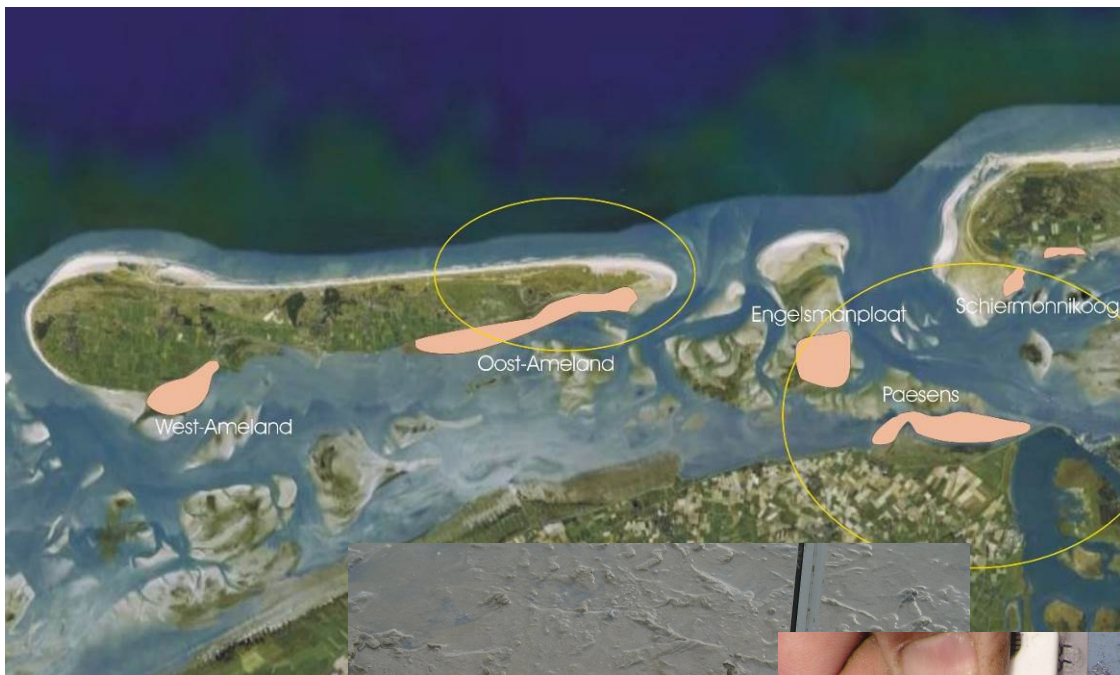


# Evaluatierapport Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog

2007-2012



Johan Krol

Nes, maart 2013

## **Inhoudopgave.**

Samenvatting	pag 3
1. Methode	pag 4
2. Onderzoeksgebieden	pag 7
2.1 Oost-Ameland	pag 7
2.2 West-Ameland	pag 8
2.3 Paesens	pag 9
2.4 Engelsmanplaat	pag 10
2.5 Schiermonnikoog	pag 11
2.6 Overzicht alle onderzoeksgebieden	pag 12
3. Resultaten	pag 13
3.1 Uitwerking per meetstation	pag 13
3.2 Wadsedimentatie per onderzoeksgebied	pag 14
3.3 Wadsedimentatie in 2012	pag 20
3.4 Snelheid van wadsedimentatie	pag 21
3.5 Wadsedimentatie in relatie tot hoogteligging	pag 22
3.6 Wadsedimentatie in relatie tot bodemdaling	pag 24
3.6.1 Oost-Ameland sedimentatie en bodemdaling	pag 24
3.6.2 Paesens sedimentatie en bodemdaling	pag 24
4. Andere sedimentatiemetingen bij Paesens	pag 25
5. Discussie.	pag 27
Literatuur.	pag 28
Bijlage A. Grafieken alle meetstations onderzoeksgebied Paesens	pag 29

### **Samenvatting.**

Ten gevolge van gaswinning bij Oost-Ameland (sinds 1986) en Paesens-Moddergat/Lauwersoog (sinds 2007) vindt bodemdaling plaats in het nabijgelegen deel van de Waddenzee. Om vast te kunnen stellen of in dit deel van de Waddenzee verdieping plaats vindt zijn op wadplaten meetstations ingericht (zie methode). De gebieden waar gemeten wordt, zijn Oost-Ameland (sinds 2000), West-Ameland (sinds 2006), Paesens-Moddergat (sinds 2003 en uitbreiding in 2007), Engelsmanplaat (sinds 2007) en Schiermonnikoog (sinds 2007). Alleen in de onderzoeksgebieden Paesens en Oost-Ameland vindt daadwerkelijk bodemdaling plaats. Er wordt tweemaandelijks gemeten waarbij de meetstations tijdens laagwater lopend over het wad bezocht worden. Aan de hand van de metingen worden gemiddeldes per plaatgebied berekend over alle in dat gebied aanwezige meetstations.

In 2012 is op het Oost-Ameland plaatgebied sprake van erosie (-5,8 mm). Het gebied Engelsmanplaat is stabiel en de overige onderzoeksgebieden laten enige +7 mm (Paesens) tot een forse +35,8 mm (Schiermonnikoog) sedimentatie zien.

Gerekend over de periode 2007 tm 2012 (6 jaar) laat het gebied Oost-Ameland de minste aanwas (+4,2 mm) zien. De andere onderzoeksgebieden sedimenteren in dezelfde periode meerdere centimeters. Het bodemdalingsgebied bij Paesens sedimenteert het meest (+8 cm) in deze zesjarige periode.

In het bodemdalingsgebied bij Paesens zijn nu ook dalingcijfers van de diepe ondergrond beschikbaar (bron: NAM module Paesens GRIDS tm 2012) voor de periode 2007 tm 2012. De daling is het hoogst aan de westzijde van het onderzoeksgebied en bedraagt daar 20 mm. Aan de oostzijde (P80) is nog geen bodemdaling gemeten. De netto sedimentatie bij het meest westelijke station (P180) kantelt door bodemdaling van licht positief (+1 mm/jaar) naar licht negatief (-2 mm/jaar). De overige 17 stations blijven na aftrek van bodemdaling een positieve sedimentatiebalans houden, ook na aftrek van een theoretische zeespiegelstijging van 1,8mm per jaar.

Een vergelijking met sedimentatie metingen door instituut IMARES op de overgang van de kwelder Peazemerlannen naar de Waddenzee laat zien dat twee verschillende methodes in dat gebied dezelfde opslibbingstrend en zeer vergelijkbare waarden meten.

## 1. Methode.

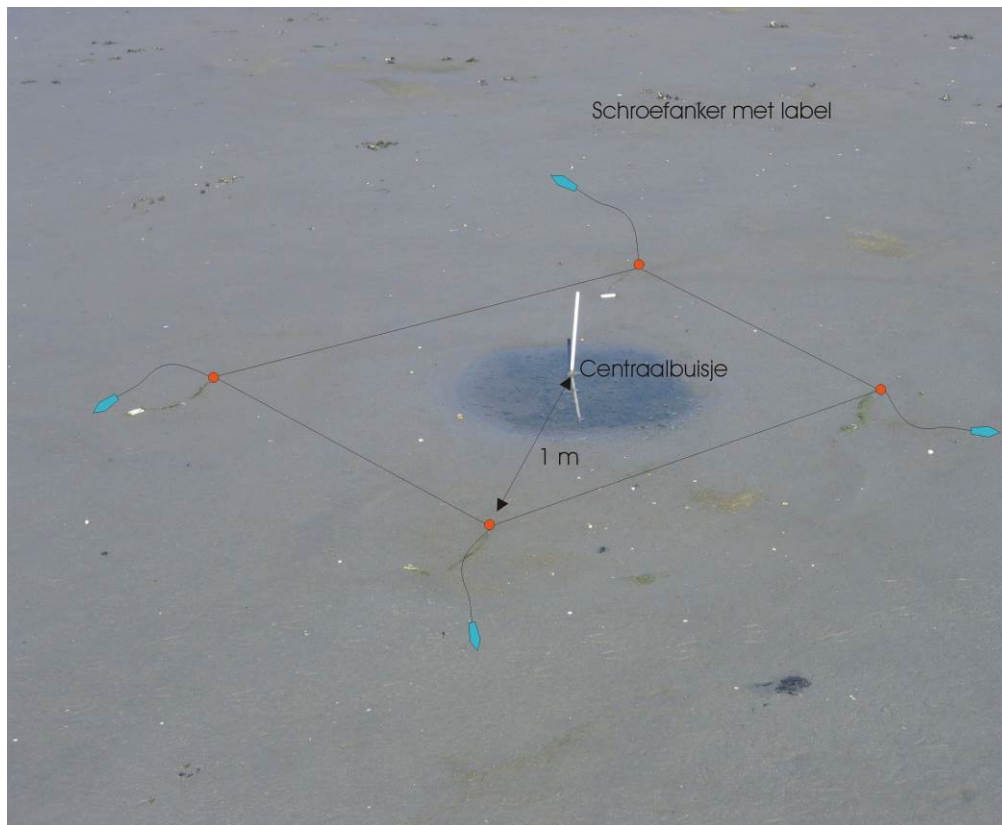
De sedimentatie aan het wadoppervlak wordt gemeten mbv ondergrondse ankers die 60 tot 90 cm onder het wadoppervlak geplaatst zijn. Aanvankelijk werden hiervoor grote bouwmarkt schroeven gebruikt, later is overgestapt op een nog zwaardere eigenbouw schroef als grondanker. Een meetstation op het wad bestaat uit 4 grondankers (foto 3) die in een vierkant rond een middelpuntmarkering staan. De afstand van het grondanker tot het middelpunt is ruim 1 meter in de richting van de vier windrichtingen. Ieder meetstation is met handheld GPS ingemeten. De metingen vinden 6 maal per jaar plaats waarbij gestreefd wordt naar het doen van alle metingen in de laatste decade van feb, apr, jun, aug, okt en dec.



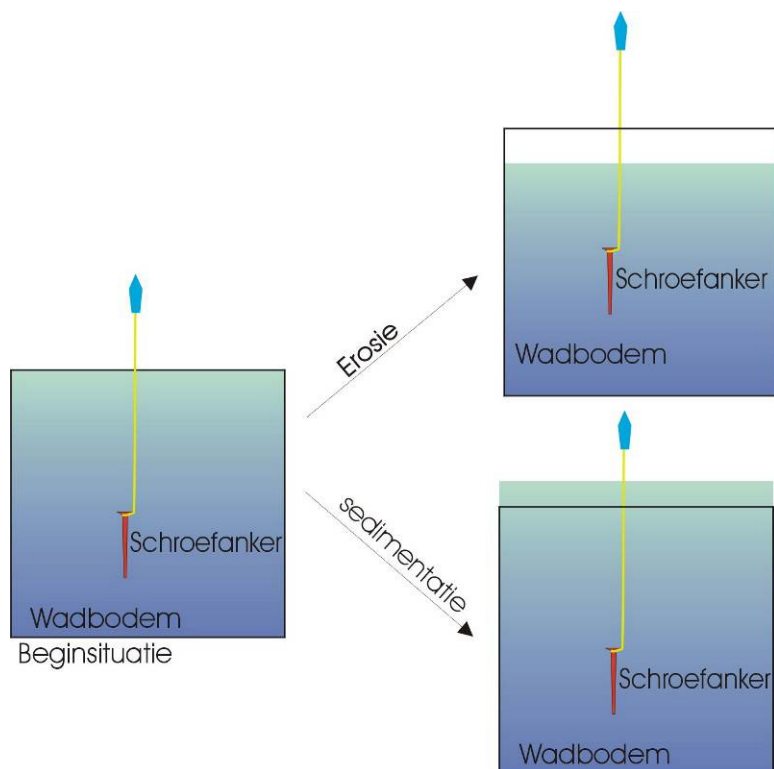
Figuur 1. Eigenbouw grondanker waaraan meettouw bevestigd wordt. Rechts de dop aan het uiteinde van de T-grondboor waarmee het anker in de bodem geschroefd wordt (zie figuur 2).



Figuur 2. Grote T-grondboor met dop aan uiteinde waarmee grondanker in de bodem geschroefd wordt. Het meettouw loopt door de grondboor en hieraan wordt later een identificatieblikje en aluminium afleesring bevestigd.



Figuur 3. Bovengrondse aanblik van een meetstation met 4 grondankers. De meettouwten en afleeslabels zijn op de foto zichtbaar. Voor verduidelijking is een schema over de foto getekend. In het onderzoeksgebied Oost-Ameland is sprake van een duplo meetstation op 10m onderlinge afstand waardoor per meting 8 grondankers opgemeten worden. In alle andere onderzoeksgebieden is steeds sprake van 1 meetstation met 4 grondankers.



Figuur 4. Principeschema van de meetmethode om wadsedimentatie te monitoren. Indien na verloop van tijd een langere afstand tussen meetlabel en wadbodem gemeten wordt is er sprake van erosie. Andersom is er sprake van sedimentatie. Er ontstaat dus een meetreeks waarbij de afwijking van de beginmeting in de tijd gevolgd wordt.



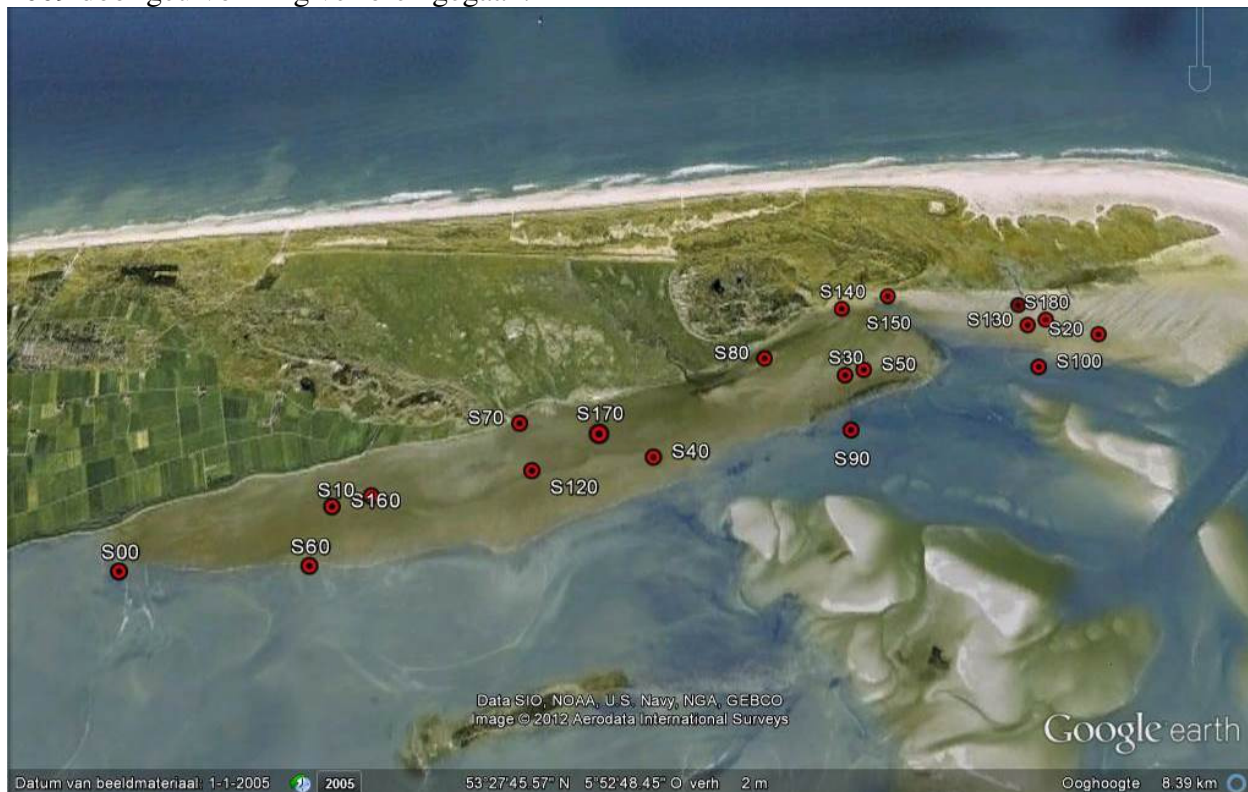
Figuur 5. Meetlineaal met meetvoet. Deze wordt steeds op dezelfde wijze op de bodem gezet waarna de lengte van het meettouw langs de schaal wordt afgelezen.



## 2. Onderzoeksgebieden.

### 2.1 Oost-Ameland.

De eerste metingen zijn in 2000 begonnen in het bodemdalingsgebied Oost-Ameland. Vanaf 2004 zijn hier 16 meetstations ingericht waarbij er steeds sprake is van een duplo. Dat wil zeggen dat op 10 m afstand twee sets van 4 grondankers aangebracht zijn (zie foto 3). Dit werd aanvankelijk gedaan vanwege regelmatige verstoring van de meetstations door kokkelvisserij. De kokkelvisserij is inmiddels verdwenen en alle grondankers worden nu in de metingen opgenomen. Het gebied valt binnen de bodemdalingschotel vanwege de gaswinning onder Oost-Ameland. Bodemdaling is sinds 1986 gaande. Het onderzoeksgebied is sindsdien tm. 2010 van 30,6cm (S140) tot 2,2cm (S00) gedaald. Gemiddeld genomen komt dat neer op een dalingsnelheid van 7mm (S140) tot 0,3mm (S00) per jaar. Het meetstation S100 is in 2009 door geulvorming verloren gegaan.



Figuur 6. Luchtfoto (Google) met meetstations bij Oost-Ameland ingetekend. In 2012 zijn de stations 160 tm 180 toegevoegd.

Tabel 1. Coördinaten meetstations Oost-Ameland.

LOCATIE	X	Y	NAP Z	Datum Plaatsing
S00	183.915.336	605.684.426	-0.374	30-7-2000
S10	185.751.712	606.260.421	0.012	8-8-2000
S20	191.644.819	607.626.886	0.141	11-8-2000
S30	189.516.132	607.256.622	-0.070	11-8-2000
S40	187.941.418	606.574.201	-0.304	11-8-2000
S50	189.670.958	607.305.138	0.036	6-3-2001
S60	185.350.031	605.743.287	-0.320	27-3-2002
S70	186.873.300	606.850.877	0.076	27-3-2002
S80	188.863.078	607.400.892	0.104	27-3-2002
S90	189.523.293	606.795.323	-0.750	27-3-2002
S100	191.102.072	607.337.104	-0.786	27-3-2002
S110	191.027.614	607.886.052	0.301	27-3-2002

S120	186.990.078	606.467.370	-0.028	20-3-2003
S130	191.065.271	607.710.926	0.044	20-3-2003
S140	189.534,360	607.843,710	0,355	1-3-2004
S150	189.931,860	607.967,500	0,238	1-3-2004
S160	185.456	606.177		7-11-2011
S170	187.510	606.750		20-12-2011
S180	191.233	607.756		24-10-2011

## 2.2 West-Ameland.

Als referentiegebied zonder bodemdaling is op het wad ten zuiden van West-Ameland in 2006 een zestal meetstations ingericht. In 2012 is H70 toegevoegd. Dit station is nog niet in de dataverwerking in dit rapport opgenomen.



Figuur 7. Luchtfoto (Google) met 7 meetstations bij West-Ameland ingetekend.

Tabel 2. Coördinaten meetstations West-Ameland.

LOCATIE	RD			Datum Plaatsing
	X	Y	Z	Datum
H10	175,248	604,416		4-09-06
H20	176,617	605,128		4-09-06
H30	176,601	604,792		4-09-06
H40	175,811	604,617		4-09-06
H50	175,997	604,190		4-09-06
H60	175,397	603,687		4-09-06
H70	175,534	603,909		28-2-12



### 2.3 Paesens.

In 2003 is een raai van 6 meetstations (P10 tm P60) uitgezet op het wad ten noorden van Paesens. In 2007 is het gebied uitgebreid en zijn er 12 meetstations toegevoegd waardoor het totaal nu op 18 meetstations komt. Dit gebied sluit aan op het onderzoeksgebied op Engelsmanplaat en ligt binnen de dalingschotel vanwege gaswinning bij Moddergat/Lauwersoog (zie tabel 3).



Figuur 8. Luchtfoto (Google) met 18 meetstations bij Paesens ingetekend.

Tabel 3. Coördinaten meetstations Paesens.

Meetstations Paesens			28-10-2005	Datum	Daling
LOCATIE	X (RD)	Y (RD)	Z(NAP)	Plaatsing	2007-2012 mm/jaar
P10	202334.85	602742.73	+66,2	9-9-2003	3,3
P20	202423.84	602898.10	+77,1	9-9-2003	3,3
P30	202592.19	603168.55	+37,2	9-9-2003	1,7
P40	202707.92	603400.92	-11,6	9-9-2003	1,7
P50	202806.22	603619.44	-13,9	9-9-2003	1,7
P60	202904.52	603824.67	-27,2	9-9-2003	1,7
P70	206110	603031		26-2-2007	1,7
P80	206357	603300		26-2-2007	0
P90	205538	603392		26-2-2007	1,7
P100	205080	603702		26-2-2007	1,7
P110	204637	603480		26-2-2007	1,7
P120	204694	602841		26-2-2007	1,7
P130	203590	603482		27-2-2007	1,7
P140	203366	602909		27-2-2007	1,7
P150	202074	603767		27-2-2007	3,3
P160	201875	603349		27-2-2007	3,3
P170	201624	602902		27-2-2007	3,3
P180	201153	602819		27-2-2007	3,3

## 2.4 Engelsmanplaat.

In 2007 zijn op het zuidelijke deel van Engelsmanplaat zes meetstations uitgezet. Dit gebied sluit aan op het onderzoeksgebied bij Paesens en ligt binnen de uiteindelijk verwachte dalingschotel vanwege gaswinning bij Moddergat/Lauwersoog en Ameland gecombineerd (ongeveer 4 cm in 2040). In 2012 is station E70 toegevoegd.



Figuur 9. Luchtfoto (Google) met 6 meetstations op Engelsmanplaat ingetekend. In 2012 is station E70 toegevoegd.

Tabel 4. Coördinaten meetstations Engelsmanplaat.

LOKATIE	RD			Datum Plaatsing	Daling 2007-2012 mm/jaar
	X	Y	Z		
E10	200.099	607.019		3-03-07	0
E20	199.922	606.518		3-03-07	0
E30	199.444	606.093		3-03-07	0
E40	198.635	605.828		3-03-07	0
E50	198.483	606.516		3-03-07	0
E60	199.025	606.837		3-03-07	0
E70	199.406	606.777		20-1-12	0

## 2.5 Schiermonnikoog.

In 2007 zijn 6 meetstations uitgezet ten zuiden van Schiermonnikoog. Drie in het gebied tussen de veerdam en de jachthaven en drie ten westen van de jachthaven. Dit onderzoeksgebied ligt juist op de rand van de voorspelde dalingschotel vanwege gaswinning bij Moddergat/Lauwersoog en dient als referentie voor de gebieden Engelsmanplaat en Paesens.



Figuur 10. Luchtfoto (Google) met 6 meetstations bij Schiermonnikoog ingetekend.

Tabel 5. Coördinaten meetstations Schiermonnikoog.

LOKATIE	RD			Datum Plaatsing	Daling 2007-2012 mm/jaar
	X	Y	Z		
C10	208.225	609.566		2-03-07	0
C20	207.915	609.379		2-03-07	0
C30	207.764	609.308		2-03-07	0
C40	206.551	608.881		2-03-07	0
C50	206.603	608.722		2-03-07	0
C60	206.233	608.462		2-03-07	0

## 2.6. Overzicht alle onderzoeksgebieden.

In het gebied tussen West-Ameland en Schiermonnikoog zijn momenteel in totaal 56 meetstations uitgezet. Hierbij gaat het om 288 grondankers in totaal. Bodemdaling is in 2012 vooral gaande in het gebied Oost-Ameland. Dit al sinds 1986. In het gebied Paesens/Engelsmanplaat is gaswinning in 2007 gestart en zijn er nu voor het eerst data beschikbaar van de daar in de afgelopen 6 jaar opgetreden daling.

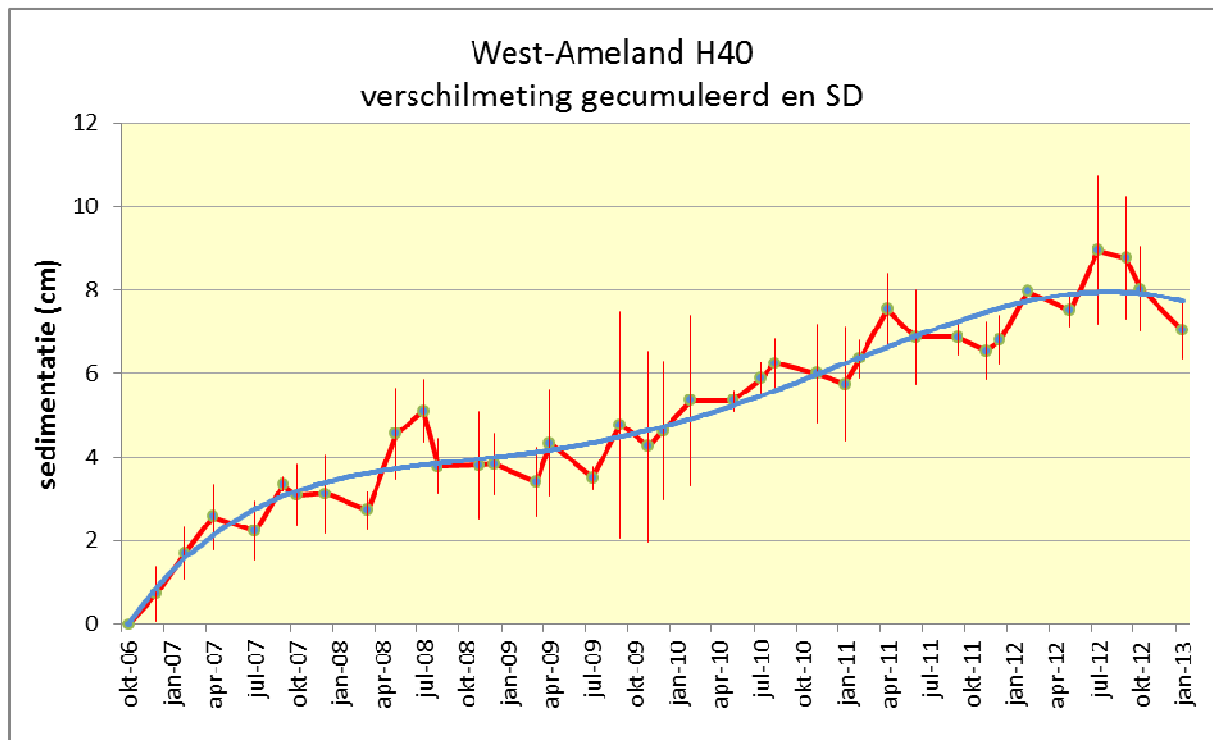


Figuur 11. Een overzicht van alle onderzoeksgebieden op een luchtfoto (Google) ingetekend. De gele lijn geeft ruwweg de buitengrens van de twee dalingschotels vanwege gaswinning aan. De schotel van Oost-Ameland is daadwerkelijk. De voor de winning bij Paesens/Lauwersoog voorspelde maximale contour is ruwweg getekend. Hier binnen is tm 2012 alleen in het onderzoeksgebied Paesens sprake van daling van de diepe ondergrond.

### 3. Resultaten.

#### 3.1 Uitwerking per meetstation.

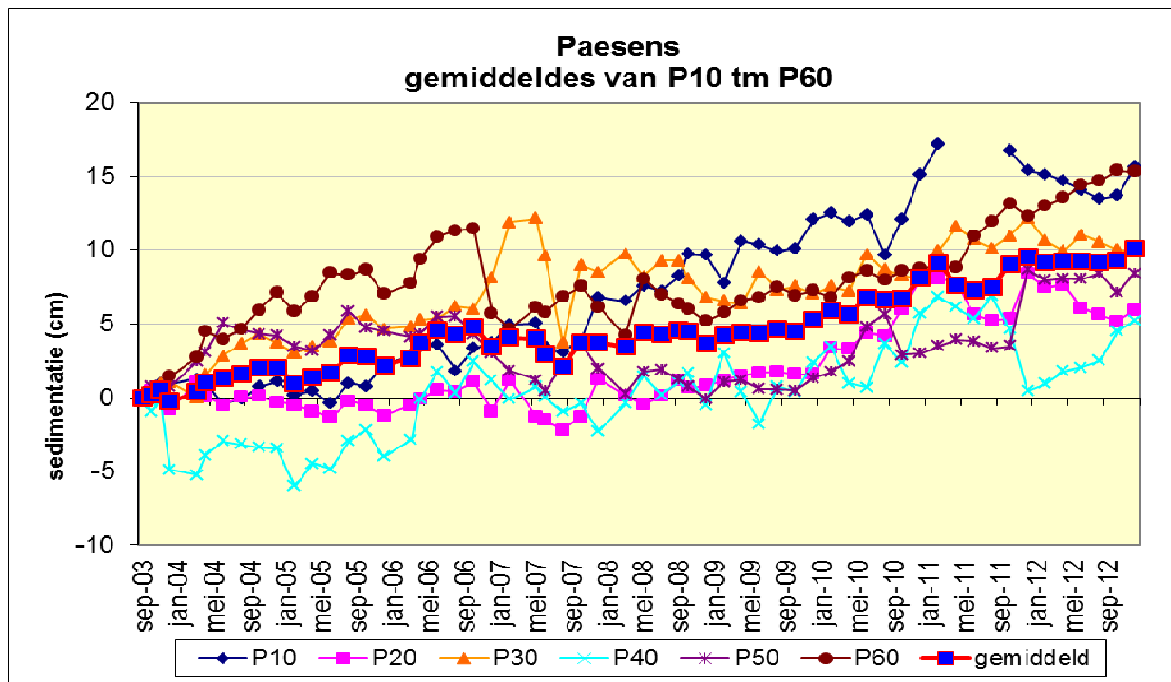
Voor de berekeningen zijn alle beschikbare grondankers meegenomen. In de meeste gevallen betekent dit per meting per meetstation 4 grondankers die gemiddeld worden. Soms is een touwtje met meetlabel (tijdelijk) onvindbaar en vind middeling over de wel beschikbare grondankers plaats. Een voorbeeld van een meetreeks staat in figuur 12. De gemiddelde verandering tussen iedere meting is gecumuleerd ten opzichte van het meetbegin van het station en de standaarddeviatie van iedere meting is ingetekend. Op deze wijze zijn alle meetstations uitgewerkt.



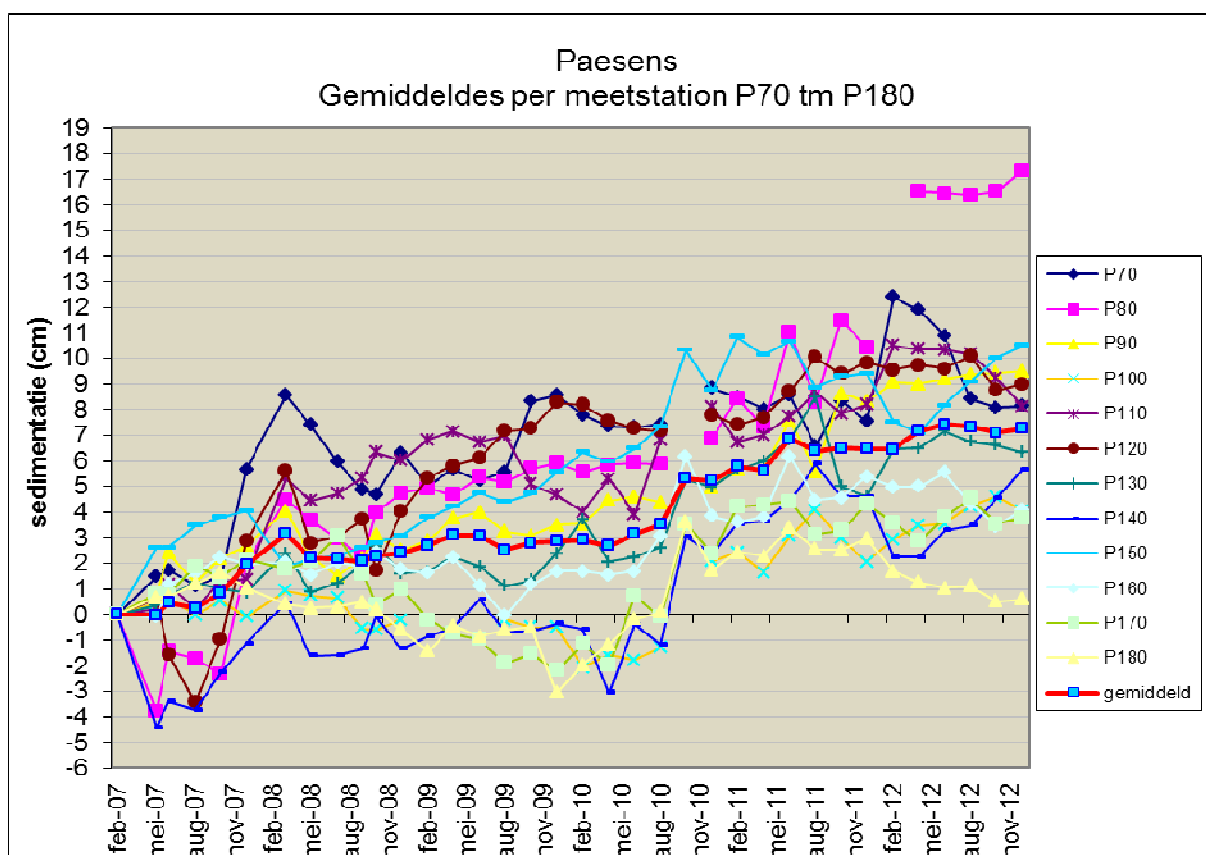
Figuur 12. Meetreeks van meetstation H40 in het onderzoeksgebied West-Ameland.

#### 3.2 Resultaten sedimentatiemetingen per onderzoeksgebied.

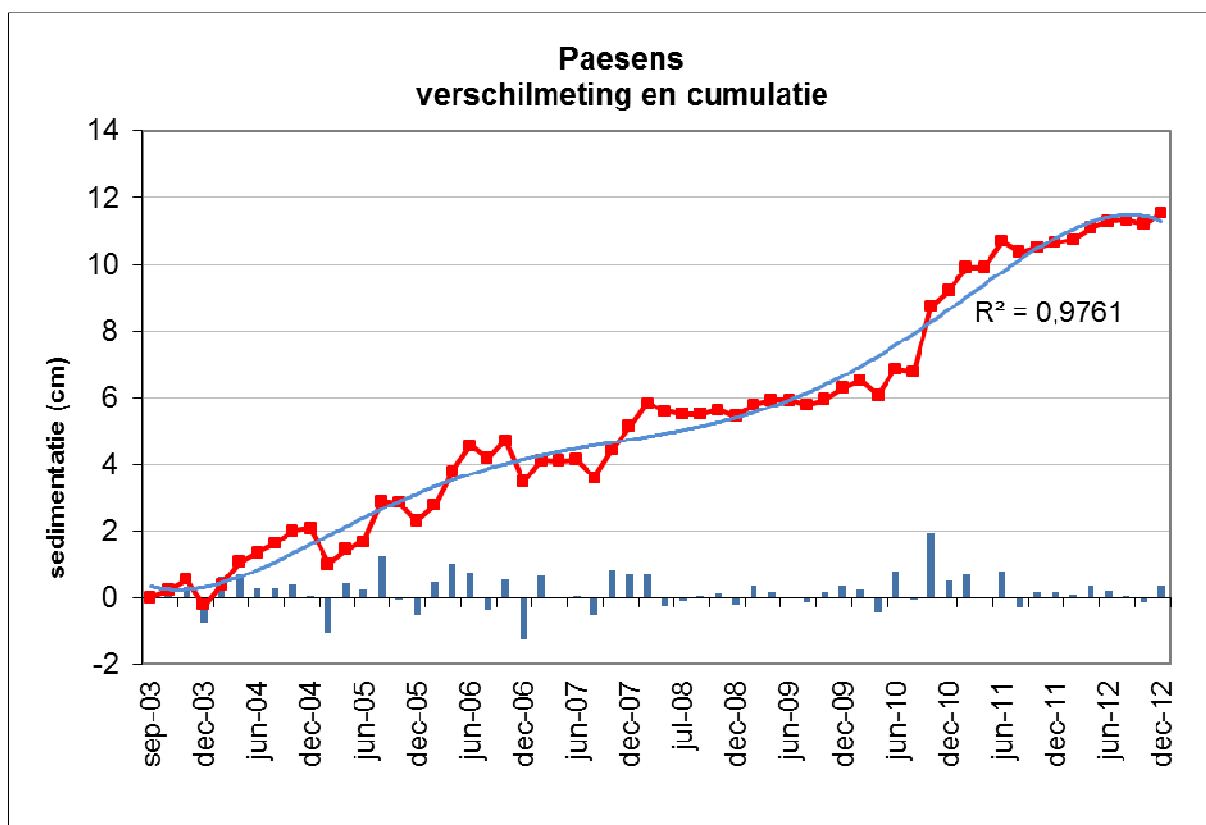
Per onderzoeksgebied zijn de gemiddeldes van ieder meetstation samengevoegd in een grafiek. Een eerste voorbeeld hiervan is figuur 13 waar de gemiddelde sedimentatie van de stations P10 tm P60 uit het onderzoeksgebied bij Paesens is weergegeven. Hierin is ook het gemiddelde van deze 6 meetstations uitgezet als indicatie van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen. Een tweede voorbeeld is in figuur 15 weergegeven waar voor het onderzoeksgebied Paesens het gemiddelde van de stations P10 tm P60 en P70 tm P180 separaat staat uitgezet gezien het verschil in lengte van de meetreeks. Op deze wijze zijn de meetreeksen van alle vijf onderzoeksgebieden uitgewerkt (figuur 13 tm 19).



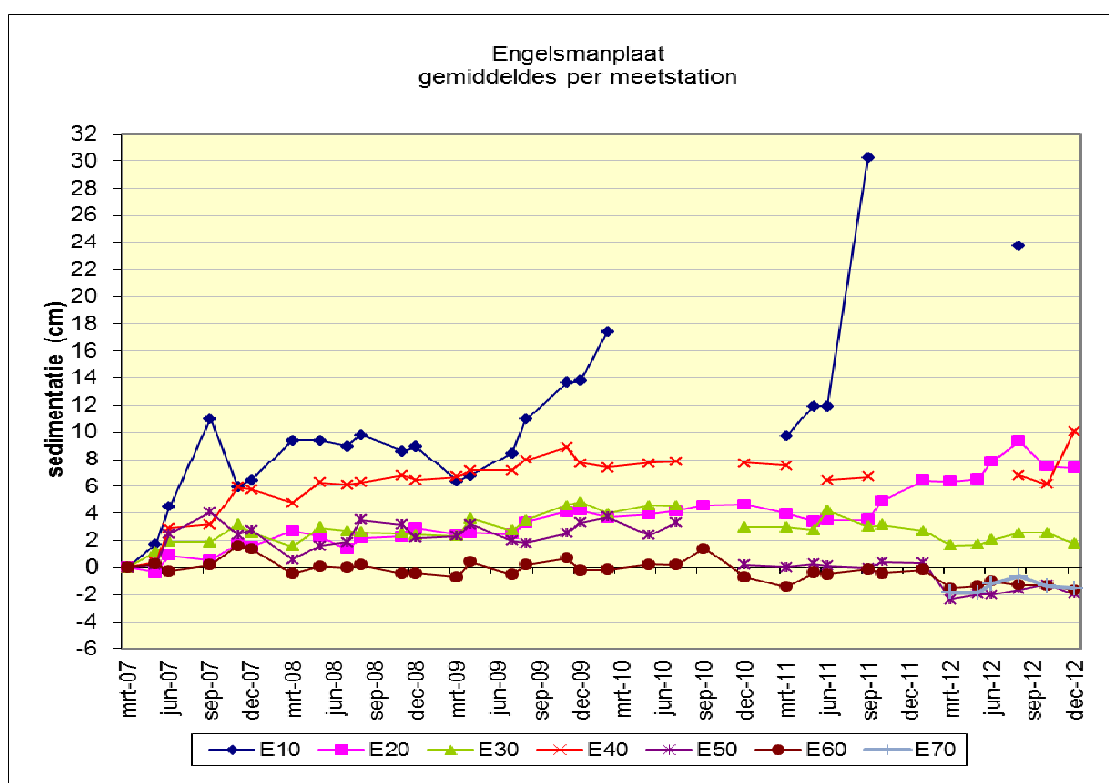
Figuur 13. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations P10 tm P60 in het onderzoeksgebied bij Paesens. Tevens is het gemiddelde van deze 6 meetlijnen genomen als weergave van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen.



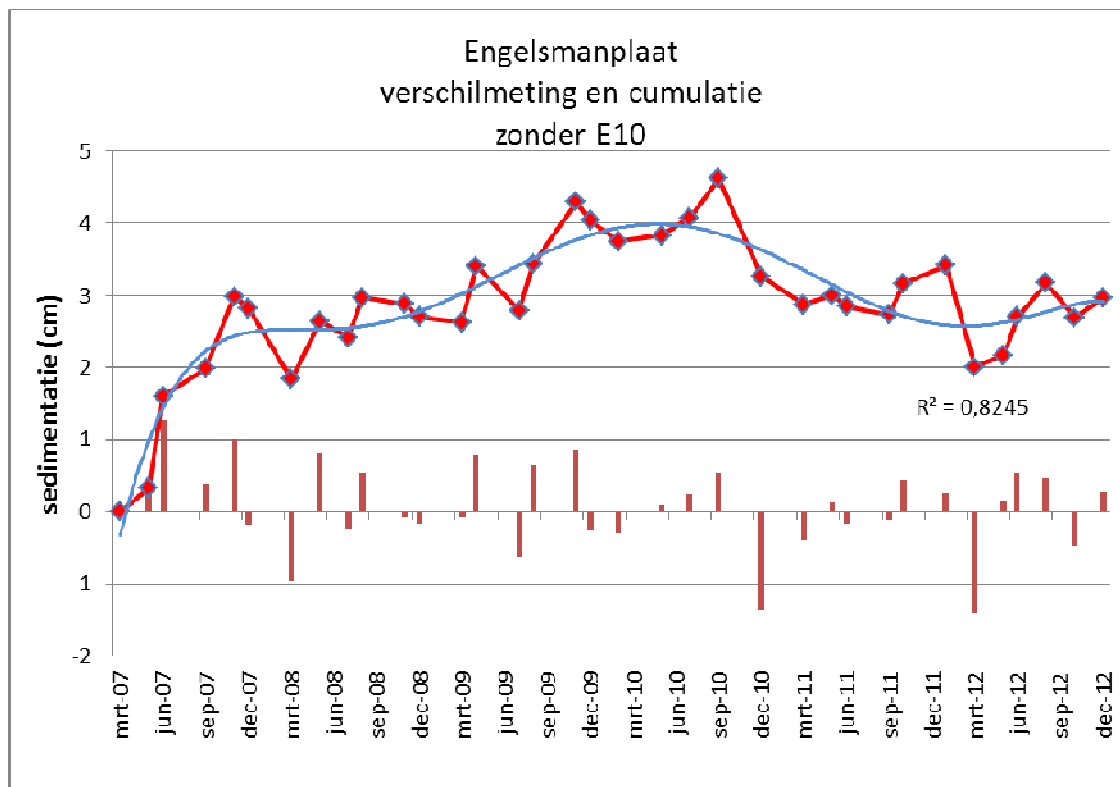
Figuur 14. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations P70 tm P180 in het onderzoeksgebied bij Paesens. Tevens is het gemiddelde van deze 12 meetlijnen genomen als weergave van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen.



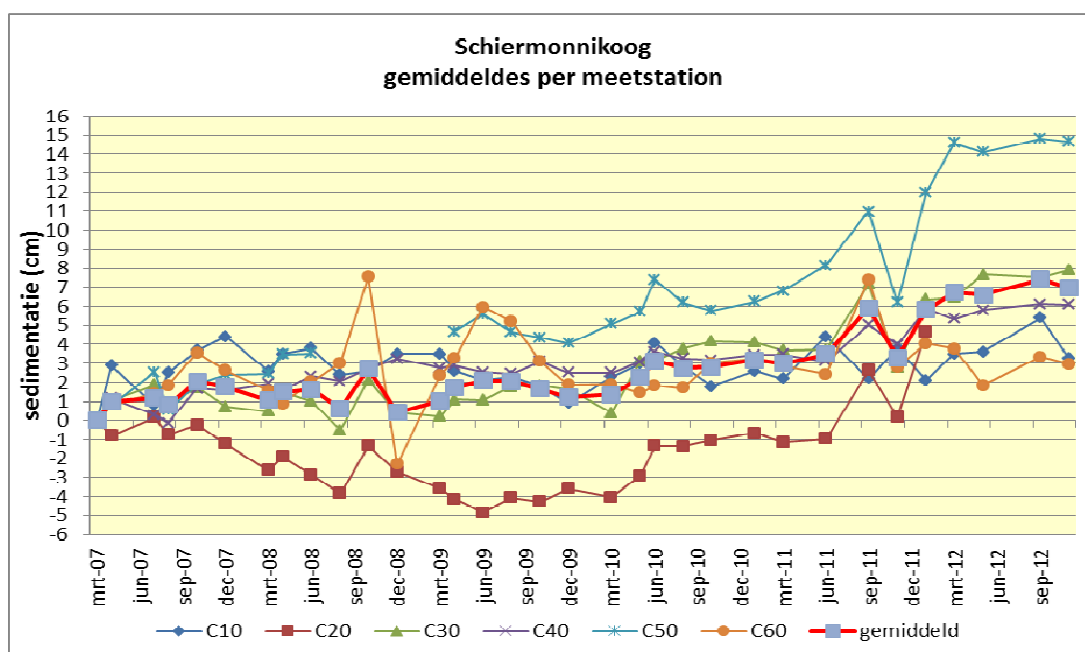
Figuur 15. Verschilmeting per keer en cumulatie van de meetstations P10 tm P180 in het onderzoeksgebied bij Paesens.



Figuur 16. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations E10 tm E60 in het onderzoeksgebied Engelsmanplaat.

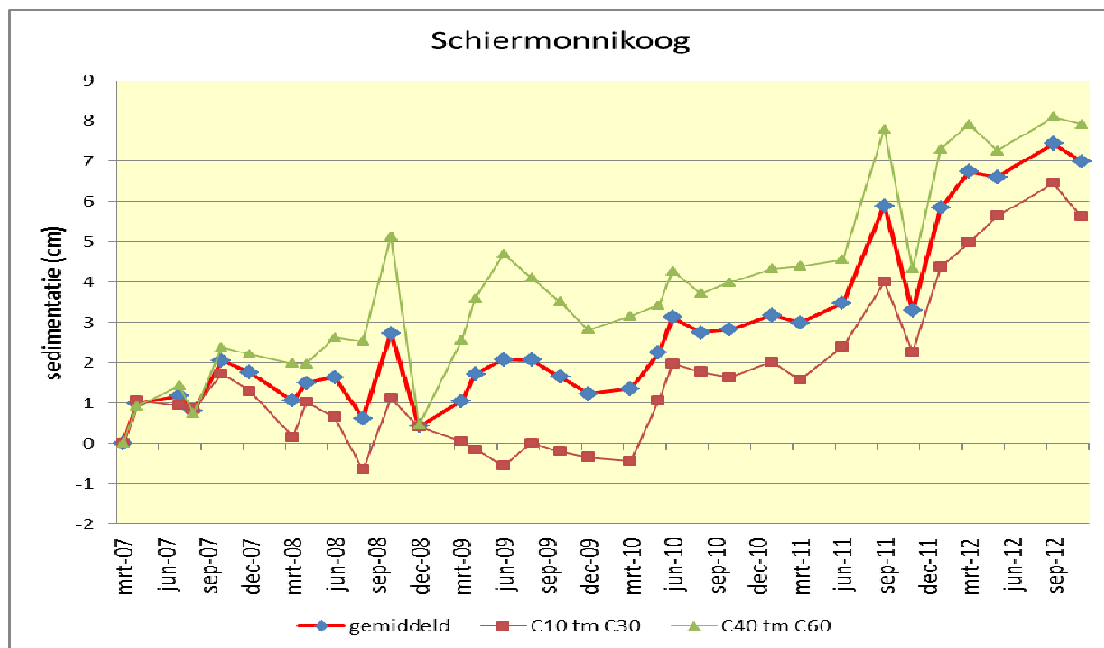


Figuur 17. Verschilmeting per keer en cumulatie van de meetstations E10 tm E70 (zonder E10) in het onderzoeksgebied Engelsmanplaat. E10 is uit de getalsverwerking weggelaten omdat het station vanaf 2009 te maken kreeg met een grote dynamiek. Op de wadplaat van 2007 ligt nu een zandbank van een meter hoog waarop sterns met succes broeden!

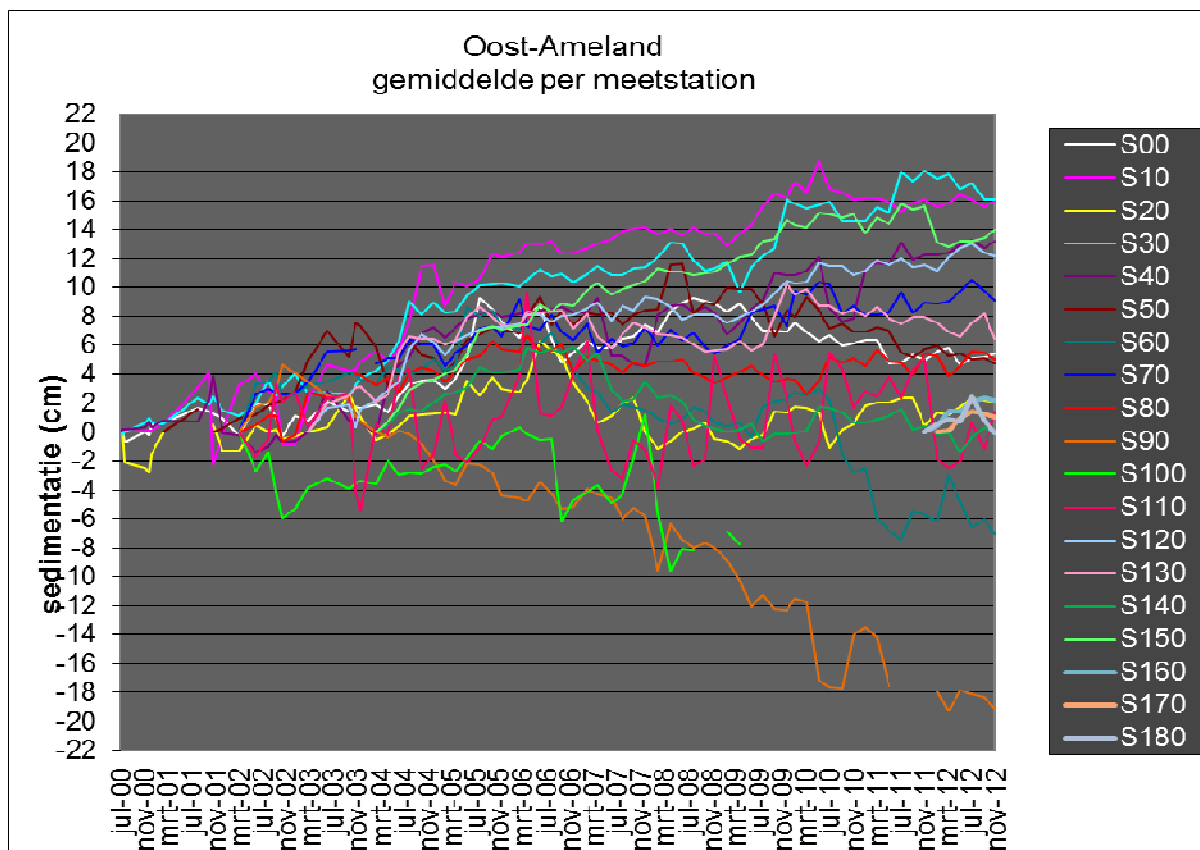


Figuur 18. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations C10 tm C60 in het onderzoeksgebied Schiermonnikoog. Tevens is het gemiddelde van deze 6 meetlijnen genomen als weergave van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen

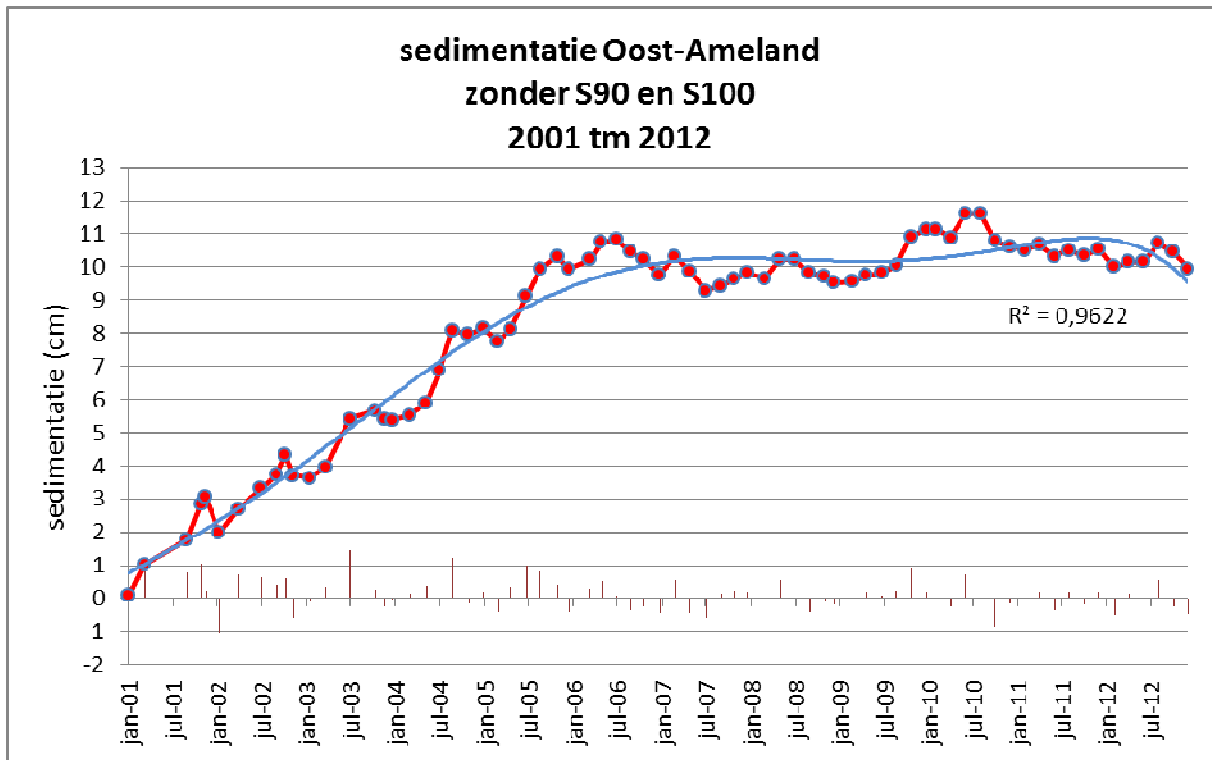




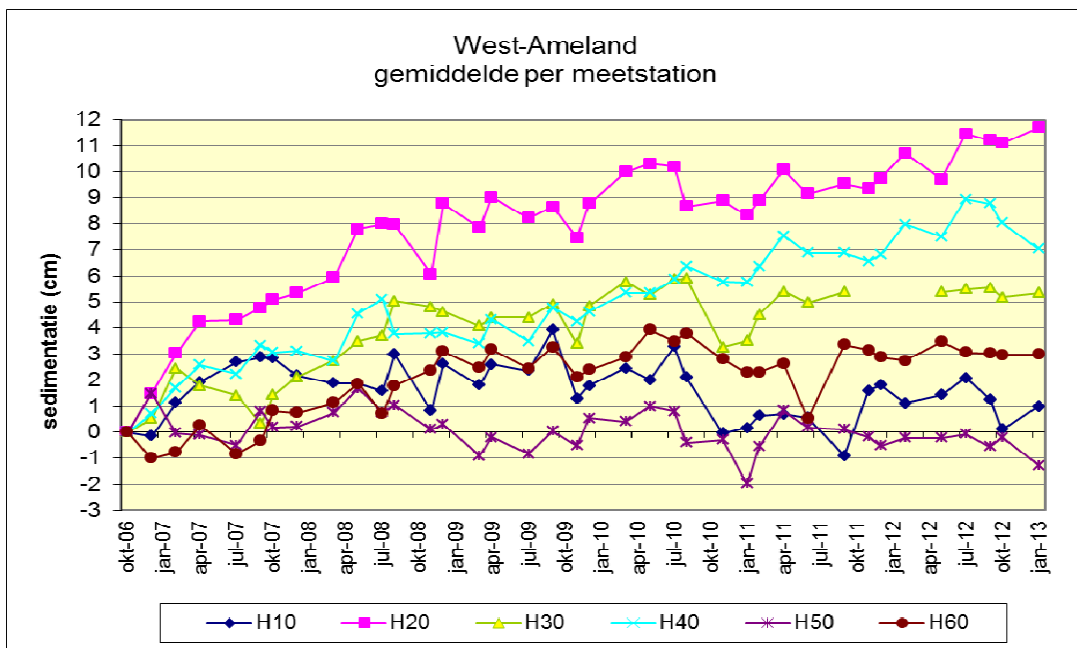
Figuur 19. Gemiddelde van de gebieden C10 – C30 (oost) en C40 – C60 (west) en het overall gemiddelde van de meetstations C10 tm C60 in het onderzoeksgebied Schiermonnikoog.



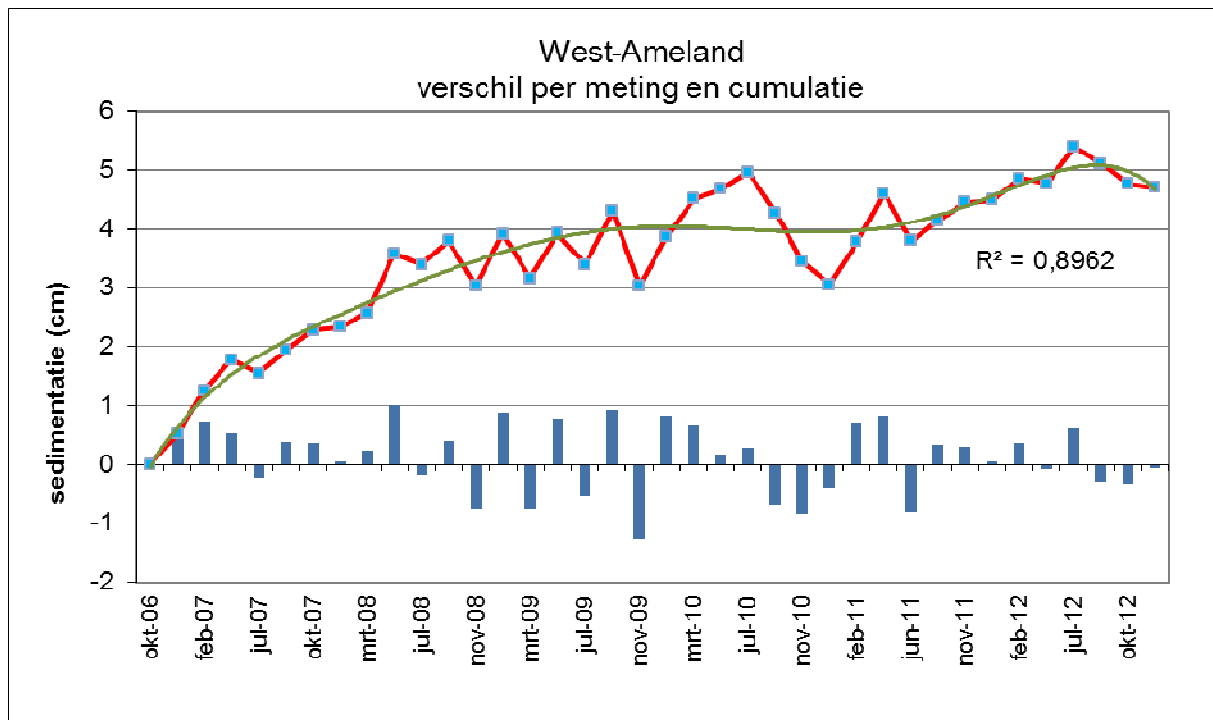
Figuur 20. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations S00 tm S180 in het onderzoeksgebied Oost-Ameland. De stations S160 tm S180 starten in 2012. Station S100 is in 2009 verloren gegaan.



Figuur 21. Verschilmeting per keer en cumulatie van de meetstations S00 tm S180 (zonder S90 en S100) in het onderzoeksgebied Oost-Ameland.



Figuur 22. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations H10 tm H60 in het onderzoeksgebied West-Ameland.



Figuur 23. Verschilmeting per keer en cumulatie van de meetstations H10 tm H60 in het onderzoeksgebied West-Ameland.

### 3.3 Wadsedimentatie.

Een eerste onderlinge vergelijking van de vijf onderzoeksgebieden op jaarbasis is vanaf 2008 goed mogelijk. Hiervoor is een vergelijking gemaakt tussen de december waarden. In tabel 6 zijn ook de sedimentatiewaarden op jaarbasis weergegeven uit voorgaande jaren waar dat mogelijk is. In figuur 24 staat de gemiddelde sedimentatie in 2012 van alle onderzoeksgebieden weergegeven. De meeste reeksen zijn nog kort maar over het jaar 2012 kan gezegd worden dat Oost-Ameland erosie laat zien, Engelsmanplaat is stabiel en de overige drie gebieden laten sedimentatie zien. Met name Schiermonnikoog laat een hoge sedimentatie zien maar de nabijheid van de zeer dynamische westpunt van Schiermonnikoog zal hier debet aan zijn en dergelijke cijfers kunnen vaker verwacht worden als er sediment vanaf de westpunt naar het oosten getransporteerd wordt. In dit geval zal dat vooral zandig sediment zijn. Globaal genomen is de sedimentatie op de westelijke (C40-C60) stations ook hoger dan op de oostelijke (C10-C30) stations. Voor alle gebieden geldt dat de ter plaatse optredende bodemdaling/zeespiegelstijging nog afgetrokken moet worden van de sedimentatie. De tot nu gepresenteerde data betreft uitsluitend lokale sedimentatie. Opvallend is de sedimentatie in het onderzoeksgebied Paesens van station P80 in 2012 (figuur 14). Dit station ligt op de oostpunt van de wadplaat voor de kust van Hoek van de Bant (figuur 8). Het station sedimenteert bijna 7 cm. Mogelijk is er sprake van enige sedimentverplaatsing in oostelijke richting gezien de daling van het nabijgelegen station P70 maar de werkelijkheid zal ongetwijfeld ingewikkelder in elkaar steken. De indruk bestaat dat sedimentatie bij Paesens iets is wat al langer gaande is als er in het veld gekeken wordt. Op het wad voor de kwelderrand bevonden zich in 2007 ook al plantjes Zeekraal die zich nu op het oog samenvoegen tot een zeekraalveld dat zich over bijna drie kilometer lengte uitstrekt langs de bestaande kwelder en dijkvoet tussen Paesens en Hoek van de Bant. Ook op lager gelegen stations verschijnt steeds meer slik.



Figuur 24. Gemiddelde van alle sedimentatie metingen per onderzoeksgebied in het jaar 2012. Hiervoor is de gemiddelde hoogteligging in december 2012 met december 2011 vergeleken. Getallen in cm.

Tabel 6. Onderlinge vergelijking van de gemiddelde sedimentatie in cm per jaar van de vijf onderzoeksgebieden. Vergeleken is de gemiddelde hoogteligging in december met december van het voorgaande jaar.

	Oost-Ameland	West-Ameland	Paesens	Engelsmanplaat	Schiermonnikoog
Aantal stations	16	6	18	6	6
2001	2,22				
2002	1,65				
2003	1,75				
2004	2,77		2,31		
2005	1,78		0,22		
2006	-0,16		1,18		
2007	0,05	1,83	1,67		
2008	-0,29	1,58	0,29	0,00	-0,84
2009	1,60	-0,05	0,85	-0,08	0,88
2010	-0,50	-0,82	2,91	-1,10	1,62
2011	-0,08	1,43	1,46	1,61	3,46
2012	-0,59	0,21	0,90	0,02	0,85
2007-2012	0,18	4,19	8,08	0,45	5,97

### 3.4 Snelheid wadsedimentatie.

Eigenlijk zegt één jaarcijfer voor wadbodem sedimentatie niet zo heel veel in een gebied waarin voldoende dynamiek heerst om het jaarcijfer voor de bodemdaling door gaswinning vele malen te overtreffen. Bodemdaling door gaswinningen, zeespiegelstijging en wadbodemsedimentatie zijn langzaam verlopende processen die eerder vragen om een langdurige monitoring (decennia) waarbij zo lang mogelijke datareeksen worden verzameld. In deze paragraaf wordt de gemiddelde sedimentatiesnelheid voor de vijf verschillende onderzoeksgebieden gepresenteerd (figuur 25) en voor het gebied Paesens is een uitwerking per meetstation gemaakt en op een luchtfoto geprojecteerd (figuur 26). Hierbij moet worden bedacht dat dit cijfer voor de gemiddelde sedimentatiesnelheid betrekking heeft op de volledige meetperiode per gebied of per meetstation tm december 2012 maar dat deze meetperiodes van verschillende lengte zijn (zie tabel 1 tm 6). In ieder geval laten ze de sedimentatiesnelheid over een recente periode zien. Op Engelsmanplaat is station E10 buiten beschouwing gelaten en bij Oost-Ameland de stations S90 en S100.



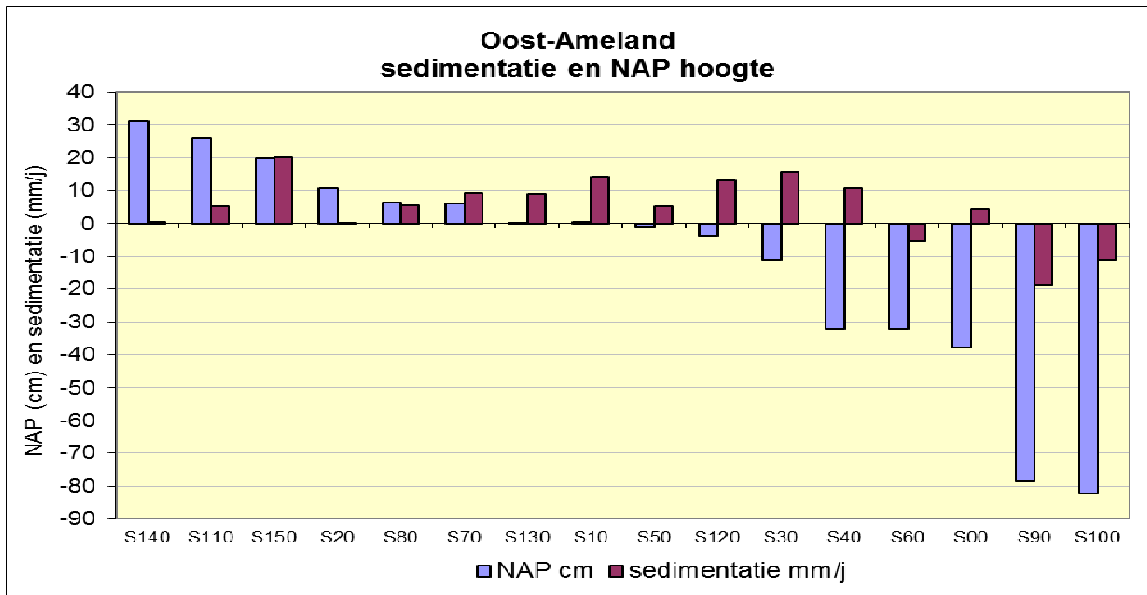
Figuur 25. Sedimentatiesnelheid per onderzoeksgebied in mm/jaar. De reeksen waarop het gemiddelde is gebaseerd variëren in lengte van 6 tot 12 jaar maar ze zijn allemaal bijgewerkt tm 2012.



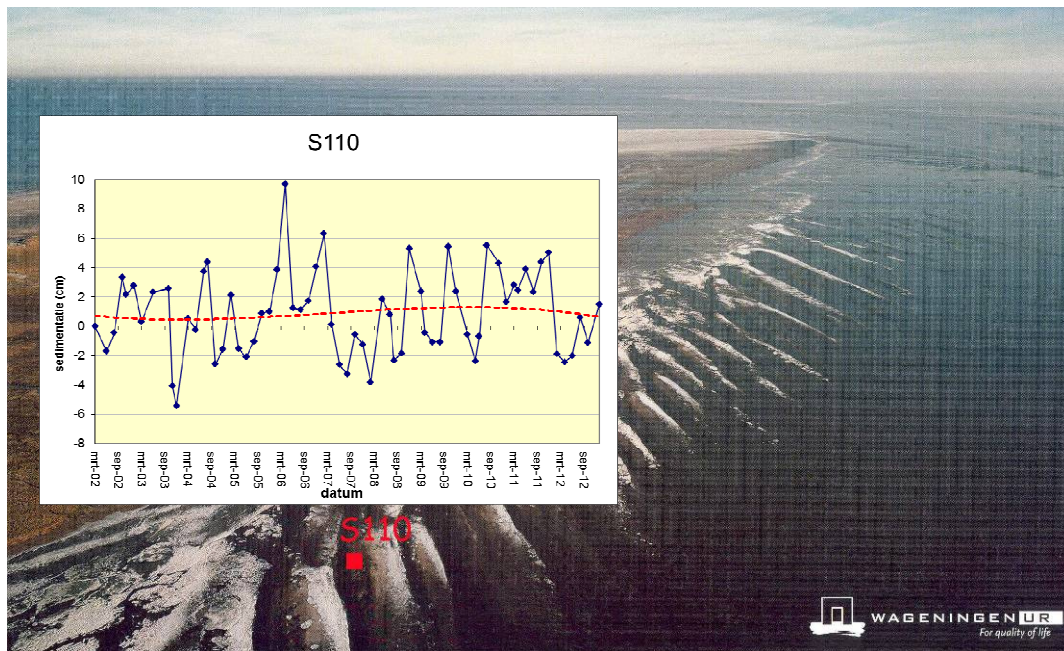
Figuur 26. Sedimentatiesnelheid per meetstation voor het onderzoeksgebied Paesens in mm/jaar (gele cijfers). Data bijgewerkt tm 2012.

### 3.5 Wadsedimentatie in relatie tot hoogteligging.

Van het gebied Oost-Ameland zijn de NAP hoogtes van de meetstations met DGPS ingemeten in 2003 en deels in 2004 (S140 en S150). Hierin kan een onnauwkeurigheid zitten van ongeveer 3 cm maar desondanks zijn deze data goed bruikbaar om alle meetstations te rangschikken op hoogteligging en te relateren aan de gemeten sedimentatie. In figuur 21 staan de hoogtes gerangschikt en de sedimentatie zoals die tot december 2009 gevorderd was over de gehele meetperiode van ieder meetstation. Hierbij valt op dat de twee laagstgelegen stations eroderen. S90 en S100 zijn de enige twee stations die op de plaatrand liggen en door geulwerking beïnvloed worden. Het station S110 is hierin niet echt representatief want hier is een lokale dynamiek (figuur 28) die fluctuaties laat zien. In zijn algemeenheid blijft het beeld dat platen lijken te sedimenteren en de geulranden lijken te eroderen bestaan. Hierbij moet echter niet veel waarde aan de uitspraak over de geulen worden gehecht gezien de ligging van slechts twee meetstations in een dergelijk gebied. Bovendien is station S100 sinds april 2009 niet meer gemeten en verloren gegaan door geulvorming door het meetstation.



Figuur 27. Wadsedimentatie ten opzichte van hoogteligging van de meetstations bij Oost-Ameland. Sedimentatiesnelheid in mm per jaar over de totale meetperiode. Meetperiode van de meetstations varieert van 7 tot 11 jaar tussen 2000 en 2011 (zie tabel 2). Meetdatum sedimentatie is in december 2011. Een uitzondering is S100, dit station is door geulvorming in 2009 verloren gegaan.

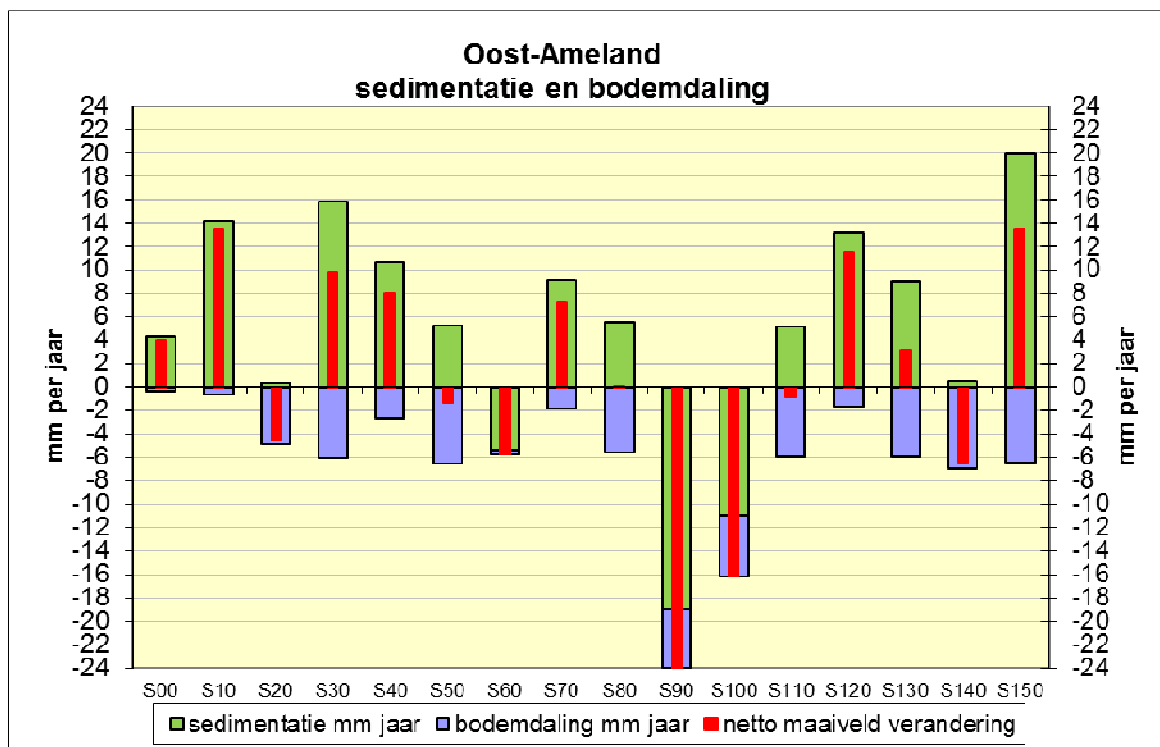


Figuur 28. Meetstation S110 op luchtfoto. Zandgolven veroorzaken lokale dynamiek.

### 3.6 Wadsedimentatie in relatie tot bodemdaling.

#### 3.6.1 Oost-Ameland sedimentatie en bodemdaling.

In het gebied Oost-Ameland zijn de meetstations gedeald door bodemdaling. In figuur 29 is deze daling per meetstation uitgezet tegenover de sedimentatie en met de rode staaf is steeds het 'nettoresultaat' aangegeven. Dan blijken de beide 'geulstations' S90 en S100 ongeveer 16 tot 24 mm per jaar te dalen. Maar in de berekening en beoordeling van de sedimentatie bij Oost-Ameland (figuur 21) zijn ze niet meegenomen omdat het gebied (geulrand) waar ze liggen afwijkt van de overige stations (wadplaat). Bij de stations S20, S50, S110 en S140 zorgt bodemdaling voor een netto erosie aan het plaatoppervlak waar anders sprake zou zijn van sedimentatie. Bij S60 is ook sprake van erosie maar hier speelt bodemdaling nauwelijks een rol. Voor een uitgebreide uitwerking en analyse van de sedimentatiemetingen bij Ameland wordt verwezen naar deel 1 van de Vlas ( 2011).

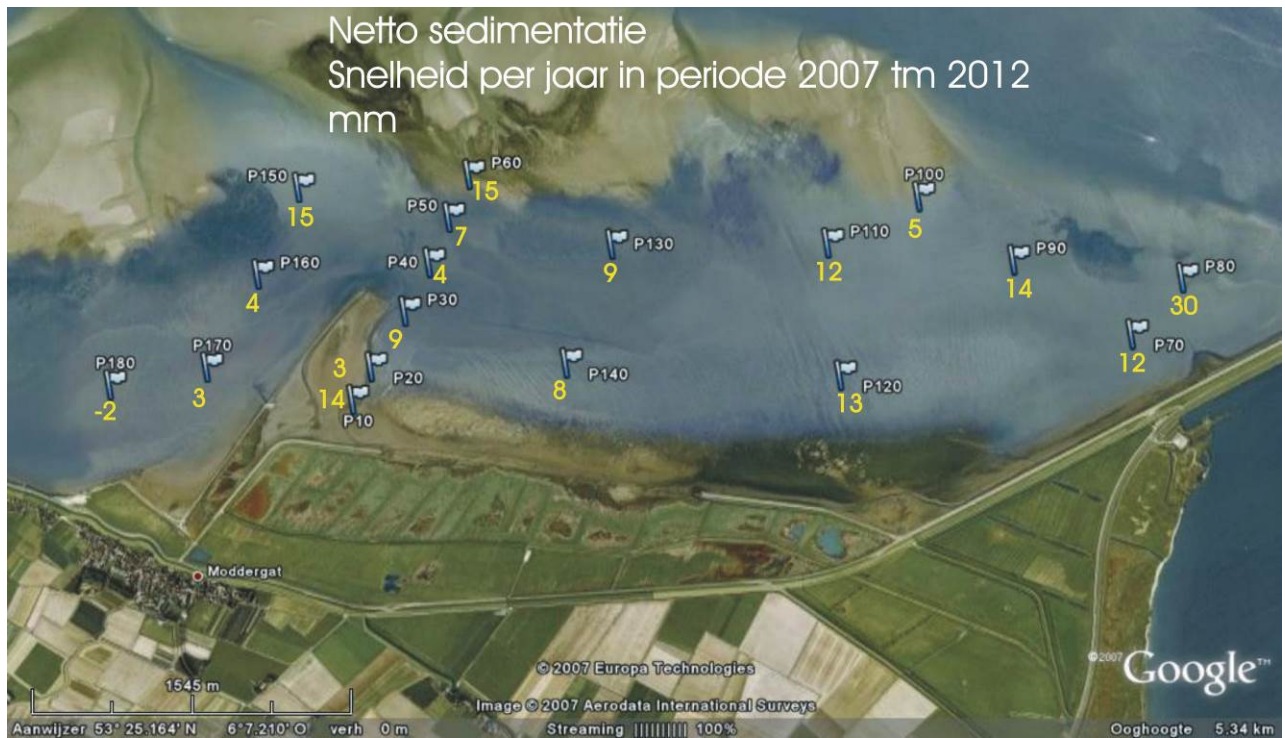


Figuur 29. Snelheid van sedimentatie en bodemdaling in mm/jaar gedurende de gehele meetperiode per meetstation (zie tabel 2). Bijgewerkt tm december 2011. De bodemdalingssnelheid is berekend tm 2010.

#### 3.6.2 Paesens sedimentatie en bodemdaling.

In het onderzoeksgebied bij Paesens zijn nu ook dalingcijfers beschikbaar voor de periode 2007 tm 2012. Deze daling is nog vrij beperkt en bedraagt maximaal 2 cm (tabel 4) voor de stations P10, P20 en P150 tm P180. Dat betekent dat de maximale daling plaatsvindt aan de westzijde van het onderzoeksgebied en dat station P80 zelfs nog geen daling heeft ondervonden. Figuur 30 laat de netto sedimentatie voor het onderzoeksgebied bij Paesens zien. Hierbij is de bekende diepe bodemdaling van de gemeten sedimentatie afgetrokken. Deze figuur kan het best vergeleken worden met figuur 26, waarin de bruto sedimentatie staat. Er is niet gecompenseerd voor andere mogelijk van invloed zijnde factoren zoals zeespiegelstijging. Exacte data daarvan voor de meetstations ontbreken. Eventueel zou zeespiegelstijging in algemene zin op 1,8 mm/jaar gesteld kunnen worden en ook dan blijkt alleen van station P180 de sedimentatiebalans van licht positief naar licht negatief te kantelen. De overige stations blijven ook dan aan de positieve kant van de sedimentatiebalans.

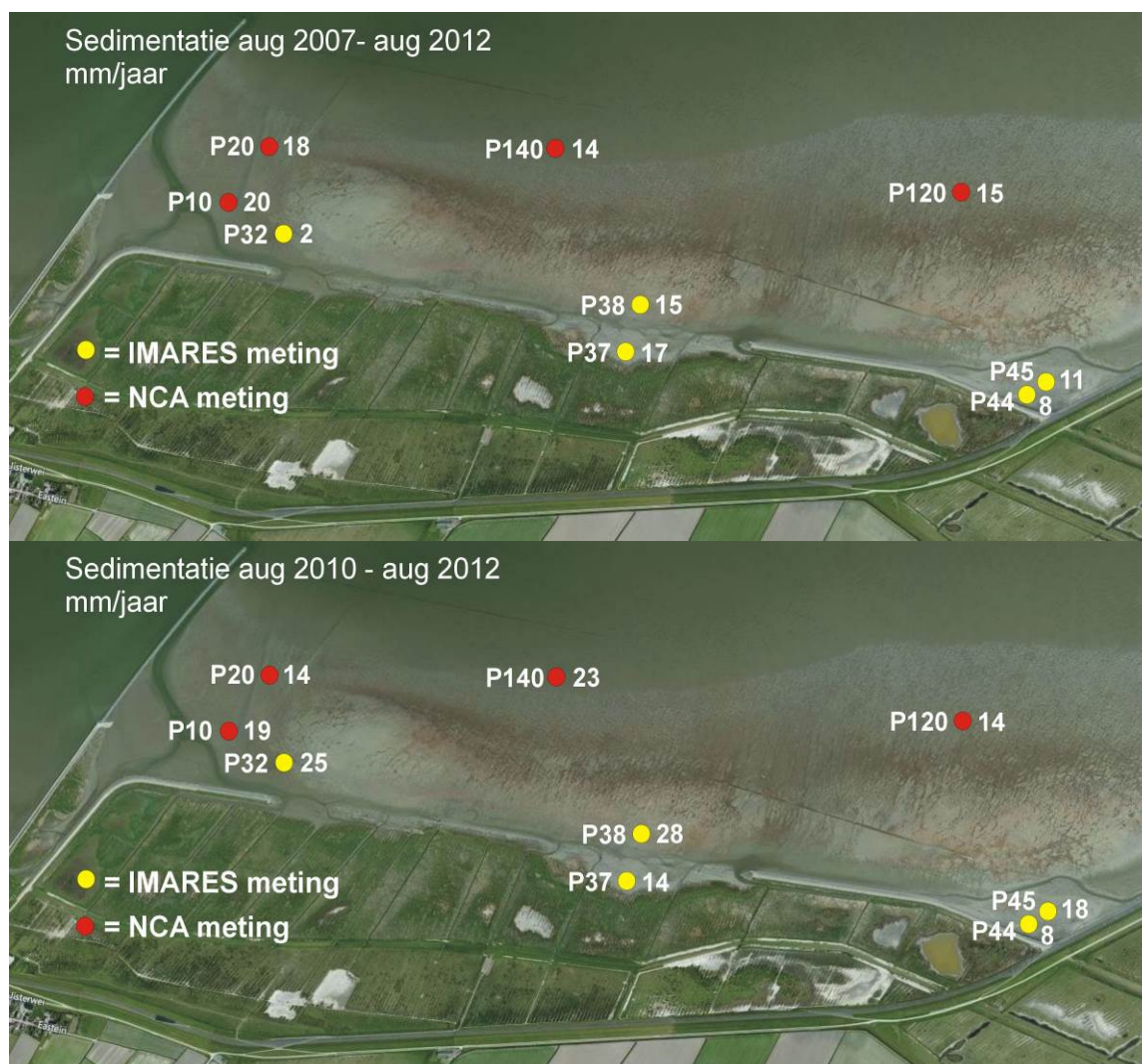




Figuur 30. Netto sedimentatie in millimeters per jaar in de periode 2007 tm 2012. Netto betekent dat de diepe daling van de sedimentatie is afgetrokken. Andere compenserende of versterkende factoren zoals zeespiegelstijging zijn niet verwerkt.

#### 4. Andere sedimentatiemetingen bij Paesens.

Inzicht in lokale jaarlijkse exacte sedimentatie buiten het in dit onderzoek gepresenteerde is in de Waddenzee momenteel niet mogelijk, omdat vergelijkbaar onderzoek daar niet plaatsvindt. Wel vinden er lokale sedimentatiemetingen plaats op de kwelder Peazemerlannen. Deze metingen vallen binnen hetzelfde monitoringsonderzoek voor de gaswinning Paesens-Lauwersoog en worden door IMARES (Texel) gedaan. IMARES gebruikt een methode waarbij de bodem gemeten wordt met een liniaal ten opzichte van een waterpas balk op een gefixeerde hoogte (Sedimentatie Erosie Balk) en dit wordt SEB meting genoemd. Dat is dus een andere methodiek dan die van het NCA waarbij ten opzichte van een ondergronds gefixeerde hoogte gemeten wordt met een liniaal. Op de overgang van de kwelder naar het wad liggen een aantal meetstations van het Natuurcentrum Ameland (NCA) en IMARES bij elkaar in de buurt en er is een onderlinge vergelijking gemaakt om te zien of deze stations dezelfde opslibbingstrend aangeven. Omdat de meetreeks van IMARES vanaf augustus 2007 t/m augustus 2012 loopt zijn ook de metingen van NCA over dezelfde periode berekend (zie tabel 7). Aangezien beide meetmethodes een trendbreuk in de sedimentatie laten zien na de zomer van 2010 is ook een uitwerking gemaakt over de periode augustus 2010 – augustus 2012 (tabel 7). De data zijn op een kaartbeeld weergegeven (figuur 31) en ook daaruit blijkt dat de data allemaal dezelfde opslibbingstrend laten zien in een vrijwel steeds volledig vergelijkbare orde grootte. Alleen station P32 valt iets uit de toon over de periode 2007-2012, maar dit station sedimenteert in de afgelopen twee jaar sterk en over de periode 2010-2012 past het volledig bij de overige stations. De gemiddelde sedimentatie van 13 mm/j over de periode 2007-2012 en 18 mm/j over de periode 2010-2012 (tabel 7) past ook duidelijk bij de waarneming dat het kale wad voor de Peazemerlannen de laatste jaren is overgegaan in een met Zeekraal begroeide pionier zone.



Figuur 31. Kaartbeeld met sedimentatie vergelijking van de meting van NCA en IMARES. Boven over periode aug2007-aug2012. Onder over periode aug2010-aug2012.

Tabel 7. Vergelijking van sedimentatiemetingen van NCA en IMARES op overgang van kwelder naar Waddenzee. Blauw gearceerd zijn IMARES data.

	aug 2007- aug 2012	aug 2010- aug 2012
station	mm/j	mm/j
P10	20	19
P20	18	14
P32	2	24.5
P140	14	23.0
P37	16.8	14.3
P38	14.8	28.0
P120	15	14.0
P44	7.6	7.9
P45	11.1	17.9
gem	13.3	18.1

## 5. Discussie.

Teneinde vast te kunnen stellen of er een verdieping plaats vindt in het deel van de Waddenzee dat binnen het dalingsgebied van de gaswinning valt, zijn meetstations op wadplaten ingericht. In de onderzoeksopzet is gekozen voor een praktische en pragmatische methodiek. Hierbij is een inschatting gemaakt van het aantal benodigde meetstations per plaatgebied op basis van de grootte en terreineigenschappen (vlakheid) van het gebied en de logistieke inspanning (dikte sliklaag en hoogteligging) om zes maal per jaar te kunnen meten. De gekozen methode is vooral geschikt voor een weinig dynamische gebied als een vrij vlakke droogvallende plaat. In erg dynamische gebieden als geulranden en in het sublittoraal gaan de meetstations vrij snel verloren of worden onvindbaar. De meetstations zijn zo gekozen dat ze verspreid over het hele plaatgebied voor komen en in een vlak gebied liggen waardoor ze representatief zijn voor een relatief groot gebied. Een aantal meetstations is met opzet in de buurt van een geul, mosselbank of kwelderrand gelegd om een indruk te krijgen van lokale sedimentatie in een meer dynamische omgeving. In hoeverre de gezamenlijk meetstations per plaatgebied iets zeggen over de gehele plaat is statistisch getoetst met een kriging methodiek. Hieruit bleek dat statistisch gezien geen harde uitspraken kunnen worden gedaan over de hoogteverandering van de gehele plaat omdat het aantal stations daarvoor onvoldoende is. Overigens wordt tijdens iedere meting de omgeving van het meetstation op het oog beoordeeld om te zien of het station nog voldoet aan de eisen toen het ingericht is. Daaruit is gebleken dat het merendeel van de meetstations ook na jaren nog steeds representatief is voor de directe omgeving en daarmee de sedimentatie op de plaat. In deze uitwerking zijn van de 56 stations slechts 3 buiten beschouwing gelaten. Dat betreft twee geulstations op Oost-Ameland (S90 en S100) en één station op Engelsmanplaat (E10) dat onder een nieuwe zandrug verdween. In 2007 was hier nog een vrij vlakke plaatrand...in 2012 een zandbank van ongeveer een meter hoog waarop sterns jongen groot brachten! In een enkel geval spelen er dynamische processen die een onrustiger beeld geven maar deze stations zijn wel in het plaatgemiddelde opgenomen. Soms is de dynamiek ook tijdelijk, zoals bij station S00 bij Oost-Ameland en P60 bij Paesens waar in de loop van de tijd de opkomst en ondergang van een mosselbank werd gemeten.

Het belang van deze metingen moet gezien worden in een eenvoudige en kosten efficiënte manier om op een nauwkeurige schaal (mm niveau) met een vrij hoge frequentie (zes maal per jaar) sedimentatie op wadplaten te kunnen volgen. Hierbij wordt een goede indruk gekregen van de sedimentatie in de tijd waarbij vooral duidelijk wordt wat lokaal de natuurlijke variatie is zowel op de korte als op de lange termijn. Naarmate de meetreeksen zich uitstrekken over een langere periode winnen ze aan kracht. Pas na meer meetjaren is het mogelijk om langzame processen als bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging door klimaatverandering te onderscheiden van natuurlijke variatie op kortere tijdschalen.

Literatuur:

Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2011. Monitoring van effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Assen. 2011.

Duin W.E. van, Leeuwen P.W. van & Sonneveld C., 2013. Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlanden en het referentiegebied West-Groningen: Evaluatie 2007-2012. IMARES-rapport C082/13, IMARES Wageningen UR, Texel.

Adres auteur:

*Natuurcentrum Ameland*

*Johan Krol  
Postbox 60  
NL 9163ZM Nes Ameland  
The Netherlands*

*mail [natuurcentrum.jkrol@planet.nl](mailto:natuurcentrum.jkrol@planet.nl)  
phone +31 (0)519542737  
fax +31 (0)519542136  
mobile +31 (0)651932645*

Bijlage A. Grafieken alle meetstations onderzoeksgebied Paesens. Op Y-as sedimentatie in cm.

