 1.10m. De kades eromheen moeten het water dat wordt geborgen weg houden.

- De peilgebieden zoals in huidige situatie bestaan (zie Rapport Oppervlaktewatersysteem Oude Willem, Waterschap Reest en Wieden) zal ten dele komen te vervallen. Voor zowel Variant 1A als 2B blijft gemaal Graafstra bestaan. Met het gemaal wordt alleen nog het gebied ten noorden van de Noordelijke Bosweg bemalen. Het gemaal bij de zuidelijke Bosweg zal mogelijk ingezet kunnen worden om de bermsloot te kunnen bemalen in variant 2B.
- De hoogwaterlijn wordt bepaald voor een t=100 bui. Deze wordt in een situatie waarbij GHG in het gebied optreedt op het gebied gezet en doorgerekend (dit is met de opgetreden neerslagverdeling op 1 maart van 2007). In tabel 1 staan de buien weergegeven voor T=10, T=25, T=50 of T=100. In de tabel staat het neerslag volume van die buien.

Tabel 1. Volume neerslag in mm/dag bij de verschillende herhalingstijden

dag	T=10	T=25	T=50	T=100
1	0.06	0.07	0.08	0.08
2	14.75	16.66	18.18	19.58
3	10.42	11.77	12.85	13.84
4	10.06	11.36	12.4	13.35
5	5.55	6.26	6.84	7.36
6	35.16	39.71	43.35	46.68
7	31.85	35.96	39.26	42.28
8	4.51	5.09	5.56	5.99
9	10.3	11.63	12.7	13.68
10	4.94	5.58	6.09	6.55
Total volume	128	144	157	169

5.2 Resultaten

5.2.1 GXG

Met het hydrologisch instrument MIPWA zijn de grondwaterstanden doorgerekend in de Oude Willem en omgeving voor de huidige situatie, variant 1A en 2B. De resultaten hiervan zijn uitgedrukt in de GXG. Kaarten hiervan staan in bijlage 4.

Deze kaarten worden gebruikt bij de beoordeling van de effecten op natuur en landbouw in en om het gebied. Ter plaatse van de poelen op de flanken en de daar aanwezige gledenlaag dient de beoordelingen niet plaats te vinden met de GXG aldaar maar met wat er in de directe omgeving veranderd en ook met de stijghoogte eronder. In het model wordt nl. geen rekening gehouden met de schijngrondwaterspiegels.

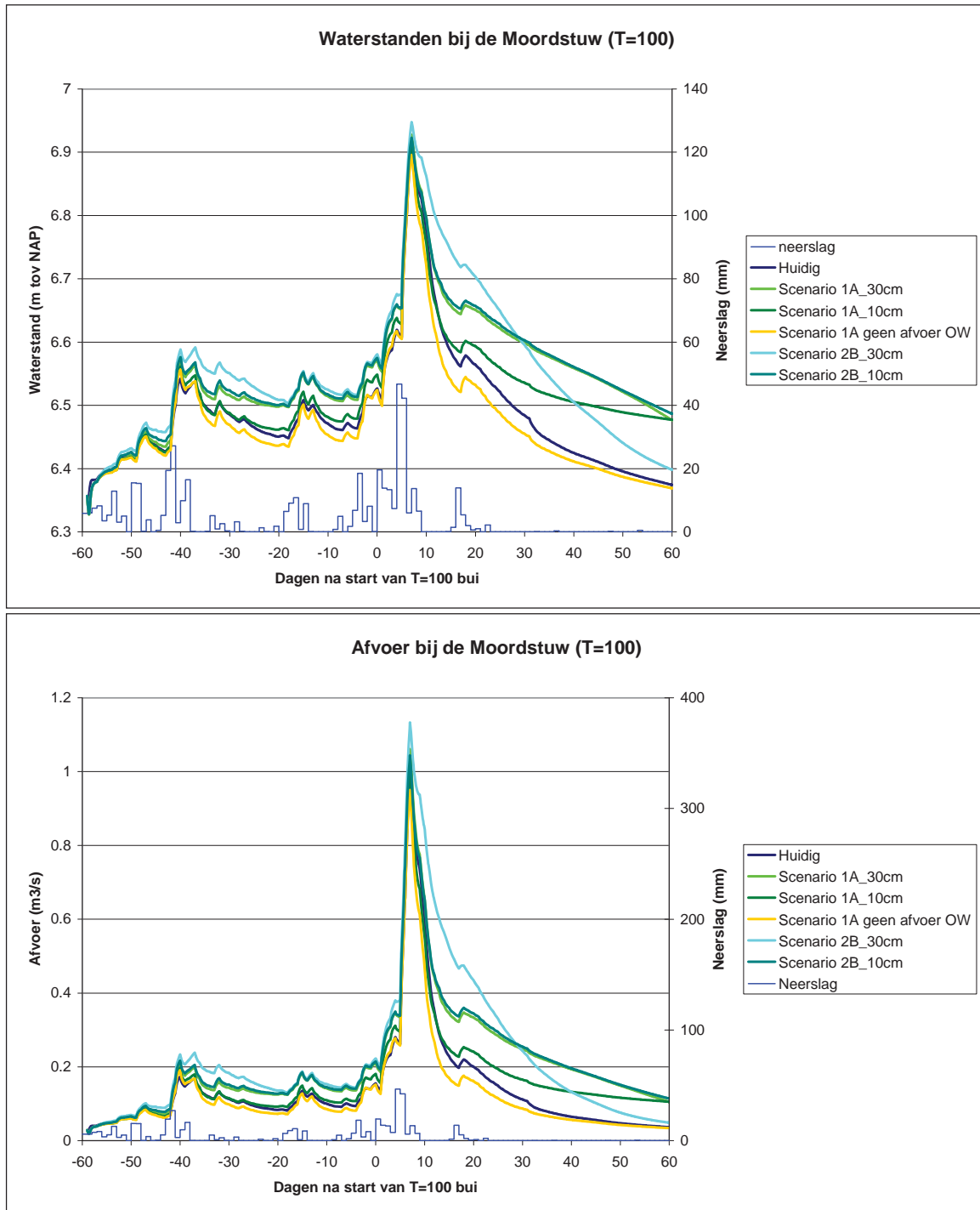
In de figuren is te zien dat de grondwaterstanden in beide varianten op de flanken van de Oude Willem met 20-40cm zal stijgen.

5.2.2 GHG verandering en gevolgen voor bebouwing, wegen en landbouw

De GHG wordt gebruikt ter indicatie van de ontwateringsdiepte bij de bebouwing en de wegen in de Oude Willem en in het Drents-Friese Wold. In bijlage 5 staan alle meetpunten en tabel met waarden vermeld. Opmerkelijk is dat bij een norm van $GHG > 70\text{cm}$ alle bebouwing in de Oude Willem in huidige situatie, in variant 1A en variant 2B hier aan voldoet. Dit ligt echter anders in situatie T=100. De norm die hierbij dan geldt, is anders nl. inundatie.

5.2.3 Hoogwaterlijn in relatie tot belangrijke bebouwing, wegen en landbouw bij T=100 bui

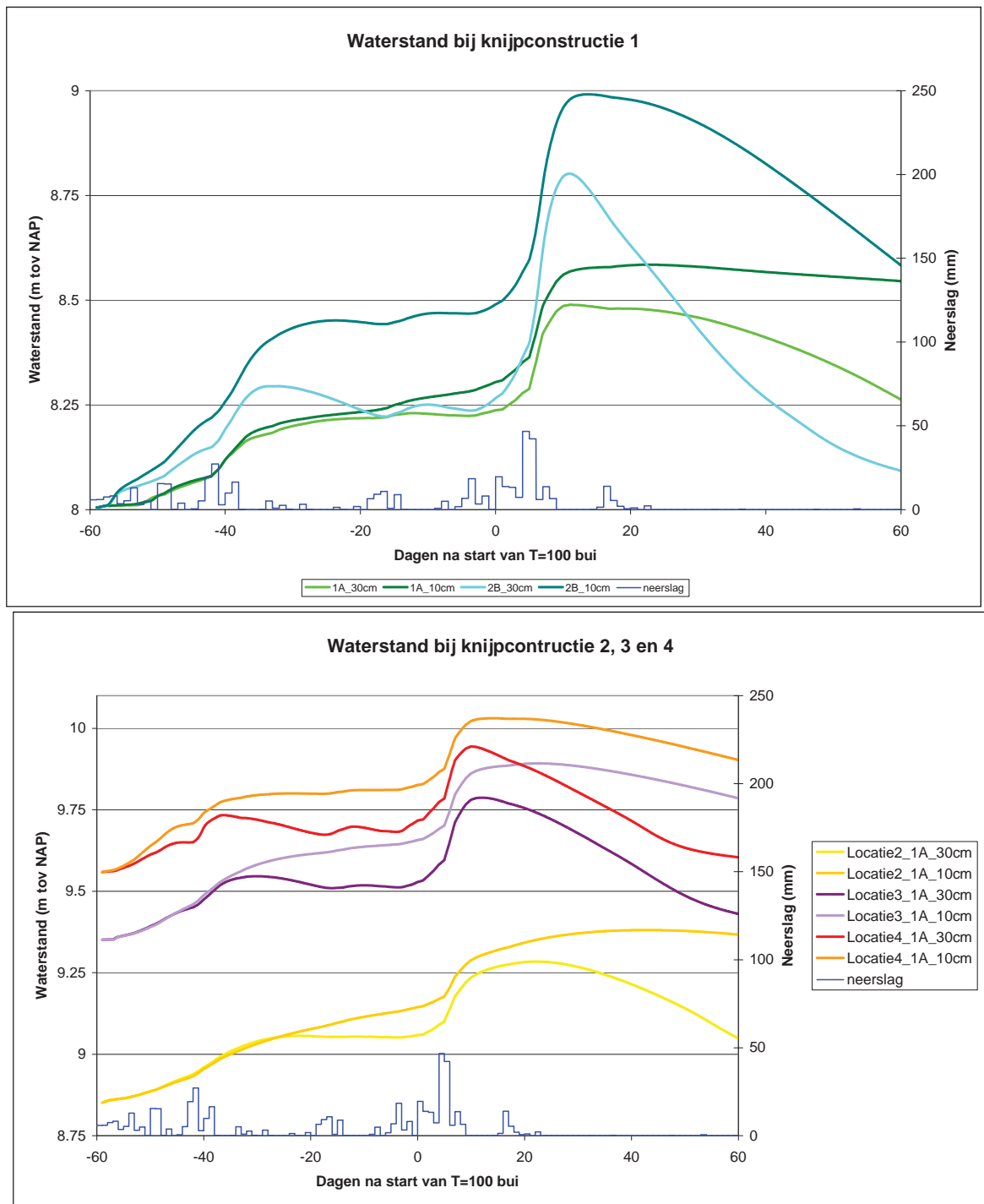
Voor een T=100 bui is een berekening uitgevoerd met het hydrologisch instrument MIPWA en SOBEK. De resultaten zijn op uitgewerkt in waterstanden en afvoer bij de Moordstuw. Zie figuur 34.



Figuur 34. Afvoer en waterstanden ter plaatse van de Moordstuw bij T=100 bui

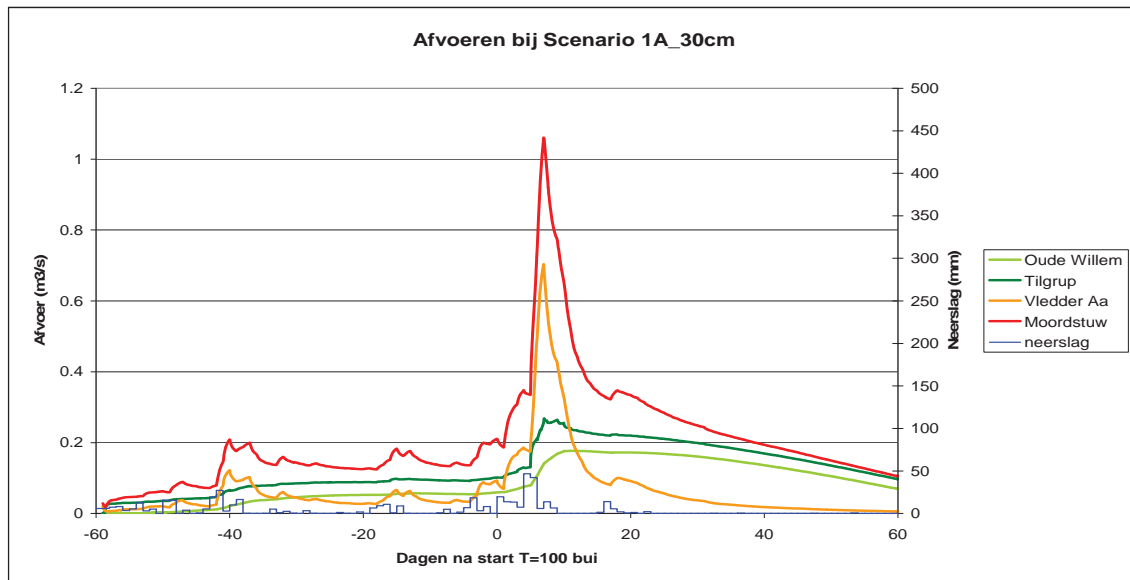
Hierbij is op te merken dat:

- Door de knijpconstructies kan de piek in waterstand (ca. 45cm verhoging) voor de Moordstuw worden verlaagd met maximaal ca. 5 cm (totaal geen afvoer uit de Oude Willem) (zie figuur 35). Dit betekent dat de piek voornamelijk wordt veroorzaakt door afvoer uit de Vledder Aa en de Tilgrup vanaf de Oude Willem.



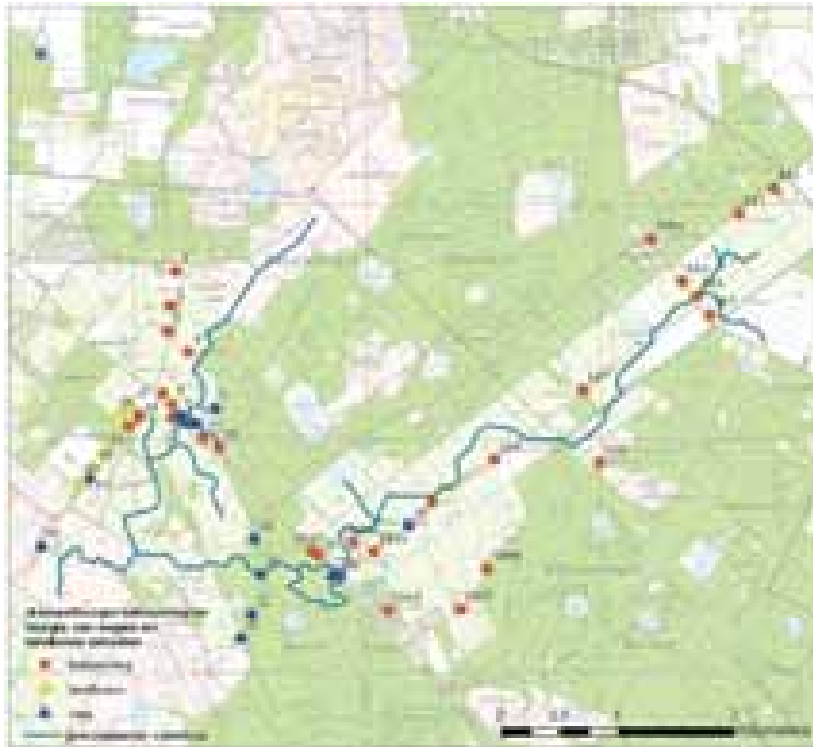
Figuur 35. Afvoer en waterstanden ter plaatse van de knijpconstructies in variant 1A bij een T=100 bui

- De piek bij de Moordstuw wordt voor het grootste gedeelte veroorzaakt door afvoer vanuit de bovenloop van de Vledder Aa (zie figuur 36).

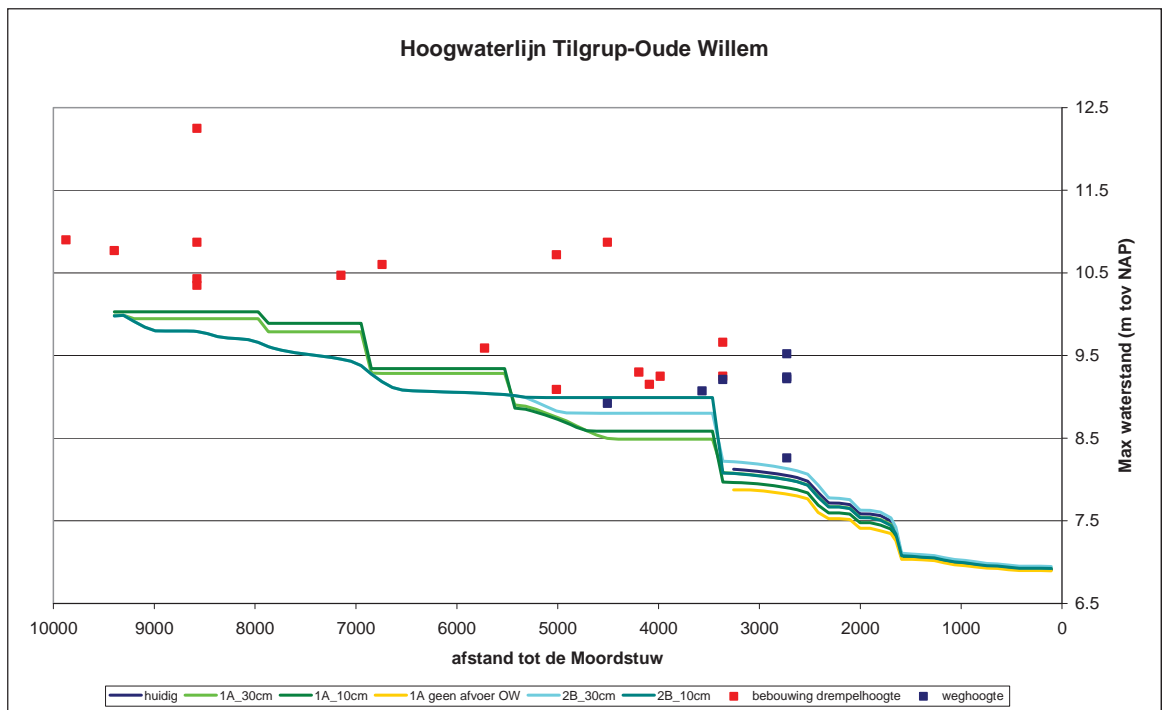


Figuur 36. Afvoer bij Moordstuw opgesplitst in aandeel vanuit Oude Willem, Vledder Aa en Tilgrup

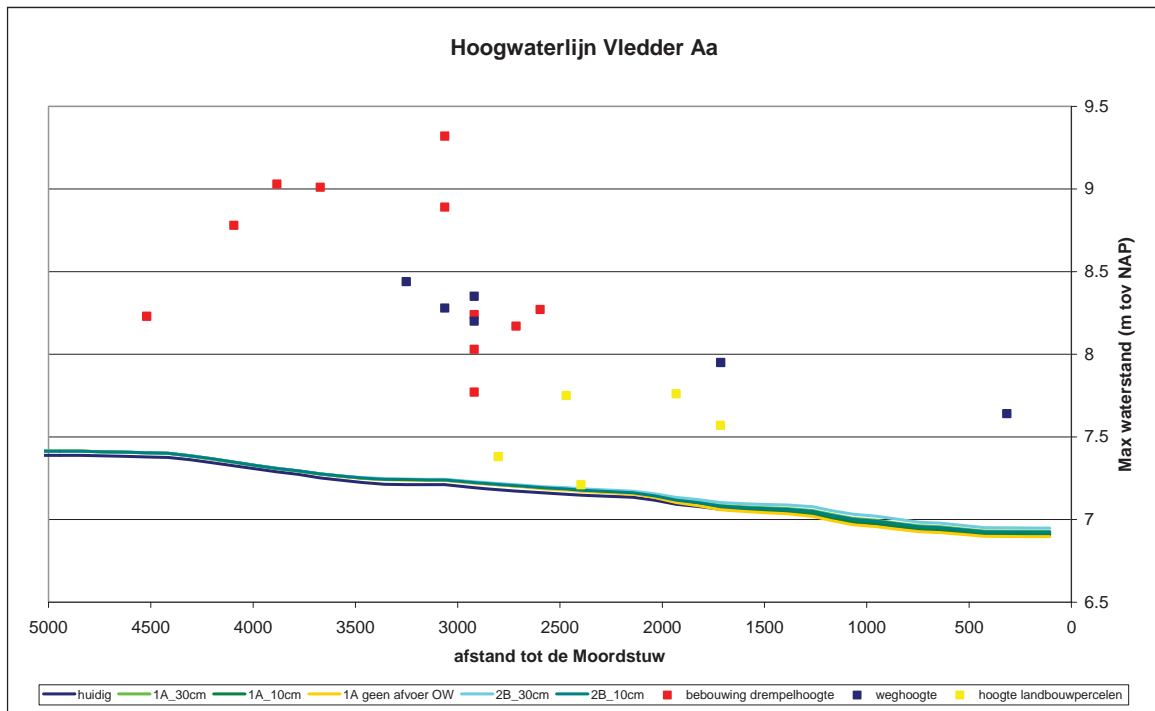
- Bij GHG situatie vindt reeds afvoer van water plaats vanuit de Oude Willem.
- De norm voor wateroverlast in extreme situatie is inundatie. Er zijn enkele kritieke punten te zien in het zuidelijke deel van de Oude Willem (in de grafiek op ca. 4000m van de Moordstuw). Met name in variant 2B komt de waterstand in het zuidelijke deel in de buurt van de drempelhoogte van enkele woningen. Dit komt vanwege het feit dat in deze variant maar één knijpconstructie in de Oude Willem is opgenomen. In variant 2B worden echter maatregelen genomen om de wegen en bebouwing voldoende drooglegging te geven en dat is niet gemodelleerd in het oppervlaktewatermodel. In bijlage 5 staat een tabel weergegeven met alle drempelhoogtes. Een overzicht is gegeven van de hoogwatersituatie per punt. De locaties van de punten staan weergegeven in onderstaande figuur 37. In figuren 38 en 39 staan de hoogwaterlijnen van de Tilgrup-Oude Willem en de Vledder Aa.



Figuur 37. Locaties van de metingen van de drempel- en weghoogtes



Figuur 38. Hoogwaterlijn bij T=100 voor variant 1A en 2B en drempelhoogte bebouwing en weghoogte voor het traject langs de slenk in de Oude Willem en de Tilgrup



Figuur 39. Hoogwaterlijn bij T=100 voor variant 1A en 2B en drempelhoogte bebouwing, hoogteligging landbouwpercelen en weghoogte voor het traject Vledder Aa tot aan Moordstuw

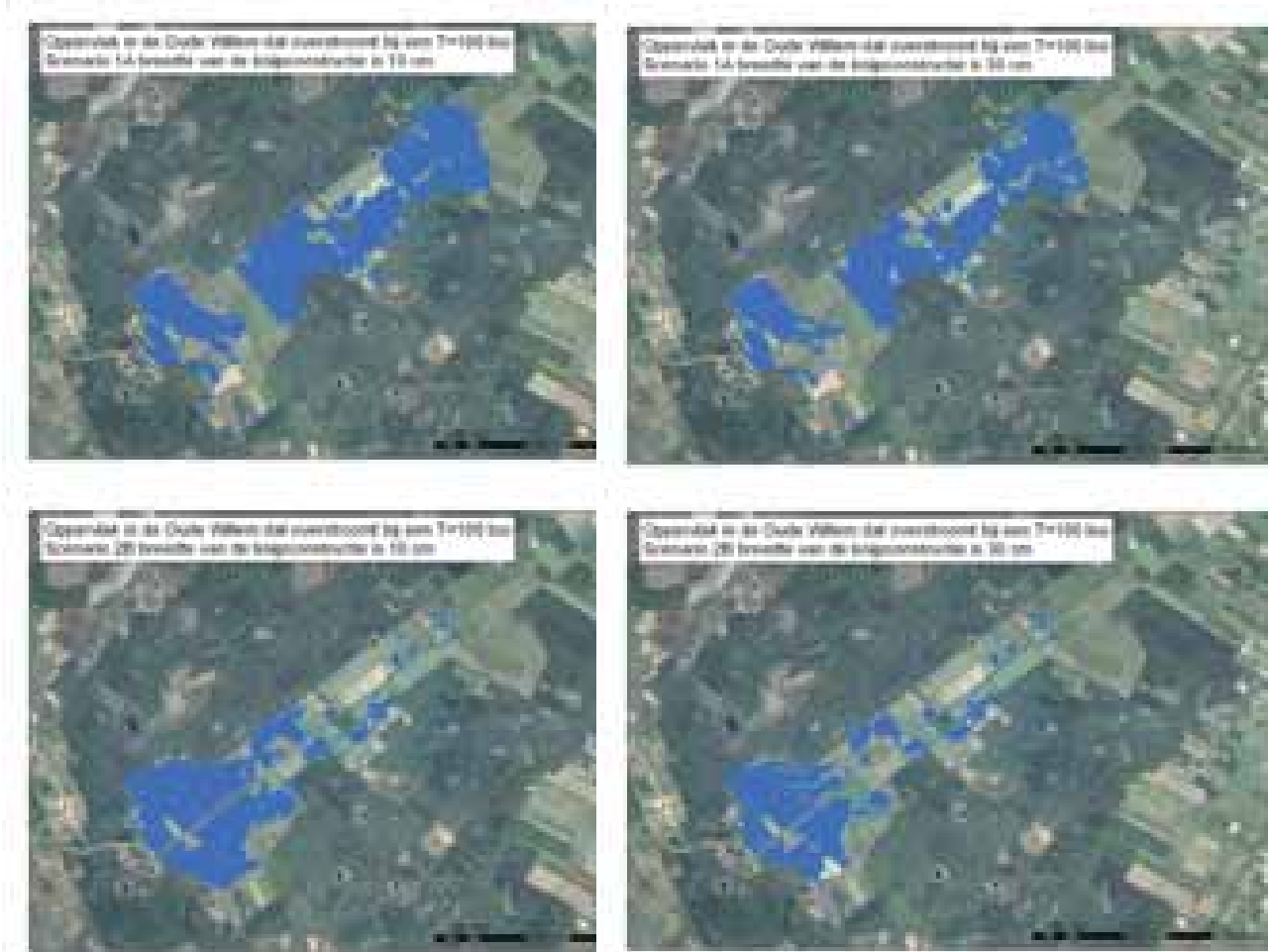
- In variant 1A is de situatie in het zuidelijk deel op een aantal locaties kritisch voor de woningen en de weg. In deze variant zullen de weg en deze huizen echter verdwijnen.

Waterberging tijdens T=100 bui

De waterberging die in de Oude Willem optreedt wanneer de hoogwaterlijn is bereikt tijdens een T=100 bui, staat weergegeven in bijlage 6, tabel waterstanden en berging.

Water boven maaiveld in hoogwatersituatie bij T=100 bui

In onderstaande figuur 40 staat voor de varianten 1A en 2B de situatie weergegeven welke oppervlaktes in de Oude Willem onderwater komen te staan. Variant 1A heeft hier 4 knijpconstructies terwijl variant 2B hier slechts één knijpconstructie heeft. De wijze waarop de uitstroming in de knijpconstructie wordt gemaakt heeft invloed op het oppervlak. In de figuur is de situatie met een constructie met 10cm en met 30cm brede opening weergegeven.



Figuur 40. Oppervlak in de Oude Willem dat overstromt bij T=100 bui voor scenario 1A en 2B, met resp. 4 en 1 knijpconstructie met een opening van 10 en 30cm

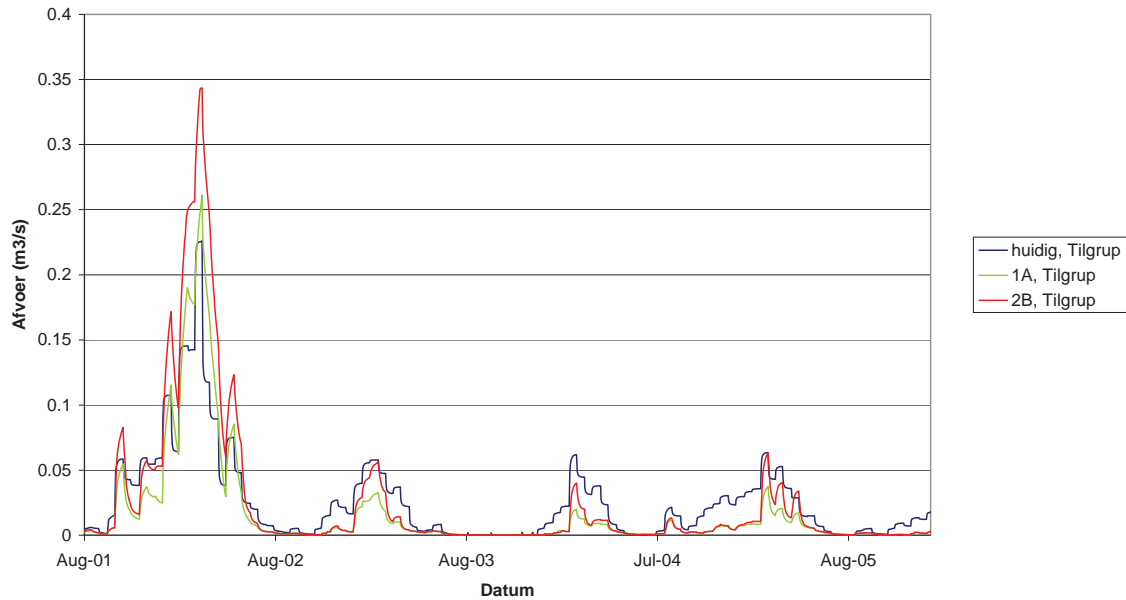
5.2.4 Watervoerendheid Tilgrup en Vledder Aa

In deze paragraaf worden de effecten van de varianten in de Oude Willem op de afvoer uit de Tilgrup, de Vledder Aa en bij de moordstuw beschreven.

Verwacht wordt dat de herinrichting van de Oude Willem zal zorgen dat de Tilgrup in periode met lage afvoeren langer watervoerend zal zijn. In de onderstaande grafieken (figuur 41, 42 en 43) is te zien wat het verschil is tussen de 'huidige' situatie en de 2 scenario's. (De scenario berekeningen gaan uit van een breedte van de knijpstuw van 30 cm.)

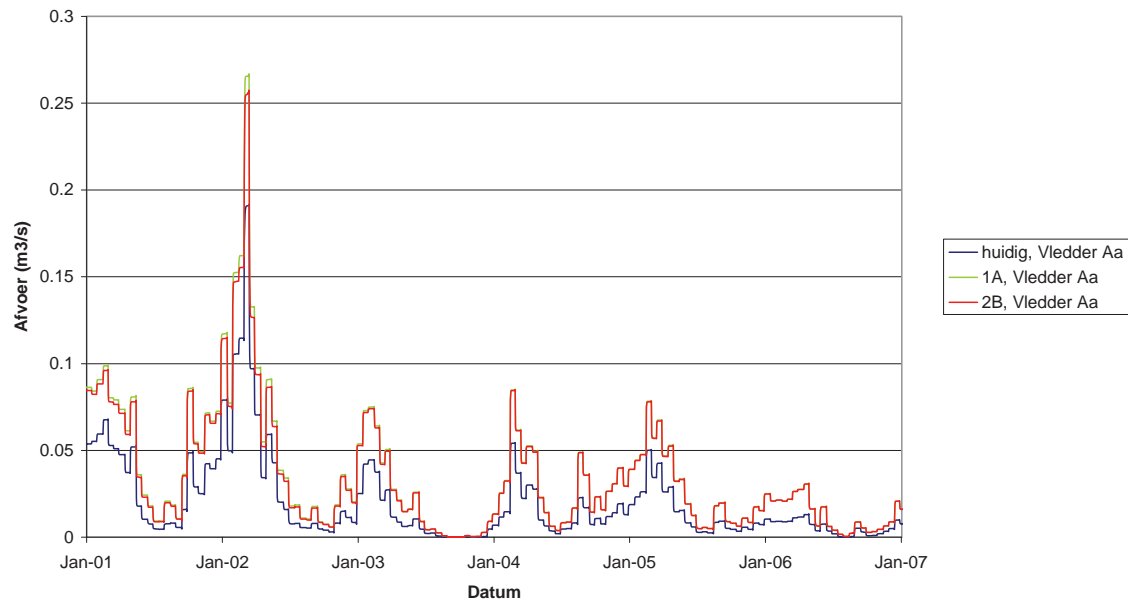
Om de verschillen te kunnen zien tussen de 3 modellen worden deze modellen doorgerekend met werkelijk gevallen neerslag. In de grafieken is steeds de periode augustus 2001 tot januari 2006 te zien. In deze periode is de winter van 2001-2002 vrij nat, de andere winters in die periode zijn droger.

Afvoer Tilgrup op 14 dagen basis



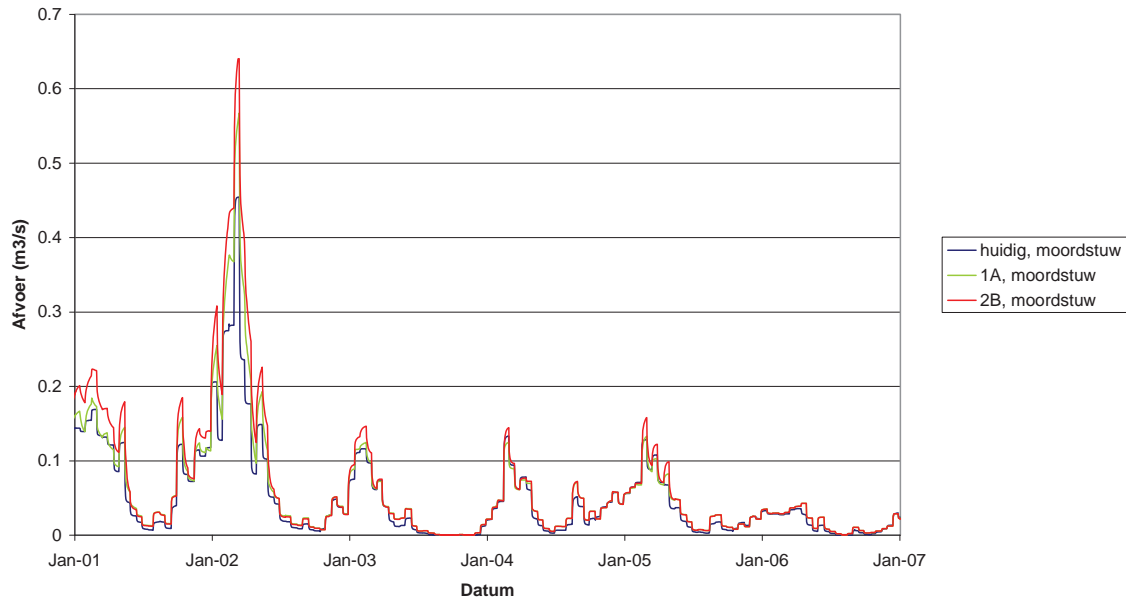
Figuur 41. Afvoer van de Tilgrup in huidige situatie, variant 1A en variant 2B

De afvoer van de Tilgrup met de neerslag van de winter 2001-2002 zou in varianten 1A en 2B hoger zijn dan in de huidige situatie. Ondanks de knijpconstructies die voor extra berging zorgen is de afvoer in de scenario's hoger. Dit komt waarschijnlijk doordat in de varianten een groter gebied in de Oude Willem afwatert naar de Tilgrup. In winter met lagere afvoeren is de afvoer van de Tilgrup in de varianten lager dan in de huidige situatie. Dit komt doordat in de varianten veel meer berging is in de Oude Willem dan in de huidige situatie. Er is geen zichtbaar effect op de afvoer in drogere perioden. De extra grondwateraanvulling in de varianten ten opzichte van de huidige periode geeft geen extra afvoer in de Tilgrup in drogere periodes.

Afvoer Vledder Aa op 14 dagen basis

Figuur 42. Afvoer van de Vledder Aa in huidige situatie, variant 1A en variant 2B

De afvoer van de Vledder Aa is in de varianten 1A en 2B groter dan in de huidige situatie. Deze verhoging van de afvoer zal niet veroorzaakt zijn door het anders inrichten van de Oude Willem, maar juist het stopzetten van de winning Terwisscha. Het stopzetten van deze winning wordt in de varianten meegenomen als autonome ontwikkeling. De autonome ontwikkelingen hebben in de Vledder Aa een grotere invloed dan de herinrichting van de Oude Willem. In drogere perioden is de afvoer bij de varianten 1A en 2B ook groter dan in de huidige situatie. Alleen in heel droge periodes zoals het najaar van 2003 is bij de varianten de afvoer gelijk aan de huidige afvoer, namelijk geen afvoer.

Afvoer Moordstuw op 14 dagen basis



Figuur 43. Afvoer van de Moordstuw in huidige situatie, variant 1A en variant 2B

De afvoer bij de Moordstuw zal bij natte winters zoals die van 2001-2002 bij de varianten 1A en 2B grotere afvoeren uit zowel de Vledder Aa als uit de Tilgrup kennen dan in de huidige situatie. In de winter met lagere afvoeren (drogere perioden) is de afvoer in de varianten ongeveer gelijk aan de huidige situatie. De extra afvoer uit de Vledder Aa is dan bijna gelijk aan afvoer die minder uit de Tilgrup komt. De afvoer bij de Moordstuw is bij de varianten gelijk aan de afvoer in de huidige situatie.



6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Grondwatermodel

Het grondwatermodel is aangepast voor het topsysteem en de bovenste weerstandlagen. Door deze aanpassingen berekent het model de grondwaterstanden in de Oude Willem en omgeving voldoende goed. Een verificatie is uitgevoerd voor beschikbare meetpunten.

De doorlaatvermogens van het diepe grondwater zijn niet aangepast. Een recent afgeronde studie over de effecten van Winning Terwisscha toont kleinere waarden voor het doorlaatvermogen dan in het model is aangenomen. Een kleiner doorlaatvermogen voor de diepe pakketten kan invloed hebben op de dynamiek van het grondwaterstanden en dynamiek in de afvoer.

Met het modelinstrument kunnen effecten worden berekend met in achtname van onzekerheidsmarge die volgt uit de resultaten van de verificatie van het modelinstrumentarium. Voor grondwaterstandveranderingen kan tot 5 cm de verandering worden aangegeven.

Oppervlaktewatermodel

Het oppervlaktewatermodel reageert zeer sterk op de input vanuit het grondwater. Een afvoerpiek wordt hierdoor vrijwel volledig door bepaald. De impuls-respons bij de Moordstuw is zeer kort (ca. 1 dag). Bij vergelijking van de meetreeksen van afvoer met de berekende afvoer blijkt dat extreme pieken redelijk goed worden beschreven. Echter, het uitputtingsverloop dat daarna optreedt, verloopt in het model te traag. Ook de basis afvoer in normale situatie is in het model te groot. De totale afvoer wordt wel goed gemodelleerd.

De plotselinge pieken die de berekeningen laten zien (met name in de zomer) zijn in de metingen niet te zien. Dit kan worden verklaard doordat in de werkelijkheid opvulling van het oppervlaktewatersysteem in laagtes en deels het grondwater optreedt. Het modelinstrument houdt hier geen rekening mee.

Voor de berekening van de absolute waarden van de hoogwaterlijn moet een marge worden aangehouden van 10 cm.

Totale beschrijving (grond)watersysteem

Op basis van het modelinstrumentarium is inzicht opgedaan in het (grond)watersysteem. Het grondwatersysteem in de Oude Willem is vooral een neerslag afhankelijk systeem, waar het grootste deel van de tijd infiltratie plaatsvindt. Dit betekent dat er geen grote hoeveelheden kwel voorkomen. Door het peil te verhogen in de Oude Willem wordt de totale infiltratie vergroot en gaat de grondwaterstand in de omgeving omhoog. Het geïnfilterde water stroomt als grondwater af in de richting van lage delen in het terrein of komt stroomafwaarts hier en daar als uittredend grondwater nog tot afstroming. Het overgrote deel van de afvoer uit de Oude Willem bestaat uit neerslag die direct afstroomt of na korte bodempassage tot afstroming komt.



Conclusie bij varianten 1A en 2B per doelstelling

Doelstelling Natura 2000

De grondwaterstanden in de Oude Willem en op de flanken van de Oude Willem gaan onder invloed van de maatregelen (zie paragraaf 5.1) stijgen. De berekeningen tonen dat:

- de grondwaterstand in het gebied van de Oude Willem stijgt tot 50- 60 cm.
- De grondwaterstand op de flanken van de Oude Willem in beide varianten stijgt 20 tot 40 cm.
- Grondwaterstandverandering op de noordwestelijke flank zijn groter dan op de zuidoostelijke flank. Verschillen komen door de invloed van het stopzetten van de drinkwaterwinning Terwisscha.
- Het verschil tussen variant 1A en 2B beperkt zich tot het gebied van de Oude Willem en bedraagt 5 tot 10 cm waarbij de grondwaterstand in variant 1A hoger is dan in 2B;

Doelstelling Waterbergingsopgave

- De berging bij extreme neerslag die eens in de 100 jaar voorkomt is 470.000 m³ in variant 1A en 350.000 m³ in variant 2B. Dit verschil komt voornamelijk door inrichting met 4 knijpstuwen resp. 1 knijpstuw.
- Met de waterberging in de Oude Willem kan de piek bij de Moordstuw maar gering worden tegengegaan.
- Het oppervlaktewatermodel laat zien dat de afvoer uit de bovenloop van de Vledder Aa de grootste veroorzaker is van een afvoerpiek bij de Moordstuw, wanneer de winning Terwisscha wordt uitgeschakeld. De winning Terwisscha blijkt hierbij een grote invloed op de verandering van de afvoerpiek bij de Moordstuw te hebben (afvoer neemt toe met ca 0,1 m³/s (ca 10%), waarvan het aandeel uit de Tilgrup daalt met 0,1 m³/s en uit de Vledder Aa toeneemt met 0,2 m³/s).

Doelstelling drooglegging/voorkomen wateroverlast

- De Oude Willem(s weg), de bebouwing en het bungalowterrein is bij hoogwatersituatie in variant 2B voldoende droog door het handhaven van de bemaling en een deel van de waterhuishoudkundige infrastructuur.
- In variant 1A is de situatie voor de weg en de bebouwing in het zuidelijk deel niet voldoende. In deze variant zullen de Oude Willem(s weg) en de huizen echter verdwijnen. Voor het bungalowterrein zullen aanvullende maatregelen genomen worden om de drooglegging te waarborgen.
- De verandering van de waterhuishouding in combinatie met de waterberging levert geen (extra) problemen op benedenstreams.
- Ten het noordoosten van het gebied ontstaat in daar aanwezig landbouwgebied verandering van de grondwaterstand tot ca. 20-30cm.

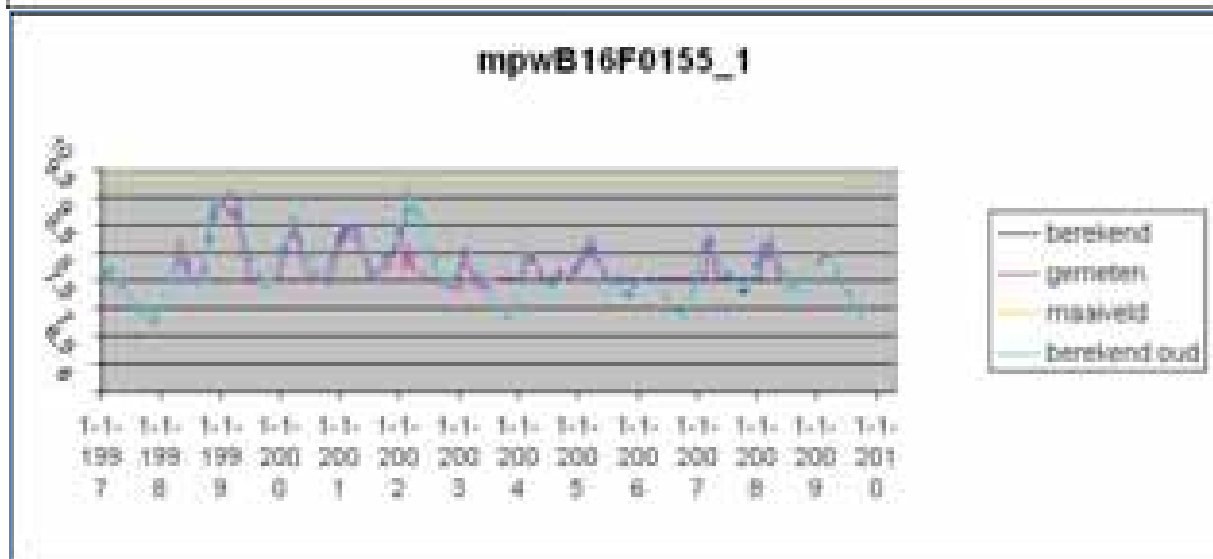
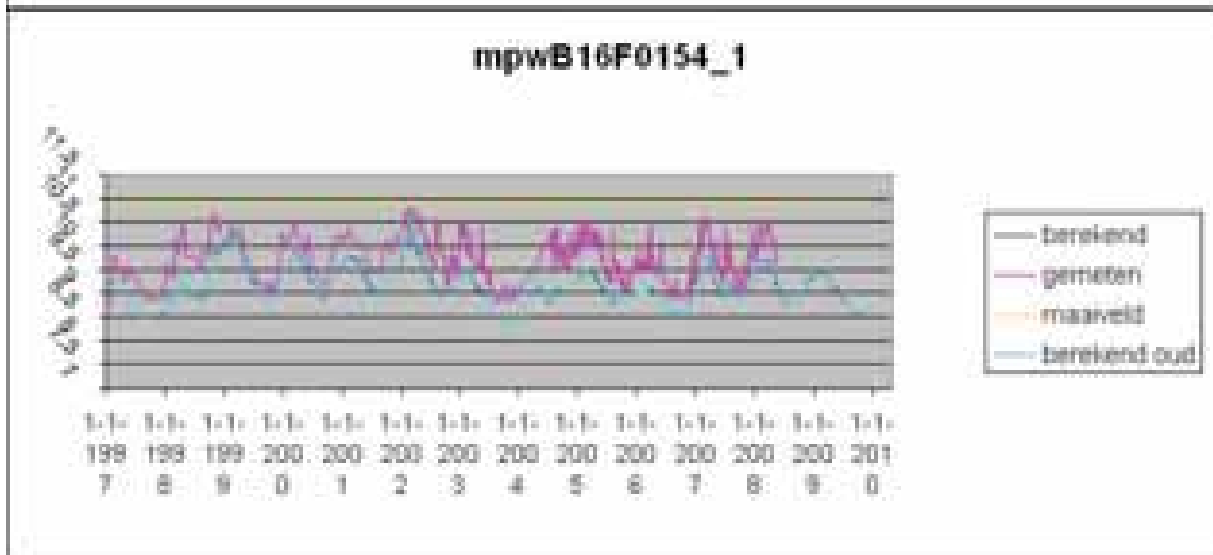
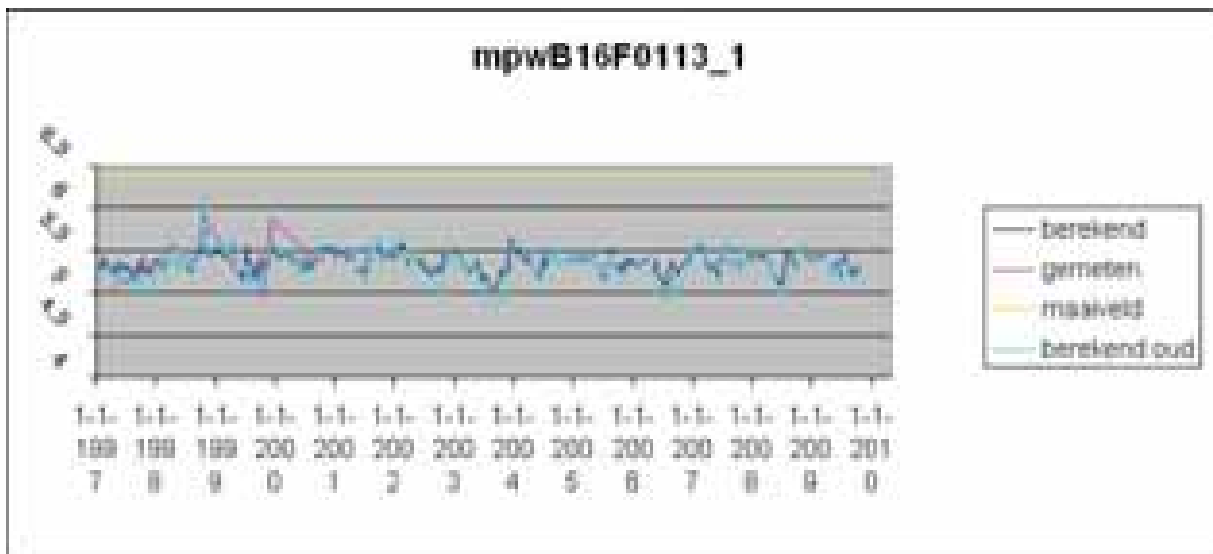
Doelstelling KRW

Door verhogen van de grondwaterstand in de Oude Willem kan in de bodem aanwezig fosfaat mobiel worden en afstromen. Onderzoek hierover maakt geen onderdeel uit van dit hydrologisch onderzoek. Door het bureau B-ware is hier een onderzoek naar verricht. Het uitmijnen van dit fosfaat over een periode van minimaal 10-20 jaar kan het uit- en afspoelen van fosfaat mogelijk voorkomen, maar in ieder geval verminderen. In hoeverre het verschil in de mate van grondwaterstand verhoging (5-10cm) tussen variant 1A en 2B in de Oude Willem tot een verschil leidt in de mate van uitspoeling van fosfaat is niet in dit onderzoek beschouwd.

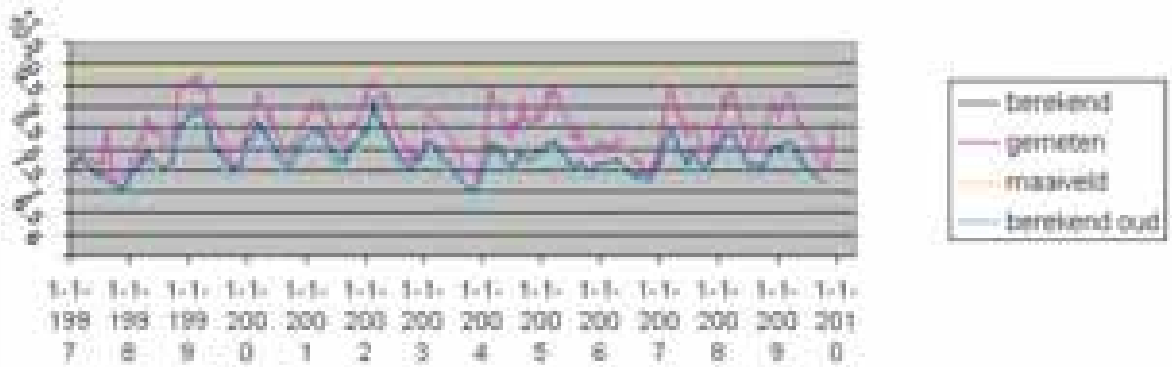


Bijlage 1 **Verificatie MIPWA (tijdstijghoogtelijnen)**

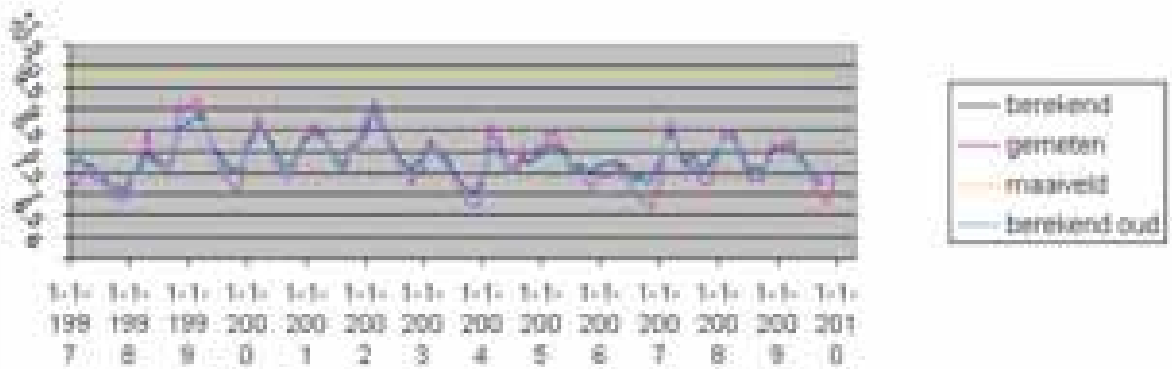
Modellaag 1



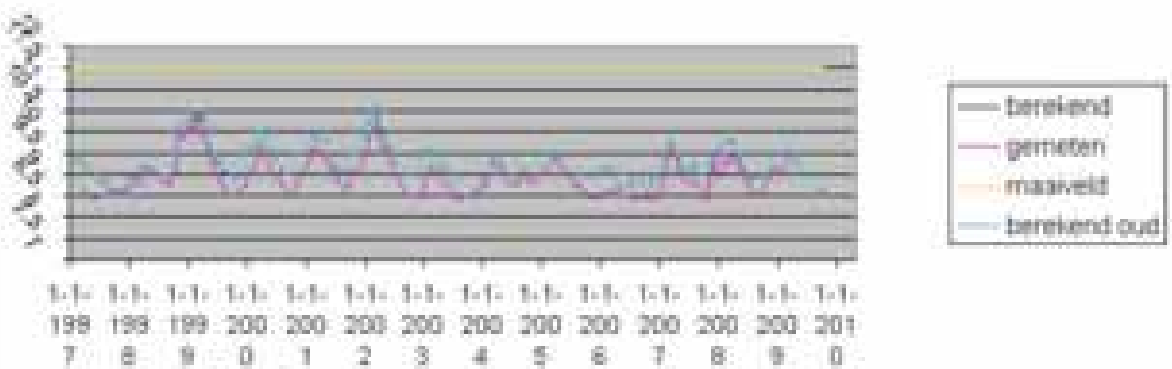
mpwB16F0218_1



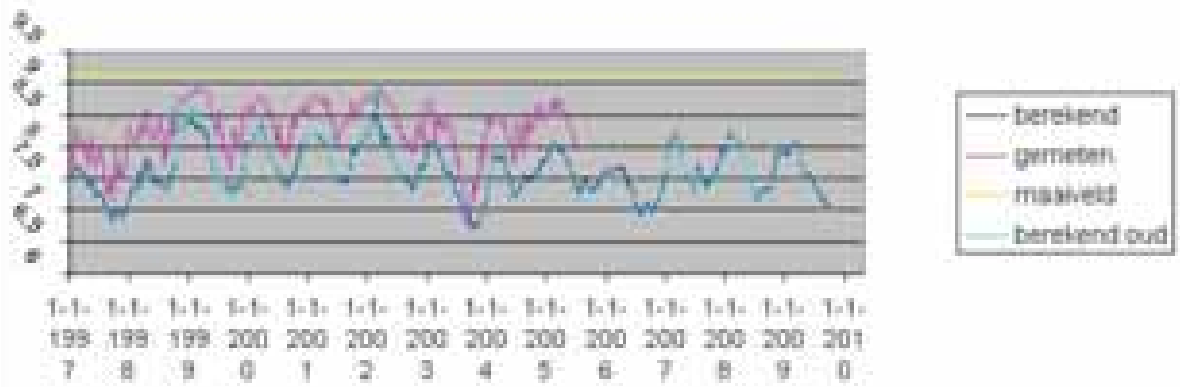
mpwB16F0219_1



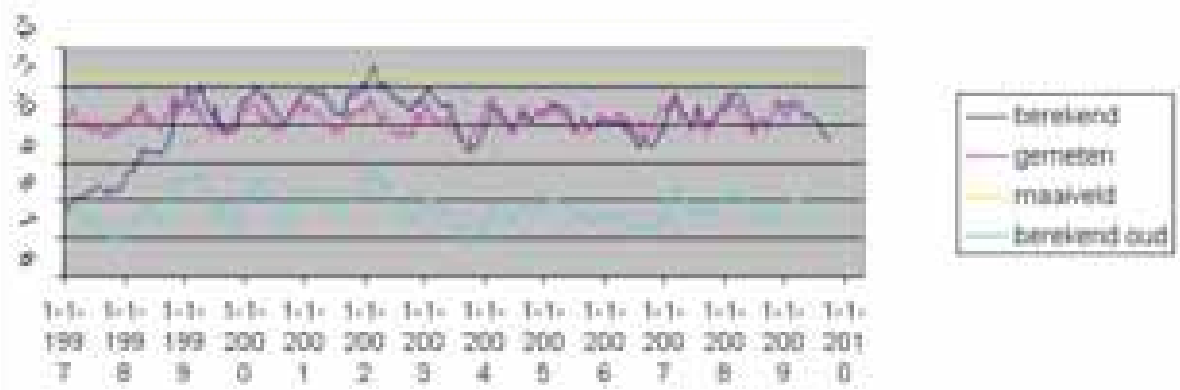
mpwB16F0221_1



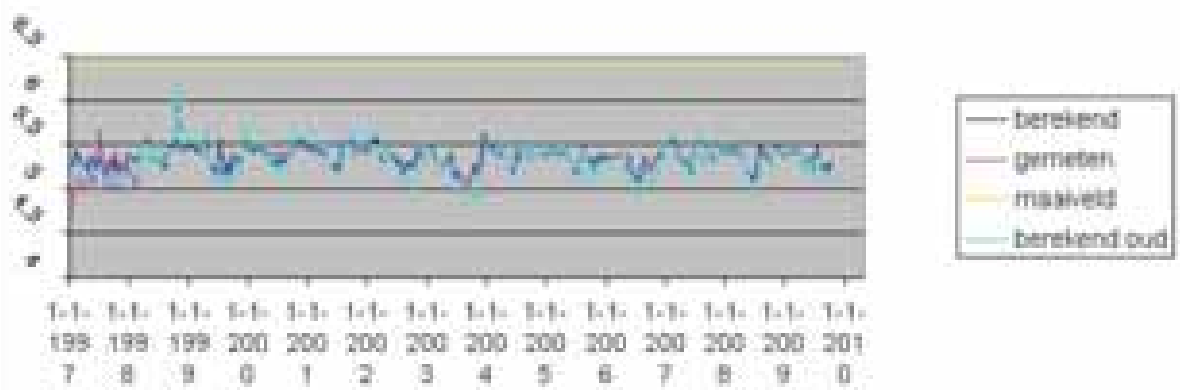
mpwB16F0224_1



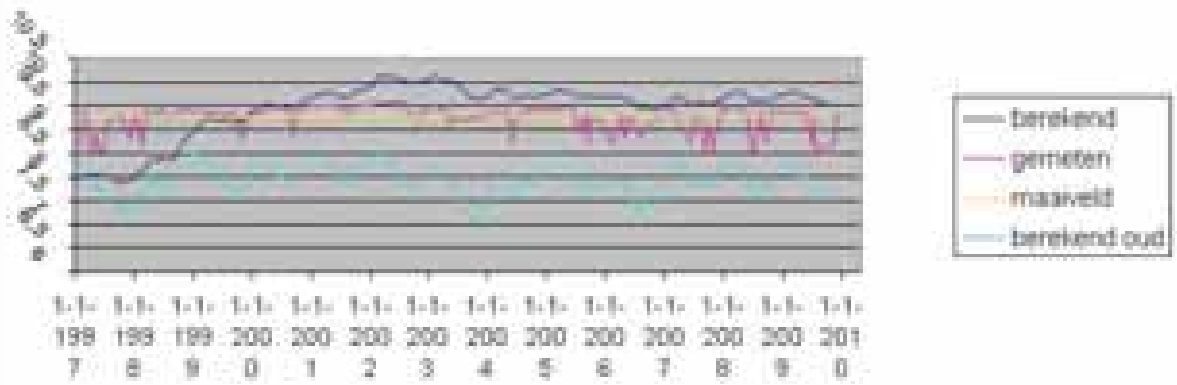
mpwB16F0238_1



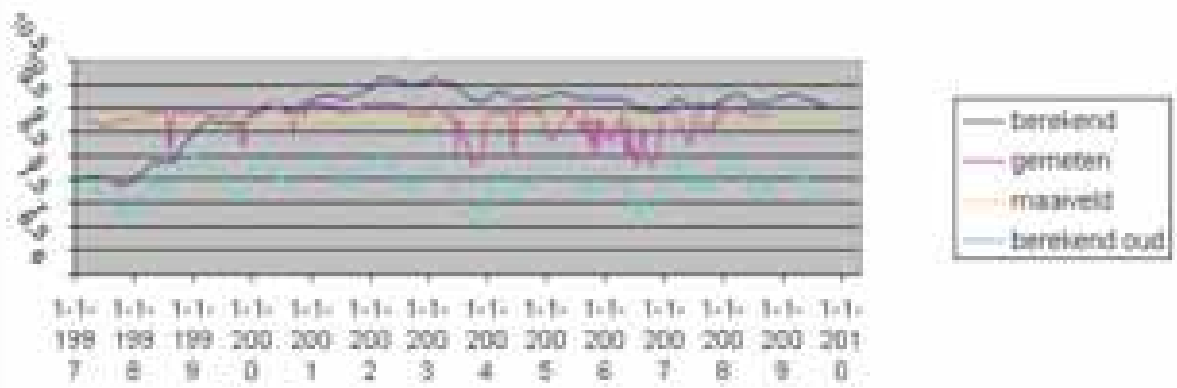
mpwB16F0242_1



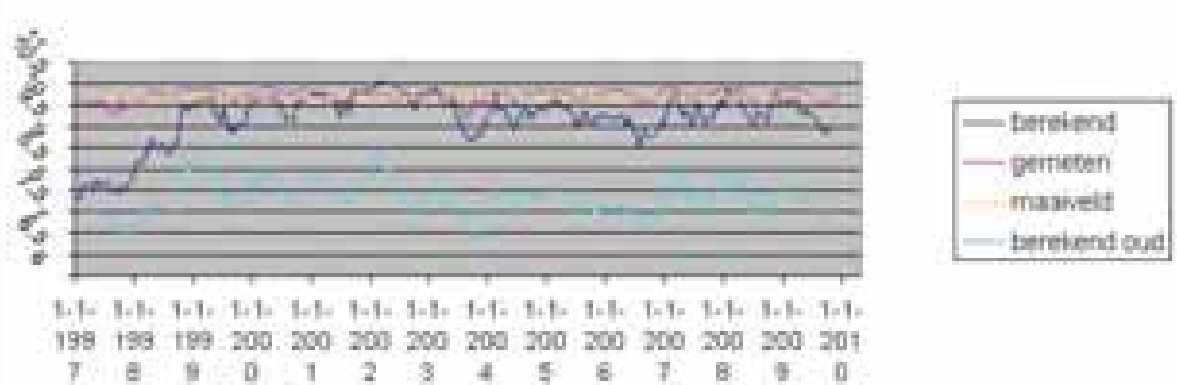
mpwB16F0249_1



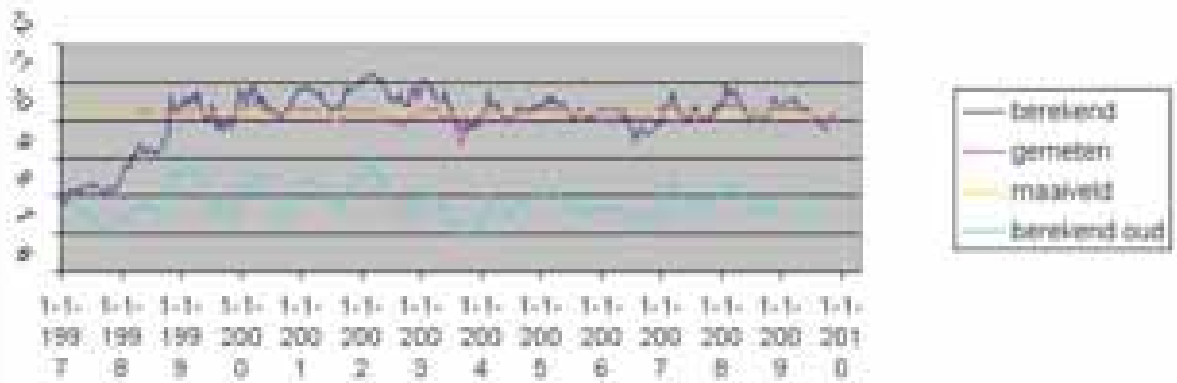
mpwB16F0250_1



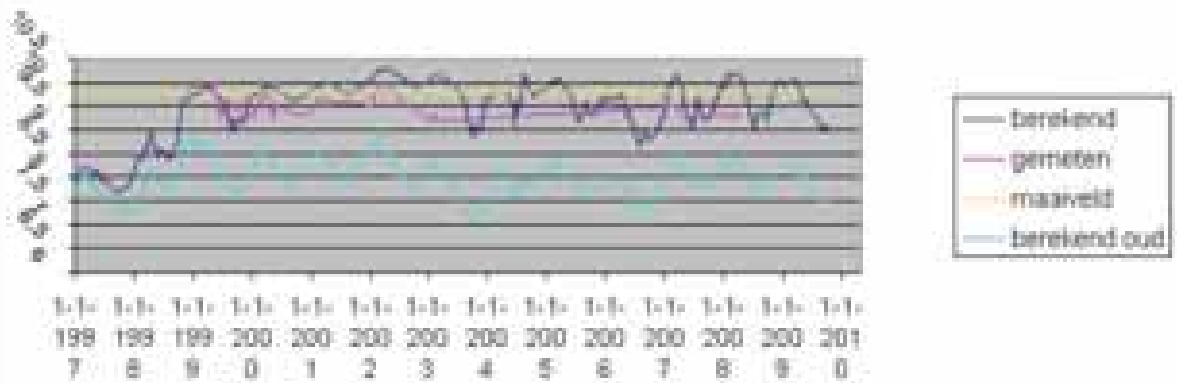
mpwB16F0252_2



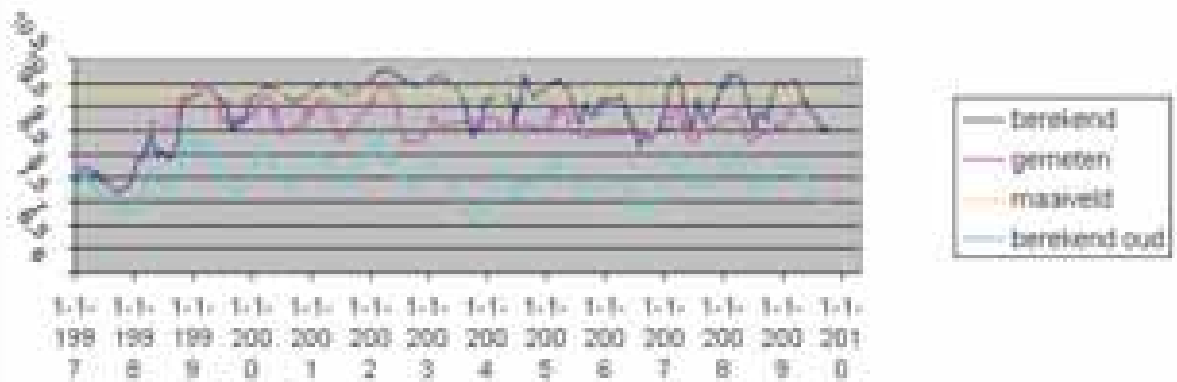
mpwB16F0254_2



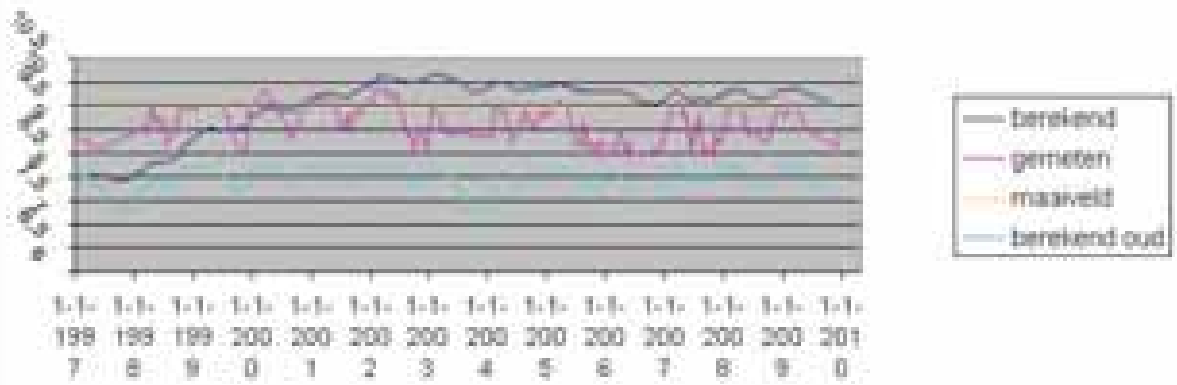
mpwB16F0256_1



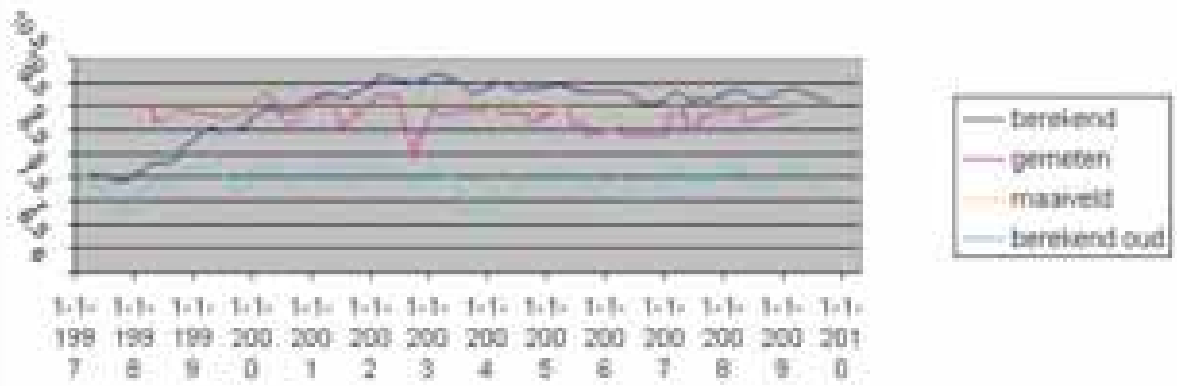
mpwB16F0257_1



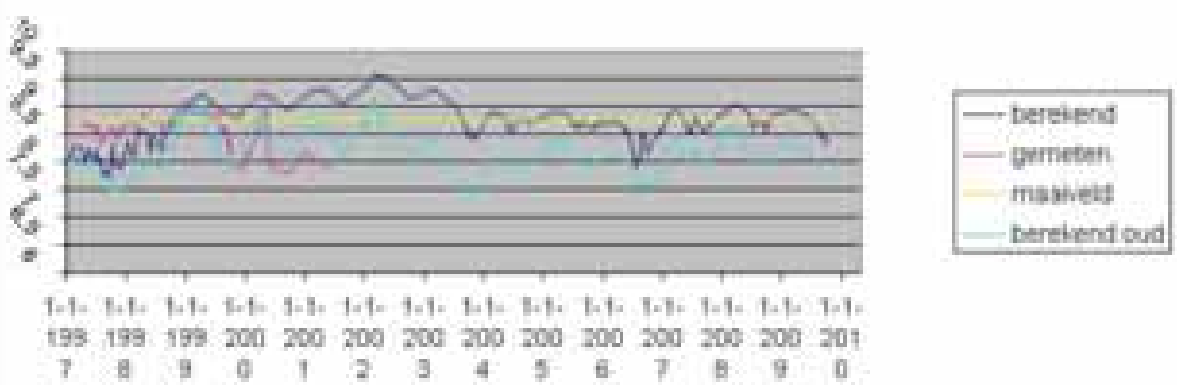
mpwB16F0258_1



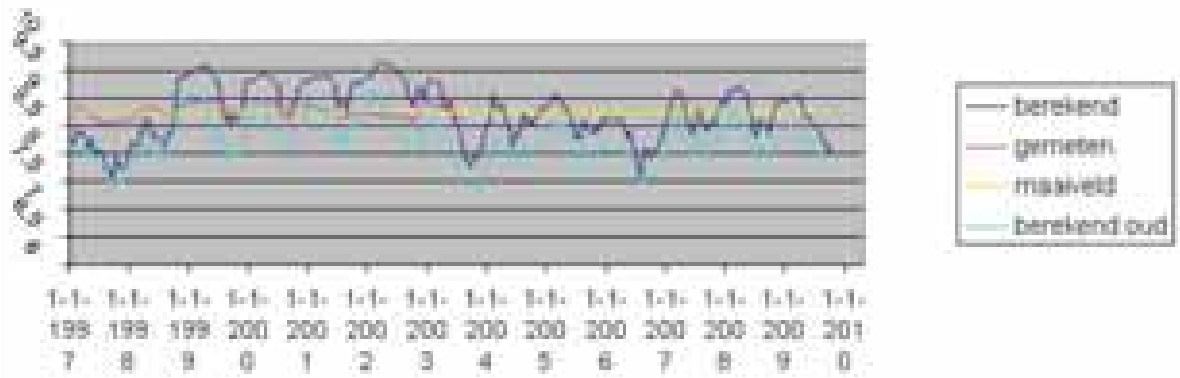
mpwB16F0259_1



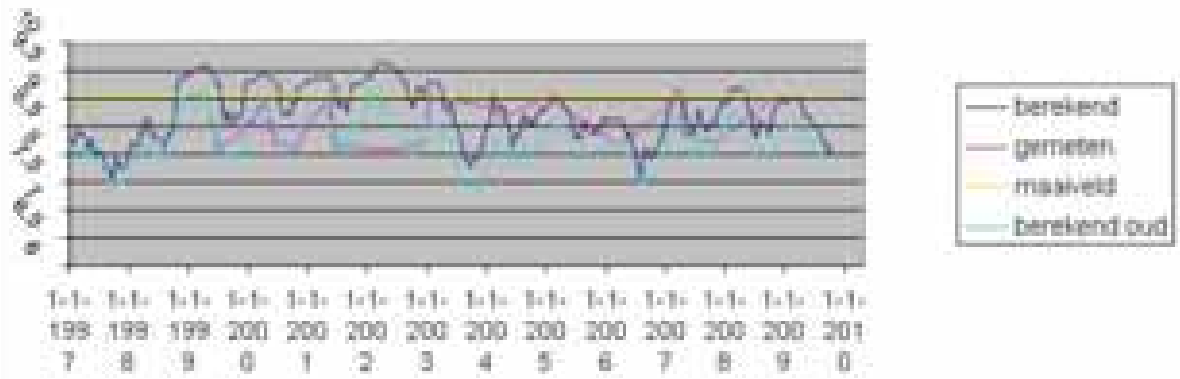
mpwB16F0261_1



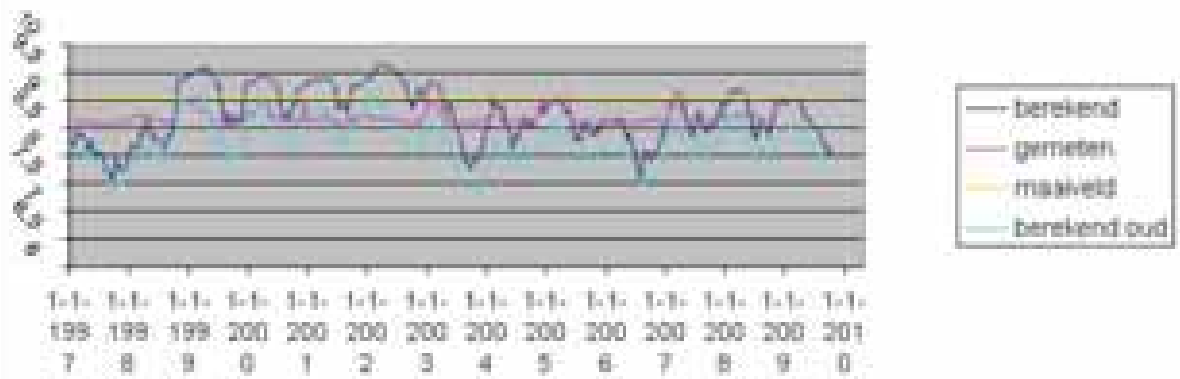
mpwB16F0265_1



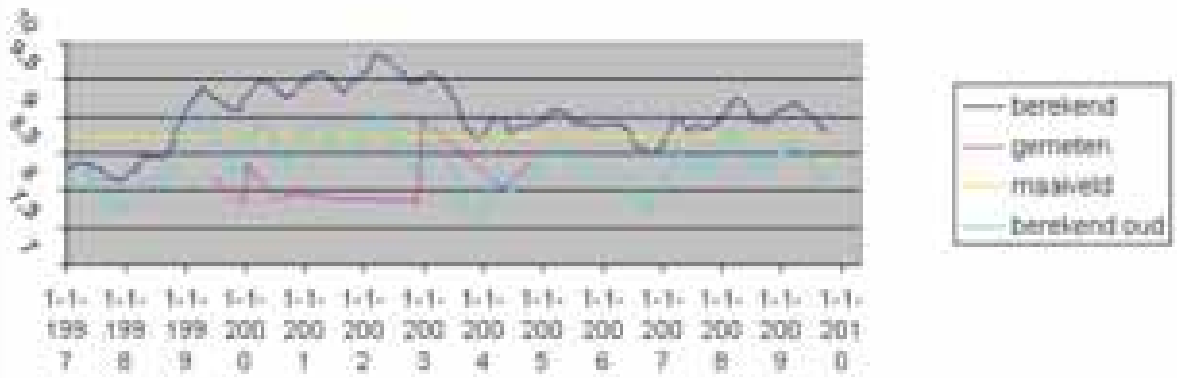
mpwB16F0266_1



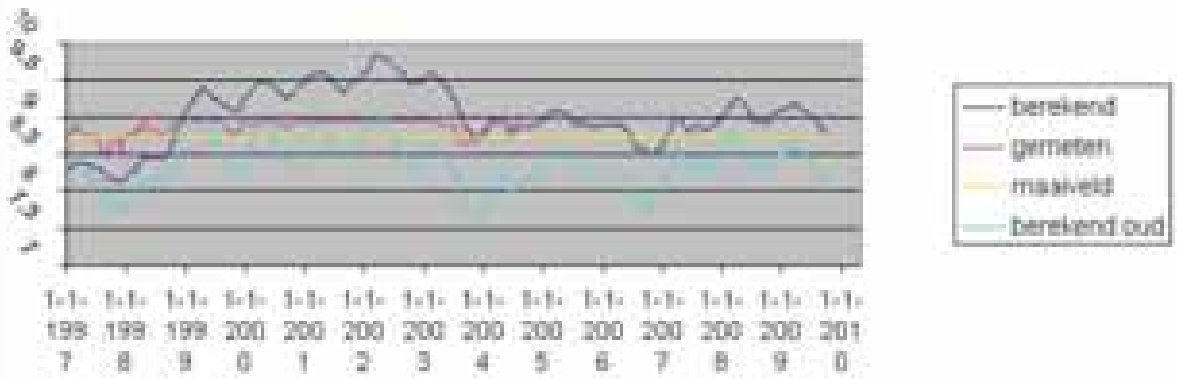
mpwB16F0267_1



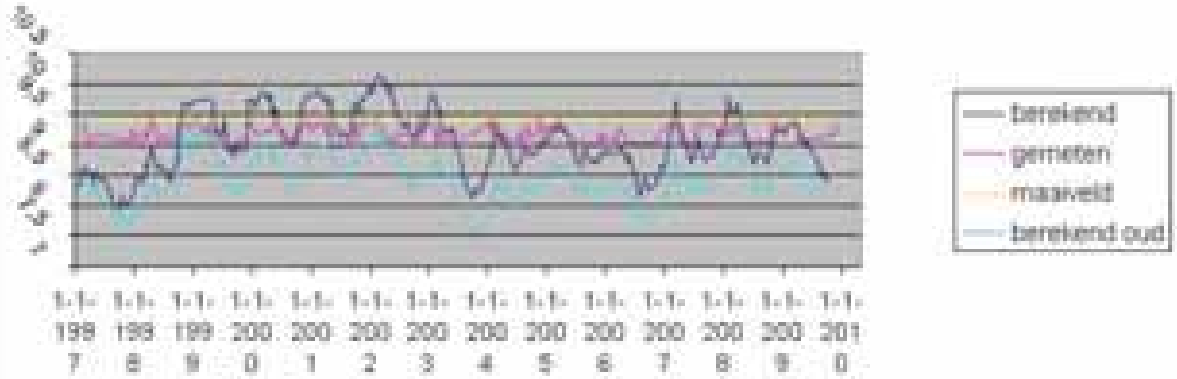
mpwB16F0268_1



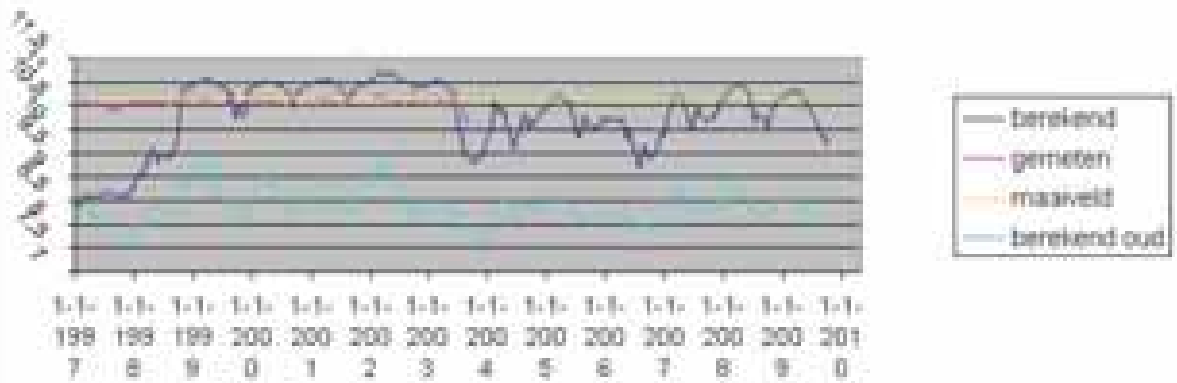
mpwB16F0269_1



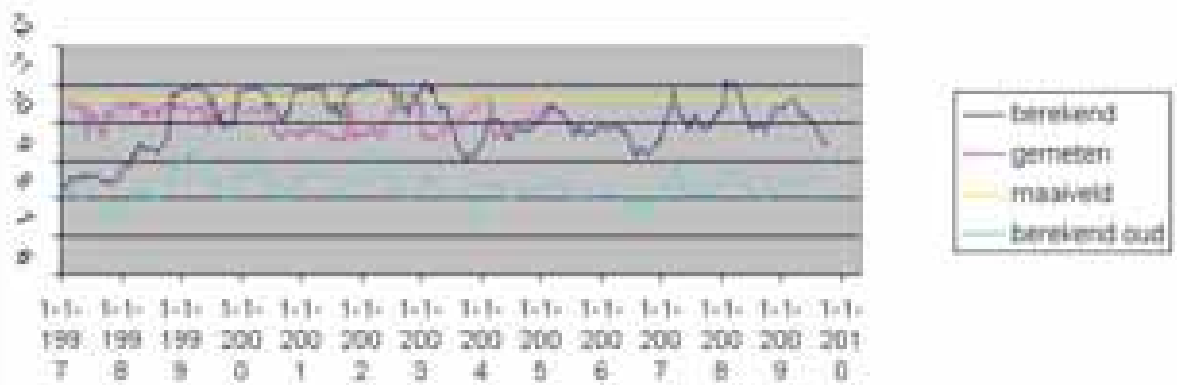
mpwB16F0270_1



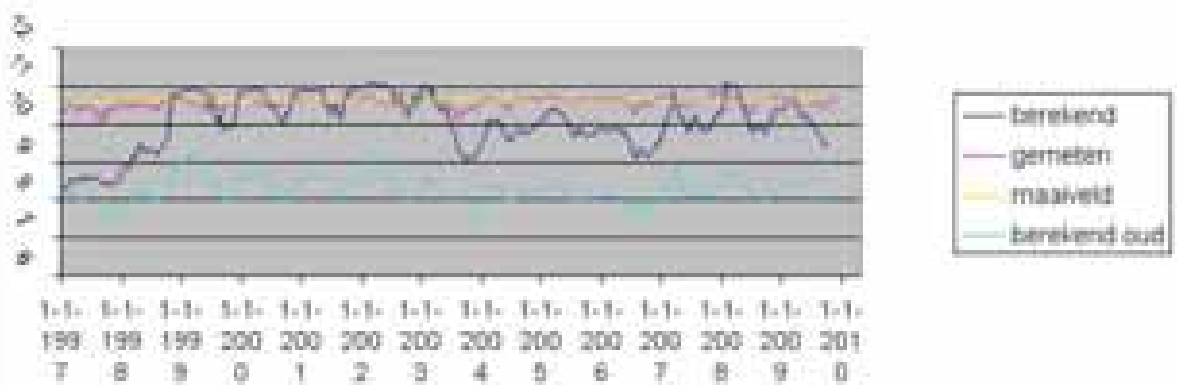
mpwB16F0276_1



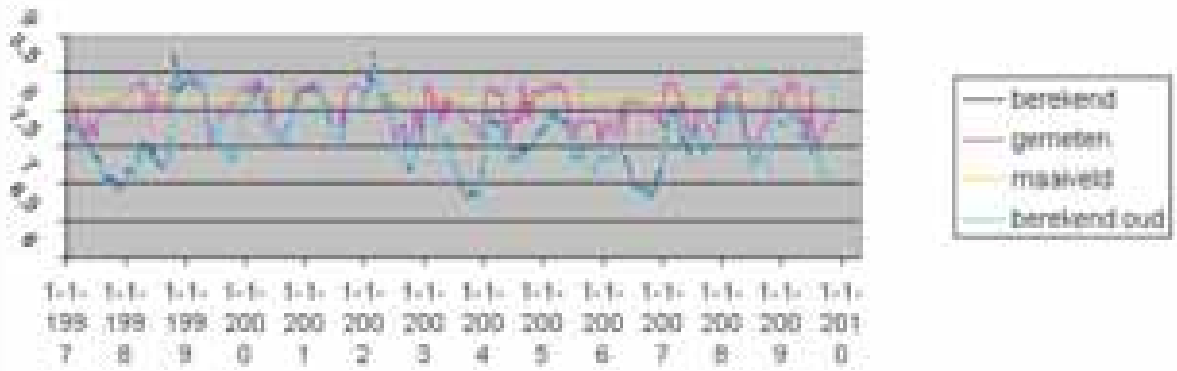
mpwB16F0277_1



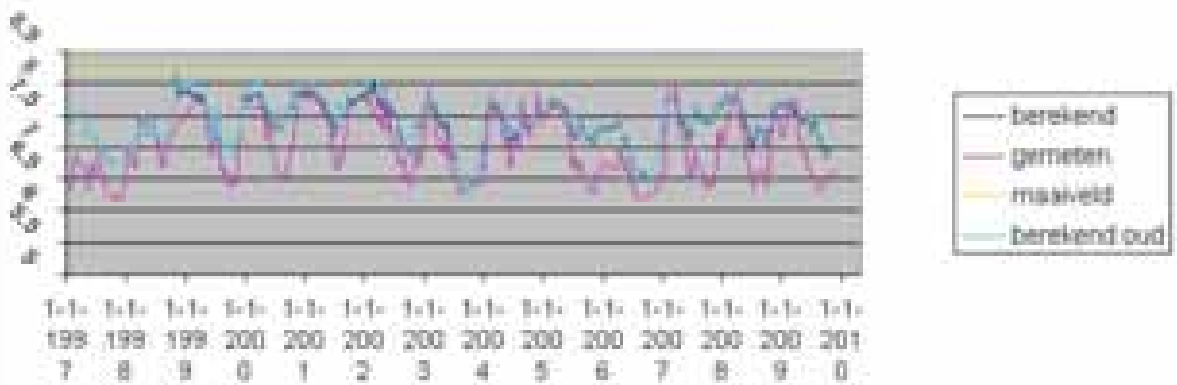
mpwB16F0278_1



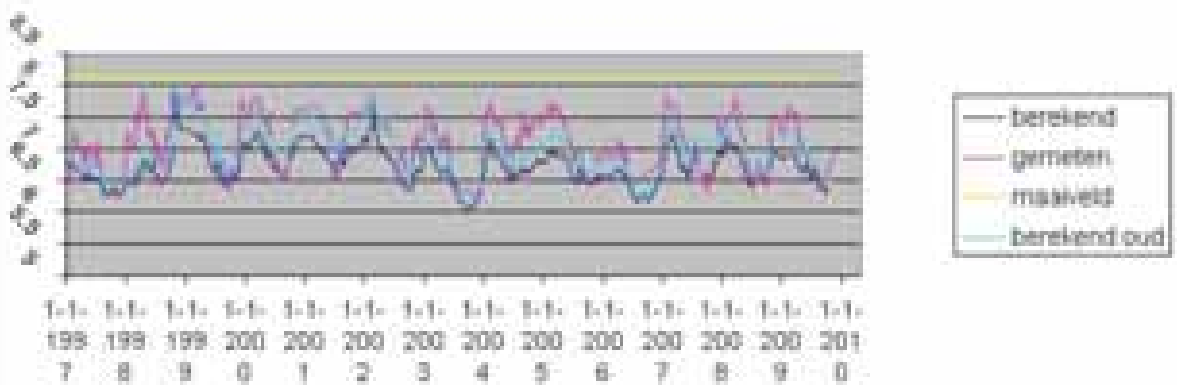
mpwB16F0295_1



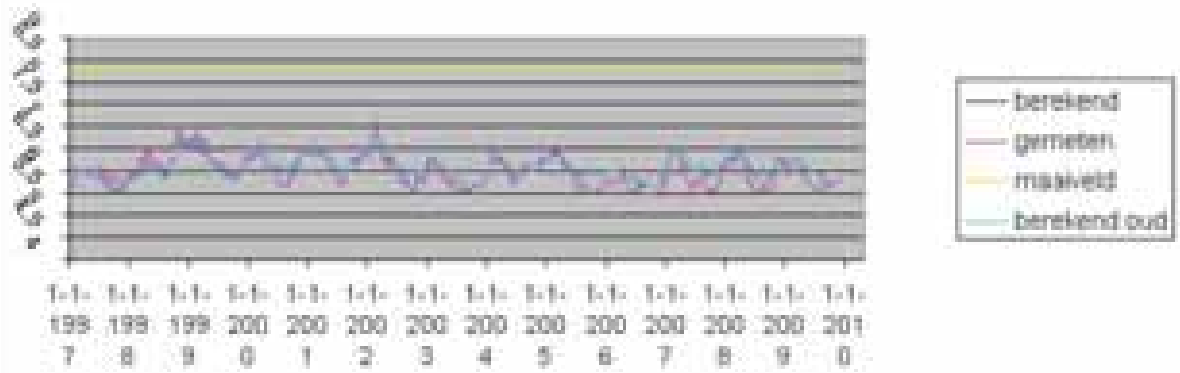
mpwB16F0296_1



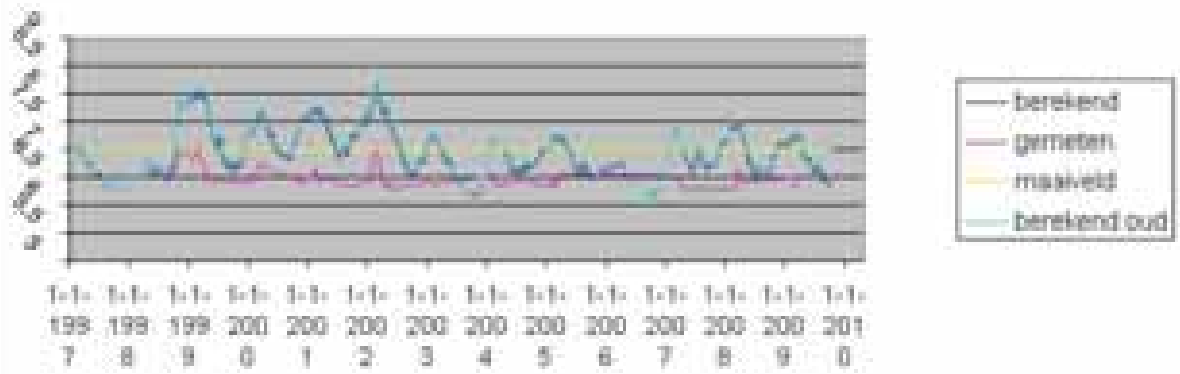
mpwB16F0297_1



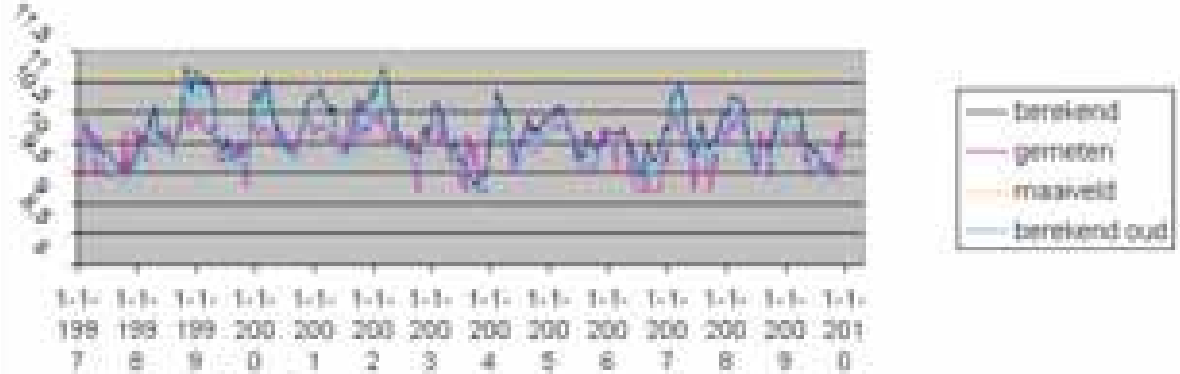
mpwB16F0300_1



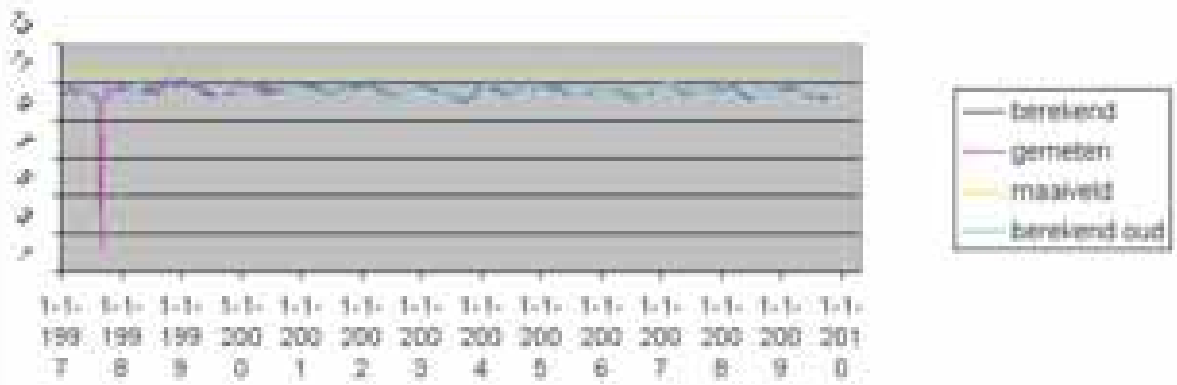
mpwB16F0305_1



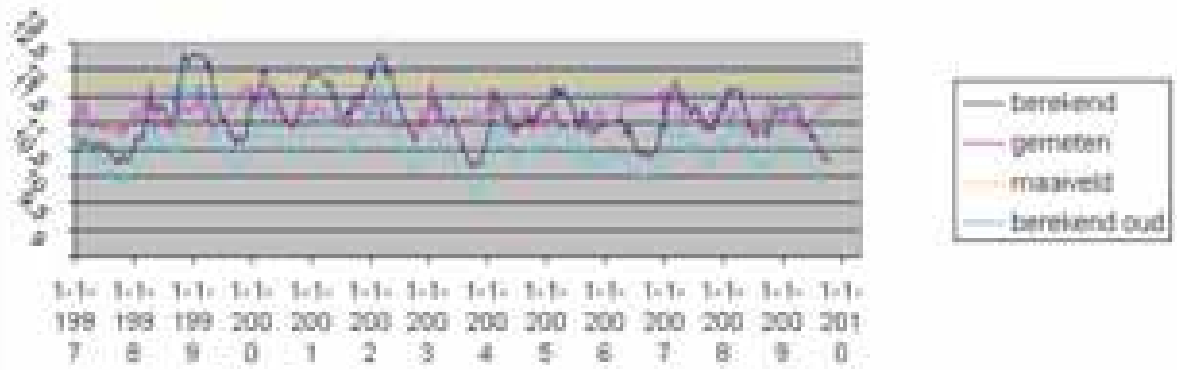
mpwB17A0126_1



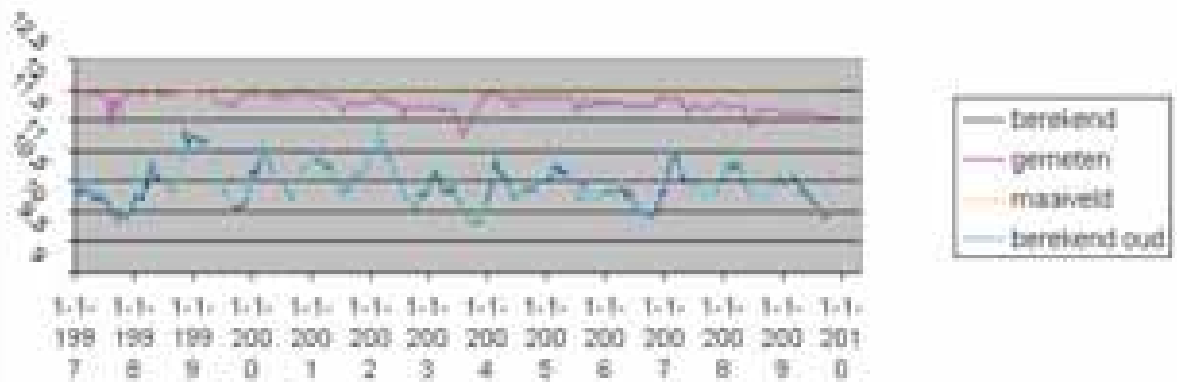
mpwB17A0152_1



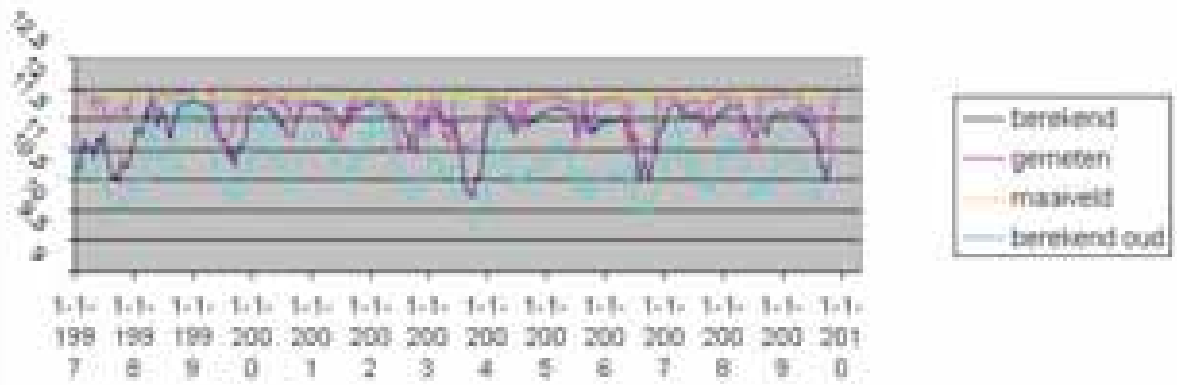
mpwB17A0255_1



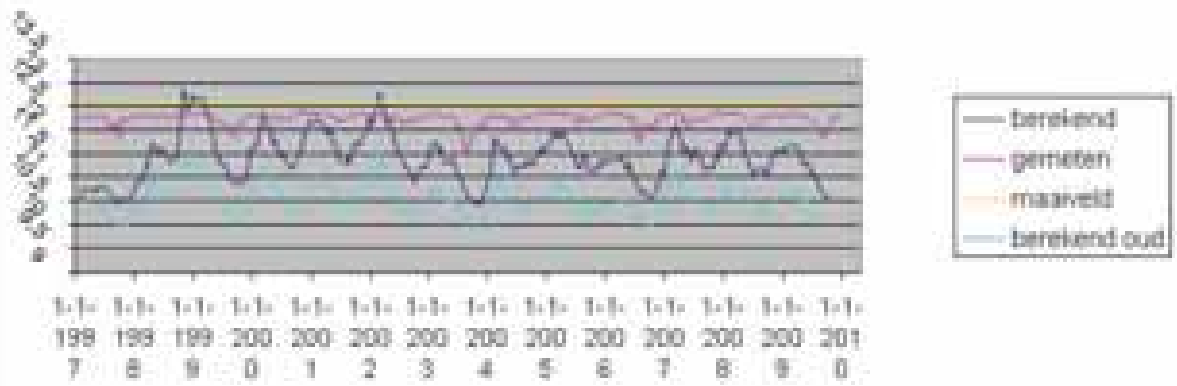
mpwB17A0257_1



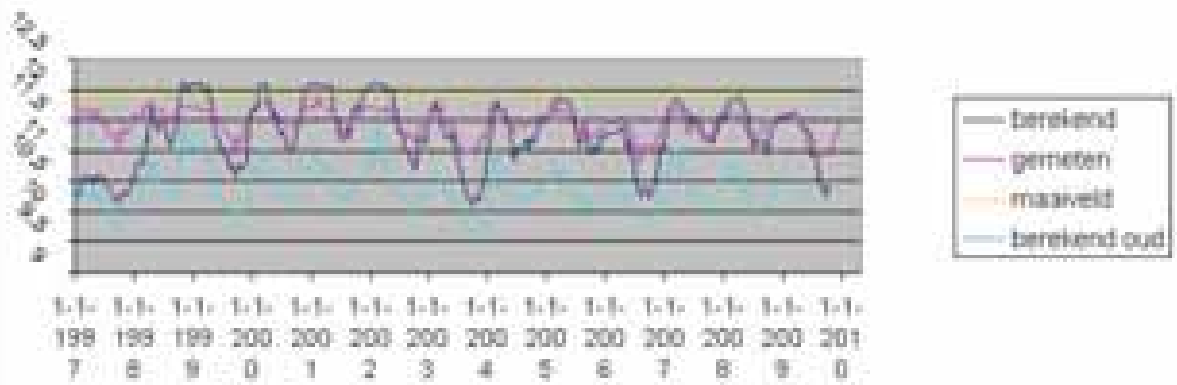
mpwB17A0261_1



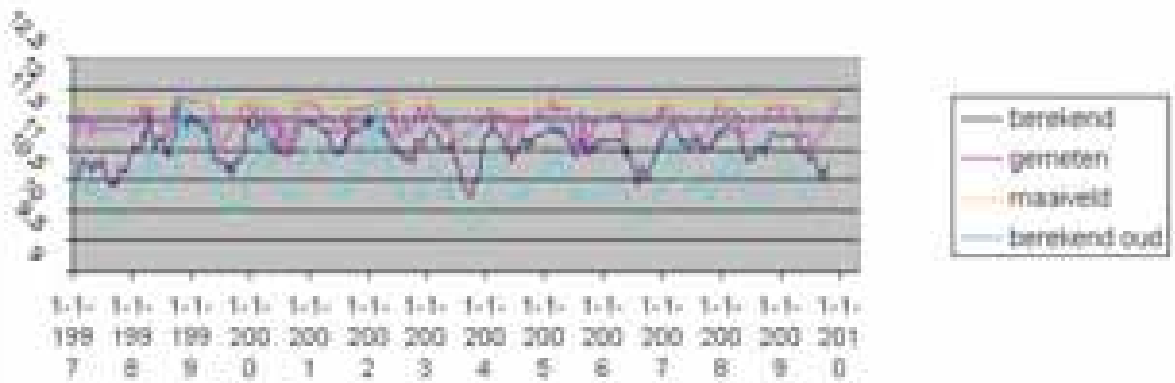
mpwB17A0262_1



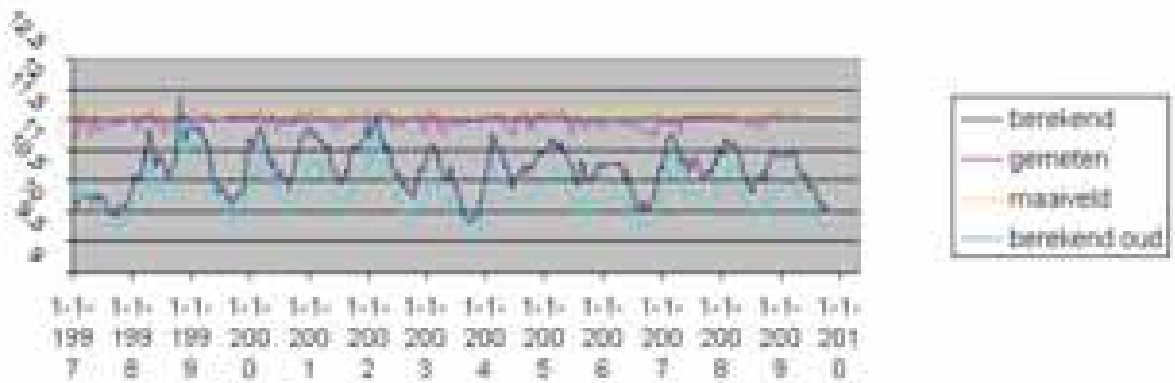
mpwB17A0264_1



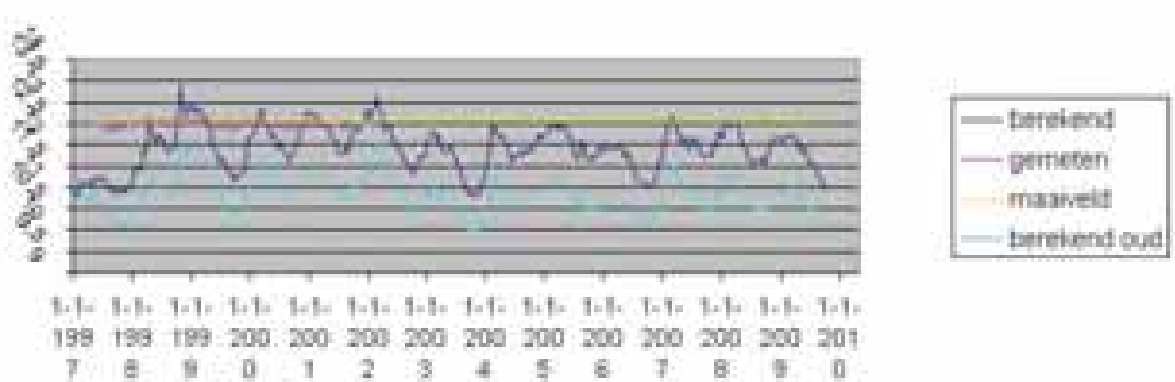
mpwB17A0266_1



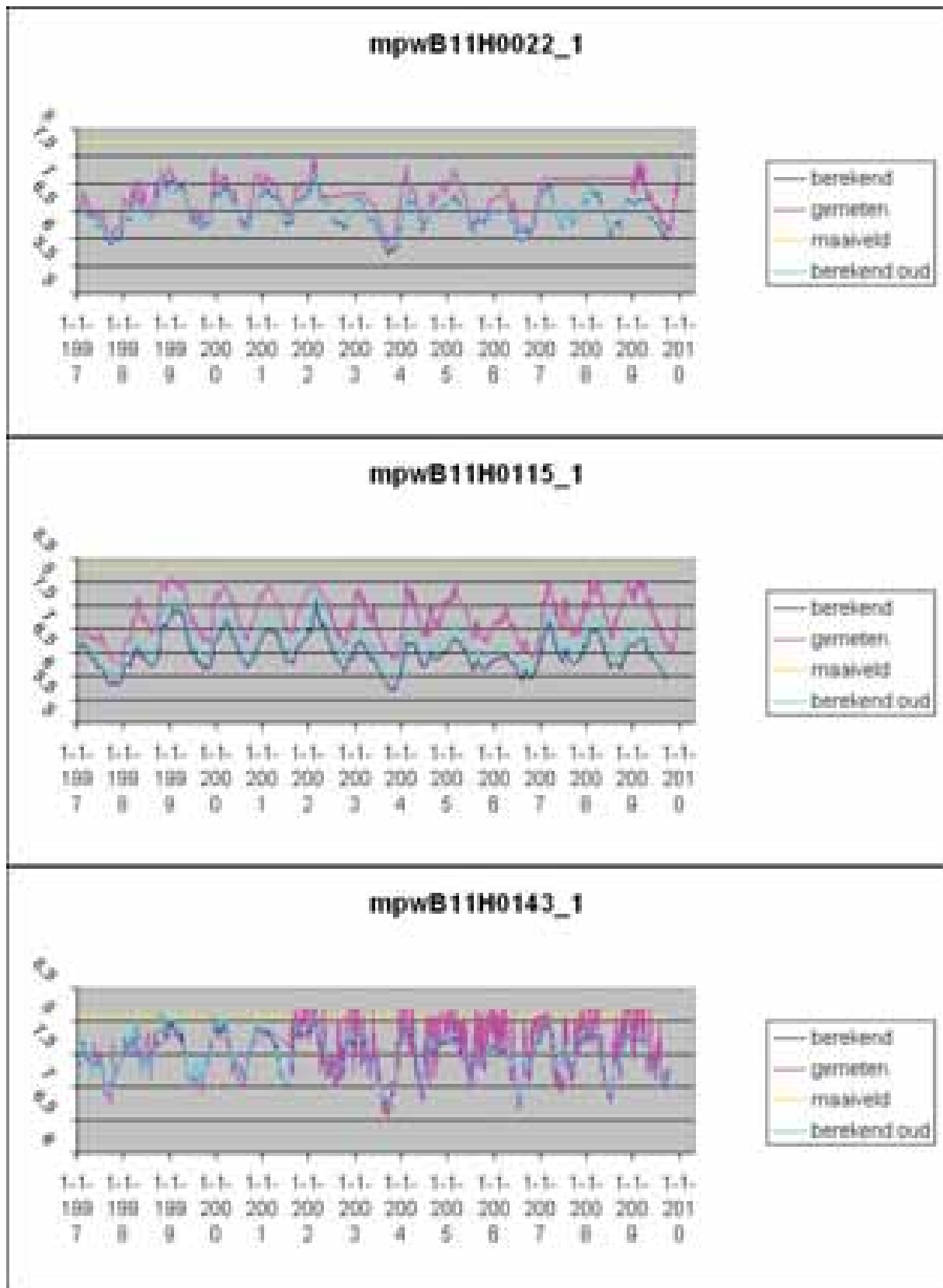
mpwB17A0268_1



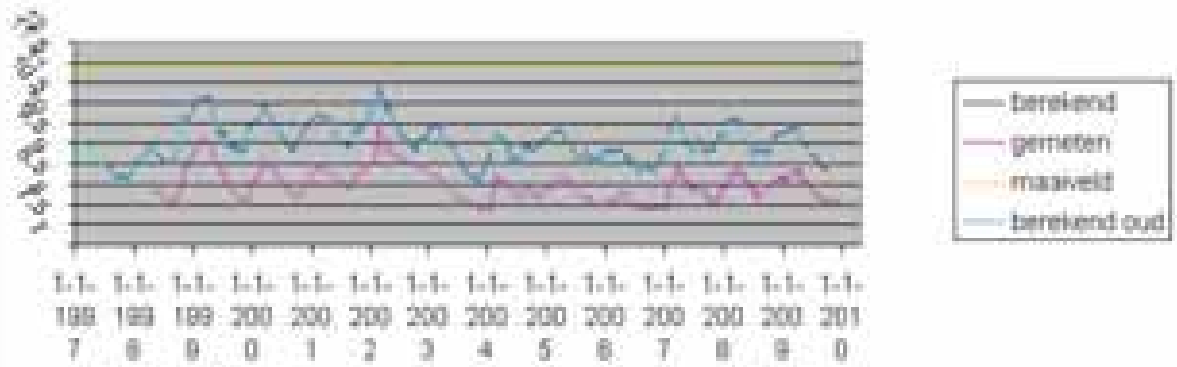
mpwB17A0271_1



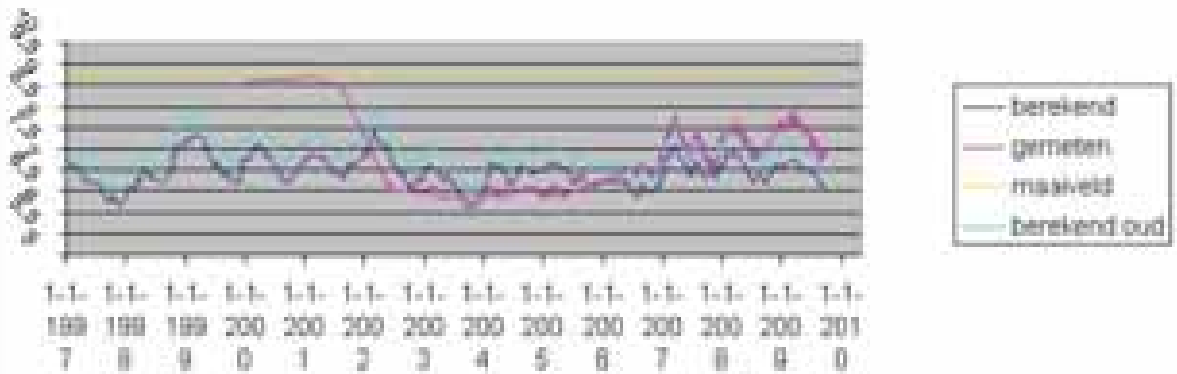
Modellaag 2



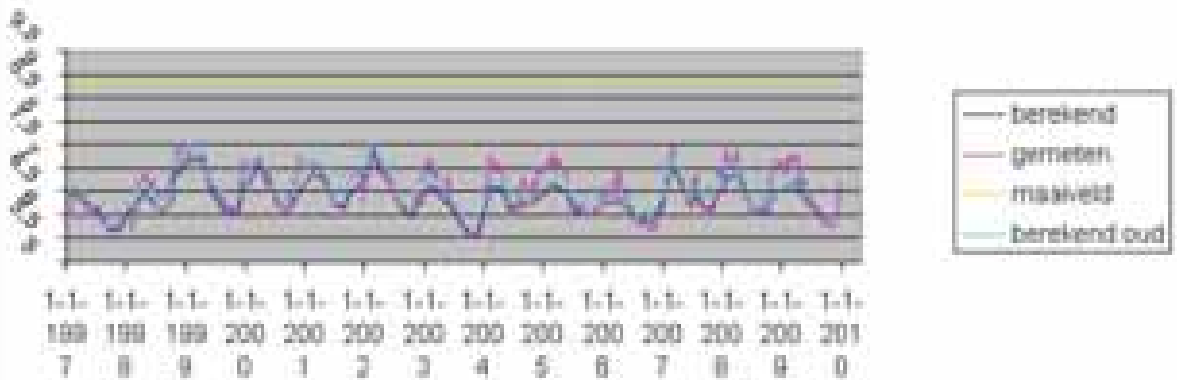
mpwB11H0174_1



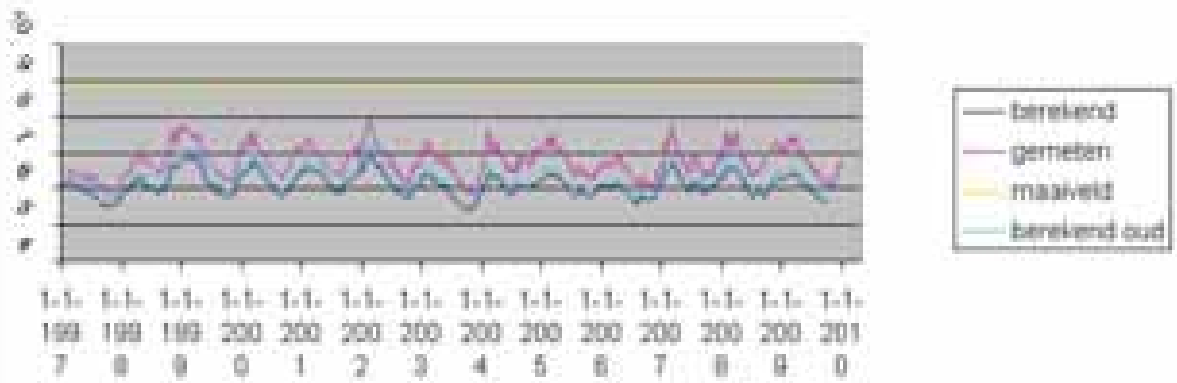
mpwB11H0175_1



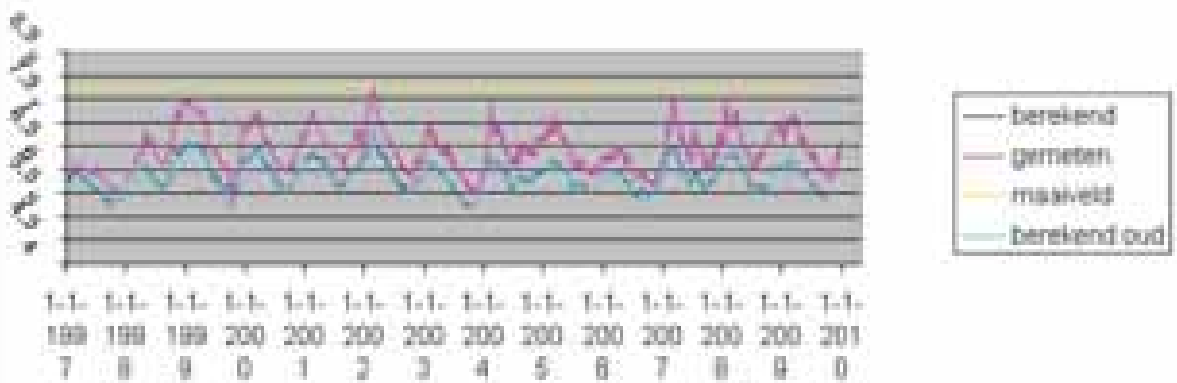
mpwB11H0201_1



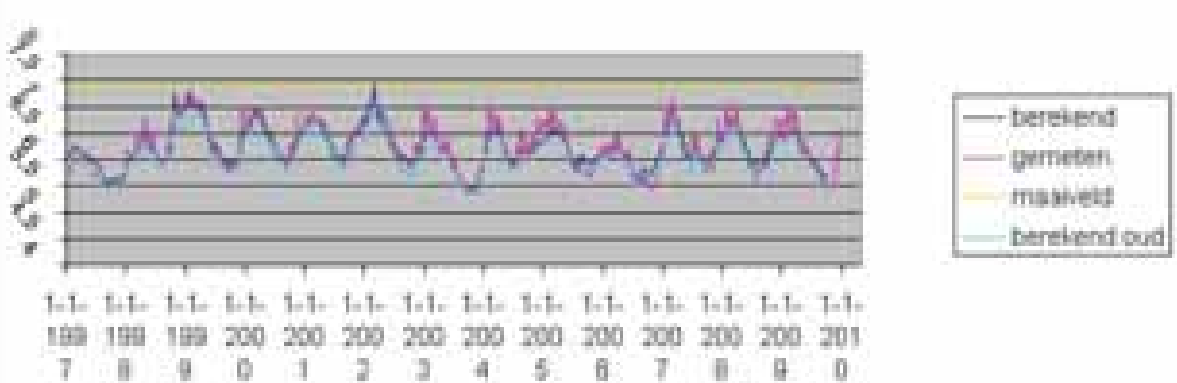
mpwB11H0202_1



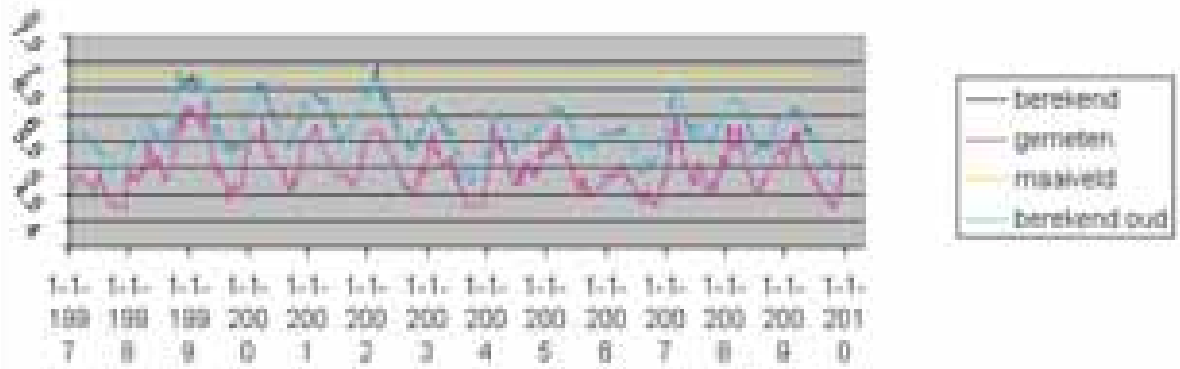
mpwB11H0203_1



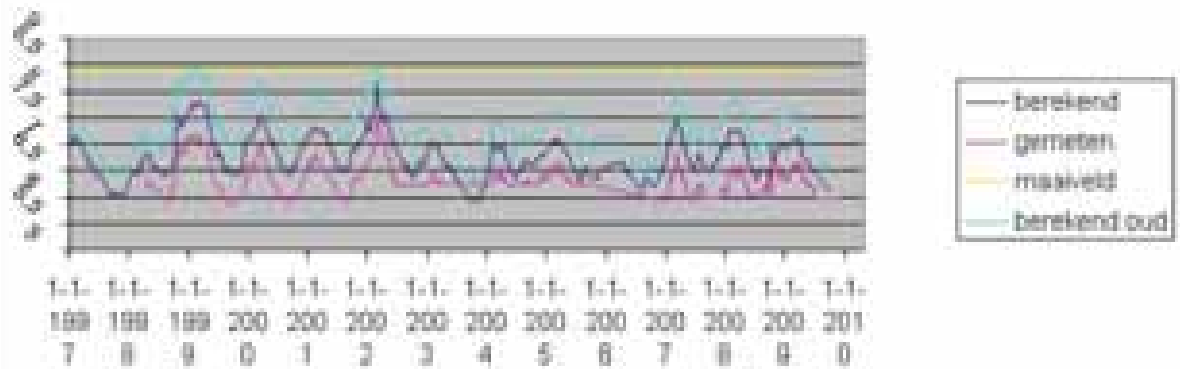
mpwB11H0204_1



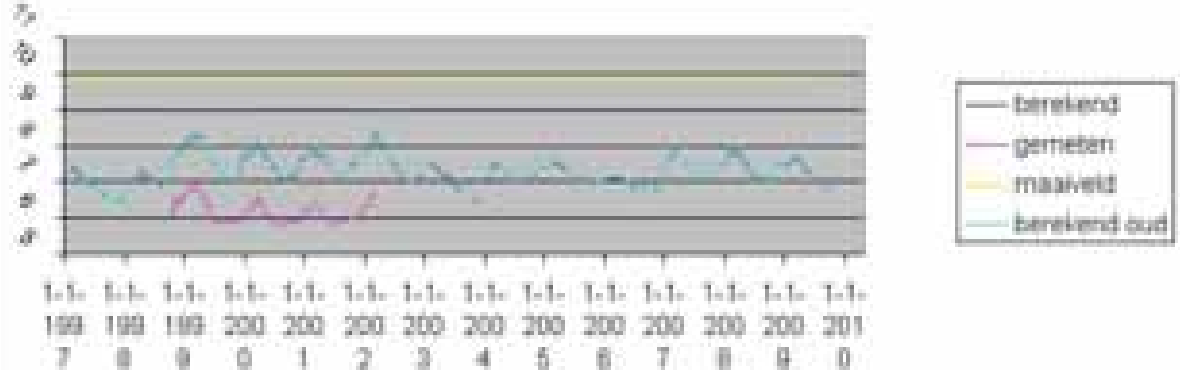
mpwB11H0205_1



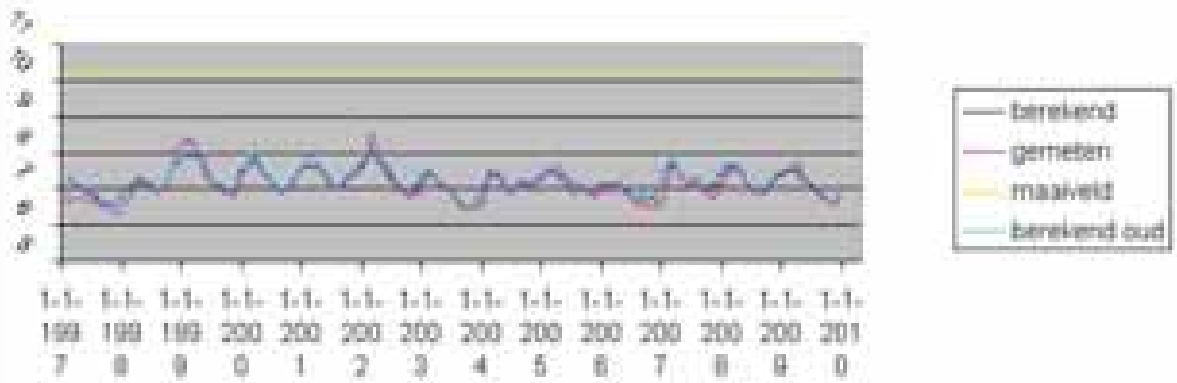
mpwB11H0206_1



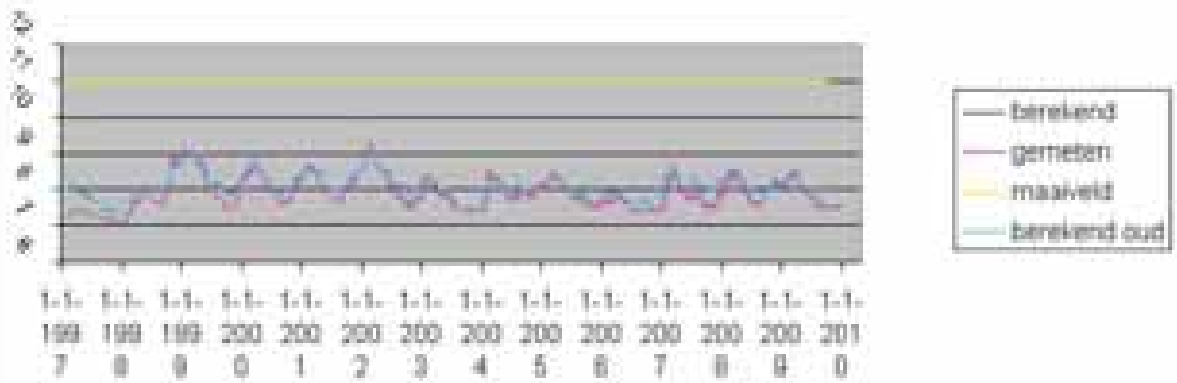
mpwB11H0220_1



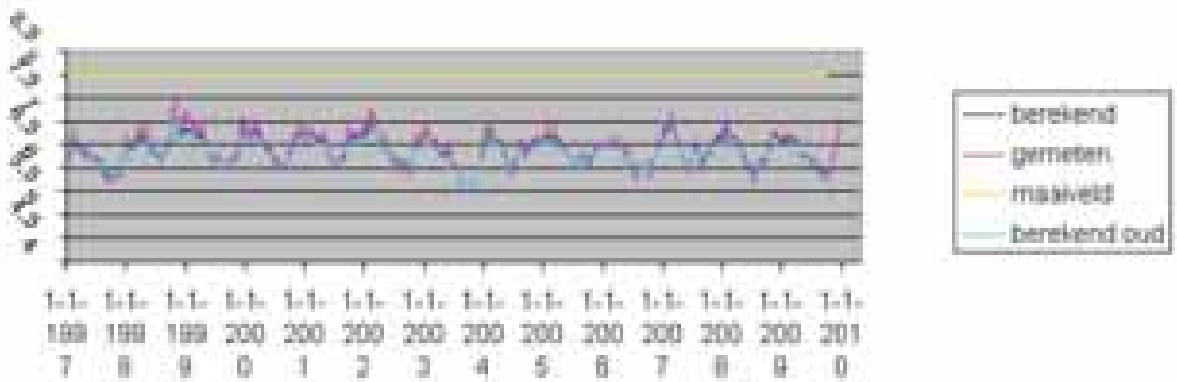
mpwB11H0311_1



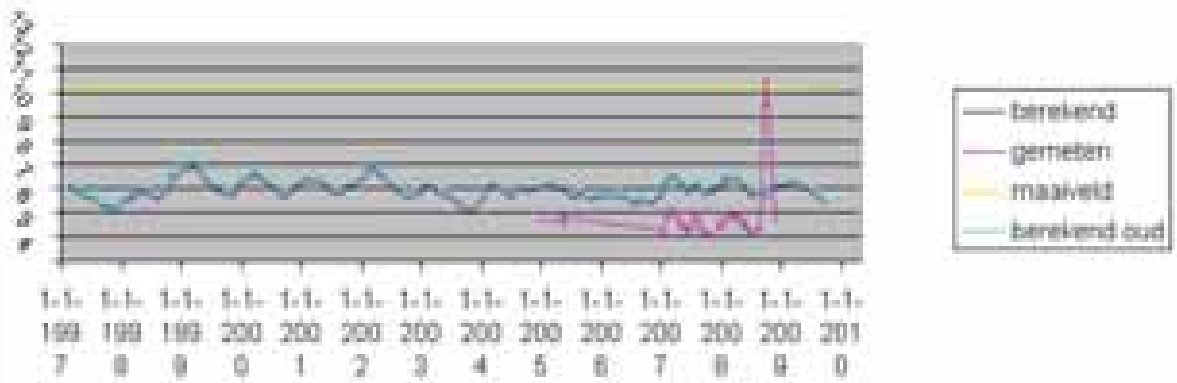
mpwB11H0312_1



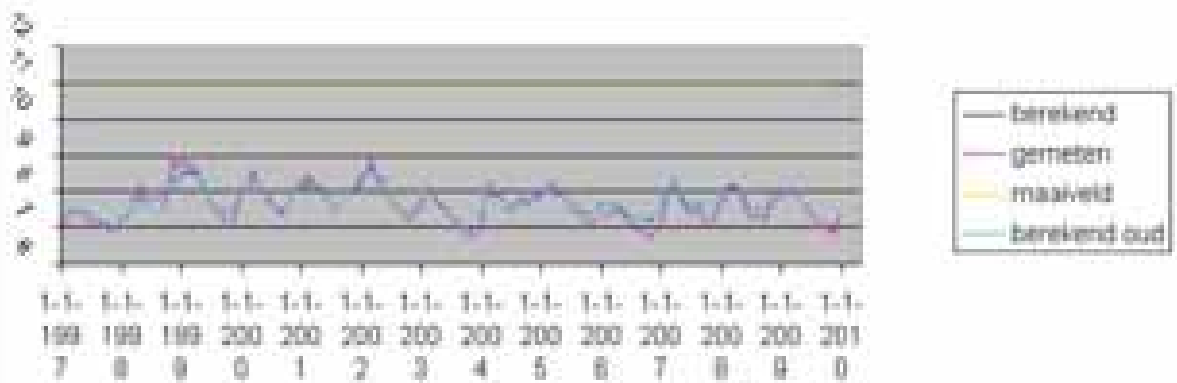
mpwB11H0344_1



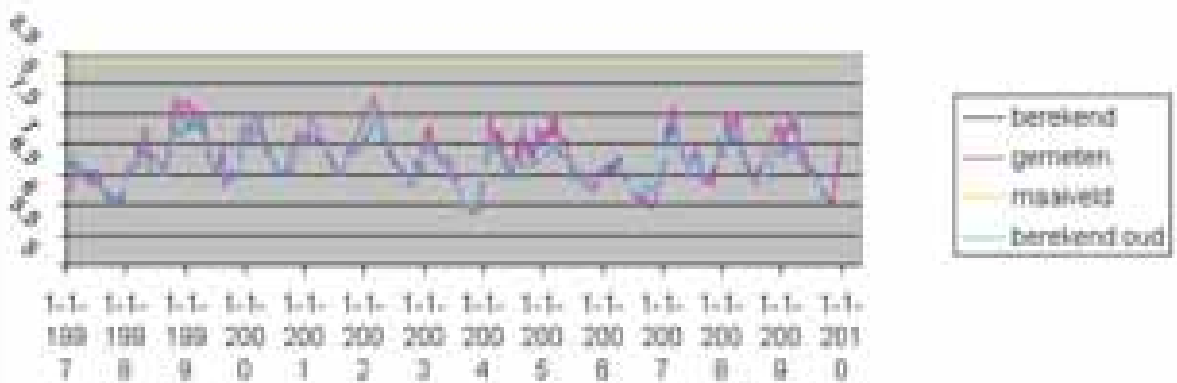
mpwB11H0368_1



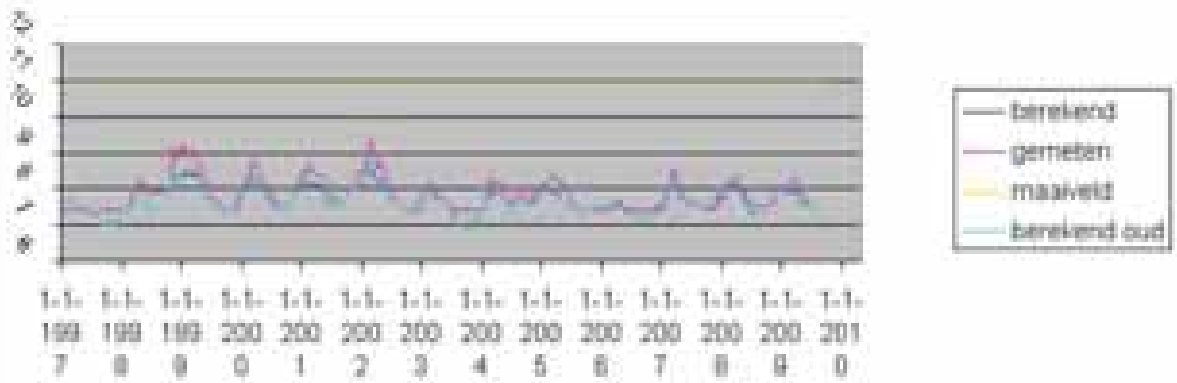
mpwB16F0014_1



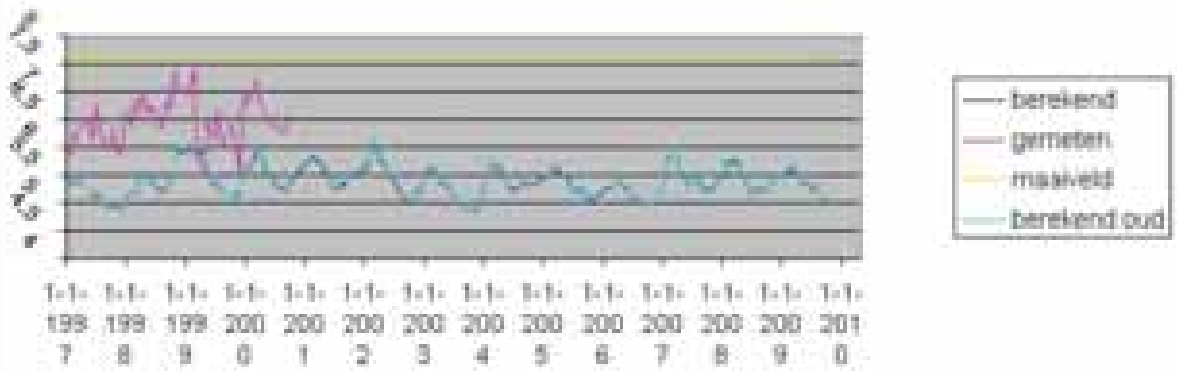
mpwB16F0099_1



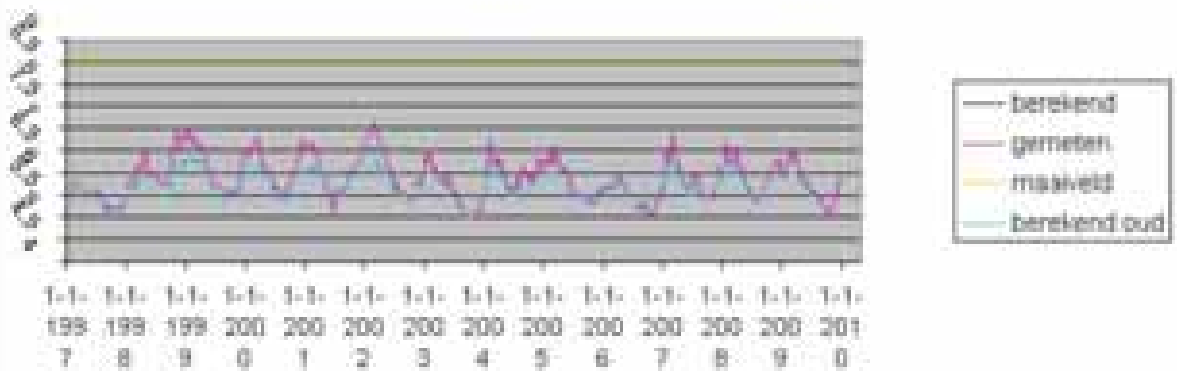
mpwB16F0101_1



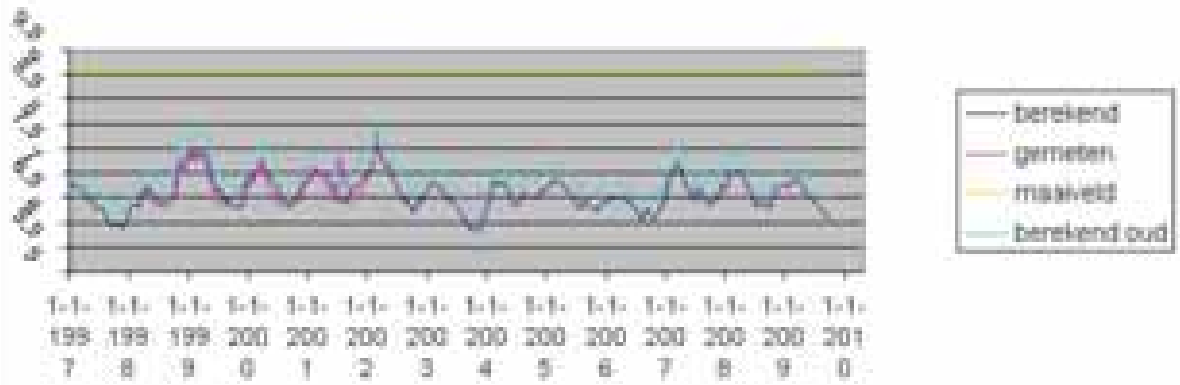
mpwB16F0110_1



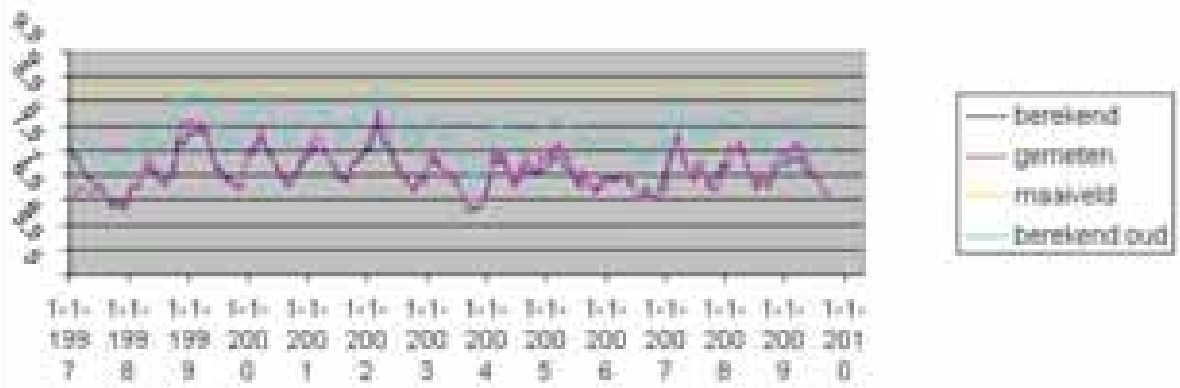
mpwB16F0140_1



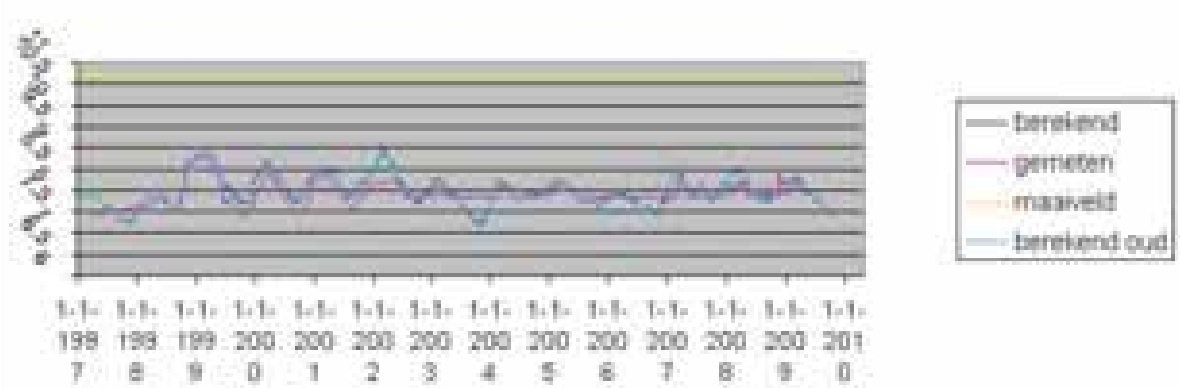
mpwB16F0141_1



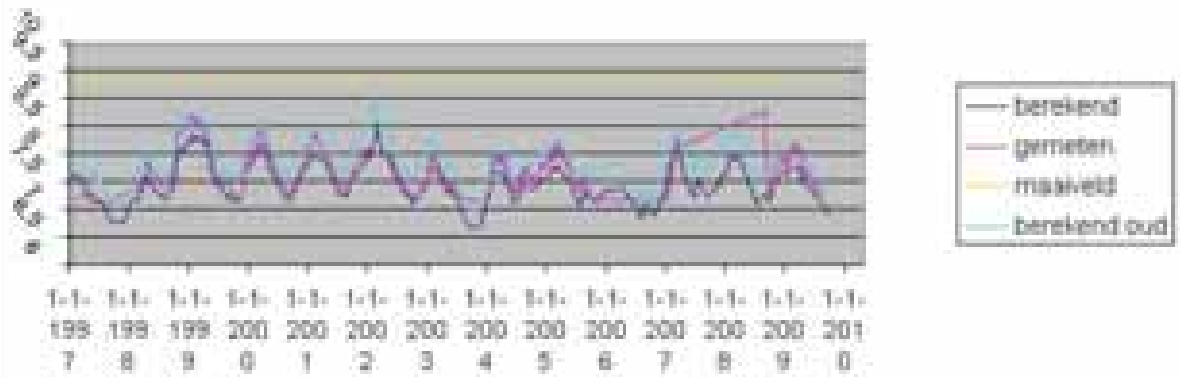
mpwB16F0142_1



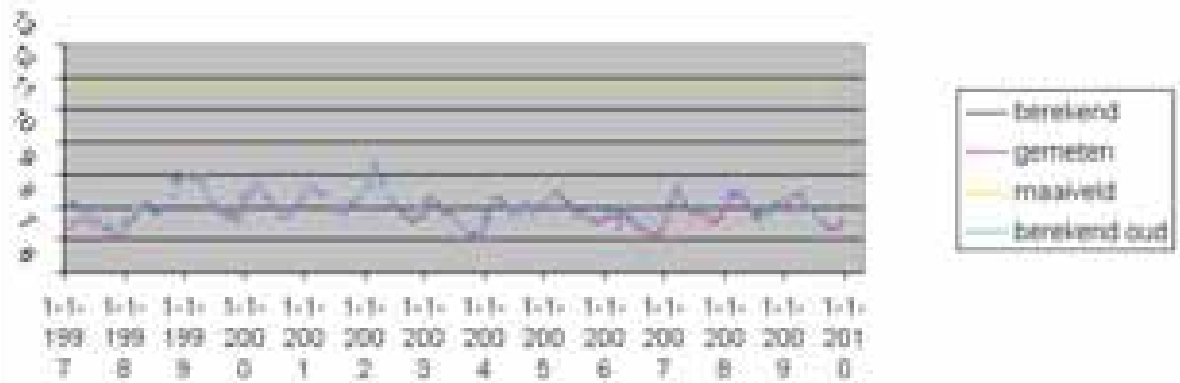
mpwB16F0144_1



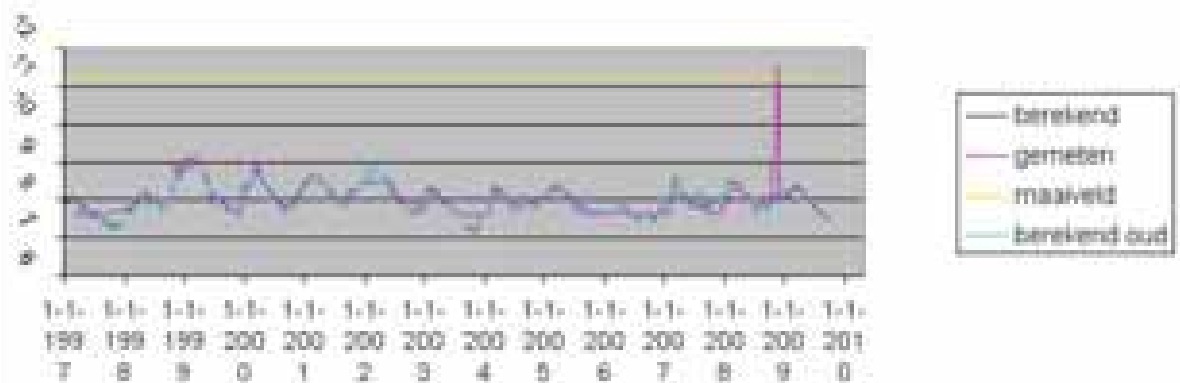
mpwB16F0146_1



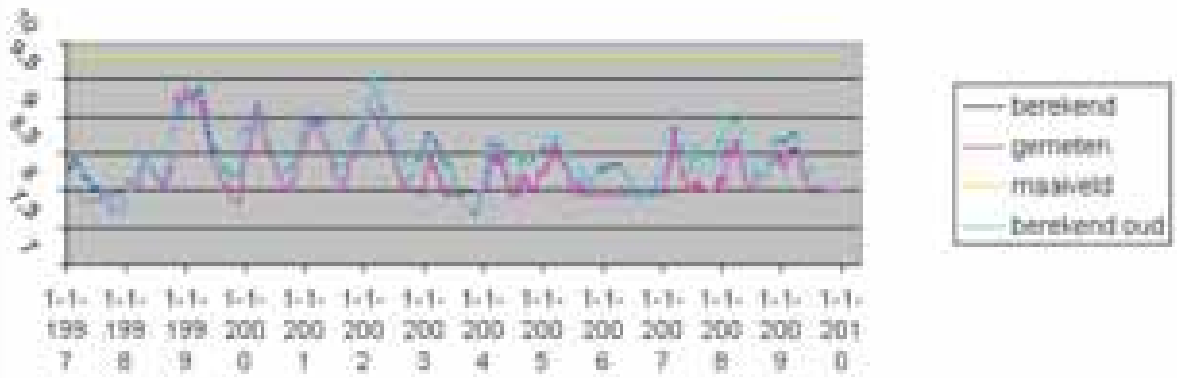
mpwB16F0147_1



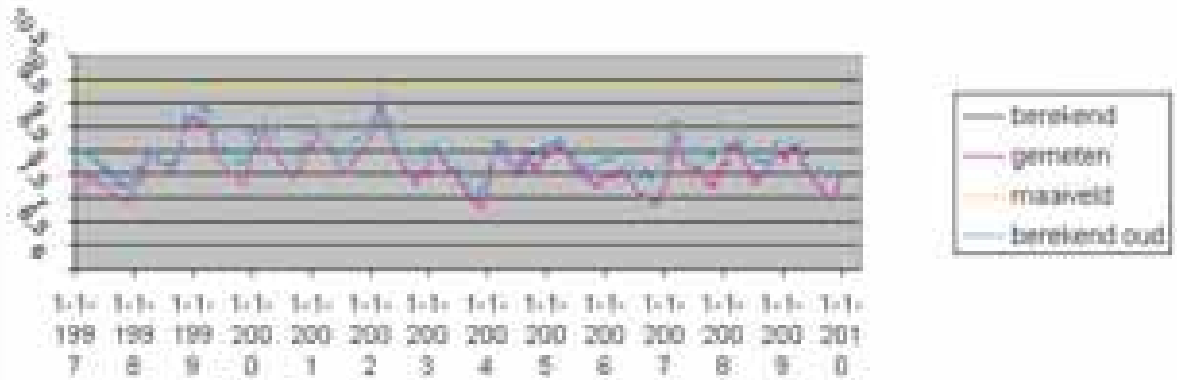
mpwB16F0148_1



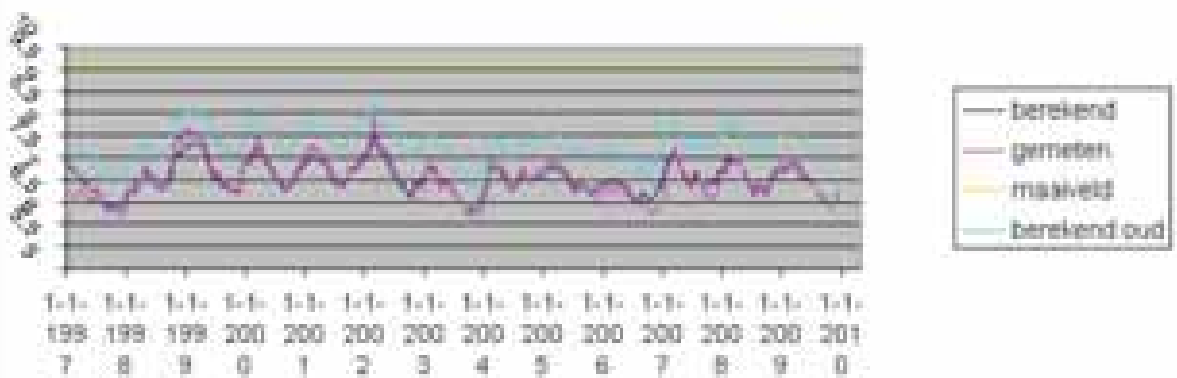
mpwB16F0149_1



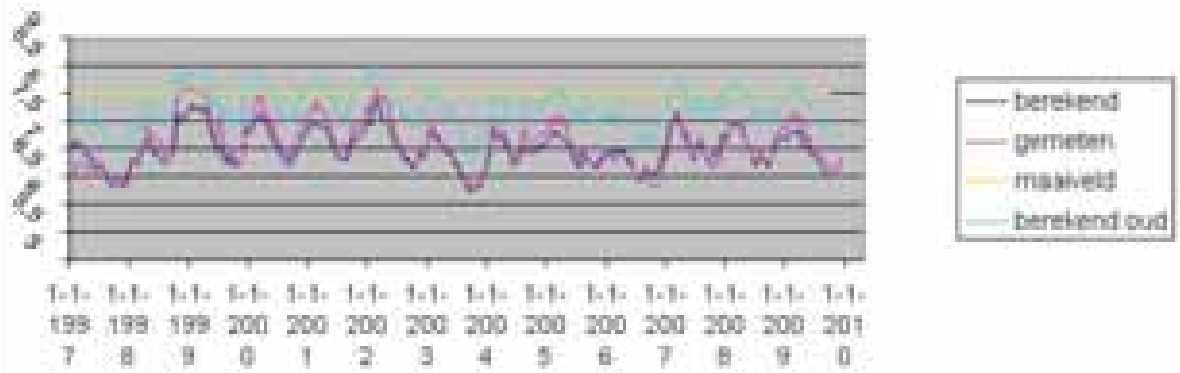
mpwB16F0150_1



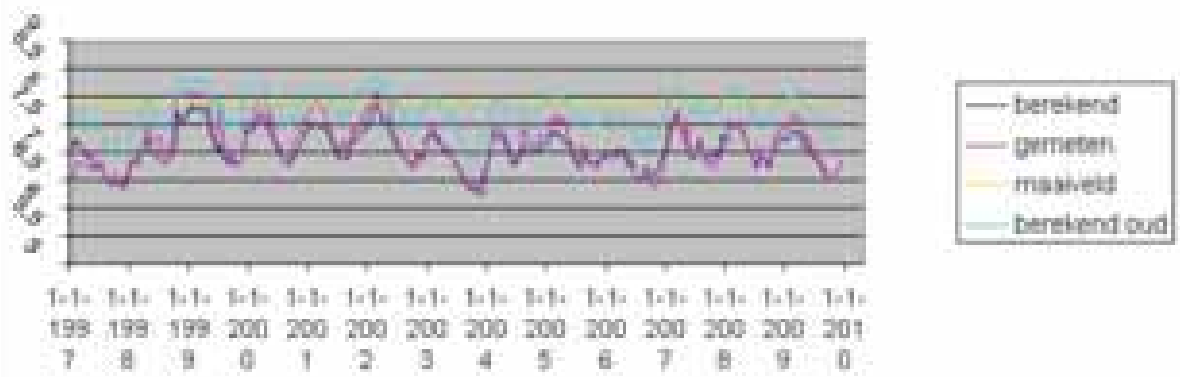
mpwB16F0196_1



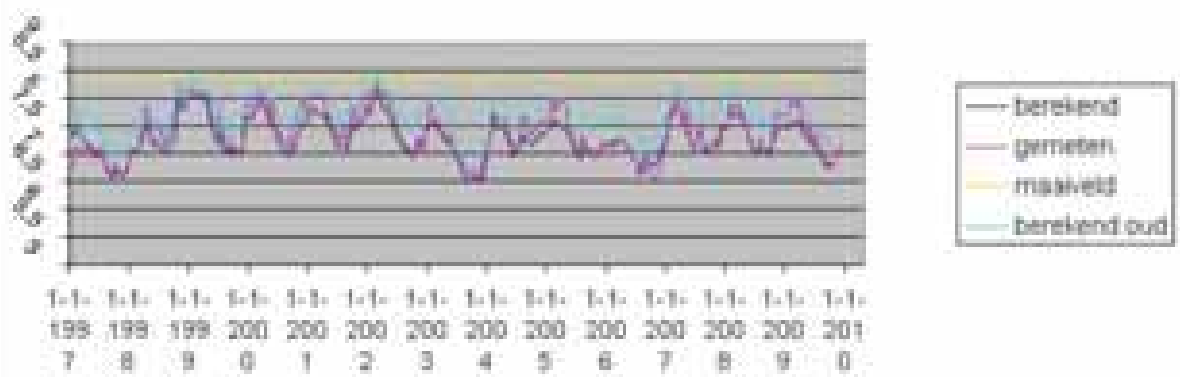
mpwB16F0197_1



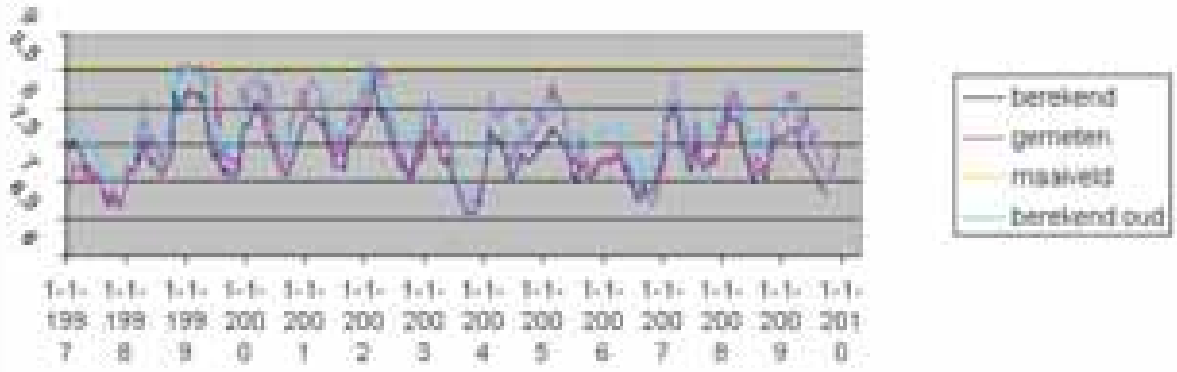
mpwB16F0198_1



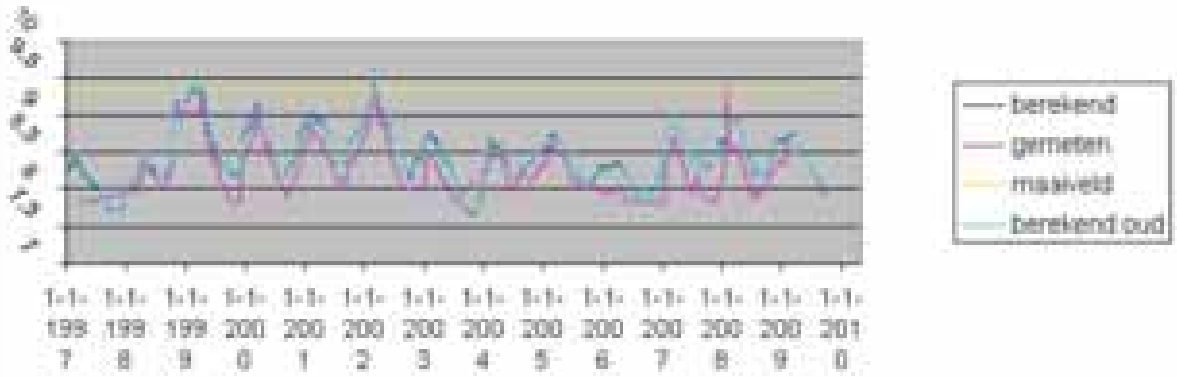
mpwB16F0204_1



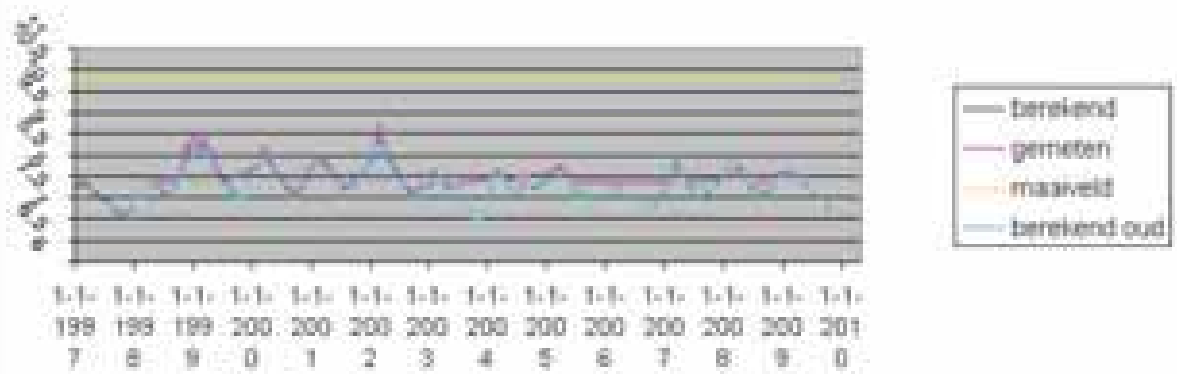
mpwB16F0205_1



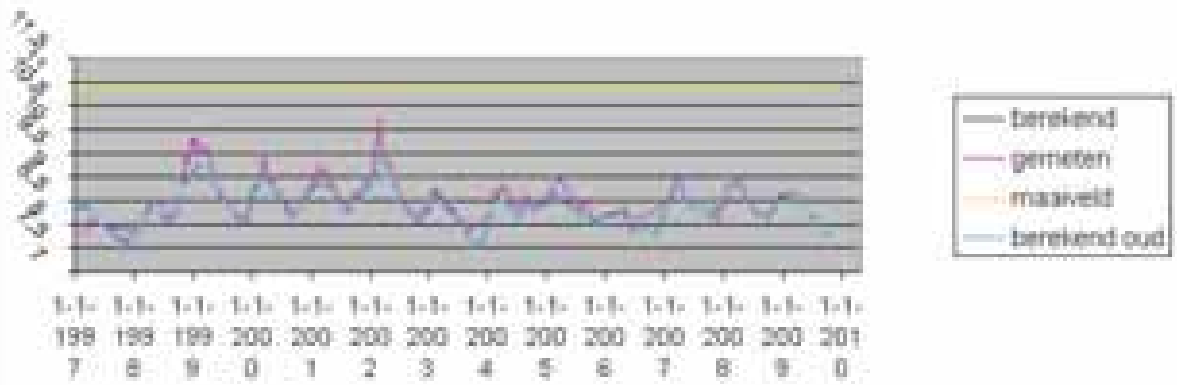
mpwB16F0209_1



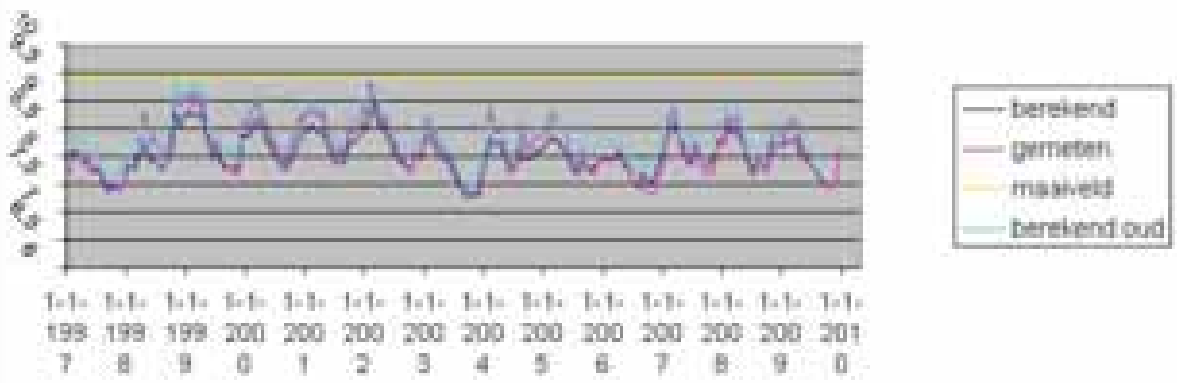
mpwB16F0213_1



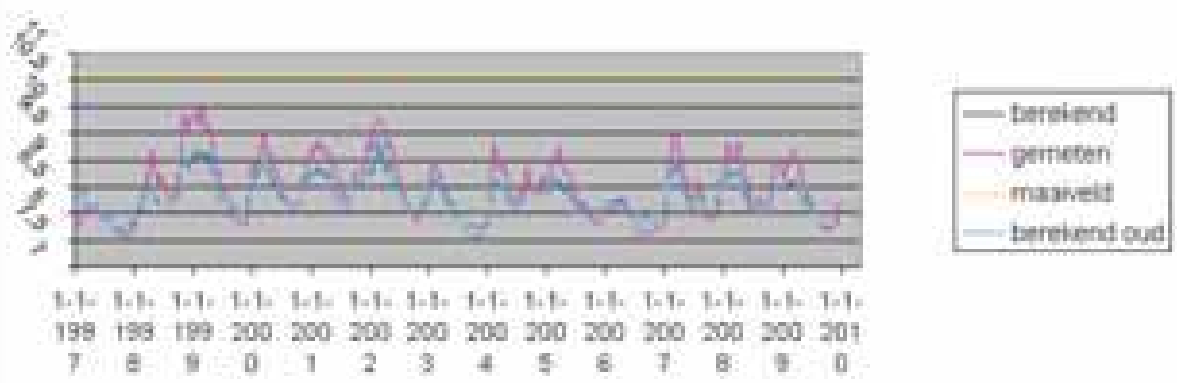
mpwB16F0214_1



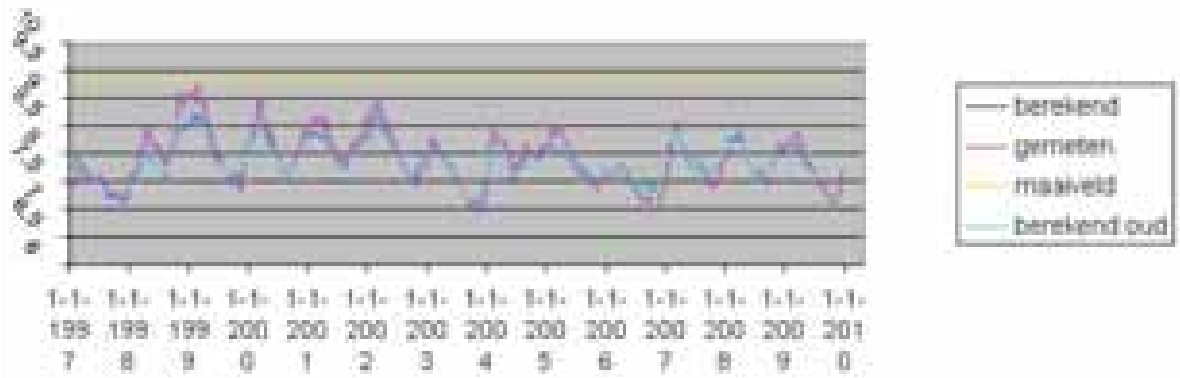
mpwB16F0215_1



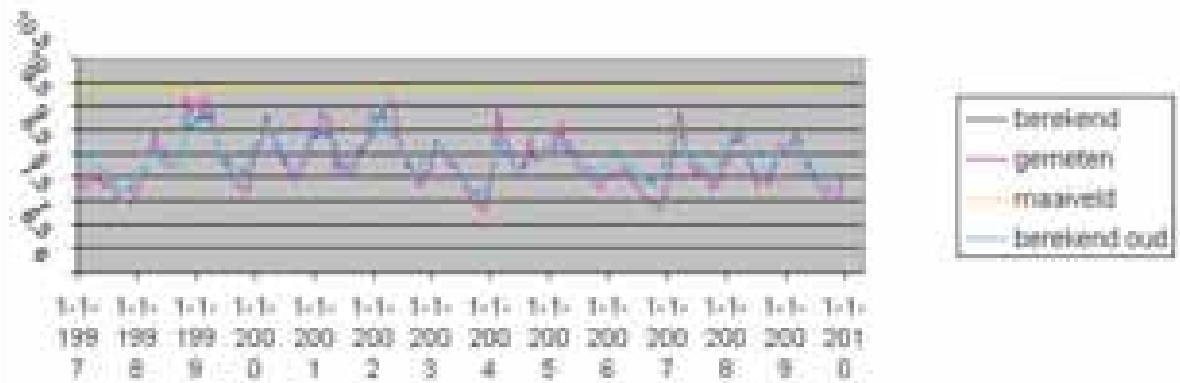
mpwB16F0216_1



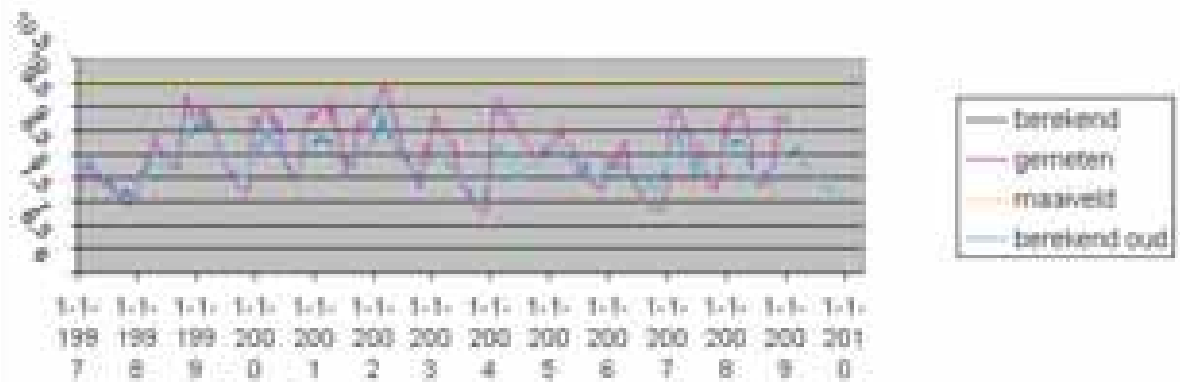
mpwB16F0217_1



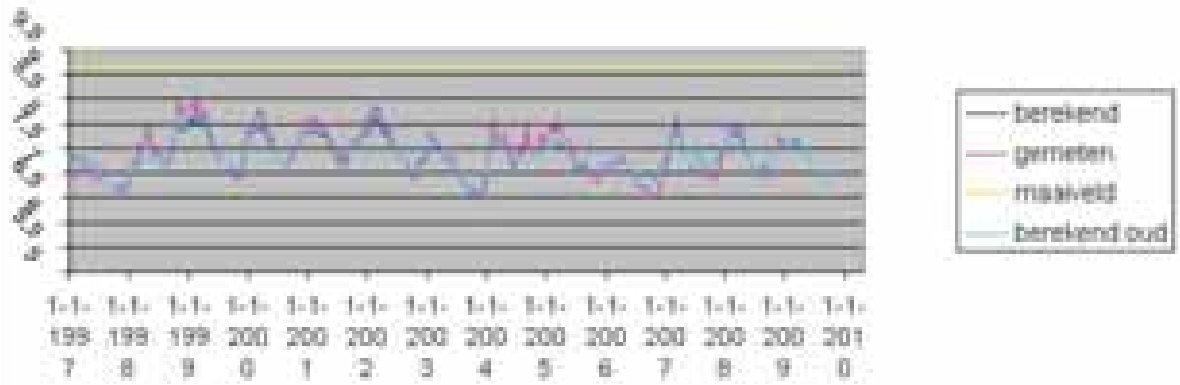
mpwB16F0220_1



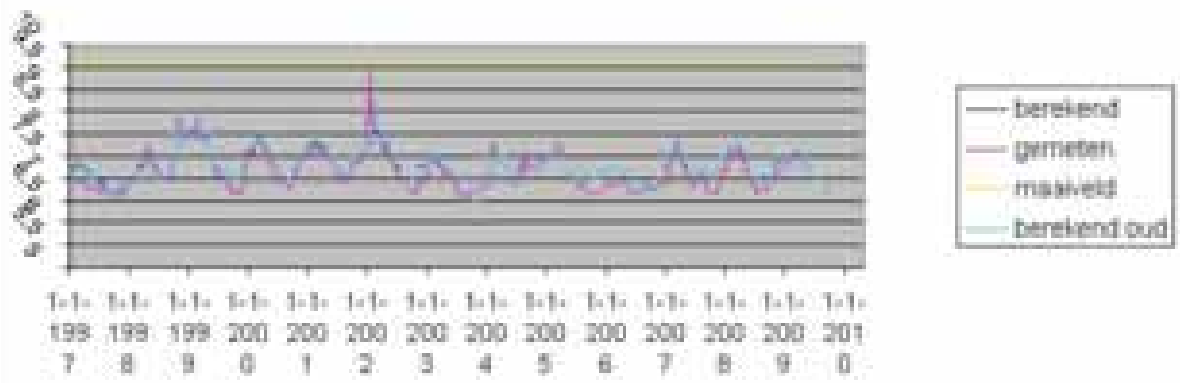
mpwB16F0222_1



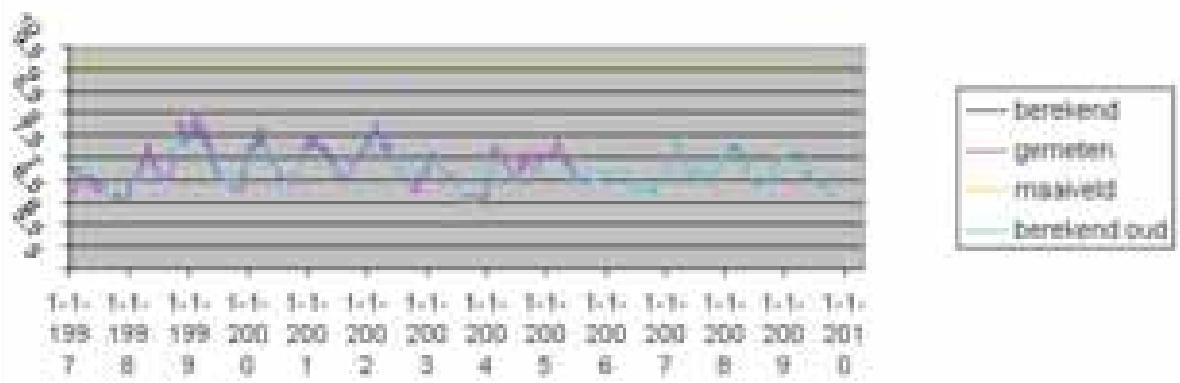
mpwB16F0223_1



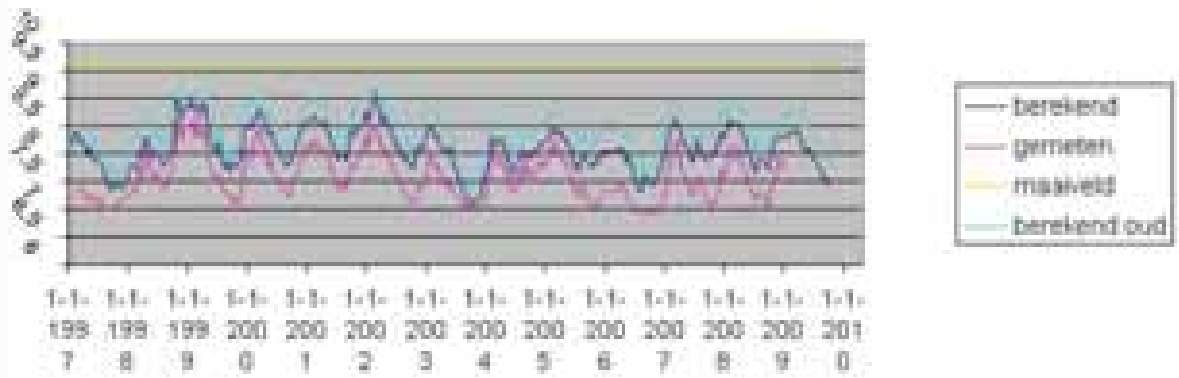
mpwB16F0225_1



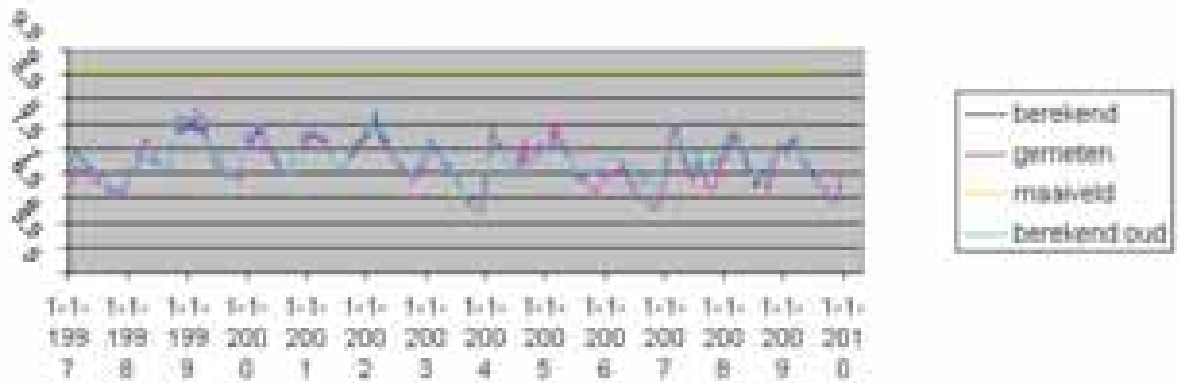
mpwB16F0226_1



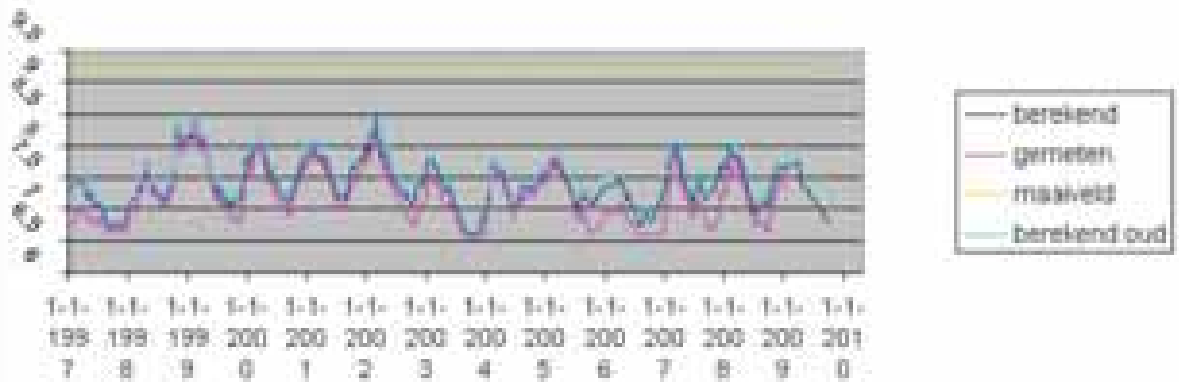
mpwB16F0227_1



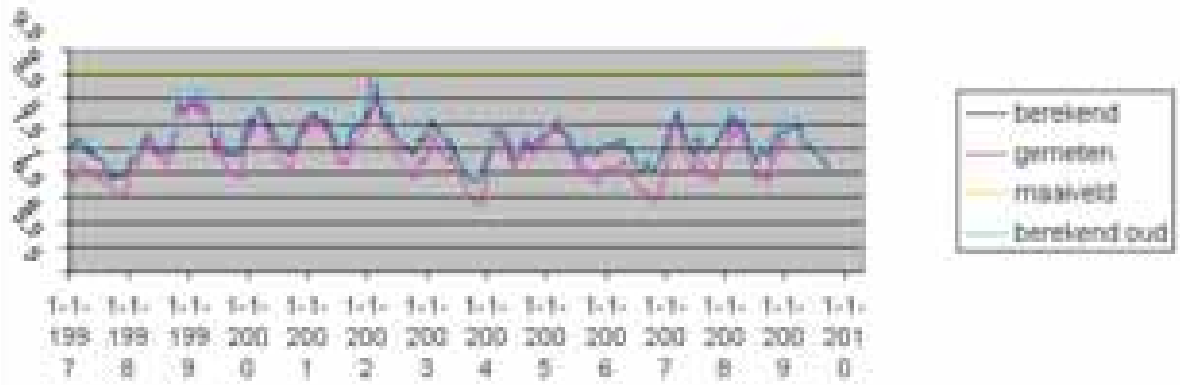
mpwB16F0228_1



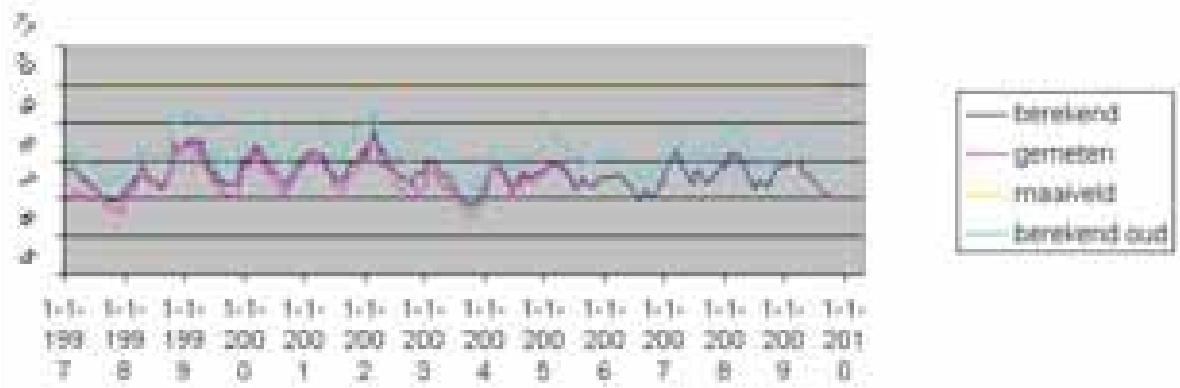
mpwB16F0229_1



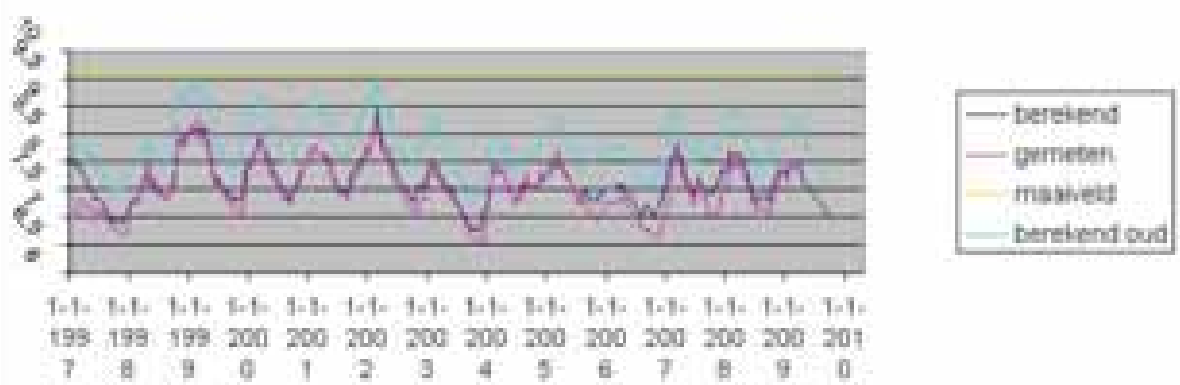
mpwB16F0230_1



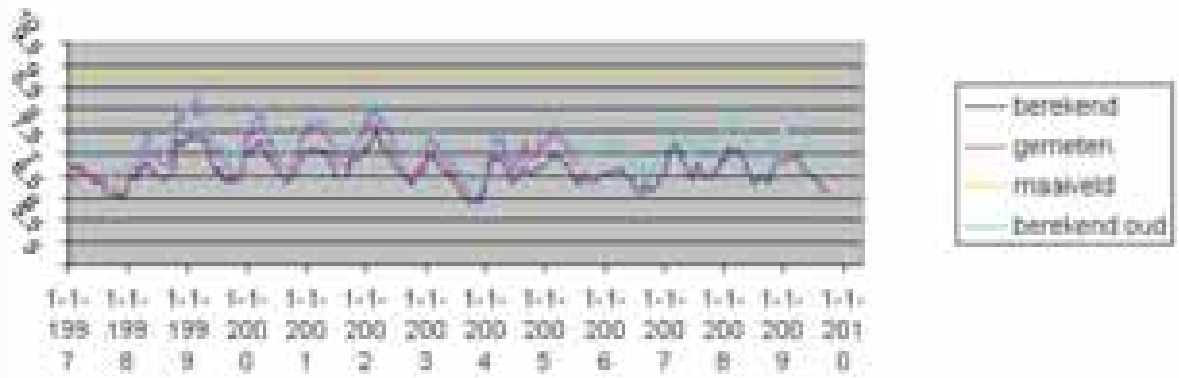
mpwB16F0231_1



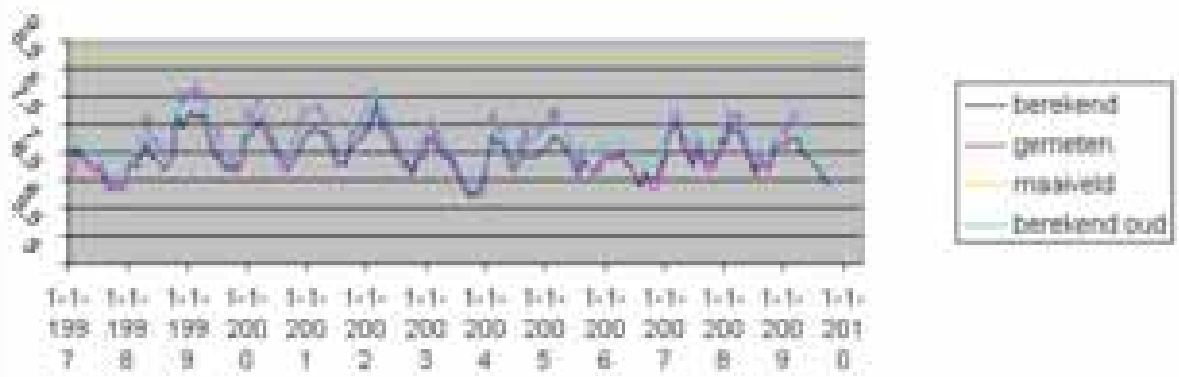
mpwB16F0232_1



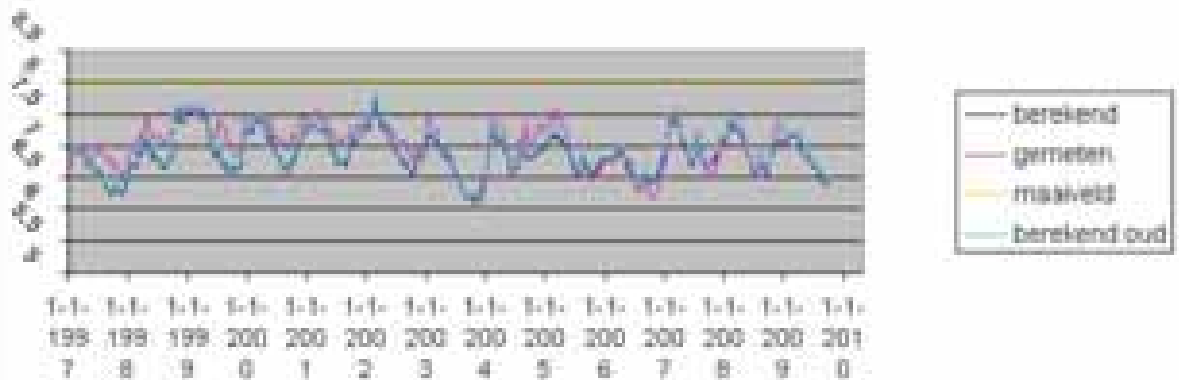
mpwB16F0233_1



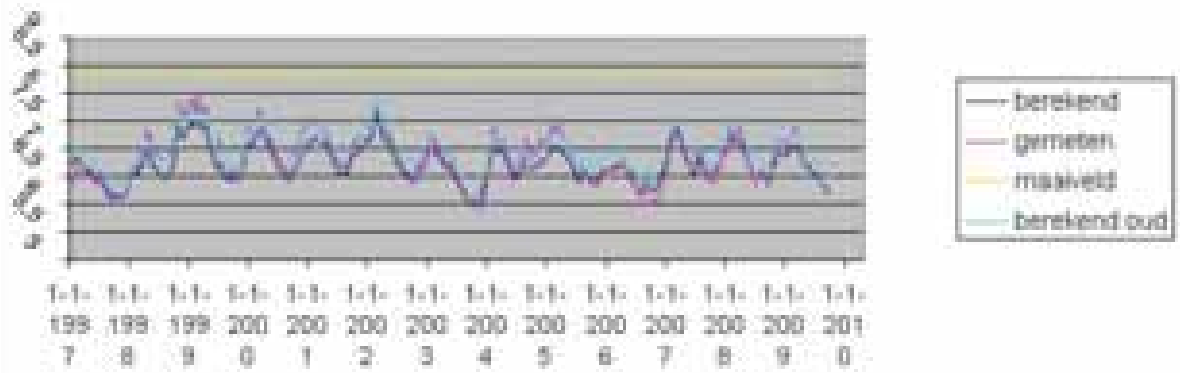
mpwB16F0234_1



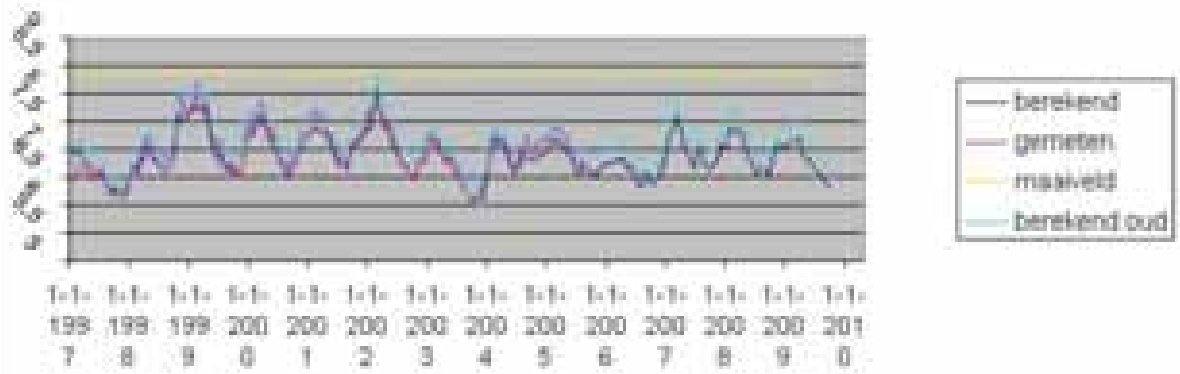
mpwB16F0235_1



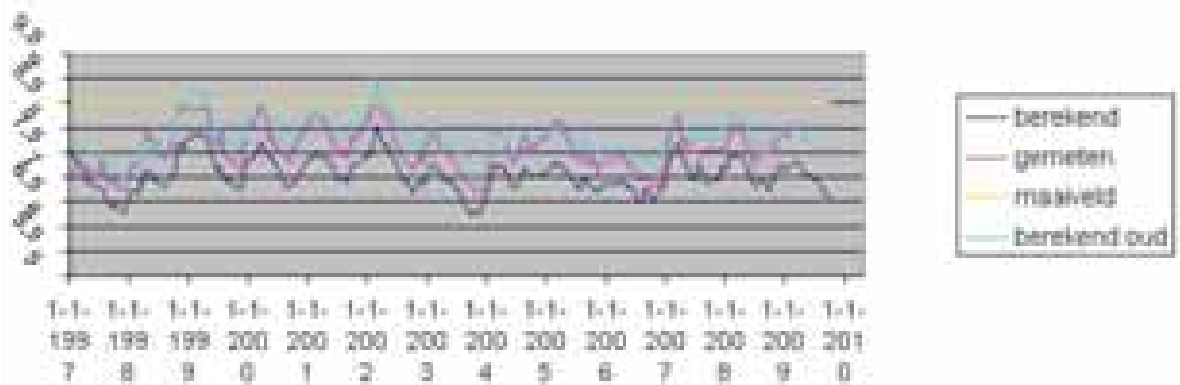
mpwB16F0236_1



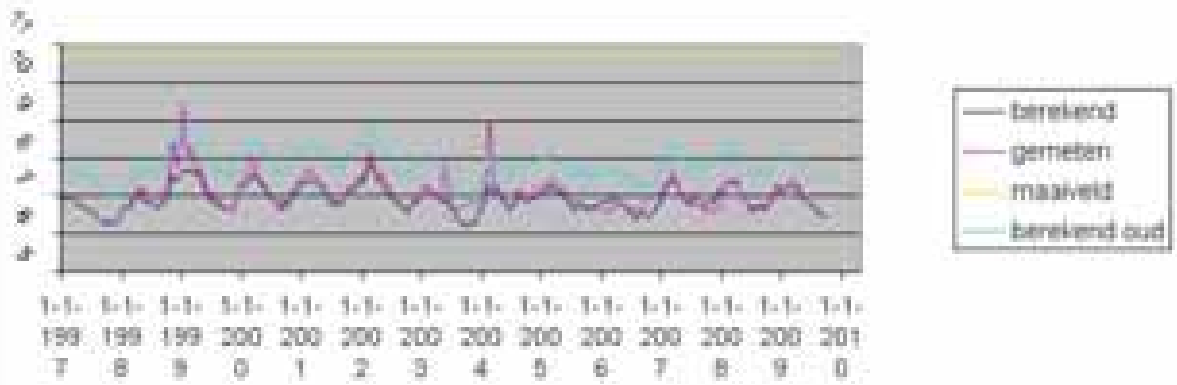
mpwB16F0237_1



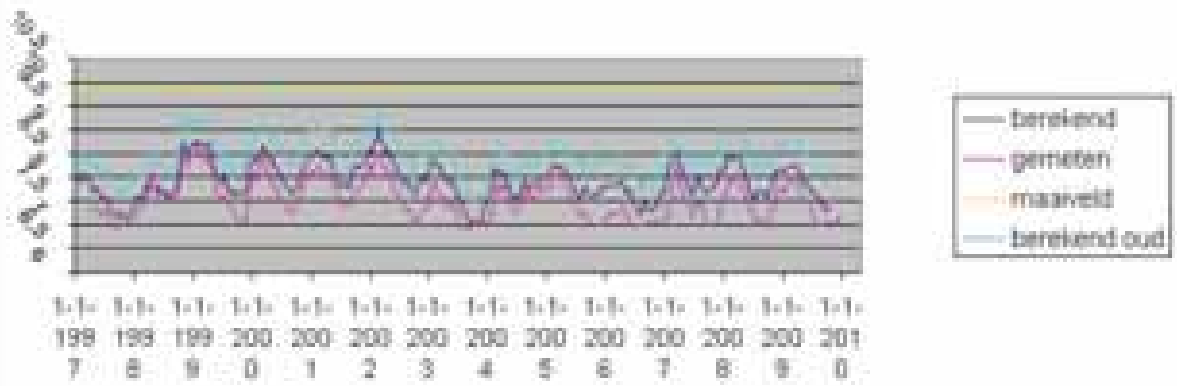
mpwB16F0244_1



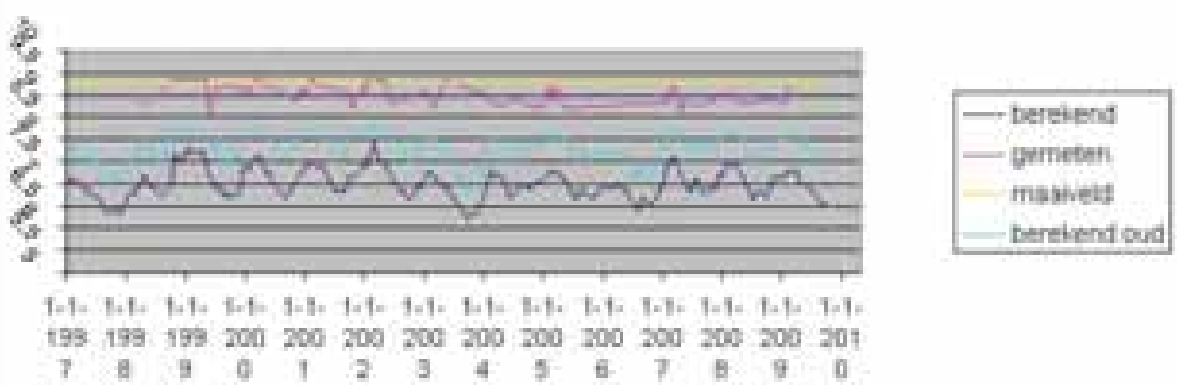
mpwB16F0255_1



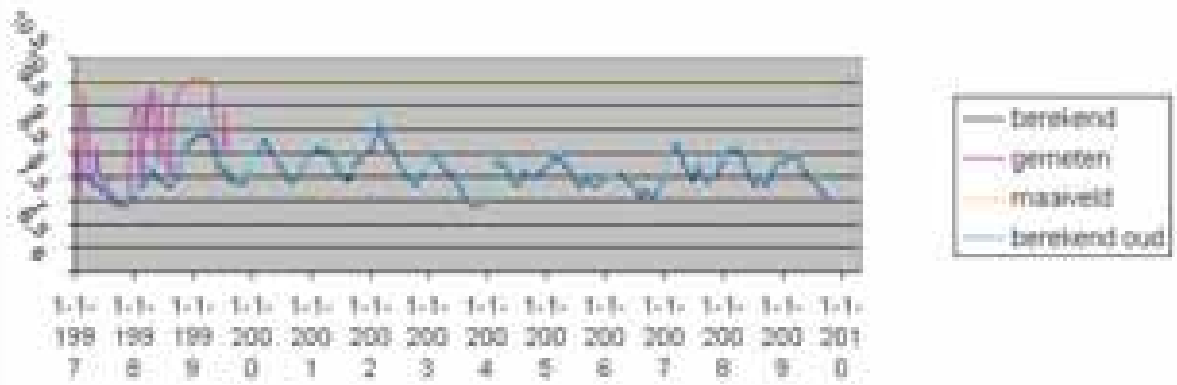
mpwB16F0271_1



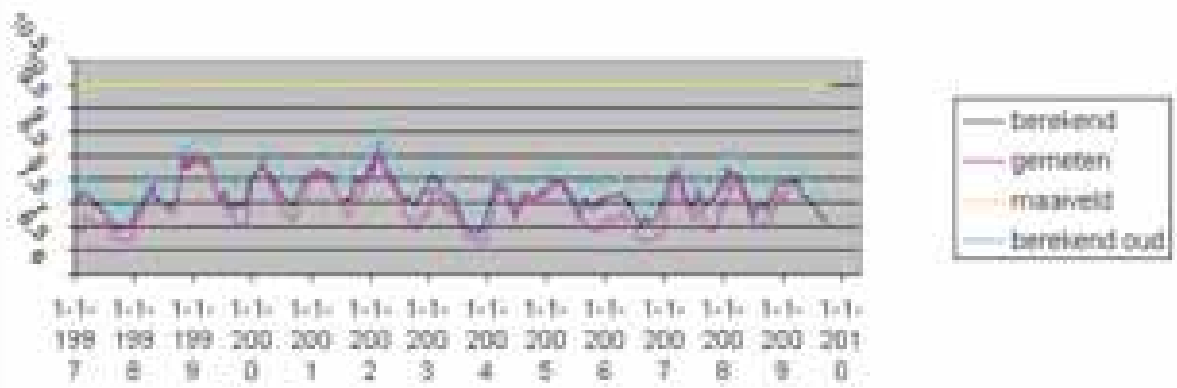
mpwB16F0274_1



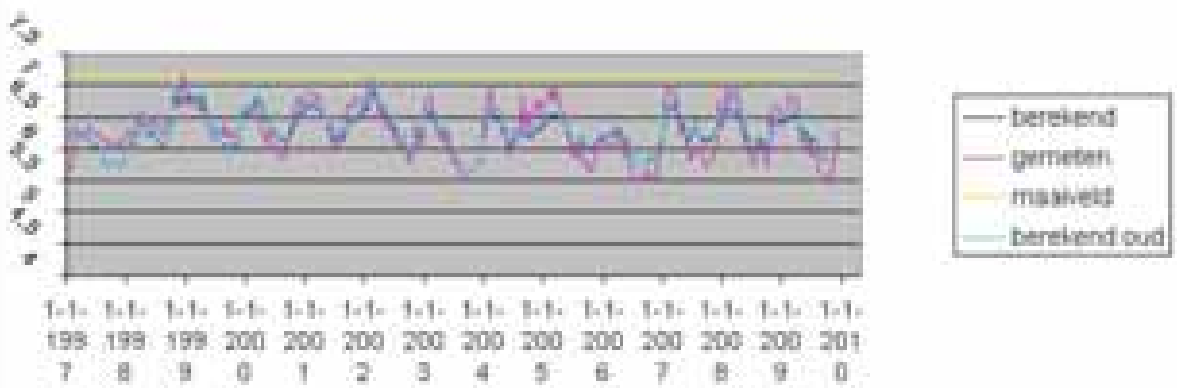
mpwB16F0279_1



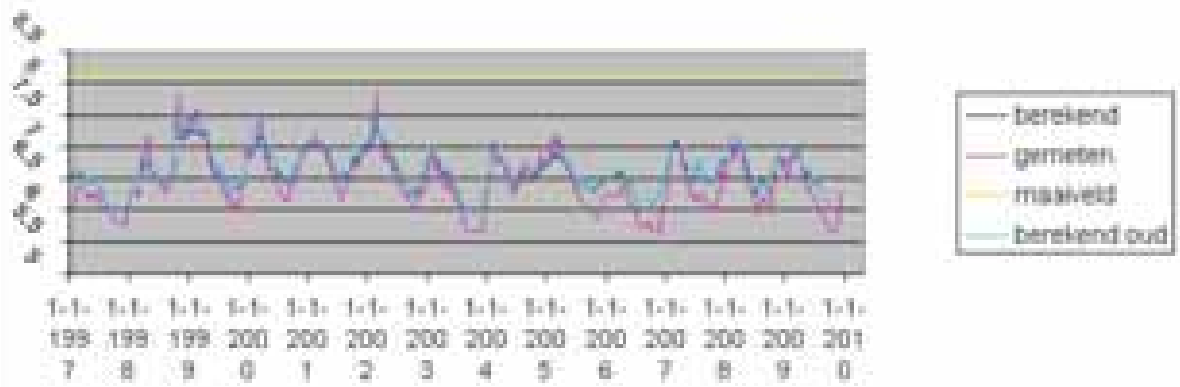
mpwB16F0280_1



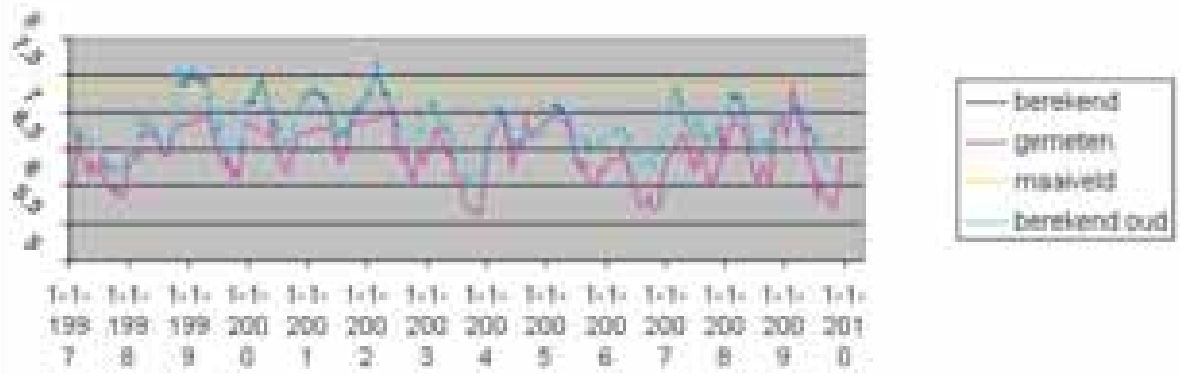
mpwB16F0284_1



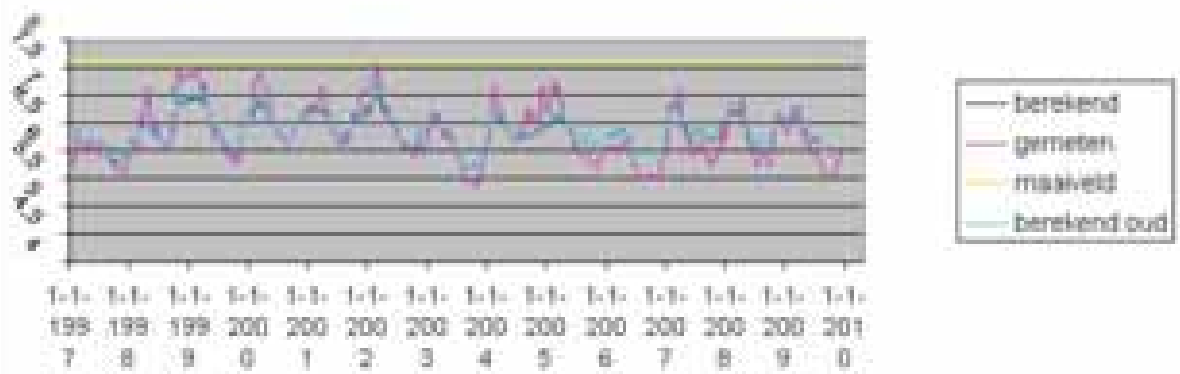
mpwB16F0289_1



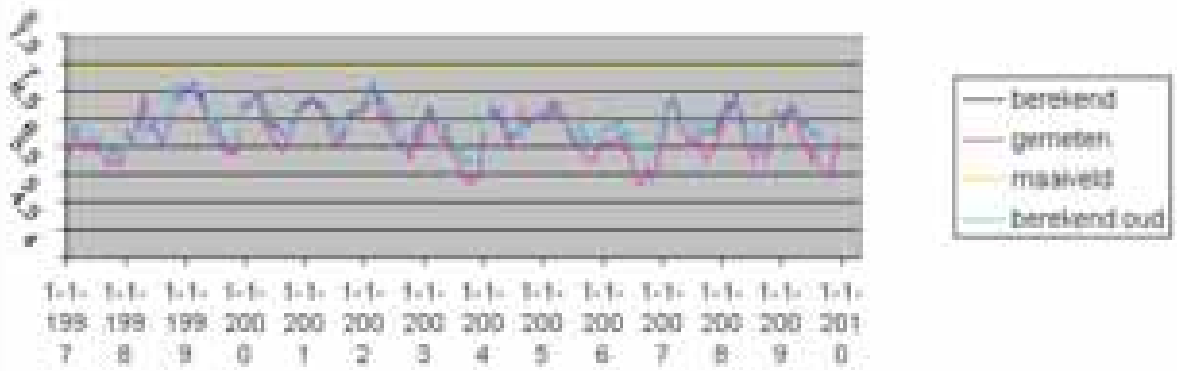
mpwB16F0292_1



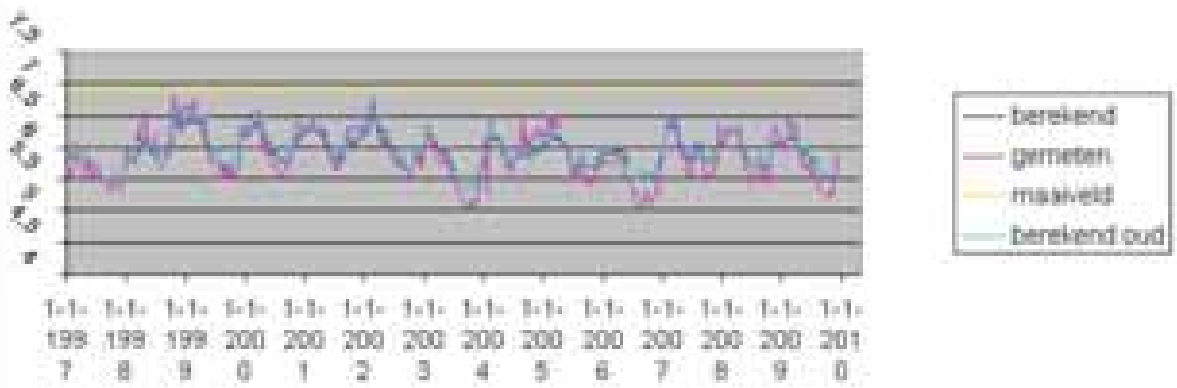
mpwB16F0298_1



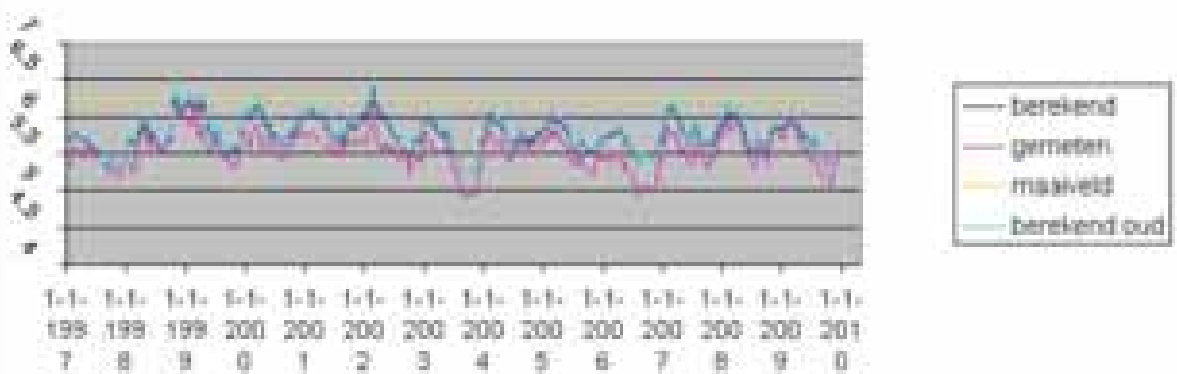
mpwB16F0299_1



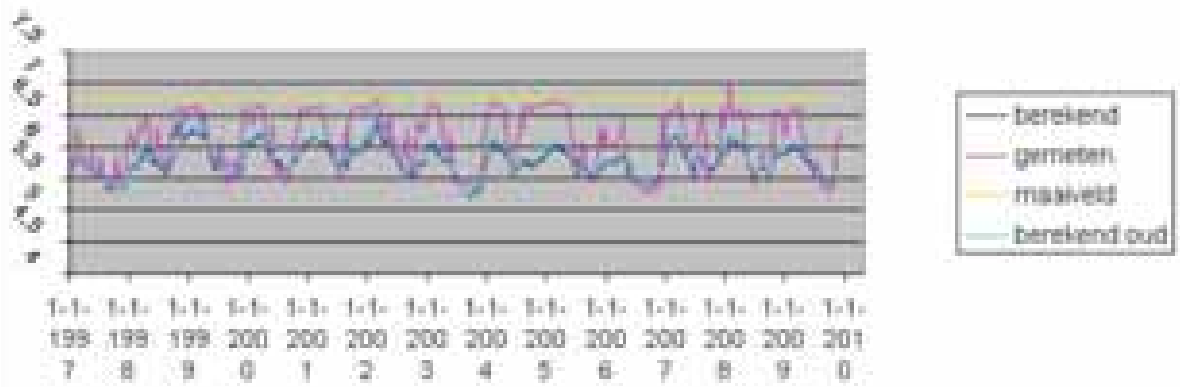
mpwB16F0301_1



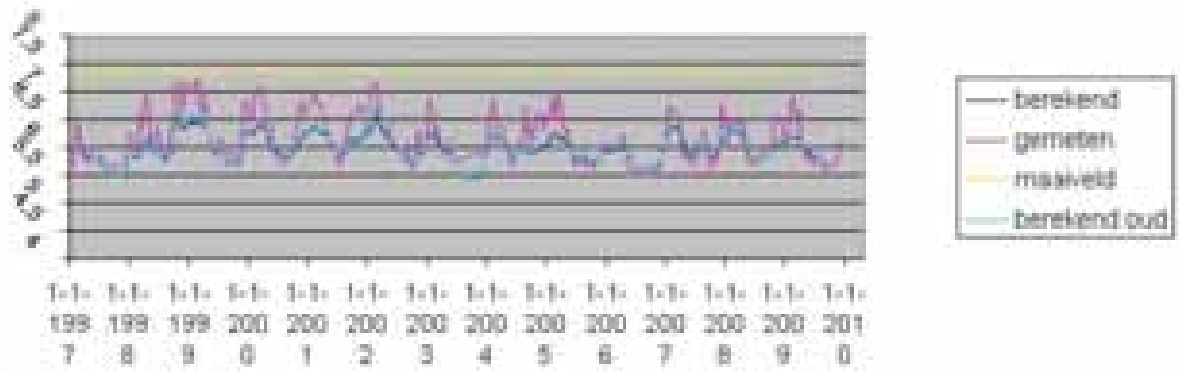
mpwB16F0302_1



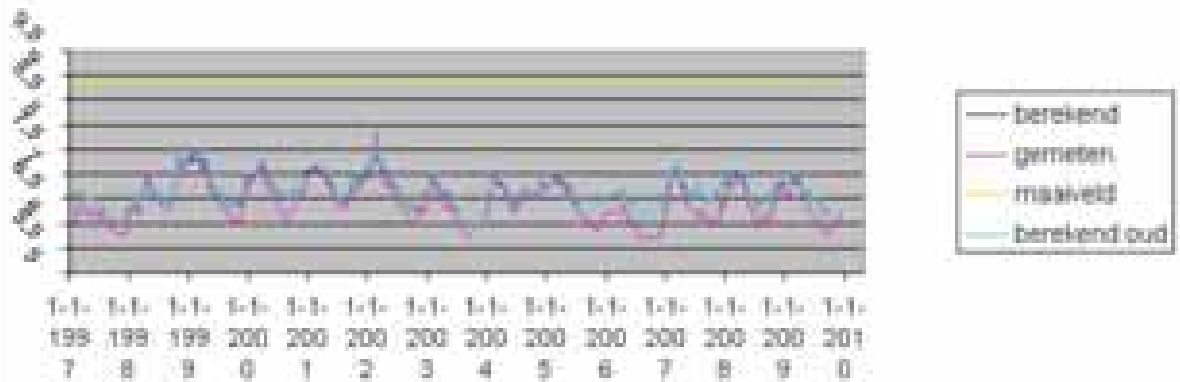
mpwB16F0303_1



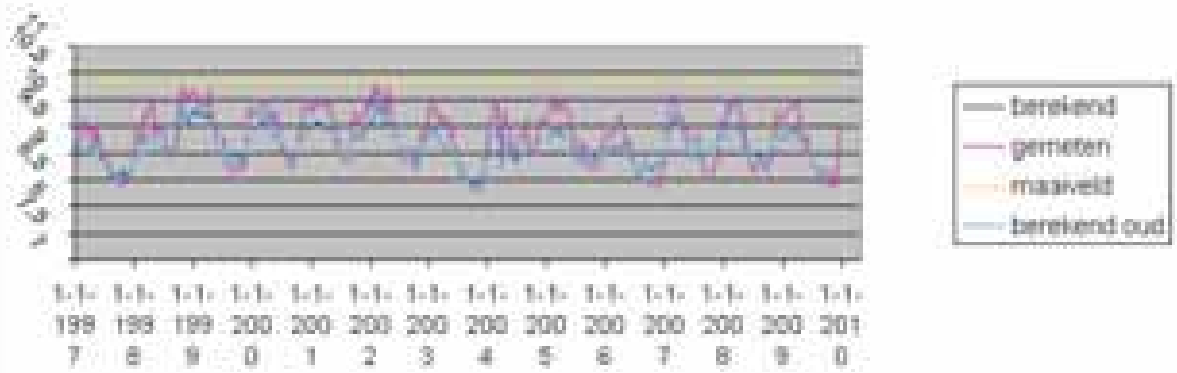
mpwB16F0304_1



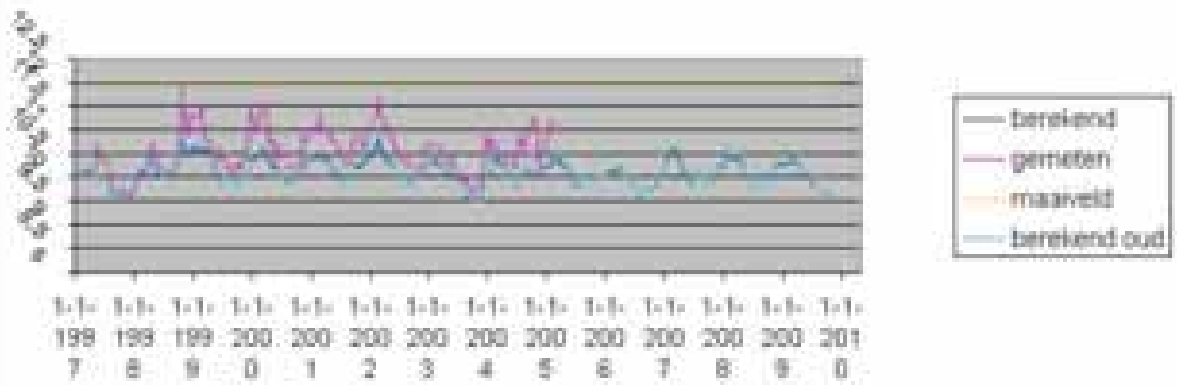
mpwB16F0306_1



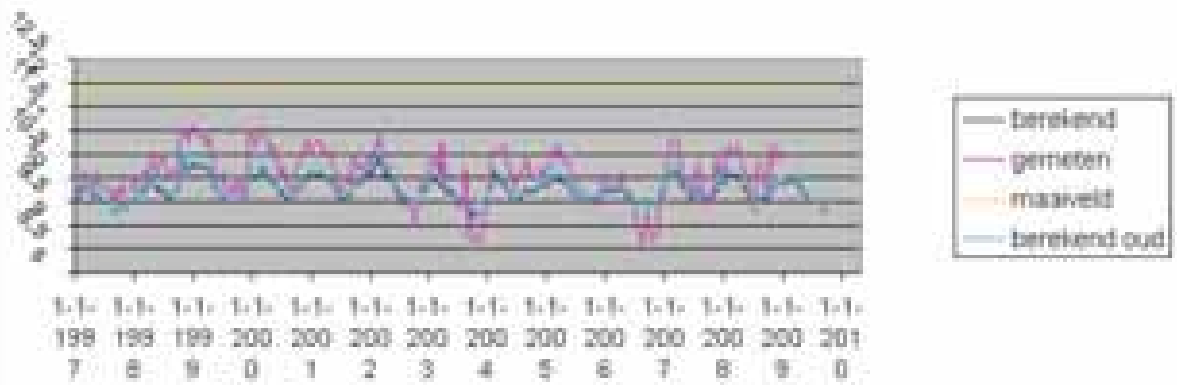
mpwB17A0098_1



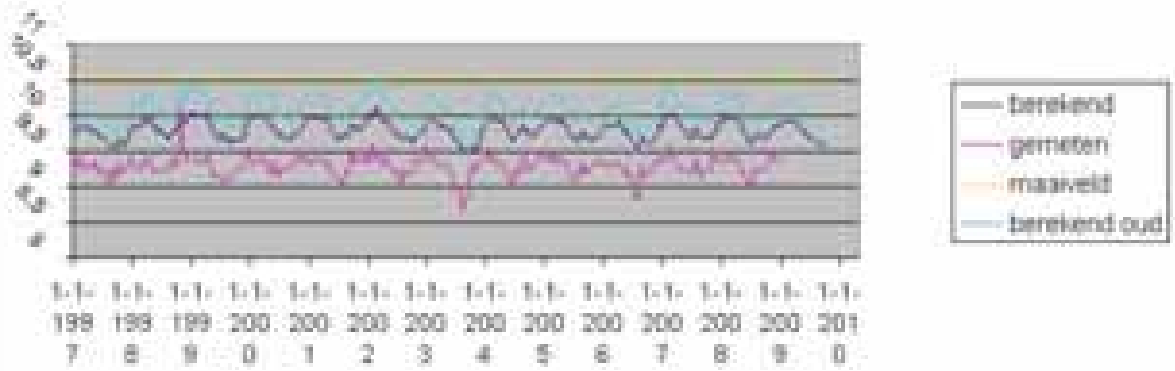
mpwB17A0139_1



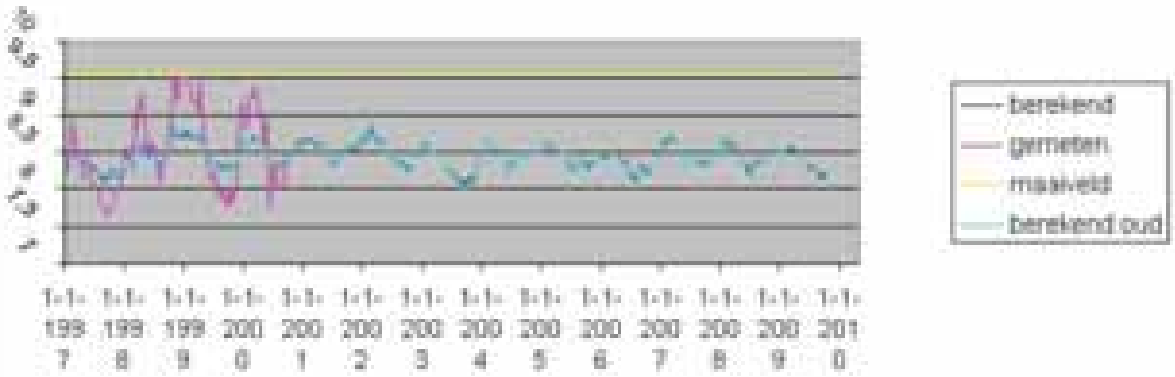
mpwB17A0149_1



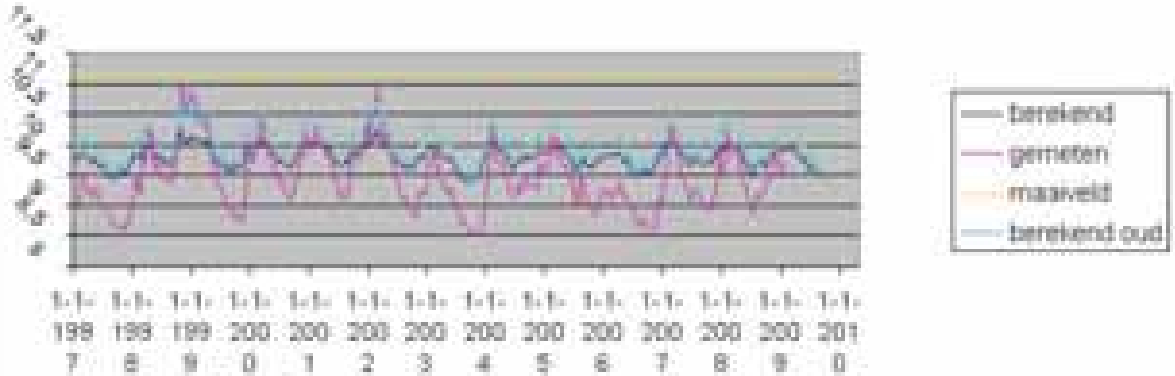
mpwB17A0155_1



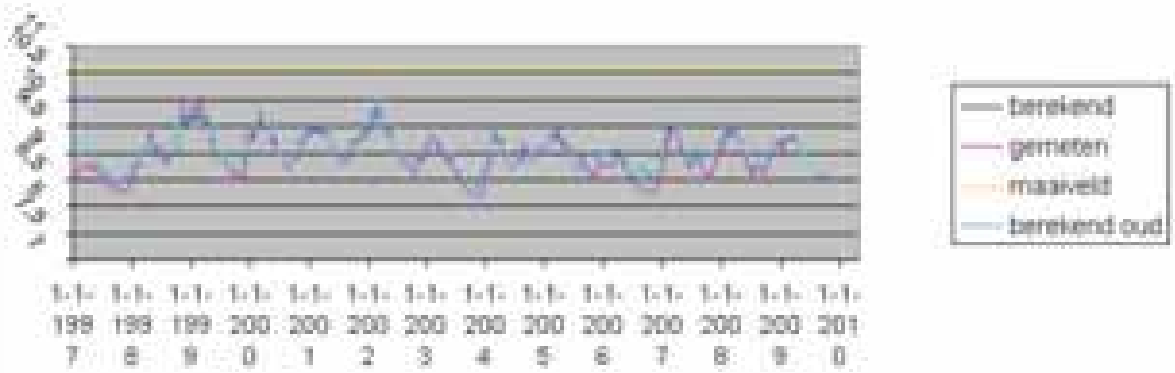
mpwB17A0160_1



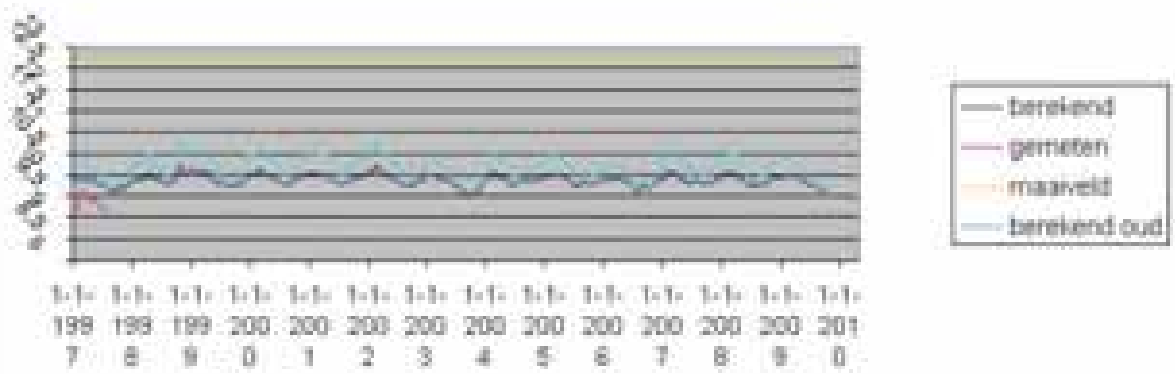
mpwB17A0181_1



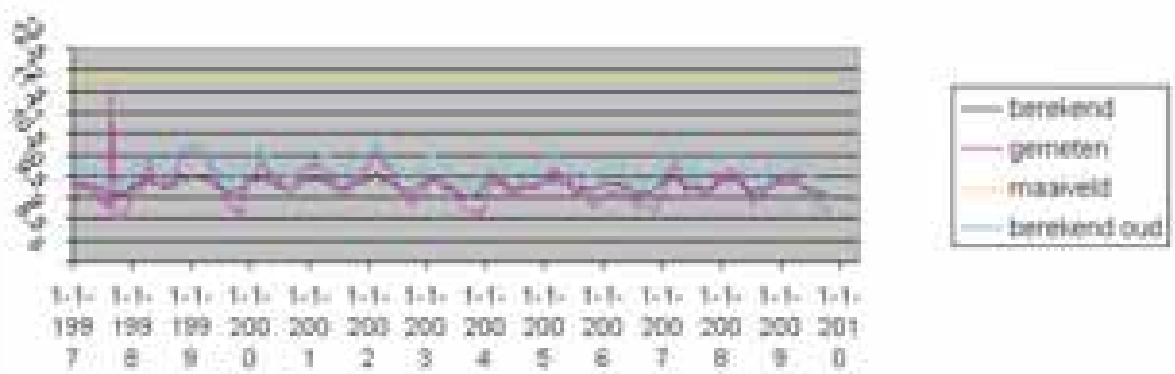
mpwB17A0191_1



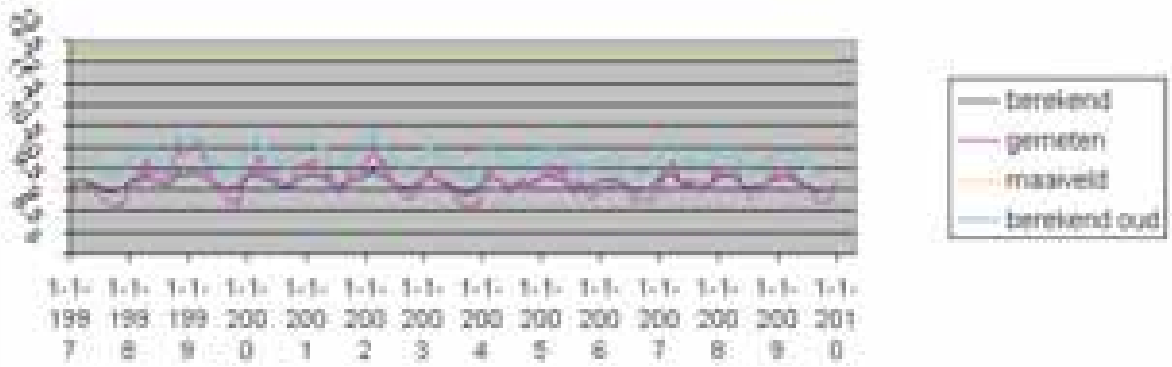
mpwB17A0250_2



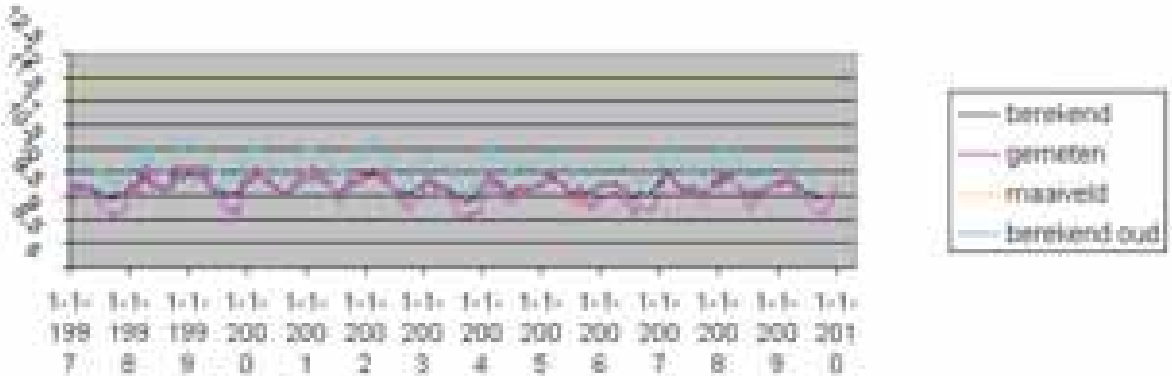
mpwB17A0255_2



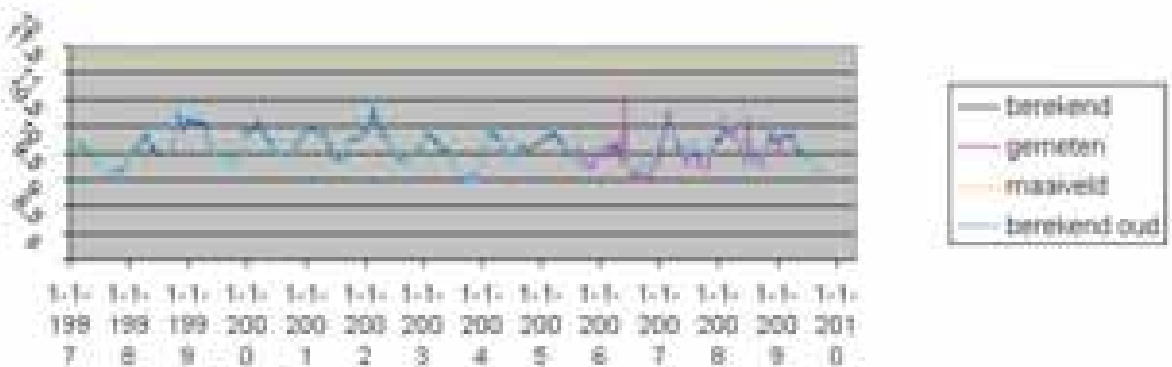
mpwB17A0262_3



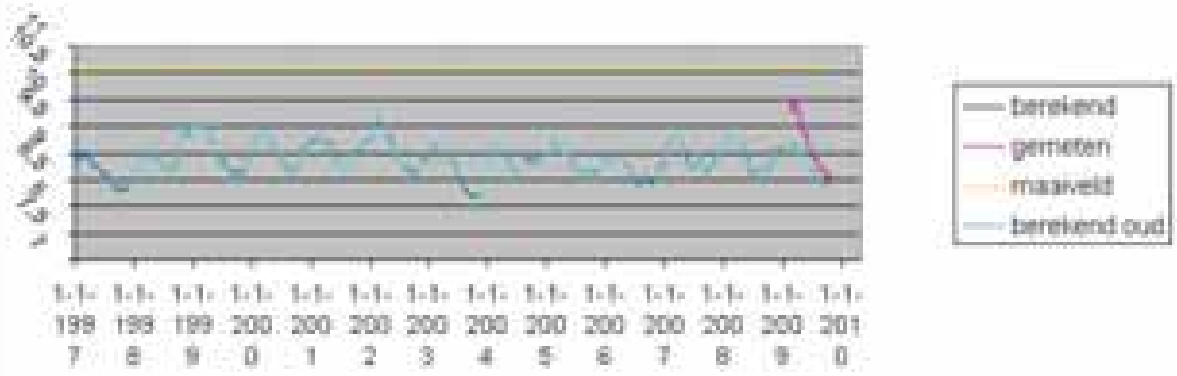
mpwB17A0264_2



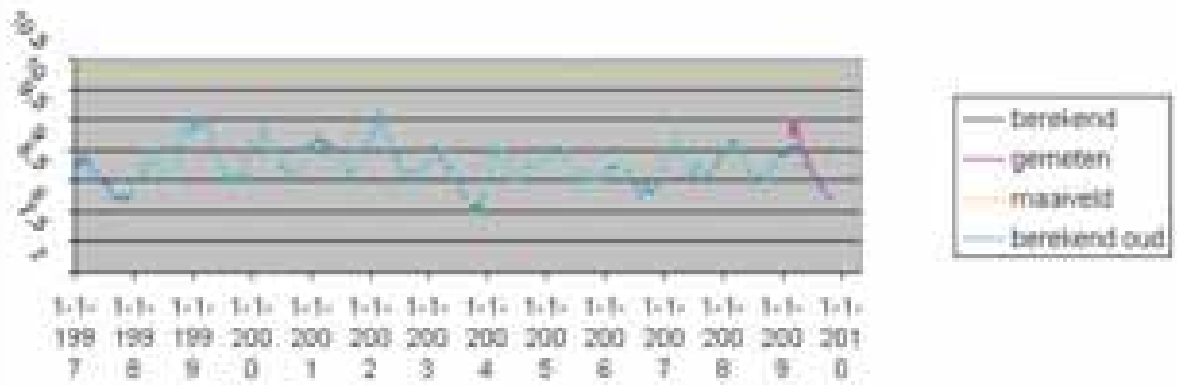
mpwB17A0276_1



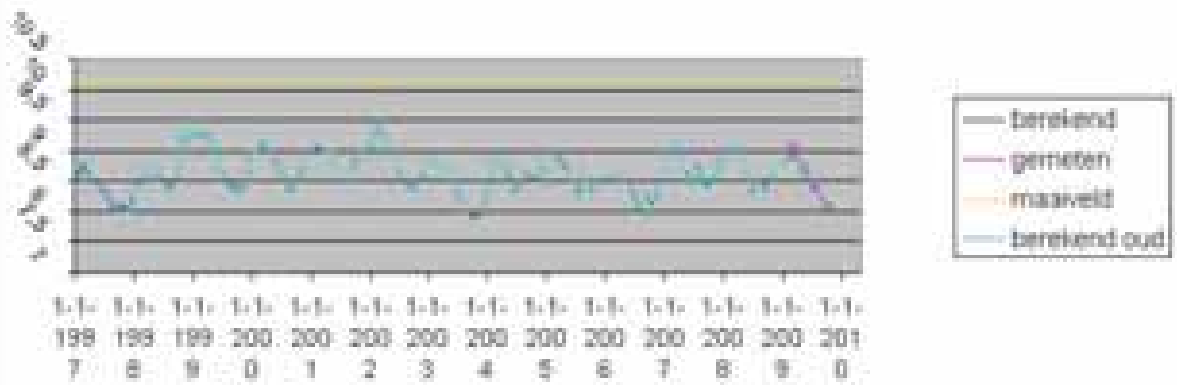
mpwLB000001_1



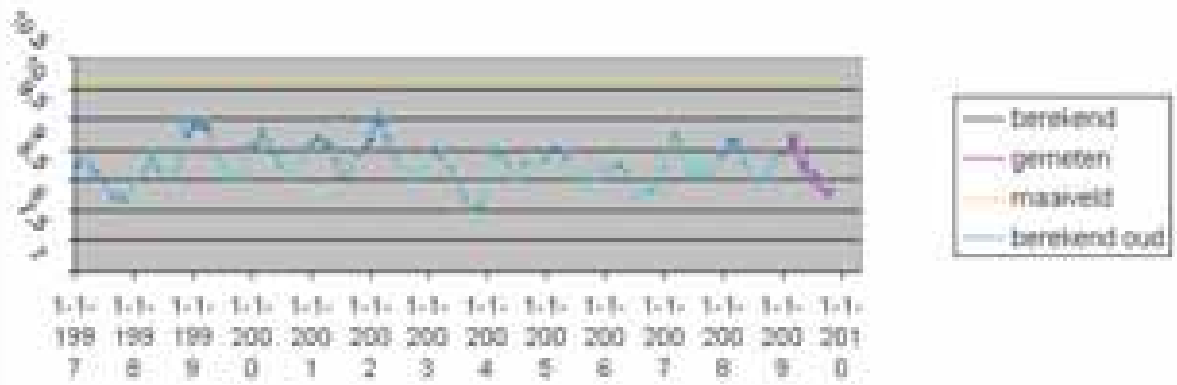
mpwLB000002_1



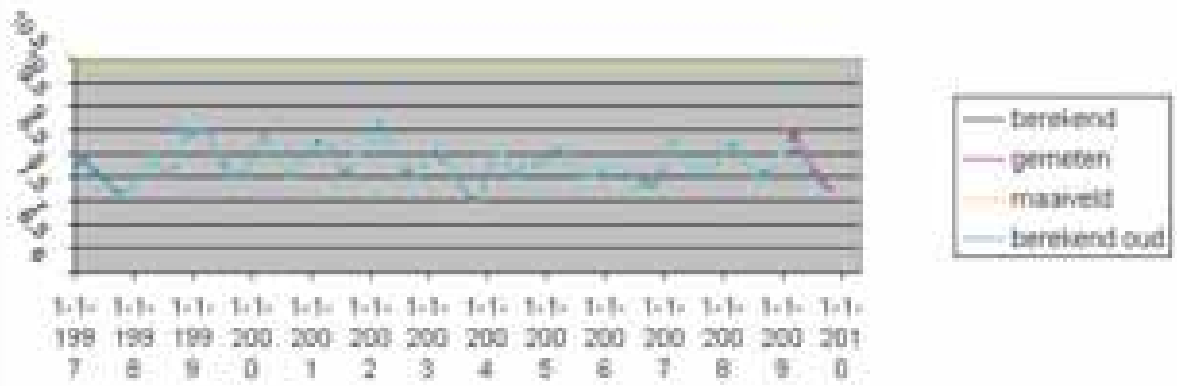
mpwLB000003_1



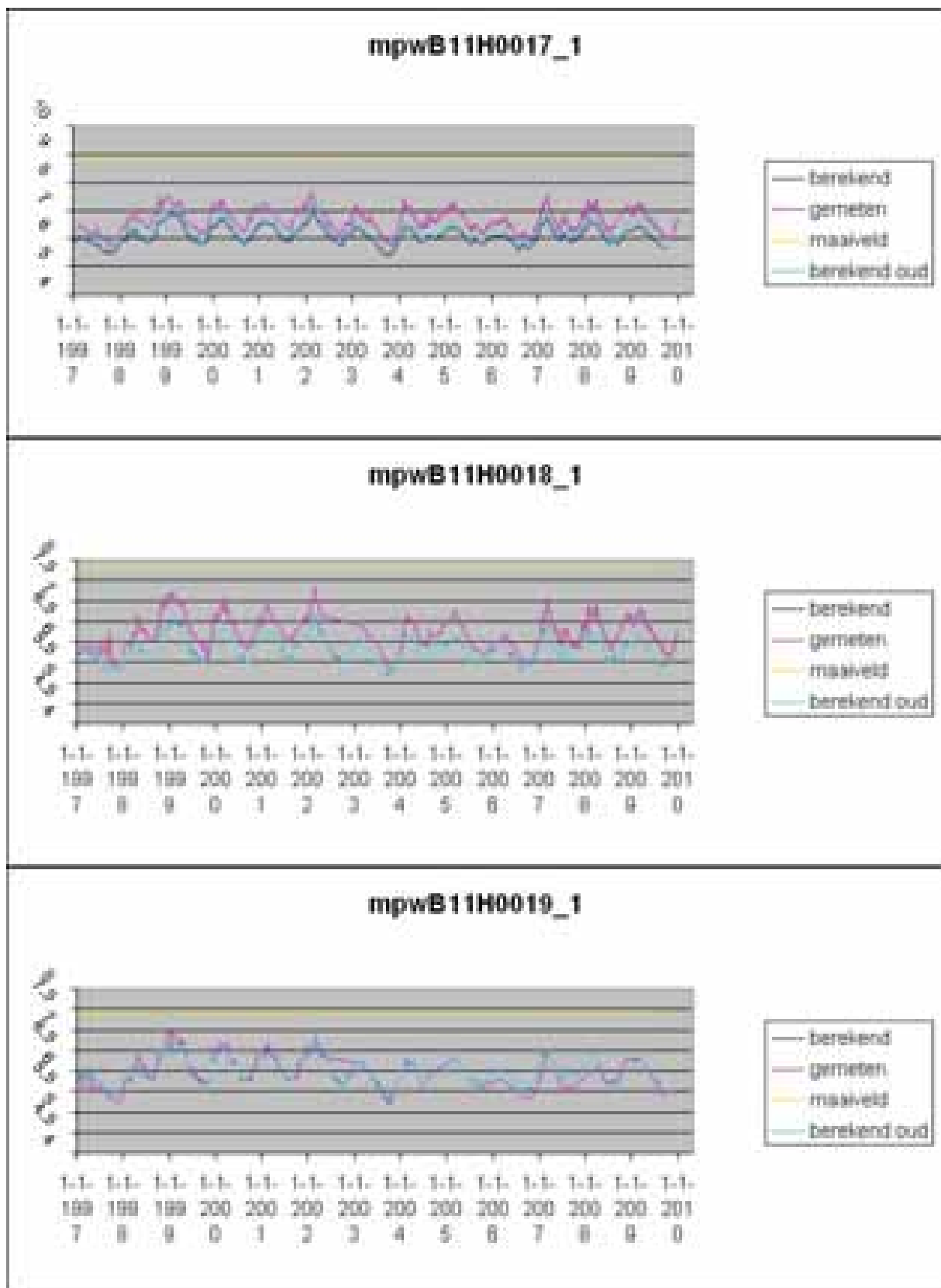
mpwLB000005_1



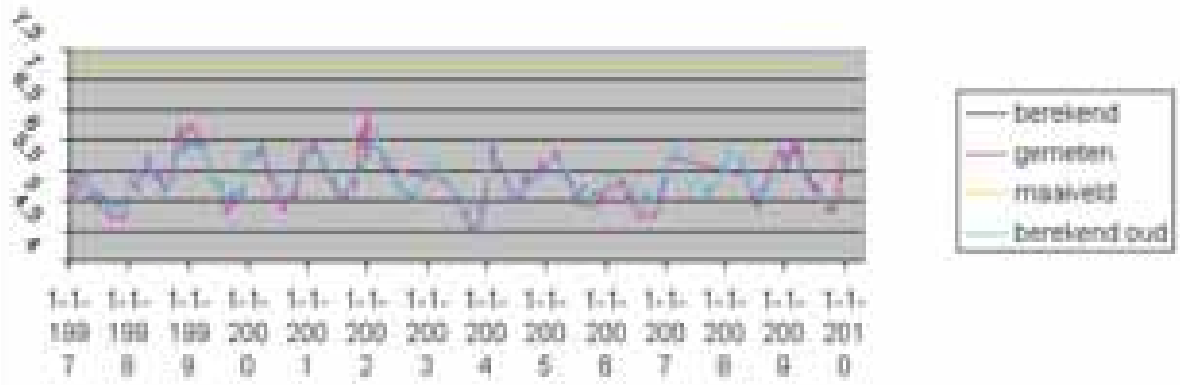
mpwLB000007_1



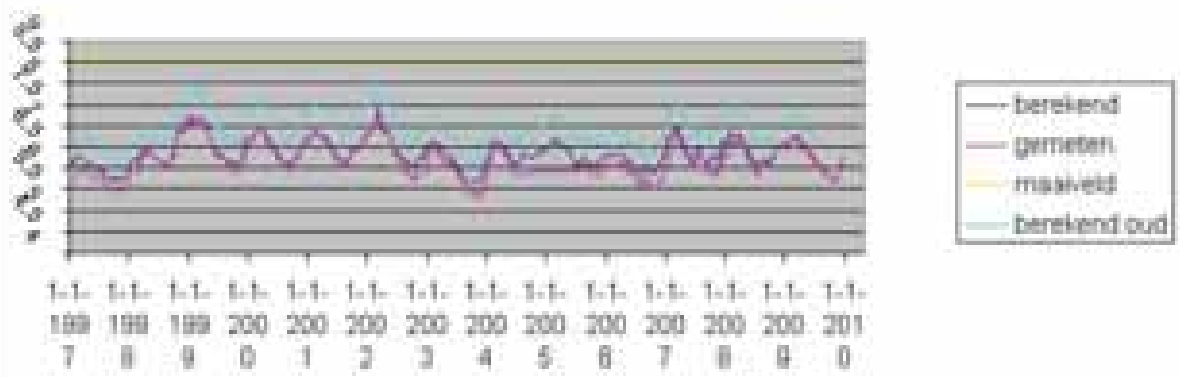
Modellaag 3



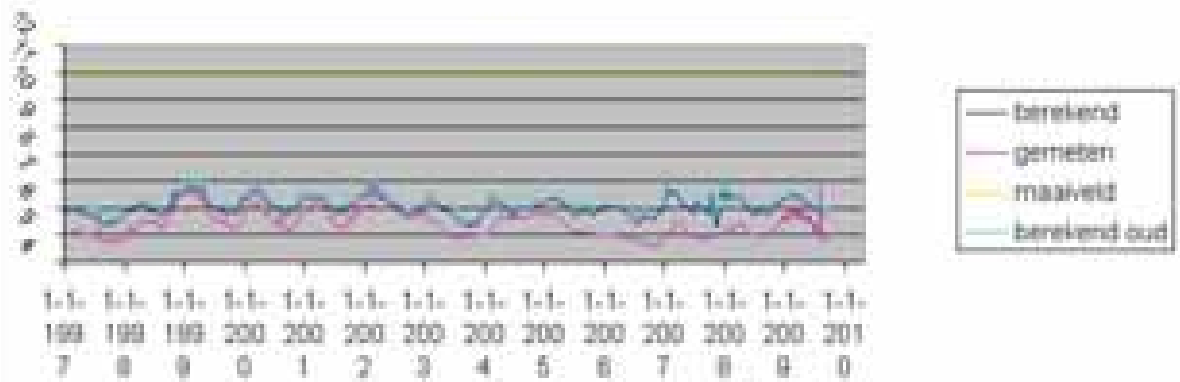
mpwB11H0020_1



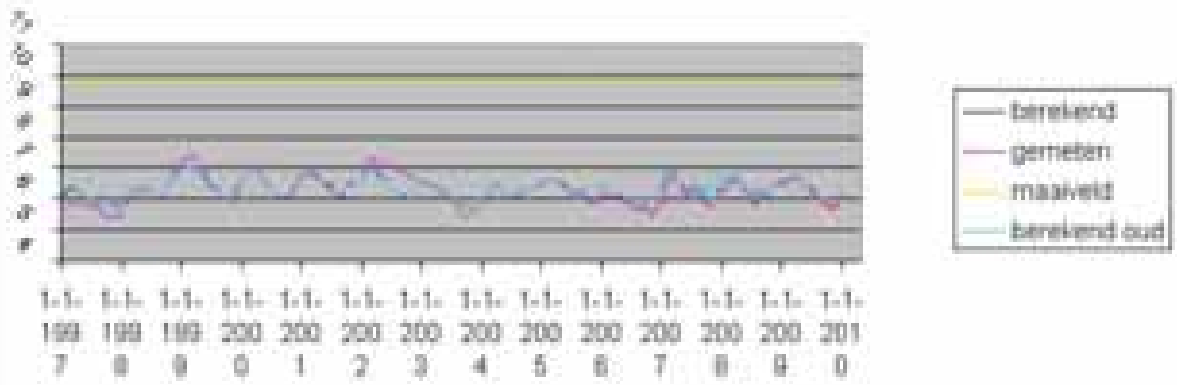
mpwB11H0021_1



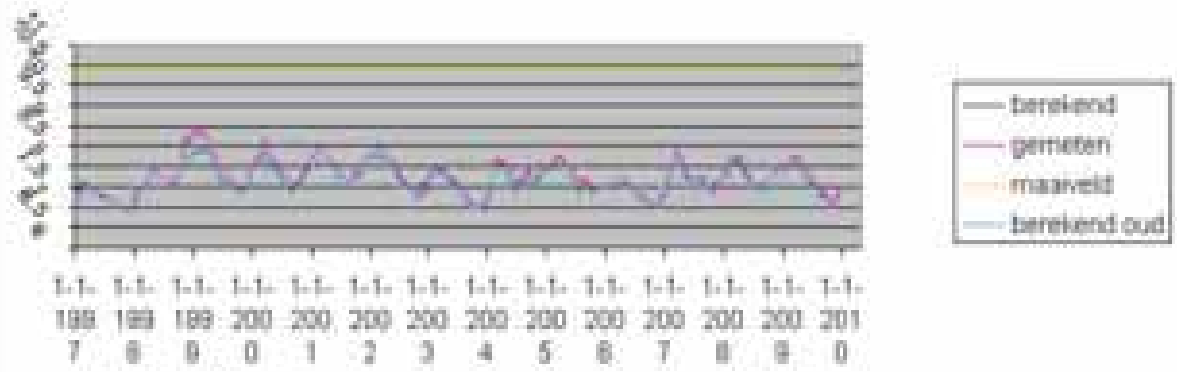
mpwB11H0032_1



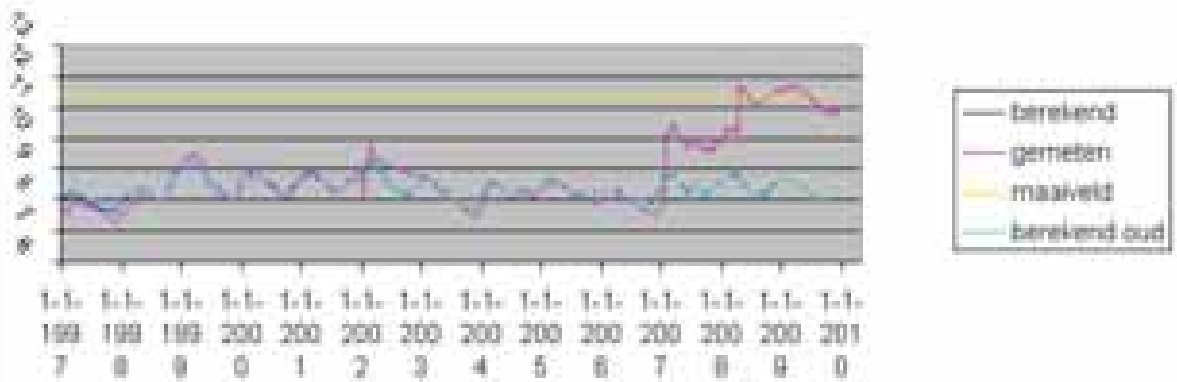
mpwB11H0033_1



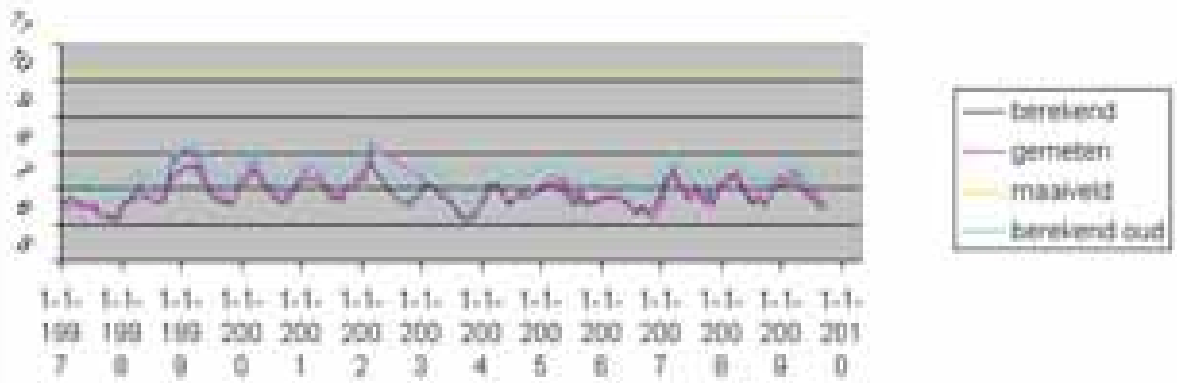
mpwB11H0034_1



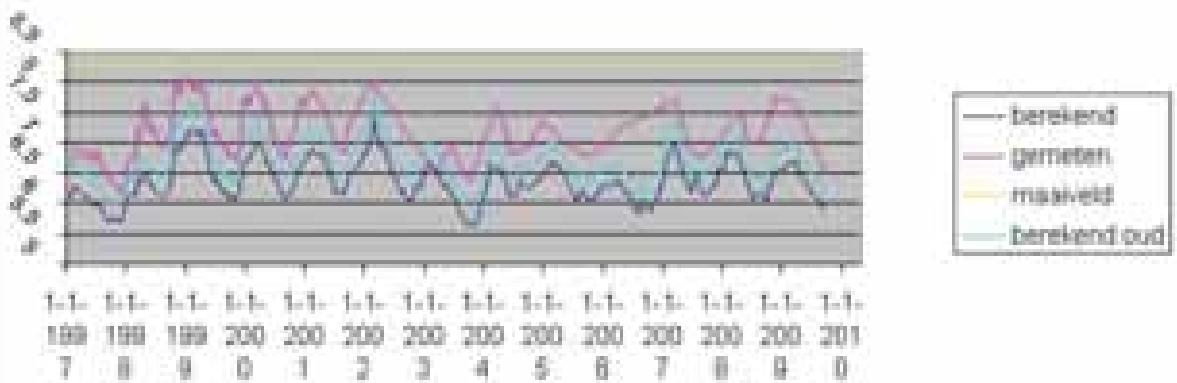
mpwB11H0035_1



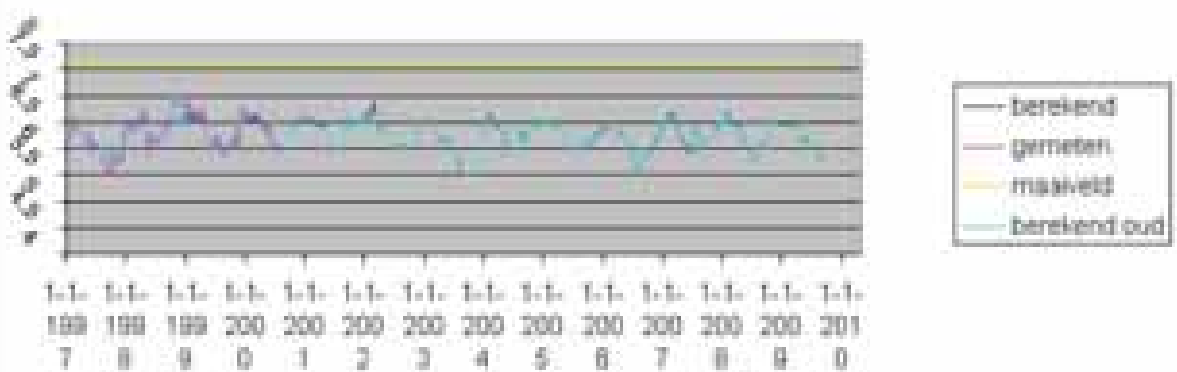
mpwB11H0069_1



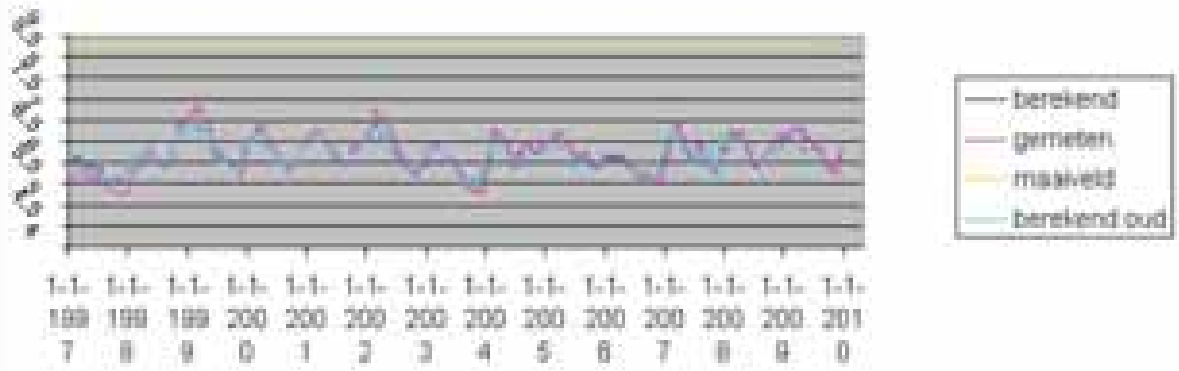
mpwB11H0115_2



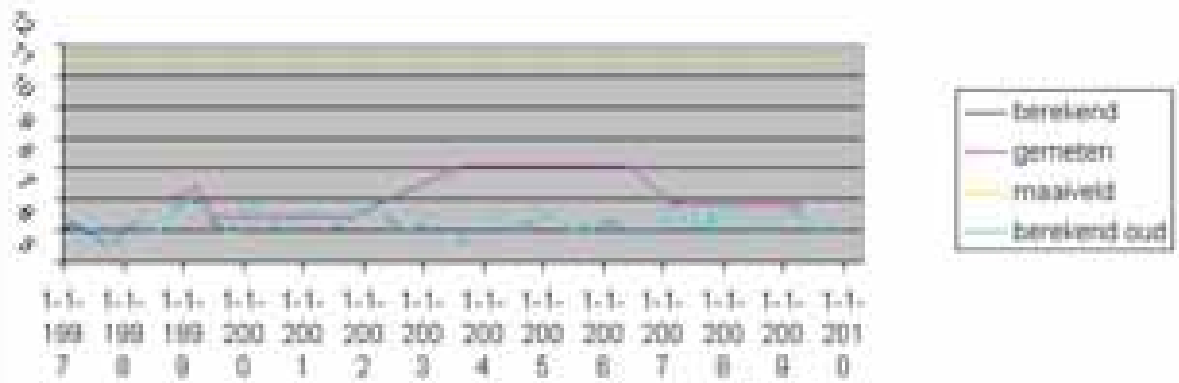
mpwB11H0131_1



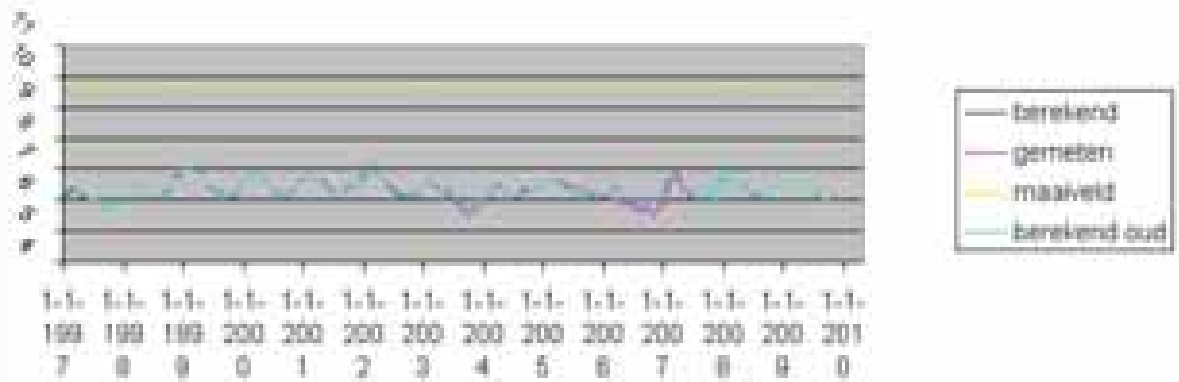
mpwB11H0173_1



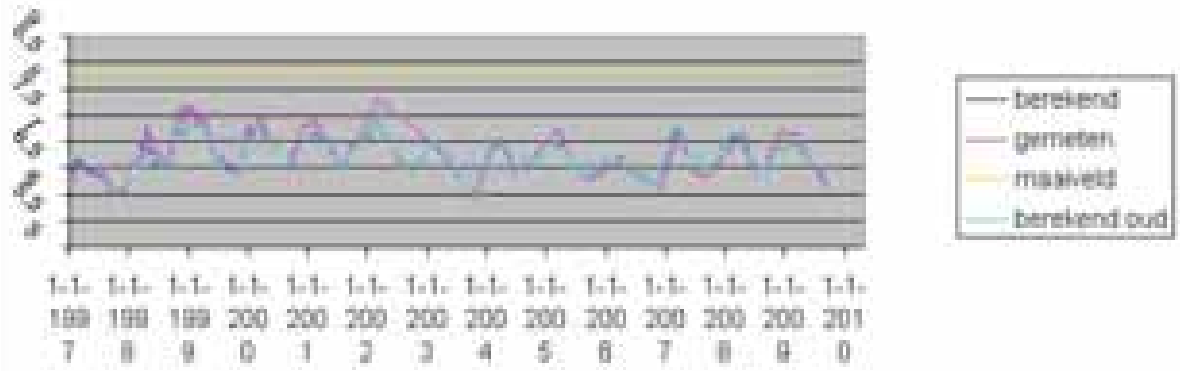
mpwB11H0176_1



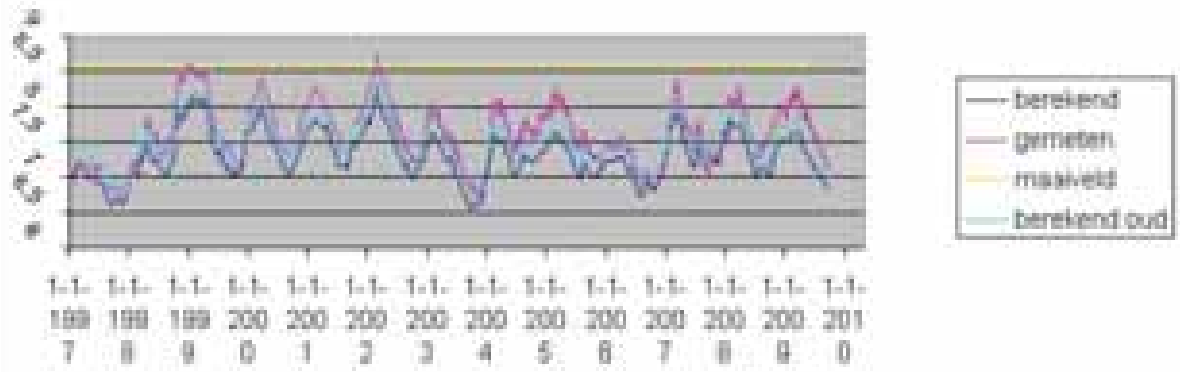
mpwB11H0369_1



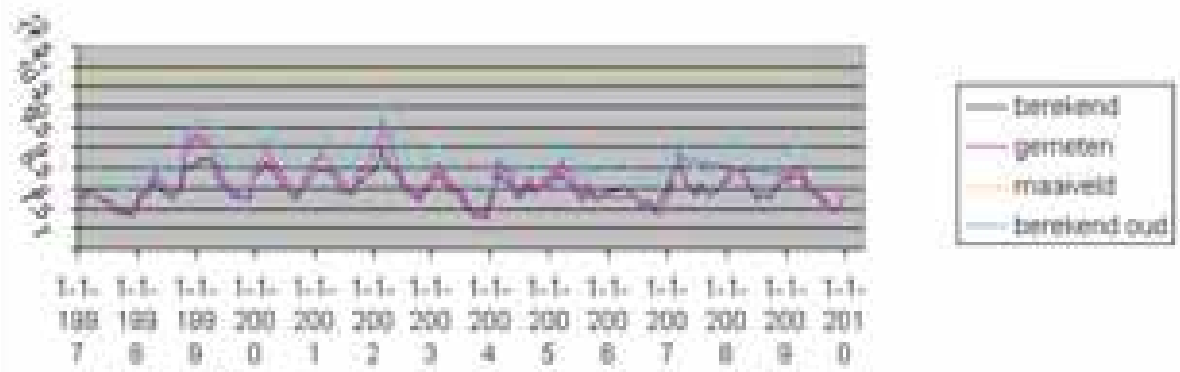
mpwB16F0013_1



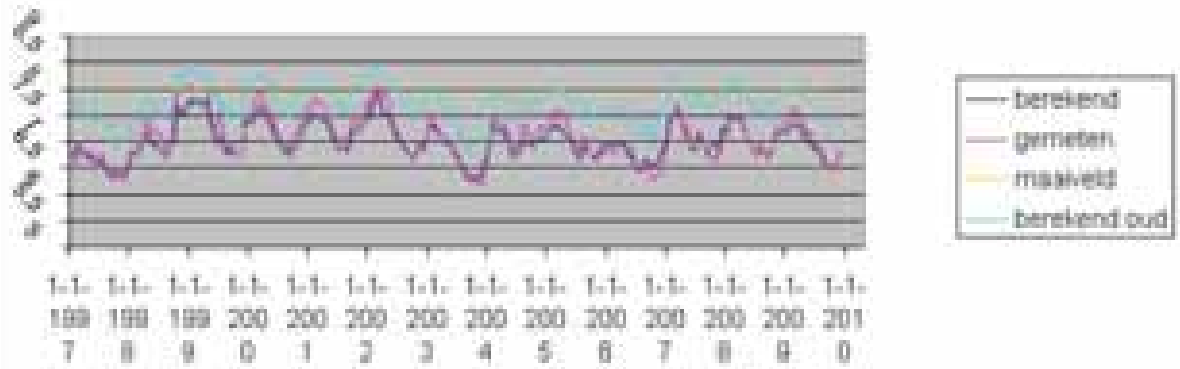
mpwB16F0085_1



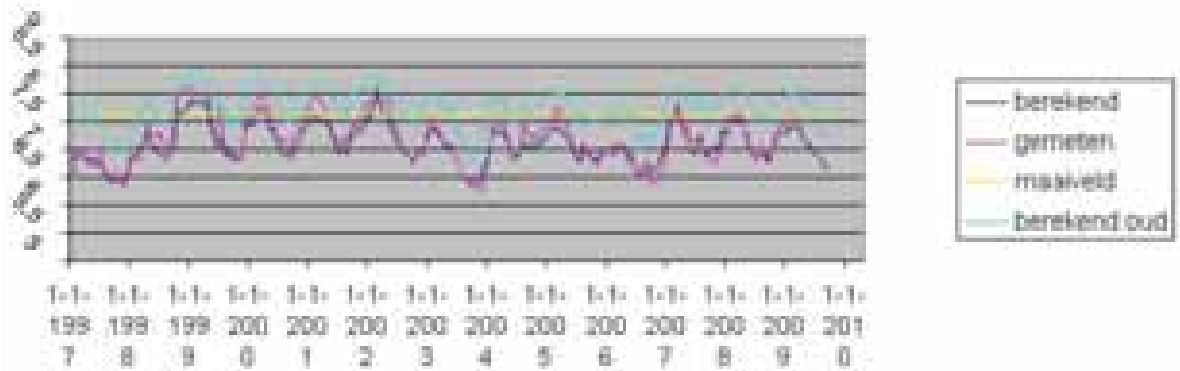
mpwB16F0145_1



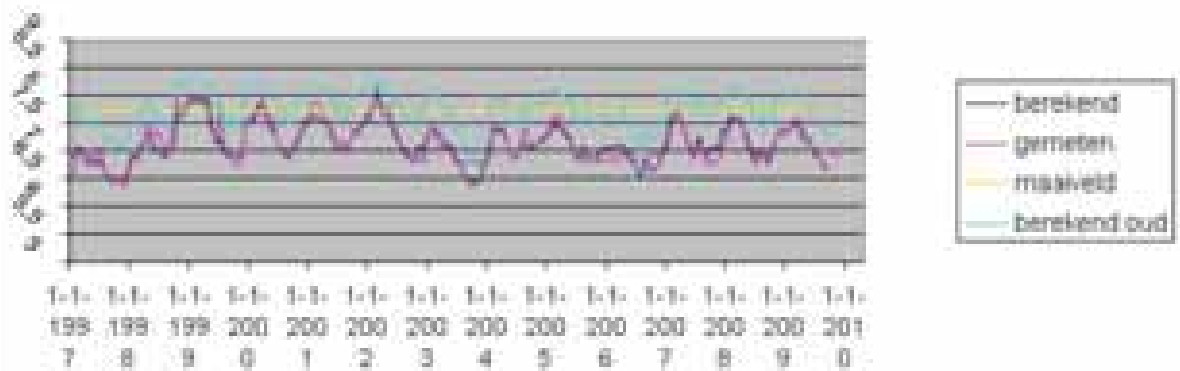
mpwB16F0197_2



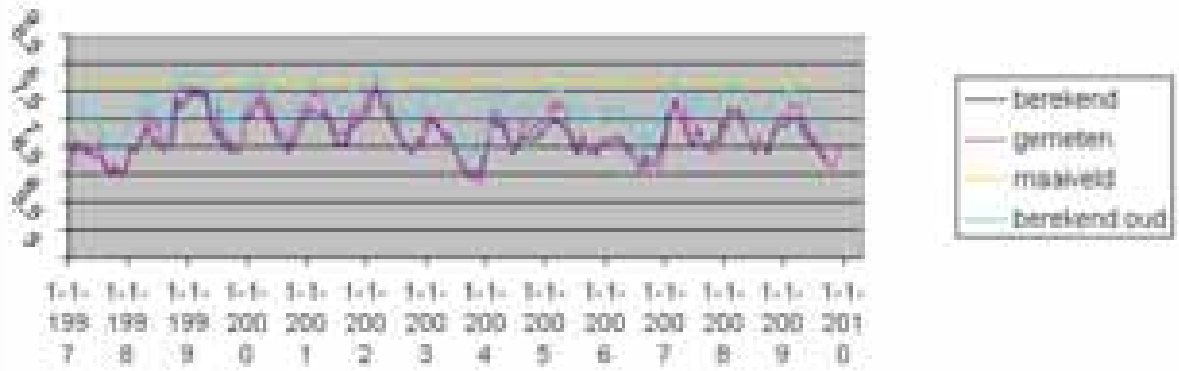
mpwB16F0200_1



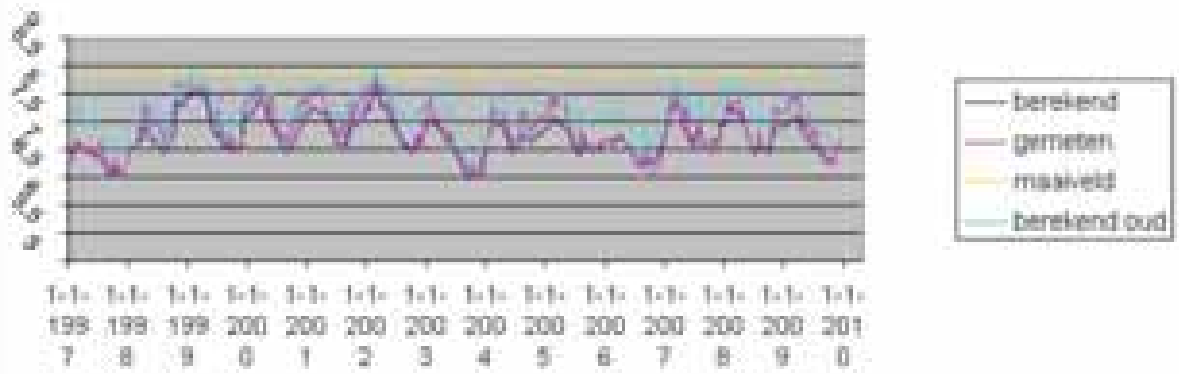
mpwB16F0201_1



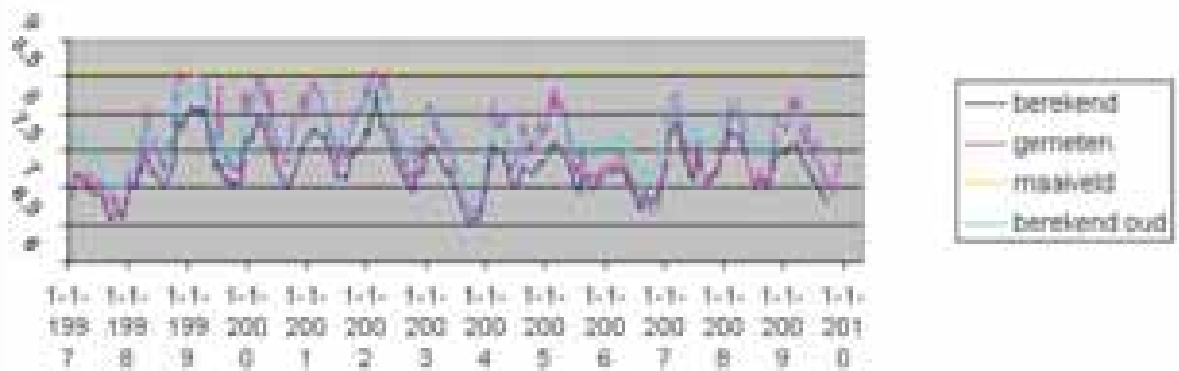
mpwB16F0203_1



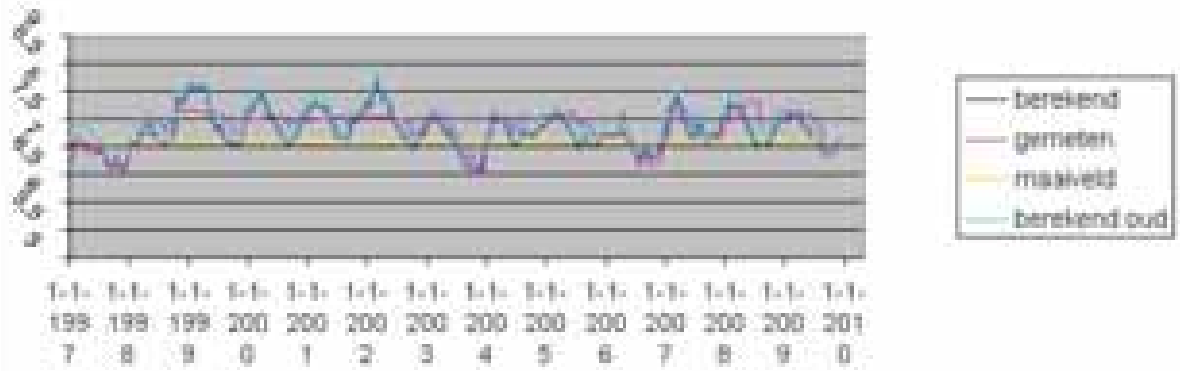
mpwB16F0204_2



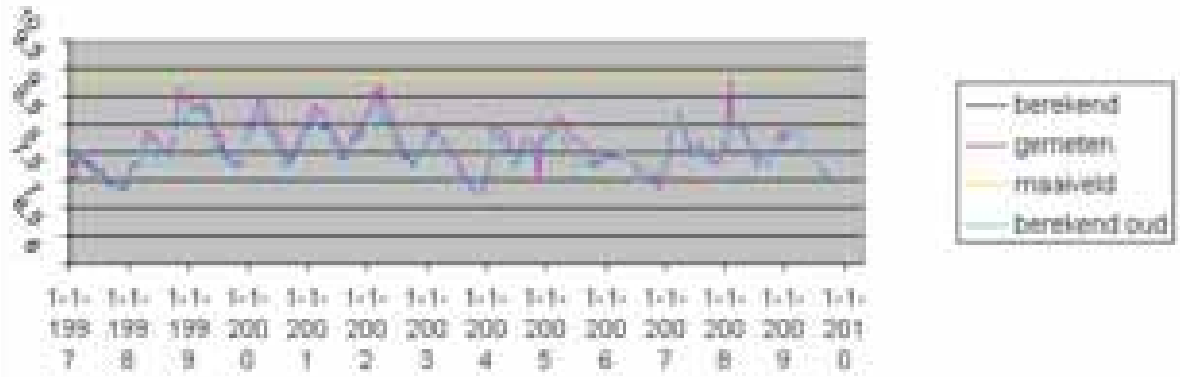
mpwB16F0205_2



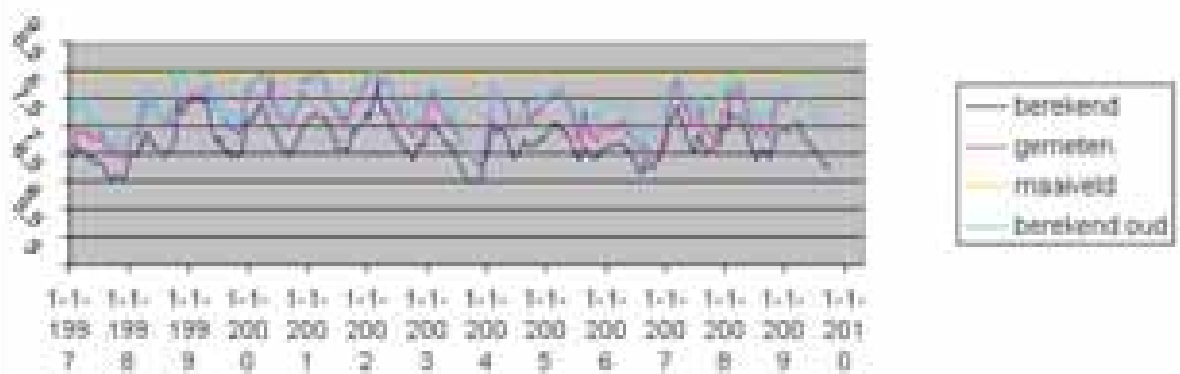
mpwB16F0206_1



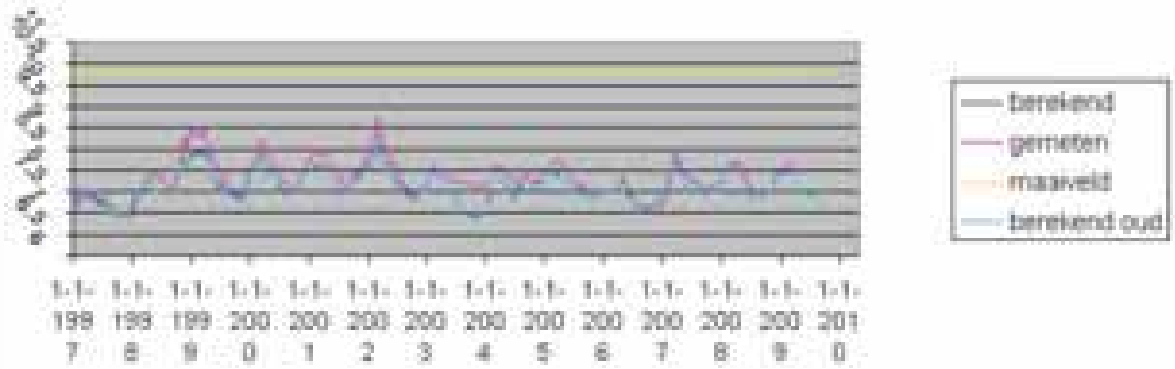
mpwB16F0209_3



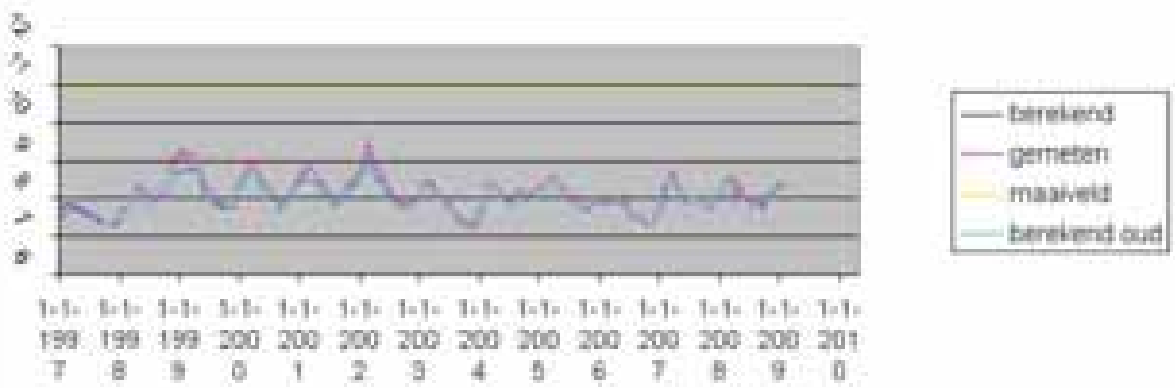
mpwB16F0212_1



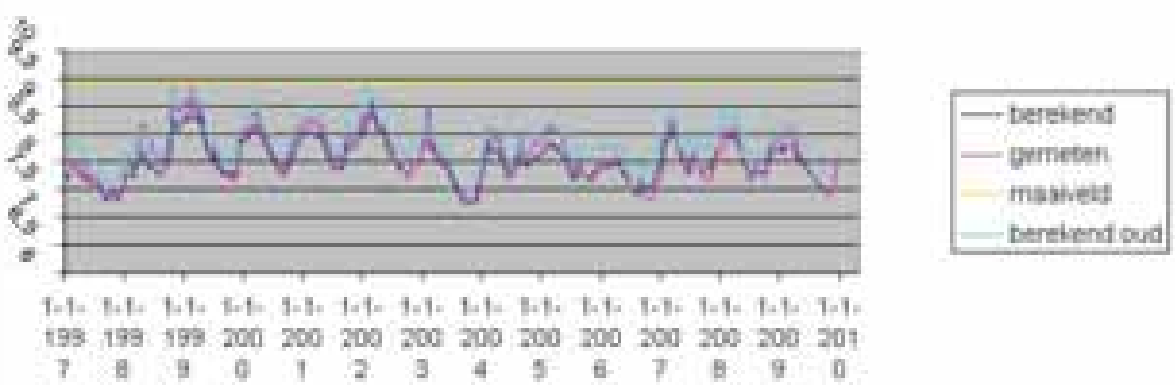
mpwB16F0213_2



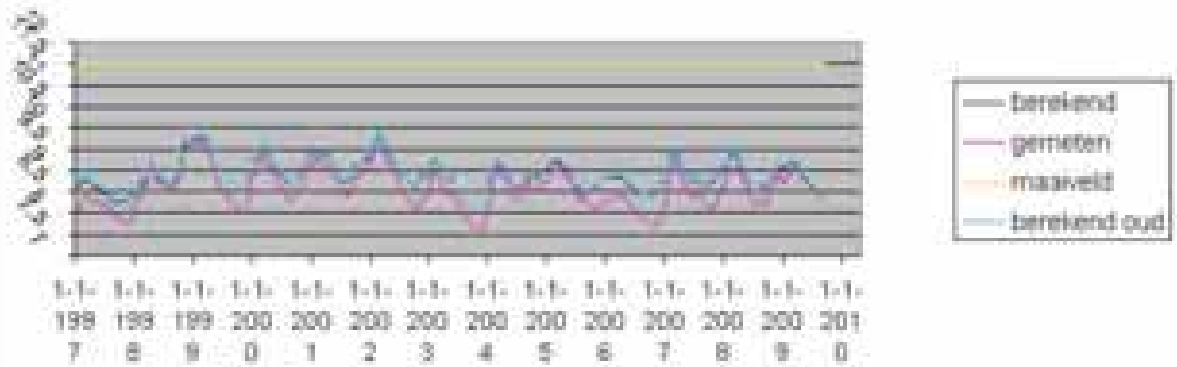
mpwB16F0214_2



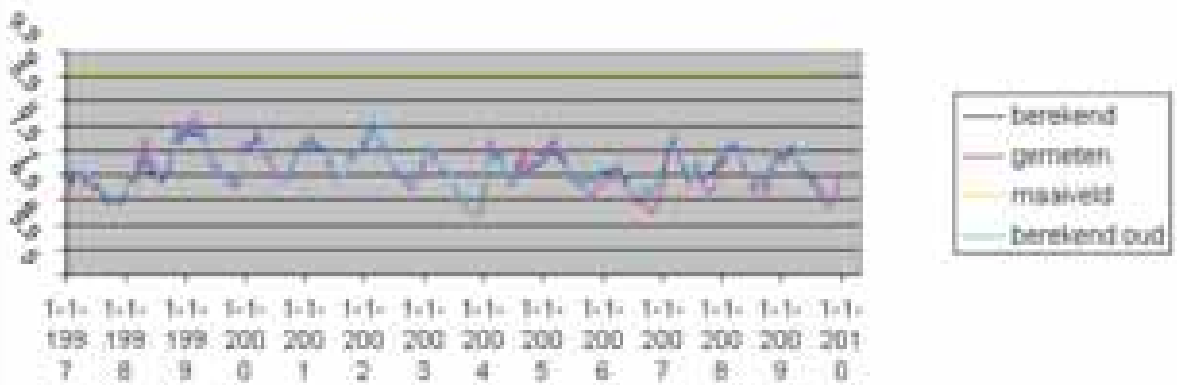
mpwB16F0215_2



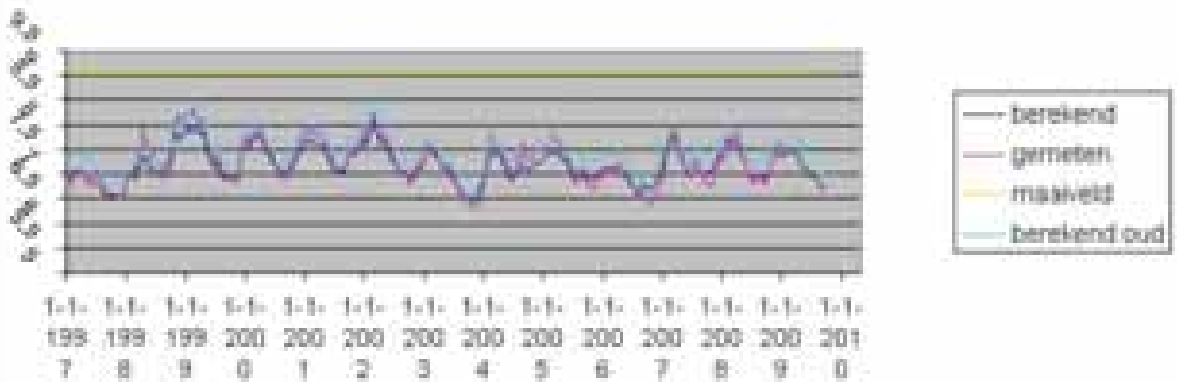
mpwB16F0221_2



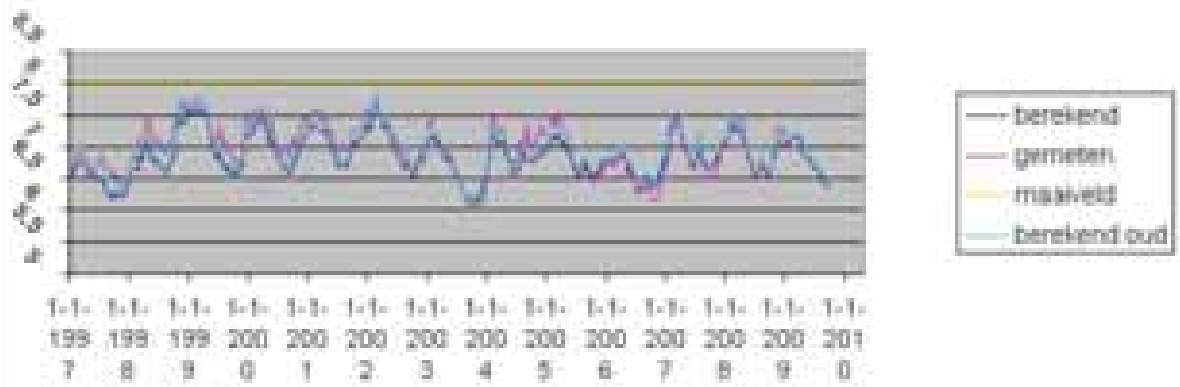
mpwB16F0228_2



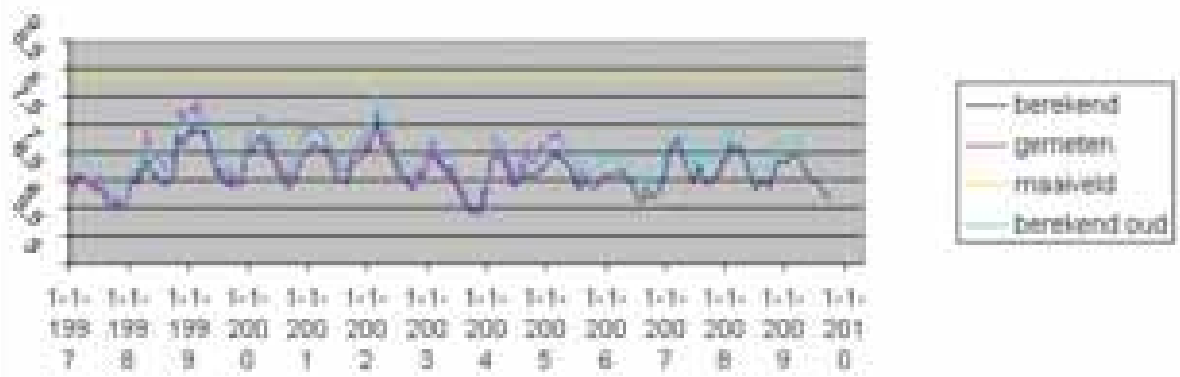
mpwB16F0230_2



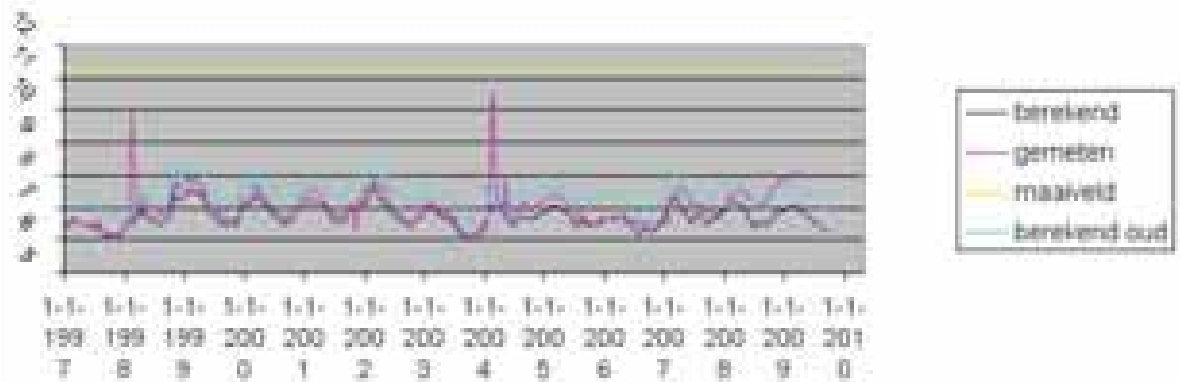
mpwB16F0235_2



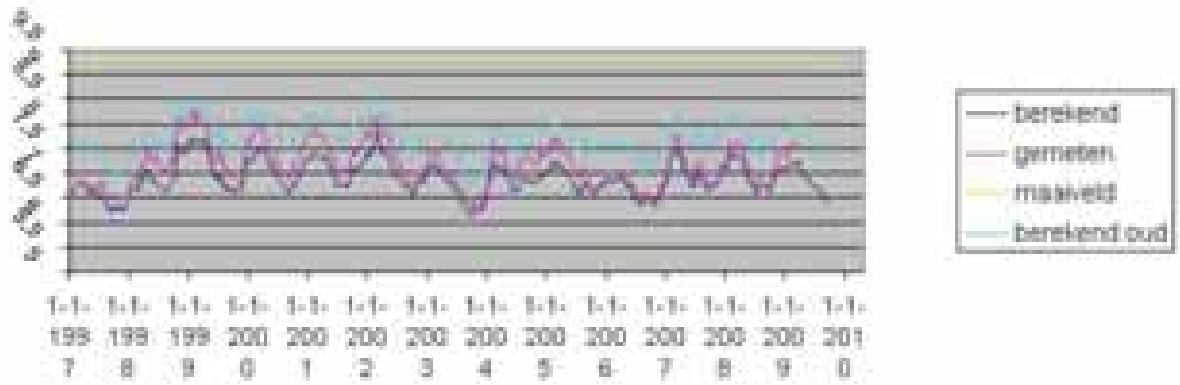
mpwB16F0237_2



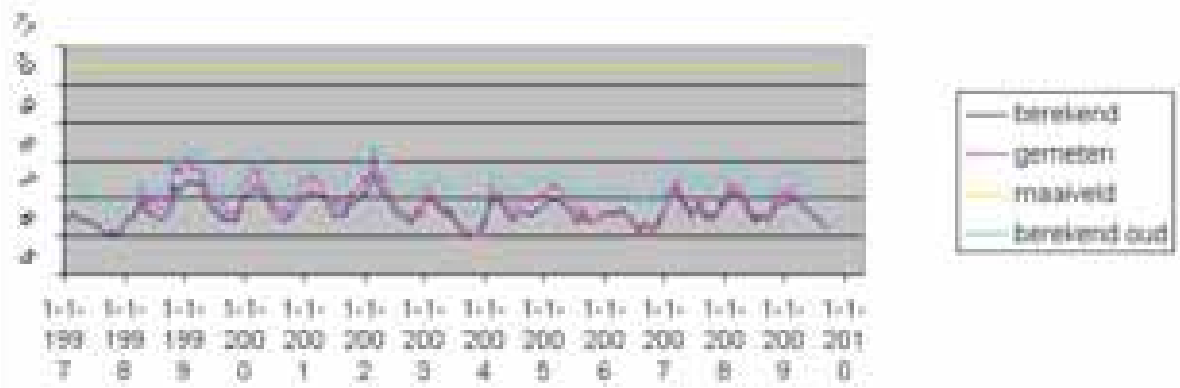
mpwB16F0238_2



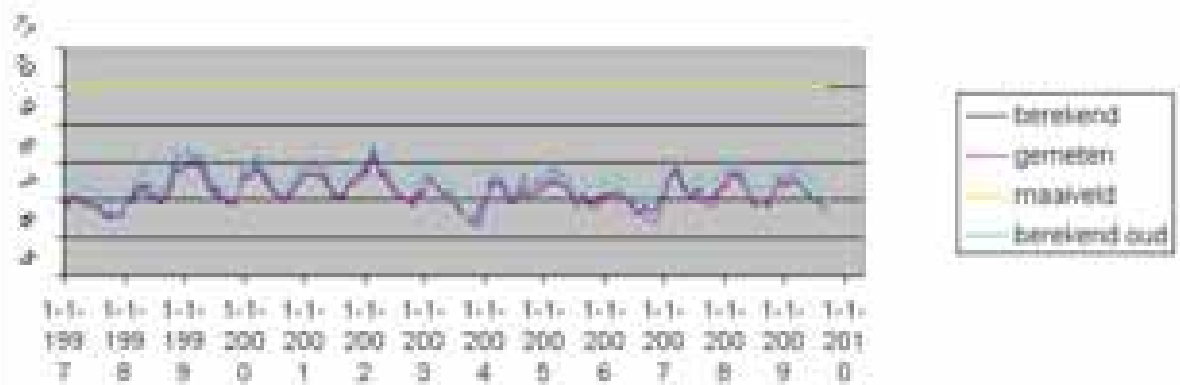
mpwB16F0239_1



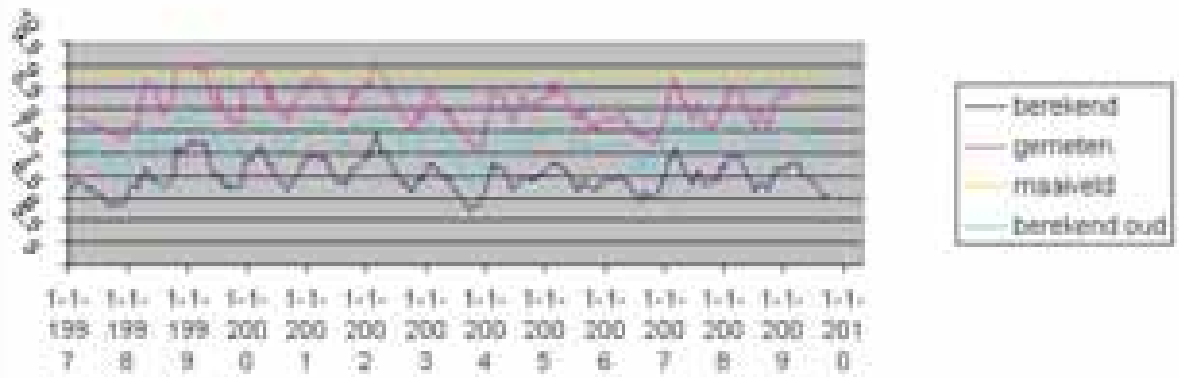
mpwB16F0253_1



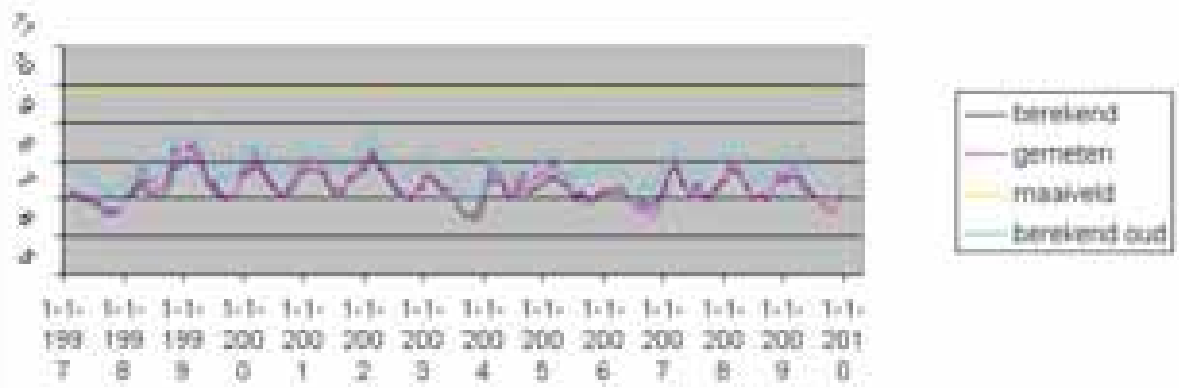
mpwB16F0260_1



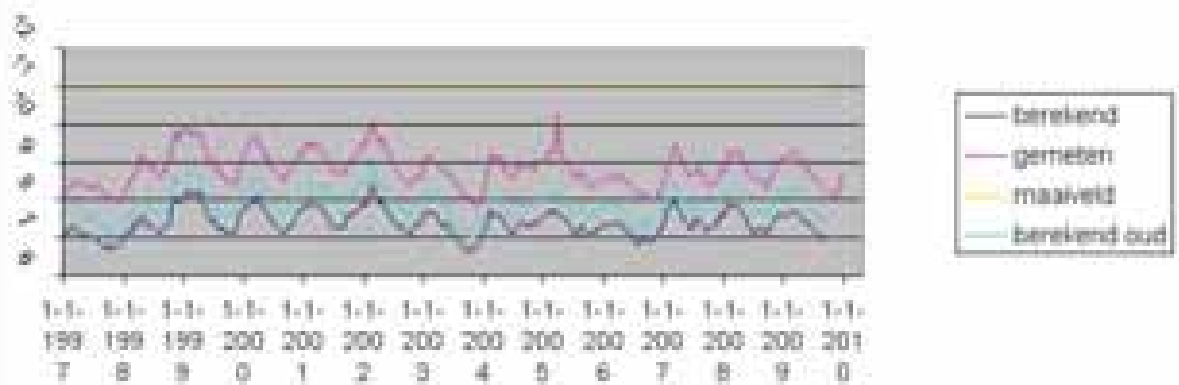
mpwB16F0274_3



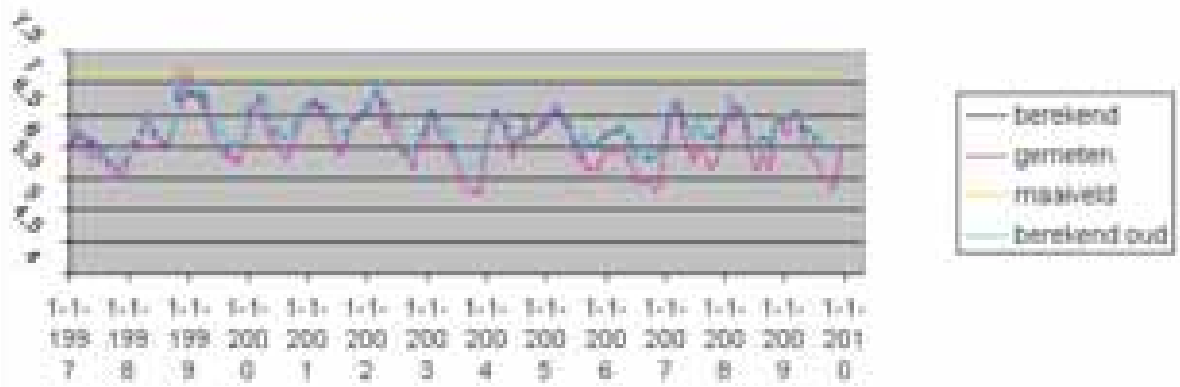
mpwB16F0281_1



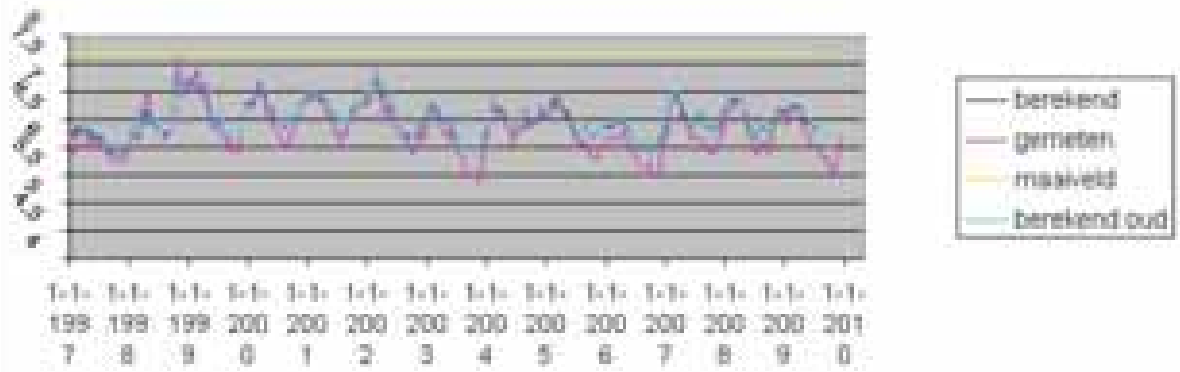
mpwB16F0282_1



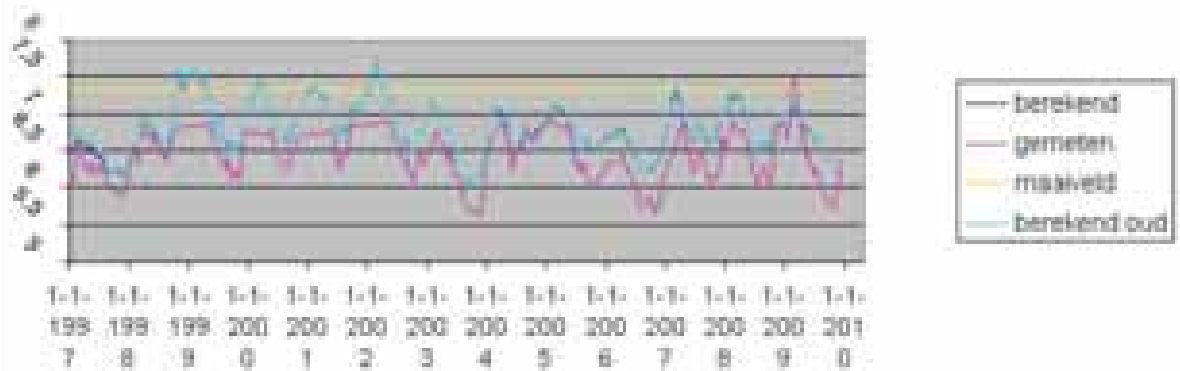
mpwB16F0284_2



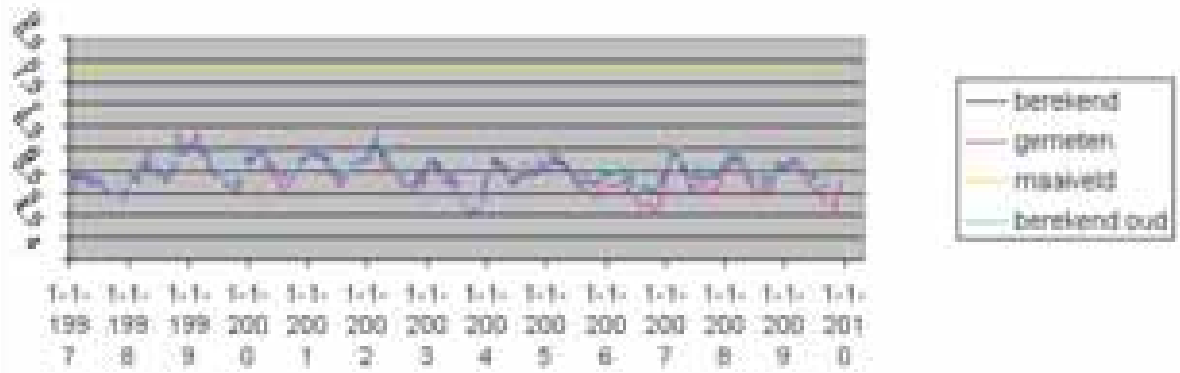
mpwB16F0288_3



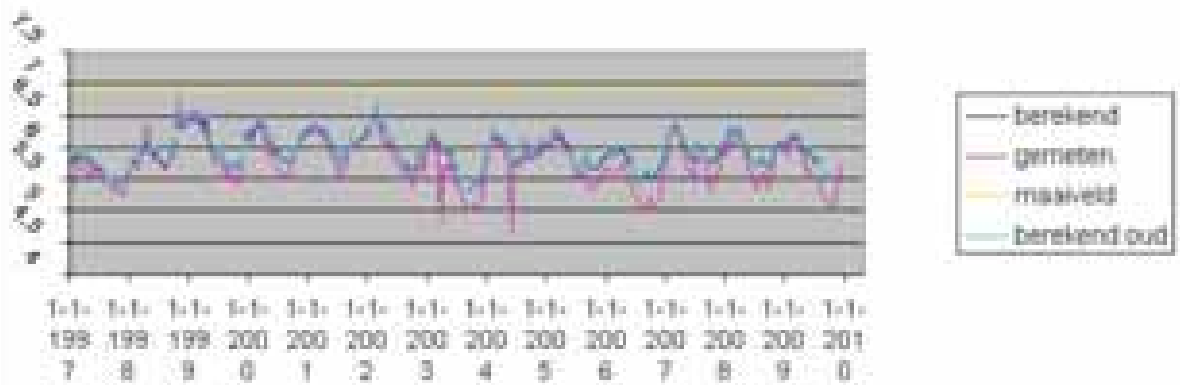
mpwB16F0292_2



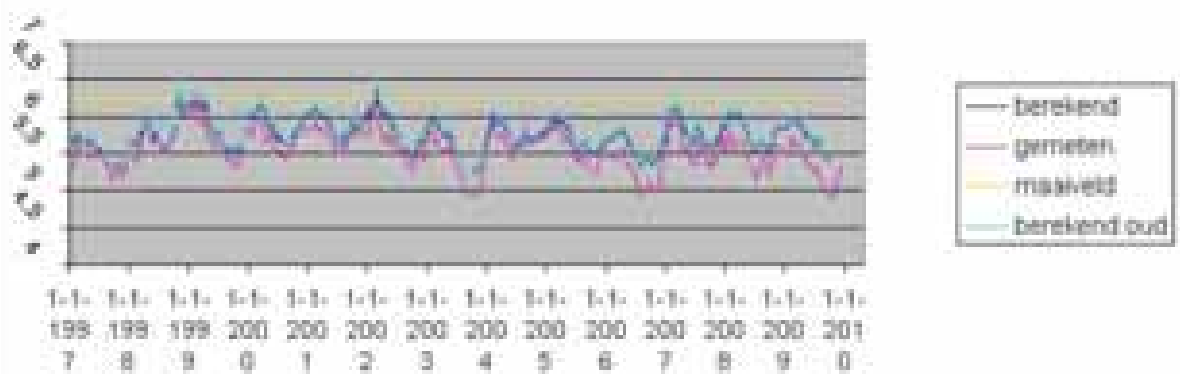
mpwB16F0300_2



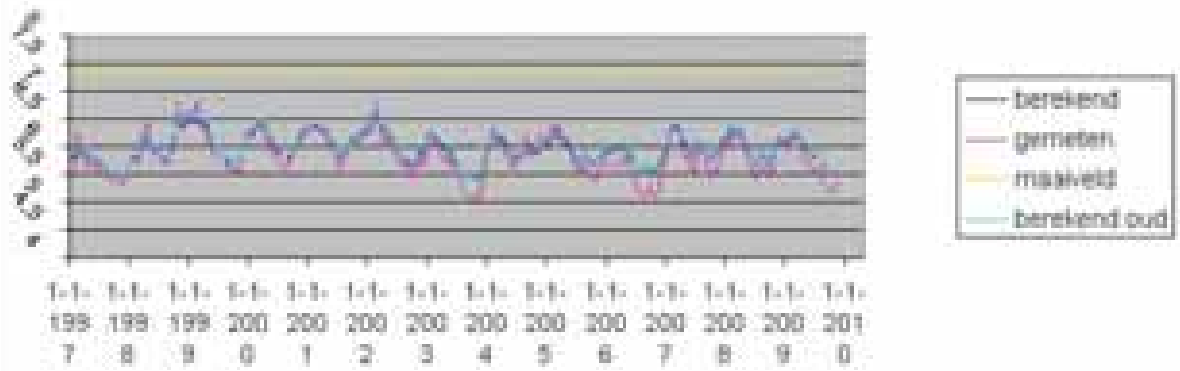
mpwB16F0301_2



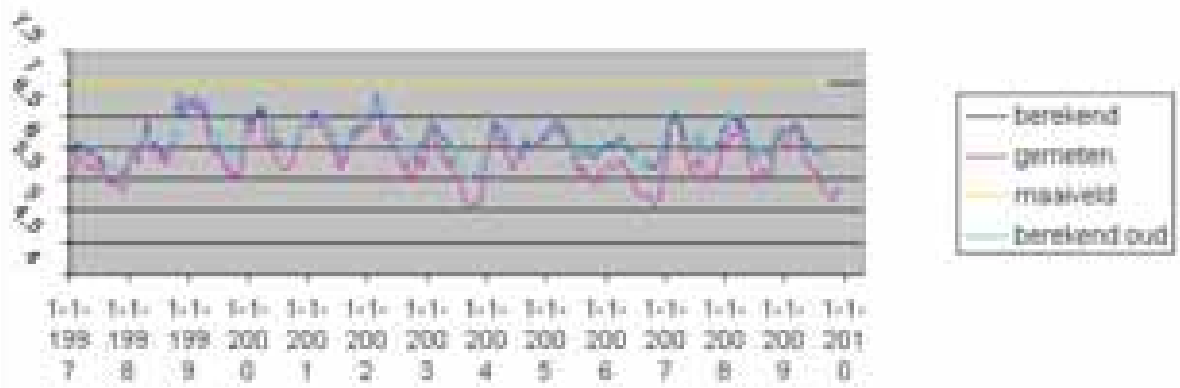
mpwB16F0302_2



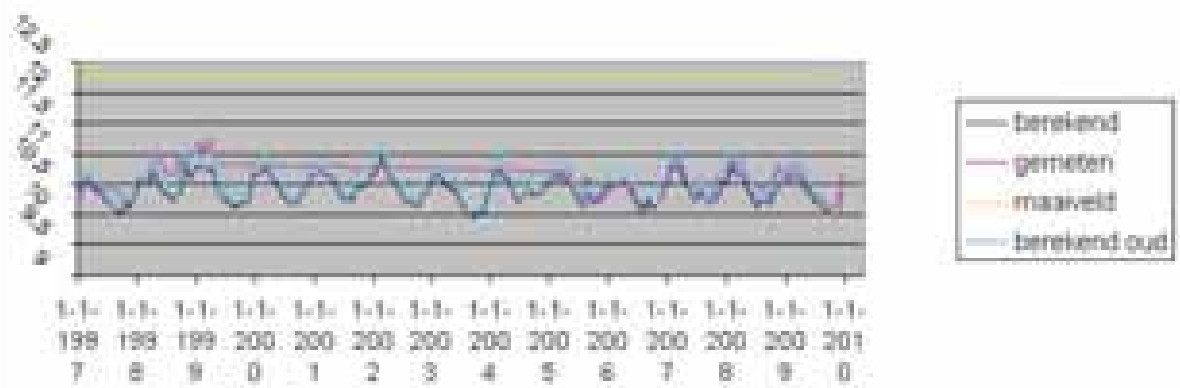
mpwB16F0304_2



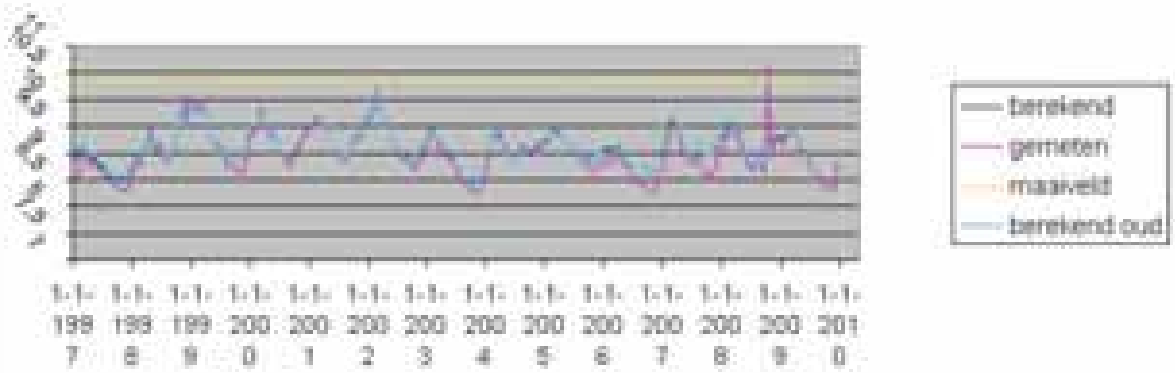
mpwB16F0305_2



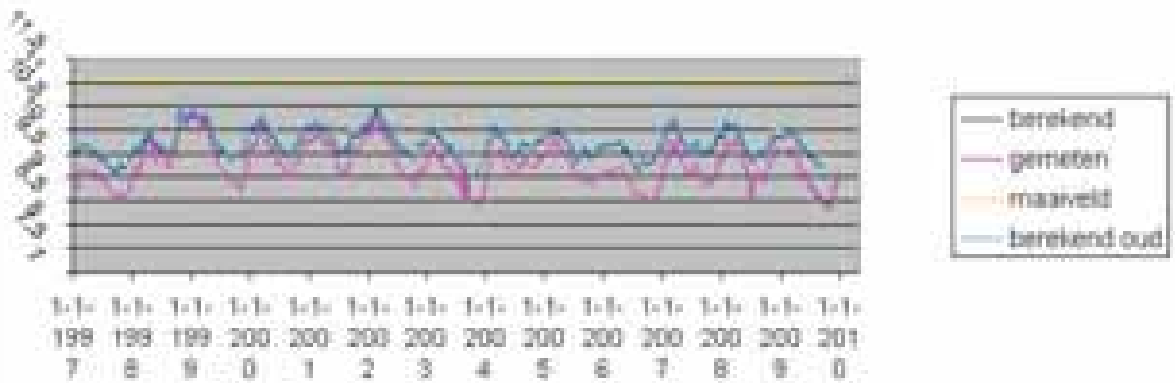
mpwB17A0030_1



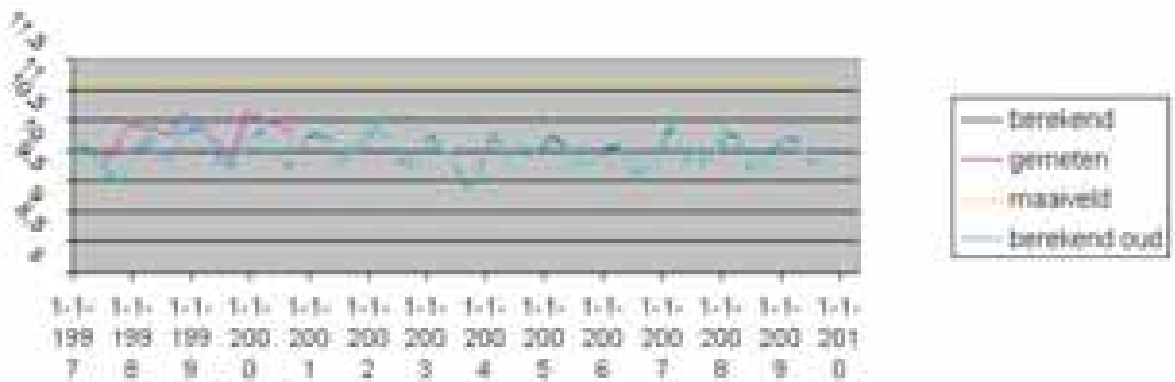
mpwB17A0098_2



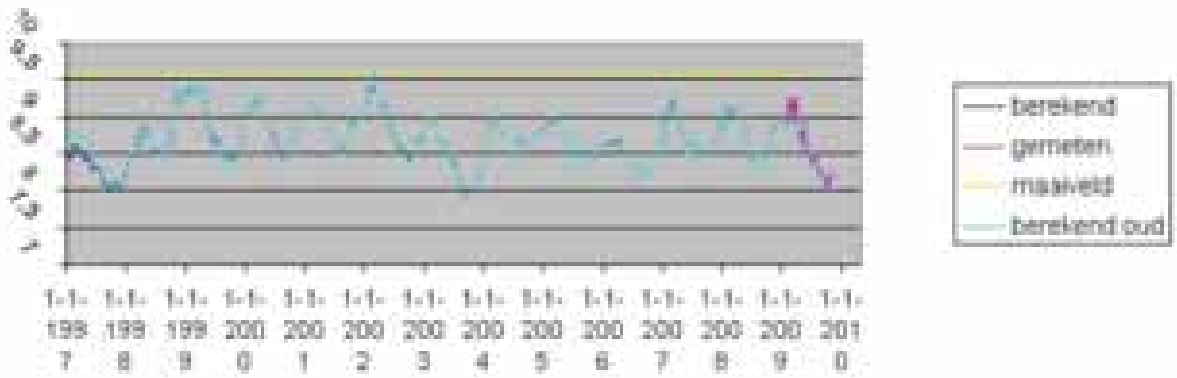
mpwB17A0126_2



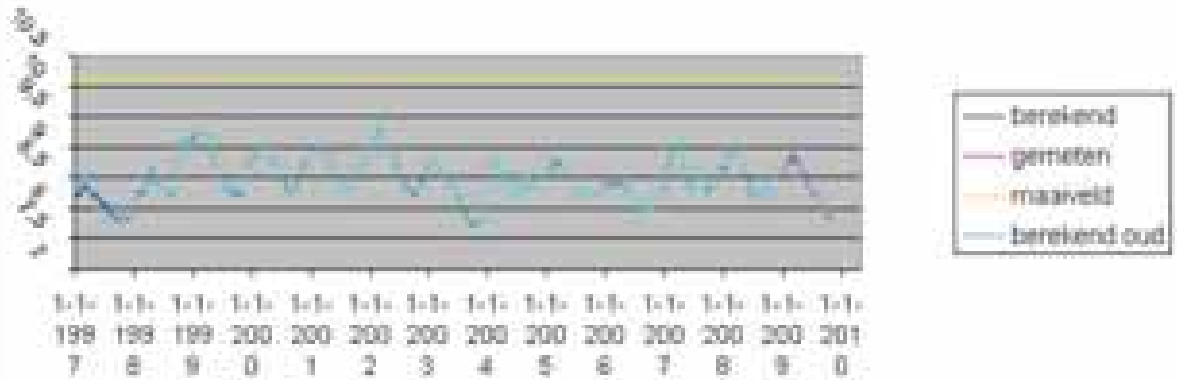
mpwB17A0180_1



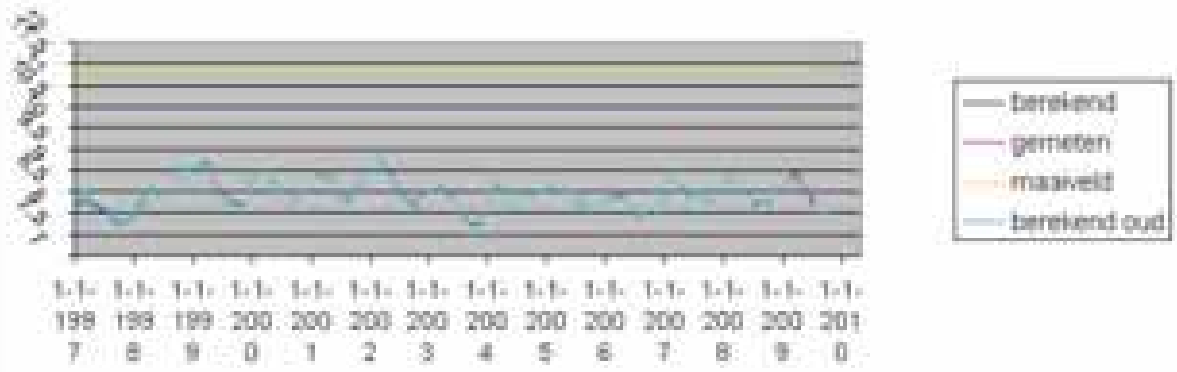
mpwLB000004_1



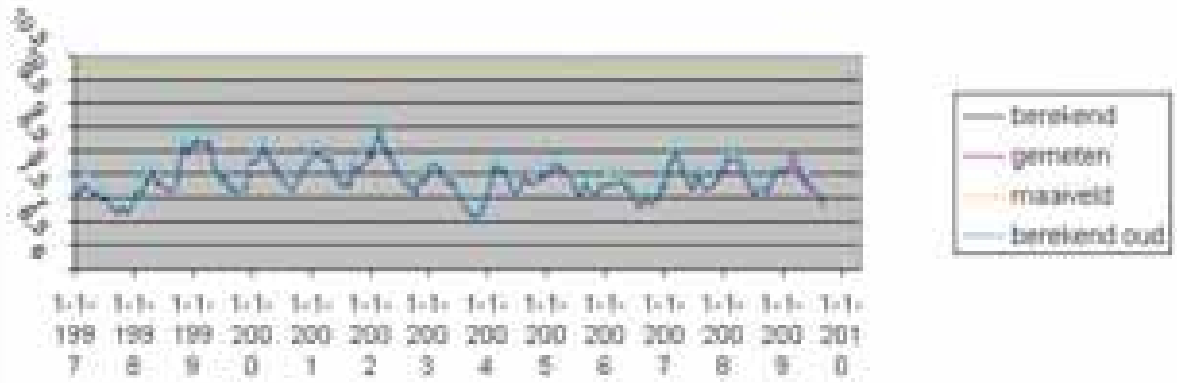
mpwLB000006_1

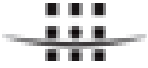


mpwWP00000A_2



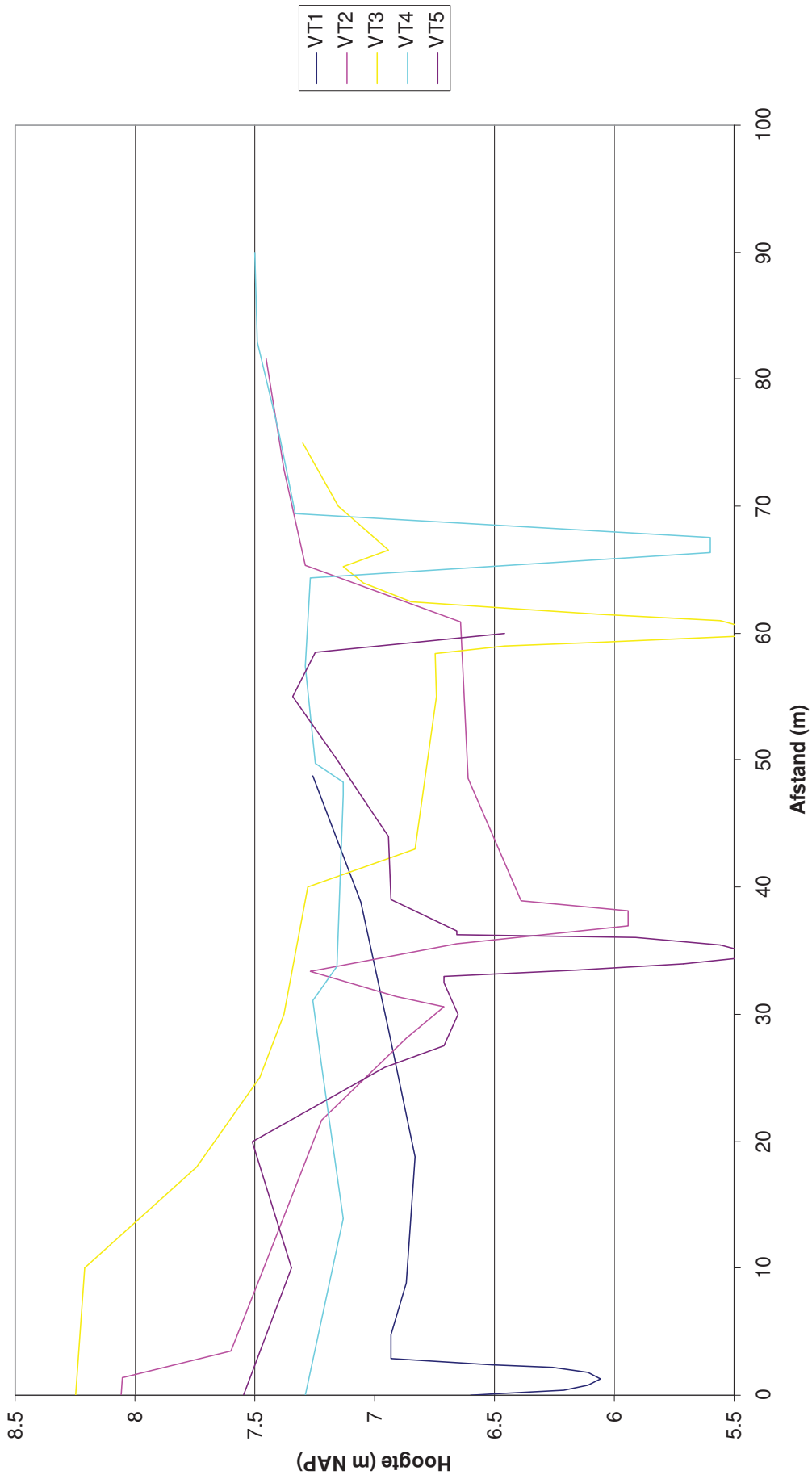
mpwWP00000B_2



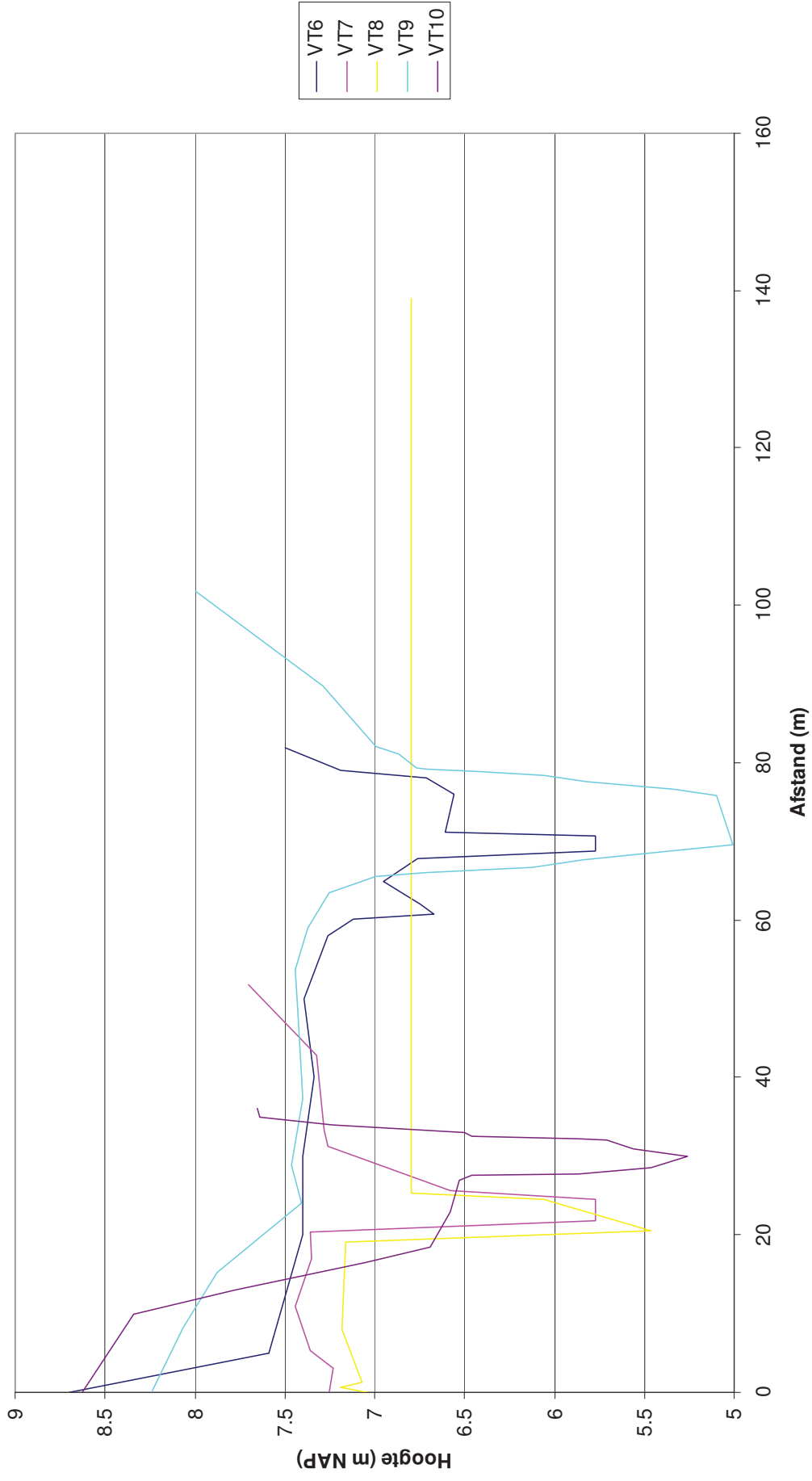


Bijlage 2 **Gebruikte profielen voor het oppervlaktewater model**

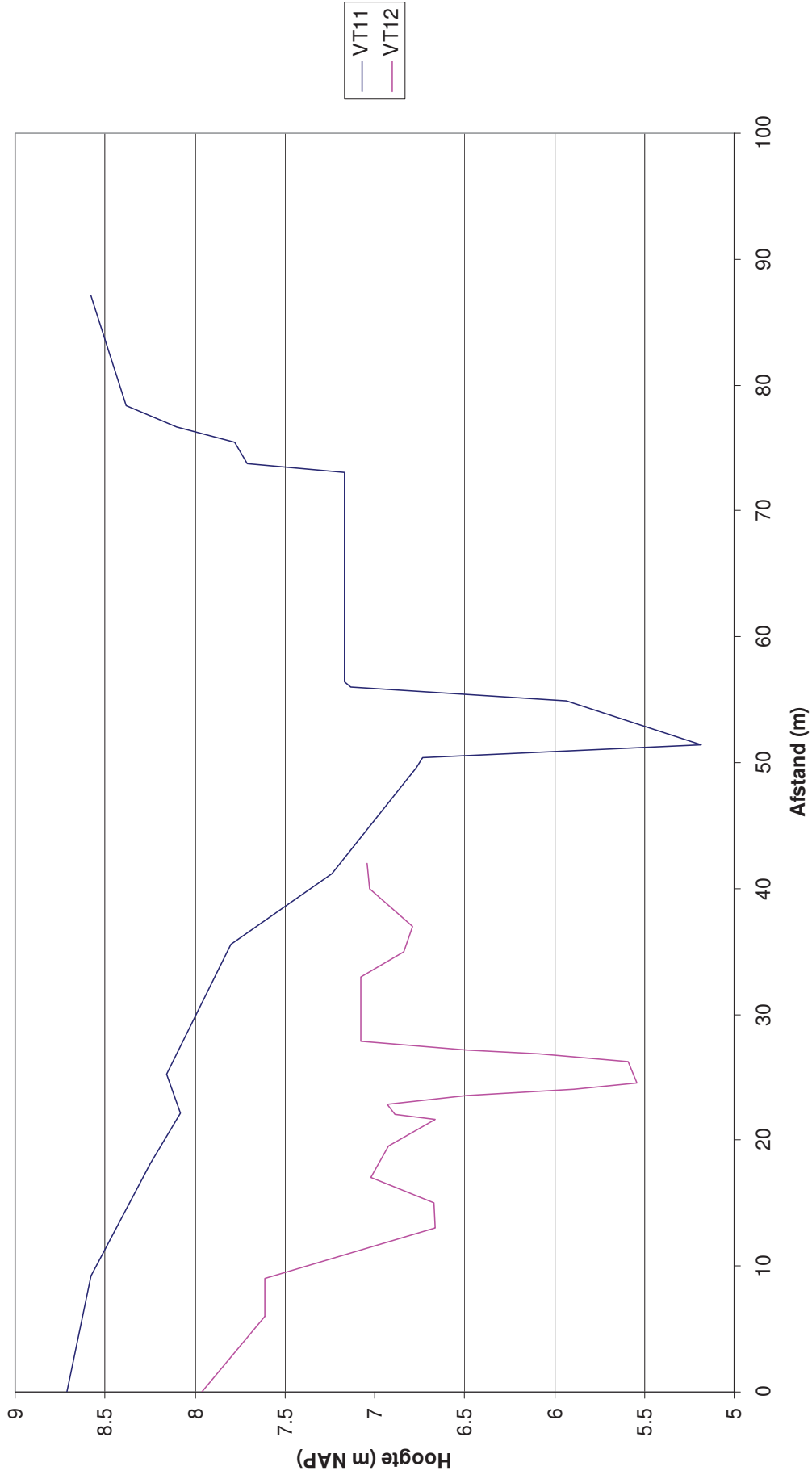
Profielen



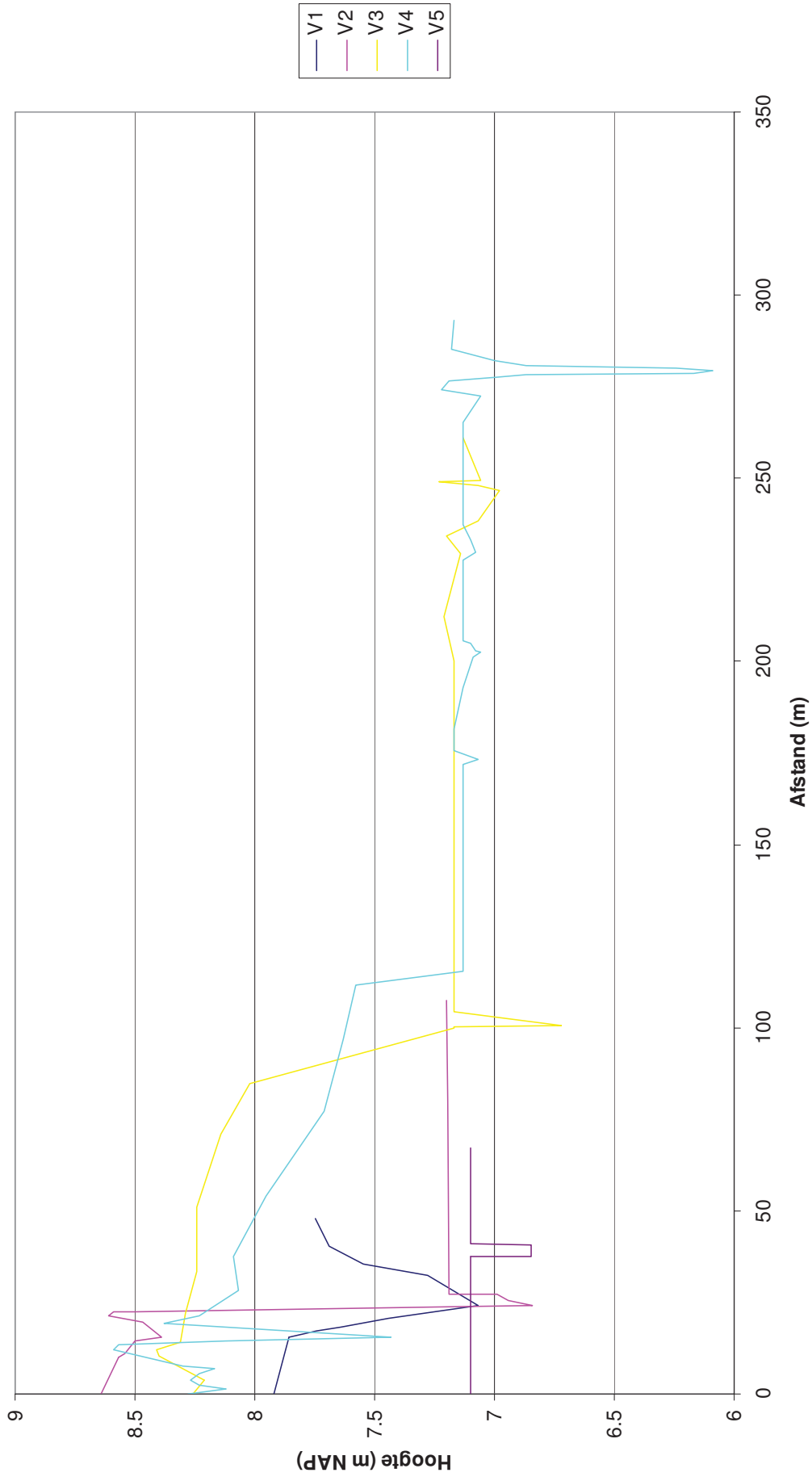
Profielen



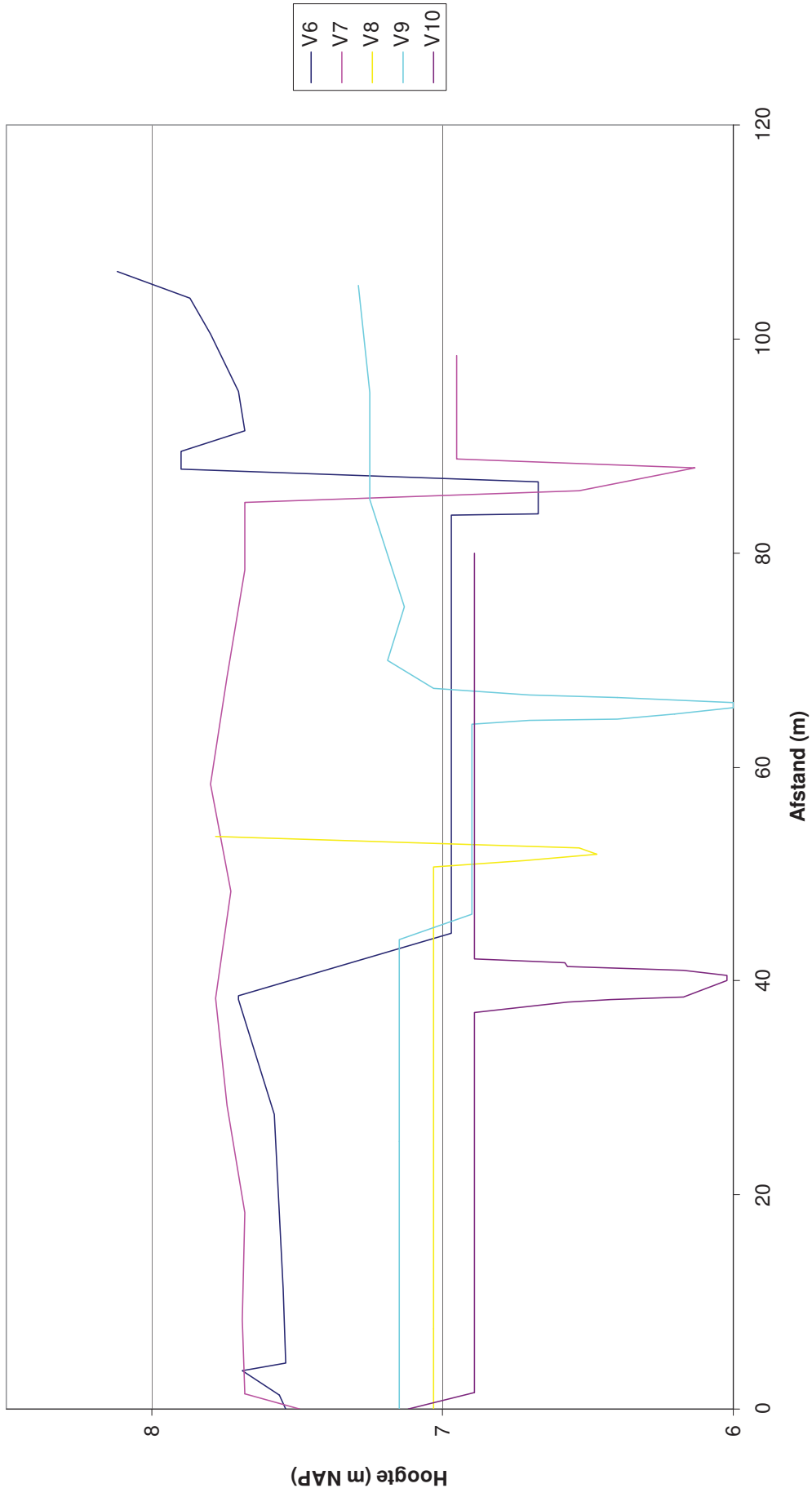
Profielen



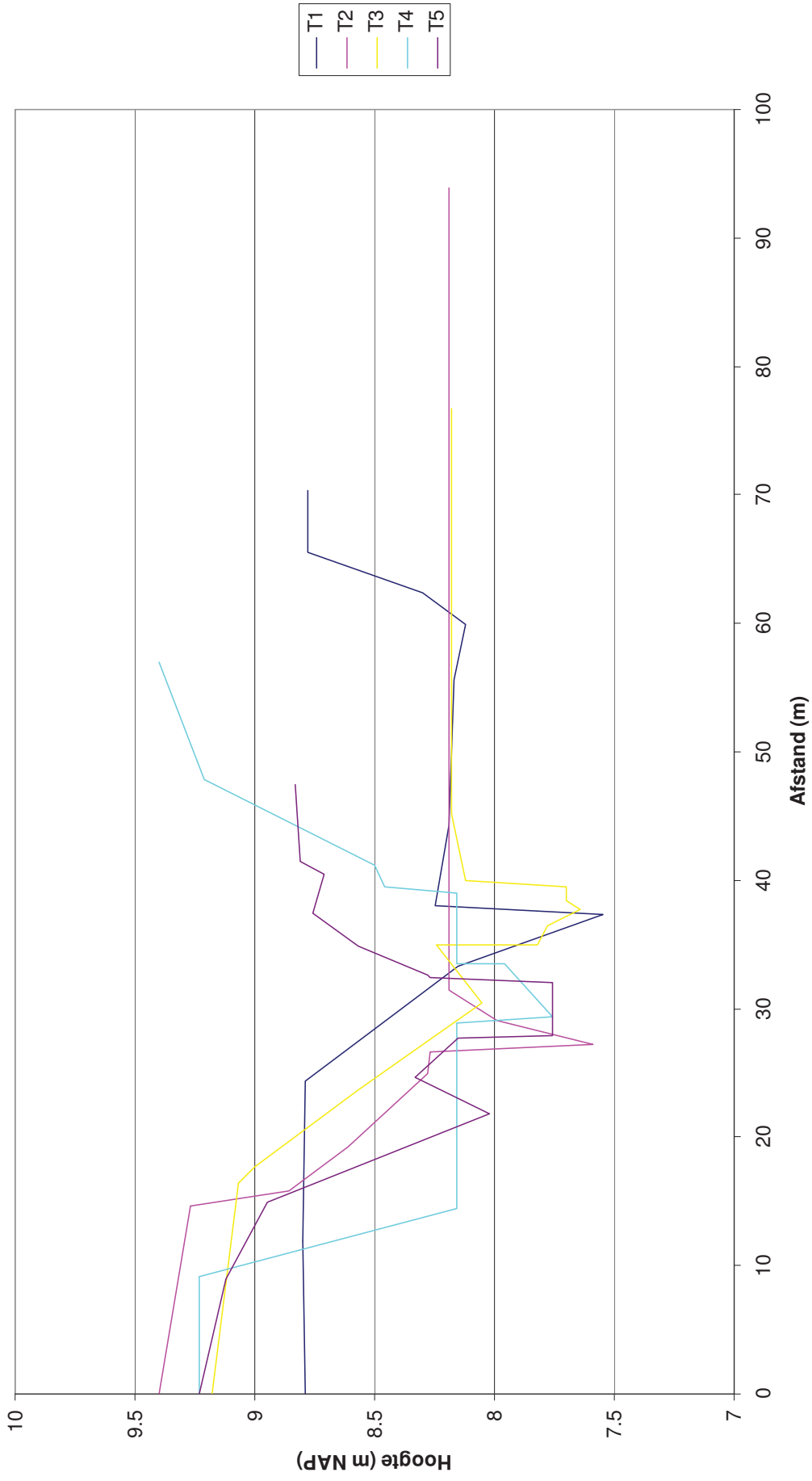
Profielen



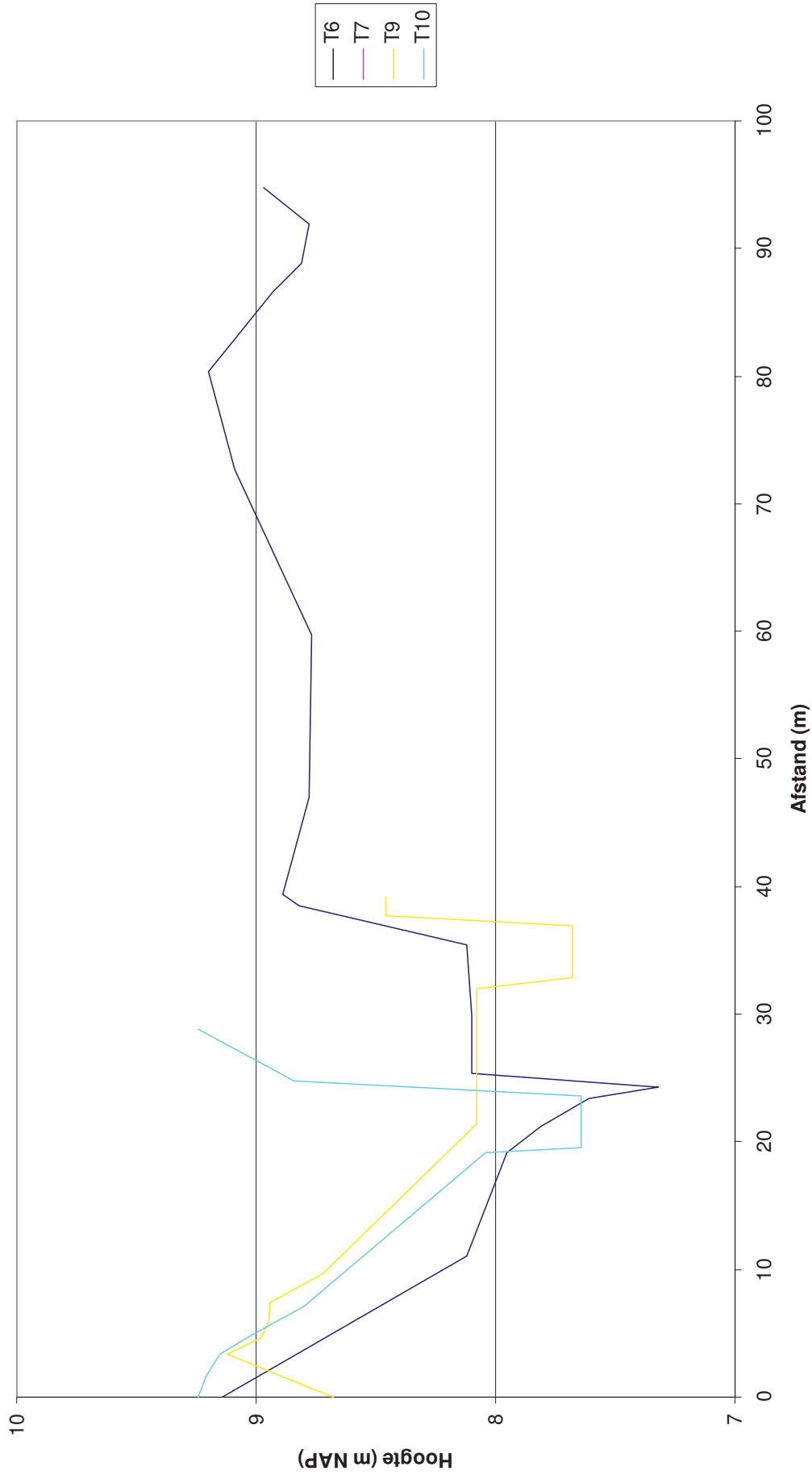
Profielen



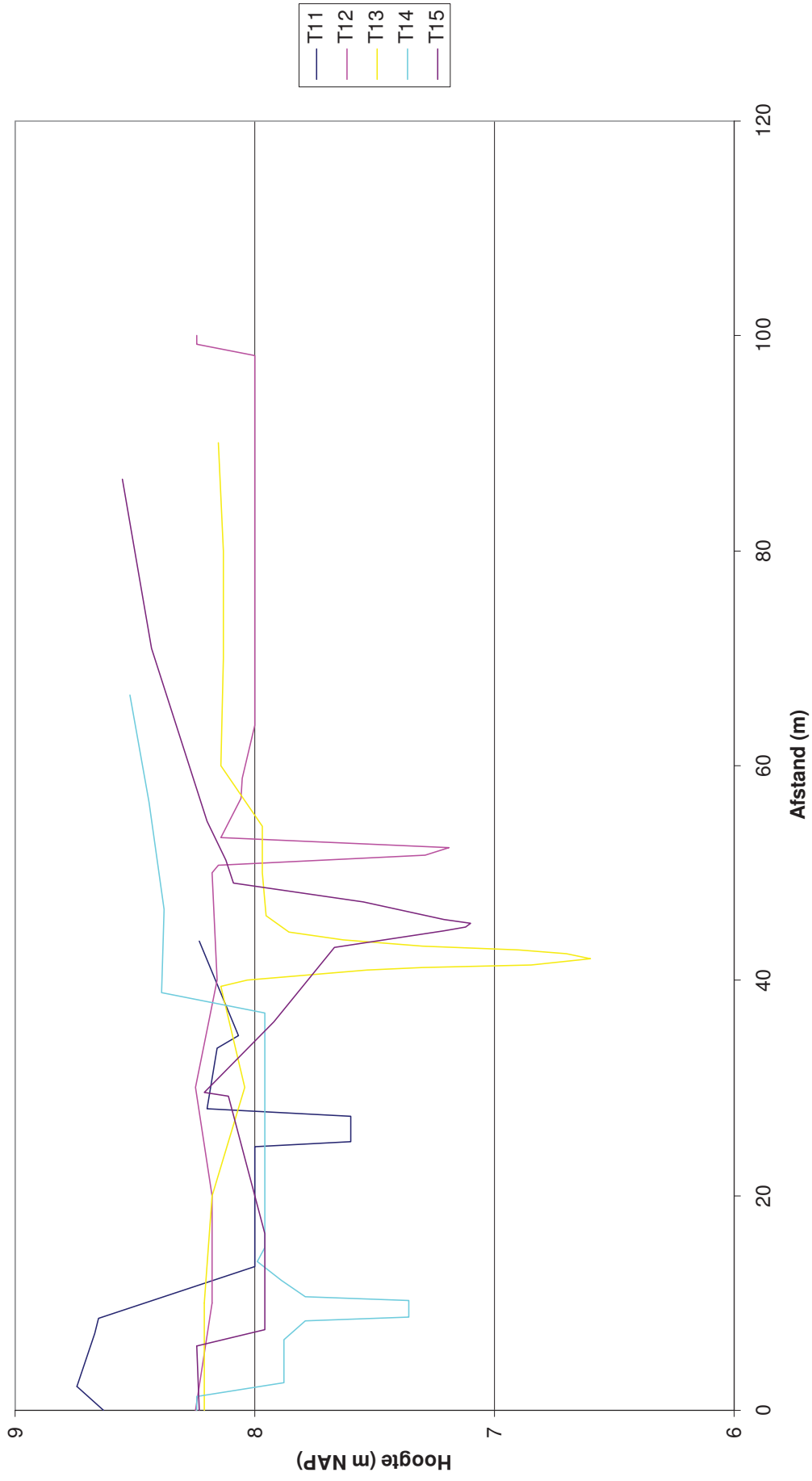
Profielen



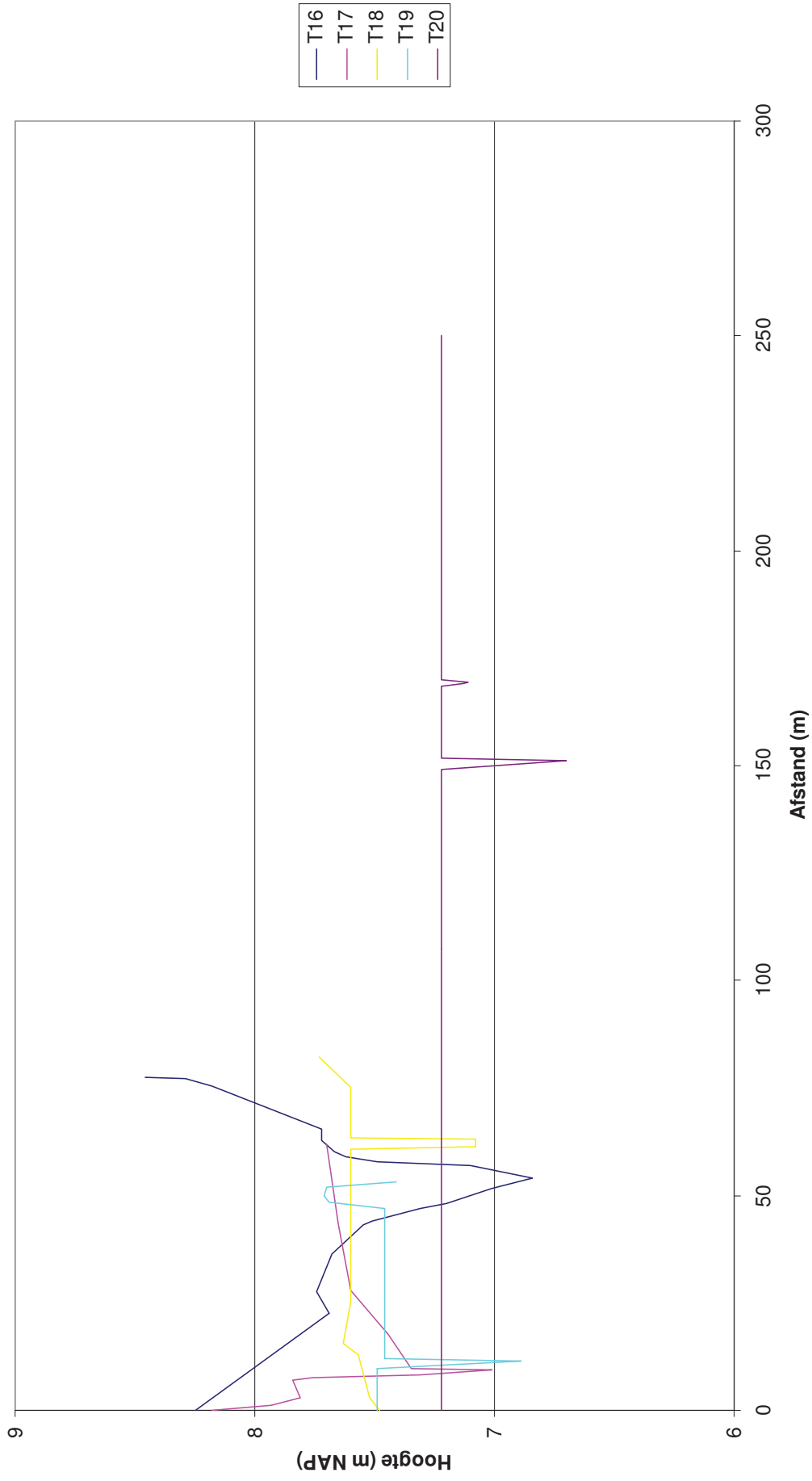
Profielen



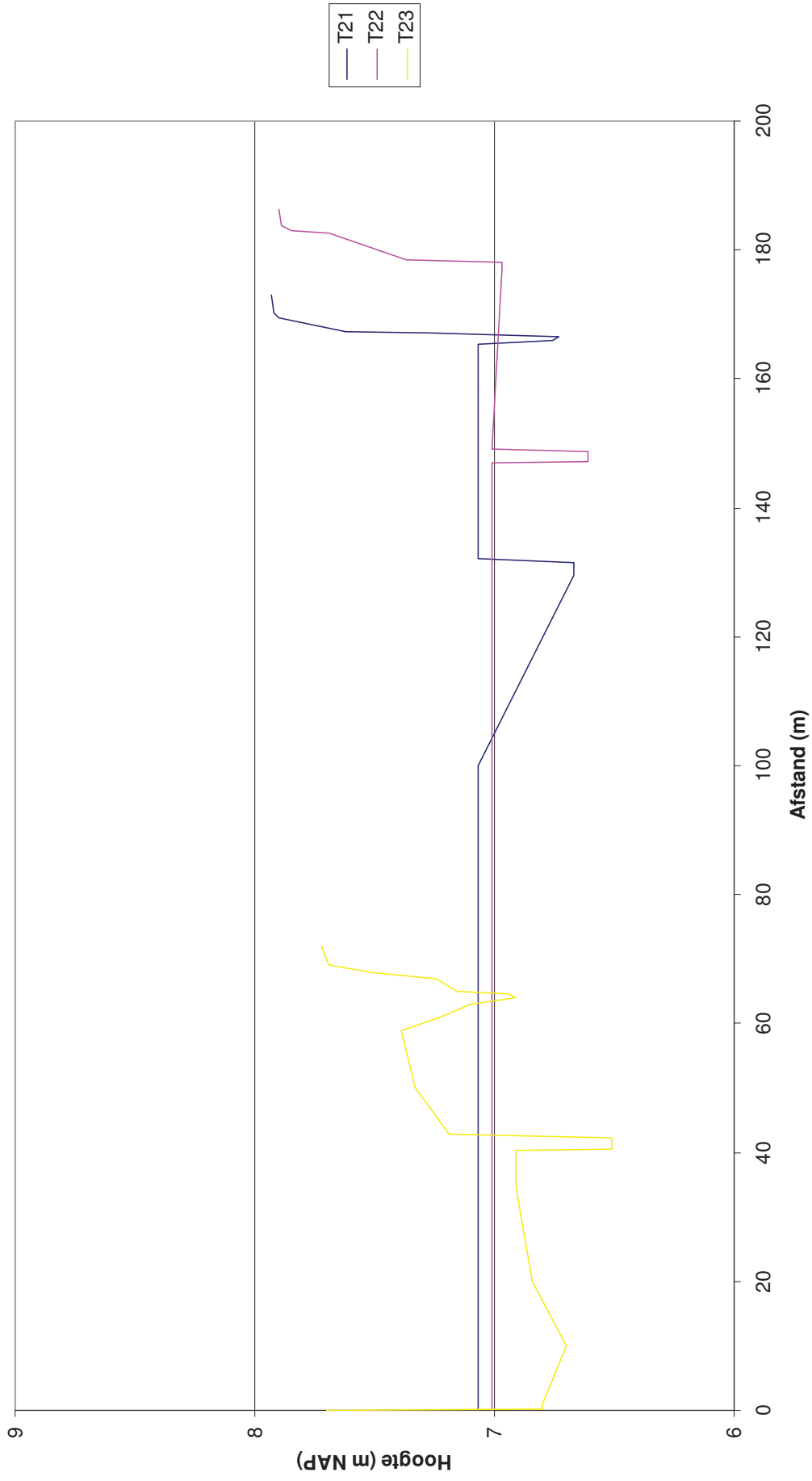
Profielen



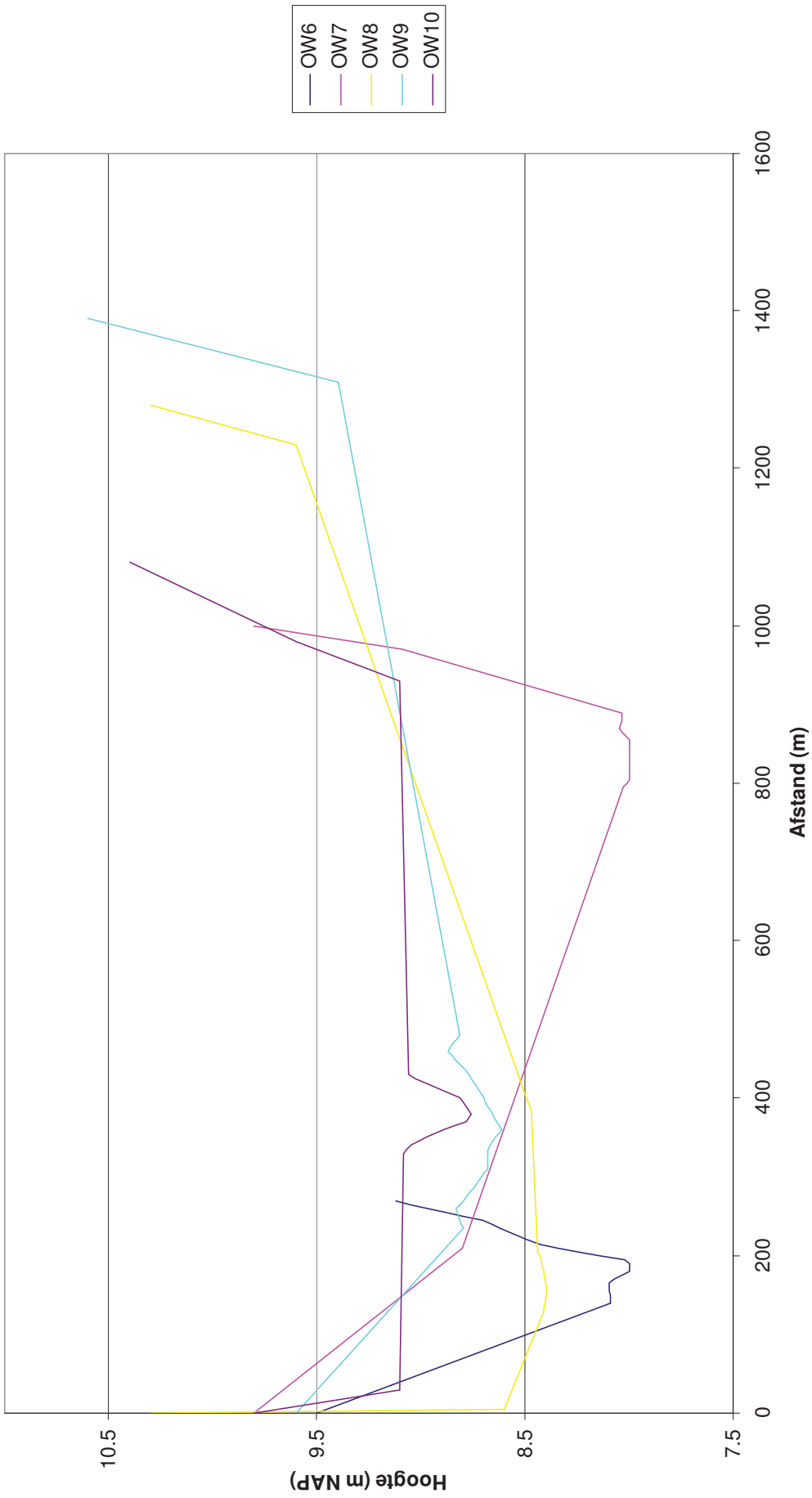
Profielen



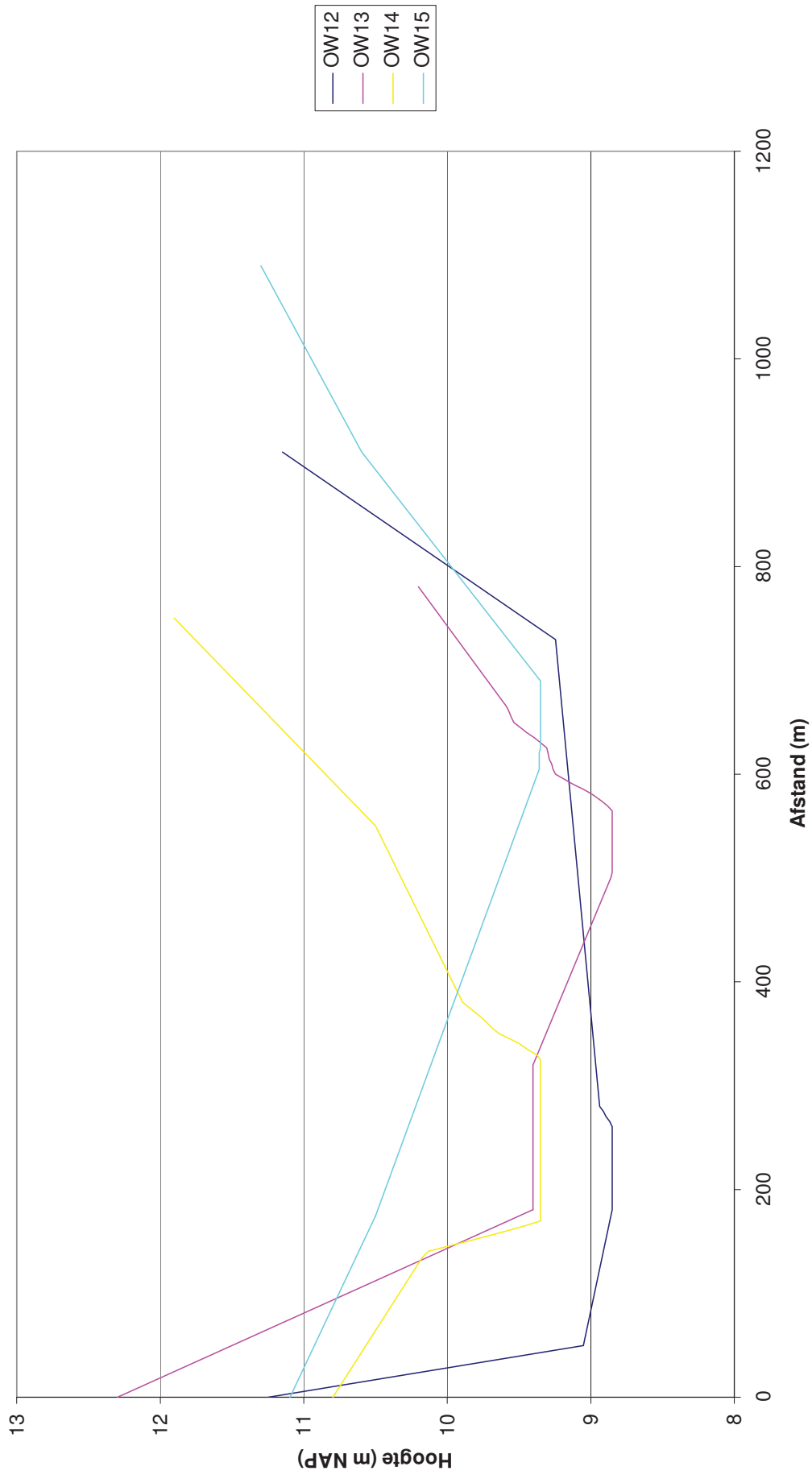
Profielen



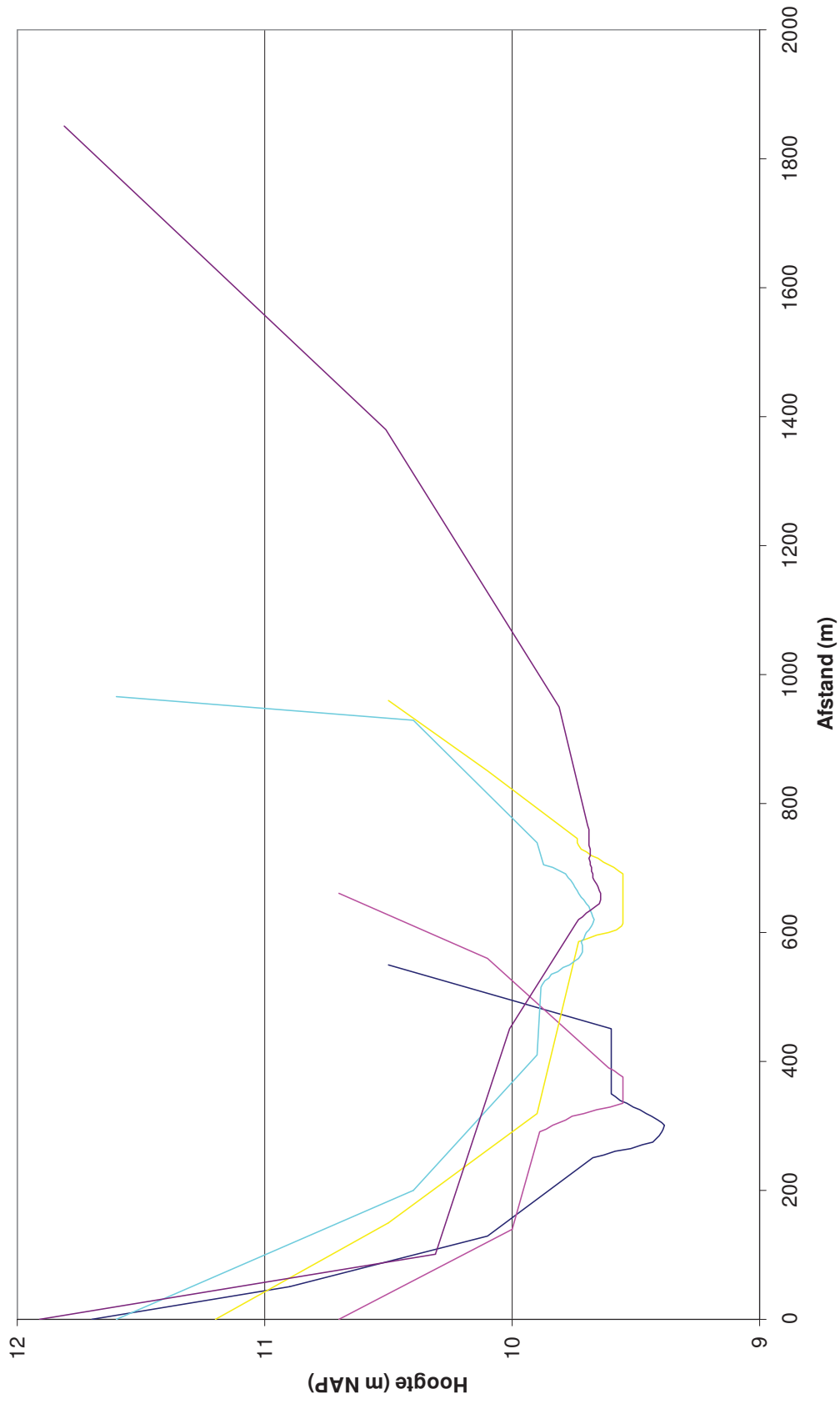
Profielen



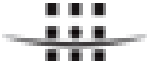
Profielen



Profielen

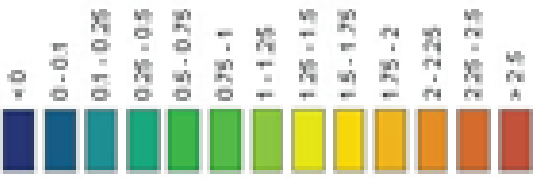


- OW16
- OW17
- OW18
- OW19
- OW20



Bijlage 3 **Resultaat kaarten van het basis model (GxG)**

Pfingstbeid Oude Willem
GHG_1998-2009 [m-mv]



Titel:
GHG MIPWA na medianaanpassingen
uitbreid model tot aan moerdebew
(scenario 1: winning uit oppervlakte-
watersysteem Oude Willem verspreid)

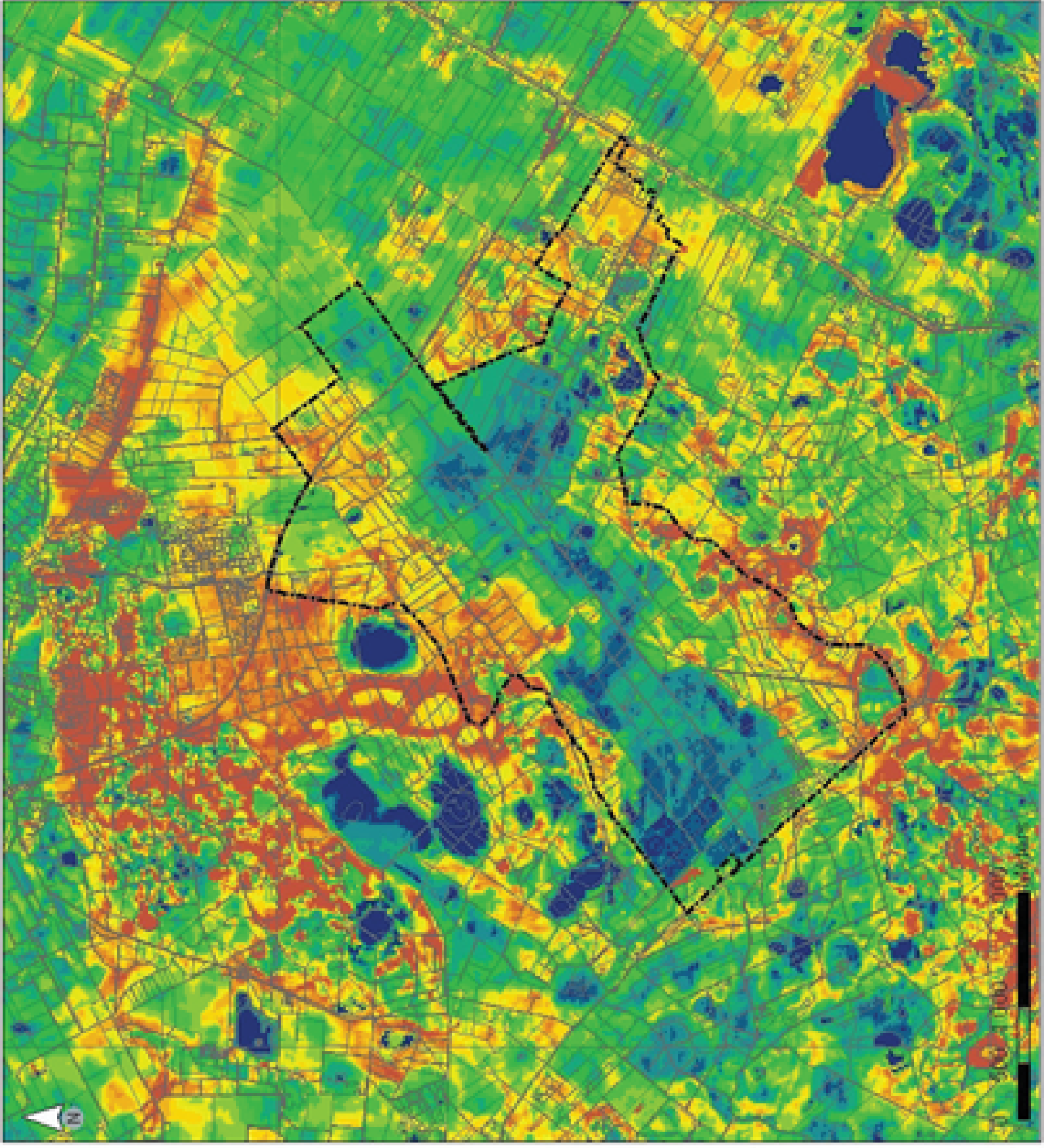
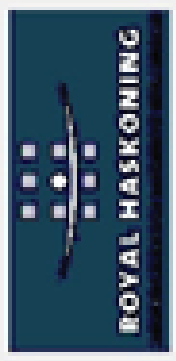
Project:
9W3831 Hydrologisch onderzoek
Oude Willem

Opdrachtgever:
DLG Noord

Datum: 10-01-2011
Schaal: 1:45000

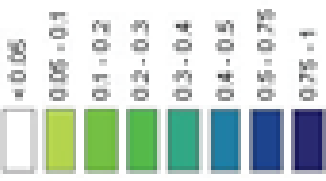
Figuur:

Geocoördinaat door:
Volgnummer: 0



Plangebied Oude Willems

EFFECT GHG [m]



Titel

Effect op GHG mFWVA (uitgebied moed) scenario 1: winning uit, open-lakewater-systeem Oude Willems vervuld

Project

9W3831 Hydrologisch onderzoek Oude Willems

Opdrachtgever

DLG Noord

Datum

10-01-2011

Schaal

1:45000

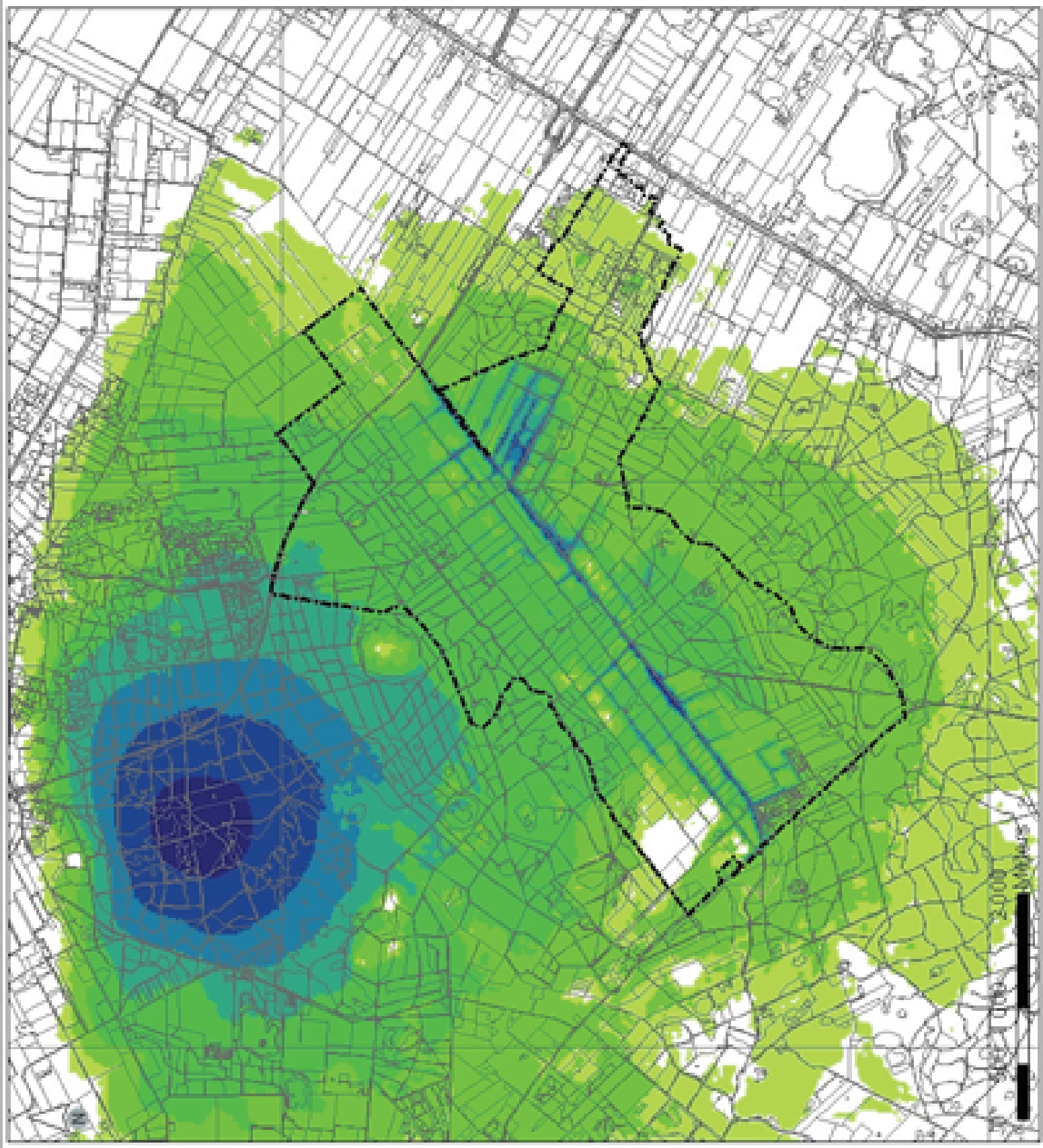
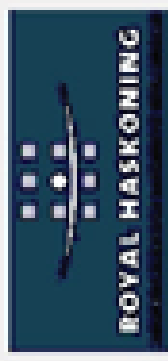
Figuur

Geocoördinaat door:

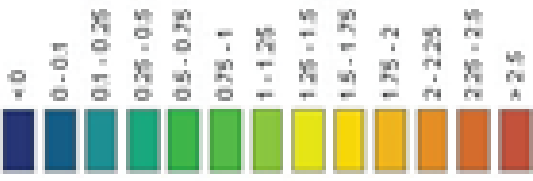
0

Volgnummer:

0



Plandiagram Oude Willem
GLG_1998-2011 (m-mlv)



Titel:
GLG MIPFVA na modelaanpassingen
uitbereid model totaan moorddew
(scenario 1: winning uit, oppervlakte-
waterstroom Oude Willem verrijdend)

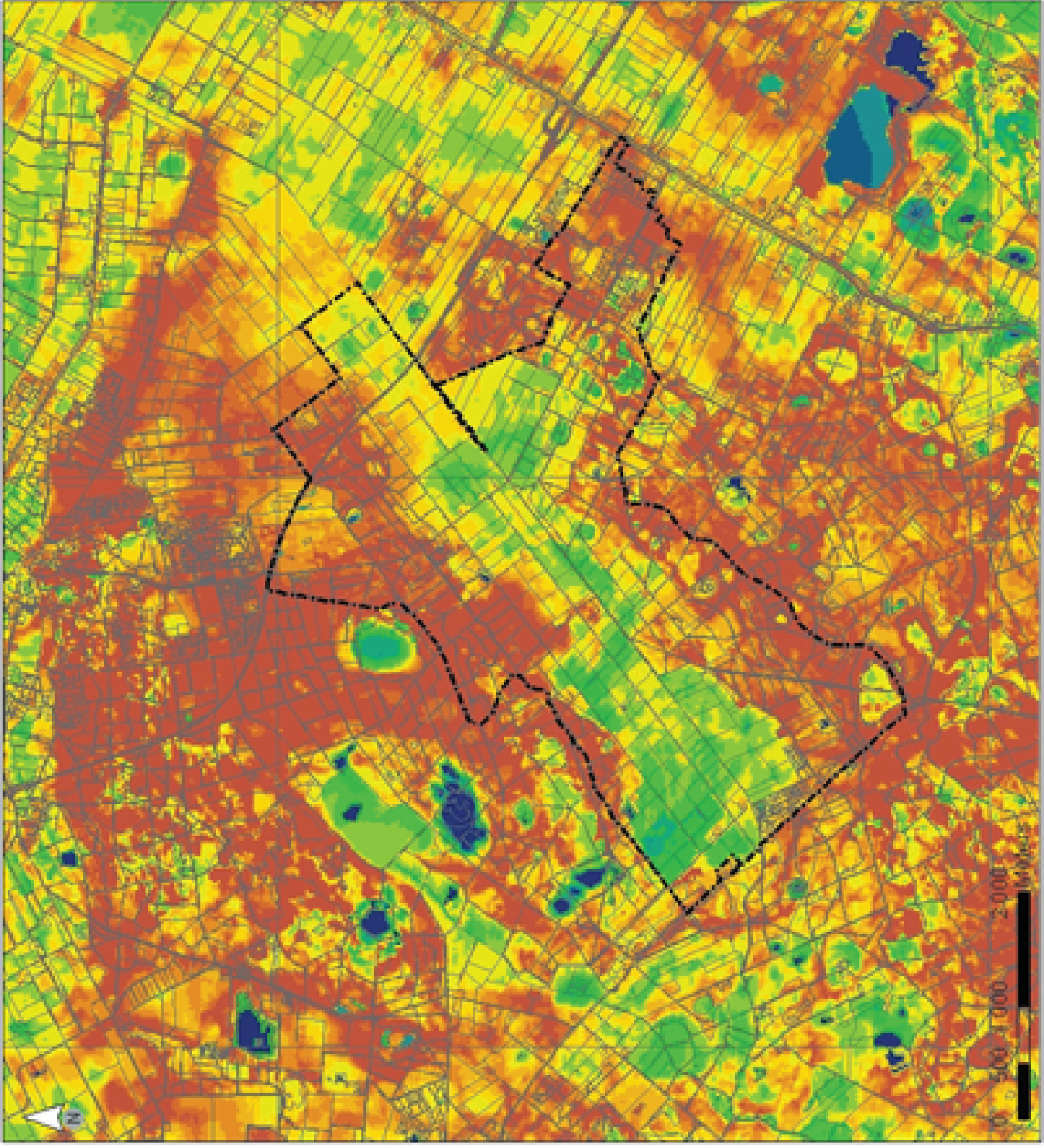
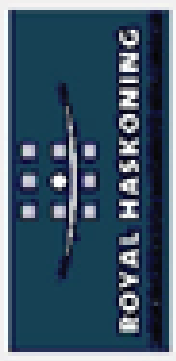
Project:
9W3831 Hydrologisch onderzoek
Oude Willem

Opdrachtgever:
DLG Noord

Datum: 10-01-2011
Schaal: 1:45000

Figuur:

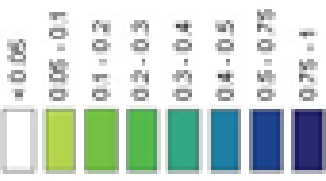
Gecontroleerd door:
Volgnummer: 0





Plangebied Oude Willem

EFFECT GLG [m]



Titel

Effect op GLG in PWA (uitgebreid model) scenario 1: winning uit, open-luikwater-systeem Oude Willem vervuld

Project

9W3851 Hydrologisch onderzoek Oude Willem

Opdrachtgever

DLG Noord

Datum

10-01-2011

Schaal

1:45000

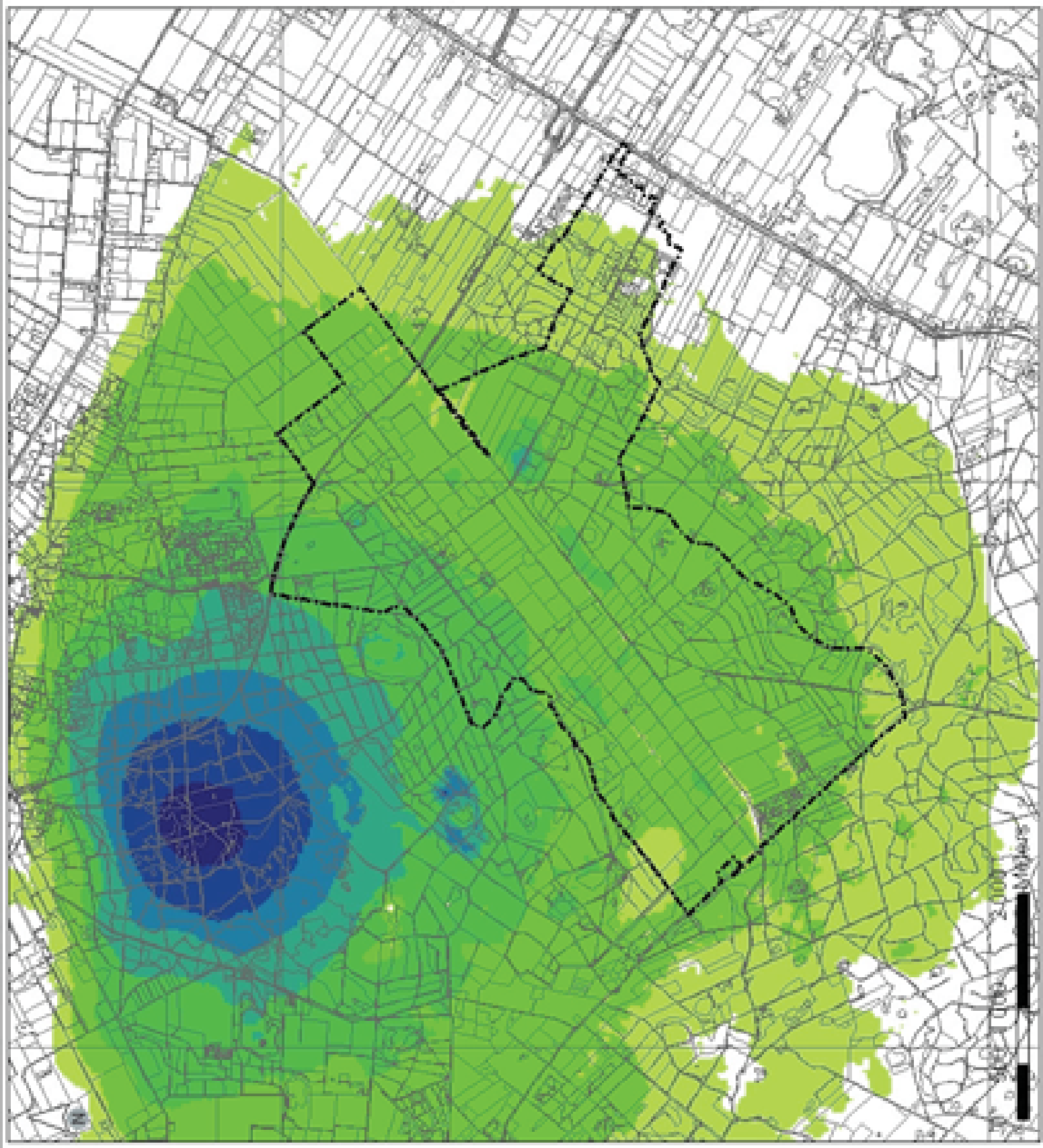
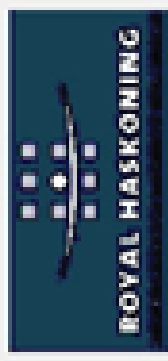
Figuur

Geocoördinaat door:

0

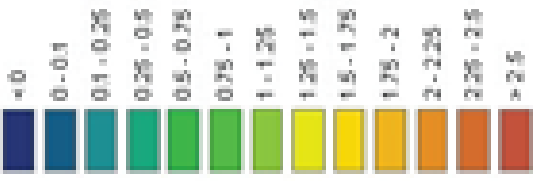
Volgnummer:

0



2000 m

Plangebied Oude Willem
GVG_1998-2009 [m-mv]



Titel:
GVG MIP/WA na modelaangepassing
uitbreidingsmodel tot aan moerdebew
(scenario 1: winning uit oppervlakte-
watersysteem Oude Willem verspreid)

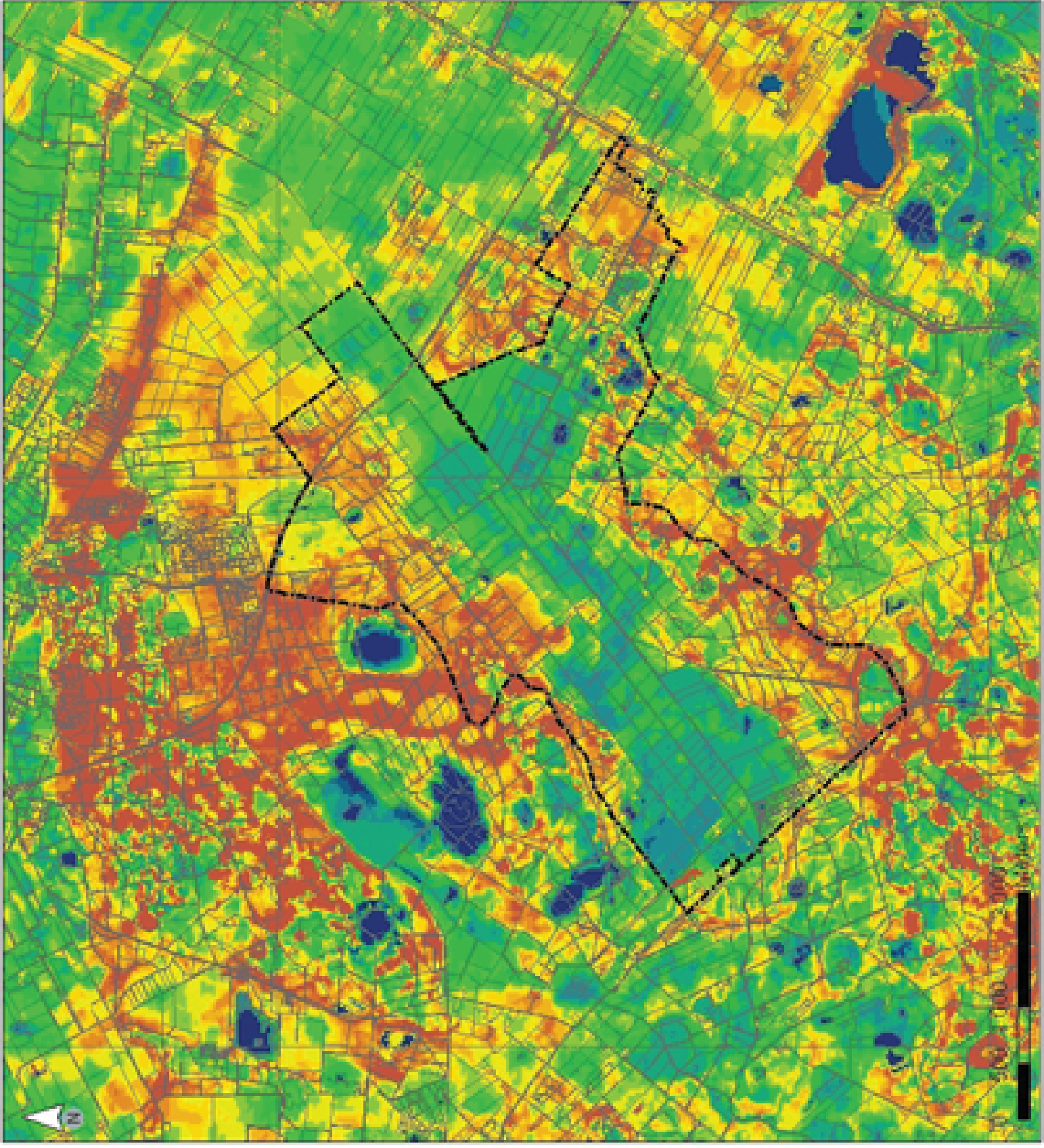
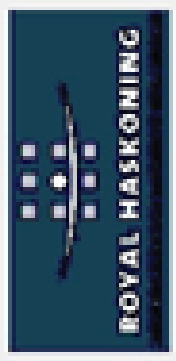
Project:
9W3831 Hydrologisch onderzoek
Oude Willem

Opdrachtgever:
DLG Noord

Datum: 10-01-2011
Schaal: 1:45000

Figuur:

Gecontroleerd door:
Volgnummer: 0





Plangebied Oude Willem

Effect kwelfiltratie SDL1

[mm/d]

4 - 2

2 - 4

1 - 0.5

0.5 - 0.25

0.25 - 0.1

0.1 - 0.1

0.1 - 0.25

0.25 - 0.5

0.5 - 1

1 - 2

> 2

Toename infiltratie
afname kwel

Toename kwel
afname infiltratie

Titel

Effect kwelfiltratie MIPVA, over SDL1
(uitgebreid model; scenario 1: winning
ut, oppervlaktewaterstelsysteemvervanging)

Project

9V3891 Hydrologisch onderzoek
Oude Willem

Opdrachtgever

DLG Noord

Datum

10-01-2011

Schaal

1:45000

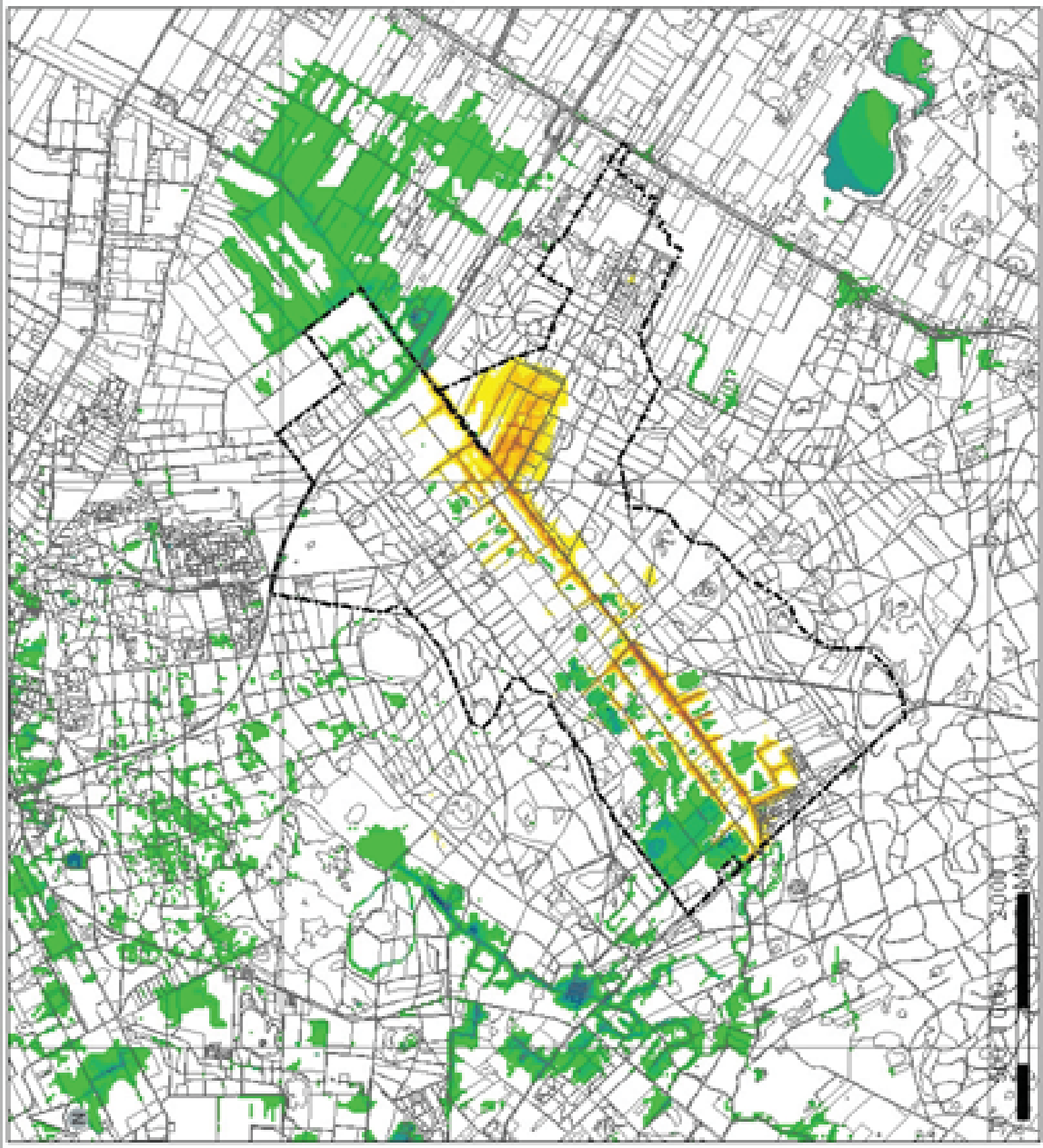
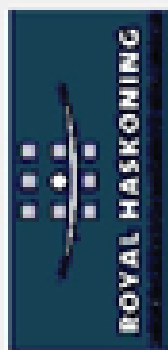
Figuur

Geocoördinaat door:

0

Volgnummer:

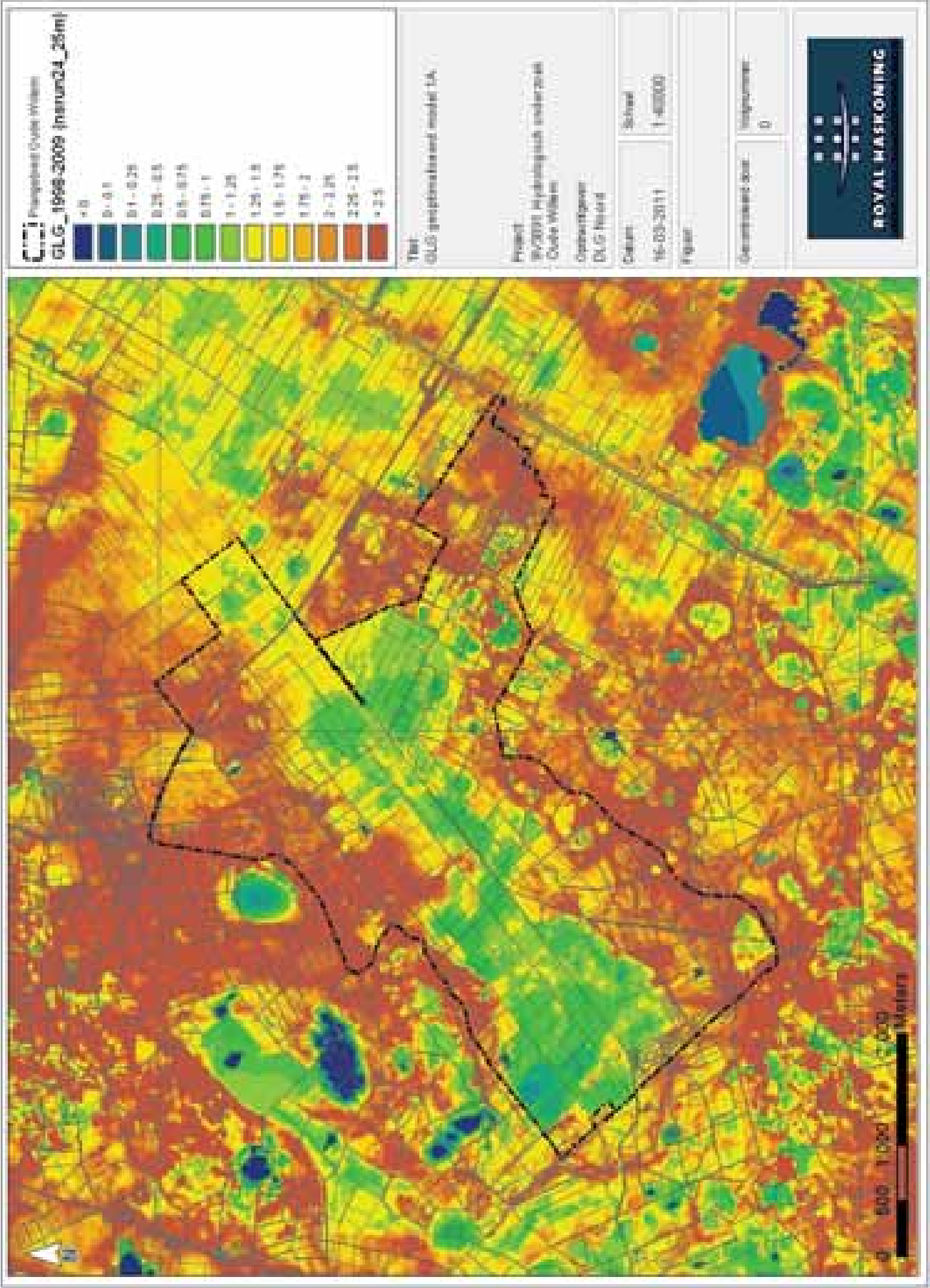
0

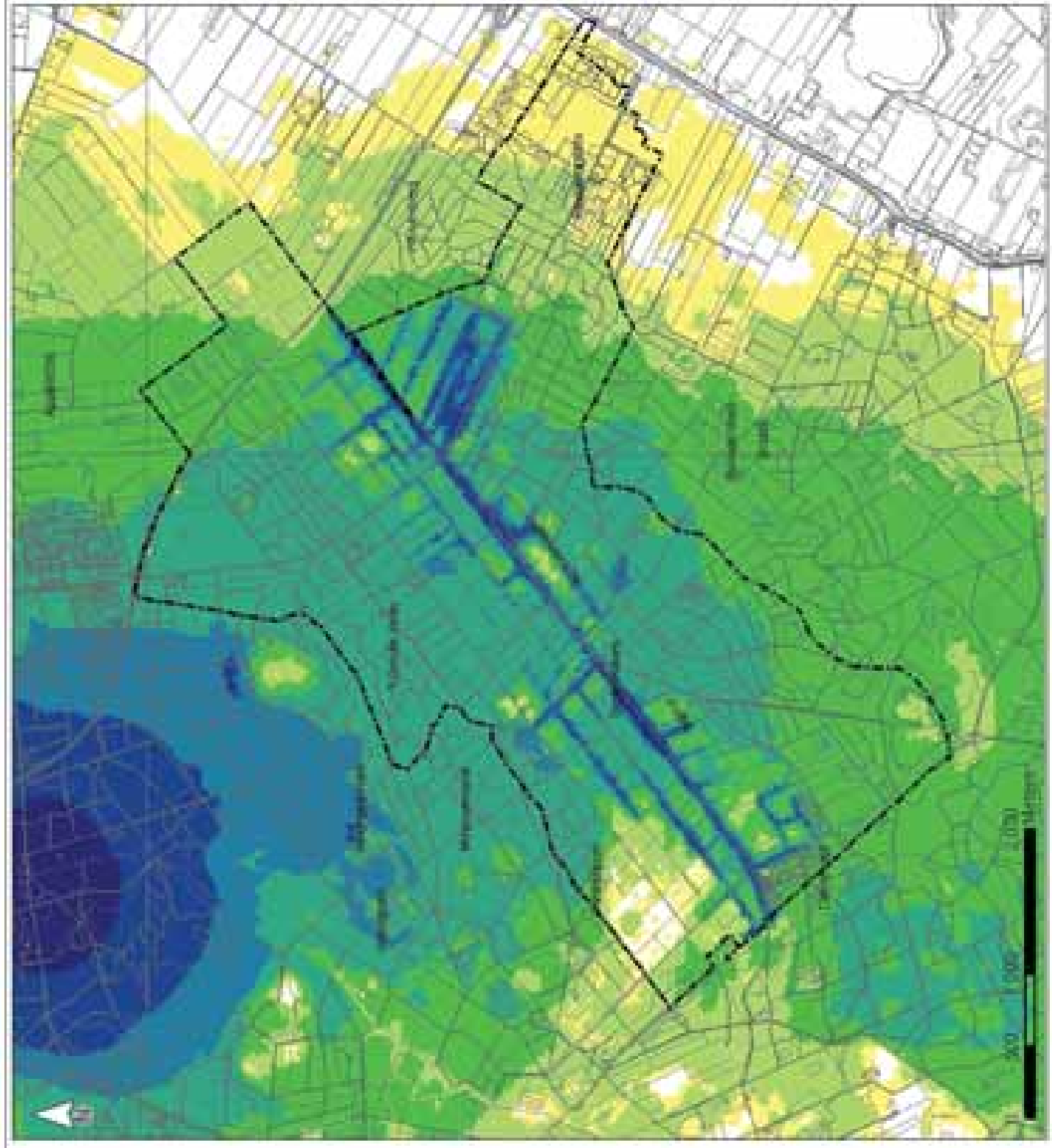


0 100 200 m



Bijlage 4
Resultaat kaarten van variant 1A en 2B (GxG
en verschil berekening)





Projected GHG Emissions
EFFECT GHG (mmun24_25m)

0.00 - 0.1
0.11 - 0.2
0.21 - 0.3
0.31 - 0.4
0.41 - 0.5
0.51 - 0.75
0.75 - 1

Test
 Effect of GHG emissions model 1.A.

Project
 B/C2011 Hydrograph analysis
 Study Waters

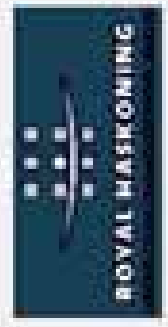
Commissioner
 D.A. Reid

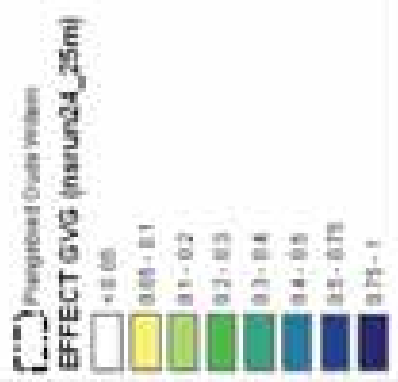
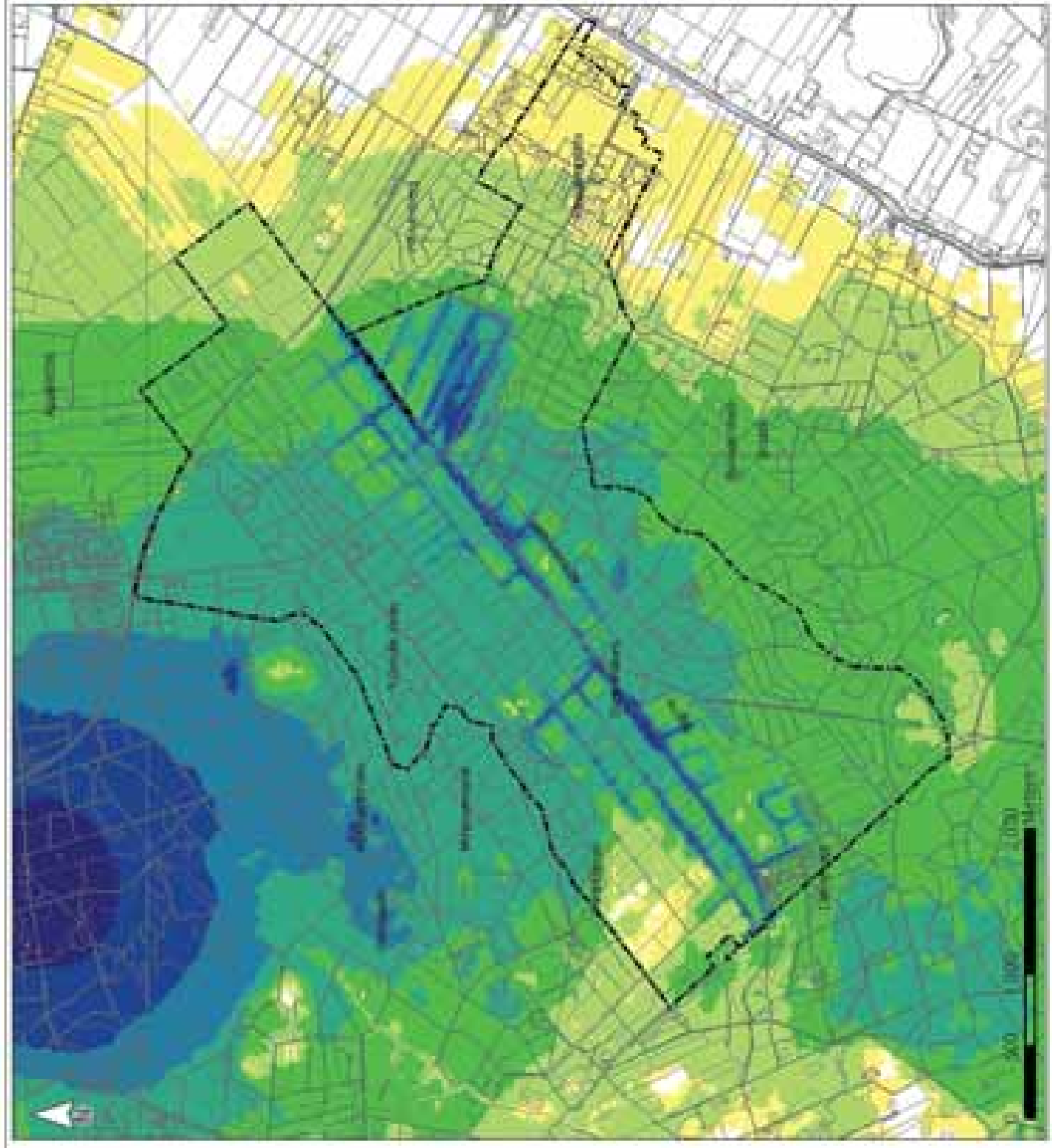
Subject
 16-03-2011

Sheet
 1-20000

Figure

Comments
 0





Titel
Effect of GWS (groundwater) model 1A

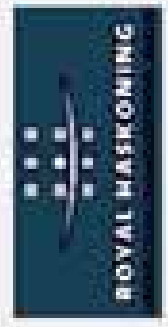
Project
Bijzondere Hydrologisch onderzoek
Oude Willem

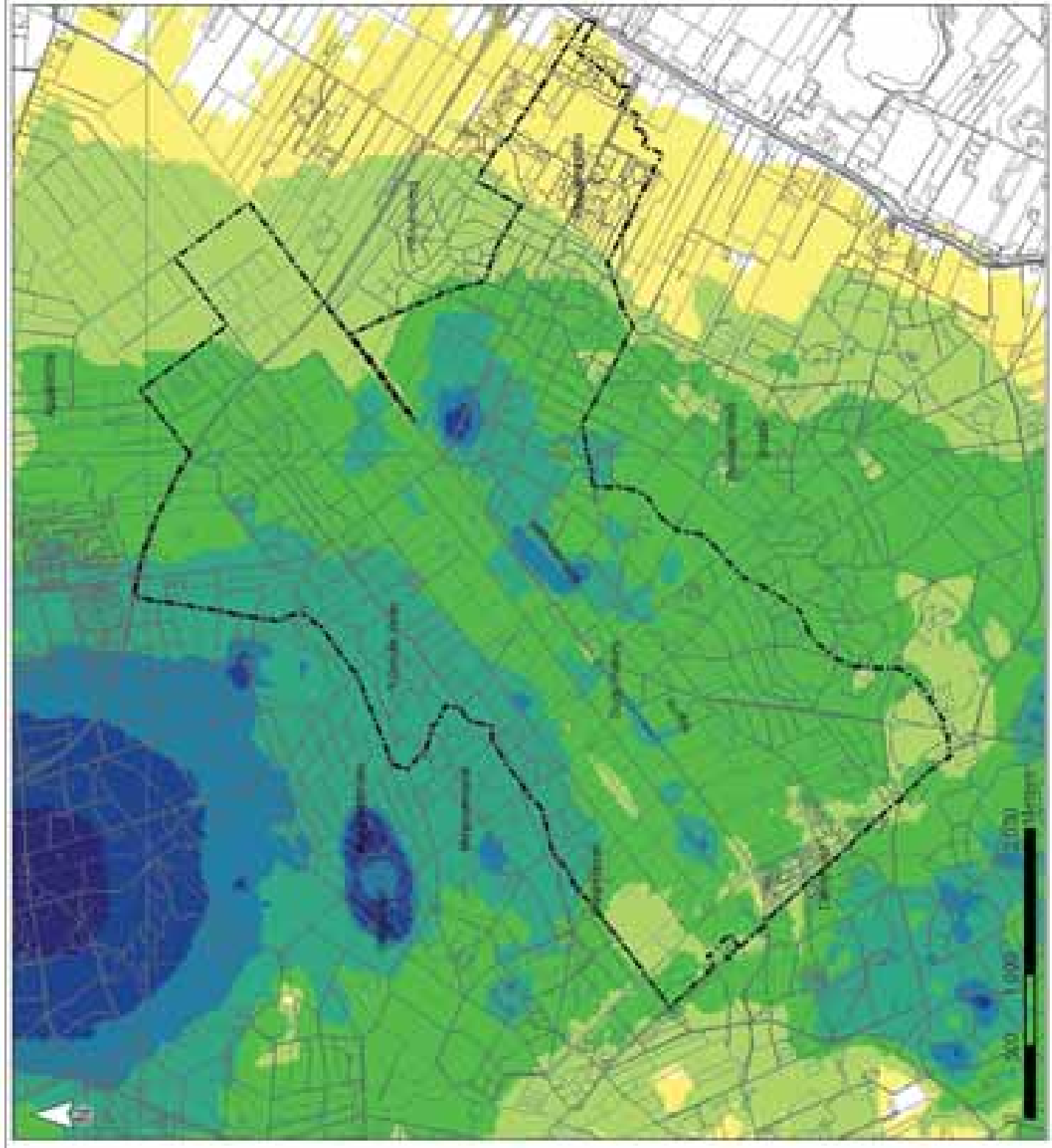
Opdrachtgever
D.A.G. Heerd

Colofon
16-03-2011
1:25000

Figuur

Gebruikt door:
Impoverment: 0





Wetland Data Overlay
EFFECT DLO (manun24_25m)

White	> 0.00
Yellow	0.00 - 0.1
Light Green	0.1 - 0.2
Green	0.2 - 0.3
Dark Green	0.3 - 0.4
Teal	0.4 - 0.5
Blue-Teal	0.5 - 0.75
Dark Blue	0.75 - 1

Map
 Effect of DLO geophysical model 1A

Project
 B/C2011 Hydrographical analysis
 Oude Willem

Opmerkingen
 DLO Model

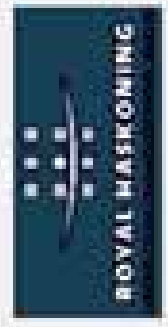
Colours
 16-03-2011

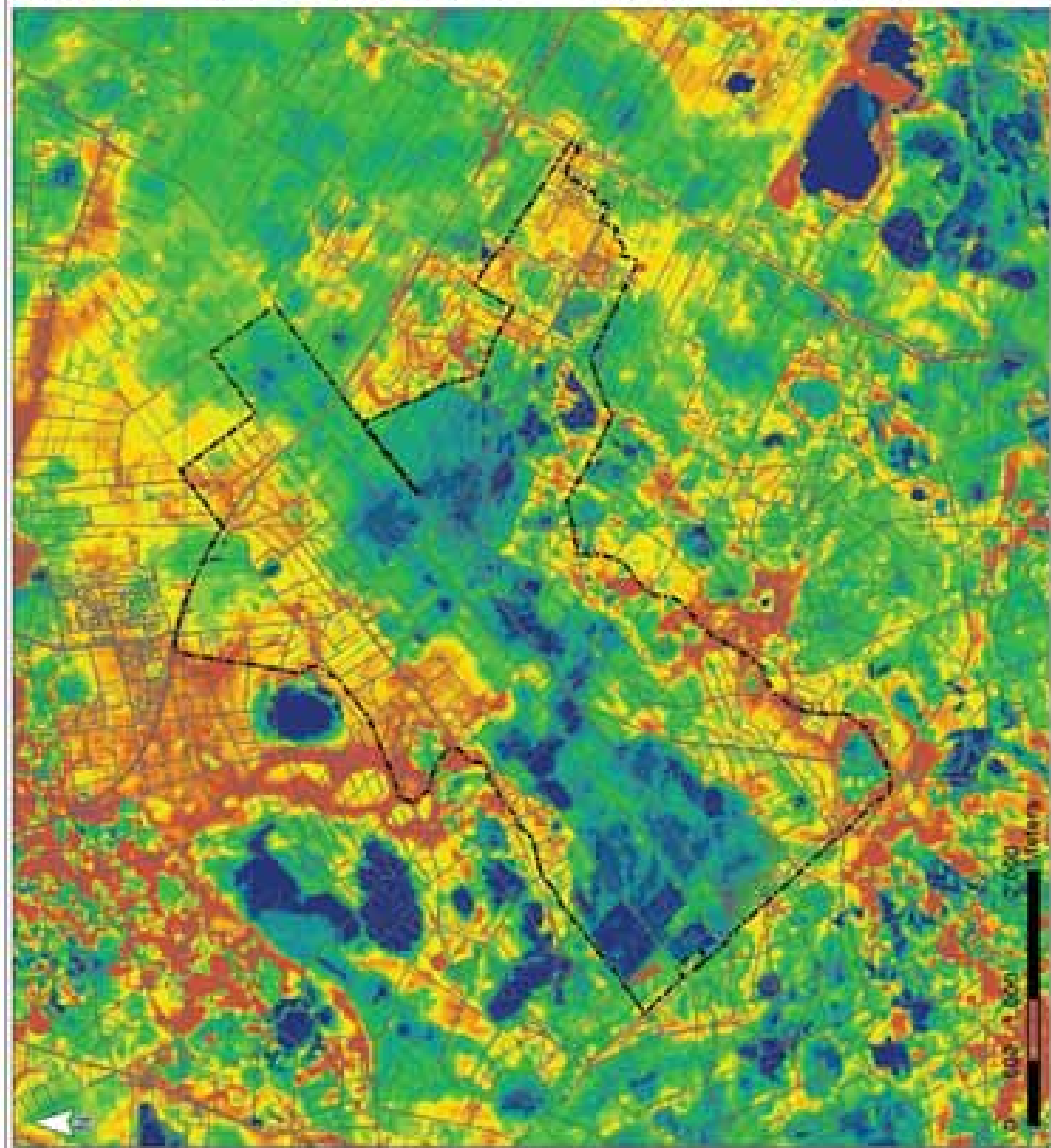
Schaal
 1:25000

Figuur

Geometrische eenheid
 Imprometer

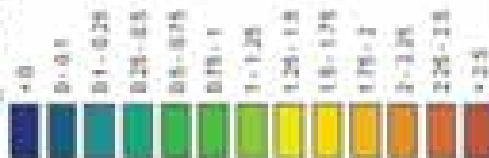
Imprometer
 0





Project: CUBA WILLEM

GHG_1998-2009 (minun25_25m)



Titel

GHG-prognosticaard model 20

Project

W-0001 Hydrologisch onderzoek
Cuba Willem

Opdrachtgever

D.G. Heerd

Colours

16-03-2011

Schaal

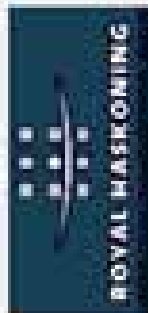
1:40000

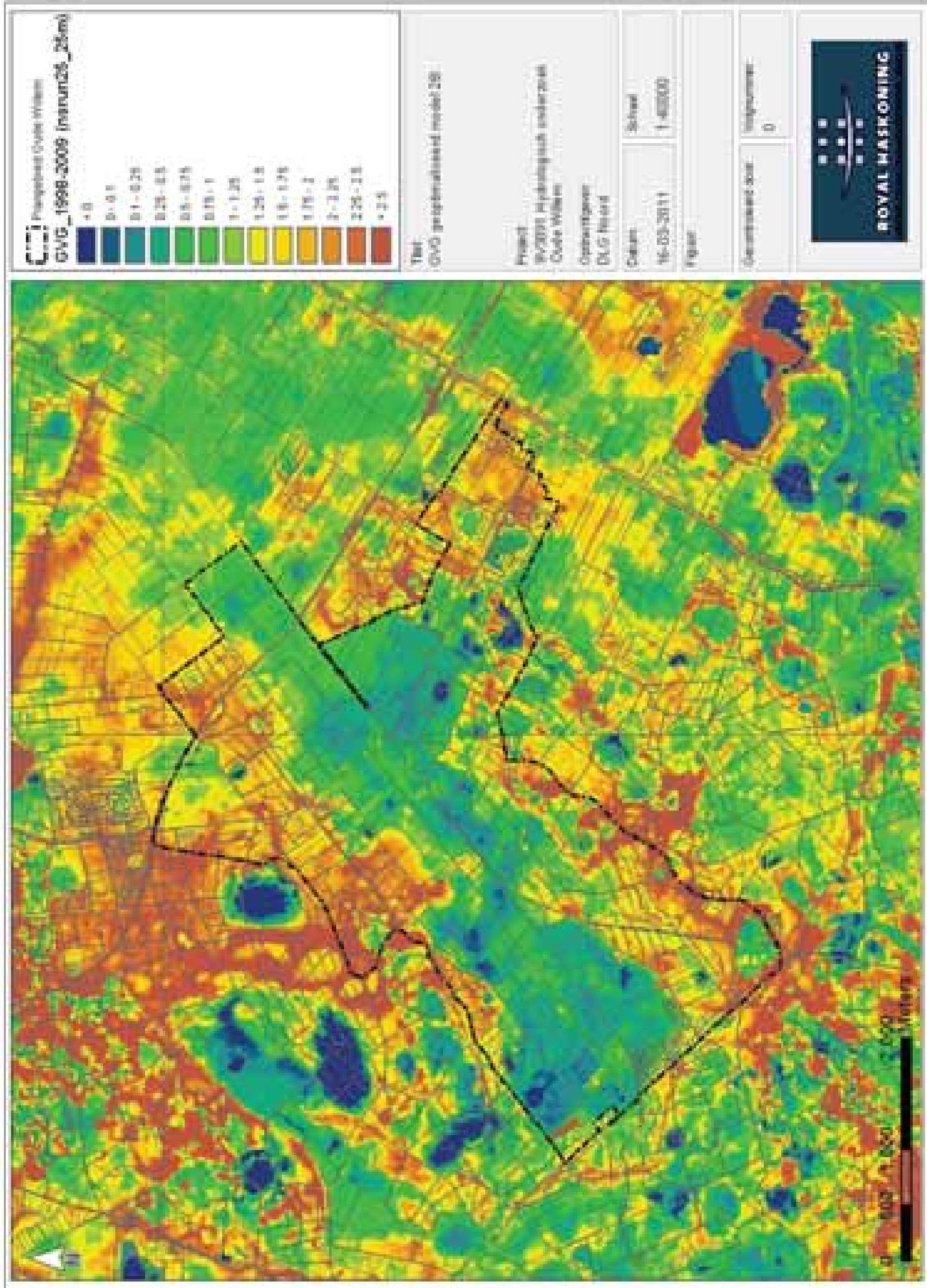
Figuur

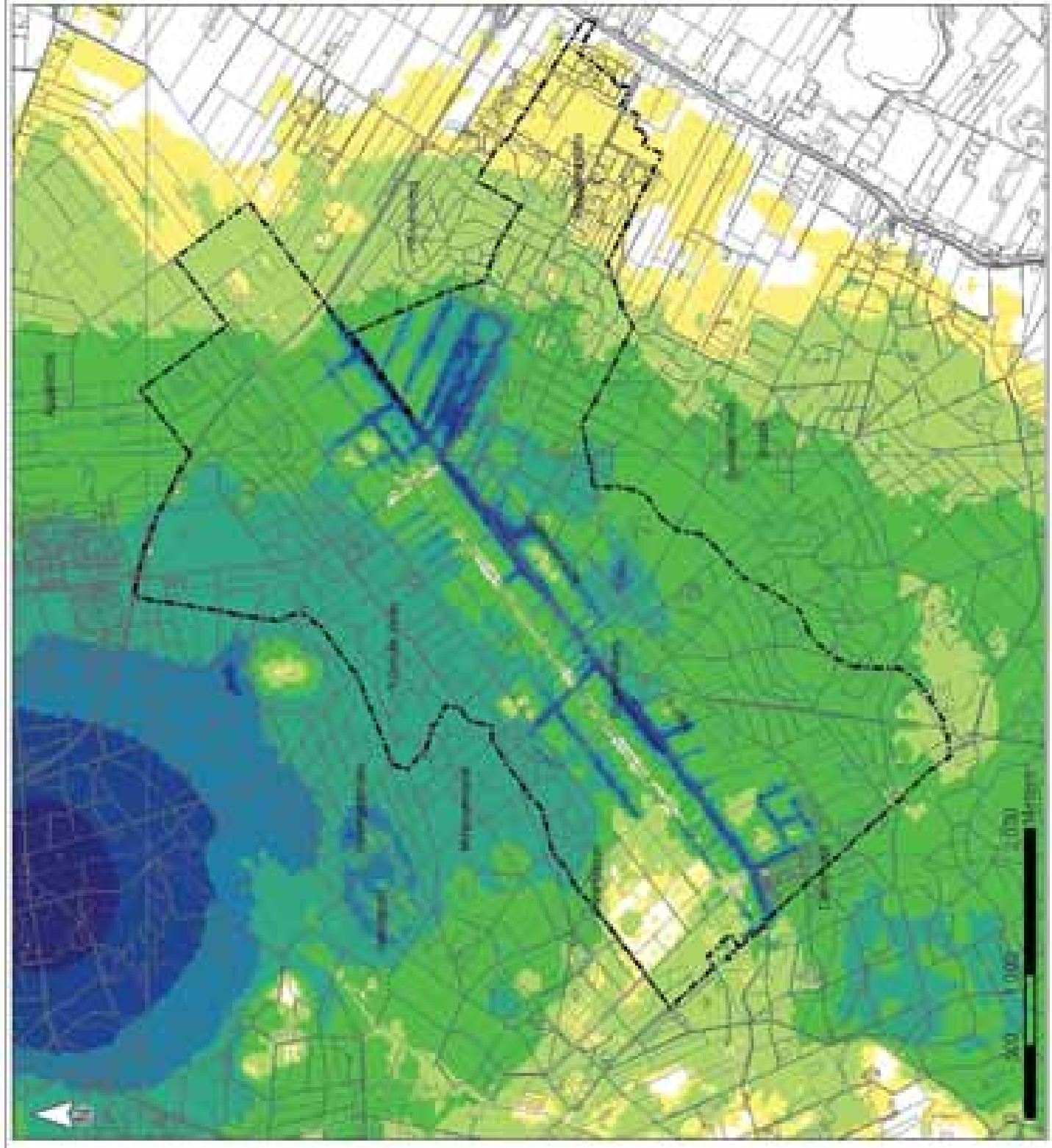
Gebruikt door:

Impressies:

0







EFFECT GHG (manure25_20m)

0.00 - 0.10
0.10 - 0.20
0.20 - 0.30
0.30 - 0.40
0.40 - 0.50
0.50 - 0.75
0.75 - 1.00

Test
Effect of GHG (grain-based) model 20

Project
B/C2011 Hydrograph analysis
Cody Wilton

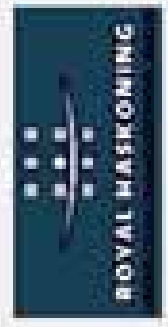
Commissioner
D.A.G. Heist

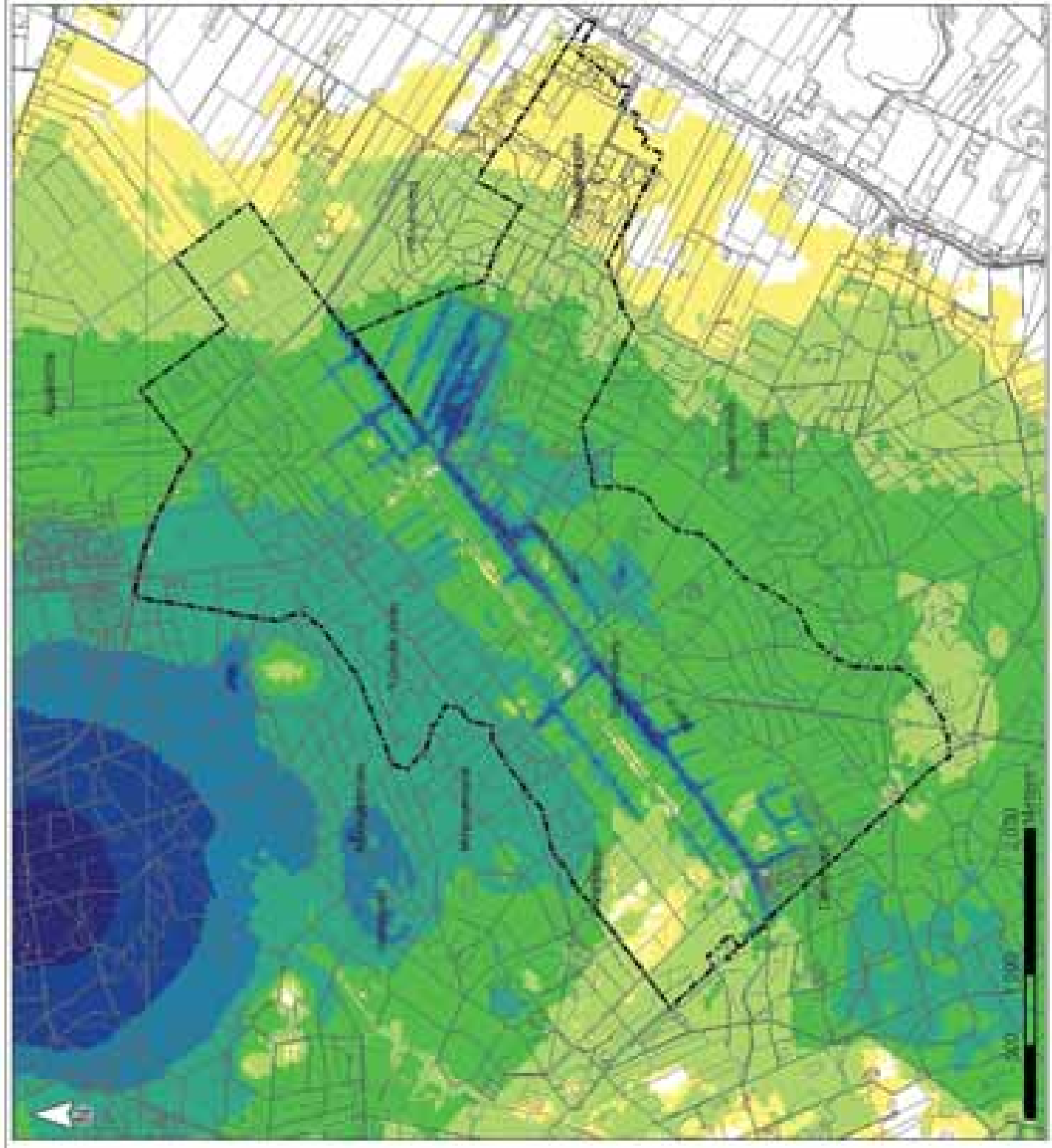
Client
16-03-2011

Sheet
1-20000

Figure

Geometric data
Impervious: 0





Project
 Effect of GWS (groundwater level) on the ground surface

Legend
 Effect of GWS (maxun25_25m)

0.00 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.4
0.4 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1

Title
 Effect of GWS (groundwater level) on the ground surface

Project
 Effect of GWS (groundwater level) on the ground surface

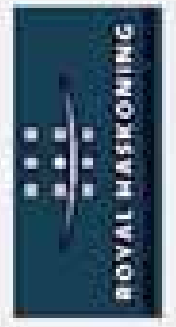
Client
 D.G. Heerd

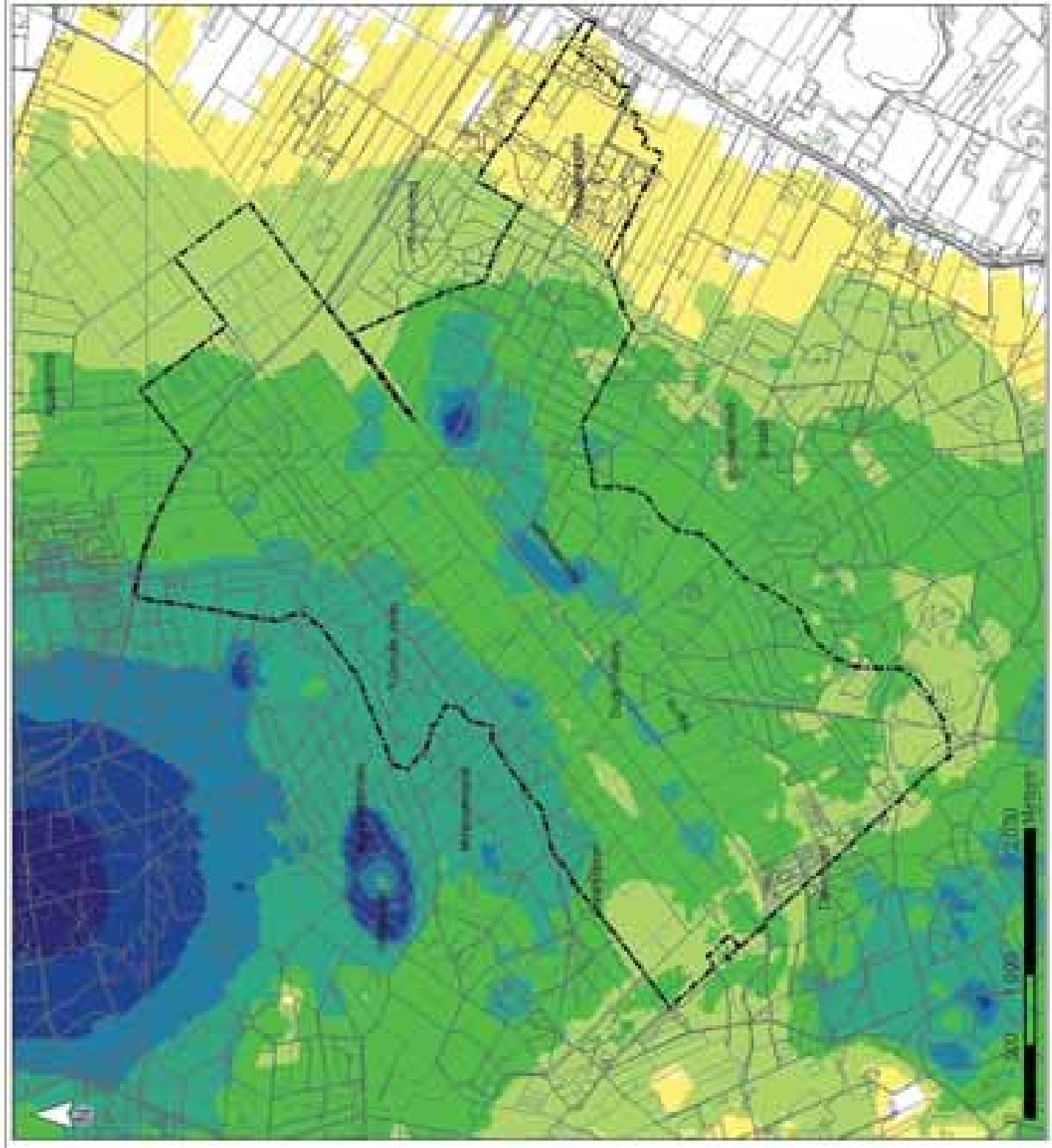
Scale
 1:25000

Date
 16-03-2011

Figure

Geometrische data
 Impasse: 0





Wetland Data Overlay
EFFECT OLG (minutes_25m)

$+0.00$
0.00 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.4
0.4 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1

Test
 Effect of OLG (geophysical model) 20

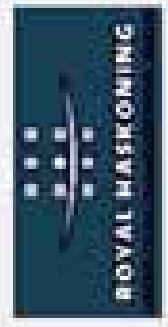
Project
 20/2011 Hydrographical analysis
 Study Wetland

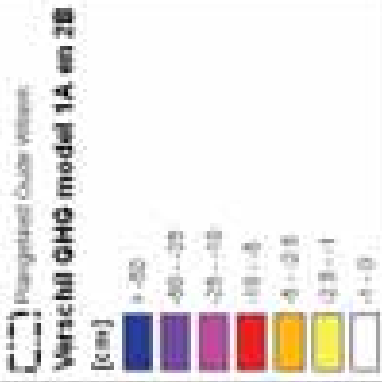
Opmerkingen
 OLG Model

Colours **Schaal**
 16-03-2011 1:25000

Figure

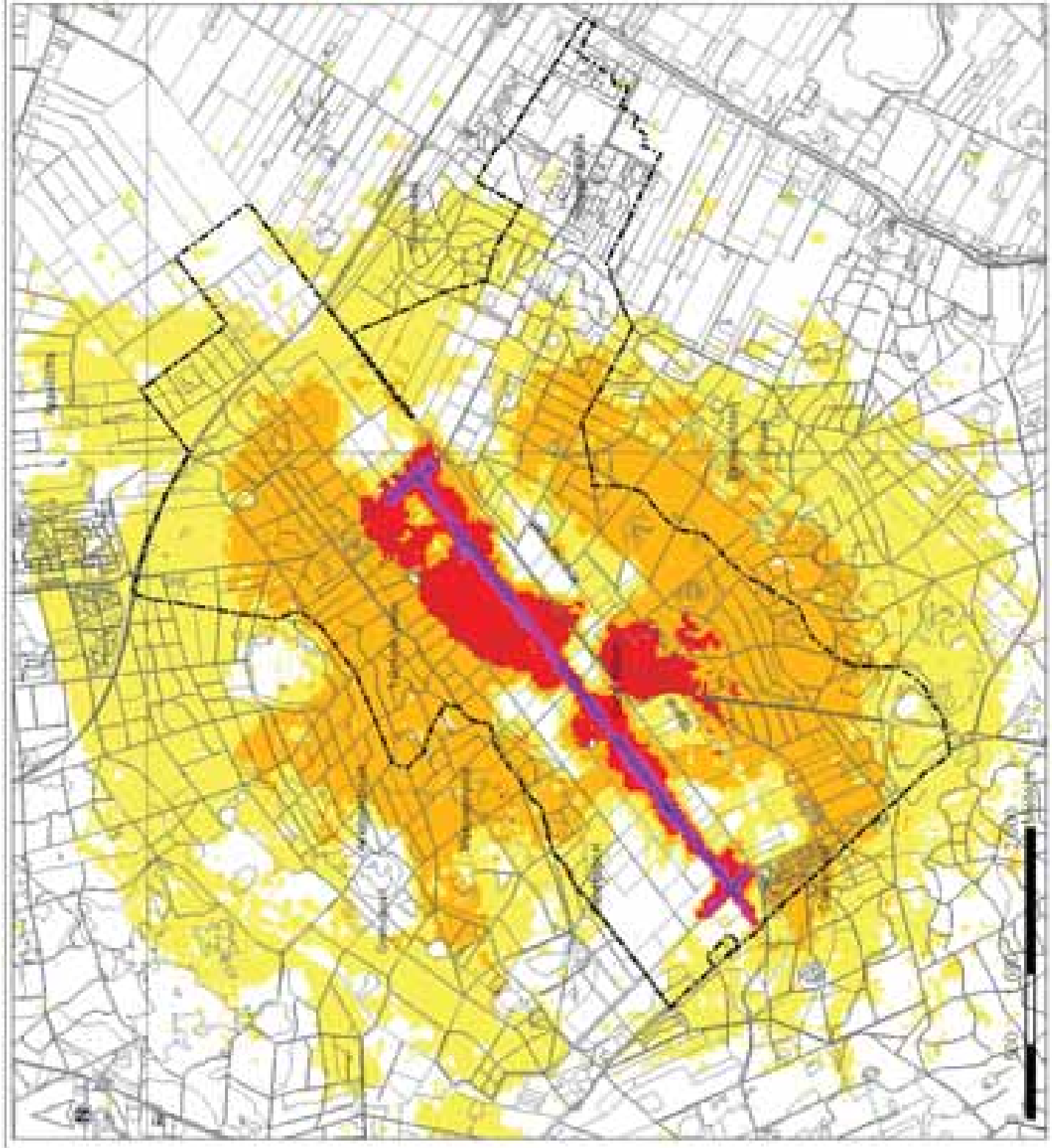
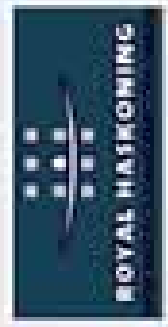
Geometrische data: **Impressum:**
 0





Titel: Verschild GHG model 1A en 2B. Effect van bodempomp. Oude Vliet
Project: 03001 - Hydrologisch onderzoek Oude Vliet
Opdrachtgever: D.O. Noord
Datum: 16-03-2011
Schaal: 1:25000
Figuur:

Development type		Migratie	
		0	



Scale bar: 0 100 200 meters



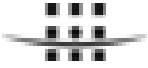
Bijlage 5
Tabel met drempel- en weghoogtes en
berekende waterstanden

nummer	type	gebied	drempel/weg hoogte (in m t.o.v. NAP)	huidig	Variant 1A			Variant 2B	
					30 cm	10 cm	geen afvoer OW	30 cm	10 cm
1	bebouwing	Vledder Aa	8,23	7,38	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
2	bebouwing	Vledder Aa	8,78	7,33	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35
3	bebouwing	Vledder Aa	9,03	7,29	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31
4	bebouwing	Vledder Aa	9,01	7,25	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28
7	bebouwing	Vledder Aa	8,03	7,19	7,23	7,22	7,22	7,23	7,22
8	bebouwing	Vledder Aa	7,77	7,19	7,23	7,22	7,22	7,23	7,22
11	bebouwing	Vledder Aa	8,24	7,19	7,23	7,22	7,22	7,23	7,22
12	bebouwing	Vledder Aa	8,89	7,21	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24
13	bebouwing	Vledder Aa	9,32	7,21	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24
14	bebouwing	Vledder Aa	8,17	7,15	7,18	7,17	7,17	7,19	7,18
15	bebouwing	Vledder Aa	8,27	7,15	7,18	7,17	7,17	7,19	7,18
17	landbouw	Vledder Aa	7,75	7,15	7,19	7,18	7,18	7,19	7,19
18	landbouw	Vledder Aa	7,76	7,09	7,12	7,11	7,10	7,13	7,12
19	landbouw	Vledder Aa	7,57	7,06	7,09	7,07	7,06	7,10	7,08
37	landbouw	Vledder Aa	7,38	7,18	7,21	7,21	7,21	7,22	7,21
38	landbouw	Vledder Aa	7,21	7,15	7,18	7,17	7,17	7,19	7,18
5	wegen	Vledder Aa	8,44	7,21	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24
6	wegen	Vledder Aa	8,28	7,21	7,24	7,24	7,24	7,24	7,24
9	wegen	Vledder Aa	8,2	8,14	8,49	8,58	8,01	8,80	8,99
10	wegen	Vledder Aa	8,35	7,19	7,23	7,22	7,22	7,23	7,22
16	wegen	Vledder Aa	7,95	7,06	7,09	7,07	7,06	7,10	7,08
20	wegen	Vledder Aa	7,64	6,91	6,93	6,91	6,90	6,95	6,92
26	bebouwing	Oude Willem	9,25	8,13	8,08	7,97		8,22	8,08
35	bebouwing	Oude Willem	9,09	8,73	8,76	8,73		8,83	8,99
Lb1	bebouwing	Oude Willem	10,9		9,99	10,03		9,98	9,98
Lb10	bebouwing	Oude Willem	9,3	8,16	8,49	8,58		8,80	8,99
Lb11	bebouwing	Oude Willem	9,25	8,16	8,49	8,58		8,80	8,99
Lb12	bebouwing	Oude Willem	9,66	8,13	8,08	7,97		8,22	8,08

nummer	type	gebied	drempel/weg hoogte (in m t.o.v. NAP)	huidig	Variant 1A			Variant 2B	
					30 cm	10 cm	geen afvoer OW	30 cm	10 cm
Lb14	bebouwing	Oude Willem	9,15	8,12	8,08	8,02		8,20	8,07
Lb15	bebouwing	Oude Willem	10,87	8,45	8,50	8,58		8,80	8,99
Lb2	bebouwing	Oude Willem	10,77		9,99	10,03		9,98	9,98
Lb3	bebouwing	Oude Willem	10,43		9,94	10,03		9,79	9,79
Lb4	bebouwing	Oude Willem	10,35		9,94	10,03		9,79	9,79
Lb5	bebouwing	Oude Willem	10,87		9,94	10,03		9,79	9,79
Lb7	bebouwing	Oude Willem	10,47		9,79	9,89		9,46	9,46
Lb8	bebouwing	Oude Willem	10,6		9,28	9,34		9,18	9,18
Lb9	bebouwing	Oude Willem	9,59	8,83	9,28	9,34		9,04	9,04
WPA	bebouwing	Oude Willem	12,25		9,94	10,03		9,79	9,79
WPB	bebouwing	Oude Willem	10,72	8,73	8,76	8,73		8,83	8,99
21	wegen	Oude Willem	8,26	8,05	8,00	7,90	7,82	8,13	8,00
22	wegen	Oude Willem	9,24	8,05	8,00	7,90	7,82	8,13	8,00
23	wegen	Oude Willem	9,52	8,05	8,00	7,90	7,82	8,13	8,00
24	wegen	Oude Willem	9,22	8,05	8,00	7,90	7,82	8,13	8,00
27	wegen	Oude Willem	9,21	8,13	8,08	7,97		8,22	8,08
28	wegen	Oude Willem	9,07	8,14	8,49	8,58		8,80	8,99
33	wegen	Oude Willem	8,92	8,45	8,50	8,58		8,80	8,99

nummer	type	gebied	drempel/weg hoogte (in m t.o.v. NAP)	huidig	Variant 1A			Variant 2B	
					30 cm	10 cm	geen afvoer OW	30 cm	10 cm
					(drempel/weg hoogte - hoogwaterlijn in m)				
1	bebouwing	Vledder Aa	8,23	0,85	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
2	bebouwing	Vledder Aa	8,78	1,45	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
3	bebouwing	Vledder Aa	9,03	1,74	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
4	bebouwing	Vledder Aa	9,01	1,76	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
7	bebouwing	Vledder Aa	8,03	0,84	0,80	0,81	0,81	0,80	0,81
8	bebouwing	Vledder Aa	7,77	0,58	0,54	0,55	0,55	0,54	0,55
11	bebouwing	Vledder Aa	8,24	1,05	1,01	1,02	1,02	1,01	1,02
12	bebouwing	Vledder Aa	8,89	1,68	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
13	bebouwing	Vledder Aa	9,32	2,11	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
14	bebouwing	Vledder Aa	8,17	1,02	0,99	1,00	1,00	0,98	0,99
15	bebouwing	Vledder Aa	8,27	1,12	1,09	1,10	1,10	1,08	1,09
17	landbouw	Vledder Aa	7,75	0,60	0,56	0,57	0,57	0,56	0,56
18	landbouw	Vledder Aa	7,76	0,67	0,64	0,65	0,66	0,63	0,64
19	landbouw	Vledder Aa	7,57	0,51	0,48	0,50	0,51	0,47	0,49
37	landbouw	Vledder Aa	7,38	0,20	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17
38	landbouw	Vledder Aa	7,21	0,06	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03
5	wegen	Vledder Aa	8,44	1,23	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	wegen	Vledder Aa	8,28	1,07	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
9	wegen	Vledder Aa	8,2	0,06	-0,29	-0,38	0,19	-0,60	-0,79
10	wegen	Vledder Aa	8,35	1,16	1,12	1,13	1,13	1,12	1,13
16	wegen	Vledder Aa	7,95	0,89	0,86	0,88	0,89	0,85	0,87
20	wegen	Vledder Aa	7,64	0,73	0,71	0,73	0,74	0,69	0,72
26	bebouwing	Oude Willem	9,25	1,12	1,17	1,28		1,03	1,17
35	bebouwing	Oude Willem	9,09	0,36	0,33	0,36		0,26	0,10
Lb1	bebouwing	Oude Willem	10,9		0,91	0,87		0,92	0,92
Lb10	bebouwing	Oude Willem	9,3	1,14	0,81	0,72		0,50	0,31
Lb11	bebouwing	Oude Willem	9,25	1,09	0,76	0,67		0,45	0,26
Lb12	bebouwing	Oude Willem	9,66	1,53	1,58	1,69		1,44	1,58

nummer	type	gebied	drempel/weg hoogte (in m t.o.v. NAP)	huidig	Variant 1A			Variant 2B	
					30 cm	10 cm	geen afvoer OW	30 cm	10 cm
					(drempel/weg hoogte - hoogwaterlijn in m)				
Lb14	bebouwing	Oude Willem	9,15	1,03	1,07	1,13		0,95	1,08
Lb15	bebouwing	Oude Willem	10,87	2,42	2,37	2,29		2,07	1,88
Lb2	bebouwing	Oude Willem	10,77		0,78	0,74		0,79	0,79
Lb3	bebouwing	Oude Willem	10,43		0,49	0,40		0,64	0,64
Lb4	bebouwing	Oude Willem	10,35		0,41	0,32		0,56	0,56
Lb5	bebouwing	Oude Willem	10,87		0,93	0,84		1,08	1,08
Lb7	bebouwing	Oude Willem	10,47		0,68	0,58		1,01	1,01
Lb8	bebouwing	Oude Willem	10,6		1,32	1,26		1,42	1,42
Lb9	bebouwing	Oude Willem	9,59	0,76	0,31	0,25		0,55	0,55
WPA	bebouwing	Oude Willem	12,25		2,31	2,22		2,46	2,46
WPB	bebouwing	Oude Willem	10,72	1,99	1,96	1,99		1,89	1,73
21	wegen	Oude Willem	8,26	0,21	0,26	0,36	0,44	0,13	0,26
22	wegen	Oude Willem	9,24	1,19	1,24	1,34	1,42	1,11	1,24
23	wegen	Oude Willem	9,52	1,47	1,52	1,62	1,70	1,39	1,52
24	wegen	Oude Willem	9,22	1,17	1,22	1,32	1,40	1,09	1,22
27	wegen	Oude Willem	9,21	1,08	1,13	1,24		0,99	1,13
28	wegen	Oude Willem	9,07	0,93	0,58	0,49		0,27	0,08
33	wegen	Oude Willem	8,92	0,47	0,42	0,34		0,12	-0,07



Bijlage 6

Tabel met berging en waterstanden

Berging (m3)

	Knijpconstructie1		Knijpconstructie2		Knijpconstructie3	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Variant 1A						
Berging bij begin T=100 bui (GHG)	24213	38217	39126	73433	18489	41337
Max berging bij T=100 piek	96971	135423	162703	231552	73687	105546
Berging bij t=100 (piek-begin)	72759	97205	123577	158119	55198	64209

	Knijpconstructie4		Gehele Oude Willem	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Variant 1A				
Berging bij begin T=100 bui (GHG)	14838	50340	96665	203327
Max berging bij T=100 piek	123638	199132	456999	671653
Berging bij t=100 (piek-begin)	108800	148792	360334	468326

	Knijpconstructie1	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Variant 2B		
Berging bij begin T=100 bui (GHG)	48014	112754
Max berging bij T=100 piek	312883	461505
Berging bij t=100 (piek-begin)	264869	348751

Waterstanden (m tov NAP)

Variant 1A	Knijpconstructie1		Knijpconstructie2		Knijpconstructie3	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Bodemhoogte knijpconstructie	8,00	8,00	8,85	8,85	9,35	9,35
Waterstand bij begin T=100 bui (GHG)	8,24	8,30	9,06	9,14	9,53	9,66
Max waterstand	8,49	8,58	9,28	9,38	9,79	9,89

Variant 1A	Knijpconstructie4	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Bodemhoogte knijpconstructie	9,55	9,55
Waterstand bij begin T=100 bui (GHG)	9,72	9,83
Max waterstand	9,94	10,03

Variant 2B	Knijpconstructie 1		thv knijpconstructie 2		thv knijpconstructie 3	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Bodemhoogte knijpconstructie	8,00	8,00	8,88	8,88	9,24	9,24
Waterstand bij begin T=100 bui (GHG)	8,27	8,49	9,02	9,02	9,29	9,29
Max waterstand	8,80	8,99	9,02	9,02	9,29	9,29

Variant 2B	thv knijpconstructie 4	
	breedte 30 cm	breedte 10 cm
Bodemhoogte knijpconstructie	9,55	9,55
Waterstand bij begin T=100 bui (GHG)	9,65	9,65
Max waterstand	9,65	9,65