



Bodemdaling door Zoutwinning in de Barradeel en Barradeel II winningvergunninggebieden

**Gebaseerd op
de nauwkeurigheidswaterpassing van september 2009 en
de GPS resultaten tot eind december 2009**

Vervaardigd door: WEP (Well Engineering Partners) BV, Hoogeveen

Goedgekeurd: ir. L. Mulder, Directeur FRISIA
D. van Tuinen, Directeur FRISIA

Publicatie datum: 31 mei 2010

1. Inhoud

1. Inhoud	1
2. Introductie.....	1
3. Nauwkeurigheidswaterpassing 2009	1
4. GPS.....	3
5. Referenties en bijlagen	3

2. Introductie

Oranjewoud heeft ten behoeve van Frisia een nauwkeurigheidswaterpassing uitgevoerd in september 2009, in het gebied dat beïnvloed wordt door zoutwinning in de Barradeel en Barradeel II winningvergunninggebieden. In dit rapport worden de nieuwe gegevens in kaart gebracht en kort besproken.

Sinds april 2004 wordt in het Barradeel vergunninggebied de ontwikkeling van de bodemdaling rond het diepste punt boven de cavernes BAS-1 en BAS-2 op de voet gevolgd met een hoogtemetingsysteem gebaseerd op GPS (Global Positioning System). Sinds augustus 2007 worden in het vergunninggebied Barradeel II twee continue GPS-metingen verricht rond het diepste punt boven de cavernes BAS-3 en BAS-4. De resultaten van deze metingen worden ook in dit rapport getoond en kort besproken.

3. Nauwkeurigheidswaterpassing 2009

Ingenieursbureau Oranjewoud heeft in september 2009, ten behoeve van de zoutwinning van Frisia en de gaswinning van Vermilion een waterpassing (WP 2009) uitgevoerd in het gezamenlijke meetnet van beide ondernemingen met aansluiting op het Ondergrondse Merk (OM) Zweins. In 2007 is het aansluitpunt van het meetnet van Frisia op instructie van SodM verlegd van Minnertsga (peilmerk 5G117) naar Zweins (OM Zweins, OA 2760) om een directe vergelijking mogelijk te maken met de bodemdalingsgegevens van de aangrenzende Vermilion gaswinning. Met betrekking tot de zoutwinning zijn de meetresultaten en het meetnet gerapporteerd in het Meetregister bij het meetplan Barradeel en Barradeel II, rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2009, Frisia Zout B.V., ref 1.

De beïnvloeding door zoutwinning is uit de waterpassing bepaald volgens een analytische methode die sinds 1999 door Frisia toegepast wordt. Deze methode gaat uit van de aanname dat de diepe onttrekking van zoutvolume uit een beperkt areaal in de diepe ondergrond leidt tot een rotatiesymmetrische kom aan de oppervlakte. Deze kom is mathematisch te beschrijven. Zo leidt de zoutwinning uit het Barradeel winningvergunning gebied via de dicht bij elkaar liggende BAS-1 en BAS-2 cavernes tot één cirkelvormige dalingskom. De zoutwinning in Barradeel II, die aangevangen is in oktober 2003 via de BAS-3 caverne en in april 2006 via de BAS-4 caverne, manifesteert zich door 'eigen' dalingskommen die met elkaar en deels met de kom boven cavernes BAS-1 en BAS-2 versmelten.

In de uitwerking van de gegevens van WP 2009 zijn het maximaal aantal beschikbare peilmerken zonder invloed van de gaswinning gebruikt om tot de beste passing (best fit) te komen van de kom parameters met de dalingsgegevens. Er zijn 49 peilmerken met gasinvloed buiten beschouwing gelaten, waarna 189 peilmerken voor een analyse beschikbaar bleven. De best fit is gebaseerd op de methode van de kleinste gemiddelde kwadraten van de verschillen tussen de gemeten en de berekende peilmerkdaling. Peilmerken waarvan de gemeten daling meer dan 13 mm afweek van de berekende best fit komdaling werden eveneens uitgesloten, gebaseerd op referentie 2; dit was het geval bij 11 in 2009 gemeten peilmerken.

In de loop der jaren vervallen in het bodemdalinggebied en daarbuiten regelmatig peilmerken, die meestal vervangen worden door nieuwe peilmerken. Ook netwerkversteving leidt tot de introductie van nieuwe peilmerken. Aan peilmerken die zo voor het eerst ingemeten worden op het moment dat er ter plaatse al wel bodemdaling als gevolg van zoutwinning bestaat wordt een 'zoutdaling' toegekend die volgt uit de 'best fit kom' op het moment van inmeten. Deze methode is bij het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) bekend als de 'glijdende peilmerk inschakeling'. De referentiehoogte van deze nieuwe peilmerken volgt uit een correctie voor de zoutdaling.

De WP 2009 gegevens hebben FRISIA in staat gesteld een goede beschrijving van de bodemdaling boven de vier cavernes te maken. Uit analyses met variërende komfactoren is gebleken, dat de dalingkommen van BAS 3 en BAS 4 beter bij de peilmerkbewegingen aansluiten (kleiner foutsignaal) door deze kommen iets steiler te maken (grotere gamma) dan de optimaal gemodelleerde kom boven de cavernes BAS 1 en 2.

De analyse resultaten voor WP 2009 zijn samengevat in de volgende tabel:

Waterpassing september 2009		Kom BAS 1-2	Kom BAS 3	Kom BAS 4
Aansluiting Zweins	Eenheid	Sep-09	Sep-09	Sep-09
X Coördinaat kom centrum	m	160,733	163,101	166,475
Y Coördinaat kom centrum	m	580,056	581,177	582,194
Kom factor gamma		4.07E-07	4.35E-07	4.35E-07
Kom factor delta		1.964	2.004	2.004
Maximale diepte kom centrum	mm	-325	-102	-63
Overlap andere kommen	mm	-5	-40	-0.4
Totale daling kom centrum	mm	-330	-142	-64
Totaal gemodelleerde GPS daling	mm	-322	-129	-63
Gemeten GPS daling	mm	-322	-131	-57

Tabel 1: Komvorm parameters voor de dalingskommen van BAS-1&2, BAS-3 en BAS 4, gebaseerd op een statistische analyse van de beweging van 178 peilmerken (Zweins, 5-kommen, v.8 Final).

In Bijlage 1 is een kaart met bodemdalingcontouren opgenomen, die de gesuperponeerde daling van de drie afzonderlijke dalingkommen weergeeft.

4. GPS-metingen

Sinds april 2004 staat er een GPS basisstation in Minnertsga en een meetstation op de BAS 1/2/3 winlocatie (GPS Station Barradeel). Het basisstation staat in een stabiel gebied dat niet door zout en/of gaswinning beïnvloed wordt. Het GPS station Barradeel staat dicht bij het diepste punt van de Barradeel dalingskom. In 2007 zijn er ook GPS stations geplaatst nabij de diepste punten van de BAS 3 en BAS 4 dalingskommen. In Bijlage 2 zijn de gemeten GPS dalingsgrafieken getoond.

Met 'differential' GPS wordt alleen het hoogteverschil gemeten tussen het basisstation en de de andere drie stations. De individuele metingen tonen een spreiding van enkele centimeters (lichtgrijze gebied in de dalingsgrafiek). Door het middelen van de metingen over tijd worden de trendlijnen bepaald die op mm niveau nauwkeurig zijn. FRISIA past trendlijnen toe op basis van voortschrijdende gemiddelden berekend over een periode van 16 weken (8 weken terug en 8 weken vooruit).

De trendlijn van het GPS station Barradeel is aan de hand van de september 2004 WP analyse 'opgehangen' aan de komdalingswaarde op de positie van het GPS station. Het GPS station Barradeel ligt echter niet precies in het diepste punt van de dalingskom. Het diepste punt verschuift bovendien gaandeweg in de richting van de BAS 3 caveerne, omdat daaruit nog zout geproduceerd wordt, terwijl de zoutwinning uit BAS-2 sinds 2004 gestopt is en winning uit BAS1 nog slechts in geringe mate plaatsvindt.

De geactualiseerde resultaten sinds het begin van de GPS metingen tot eind december 2009 zijn getoond in de grafieken in Bijlage 2. Uit Tabel 1 volgt dat voor het jaar 2009 nog 8 mm daling toegevoegd moet worden aan de grafiek van het GPS station Barradeel voor het bepalen van het diepste punt ten gevolge van zoutwinning in het winningvergunningsgebied Barradeel. De trendlijn toont aan dat sinds de productiestop in BAS 2 eind 2004 een sterke afvlakking van de bodemdaling opgetreden is. Eveneens uit Tabel 1 volgt dat in 2009 nog 11 mm daling moet worden toegevoegd aan de GPS grafiek van BAS 3 ter bepaling van het diepste punt boven caveerne BAS3. Hoewel het GPS station BAS 4 vrijwel boven caveerne BAS 4 ge-positioneerd is blijft de gemeten daling relatief sterk achter (7 mm) bij de gemodelleerde daling ter plaatse. De komende jaren zal blijken of de omliggende ondiep gefundeerde peilmerken een niet- verwaarloosbare autonome zakking vertonen t.o.v. het goed gefundeerde GPS punt.

5. Referenties en bijlagen

1. Meetregister bij het meetplan Barradeel II, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2009, Frisia Zout B.V., 18 februari 2010.
2. Jaarverslag Staatstoezicht op de Mijnen 2007, bijlage L.

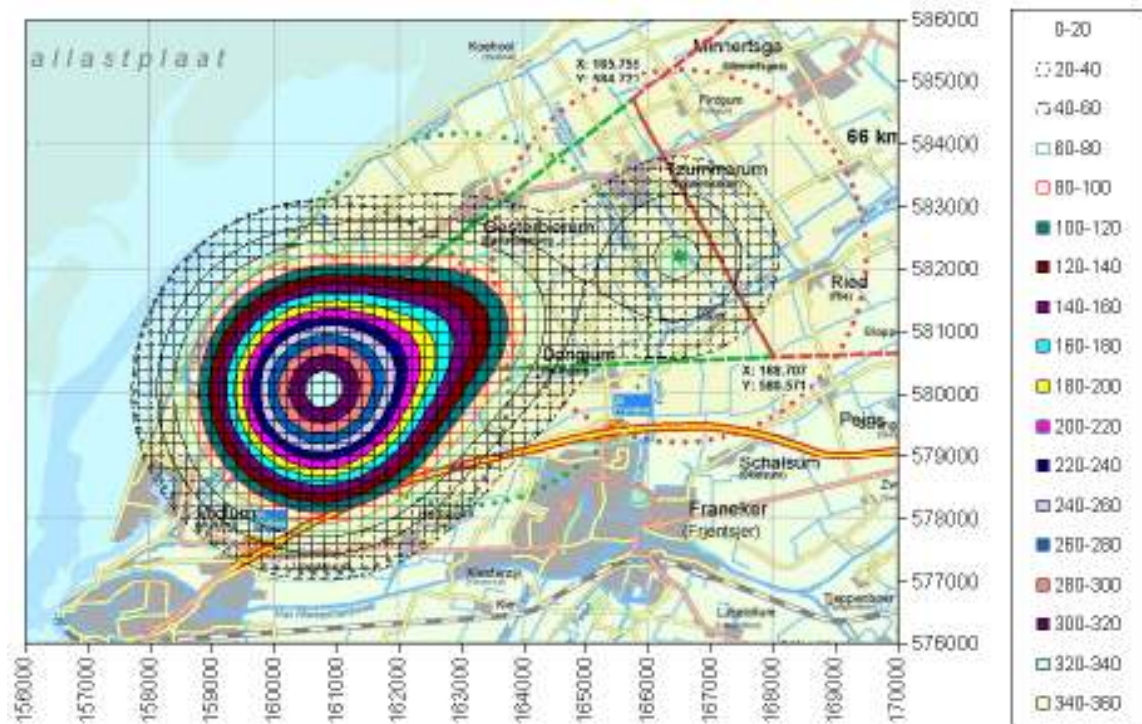
Bijlage 1: Kaart met contouren van bodemdaling ten gevolge van zoutwinning.

Bijlage 2: GPS dalingsgrafieken

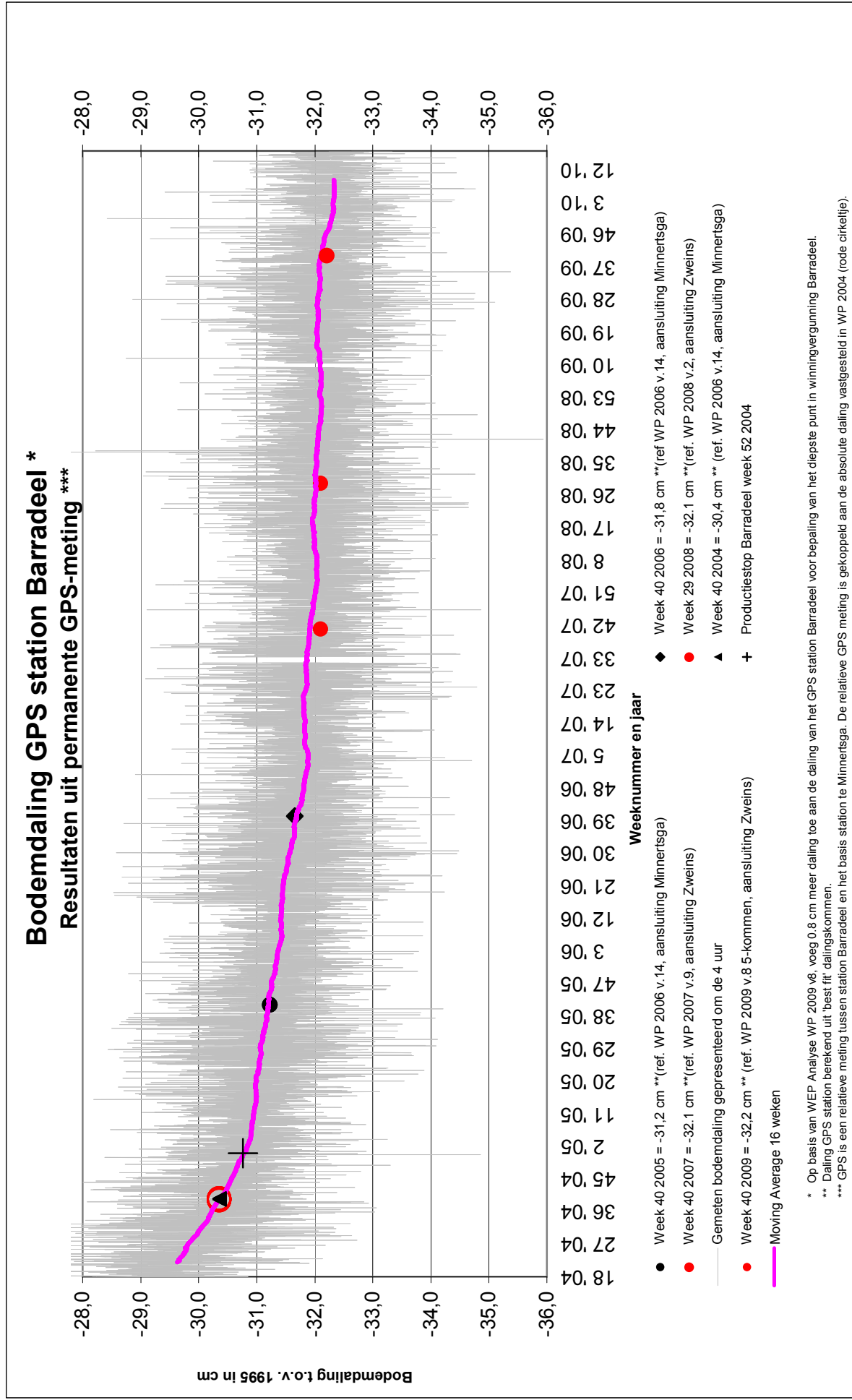
Bijlage 1

Kaart met contouren van daling ten gevolge van zoutwinning (daling in mm's)

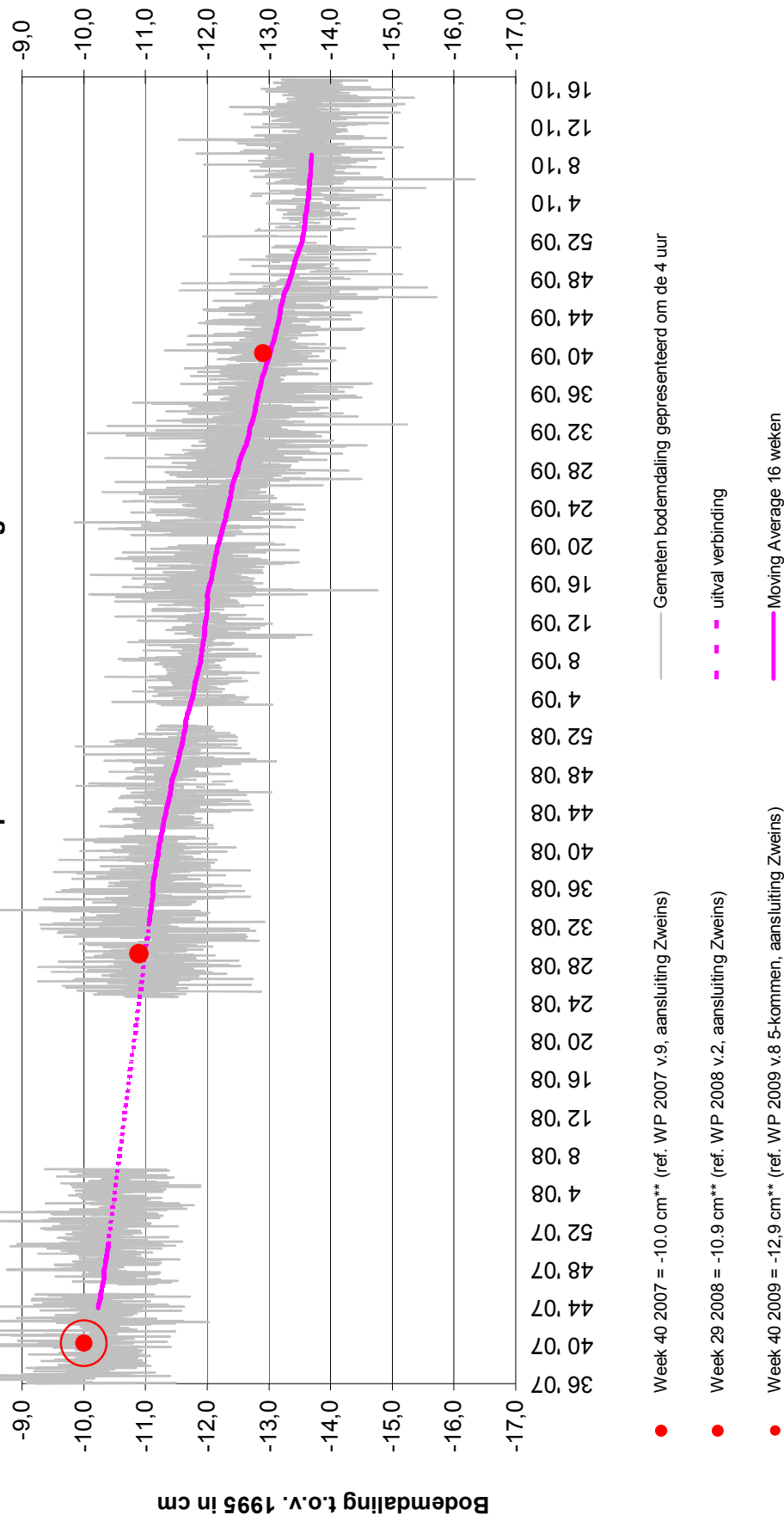
Contourkaartje WP_2009 aansluiting Zweins.



Bijlage 2: Resultaten GPS metingen



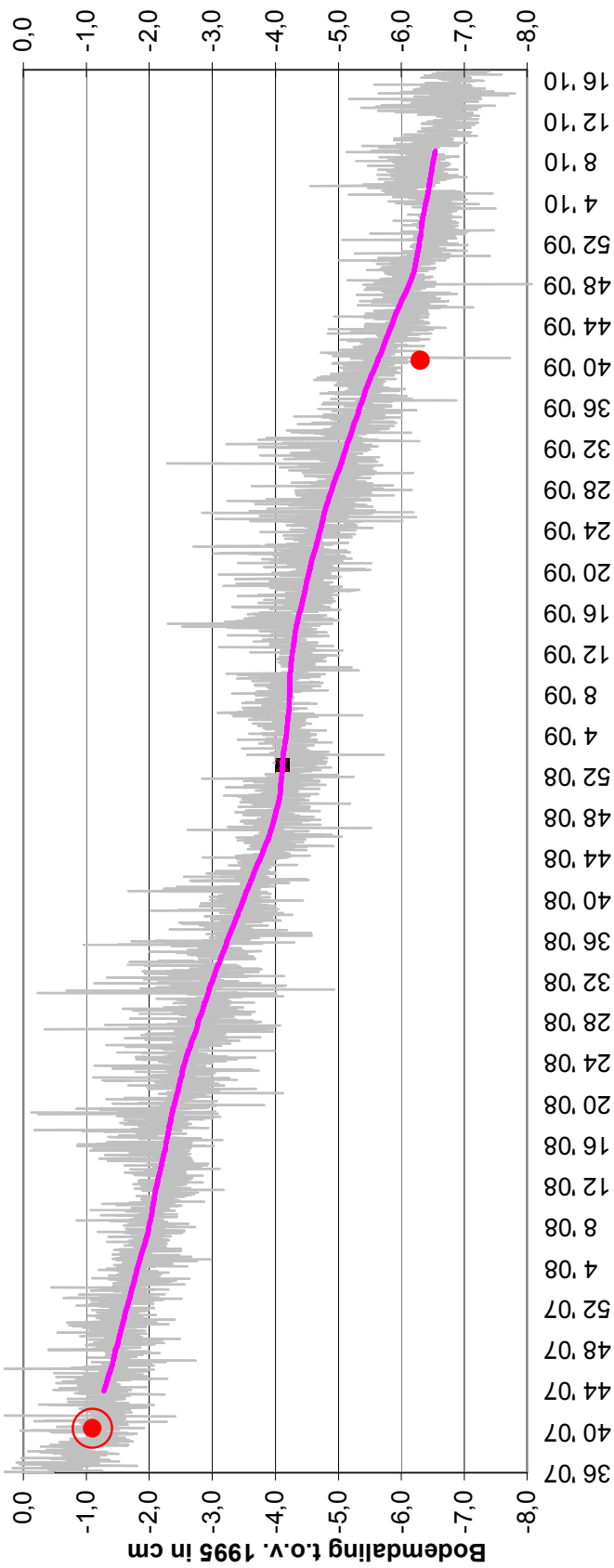
Bodemdaling Barradeel II GPS station Bas 3 * Resultaten uit permanente GPS-meting ***



* Op basis van WEP Analyse WP 2009 v.8, voeg 1.1 cm daling toe aan gemeten GPS daling voor bepaling diepste punt in winningvergunning Barradeel II boven locatie Bas3 cavene.
 ** Daling GPS station berekend uit 'best fit' dalingskrommen.
 *** GPS is een relatieve meting tussen station Bas3 en het basis station te Minnertsgea. De relatieve GPS meting is gekoppeld aan de absolute daling vastgesteld in WP 2007 (rode cirkeltje).

Bodemdaling Barradeel II GPS station Bas 4*

Resultaten uit permanente GPS-meting ***



- Week 40 2007 = -1,1 cm** (ref. WP 2007 v.9, aansluiting Zweins)
 - produktiestop week 52-01 2008-2009
 - Week 40 2009 = -6,3 cm** (ref. WP 2009 v.8 5-komen, aansluiting Zweins)
- Gemeten bodemdaling gepresenteerd om de 4 uur
 — Moving Average 16 weken

* Op basis van WEP Analyse WP 2009 v.8, voeg 0.7 cm meer daling toe aan de daling van het GPS station Bas4 voor bepaling van het diepste punt in winningvergunning Barradeel.II bij locatie Bas4.
 ** Daling GPS station berekend uit 'best fit' dalingskrommen.
 *** GPS is een relatieve meting tussen station Bas 4 en het basis station te Minnertsqa. De relatieve GPS meting is gekoppeld aan de absolute daling vastgesteld in WP 2007 (rode cirkeltje).