

**VERMILION
ENERGY**



Analyse Bodemdalingsmeetplannen Noordwolde-Weststellingwerf-De Hoeve- Vinkega-Diever-Eesveen, 2017

Door:

Versie: Rev. 01

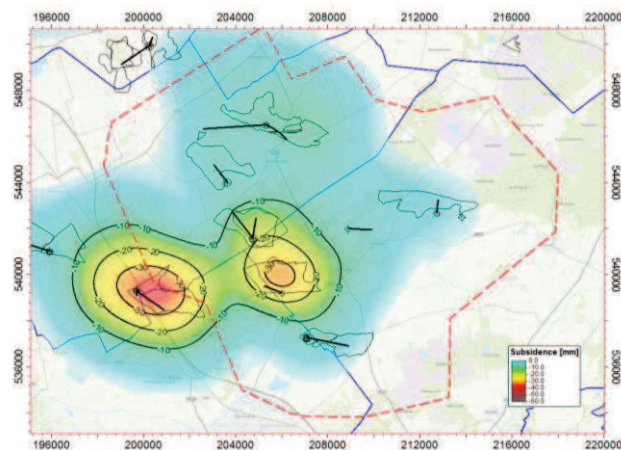
Datum: 08-Jun-2018

Samenvatting

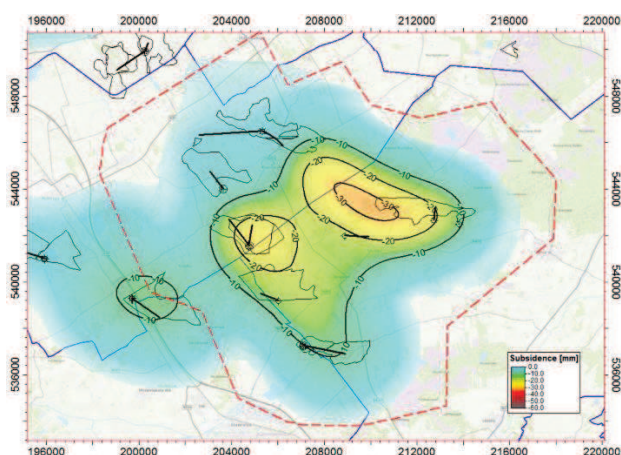
In 2017 en begin 2018 zijn bodemdalingsmetingen uitgevoerd in Zuidoost-Friesland en West-Drenthe, om de bodemdaling door gaswinning uit de voorkomens Noordwolde, Weststellingwerf, Vinkega, De Hoeve, Nijensleek, Eesveen en Diever te monitoren.

Bij al de voorkomens is de bodemdaling zeer beperkt. Bij Noordwolde en De Hoeve is de bodemdaling niet eenduidig waarneembaar. Dat geldt ook voor Weststellingwerf, waar de winning ruim 10 jaar geleden gestopt is. Voor Eesveen en Diever was de meting te kort na aanvang van de winning om bodemdaling waar te nemen. Bij Nijensleek ligt de winning al meer dan 10 jaar stil. De gemeten bodemdaling door de gaswinning in Vinkega is nu ten hoogste 1.5 cm. De samengestelde daling boven Nijensleek is nu 3.5 cm sinds 2000, dat is het diepste punt van de bodemdaling in dit gebied.

De nog te verwachten samengestelde bodemdaling is 2.4 cm boven Vinkega, 3.2 cm boven Diever, en ruim lagere getallen boven de ander voorkomens. Een volledige kaart is in dit rapport gegeven, samen met een tabel van de bijdragen van de individuele voorkomens.



Figuur 1-1 Op basis van aan de metingen gekalibreerde modellen geschatte huidige daling door gaswinning. De begrenzing van het meetplan is met een rode stippellijn aangegeven.



Figuur 1-2 Op basis van aan de metingen gekalibreerde modellen geschatte toekomstige daling. De begrenzing van het meetplan is met een rode stippellijn aangegeven.

Inhoudsopgave

1	GESCHIEDENIS VAN DE MEETPLANNEN NOORDWOLDE-WESTSTELLINGWERF-DE HOEVE-VINKEGA-DIEVER-EESVEEN	4
2	GAS PRODUCTIE.....	7
2.1	GESCHIEDENIS.....	7
2.2	PRODUCTIE-VOORUITZICHTEN	10
3	ANALYSE VAN DE MEETRESULTATEN	12
3.1	AANSLUITPUNT	12
3.2	AUTONOME DALING.....	12
3.3	STABILITEIT	13
3.4	AANGRENZENDE VOORKOMENS	13
3.5	MEETRESULTATEN PER VOORKOMEN	13
3.5.1	<i>Noordwolde.....</i>	<i>13</i>
3.5.2	<i>Weststellingwerf.....</i>	<i>16</i>
3.5.3	<i>De Hoeve.....</i>	<i>17</i>
3.5.4	<i>Nijensleek.....</i>	<i>20</i>
3.5.5	<i>Vinkega.....</i>	<i>21</i>
3.5.6	<i>Eesveen-01 en Eesveen-02.....</i>	<i>23</i>
3.5.7	<i>Diever.....</i>	<i>24</i>
4	METING, MODEL EN HERKALIBRATIE	26
4.1	DIEVER	29
4.2	VINKEGA.....	27
4.3	EESVEEN.....	29
5	CONCLUSIES.....	32
6	REFERENTIES.....	36
7	BIJLAGE - ADDITIONELE PEILMERK-DALINGS-GRAFIEKEN.....	37
8	BIJLAGE – AUTONOME EN MAAIVELD-DALING	42
8.1	RIJKSWATERSTAAT DATA	42
8.2	MAAIVELDDALING	44
9	BIJLAGE – PARAMETERS	45
9.1	DIEVER	45
9.2	EESVEEN.....	46
9.3	VINKEGA.....	48

1 Geschiedenis van de Meetplannen Noordwolde-Weststellingwerf-De Hoeve-Vinkega-Diever-Eesveen

In opdracht van Vermilion Energy Netherlands B.V. (hierna te noemen Vermilion) heeft Antea Group in 2017 en begin 2018 GPS- en waterpasmetingen verricht rond de gasvoorkomens Noordwolde, Weststellingwerf, De Hoeve, Vinkega, Nijensleek, Diever en Eesveen. De waterpassingen zijn in twee delen uitgevoerd, het eerste deel van Noordwolde tot Nijensleek, en het tweede deel van Nijensleek tot Diever. De twee delen overlappen, en hebben hetzelfde aansluitpunt, zodat er een gedeelde analyse kan worden uitgevoerd. Figuur 1-1 en Figuur 1-2 laten de twee meetnetten zien (ref. 20, 21).

De twee deel-meetnetten zijn ontstaan door samenvoeging van eerdere meetnetten Noordwolde-Weststellingwerf, Vinkega-De Hoeve, Nijensleek-Eesveen en Diever. De metingen uit deze eerdere meetnetten zijn verwerkt in de differentiestaten.

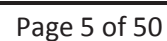
Naast waterpassingen zijn er ook GPS-metingen gedaan in Vinkega, De Hoeve (ref. 19) en Diever (ref. 17, 22). Deze zullen hieronder ook besproken worden.

Voor het Eesveen-02 deelvoorkomen was deze waterpassing de nulmeting. Datzelfde geldt voor de GPS meting (ref. 22).

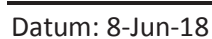
Waterpassingen zijn vlakdekkend, en geen een ruimtelijk beeld van de daling. GPS metingen worden op een klein aantal plaatsen uitgevoerd, maar over het algemeen met een hogere frequentie. Die geven dus een beter tijdsbeeld. Meetnauwkeurigheden zijn vergelijkbaar (~ 0.3 cm), maar afhankelijk van de fundering van de gekozen peilmerken.

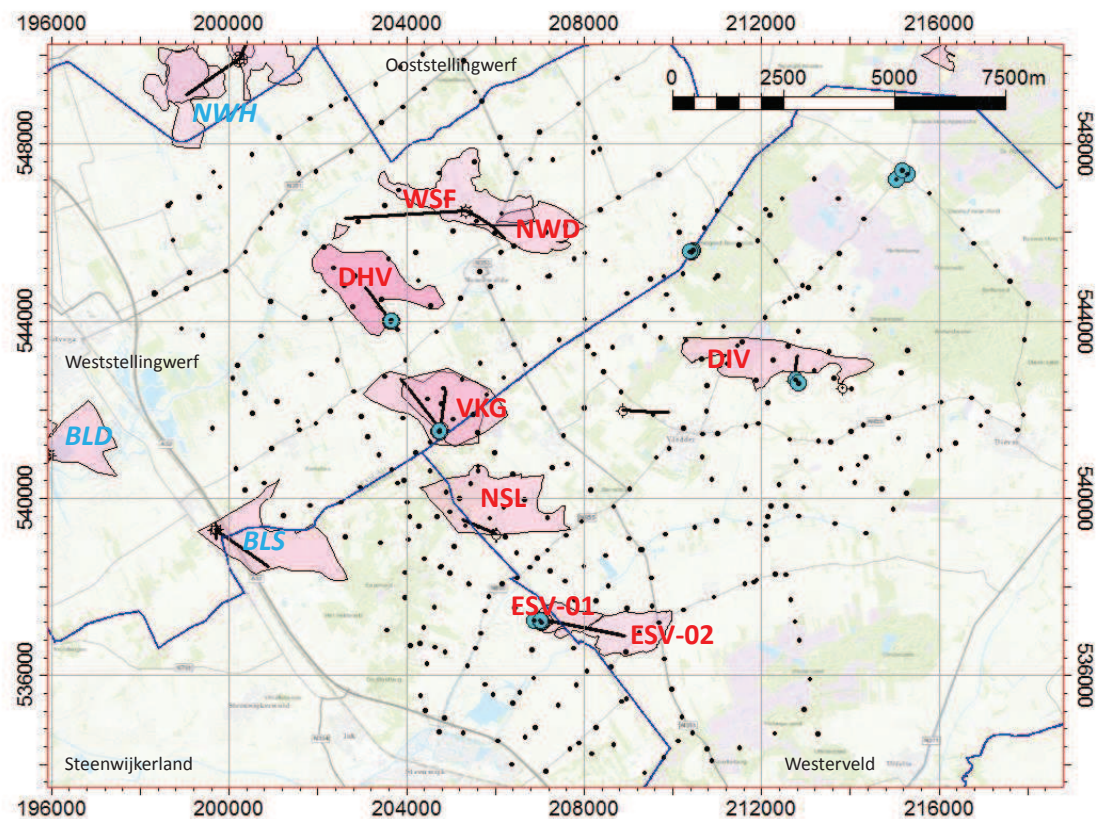
De tabel hieronder geeft de uitgevoerde metingen weer (W: waterpassing; G: GPS), gesplitst naar voorkomen.

	WSF	NWD	DHV	VKG	NSL	ESV	DIV
1997	W	W					
2000					W		
2006	W	W					
2008					W		
2011	W	W	W, G	W, G			
2012			G	G			
2015					W	W	W, G
2016							G
2017	W	W	W, G	W, G	W	W	W
2018						G	G



Figuur 1-2: Overzicht meetplan van Nijensleek tot Diever en Eesveen (ref. 21).



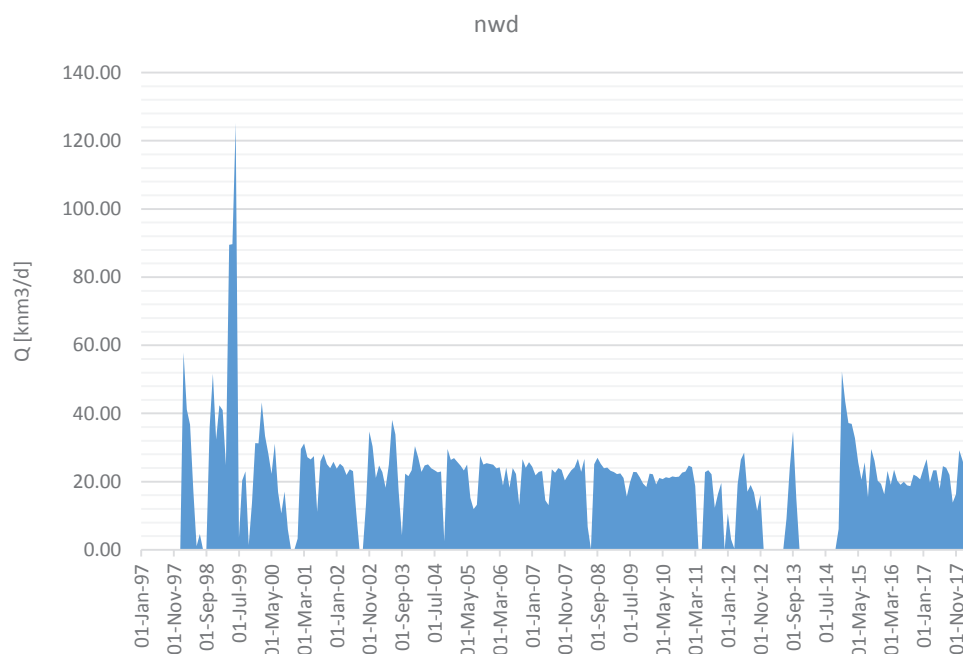


Figuur 1-3: Overzicht meetpunten uit de meetregisters: waterpaspunten in zwart, GPS punten in blauw. De voorkomens die besproken worden zijn aangegeven in rood, omliggende voorkomens in blauw. De blauwe lijnen zijn gemeentegrenzen. De westrand van het meetnet overlapt De Blesse (BLS) waar de winning in 1999 begon (zie ref. 12 voor een analyse van de bodemdaling daar).

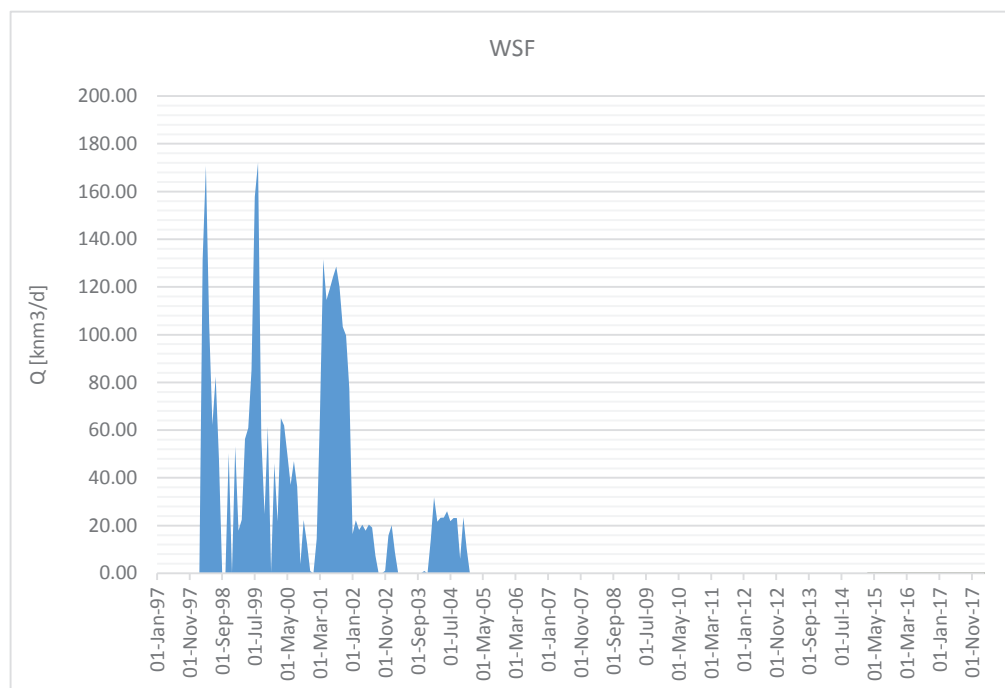
2 Gas productie

2.1 Geschiedenis

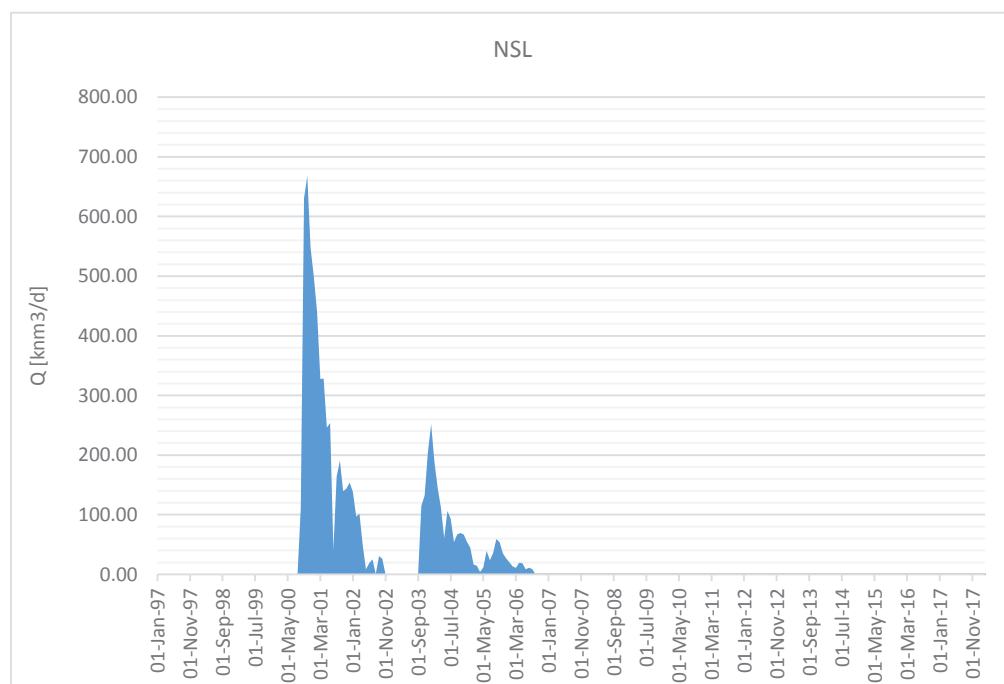
Meetplan	Naam	Af-korting	Formatie(s)	Start winning	Eind winning	Opmerkingen
Vinkega-De Hoeve-Noordwolde-Weststellingwerf	Vinkega	VKG	Rotliegend, Vlieland	2011		
	De Hoeve	DHV	Rotliegend, Zechstein, Vlieland	2012		Rotliegend op hoge druk uitgewaterd
	Weststellingwerf	WSF	Zechstein	1997	2005	Tijdelijk gebruikt voor waterinjectie (tot 2012)
	Noordwolde	NWD	Vlieland	1997		
Diever-Eesveen	Nijensleek	NSL	Vlieland	2000	2006	Wordt gebruikt voor waterinjectie
	Eesveen-01	ESV-01	Rotliegend	2015		
	Eesveen-02	ESV-02	Rotliegend			Alleen productietest uitgevoerd
	Diever	DIV	Rotliegend	2015		



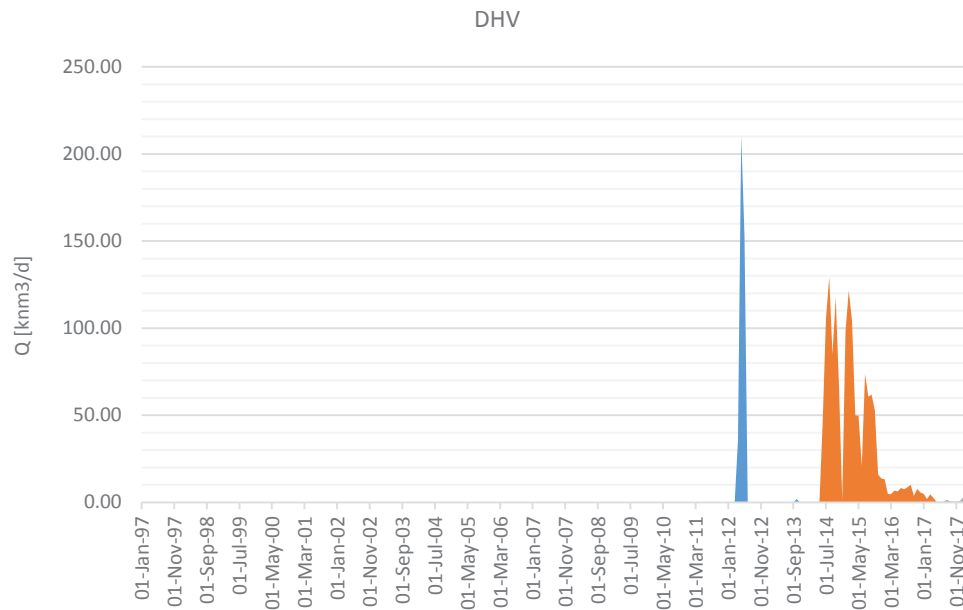
Figuur 2-1: Noordwolde productie geschiedenis.



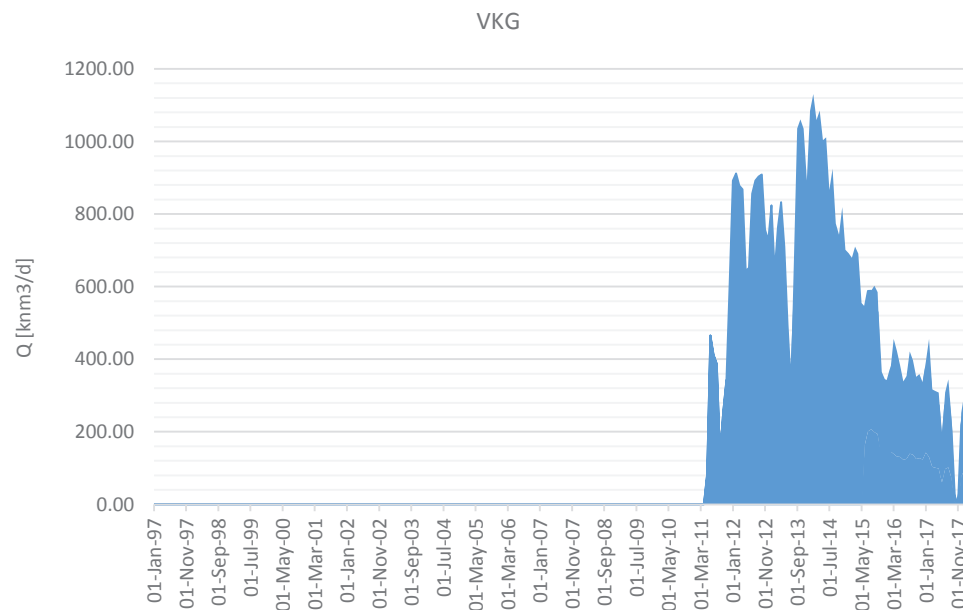
Figuur 2-2: Weststellingwerf productiegeschiedenis. De productie is beëindigd door uitwatering bij 115 bar, bij een initiële druk van 221 bar.



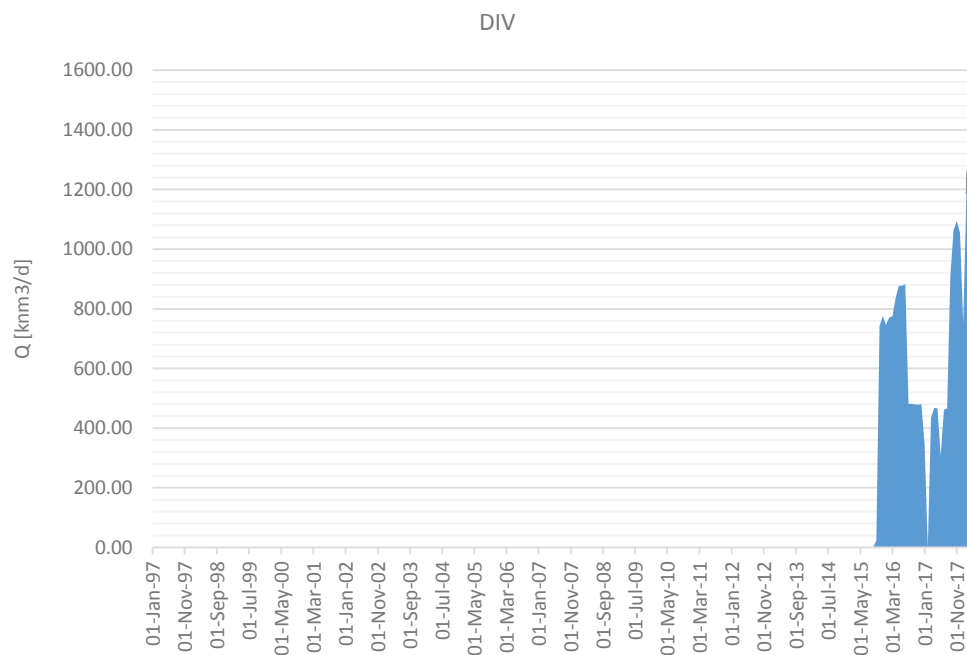
Figuur 2-3: Nijensleek productiegeschiedenis. De productie is beëindigd door uitwatering bij 23 bar, bij een initiële druk van 221 bar.



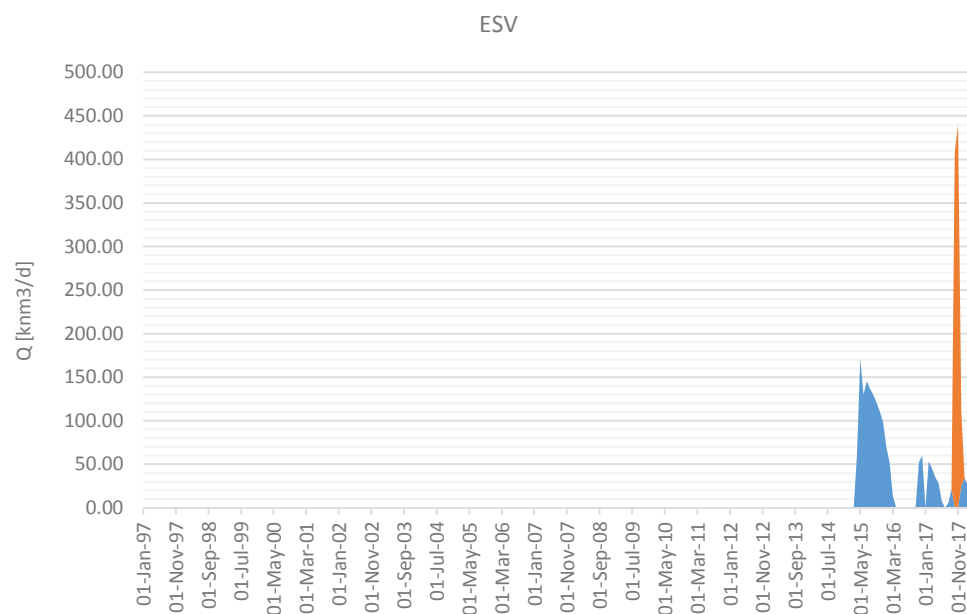
Figuur 2-4: De Hoeve productiegeschiedenis. De Slochteren (blauw) is uitgewaterd bij een druk van 198 bar, ten opzichte van een initiële druk van ongeveer 220 bar.



Figuur 2-5: Vinkega productiegeschiedenis. De twee Vinkega putten produceren gezamenlijk (commingled) uit Vlieland en Rotliegend.



Figuur 2-6: Diever productiegeschiedenis



Figuur 2-7: Eesveen productiegeschiedenis. De ESV-02 productie-test is ook weergegeven (oranje).

2.2 Productie-vooruitzichten

In de voorkomens in dit gebied die nog niet ingesloten zijn wordt nog productie verwacht. Waarschijnlijk zal de hoge druk in Diever en Eesveen-02 de productie-profielen van de ander voorkomens beïnvloeden, omdat het gas via dezelfde pijpleiding naar het behandlingsstation Garijp getransporteerd wordt. Dat zal betekenen dat de winning uit de andere voorkomens voor bepaalde periodes geheel zal stilvallen.

In de tabel hieronder staan de eindjaren zoals die in de vigerende winningsplannen staan (voor Eesveen is er een voorlopig instemmingsbesluit).

Meetplan	Voorkomen	Winningsplan tot en met	Opmerkingen
Vinkega-De Hoeve-Noordwolde-Weststellingwerf	Vinkega	2020	
	De Hoeve	2020	
	Weststellingwerf	-	Geen winning verwacht
	Noordwolde	2025	
Diever-Eesveen	Nijensleek	-	Geen winning verwacht
	Eesveen-01	2027	
	Eesveen-02		
	Diever	2023	

3 Analyse van de meetresultaten

3.1 Aansluitpunt

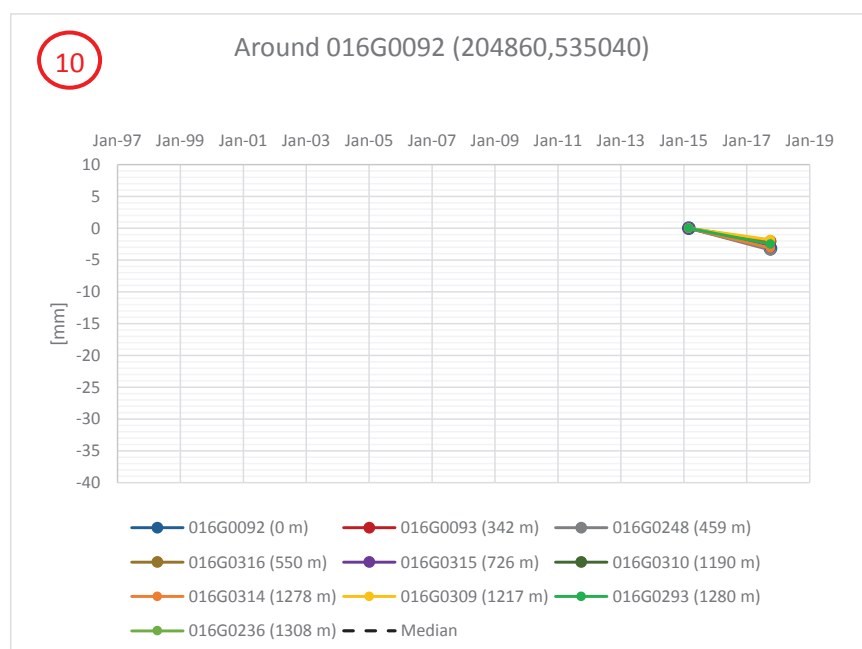
Voor de twee waterpassingen is het volgende aansluitpunt gebruikt:

- 000A2884, gelegen op ca. 2 km ten zuidzuidwesten van Boijl

Dit punt is ook bij de GPS metingen gebruikt. Het punt voldoet aan de stabiliteitscriteria (ref. 20, 21).

Het Noordwolde meetregister uit 2006 had als aansluitpunt 016F0130.

Het Nijensleek-Eesveen meetregister is in 2015 aangesloten via peilmerk 016G0092. Bij dat laatste punt is de NAP hoogte uit 2014 gebruikt. Gezien het gedrag 2015-2017 (Figuur 3-1) is het mogelijk dat de NAP hoogte van dit peilmerk in 2015 ongeveer 0.2 cm dieper was dan in 2014, en dat dus de meetwaarden uit dit meetregister ook een paar tienden van cm dieper moeten zijn.



Figuur 3-1 Daling rond peilmerk 016G0092 van 2015-2017 (ref.20, 21). Het peilmerk is in de Nijensleek-Eesveen waterpassing als referentie gebruikt, met een NAP hoogte uit 2014. Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-3

3.2 Autonome daling

Autonome daling is de daling van peilmerken die niet door mijnbouw veroorzaakt wordt. De mate van autonome daling zal ook afhangen van de funderingsdiepte van het peilmerk. Met name in peilmerken die ondieper dan het aansluitpunt gefundeerd zijn kan er autonome daling optreden. Maar verwacht kan worden dat er in dit opzicht individuele variaties tussen peilmerken zitten (maar zie paragraaf 3.3). Desalniettemin kunnen er globale inschattingen over gemiddelde waarden worden gedaan.

Punten aan de rand van het meetplan laten dalingen zien van +0.2 tot -0.5 cm. Dat duidt op een autonome daling van 0-0.5 cm over de periode 1997-2017 kunnen uitgaan, dat is 0-0.03 cm/y.

Als we naar de daling van peilmerken kijken voor er winning was, dan zien we getallen in de orde 0-0.3 cm over 15 jaar, dus 0-0.02 cm/y.

Bredere analyses van RWS data over het gedrag van peilmerken (Hoofdstuk 8) geven lage waarden in dit gebied.

Bij de analyses hieronder wordt de autonome daling niet van het resultaat afgetrokken. Dat geeft dus een conservatieve (ruime) schatting van de gas-gerelateerde daling.

3.3 Stabiliteit

Voor wat betreft individuele peilmerken, is de stabiliteit beoordeeld door de daling met omliggende peilmerken te vergelijken. Als het verschil groot is, wordt het peilmerk als instabiel beoordeeld. Daarnaast kan gekeken worden of het afwijkend gedrag van het peilmerk al bestond voor de gaswinning begon.

In dit gebied is het aantal instabiele peilmerken relatief klein. Een voorbeeld is 016E0089 in Figuur 3-7. De overall resultaten worden hier niet significant nadelig door beïnvloed.

3.4 Aangrenzende voorkomens

In het westen van het gebied is de flank van de bodemdalingsskom van De Blesse waarneembaar. Deze valt onder een ander meetplan, en is elders besproken (ref. 12). Andere significante overlap-effecten zijn niet aanwezig. Waar nodig (m.n. ten westen van Vinkega) zijn punten uit het meetregister De Blesse meegenomen.

3.5 Meetresultaten per voorkomen

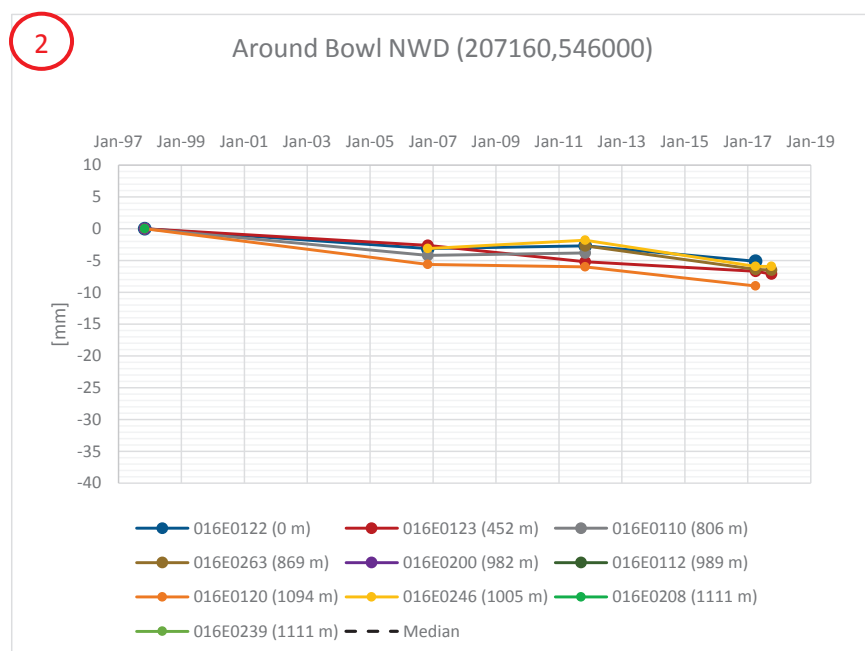
Hieronder worden de belangrijkste meetresultaten per voorkomen besproken. Naast het bekijken van de stabiliteit van peilmerken (hierboven besproken), wordt bij het leggen van de relatie tussen gaswinning en bodemdaling naar de volgende factoren gekeken:

1. Is de daling significant, in relatie tot de meetnauwkeurigheid?
2. Is de daling na begin van de gaswinning anders dan daarvoor?
3. Is een komvorm in de daling herkenbaar? Of, met andere woorden, gedragen peilmerken in de buurt van de winning zich anders dan verder weg?

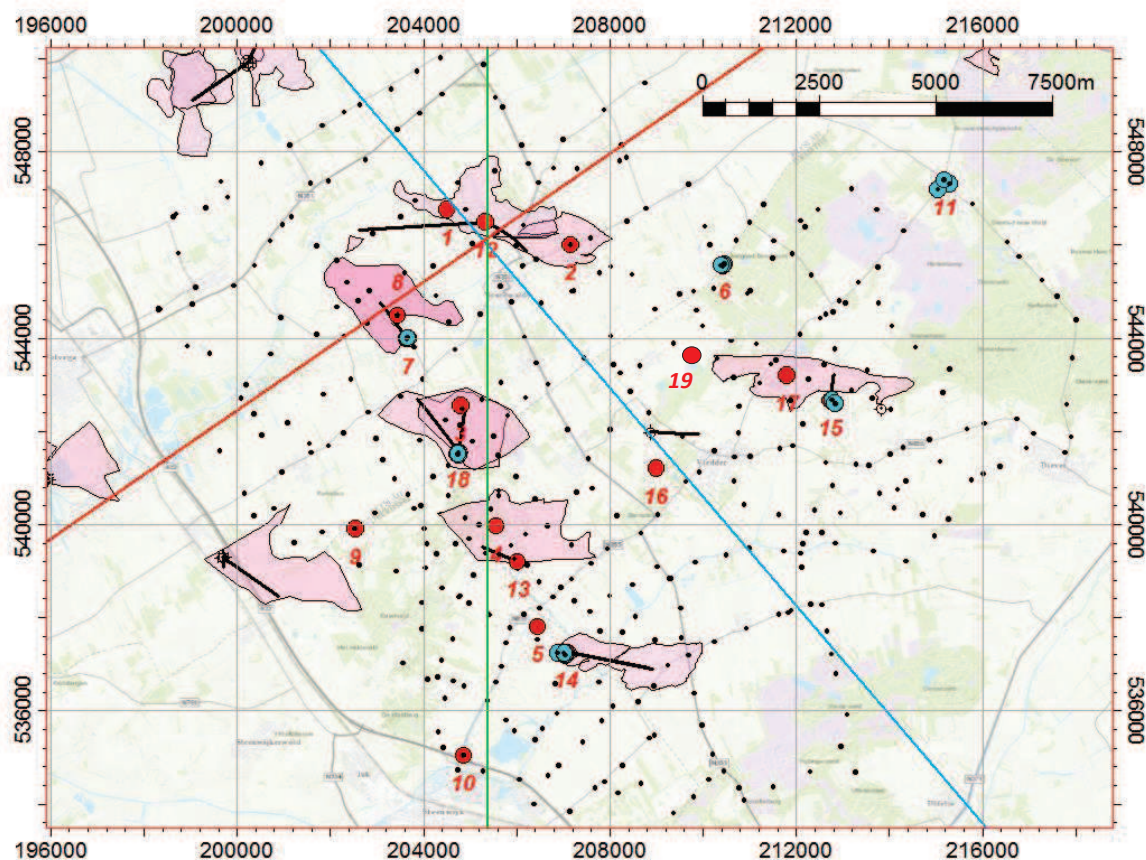
Bij het beantwoorden van de laatste twee vragen wordt soms van Rijkswaterstaat data gebruik gemaakt, omdat die een grotere periode en gebied beschrijft (zie bijlage, par. 8.1, voor de beperkingen bij het gebruik van die data).

3.5.1 Noordwolde

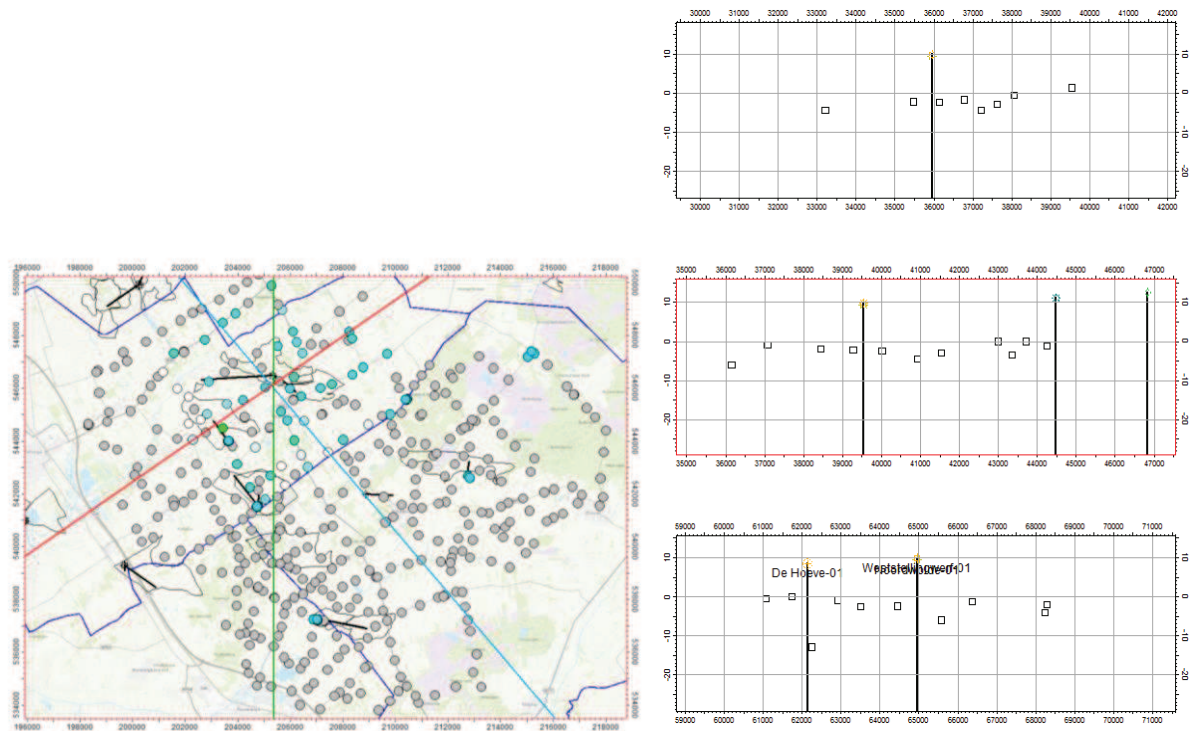
Er is geen eenduidige aanwijzing voor bodemdaling t.g.v. productie in het Noordwolde voorkomen (gestart in 1997). Mogelijk is er 0.5 cm daling, maar dit is (zeker over zo'n lange periode) aan de rand van de meetnauwkeurigheid. Er is geen duidelijke komvorm zichtbaar (Figuur 3-4, Figuur 3-5).



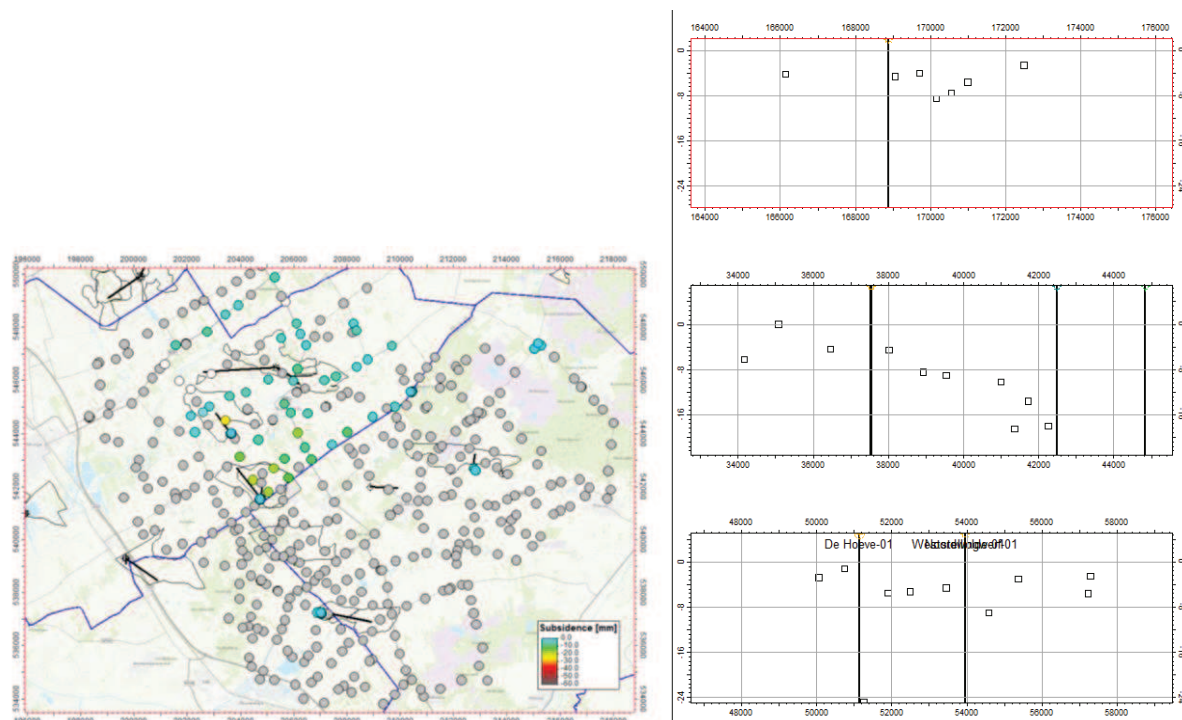
Figuur 3-2 Peilmerkdaling boven NWD (ref.20, 21). Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-3.



Figuur 3-3 Kaart van het meetnet. In blauw de GPS locaties (ref.20, 21, 19, 22). De blauwe, groene en rode lijnen geven aan waarlangs de cross-sections zijn gemaakt t.b.v. de analyse DHV, WSF, NWD. De cijfers in rood refereren aan de peilmerkgrafieken elders in dit rapport.



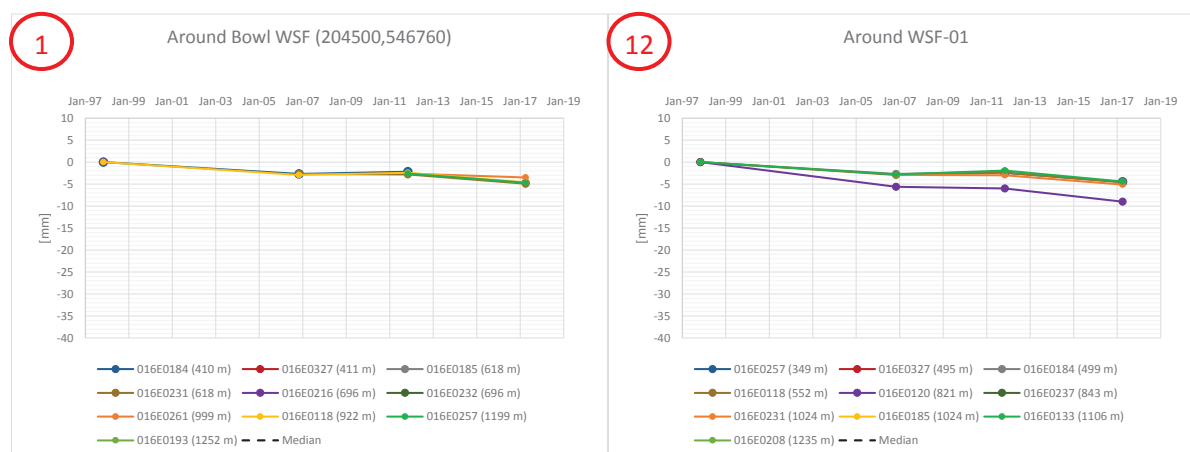
Figuur 3-4 Bodemdaling 1997-2011 in mm, voor dat deel van het meetplan waar in die jaren een meting is gedaan (ref.20, 21). Overige punten in grijs. Drie cross-secties (sterk verticaal uitvergroet) rechts (van boven naar beneden: N→Z, ZO→NW, ZW→NO). Er zit wat variatie in de punten, maar een duidelijke komvorm is niet te zien. De figuren geven de situatie vóór het begin van productie uit Vinkega in 2011. Op bijvoorbeeld de onderste cross-sectie is duidelijk te zien dat er wat “ruis” in de metingen zit; sommige individuele punten wijken af van de omgeving.



Figuur 3-5 Bodemdaling 1997-2017 [mm], voor dat deel van het meetplan waar in die jaren een meting is gedaan. Overige punten in grijs. Drie cross-sections (sterk verticaal uitvergroet) rechts (van boven naar beneden: N → Z, ZO → NW, ZW → NO, als in de figuur boven). Er zit wat variatie in de punten, maar een duidelijke komvorm is niet te zien.

3.5.2 Weststellingwerf

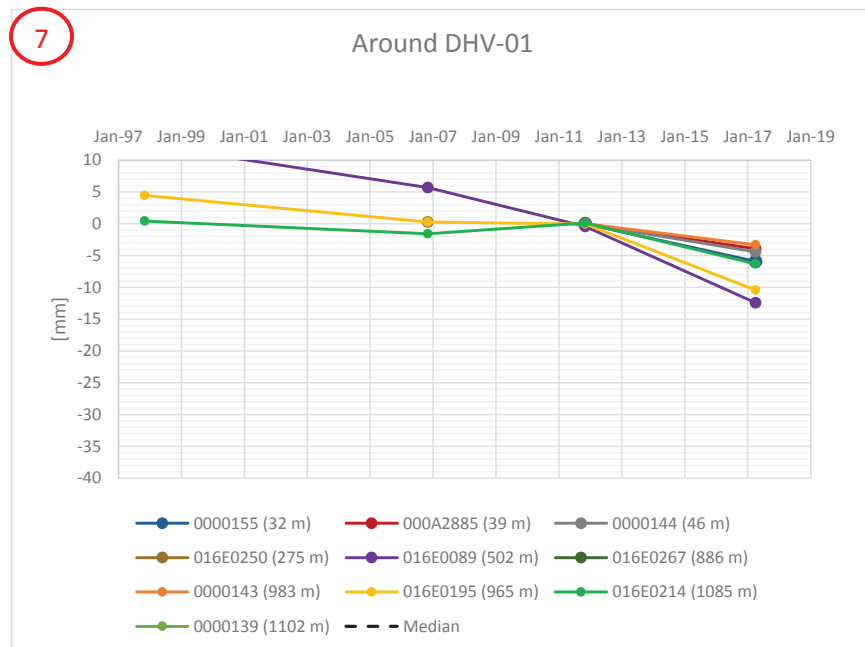
Weststellingwerf produceerde van 1997 tot 2005, zie Figuur 2-2. Er is geen eenduidige aanwijzing voor bodemdaling t.g.v. productie in het Weststellingwerf voorkomen. Mogelijk is er 0.5 cm daling, maar dit is (zeker over zo'n lange periode) aan de rand van de meetnauwkeurigheid. Er is geen duidelijke komvorm zichtbaar (Figuur 3-4).



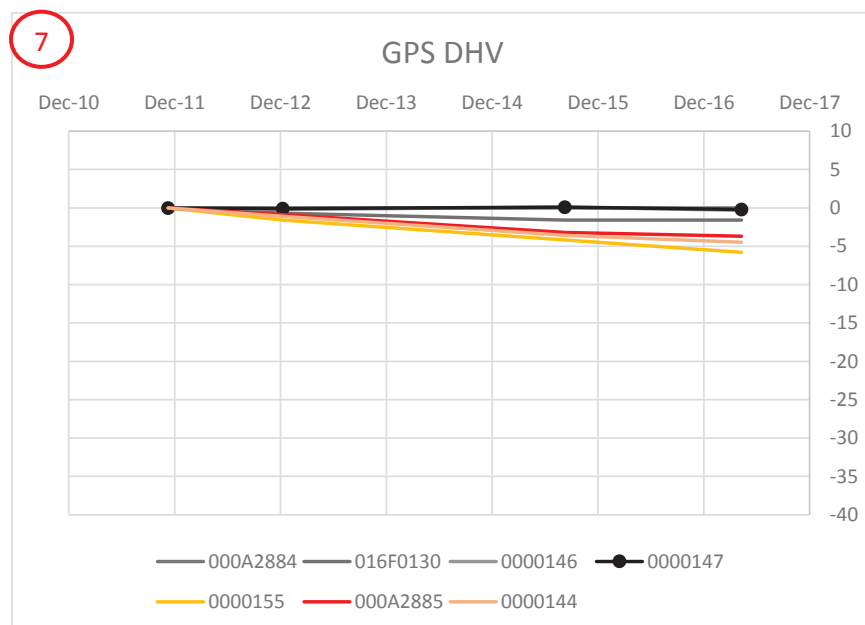
Figuur 3-6 Peilmerkdaling rond twee punten boven WSF (ref.20, 21). De rode cijfers geven de locaties aan op Figuur 3-3

3.5.3 De Hoeve

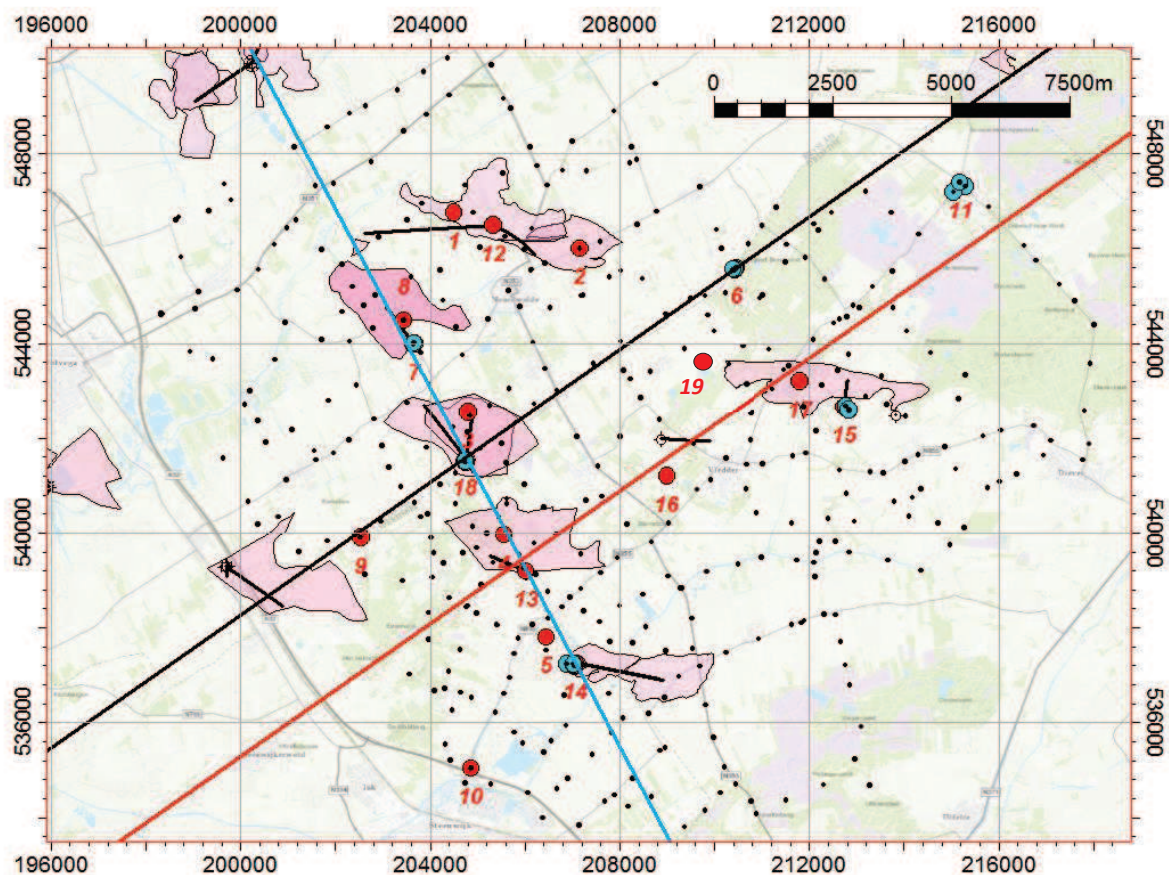
Er is geen eenduidige aanwijzing voor bodemdaling t.g.v. productie in het De Hoeve voorkomen (gestart in 2012). Mogelijk is er 0.5 cm daling, maar dit is (vanwege overlap met de Vinkega dalingskom) aan de rand van de meetnauwkeurigheid. Er is, mede ook door de overlap met Vinkega, geen duidelijke komvorm zichtbaar (Figuur 3-5, Figuur 3-11).



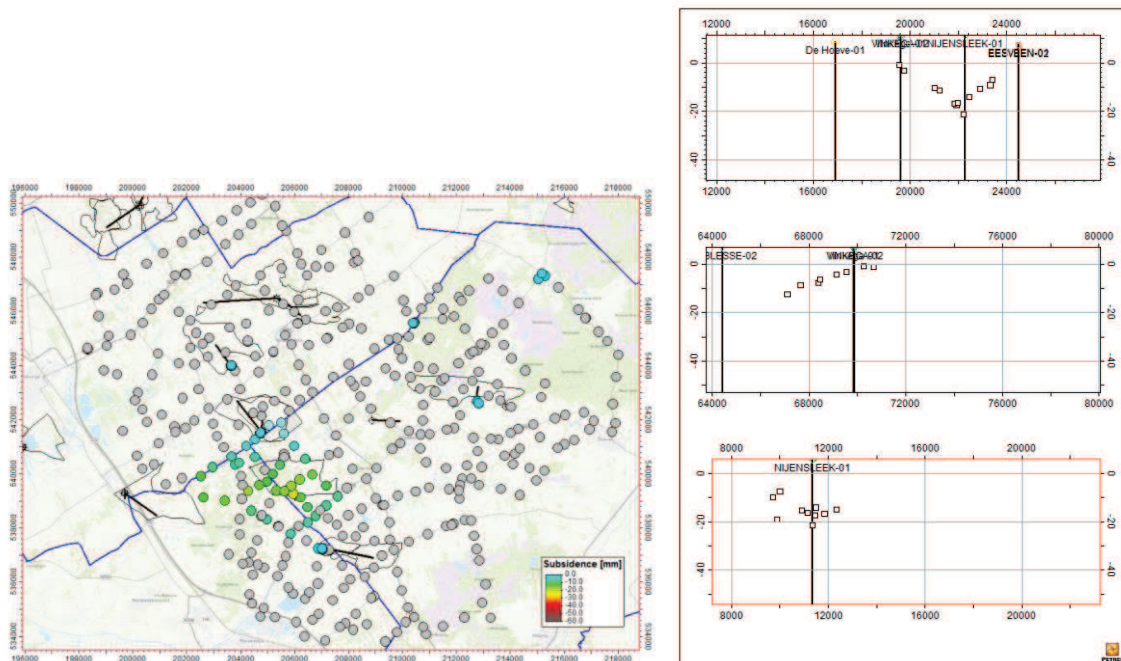
Figuur 3-7 Peilmerkdaling rond de locatie DHV-01 (ref.20, 21). Het peilmerk 16E0089 vertoont afwijkend gedrag, en daalde al voor de winning begon.



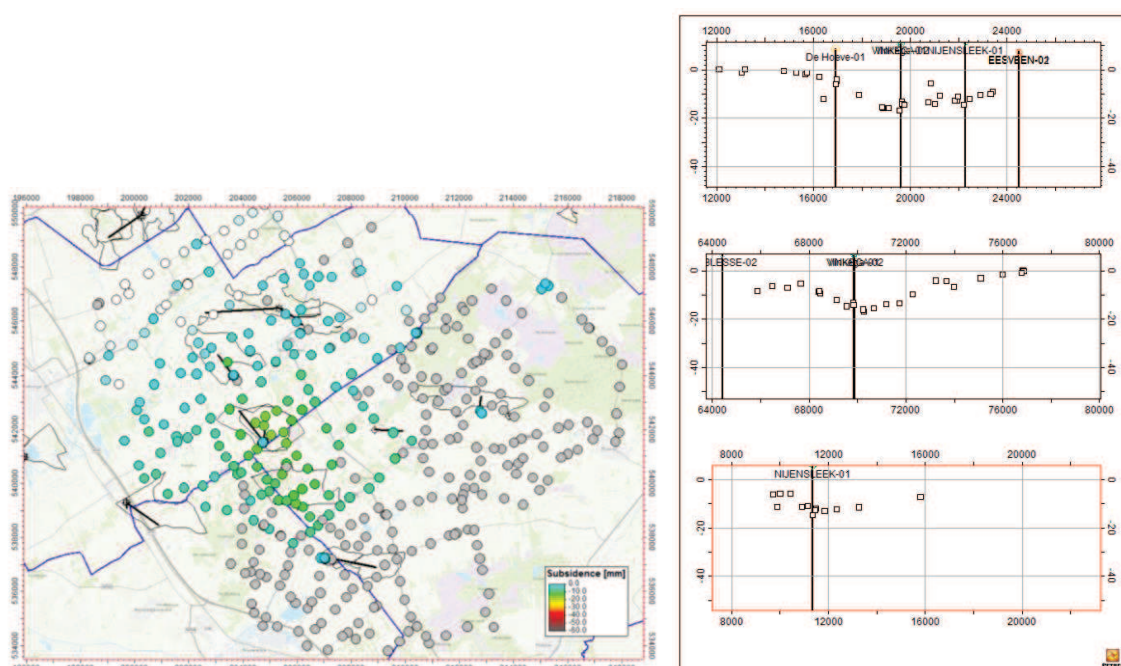
Figuur 3-8 GPS data De Hoeve. In zwart referentiepunt Boijl, in oranje De Hoeve (ref. 19).



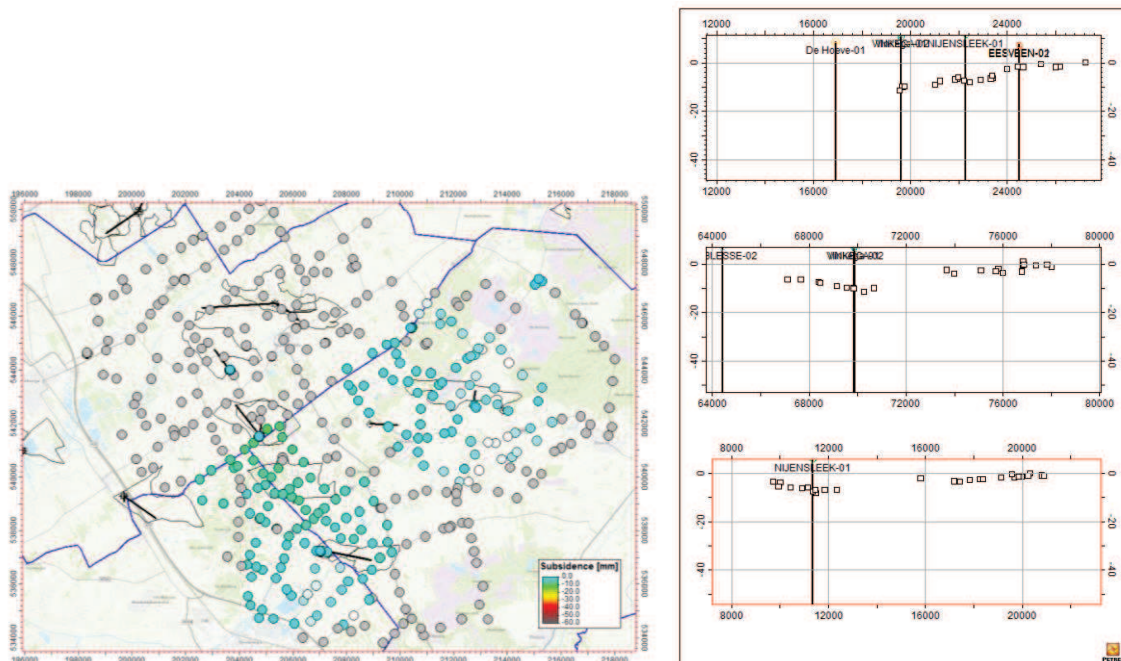
Figuur 3-9 Kaart van het meetnet. In blauw de GPS locaties. De blauwe, rode en zwarte lijnen geven aan waarlangs de cross-secties zijn gemaakt t.b.v. de analyse DHV, VKG, NSL, ESV (ref.20, 21, 19, 22). De nummers in rood refereren aan de peilmerkgrafieken elders in dit rapport.



Figuur 3-10 Bodemdaling 2000-2011 in mm, voor dat deel van het meetplan waar in die jaren een meting is gedaan (ref.20, 21). Overige punten in grijs. Cross-secties (sterk verticaal uitvergroet) rechts (van boven naar beneden: blauw NW→ZO, zwart, rood ZW→NO, als in Figuur 3-9). Een duidelijke kom is boven Nijensleek te zien. Ook is de oostflank van De Blesse zichtbaar. In deze periode produceerde Nijensleek (vanaf 2000), maar De Vinkega, Eesveen & Diever nog niet.



Figuur 3-11 Bodemdaling 2011-2017 in mm, voor dat deel van het meetplan waar in die jaren een meting is gedaan (ref.20, 21). Overige punten in grijs. Twee cross-secties (sterk verticaal uitvergroet) rechts (van boven naar beneden: blauw NW→ZO, zwart, rood ZW→NO, als in Figuur 3-9). Een duidelijke kom is boven Vinkega en Nijensleek te zien. In deze periode produceerde Vinkega (vanaf 2011) en Eesveen & Diever (vanaf 2015). Omdat Nijensleek niet produceerde in deze periode (gestopt in 2006) is het waargenomen effect het gevolg van gaswinning uit Vinkega. Boven DHV, NWD (die beiden ook produceerden in deze periode) is geen eenduidige dalingskom waarneembaar.



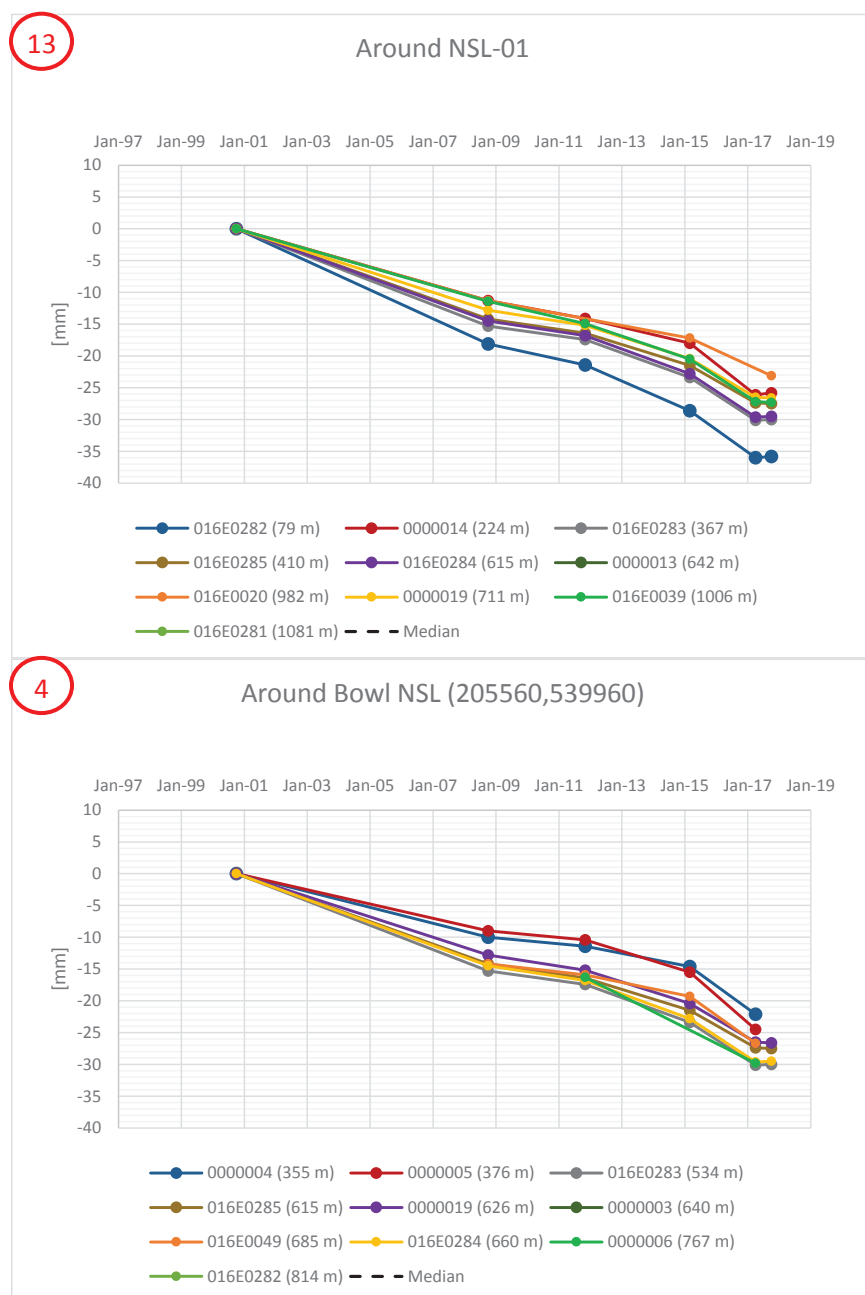
Figuur 3-12 Bodemdaling 2015-2017 in mm, voor dat deel van het meetplan waar in die jaren een meting is gedaan (ref.20, 21). Overige punten in grijs. Cross-sections (sterk verticaal uitvergroet) rechts (van boven naar beneden: blauw NW → ZO, zwart, rood ZW → NO, als in Figuur 3-9). Een duidelijke komflank is ten noorden van Eesveen te zien, boven Nijensleek (bovenste x-sectie, groene punten op kaart), dat goed overeenkomt met het patroon 2011-2017 (Figuur 3-11). Het centrum van die kom ligt dus boven Vinkega. In deze periode produceerde Vinkega (vanaf 2011) en Eesveen & Diever (vanaf 2015). Boven Eesveen en Diever is nog geen duidelijk aan die winningen koppelbaar patroon zichtbaar.

3.5.4 Nijensleek

De winning uit Nijensleek vond plaats van 2000 tot 2006. In 2011 was er een daling van 1.5-2 cm te zien, met een afvlakkend profiel. Er was een duidelijke komvorm te zien (Figuur 3-10, zie ook ref. 16).

Nu de meetregisters samengevoegd zijn (vgl. ref. 16), is te zien dat er van 2011-2015 opnieuw daling heeft plaatsgevonden, die zich na 2015 heeft voortgezet (Figuur 3-13). Omdat er geen productie was in Nijensleek, en voor 2015 ook niet in Eesveen, kan deze daling alleen door Vinkega veroorzaakt zijn (Figuur 3-12). In de duidingsparagraaf hieronder wordt dit nader besproken.

De samengestelde bodemdaling boven Nijensleek is nu (eind 2017) ongeveer 3.5 cm, vanaf 2000.



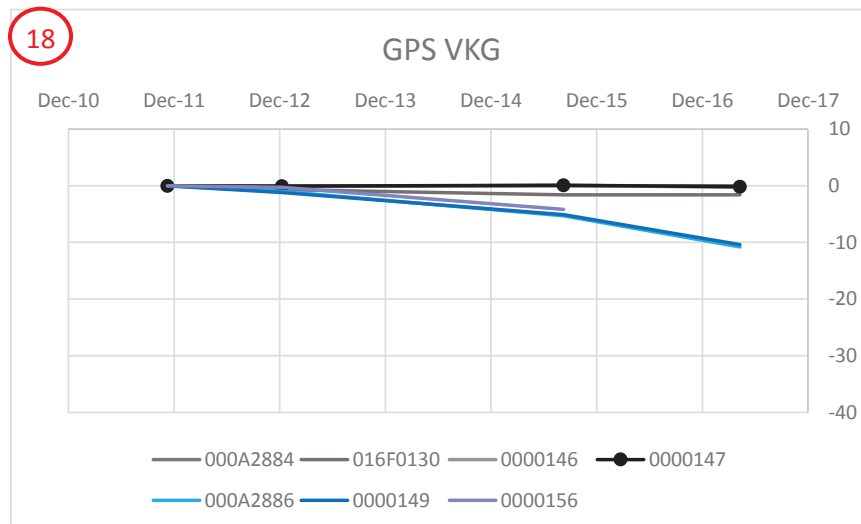
Figuur 3-13 Peilmerk daling rond twee punten boven het voorkomen Nijensleek (ref.20, 21)

3.5.5 Vinkega

Boven het voorkomen Vinkega is een bodemdaling te zien van ongeveer 1.0 (GPS) – 1.5 cm (waterpassing). De signatuur van daling door Vinkega is ook boven Nijensleek ten noorden van Eesveen-01 te zien (Figuur 3-12). Er is, met andere woorden, een duidelijke komvorm te zien die zich uitstrekt tot boven Nijensleek. In de duidingsparagraaf hieronder wordt dit nader besproken.



Figuur 3-14 Waterpassingsresultaten op twee locaties in de Vinkega kom (ref.20, 21).



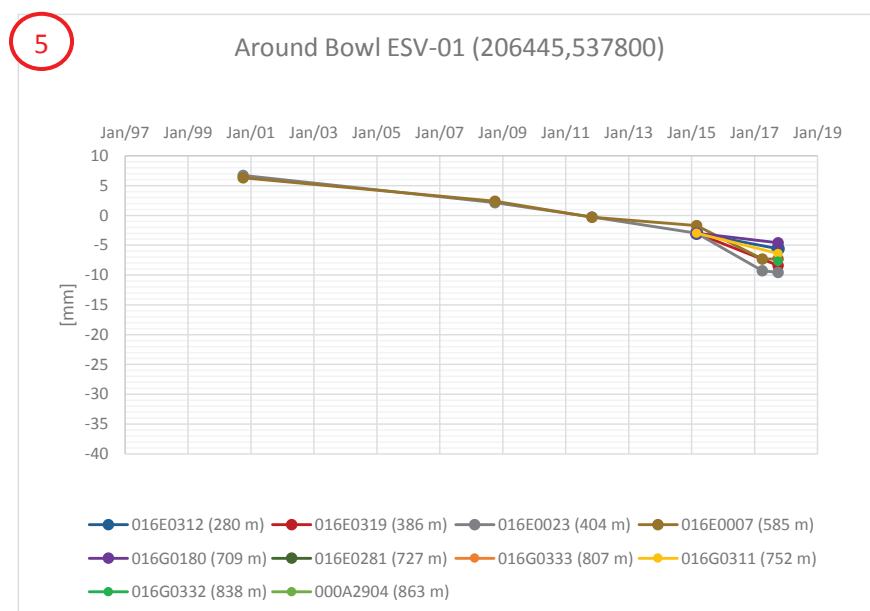
Figuur 3-15 GPS data Vinkega. In zwart referentiepunt Boijl, in blauw Vinkega (ref. 19).

3.5.6 Eesveen-01 en Eesveen-02

Waarschijnlijk is er aan de noordrand van de Eesveen-01 dalingskom, overlap met de Vinkega dalingskom, zoals ook in de Nijensleek en Vinkega paragrafen hierboven is besproken. In de duidingsparagraaf hieronder wordt dit nader toegelicht. Opgemerkt moet worden dat de precieze grootte van het effect afhangt van de interpretatie van het gedrag van het aansluitpunt van het meetregister Nijensleek-Eesveen-2015 (zie paragraaf 3.1).

Gezien deze overlap, laat Figuur 3-12 zien dat er in de periode 2015-2017 geen bodemdaling eenduidig door winning uit het deelvoorkomen Eesveen-01 was. Omdat de winning pas eind 2015 gestart is, was dat ook niet verwacht.

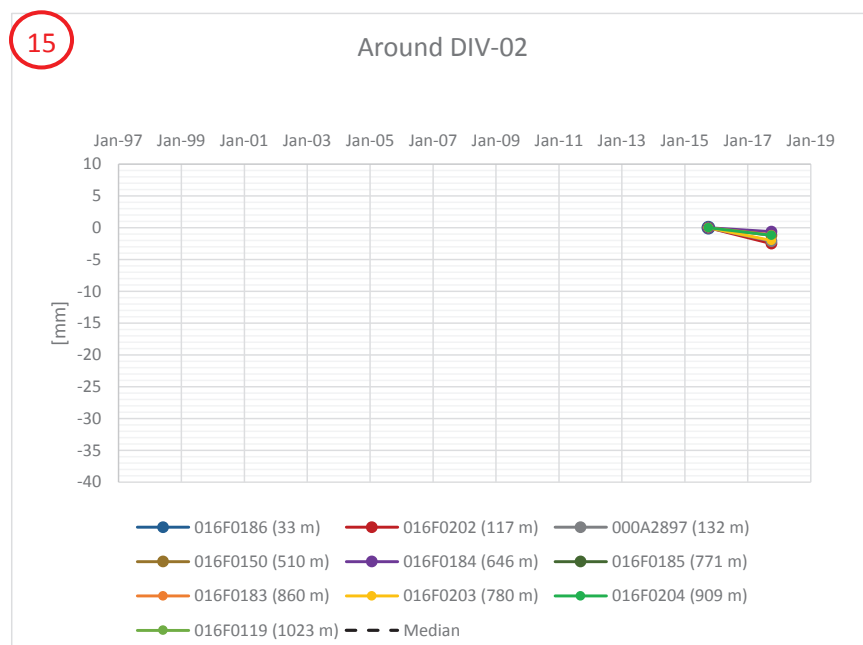
Voor Eesveen-02 was dit een nulmeting. Bij de boring is geen depletie geconstateerd. De kommen die elders wel gesignaleerd zijn (VKG, NSL), reiken niet tot boven dit deelvoorkomen. Dus is er geen bodemdaling door winning uit andere voorkomens boven dit voorkomen.



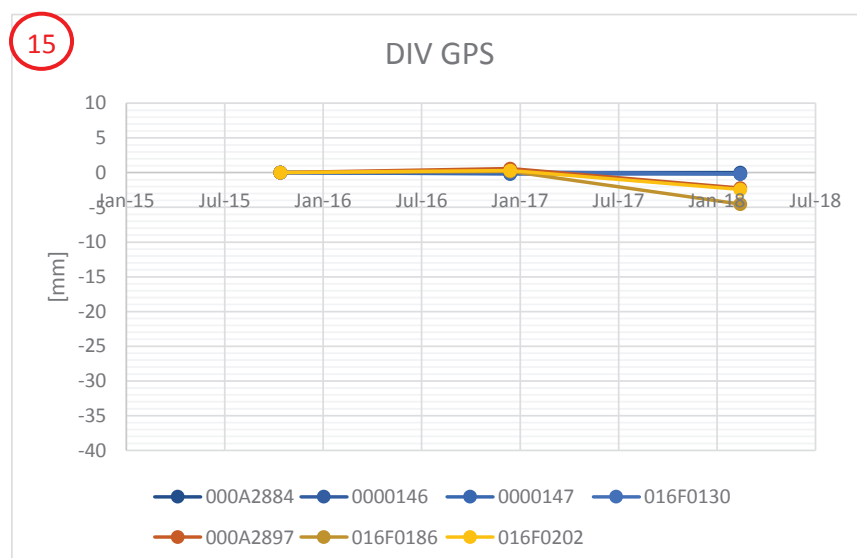
Figuur 3-16 Peilmerkdaling boven deelvoorkomen ESV-01 (ref.20, 21). Er wordt een kleine daling waargenomen, maar zoals hierboven besproken is die het gevolg van de winning in Vinkega (Figuur 3-12).

3.5.7 Diever

Bij het voorkomen Diever is nog geen significante bodemdaling waargenomen. Omdat de winning pas eind 2015 gestart is, was dat ook niet verwacht. Mogelijk is er 0.3-0.5 cm te zien op de GPS meting 2018, maar dit is aan de rand van de meetnauwkeurigheid.



Figuur 3-17 Resultaten waterpassing 2017 rond de Diever putlocatie (ref.20, 21). Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-9.



Figuur 3-18 GPS data Diever. In blauw referentiepunt Boijl, in oranje Diever (ref. 17, 18, 22). Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-9.

4 Meting, model en herkalibratie

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe de metingen die het afgelopen jaar, en daarvoor, gedaan zijn, verwerkt wordt in verbeterde voorspellingen. Dat gebeurt door de modelberekeningen te vergelijken met de waarnemingen, zowel in tijd, als ruimtelijk, en dan vervolgens de modellen aan te passen als daar aanleiding toe is.

De bodemdalings-modelberekening wordt uitgevoerd conform de methode van Van Opstal (ref.1). In principe wordt de modelberekening probabilistisch uitgevoerd als er nog een significante bodemdaling te verwachten is. Voor elke onzekere invoer-parameter is de onzekerheid gerepresenteerd door 2-3 waarden mee te nemen (zie de tabellen Bijlage 9). Bij de bepaling van de mogelijke waarden zijn eerdere ervaringen in analoge Vermilion voorkomens gebruikt, en ook gerapporteerde NAM waarden (2015, ref. 11).

De bodemdaling ijlt over het algemeen na bij de drukdaling. Dit wordt gemodelleerd door middel van een zogenaamde 'eerste orde correctie'. Een analyse van NAM (ref.4) laat een vertraging (τ) van ongeveer 3 jaar zien. Dat is in overeenstemming met de ervaring van Vermilion. Er is vanuit gegaan dat de tijdafhankelijkheid en de ruimtelijke vorm onafhankelijk van elkaar zijn (voor elk deelvoorkomen):

$$s(x,y,t) = f(x,y) g(t)$$

Voor relatief kleine voorkomens, zoals hier, is dat een redelijke aanname. Ook voor de waarde van τ wordt een onzekerheid genomen.

De bodemdaling is vervolgens voor alle parametercombinaties uitgerekend, en aan alle combinatie-realisaties is een kans toegekend (zie bijvoorbeeld de tabellen in de bijlage, hoofdstuk 9). Het resultaat is een kansverdeling.

Vervolgens wordt een groot aantal realisaties van de dalingskromme vergeleken met de bodemdaling op een geselecteerde locatie (meestal diepste punt van de kom). Als er op die locatie een bijdrage is van een ander voorkomen wordt dat meegenomen. Elke realisatie krijgt een gewichtsfactor afhankelijk van de mate waarin deze bij de metingen past: beter passende krommen krijgen een hoger gewicht dan slechter passende. Dit komt neer op de methode van Bayes (ref. 3). Dat leidt tot een nauwere kansverdeling omdat de informatie uit de metingen wordt meegenomen. Naarmate er in de loop van de tijd meer metingen komen wordt de verdeling zo steeds nauwer; de onzekerheid steeds kleiner. Het gevolg hiervan is dat voor oude winningen (zoals hier Nijensleek) de einduitkomst volledig door de metingen bepaald wordt; de *a priori* verdeling speelt dan geen rol meer. Voor die winningen is geen volledig probabilistische analyse gedaan, omdat dat geen nadere informatie zou opleveren.

Naast een vernauwing van de onzekerheidsmarge, zal voortgaande kalibratie tot kleine variaties in de voorspelde waarden leiden. Zolang de nieuwe P10/P50/P90 range voor het grootste deel overlapt met de oude P10/P50/P90 range is zo'n variatie geen reden om de aannames in de oorspronkelijke voorspelling te herzien. Als die overlap klein is, dan moet dat wel gebeuren.

Merk op dat omdat de onzekerheid in het algemeen over verschillende parameters verdeeld is, ook bij oude winningen niet precies vast gesteld kan worden wat de individuele parameter-waarden zijn; verschillende parametercombinaties kunnen dezelfde bodemdaling opleveren.

Als er voldoende informatie beschikbaar is, d.w.z. als er een duidelijke komvorm zichtbaar is, wordt niet alleen de gemodelleerde diepte, maar ook de voorspelde komvorm gekalibreerd aan de metingen.

Voor elk voorkomen wordt een dalingskom gekozen die met de P10 daling overeenkomt. Bij het optellen van de dalingen door verschillende (deel)voorkomens is rekening gehouden met het eventueel niet volledig samenvallen van de centra van de dalingskommen. Verschillende (deel)voorkomens zijn deterministisch opgeteld (dat wil zeggen dat de P10 van het geheel bepaald is door de P10 van de delen op te tellen). Dat geeft dus een conservatieve (ruime) schatting van de samenstelling van de daling.

De kalibratie van de drie belangrijkste voorkomens wordt hieronder specifiek besproken.

4.1 Vinkega

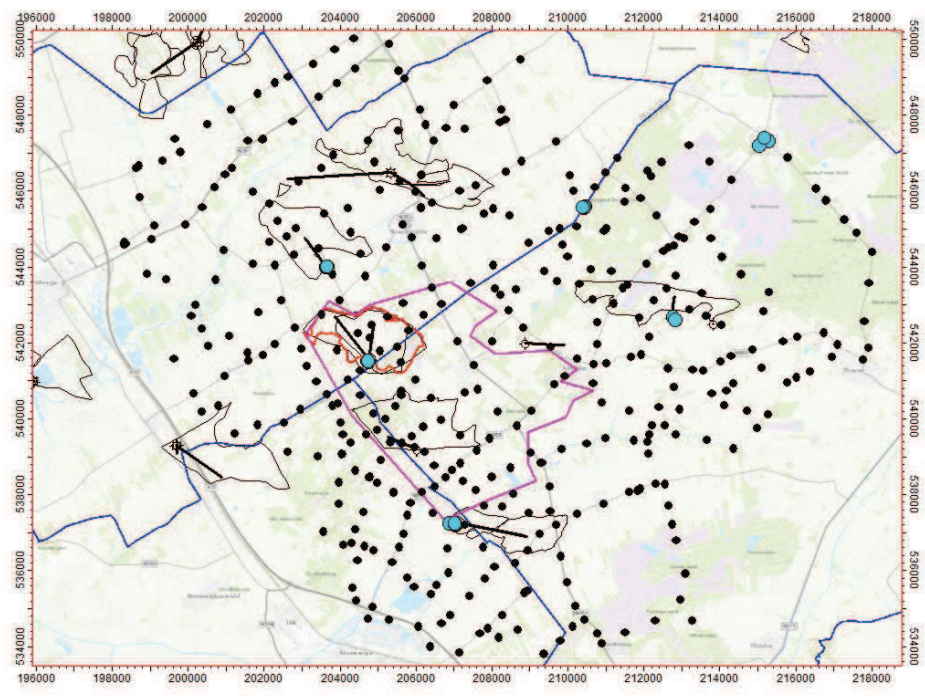
Bij Vinkega heeft een kalibratie plaatsgevonden zowel op vorm als op diepte. Voor de vorm is een polygoon gededuceerd uit de waarnemingen. Het Vinkega voorkomen zit zowel in de Vlieland zandsteen als de Rotliegend zandsteen. Omdat de laatste dikker is, en meer compactie zal geven, wordt de structuurkaart van de Rotliegend gebruikt. Er is als aanknopingspunt een diepere contour gebruikt, waarbij de breukblokken van Vinkega (gasvoerend) en onder Nijensleek (watervoerend) worden meegenomen (zie Figuur 4-1).

Daarnaast is rekening gehouden met dikte-variaties: in VKG is de Rotliegend bijna 50 m dik, in NSL-01 30 en in ESV-01 22 m. Ook naar het oosten (Diever) wordt de Rotliegend dunner. Dat is meegenomen door in het Vinkega breukblok van 49.5 m uit te gaan, en daarbuiten van de helft. Gebruik van deze middeling geeft een goede overeenstemming tussen de waargenomen daling en de gemodelleerde (zie Figuur 4-2).

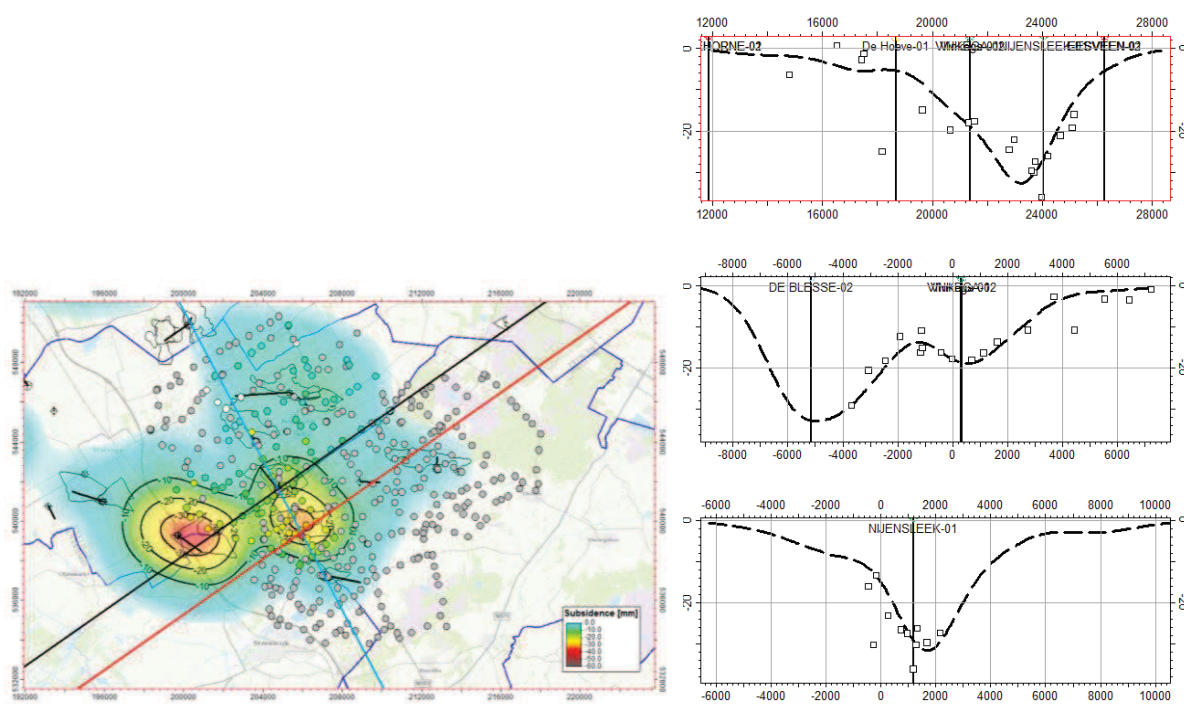
Bij de kalibratie is rekening gehouden met het feit dat de GPS locatie (mogelijk) niet precies samenvalt met het diepste punt van de kom.

De vergelijking van de metingen met de verwachte daling laat zien dat de dalingssnelheid conform verwachting is; de gekalibreerde kromme heeft dezelfde P10 als de vorige (zie ref. 24, 16), ook als we de gewijzigde vorm meenemen.

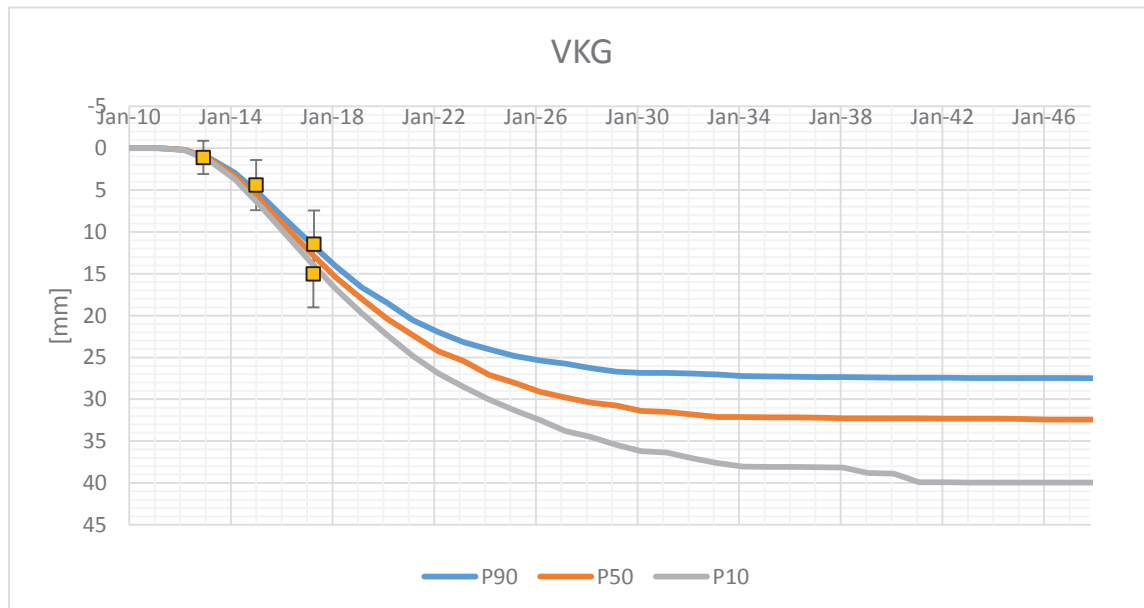
De nieuwe komvoorspelling geeft een kom die zich verser naar het zuiden uitstrekt. Deze zal in een geactualiseerd winningsplan verwerkt worden.



Figuur 4-1 Geschatte vorm van het depletie gebied Vinkega. De vorm is gebaseerd op de Rotliggend structuur (zie tekst). Te zien is hoe het depletiegebied onder Nijensleek door naar het zuidoosten reikt. Voor het rode gebied is de volledige dikte gerekend (49.5 m), voor het paarse de helft, om zo het dunner worden van de Rotliggend naar het zuiden en oosten op een pragmatische manier mee te nemen.



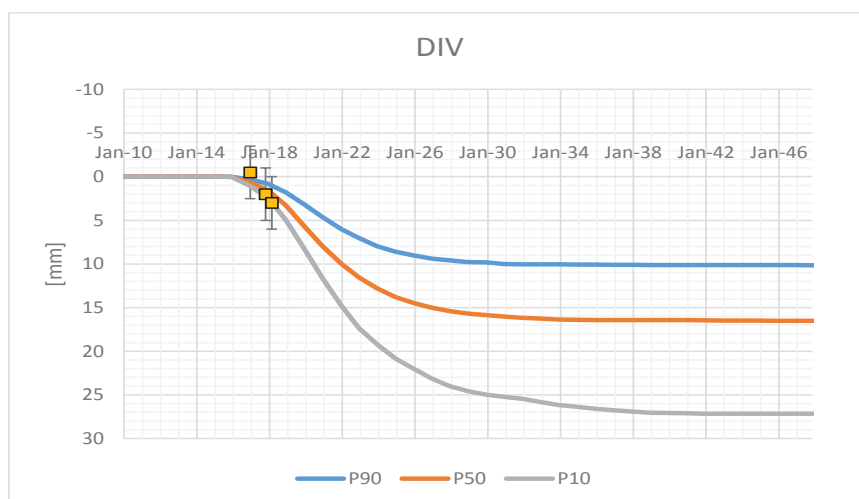
Figuur 4-2 Vergelijking van de op het gekalibreerde gebied gebaseerde modellering met de metingen (jaren 97/99/00-2017). Het getoonde model is een optelling van alle modellen. Niet alle meetpunten hebben hetzelfde uitgangsjaar, maar op deze manier is er een beter overzicht voor het hele gebied WSF-VKG. Een aantal punten (016E0089, 016E0282) wijkt af van de omgeving (i.e. stabiliteitsissues; cf. Figuur 7-5, Figuur 7-6).



Figuur 4-3 Herkalibratie van de Vinkega dalingskrommen aan de metingen (GPS en waterpassing).

4.2 Diever

De metingen, waterpassing en GPS, overlappen met de bestaande voorspellingen. Ook al liggen de meetresultaten aan de rand van de meetnauwkeurigheid, toch zijn ze gebruikt voor de probabilistische herkalibratie van de Diever dalingskrommen. Toepassing van de meetresultaten leidt dus tot een lichte verhoging van de P10. De nieuwe range en de bestaande range overlappen grotendeels, in overeenstemming met het feit dat de nieuwe metingen binnen de range van de bestaande voorspellingen liggen (ref. 18).



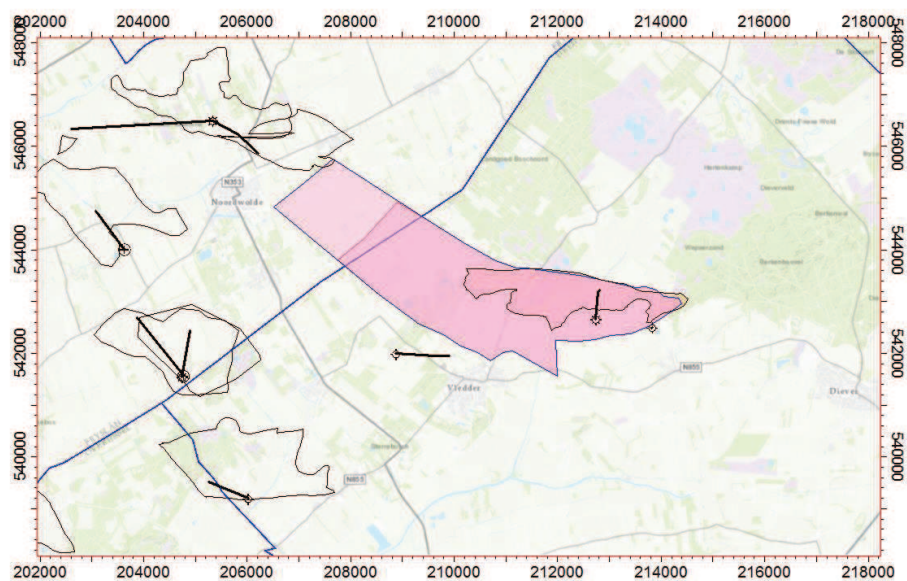
Figuur 4-4 Herkalibratie van de Diever dalingskrommen (als in ref. 18) aan de recente metingen (GPS en waterpassing). De resultaten leiden tot een lichte verhoging van de P10, maar de vorige range en deze overlappen grotendeels (ref. 18).

Gezien de geringe afstand tussen Diever en Vinkega, is het de vraag of Diever op termijn een vergelijkbaar vergroot depletiegebied kan hebben. De metingen geven geen aanleiding om te denken, maar na analyse van de ondergrond-situatie voor Diever en Vinkega, is de conclusie dat dat niet

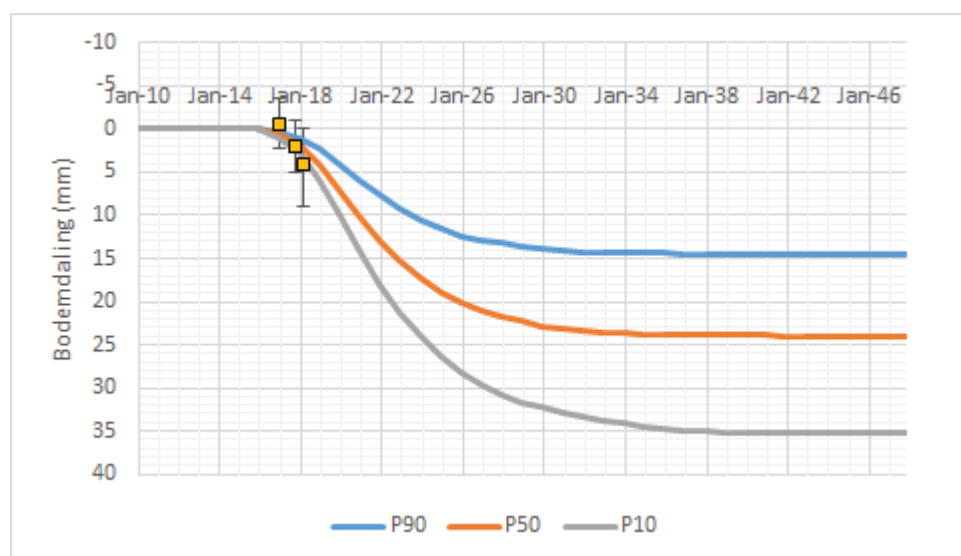
helemaal kan worden uitgesloten. Daarom is er voor gekozen om een vergroot high-case depletiegebied aan te nemen (Figuur 4-5). Toepassing van deze nieuwe high case levert een grotere P10 bodemdaling op (Figuur 4-6) van 3.6 cm.

Bij de kalibratie is rekening gehouden met het feit dat de GPS locatie niet precies op het diepste punt van de kom ligt.

De op deze manieren opnieuw gekalibreerde voorspelling zal in een volgend, geactualiseerd, winningsplan verwerkt worden. Ook als de kom inderdaad groter mocht zijn, dan is het bestaande meetnet groot genoeg om dit waar te nemen (Figuur 5-2).



Figuur 4-5 Naar analogie met Vinkega, wordt voor Diever een mogelijk vergroot depletiegebied als H case aangenomen. De vorm van het gebied volgt de Rotliegend breukstructuur.



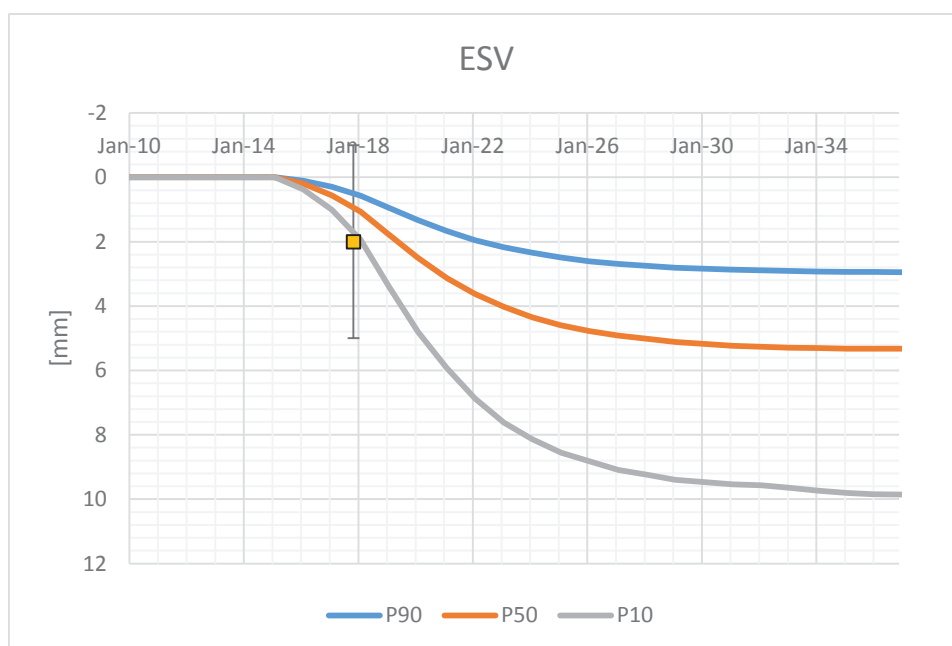
Figuur 4-6 Herkalibratie van de Diever dalingskrommen aan de metingen (GPS en waterpassing), met toepassing van een groter high case depletiegebied. Het grotere depletiegebied leidt tot een verhoging van de P10.

4.3 Eesveen

Zoals de grafiek hieronder laat zien is de meting in ESV te vroeg om conclusies te trekken over de geldigheid van de voorspelling. Het hele spectrum aan voorspellingscurves valt nog binnen de onzekerheidsmarges van de metingen.

Door de extensie van de Vinkega kom, is er nu overlap aan de noordrand van de Eesveen(-01) kom (Figuur 5-3) bovenop de overlap met NSL die al in het winningsplan gesignaleerd was (ref. 23). Als gevolg daarvan wordt de maximale samengestelde daling aan de noordrand iets (< 1 cm) groter dan door de Eesveen winning zelf. Een deel van die samengestelde daling is al gerealiseerd, zoals al hierboven is opgemerkt.

Bij de kalibratie is hier rekening mee gehouden; i.e. er is geprobeerd de dalingssignatuur door VKG te scheiden van die door ESV.



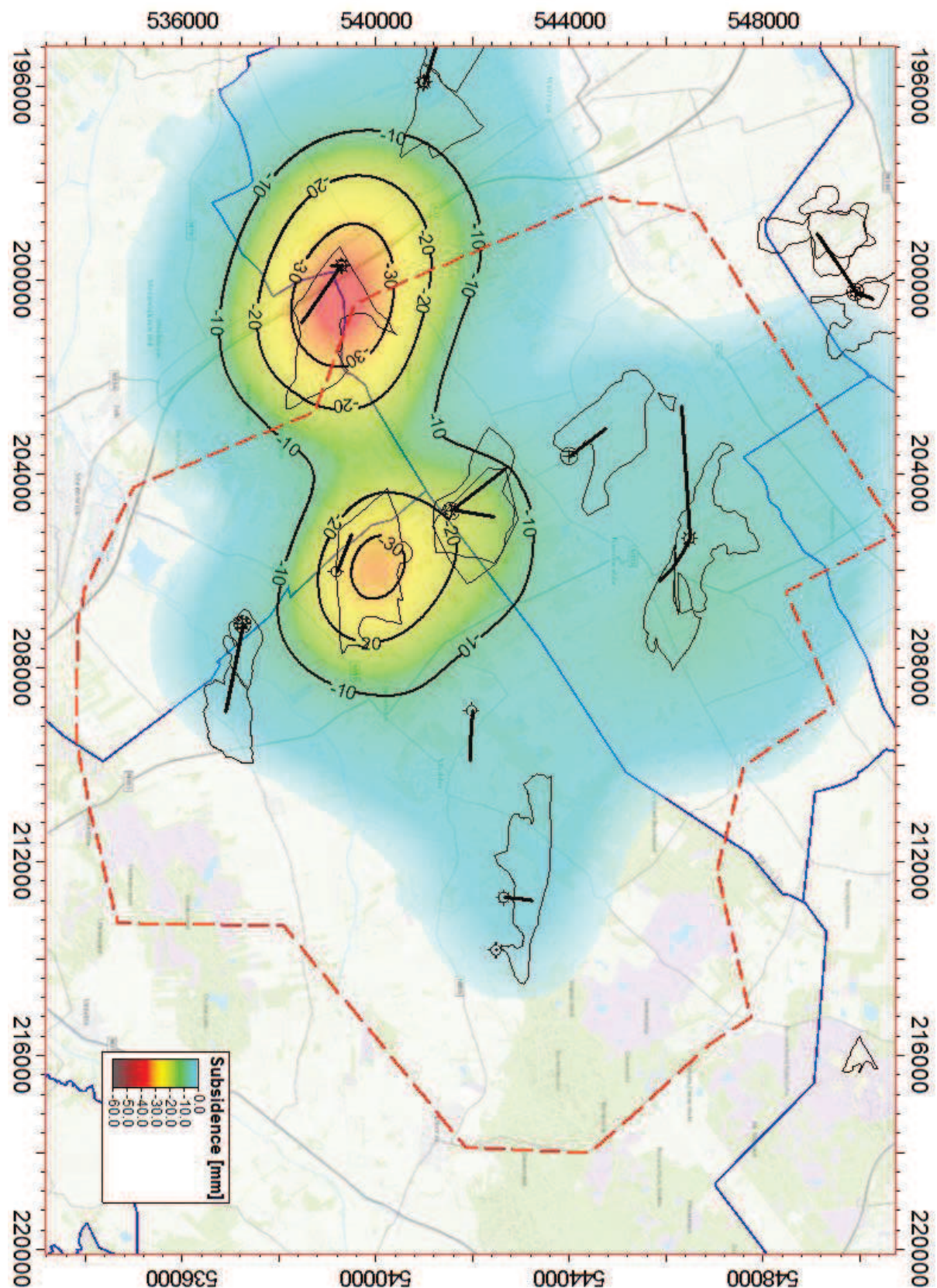
Figuur 4-7 Meting en voorspelling conform winningsplan (ref. 23). De meting komt te vroeg om tot een significante herkalibratie te leiden.

5 Conclusies

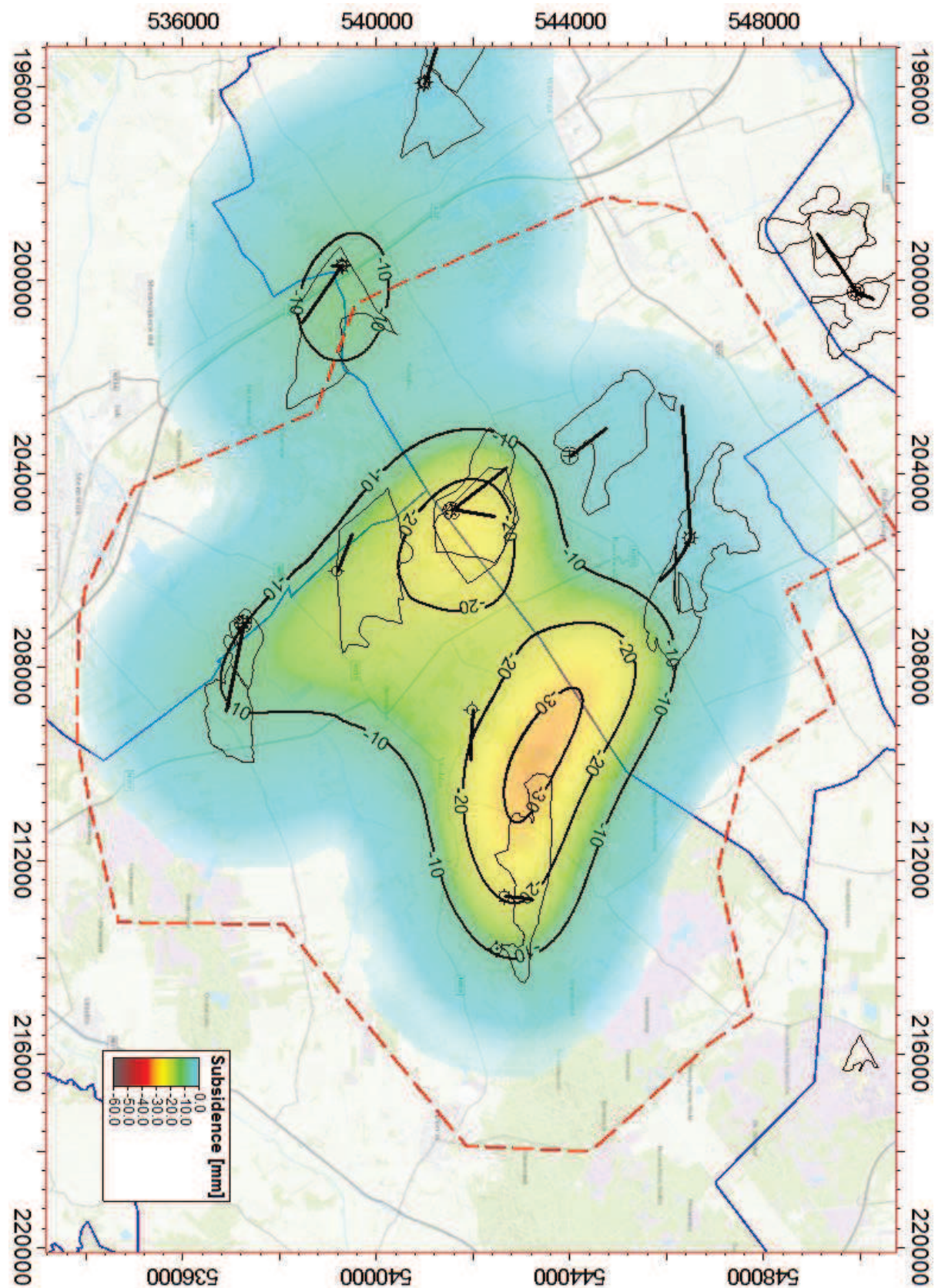
In de tabel hieronder staat een samenvatting van de resultaten en vooruitzichten. In de twee kaarten daaronder is dezelfde informatie grafisch weergegeven, waarbij de individuele bijdragen uit onderstaande tabel bij elkaar opgeteld zijn en zo een gecombineerde bodemdaling vormen.

In de kaarten zijn ook de aanpalende dalingskommen meegenomen, conform de meest recente analyses van de desbetreffende meetregisters. Op die manier is een totaal samengestelde bodemdalingskaart gemaakt.

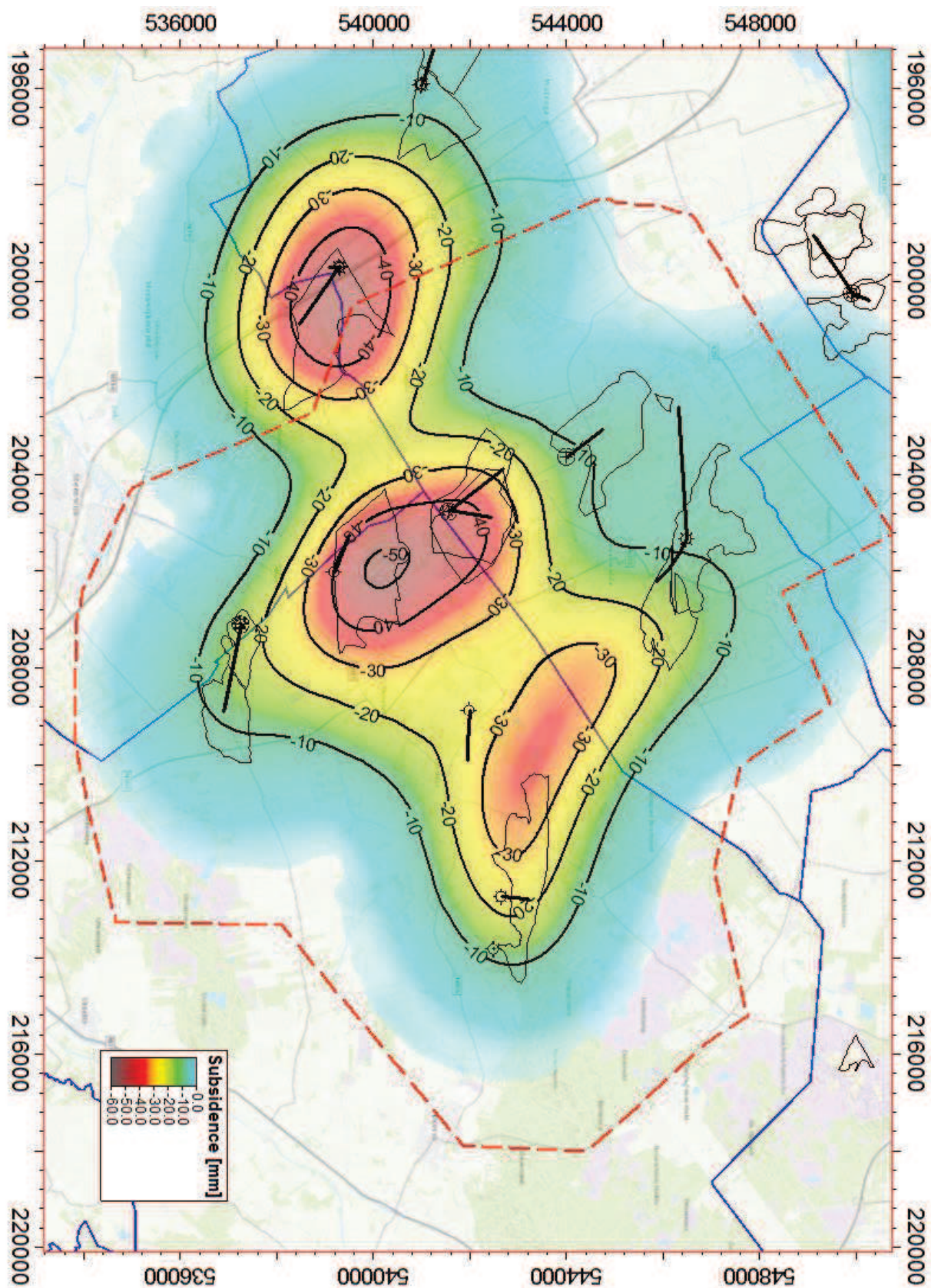
Meetplan	Naam	Start winning	Eind winning	Gemeten bodemdaling [cm]	Geschatte toekomstige bodemdaling, P10 [cm]	Opmerkingen
Vinkega-De Hoeve-Noordwolde-Weststelling-werf	Vinkega	2011		1.5	2.5	
	De Hoeve	2012		0.5	< 0.5	Niet eenduidig waarneembaar (VKG)
	Weststelling-werf	1997	2005	0.5	< 0.5	Winning al lang gestopt
	Noordwolde	1997		0.5	< 0.5	Niet eenduidig waarneembaar, te weinig daling
Diever-Eesveen	Nijensleek	2000	2006	2.3	< 0.5	Winning al lang gestopt
	Eesveen-01	2015		<0.5	< 0.5	
	Eesveen-02			0	< 1.0	Alleen nulmeting gedaan
	Diever	2015		<0.5	3.2	GPS meting 2018 meegenomen



Figuur 5-1 Op basis van aan de metingen gekalibreerde modellen geschatte huidige daling door gaswinning, vanaf begin gaswinning tot nu. Het gebied van dit meetplan is met een rode stippellijn aangegeven.



Figuur 5-2 Geschatte toekomstige gaswinnings-gerelateerde daling. Het gebied van dit meetplan is met een rode stippellijn aangegeven.



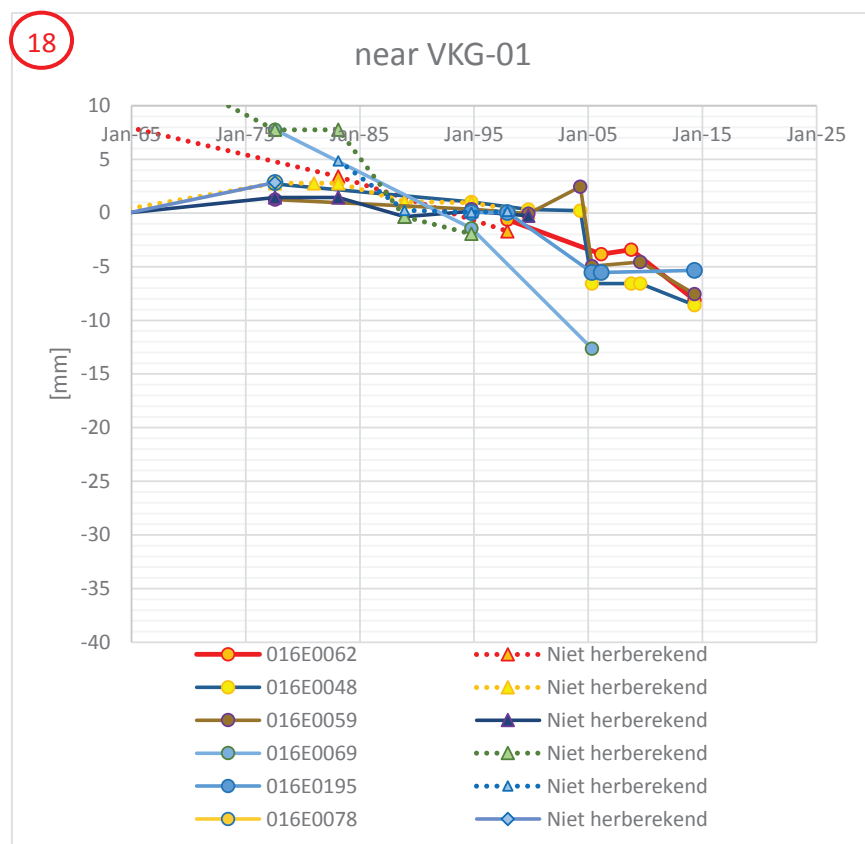
Figuur 5-3 Geschatte totale gaswinnings-gerelateerde daling (huidig+toekomstig), vanaf begin gaswinning. Het gebied van dit meetplan is met een rode stippellijn aangegeven. De daling op het diepste punt, boven NSL, is voor een groot deel al gerealiseerd vóór 2010 (vgl. Figuur 5-2).

6 Referenties

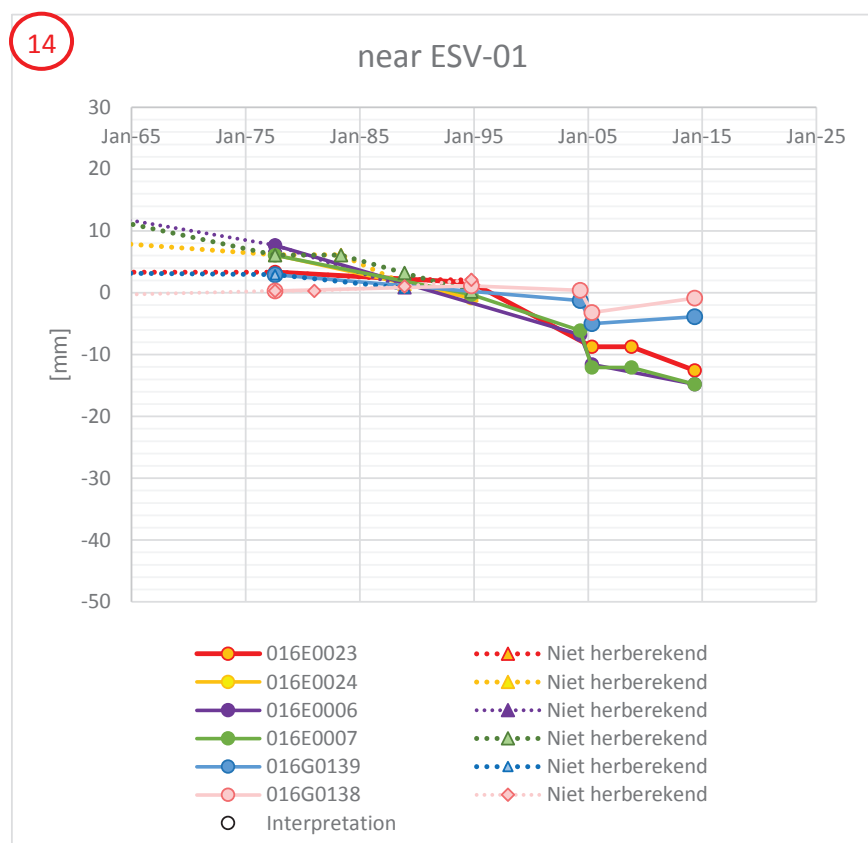
1. : “The effect of base-rock rigidity on subsidence due to reservoir compaction”; *Proc. 3rd Congress. Int. Soc. Rock Mech., Denver Colorado*; September 1974, vol 2, part B.
2. , “Land Subsidence above Compacting Oil and Gas Reservoirs”, *Journal of Petroleum Technology*, SPE 03730, 1973
3. , *Probability Theory – The Logic of Science*; Cambridge University Press, 2003
4. Deltares, *Bodemdalingskaarten*, 2011
5. TCBB, *Industrieleidraad ter Geodetische bepaling van bodembeweging als gevolg van mijnbouwactiviteiten*, 2014.
6. NAP database GeoWeb, Rijkswaterstaat
(<https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb51/index.html?viewer=NAPinfo>)
7. *BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*, Alterra, rapport 2387, 2013
8. TCBB, Jaarverslag, 2015
9. www.commissiebodemdaling.nl
10. NLOG (www.nlog.nl), website van TNO
11. Nederlands Aardolie Maatschappij, Bodemdalingsrapport Noord-Nederland, 2015
12. Analyse Bodemdaling De Blesse – Blesdijke, Vermilion, 2016
13. Meetregister bij het meetplan Vinkega en De Hoeve, Rapportage 2e GPS herhalingsmeting bij het meetplan Vinkega en De Hoeve projectnr. 270709, revisie 03; 10 augustus 2015; Antea Group.
14. Meetregister bij het meetplan Nijensleek, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Nijensleek 2015, projectnr. 262444, revisie 00; 4 mei 2015; Antea Group.
15. Meetregister bij het meetplan Eesveen; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Eesveen 2015, projectnr. 262444, revisie 01, 15 april 2015; Antea Group
16. Analyse Bodemdaling Vinkega-De Hoeve Nijensleek, Vermilion, 2016
17. Rapportage van de 1e GPS herhalingsmeting behorend bij het meetplan Diever 2016; projectnummer 0413420; Antea 2017
18. Analyse Bodemdaling Diever, Vermilion, 2017
19. GPS meting Vinkega en De Hoeve; Rapportage van de 4e GPS signaleringsmeting (2017) projectnummer 413261; Antea 2017
20. Meetregister bij het meetplan Noordwolde, Weststellingwerf, Vinkega en De Hoeve; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2017; projectnummer 413261; Antea, 2017
21. Meetregister bij het meetplan Diever – Eesveen; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2017; projectnummer 416753; Antea 2018
22. Rapportage van de 2e GPS herhalingsmeting behorend bij het meetplan Diever 2018; projectnummer 0416753; Antea 2018
23. Winningsplan Eesveen, Vermilion, 2017
24. Winningsplan Vinkega, Vermilion, 2015

7 Bijlage - Additionele peilmerk-dalings-grafieken

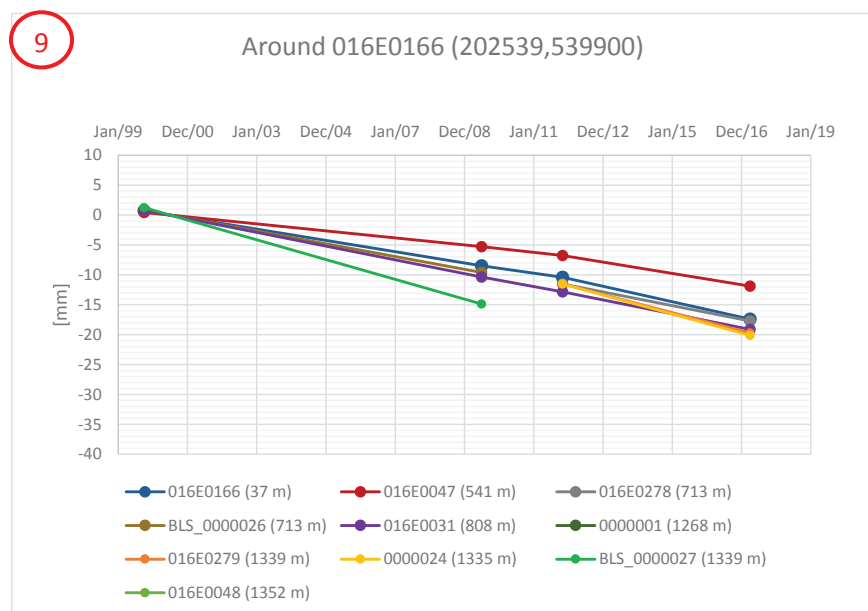
Hieronder nog enkele additionele dalingsgrafieken, deels uit de RWS database (ref. 6).



Figuur 7-1 Rijkswaterstaat data rond de putlocatie VKG-01 (ref. 6). De sprong in de data in 2005 heeft te maken met de aard van de data in de RWS database (zie paragraaf 8.1). Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-9.



Figuur 7-2 Rijkswaterstaat data rond de putlocatie Eesveen (ref. 6). De sprong in de data in 2005 heeft te maken met de aard van de data in de RWS database (zie paragraaf 8.1).



Figuur 7-3 Het punt 016E0166 ligt tussen de voorkomens Vinkega en De Blesse. Als we de data vergelijken met die in de BLS en BLD meetregisters (ref. 12), dan zien we dat de daling daar al begon voordat Vinkega begon te produceren. De daling is dus grotendeels door BLS veroorzaakt.

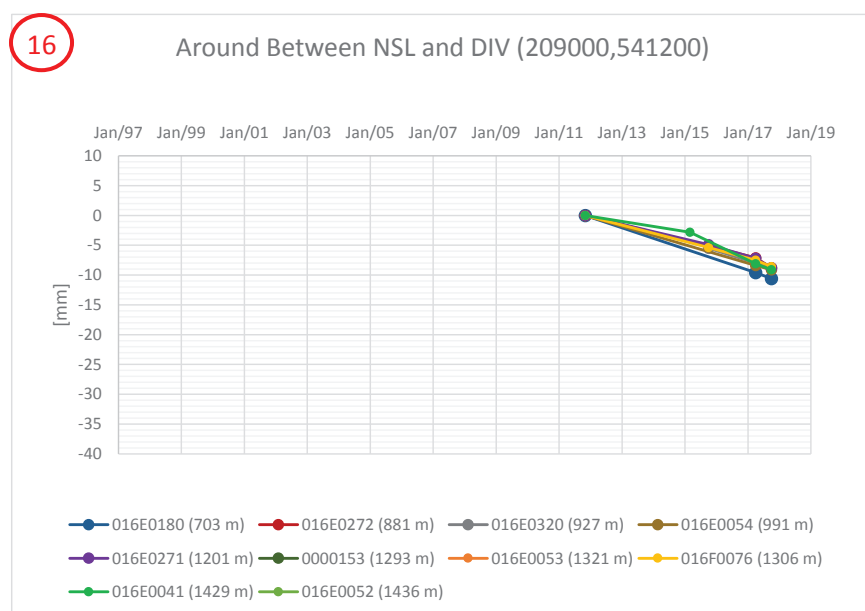
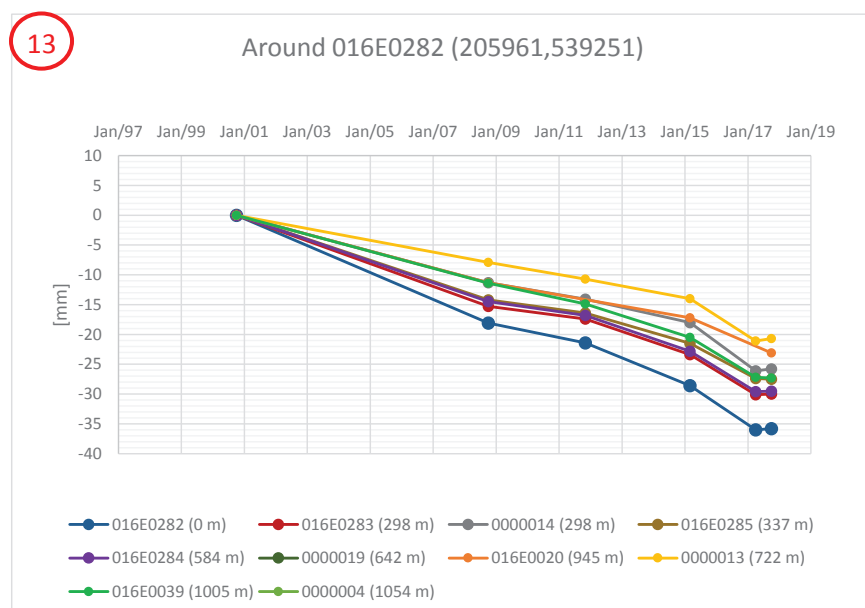
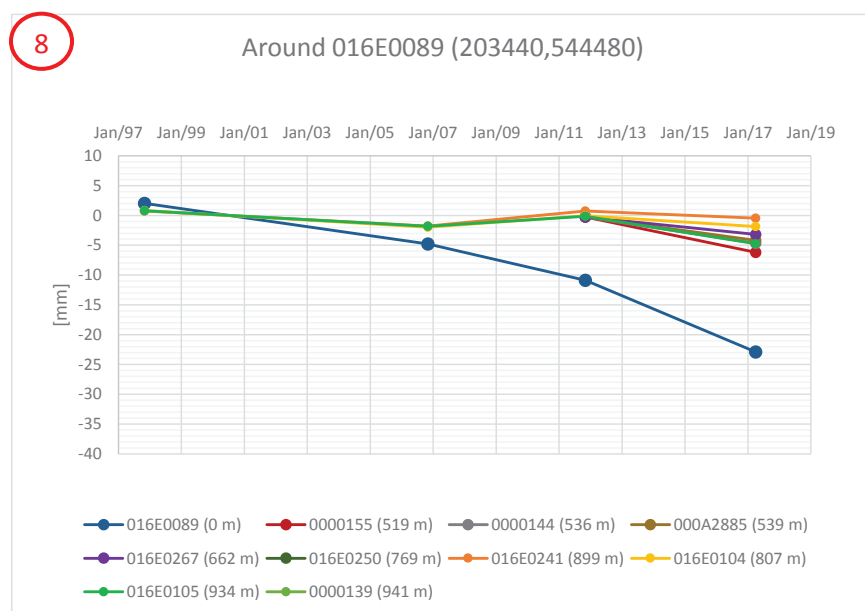


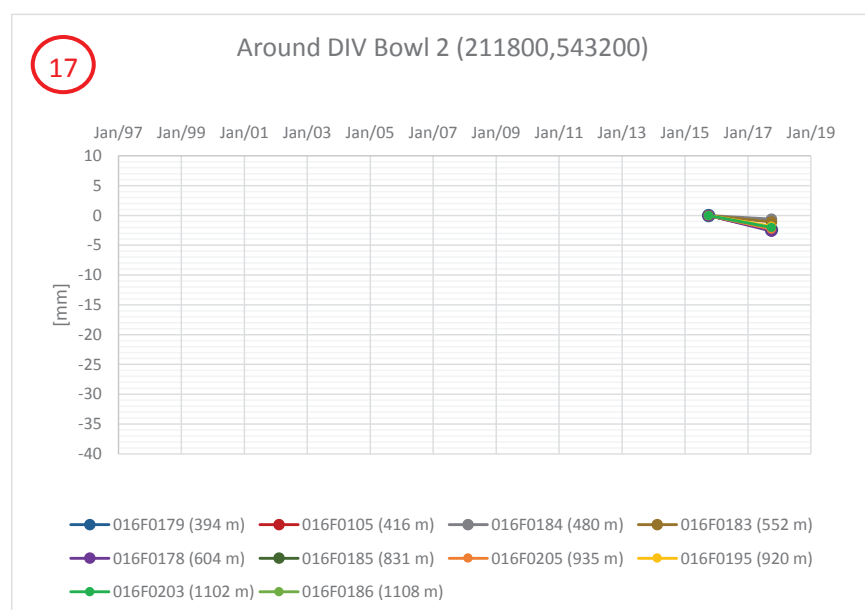
Figure 7-4 Bodemdaling rond een punt ten oosten van VKG en NSL, in de oostelijke flank van de gecombineerde NSL-VKG dalingskom. Niet alle punten zijn in 2015 gemeten, zodat een splitsing van de daling 2011/2015 en 2015/2017 niet eenduidig te geven is.



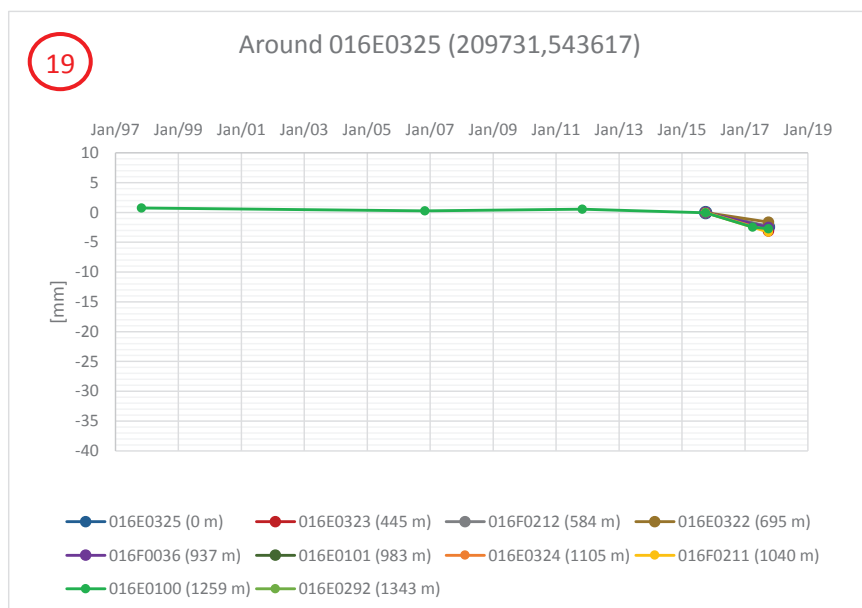
Figuur 7-5 Het punt 016E0282, vlakbij de NSL-01 locatie, wijkt af van de omgeving (zie ook Figuur 4-2, waar 016E0282 een geïsoleerd rood punt is)



Figuur 7-6 Het punt 016E0089 wijkt af van de omgeving (zie ook Figuur 4-2). Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-9.



Figuur 7-7 Daling ten NW van de Diever putlocatie. Vergelijken met Figuur 3-17. Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-3.



Figuur 7-8 Daling ten NW van het Diever voorkomen. Hier heeft het model de grootste daling als we aannemen dat Diever een groter depletiegebied heeft. Als we deze figuur vergelijken met Figuur 3-17 en Figuur 7-7 zien we dat daar nog geen indicatie voor is; op alle drie de punten is de daling niet of nauwelijks significant. Het rode cijfer geeft de locatie aan op Figuur 3-3.

8 Bijlage – Autonome en maaiveld-daling

8.1 Rijkswaterstaat data

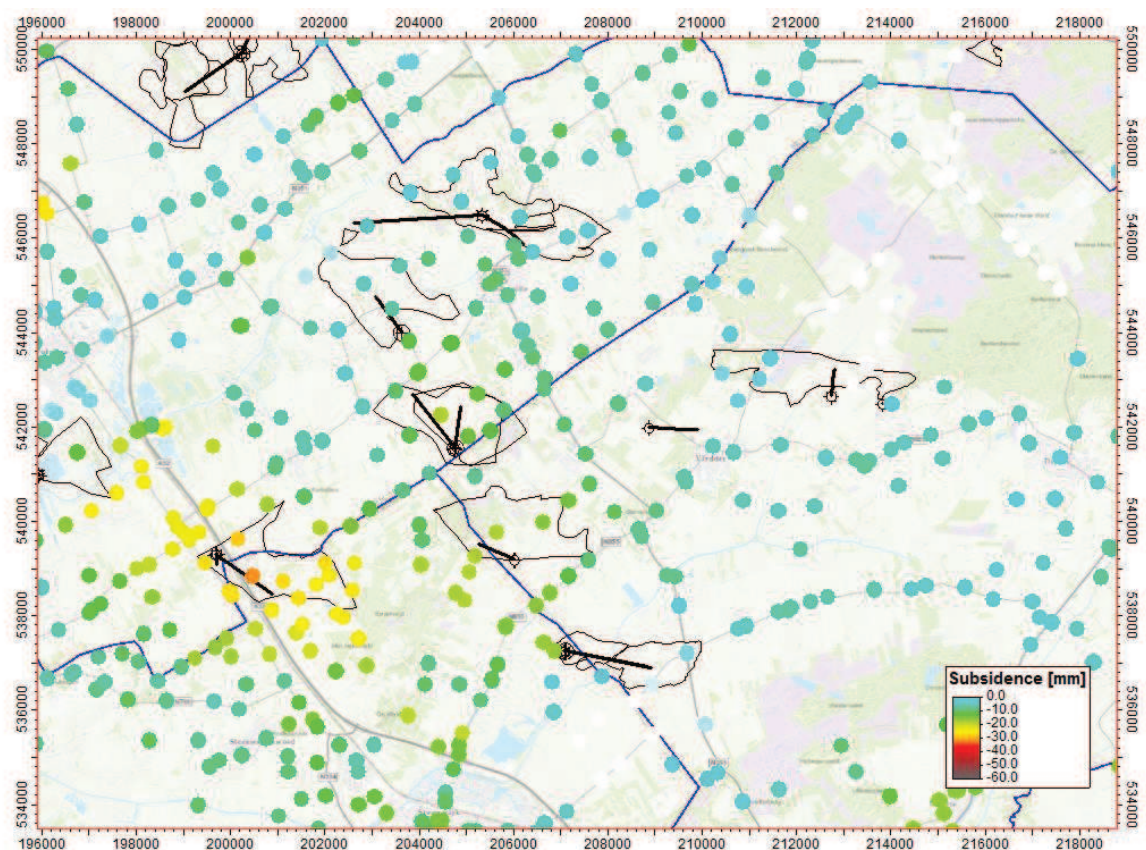
Bij deze rapportage zijn ook gegevens uit de NAP database van Rijkswaterstaat gebruikt (ref. 6). Het doel daarvan is om meer regionaal te kunnen kijken, ook buiten de meetplannen, en om verder terug in de tijd te kunnen kijken, om zo gedrag van peilmerken voor en tijdens de gaswinning met elkaar te kunnen vergelijken.

In de Rijkswaterstaat database worden met name waterpassingen opgeslagen, met niet steeds dezelfde aansluitpunten. Ook de meetnetten zullen niet steeds voldoen aan die van de leidraad voor bodemdalingen t.g.v. mijnbouw (ref. 5). Om die reden zijn de resultaten niet geschikt voor heel precieze vaststelling van de bodemdaling, maar wel voor meer regionale en kwalitatieve analyses.

Bij de grafieken van de gegevens die uit de database komen zijn geen verdere correcties toegepast, afgezien van het feit dat histories voor en na de NAP herziening in 2004 opgelijnd zijn. Aangezien we hier niet in absolute NAP hoogtes geïnteresseerd zijn, maar in relatieve, wordt de verticale oorsprong zo gekozen dat de waarde nul is rond de aanvang van de mijnbouw. Een voorbeeld van zo'n grafiek is Figuur 7-1.

Van de database zijn ook regionale kaarten gemaakt. Omdat er ruis zit in de data, en omdat lang niet alle peilmerken over de hele periode aanwezig zijn, wordt op ieder peilmerkpunt een schatting van de daling gemaakt uit de mediaan van de vijf dichtstbijzijnde peilmerken waarmee wel het hele tijdsbereik kan worden bestreken. De kleuren op de kaarten zijn interpolaties. Om deze redenen, en de bovengenoemde, moeten de kaarten dus **niet** gebruikt worden voor een precieze vaststelling van bodemdaling. Ze zijn bedoeld voor meer regionale en kwalitatieve analyses. Een voorbeeld van zo'n kaart is Figuur 8-1.

Als we in Figuur 8-1 naar de kleur van de punten kijken die ver van de tot 2013 actieve winningen afliggen, dan zien we een dalingen van 0 tot 1.5 cm over 40 jaar. Als we dat als ruwe schatting voor de autonome daling gebruiken, dan geeft dat 0 tot 0.03 cm/y.

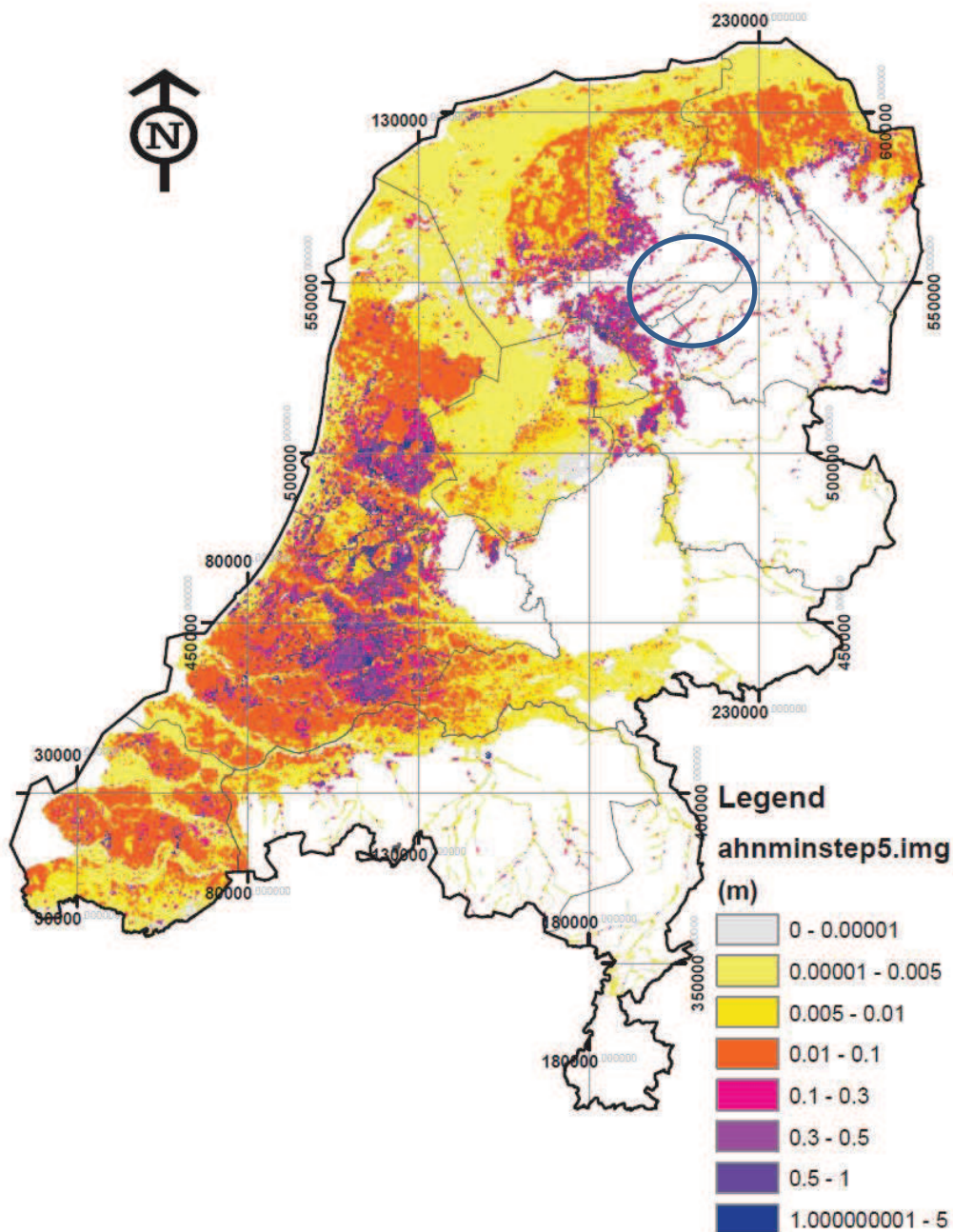


Figuur 8-1 Rijkswaterstaat data 1970-2013 gekarteerd. Voor de witte punten is de geschatte bodemdaling nul. Zichtbaar is de bodemdaling van met name De Blesse. [Voor ieder punt is de mediaan uit de dichtstbij-liggende punten voor de hele periode 1970-2013 genomen. Dat beperkt de ruis, en geeft een overzicht ondanks het feit dat de verschillende peilmerken steeds over verschillende periodes gemeten zijn. Maar het levert wel beperkingen op bij kwantitatief gebruik van de kaart; zie tekst.]

8.2 Maaiveldddaling

In het algemeen zal de mate van bodemdaling deels samenhangen met de funderingsdiepte van een peilmerk. Een peilmerk is ongevoelig voor inklinking van lagen boven het punt waar het gefundeerd is. Omdat peilmerken op stabiliteit geselecteerd worden, zal de bodemdalingsmeting over het algemeen niet samenvallen met de maaiveldddaling. De maaiveldddaling zal groter zijn dan de bodemdaling als die gemeten wordt op de manier die hier besproken wordt.

Deltares heeft in 2011 de verwachte maaiveldddaling in heel Nederland in kaart gebracht. Het resultaat hangt sterk samen met de ondiepe geologie (m.n. veen). Het resultaat is hieronder weergegeven.



Figuur 8-2: Maaiveldddaling 50 jaar na 2011 (Deltares, ref. 4), schaal in m. De locatie van het interessegebied is aangegeven.

9 Bijlage – Parameters

9.1 Diever

Parameters zijn conform ref. 18.

Tabel 9-1 Parameters gebruikt voor het DIV-02 voorkomen

Name	Symbol	Values			Unit	Realization Probabilities			Comment
		L	M	H		L	M	H	
Depleted area	P_v	Fault-block M	Fault-block L	Fault-block XL	[bar]	30%	40%	30%	No water impact observed in pressures so far
Virgin Pressure	P_v	238			[bar]	100%			Pressures measured in DIV-02
Abandonment Pressure	P_a	75	15		[bar]	30%	70%		Non-zero risk of premature watering out, but no indication of water yet
Poisson's Ratio	v	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	2079			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	4.0E-6	6.0E-6	8.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting height	h	27.8	34	43	[m]	30%	40%	30%	Range inferred from surrounding wells
Rigid Basement Factor	RB	1.01	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	2	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

9.2 Eesveen

Parameters zijn conform ref. 23.

Tabel 9-2 Bodemdalings-parameters gebruikt voor het ESV-01 breukblok

Name	Symbol	Values			Unit	Realization Probabilities			Comment
		L	M	H		L	M	H	
Depleted area	P_v	Gas area	Full fault block		[bar]	50%	50%		No water impact observed in ESV-01 pressures
Virgin Pressure	P_v	235			[bar]	100%			Pressures measured in ESV-01
Abandonment Pressure	P_a	50	15		[bar]	50%	50%		Non-zero chance of water limiting production (perforation is close to GWC)
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			Some uncertainty, but low impact
Depth of the Formation	z	2045			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	0.000004	0.000006	0.000008	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	16	23	26	[m]	30%	40%	30%	Range inferred from surrounding wells
Rigid Basement Factor	RB	1.001	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited)
Tau	τ	2	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

Tabel 9-3 Bodemdalings-parameters gebruikt voor het ESV-02 breukblok

Name	Symbol	Values			Unit	Realization Probabilities			Comment
		L	M	H		L	M	H	
Depleted area	P_v	Gas area	Full fault block		[bar]	50%	50%		No water impact observed in ESV-01 pressures
Virgin Pressure	P_v	230			[bar]	100%			Pressures measured in ESV-01
Abandonment Pressure	P_a	75	15		[bar]	50%	50%		Non-zero chance of water limiting production (perforation is close to GWC)
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			Some uncertainty, but low impact
Depth of the Formation	z	2035			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	0.000004	0.000006	0.000008	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	8.8	16	23.2	[m]	30%	40%	30%	Range inferred from surrounding wells
Rigid Basement Factor	RB	1.001	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited)
Tau	τ	2	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

9.3 Vinkega

De Vinkega berekening is opnieuw gedaan. Er zijn gewichtsfactoren gebruikt om de dikte variatie te modelleren (zie paragraaf 4.1).

Tabel 9-4 Parameters voor Vinkega-Rotliegend-Core (gewichtsfactor 0.5)

Name	Symbol	Values			Unit	Realization Probabilities			Comment
		L	M	H		L	M	H	
Depleted area	A		Gas area				100%		Only main block
Virgin Pressure	P_v	227			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	15			[bar]	100%			High Paban now unlikely
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	2014			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	4.0E-6	6.0E-6	8.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting height	h	49.5	58	62	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.001	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

Tabel 9-5 Parameters voor Vinkega-Rotliegend-Extended (gewichtsfactor 0.5, zie tekst)

Name	Symbol	Values			Unit	Realization Probabilities			Comment
		L	M	H		L	M	H	
Depleted area	A	Extended	Extended	Extended		30%	40%	30%	Various shape variations on RO structure, all extending east and towards ESV
Virgin Pressure	P_v	227			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	20	30	40	[bar]	30%	40%	30%	Non-zero risk of premature watering out
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1806	1900	2000	[m]	30%	40%	30%	Aquifer
Oedometric Compressibility	C_m	4.0E-6	6.0E-6	8.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015). Weighted average.
Depleting height	h	49.5	58	62	[m]	30%	40%	30%	Sum of KN and RO
Rigid Basement Factor	RB	1.05			[-]	100%			Limited impact, avoid too many cases
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

Tabel 9-6 Parameters voor Vinkega-Vlieland

Name	Symbol	Values			Unit	Realization Probabilities			Comment
		L	M	H		L	M	H	
Depleted area	A	Gas area	Gas area+500m			50%	50%		
Virgin Pressure	P_v	206			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	15			[bar]	100%			High Paban now unlikely
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1819			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	6.0E-6	1.0E-5	1.5E-5	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015), Lew-Oost, Nijensleek
Depleting height	h	9	11	15	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.05	1.2	1.25	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	